

제 8 편 계류시설

제 1 장 부 두

1-1 부두의 규모결정

부두(Terminal Facilities)는 여객 및 화물을 선박에 싣고 내리는 시설을 갖춘 구역으로서, 그 규모는 출입여객, 화물의 종류, 수량 및 포장상태와 육·해상 운송체계의 추이를 고려하고 장차 화물량의 증가 추세, 선형의 변화 등을 고려하여 합리적으로 결정해야 한다.

[해설]

- (1) 부두는 선박을 접안시켜 여객과 화물을 싣고 내리는 제반시설을 갖춘 구역으로 다음과 같은 시설이 필요하다.
- ① 선박 계류시설
 - ② 화물의 하역시설
 - ③ 화물의 조작 처리시설
 - ④ 화물 보관시설
 - ⑤ 임항 교통시설
 - ⑥ 여객이용시설
 - ⑦ 화물유통 판매시설
 - ⑧ 선박 보급시설
 - ⑨ 항만 관제·홍보·보안시설
 - ⑩ 배후 유통시설 등 항만기능 지원시설
 - ⑪ 후생복지 및 편의 제공시설
 - ⑫ 해양문화·교육시설·해양공원시설 등 항만 친수시설
- (2) 부두의 규모는 그 항만을 이용할 화물 및 여객의 수량, 종류, 하역형태 및 해륙의 수송기관 등의 실정을 파악하고 장래의 화물과 여객량의 동향, 선형의 대형화 및 수송체계의 변화 등을 충분히 고려하여 결정하여야 한다.
- 일반적으로 부두의 소요 규모는 선석당 처리능력을 기준으로 검토 하나, 이에는 하역장비 등 안벽에서의 처리능력과 장치장의 능력 등과 기존 항만에서의 처리실적, 해당 부두에서의 목표 서비스 수준 등을 고려하여 결정한다.

1-2 부두의 배치 및 방향

부두의 배치는 기상, 해상, 지형, 지질, 배후지 등을 충분히 검토하는 동시에 선박의 접안 및 이안(離岸), 육상교통과의 관계를 고려하고 도시계획과의 관계도 감안하여 결정해야 하며, 공공부두, 전용부두, 잡화부두, 전문부두 등 용도에 따라 각 부두시설을 유기적으로 활용할 수 있도록 배치해야 한다.

또한 부두의 방향은 항구에서 선박이 진입하는 방향과 풍향을 고려하여 결정하는 것이 바람직하다. 그리고 화물 보관시설, 화물조작·처리시설, 임항 교통시설 등의 배치와의 관계도 검토하여 효율적으로 이용될 수 있도록 해야 한다.

[해설]

(1) 항만법 제49조에 의하여 관리청은 항만의 효율적인 개발 및 관리·운영을 위하여 다음과 같이 임항지역을 설정할 수 있도록 되어있다.

① 항만법 제49조 : 전문개정 1997.12.13 법률 제5454호

- 가. 상항구
- 나. 공업항구
- 다. 어항구
- 라. 여객항구
- 마. 보급 및 지원항구
- 바. 위험물 항구
- 사. 보안항구
- 아. 위락항구

② 부두의 배치는 각 지구의 특수성을 감안하여 각기 효율적으로 이용할 수 있도록 해야 하며, 또한 장래의 확장도 고려하여 결정해야 한다. 특히 다음의 접안시설에 관해서는 아래와 같은 사항들이 위치 선정에 고려되는 것이 필요하다.

- 가. 여객이 이용하는 선박을 위한 접안시설 : 위험물을 취급하는 지구로부터 분리되고 동시에 대합실, 주차장등 여객의 이용에 편리한 시설용지가 부근에 충분히 확보되어 있을 것.
- 나. 위험물을 적재하는 선박을 위한 접안시설 : 생활환경을 보전할 필요가 있는 주택, 학교, 병원 등의 시설로부터 분리되고 그 밖의 접안시설 및 항행선박으로부터 소요의 보안거리가 확보되어 있어야 하며, 위험물 유출 등의 사태에 용이하게 대처할 수 있을 것.
- 다. 소음을 일으키는 선박을 위한 접안시설 및 하역 중에 소음이 야기되는 하역기계를 사용하는 접안시설 : 생활환경을 보전할 필요가 있는 주택, 학교, 병원 등의 시설로부터 분리되어 있을 것.
- 라. 하역시에 먼지 및 냄새가 발생할 우려가 있는 화물을 적재한 선박을 위한 접안시설 : 생활환경을 보전할 필요가 있는 학교, 주택, 병원 등으로부터 분리되어 있을 것.
- 마. 심해의 접안시설 : 선박의 항행 또는 정박에 지장이 없을 것.

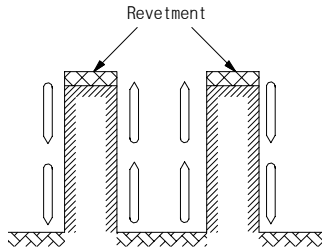
③ 부두의 배치 형상은 그 형태에 따라 돌제부두, 평행부두, 도식(島式)부두, 굴입식 또는 박거식(泊渠式)부두로 구분된다.

돌제부두(Jetty Wharf)는 해안선과 직각 또는 경사지게 돌출되도록 계획된 부두로서 해안선이 짧은 경우에 적합한 부두이다.

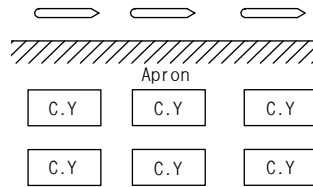
평행부두는 해안선과 평행한 부두로서 배후 교통시설의 인입이 용이하고 부두와 육지 사이에 부지면적

을 최대화 할 수 있는 장점이 있다.

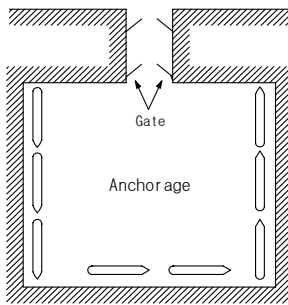
도식부두는 바다에 인공섬과 같은 매립지를 조성하여 축조되는 부두이며, 박거식(泊渠式)부두는 육지나 매립지를 굴착하여 부두를 조성하는 형태이다.



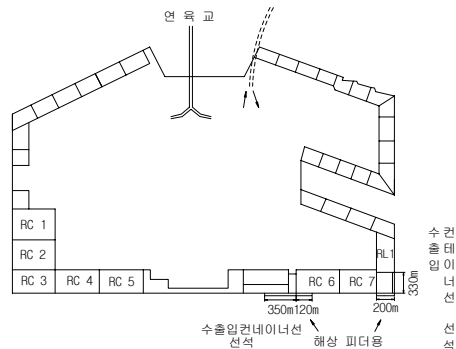
(a) 돌제부두



(b) 평행부두



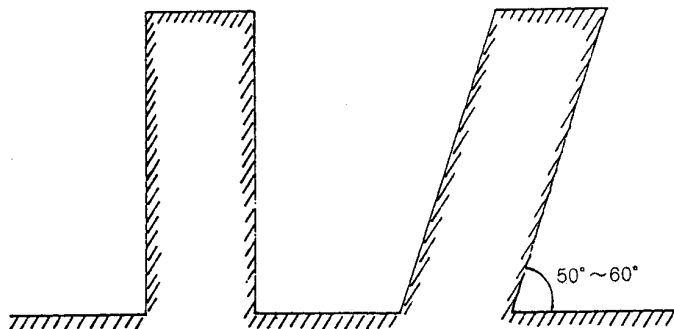
(c) 박거(泊渠)부두



(d) 인공섬 (일본 六甲아일랜드)

도해(1-1) 부두의 배치형상

- ④ 돌제의 경우 부두의 방향은 해안선과 $50^{\circ} \sim 60^{\circ}$ 이상으로 하는 것이 좋다. 이 이하의 각도로 하면 모서리부에는 이용할 수 없는 수면이 많이 발생하기 때문이다. 또한 부두의 방향은 항풍(恒風)의 방향과 일치하는 것이 바람직하며, 임항철도를 인입할 경우 곡율반경을 가능한 크게 할 수 있는 방향으로 한다.



도해(1-2) 부두의 방향

- ⑤ 전문부두는 석탄, 유류, 광석, 곡물, 시멘트, 여객, 페리(Ferry) 및 컨테이너(Container)부두 등이 있으며, 그 특성은 다음과 같다.

가. 석탄부두

석탄부두는 배후에 저탄장, 철도 등이 있고 하역은 벨트 컨베이어(Belt Conveyor)와 크레인 등에 의해 하게 된다. 석탄부두는 평행식 부두 또는 돌제식 부두가 적합하다.

나. 유류부두

유류의 하역은 주로 관(Pipe)에 의해서 하게 되므로 육안에서 떨어진 해상에 돌핀(Dolphin), 잔교 등을 설치하여 선박을 정박시키고 관에 의해서 육상의 저유시설과 연결하게 된다.

다. 광석부두

광석부두는 광석을 하역하는 대형기계와 배후지에 넓은 저광장이 필요하다. 광석부두는 상재하중이 대단히 크므로 설계시 이를 고려하여야 한다.

라. 곡물(穀物)부두

곡물부두는 대형사이로가 있어야 하고, 곡물은 일반적으로 압축공기 컨베이어(Pneumatic Conveyor) 또는 체인 컨베이어(Chain Conveyor)에 의해 하역된다. 곡물부두는 곡물을 포대에 넣고 보관하는 작업용 및 보관용 구역이 필요하다.

마. 시멘트 부두

시멘트 부두에는 시멘트 사이로가 있어야 하고, 곡물부두와 유사한 시설을 갖추어야 한다.

바. 페리부두

자동차 또는 객화차를 배에 싣고 내리는 부두이며, 도로 또는 철도가 부두와 연결되어야 한다. 수위와 조위의 변화 때문에 부두와 선박사이에 가동교를 설치한다. 가동교의 경사는 자동차의 경우 1/10 이하로 해야 하며 철도의 경우는 45/1,000이하로 하는 것이 좋다.

사. 컨테이너 부두

컨테이너를 하역하는 부두이며, 크레인 등 컨테이너 하역용 전용크레인이 설치되어야 하고, 하역한 컨테이너를 일시 보관하는 넓은 야적장과 중기 수리공장 등이 필요하고, 화물을 컨테이너에 담거나 해체하기 위한 창고건물(C.F.S)이 필요한 경우도 있다.

아. 여객부두

여객의 승강에 필요한 시설과 대합실, 사무실을 갖춘 건물이 필요하다.

- ⑥ 어항에 있어서는 양육, 휴게 및 보급부두로 구분하며, 수송시설, 어선·어구보전시설, 급수시설, 수산물 유통 판매시설, 처리가공시설, 어항 정화시설 등의 기능시설과 문화 복지시설, 관광 휴게시설, 기타 주민 편의시설 등이 필요하다.

1-3 부두의 면적

부두면적은 화물조작 처리시설, 화물보관시설, 임항교통시설, 여객이용시설, 선박 보급시설 및 화물유통판매시설, 배후유통시설 등 항만기능 지원시설, 후생복지 및 편의 제공시설, 항만 친수시설 등을 충분히 수용할 수 있도록 정해야 한다.

1-4 부두의 연장

부두의 연장은 주로 취급하는 연간화물량, 화물의 종류, 출입선박의 크기, 그리고 그 항만의 여건을 충분히 검토하여 결정한다.

1-5 부두시설의 유지관리

부두시설은 당해시설의 구조특성을 감안하여 필요한 기능이 발휘되도록 적절한 기준에 따라 유지관리를 행하는 것을 원칙으로 한다.

[참 고]

부두시설의 점검, 평가, 보수 등에 관해서는 제1편 제4장 항만시설의 유지관리를 참조한다.

제 2 장 안벽시설의 제원 및 구조형식

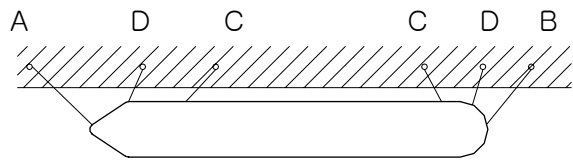
2-1 선석(Berth)의 치수

- (1) 선석의 길이는 對象船舶이 특별히 정해진 경우 정해진 선박의 全長에 선수 및 船尾 繫留라인에 의한 선박계류에 필요한 길이를 더한 수치를 표준으로 하며, 선석 水深은 對象船舶의 滿載吃水와 같이 최대 흘수에 대응하는 여유수심을 더한 수치로 하는 것을 표준으로 한다. 단 대상선박이 특별히 정해지지 않은 경우에는 선박 이용에 지장이 없는 적절한 수치로 한다.

(2) 선석 수심의 기준이 되는 수면은 공사용기준면으로 한다.

[참 고]

- (1) 선석길이는 단독이용을 전제로 하여 선박의 全長에 船首라인 및 船尾라인에 필요한 길이를 더한 값을 기본으로 한다. 선석의 수심은 제6편 4-3 泊地의 水深과 같은 방법으로 정하고 선박의 전장, 만재흘수 등에 대해서는 제2편 2-1 대상선박의 주요치수를 참조한다.
- (2) 선박이 횡접안하여 계류할 때에는 도참(2-1)과 같은 계류라인이 필요하다. 이중 선수라인과 선미라인은 선박이 앞뒤(전후)로 이동하는 것을 방지하고 선박이 안벽기준선의 직각방향으로 이동하는 것을 지지하므로 안벽에 대하여 30°~ 45°의 각도를 갖도록 하는 것이 좋다



- A : 선수라인(BOW LINE)
B : 선미라인(STERN LINE)
C : 스프링라인(SPRING LINE)
D : 블레스트라인(BREAST LINE)

도참(2-1) 계류라인 위치도

표참(2-1) 선박 유형별 선석의 제원

1. 화물선

재하중량톤수(DWT)	선석의 길이(m)	선석의 수심(m)
1,000	80	4.5
2,000	100	5.5
3,000	110	6.5
5,000	130	7.5
10,000	160	9.0
12,000	170	10.0
18,000	190	11.0
20,000	210	11.0
30,000	240	12.0
40,000	260	13.0
55,000	280	14.0
70,000	300	15.0
90,000	320	16.0
100,000	330	17.0
150,000	370	19.0

2. 컨테이너선

재하중량톤수(DWT)	선석의 길이(m)	선석의 수심(m)
30,000	250	12.0
40,000	300	13.0
50,000	330	14.0
60,000	350	15.0

3. Ferry

3-A. 중간거리 Ferry(항행거리 300km 미만)

총톤수(GT)	선수미 안벽이 있는 경우		
	선수미 안벽길이(m)	선석의 길이(m)	선석의 수심(m)
400	20	60	3.5
700	20	80	4.0
1,000	25	90	4.5
2,500	25	130	5.5
5,000	30	160	6.5
10,000	30	180	7.0

3-B. 장거리 Ferry(항행거리 300km 이상)

총톤수(GT)	선수미 안벽이 없는 경우	선수미 안벽이 있는 경우		
	선석의 길이(m)	선수미 안벽길이(m)	선석의 길이(m)	선석의 수심(m)
6,000	190	30	170	7.0
10,000	220	30	200	7.5
13,000	240	35	220	8.0
16,000	250	40	230	8.0
20,000	250	40	230	8.0
23,000	260	40	240	8.5

4. Roll-on, Roll-off선

재하중량톤수(DWT)	선석의 길이(m)	선석의 수심(m)
700	100	4.5
1,500	130	5.5
2,500	150	6.5
4,000	180	7.5
6,000	200	8.0
10,000	230	8.5

5. 여객선

총톤수(GT)	선석의 길이(m)	선석의 수심(m)
2,000	110	4.5
4,000	140	5.5
7,000	160	6.5
10,000	190	7.5
20,000	240	7.5
30,000	280	9.0
50,000	310	9.0
70,000	340	9.0

6. 자동차 전용선

총톤수(GT)	선석의 길이(m)	선석의 수심(m)
500	90	4.5
1,500	120	5.5
3,000	150	6.5
5,000	170	7.5
12,000	210	9.0
18,000	240	10.0
25,000	260	11.0

7. Tanker

재하중량톤수(DWT)	선석의 길이(m)	선석의 수심(m)
1,000	80	4.5
2,000	100	5.5
3,000	110	6.5
5,000	130	7.5
10,000	170	9.0
15,000	190	10.0
20,000	210	11.0
30,000	230	12.0
50,000	270	14.0
70,000	300	16.0
90,000	300	17.0

- (3) 인화성 위험물을 취급하는 부두에서는 안벽위의 하역 작업장소 또는 하역선박이 석유류의 탱크, 보일러 및 화기를 다루는 작업장까지 30m이상 거리를 두는 것이 좋다. 단, 위험물이 새어나올 경우에 인화할 염려가 없는 지형이나 구조인 경우는 상기 거리를 15m 정도까지 줄일 수 있다. 30m의 이격거리는 인근의 정박선박과 부근을 항행하는 선박까지에도 적용할 수 있으나 상황에 따라 적절히 증감할 수 있다.
- (4) 소형선 선박의 길이 및 수심은 대상선박의 선장이나 만재흘수 등이 명확하지 않은 경우에 표참(2-2)의 값을 참고로 하여 정해도 좋으나 소형선의 선형은 차이가 크므로 주의할 필요가 있다.

표참(2-2) 소형선 선박의 길이 및 수심

종류	대상선박	선석길이(m)	선석수심(m)	종류	대상선박	선석길이(m)	선석수심(m)
화물선	D.W.T			토사운반선	D.W.T		
	300	55	3.5		200	45	3.0
	600	65	4.0		300	50	3.5
유조선	D.W.T				500	60	4.0
	200	40	3.0	예선	G.T		
	400	50	3.5		100	35	3.0
	600	60	4.0		200	45	3.5
여객선	G.T				300	50	4.0
	100	40	2.0				
	300	50	2.5				
	500	60	3.0				

- (5) 표참(2-1) 선박유형별 선석의제원은 제2편 2-1 대상선박의 주요치수의 표참(2-1)을 기초로 선급 및 선종별 만재흘수(d)에 최소 여유수심 50cm 이상을 고려하는 것으로 한다. 시설설계 등에 있어서는 대상선박의 흘수, 선장 등을 면밀히 검토하여 선석길이 및 수심을 적절하게 설정할 필요가 있다.

- (6) Ferry의 제원은 항해거리 300km 이상의 장거리 Ferry와 항해거리 300km 미만의 중단거리 Ferry에서 각기 다른 특성을 가지고 있으므로 「장거리 Ferry」와 「중단거리 Ferry」를 각각 표시한다.
- (7) Tanker와 같이 인화성 위험물의 하역을 행하는 선박의 경우는 하역선박으로부터 다른 정박 선박까지의 거리가 30m 이상으로 하고, 부근 항행선박이 30m이상 충분히 이격, 항행할 수 있어야 한다. 그러나 하역선박이 크고 부근 정박선박 및 항행선박의 종류, 크기, 폭주 상황 등에 따라 상기 거리를 적당하게 증감할 수 있다.
- (8) 표참(2-1)의 컨테이너선 및 Ferry는 각각 제10편 1-2-1 선박의 길이 및 수심, 제10편 2-2-1 선박길이 및 수심에 나타난 여러 사항을 참조하였다.

2-2 계류시설의 마루높이

계류시설의 마루높이는 대상선박의 주요치수, 이상조위, 파랑 등의 자연 상황과 지반침하, 인근지역의 적용사례 등을 충분히 고려하여 적절하게 결정하여야 한다. 이 경우 마루높이의 설정기준이 되는 조위는 일반적으로 삭망평균만조위(朔望平均滿潮位)로 하나, 구조물의 설치목적 및 중요도에 따라 설계고조위를 적용할 수도 있다. 즉, 폭풍해일에 대한 대책을 요하는 계류시설의 경우 제2편 6-1 설계조위에 제시된 방법에 따라 설계조위를 산정하여 마루높이를 결정할 수도 있다.

[해설]

- (1) 계류시설의 마루높이는 낮을수록 공사비가 적게 드나, 그 항만의 조차, 폭풍해일, 파랑 등을 고려한다면 일반적으로 높은 것이 좋다.
- (2) 계류시설의 마루높이는 (1)에서 설명한 것을 고려하여 하역에 지장이 없고 부두시설물이 침수되지 않게 신중히 결정해야 한다.
- (3) 조차, 폭풍해일 및 H.W.L에 대해서는 제2편 제6장 조석을 참조하고, 파랑에 대해서는 제2편 제4장 파랑을 참조토록 한다.

[참고]

- (1) 대상선박이 특별히 정해지지 않은 경우에 있어서는 일반적으로 표참(2-3)의 수치가 많이 사용된다.

표참(2-3) 접안시설의 표준적인 마루높이

구 분	조차 3.0m 이상	조차 3.0m 미만
대형접안시설 (수심 4.5m이상)	H.W.L+(0.5~1.5m)	H.W.L+(1.0~2.0m)
소형접안시설 (수심 4.5m미만)	H.W.L+(0.3~1.0m)	H.W.L+(0.5~1.5m)

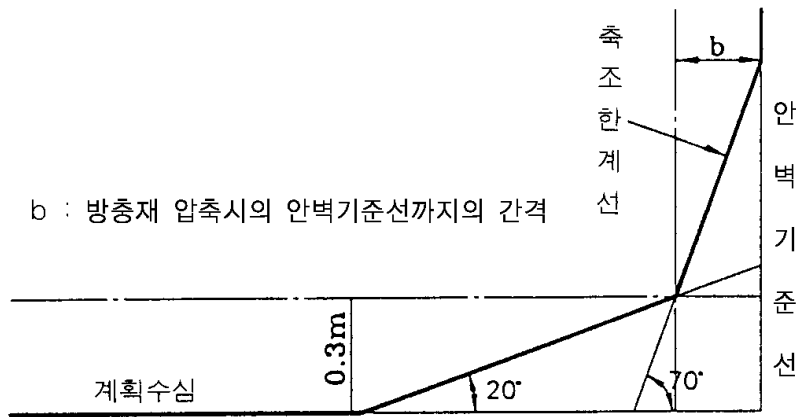
- (2) 파랑의 영향을 비교적 크게 받는 특수한 경우의 안벽에서 파랑에 의한 월파방지가 요구되어지는 경우에는 설계조위에 항내파고를 적정한 방법으로 더한 높이 이상을 마루높이로 결정할 수 있다.

2-3 안벽의 축조한계

안벽의 벽면이나 앞굽(Toe)의 형상은 선박의 접안각도에 따른 충돌 및 계류시의 선체 동요에 따른 충돌에 대해 안전하도록 적절하게 결정하여야 한다.

[참 조]

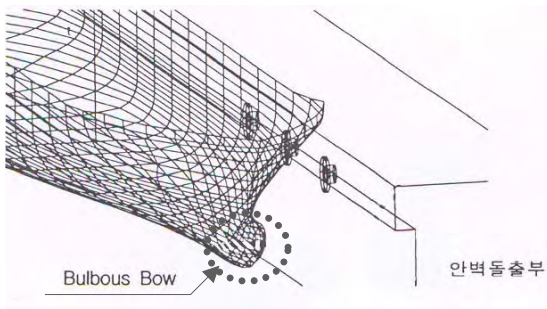
- (1) 안벽하부의 앞굽에서의 축조한계는 도참(2-2)를 참고로 하여 결정한다.



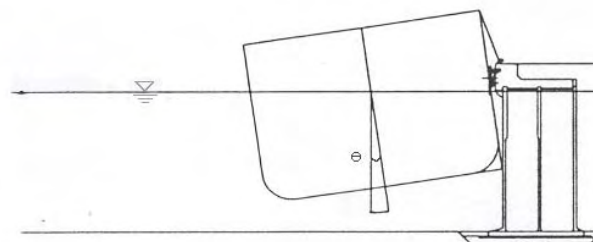
도참(2-2) 안벽의 축조한계

단, 도참(2-2)의 축조한계는 접안시 선박의 동요(Rolling, Pitching, Heaving 등)를 특별히 고려하지 않았으므로 주의할 필요가 있다.

- (2) 선박의 단면형상은 선저 모서리부가 약간 둥글게 되어 있고, 그 모서리부에 빌지킬(Bilge Keel)이突出하고 있다.隅角部の 曲率半徑은 1~1.5m, 빌지킬의 높이는 30~40cm가 많고,隅角部는 거의 직각에 가깝다. 안벽의 계획수심과 대상선박의 만재흘수의 차는 0.3m 이상이다.
- (3) 대형선박이 일정 각도로 안벽에 접안할 때 항내파고와 같은 외력에 의해서 도참(2-3)과 같이 선박의 Bulbous Bow와 안벽이 충돌할 가능성이 있으며, 시-버스(Sea-Berth)나 폐쇄성 항만 등 특수한 경우, 장주기 파랑이나 항내 부진동 발생시, 계류 선박이 도참(2-4)와 같이 선체동요에 의해 안벽과 충돌할 가능성을 고려할 수가 있다. 이 경우 선체의 동요에 대한 검토를 수행하여 안벽 상부의 소요 돌출길이를 정하는 방법을 적용할 수가 있다.



도참(2-3) Bulbous Bow와 안벽의 충돌 모식도



도참(2-4) 선체 동요에 의한 안벽과의 충돌 모식도

2-4 설계수심

설계수심은 대상으로 하는 부두시설의 계획수심 이외에 구조형식, 현지반수심, 시공방법 및 시공정밀도, 부두시설 전면의 세굴상황 등을 고려하여 결정한다.

[해설]

- (1) 일반적으로 설계수심은 계획수심과 동일 값이어서는 안 된다.
통상적으로 설계수심은 구조물의 안정을 확보한다는 의미에서 計劃水深에 餘裕水深을 더하는 것으로 한다. 그 餘裕水深은 구조형식, 현 지반수심, 시공방법 및 시공정밀도, 세굴상황 등에 따라 다르므로 이를 고려하여 신중하게 결정하는 것이 중요하다.
- (2) 흐름 또는 특정선박의 이용 등에 따라 계류시설 전면의 세굴이 커질 우려가 있는 경우 설계의 세굴심도를 일정하게 결정하는 것은 바람직하지 못하다. 이러한 경우는 세굴심도를 여유수심으로 고려하지 않고 본편 2-5 세굴방지공에 서술한 세굴방지공을 설치하는 것이 좋다.

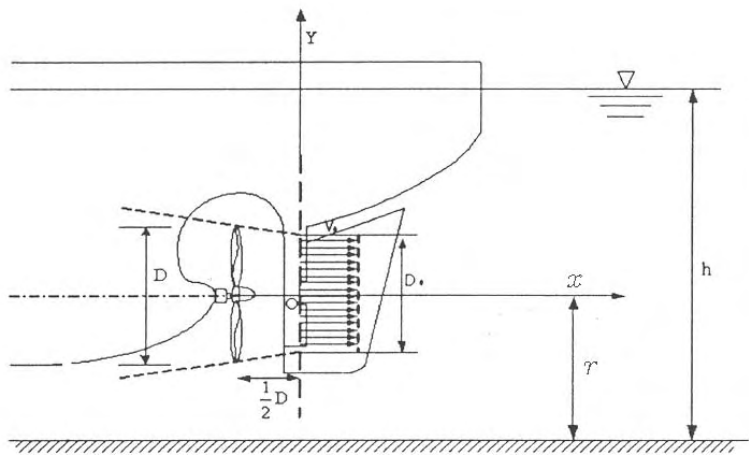
2-5 세굴 방지공

계류시설 전면이 흐름 또는 선박 추진기 분사류 등에 의하여 세굴될 염려가 있는 경우는 피복석이나 블록 등으로 계류시설 전면을 보호하여 세굴에 대처하여야 한다.

[참고]

- (1) 선박의 시운전 또는 이와 유사한 선박 조종시, 추진기 분사류의 영향으로 인해 안벽구조물 전면부 저면에 손상이 발생된 사례가 종종 있다. 따라서 이런 경우, 선박 최대추력(Thrust Force)으로부터 수로 경계에 특정 난류하중을 가하는 실제적인 시험을 수행하여 추진기 분사류에 의한 안벽저면의 세굴영향을 파악하는 방법이 있고, 선박 추진기의 분사유속을 압력가속의 단순화, 자유분사 난류법칙의 응용, 한계속도의 고려 등을 통한 수치 시뮬레이션으로 해석하는 방법이 있다.
추진기에 의한 흐름을 유체역학적 운동량이론에 근거하여 도출한 산정식은 식(참2-1)과 같으며, 이를 이용하여 안벽구조물의 저면 기초사석 보호용 피복재의 중량을 산정할 수 있다.
이외에도 혼성제 사석부의 피복재 소요중량은 제2편 5-3-2 혼성제 사석부의 피복석 또는 블록의 소요질량을 참조하여 결정 할 수가 있다.

원형오리피스 : $\frac{V}{V_0} = \frac{1}{2C_2} \frac{D_0}{x} \exp[-\frac{1}{2C_2^2} \frac{r^2}{x^2}]$ (참2-1)



도참(2-5) 선박 추진기 분사유속 산정 수치해석 모식도

여기서,

- x : 추진기로부터 배수방향의 거리
- V : 임의 지점에서의 유속
- V_0 : 추진기 직하에서의 초기유속
- D_0 : 추진기 직경
- r : 추진기 중심축과 유속을 구하고자 하는 지점의 연직거리
- C_2 : 실험상수

- (2) 계류시설 전면에 이용선박이 투묘(投錨)할 가능성이 있는 경우에는 이에 방해되지 않도록 세굴방지공의 범위를 정하고 적절한 재료를 선정하는 주의가 필요하다.
- (3) 세굴방지공에 대해서는 피복석, Geotextile Filter 위에 설치한 Concrete Block Mat, Concrete를 채운 베개 모양의 Geotextile Mat 등이 해외에서 Test Model로서 사용된 예가 있다. 그 외에도 해저면에 만곡판(灣曲板)을 붙이고 프로펠러에 의한 분사류(噴射流)의 방향을 수면으로 향하게 하는 연구도 진행되고 있다.

2-6 구조형식의 선정

계류시설의 구조형식을 선정할 때는 각 구조형식의 특성을 충분히 고려하고, 다음 사항을 비교 검토하여 결정해야 한다.

- (1) 자연조건
- (2) 이용조건
- (3) 시공조건
- (4) 경제성
- (5) 구조형식의 다양화

[해설]

- (1) 자연조건은 지반조건, 파랑, 조위, 조류 등을 말하며, 이 중에서 특히 지반조건은 계류시설의 구조형식을 결정하는 가장 중요한 요소이다. 일반적으로 연약지반인 경우는 가벼운 구조형식이 채용되고 필요에 따라 지반개량이 행해지며, 지반이 좋은 경우는 중력식 구조물을 택하는 경우가 많다.
- (2) 이용조건은 시공 후 이용상의 제약으로서 접안선박의 크기와 종류, 화물의 종류와 수량, 하역방법 등을 말하며, 선박 접안력, 상재하중, 안벽의 허용변위 등에 지배된다.
유조선 부두 등에서는 부두뜰이 필요치 않고 선박의 충격력 흡수에 중점을 둔 돌핀형식이 채택되며, 궤도주행식 크레인을 설치하는 안벽에는 변위가 작은 구조형식이 채택된다.
- (3) 시공조건으로서는 바람, 비, 기온, 파랑, 조석, 조류 등을 고려할 수 있으며 작업시간과도 관계가 있다. 또한 시공에 의한 해수의 혼탁도 큰 문제가 되고 있어 주변 환경에의 배려가 필요하다. 계류시설은 주로 해상작업으로 시공되어지므로 이들의 시공조건에 따라서 구조형식이 달라진다.
- (4) 경제성
(1)~(3)의 조건을 고려한 경제성 비교 검토를 행하여 구조형식을 결정한다.
- (5) 구조형식의 다양화
계류시설의 구조형식을 선정하는데 있어서 항만구조물의 내진성을 강화하기 위해 지진응답이 다른 구조형식을 조합하는 등 구조형식의 다양화를 검토해야 한다.

[참고]

- (1) 계류시설을 구조 형식상 분류하면 다음과 같고, 구조형상은 도해(2-1)에 제시되었다.
 - ① 중력식 안벽(Gravity Type Quaywall)
 - 가. 연직 말뚝식 잔교
 - 나. 경사 말뚝식 잔교
 - 다. 원통(각통)식 잔교
 - 라. 교각식 잔교
 - ③ 널말뚝식 안벽(Sheet Pile Type Quaywall)
 - 가. 자립식 널말뚝
 - 나. 버팀(앵커)식 널말뚝
 - ㉠ 타이로드(타이로프)식 널말뚝
 - ㉡ 사향 버팀식 널말뚝
 - ㉢ 전면 사향 버팀식 널말뚝
 - ㉣ 선반식 널말뚝
 - 다. 셀식 널말뚝
 - ㉤ 이중 널말뚝
 - ㉥ 셀식 널말뚝
 - ④ 강판셀식 안벽(Fabricated Steel Cellular Quaywall)
 - 가. 거치식 강판셀
 - 나. 근입식 강판셀
 - ⑤ 디태치드피어(Detached Pier)
 - ⑥ 부잔교(Floating Pier)

⑦ 돌핀(Dolphin)

⑧ 계선부표(Mooring Buoy)

(2) 중력식 안벽은 토압, 수압 등 외력에 대하여 자중과 저면의 마찰력에 의해서 저항하는 구조이며, 일반적으로 다음과 같은 특성이 있다.

- ① 중력식 안벽에는 케이슨, 우물통, 블록, L형블록, 셀블록, 현장타설 콘크리트식, 직립소파식(直立消波式) 등이 있으며 주로 콘크리트 구조물이다. 지반이 견고하고 수심이 얇은 경우에 유리하다.
- ② 프리캐스트 콘크리트 구조로 할 때는 육지에서 제작하므로 품질을 보증할 수 있고 시공이 간단하나, 케이슨 제작장 등 육상의 제작시설비가 많이 든다. 그러나 시공연장이 긴 경우에는 단가를 저렴하게 할 수 있다.
- ③ 최근 항만구조물의 내진성능 향상을 통한 안정성 확보차원에서 기존의 일반적인 중력식 단면형상을 부분적으로 변형시킨 ‘내진강화형 안벽’이 검토되고 있는데, 이러한 형식으로는 케이슨과 배면에 부벽식을 조합한 안벽형식 및 저면경사형 케이슨식 안벽 등이 있다 .

(3) 중력식 안벽의 각 형식별 특성은 다음과 같다.

① 케이슨식 안벽(Caisson Type)

케이슨식 안벽은 주로 케이슨을 육상 제작하여 해상크레인 등에 의한 인양 진수 후 소정위치에 거치하게 된다.

장 점

- 가. 케이슨은 큰 배면 토압에 견딜 수 있다.
- 나. 케이슨은 육상에서 제작하므로 품질을 믿을 수 있다.
- 다. 속채움 재료를 저렴하게 공급할 수가 있다.

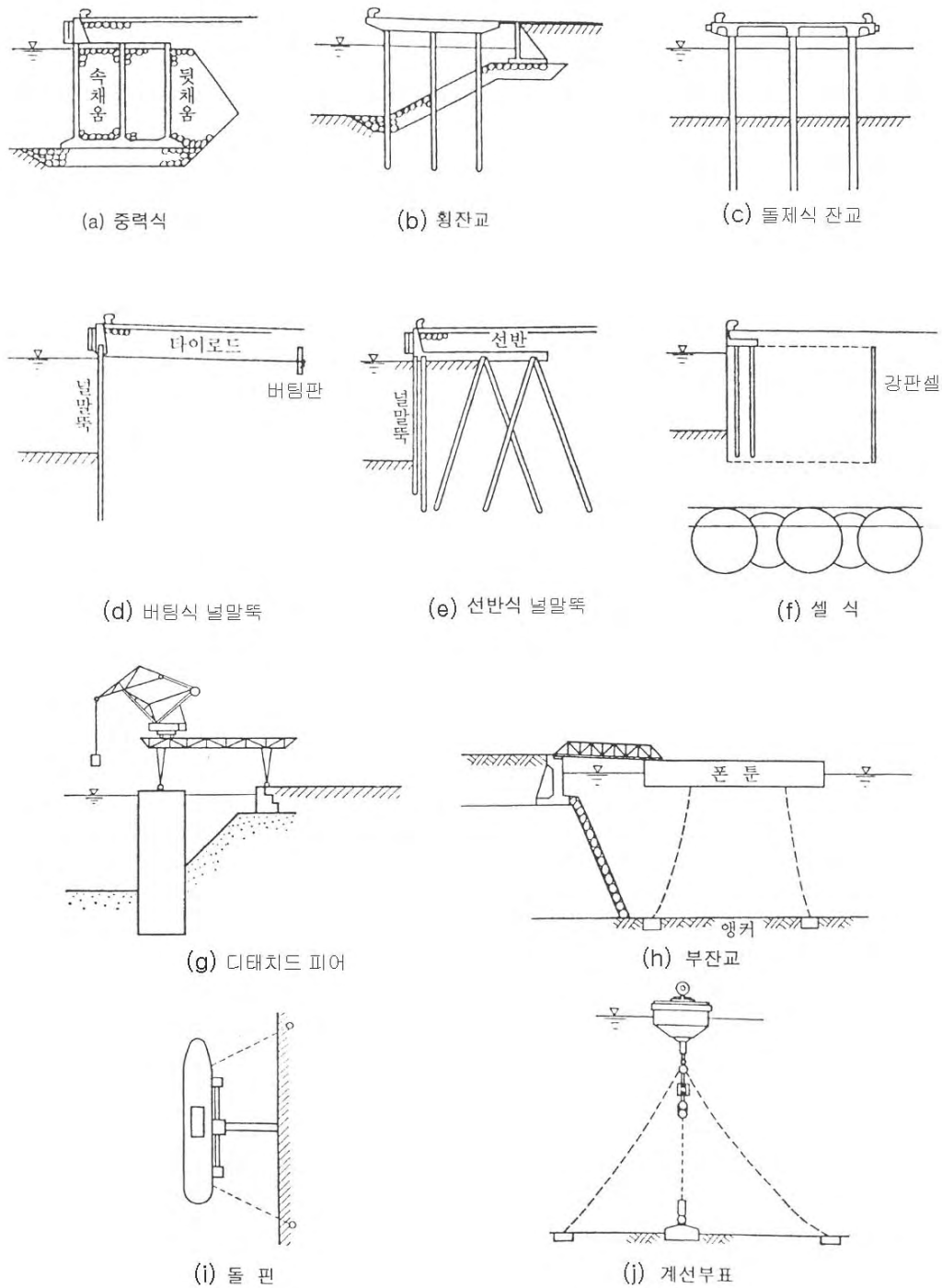
단 점

- 가. 케이슨의 진수시설 및 제작시설비가 많이 들기 때문에 연장이 짧을 때는 단가가 비싸다.
- 나. 케이슨은 주로 물에 띄워서 거치하기 때문에 충분한 수심이 확보되지 못하면 거치할 수가 없는 경우가 발생된다.

② 우물통식 안벽(Well Type)

③ 블록식 안벽(Block Type)

대형 콘크리트 블록을 쌓아서 안벽으로 이용하는 것이며, 배후의 큰 토압에 견딜 수 있으나 지반이 약하면 채택하기 힘들다. 블록은 육상작업으로 제작되기 때문에 품질을 보증할 수 있으나 설치할 때에는 대형 크레인 등 운반기계가 필요하다.



도해(2-1) 계류시설의 구조형식

④ L형 블록식 안벽(L-Shaped Block Type)

육상에서 L형 블록을 제작하여 블록 및 블록 저판상의 채움사석 중량과 그 마찰력에 의해서 토압에 저항하는 것이다. L형 블록은 철근콘크리트제의 블록이지만 토압에 저항하는 중량으로서 채움사석을 이용

할 수 있으므로 수심이 얇은 경우는 경제적이 될 수 있다. 그러나 지반이 약하면 침하가 발생하므로 L형 블록은 부적합하다.

⑤ 셀블록식 안벽(Cellular Block Type)

셀블록식은 철근콘크리트로 제작한 상자형 블록내부를 속채움재로 채워서 외력에 저항하도록 한 구조이며, 블록내부의 구멍(Hollow) 크기가 상대적으로 작아 벽체의 인장부에 미치는 영향이 적은 경우 무근콘크리트 구조도 가능하다.

⑥ 현장타설 콘크리트식 안벽(Cast in Place Concrete Type)

수중 콘크리트 또는 프리팩트 콘크리트 등으로 현장에서 직접 벽체를 축조하는 것이다.

(4) 잔교식 안벽

잔교는 평면 배치에 따라 해안선과 나란하게 축조하는 횡잔교와 해안선에 직각으로 축조하는 돌제식 잔교가 있다. 돌제식 잔교는 토압을 받지 않고 횡잔교는 토압의 대부분을 토류벽이 받고 그 일부만 잔교가 받게 된다.

잔교에 작용하는 수평력을 경사말뚝이 분담하는 구조의 횡잔교에서 경사말뚝의 머리부에 면진장치(수평력 흡수장치)를 적용하여 내진성능을 강화한 구조형식도 있다.

잔교의 특성은 다음과 같다.

- ① 지반이 약한 곳에서도 적합하다.
- ② 기존 호안이 있는 곳에 안벽을 축조할 때는 횡잔교가 유리하다.
- ③ 횡잔교의 경우 구조적으로 토류사면과 잔교를 조합하는 것이므로 공사비가 많아지는 경우도 있다.
- ④ 잔교는 수평력에 대한 저항력이 비교적 적다.

(5) 널말뚝식 안벽

철제 또는 콘크리트제 널말뚝을 박아서 토압에 저항하는 구조로서 보통 자립식, 버팀(앵커)식, 셀식 안벽 등이 있다.

① 자립식 널말뚝

버팀공(앵커공) 등의 상부 받침이 없는 간단한 구조형식으로서 외력하중을 널말뚝의 휨강성과 근입부의 횡저항으로 지지하며, 벽체가 높지 않은 소규모의 물양장 등에 적합하다.

② 타이로드(타이로프)식 널말뚝

타이로드 또는 타이로프로 버팀공을 취하고, 근입부 지반과 버팀공을 받침으로 하여 벽체를 안정시키는 공법으로서 가장 일반적인 공법이다.

③ 사항(斜抗) 버팀식 널말뚝

널말뚝 배후에 경사로 말뚝을 타입하고 말뚝머리와 강널말뚝 머리를 결합하여 안정을 유지시키는 구조로서 시공이 단순하여 공기단축 및 공사비를 절감할 수 있는 공법이다.

④ 선반식 널말뚝

널말뚝 배후에 말뚝을 타입하고 선반을 설치하여 상재하중 및 상부 토사하중의 일부를 선반말뚝으로 하여금 받게 하여 수평력을 널말뚝 근입부의 수동토압 및 선반말뚝의 수평저항에 의해 지지시키는 구조로서 강널말뚝에 작용하는 토압을 경감시킬 수 있는 공법이다. 따라서 일반적인 널말뚝식 안벽으로는 근입부의 수동토압이 부족해서 적용이 불가능한 연약지반 상에도 축조가 가능하다.

⑤ 이중 널말뚝

강널말뚝을 2열로 타입 후 그 사이를 타이로드 등으로 연결하고 중간채움을 하여 벽체를 형성하는 구조형식으로서 타이로드식과 셀식의 중간 형태이며, 수중에 돌출된 구조물 축조에 편리하고 양쪽을 안벽으로 사용할 수가 있다.

⑥ 셀식 널말뚝

널말뚝을 원통형으로 타입하고 중간채움을 하는 구조로서 중간채움재의 전단저항과 널말뚝의 이음긴장력에 의해 외력에 저항하는 구조형식이다. 연약층이 비교적 깊은 곳에도 적합하며 타입시 정밀한 시공이 요구되어진다.

(6) 강판셀식 안벽(Fabricated Steel Cellular Quaywall)

거치식 강판셀은 강판셀을 토층에 근입시키지 않고 거치하는 형태로서 충분한 지지력을 확보할 수 있는 양호한 기초지반상에 적용 가능한 구조형식이다. 한편, 지지력이 다소 부족한 기초지반의 경우에는 강판셀을 소요 지지력이 확보되는 하부 토층까지 근입시킨 근입식 강판셀 형식이 있다.

(7) 디테치드피어(Detached Pier)

디테치드피어는 석탄, 광석 등 단일산화물을 대량으로 취급할 때 궤도주행식 크레인 등의 기초를 만들어서 안벽으로 사용하는 것이다.

이 구조는 잔교의 슬래브가 없는 것과 동일하다.

(8) 부잔교

부잔교는 Pontoon과 육안과의 사이 또는 Pontoon 사이를 도교로 연결한 접안시설이다.

- ① Pontoon은 수면의 승·하강과 동시에 오르내리고, 부잔교 상면과 수면과의 차가 일정하므로 여객이 주로 이용하는 소형선이나 Ferry Boat를 계류하는데 편리하다.
- ② 잔교보다 물의 유동이 원활하므로 표사 등이 심한 곳에서도 종래의 평형상태를 유지할 수 있다.
- ③ 신설 및 이설이 간단하다.
- ④ 비교적 연약한 지반에도 적합하다.
- ⑤ 채하력이 적고 하역설비를 설치하기 어렵기 때문에 하역능력은 적다.
- ⑥ 파랑이나 흐름의 영향을 많이 받는 곳에는 적합하지 않다.
- ⑦ 계류 Chain, 계류 Anchor 등에 강재를 쓰기 때문에 부식만이 아니고 기계적으로도 마모되므로 각 부분의 유지관리에 주의하여야 한다.
- ⑧ Pontoon은 그 제작재료에 의해 철근 콘크리트, 강재, Prestress Concrete, 목재, FRP 등의 종류로 나뉘어진다.

가. 철근 콘크리트 Pontoon

나. 강 Pontoon

(9) Dolphin

Dolphin은 수개의 독립된 주상구조물로 육안에서 떨어진 곳에 설치하고 안벽으로 이용하는 것이다.

- ① 소정의 수심이 확보되는 곳에 설치하면 준설, 매립 등이 필요치 않고 시공이 극히 용이하여 공사비도 저렴하고 급속히 시공된다.
- ② 잡화를 취급하는 안벽으로 과거에는 사용되지 않았으나, 최근에는 하역기계를 사용해서 석유, 시멘트 양곡 및 분말의 화물을 대량으로 취급하는 경우에도 사용되고 있다.
- ③ 다른 구조형식의 안벽 연장을 단축하기 위해 혹은 기존 안벽의 연장을 증대하기 위해 그 안벽의 선단에 붙여 설치하는 경우도 있다.
- ④ Dolphin은 구조형식에 따라 다음의 종류로 나누어진다.

가. 말뚝식 Dolphin

나. 강널말뚝 Cell식 Dolphin

다. Caisson식 Dolphin

(10) 선양장

선양장은 경사로를 이용해 선박을 육상으로 인양하는 시설이다. 일반적으로 소형선을 대상으로 하고 있다.

(11) Air Cushion정 계류시설

Air Cushion정이란 공기를 수면 아래쪽으로 분사시키는 것에 의해 선체를 부상시켜서 항행하는 고속정이다. Air Cushion정의 계류시설로서는 사로, 부두뜰, Pontoon, 잔교 등이나 선체가 특수한 구조이기 때문에 보통의 계류시설과는 다른 부대설비를 필요로 한다. Air Cushion 정의 항행은 기상, 해상조건에 크게 좌우되며 평음, 항주파(航走波) 등에 대해서도 고려할 필요가 있고 설치장소에 대해서도 충분한 고려를 하여야 한다.

(12) 계선부표

계선부표는 주로 박지에 있어서 해저에 계류 Anchor된 선박계류용의 부표(浮標)이고 그 구조는 일반적으로 부체(浮体), 계류환, 부체 Chain, 심추(沈錘) Chain, 계류(繫留) Anchor 등으로 이루어져 있다.

계선부표는 석유류하역, 목재하역 또는 거룻배 하역 등에 사용되어지는 외에 선박의 계류만을 목적으로 설치되는 것도 많다.

외해 파랑이 입사하여 반사파가 크게 발생하는 시설물 전면에 위치하는 계선부표의 경우는 반사파에 의한 선박의 계류 한계조건 등을 면밀하게 검토하여 위치선정 및 시설계획을 하여야 한다.

일반적으로 계선부표의 특징은 다음과 같다.

- ① 묘박(錨泊)의 경우에 비하면 보다 좁은 박지면적으로 계류가 가능하다.
- ② 해저가 암반이고 묘박이 불가능한 항에서는 이것을 이용해서 정박한다.
- ③ 타 계류시설보다 경제적이다.
- ④ 이설이 용이하다.
- ⑤ 안벽계류에 비해 보다 큰 파고에 대해서도 계류가 가능하다.
- ⑥ 일반적으로 하역의 기계화가 곤란하고 안벽하역에 비해 하역작업의 능률이 저하된다.
- ⑦ 일반적으로 안벽계류에 비해 넓은 박지면적을 필요로 한다.

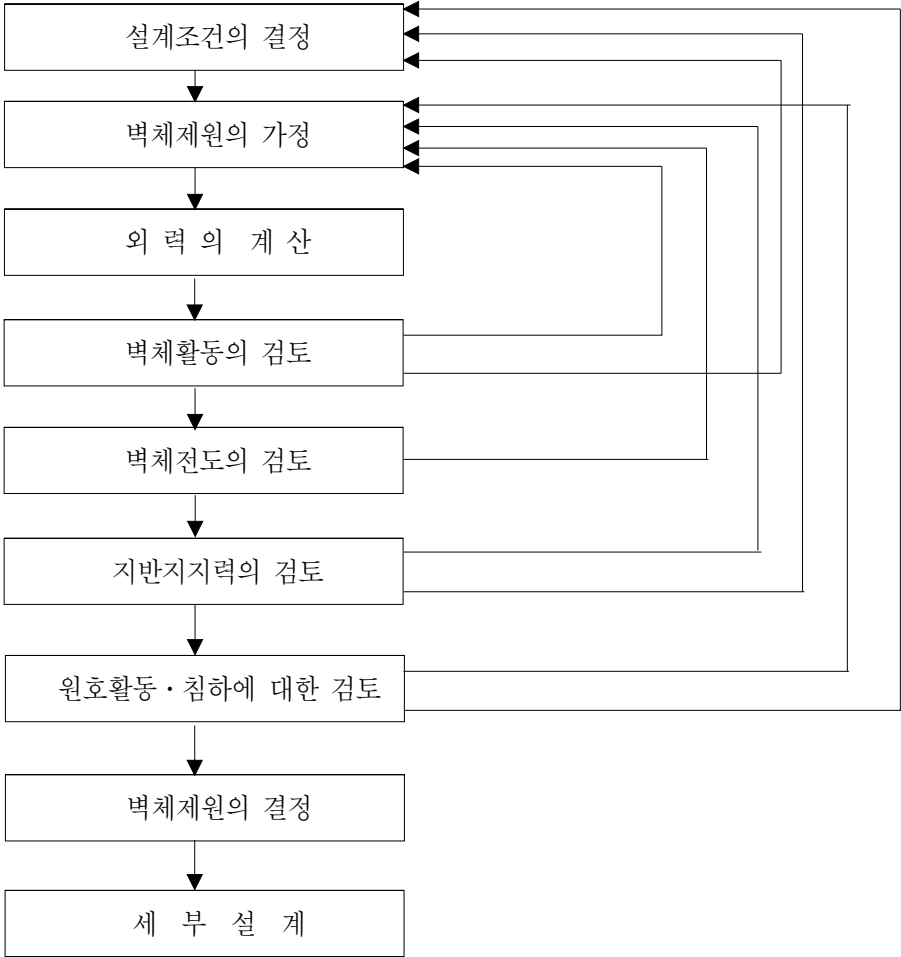
제 3 장 중력식 안벽

3-1 설계의 기본방침

중력식안벽은 벽체형식에 따라 케이슨식 안벽, L형블록식 안벽, 블록식 안벽, 셀블록식 안벽, 현장타설 콘크리트식 안벽 등으로 분류된다. 이들의 장단점은 제2장 계류시설의 제원 및 구조형식에 나타내었다. 본 장에서 설명하는 설계법은 이들 모든 중력식 안벽에 적용한다.

[참 고]

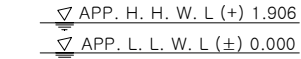
(1) 중력식 안벽의 설계는 일반적으로 도참(3-1)에 표시된 순서로 설계하는 것이 바람직하다.



도참(3-1) 중력식 안벽의 설계순서

(2) 중력식 안벽의 설계는 설계조건을 만족시키면서 가장 경제적인 것이어야 한다. 설계조건에 부적합한 경우에는 시산법에 따라 구조물의 제원을 수정하여 가장 적합한 제원을 결정한다.

- (4) 중력식 안벽단면의 설계 예를 도참(3-2)에 나타낸다.

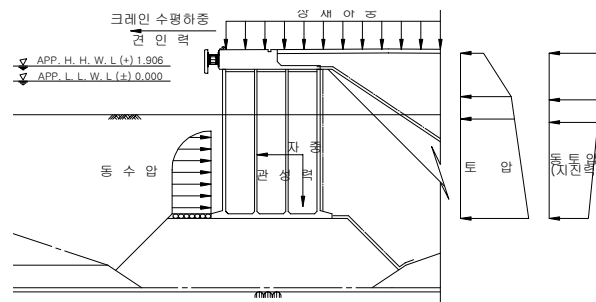


도참(3-2) 중력식 안벽단면의 설계 예

3-2 벽체에 작용하는 외력과 하중

중력식 안벽의 벽체에 작용하는 외력과 하중으로서는 다음 사항을 고려한다.

- (1) 상재하중
- (2) 벽체 자중
- (3) 토압 및 잔류수압
- (4) 부 력
- (5) 선박의 견인력
- (6) 지진력
- (7) 지진시의 동수압



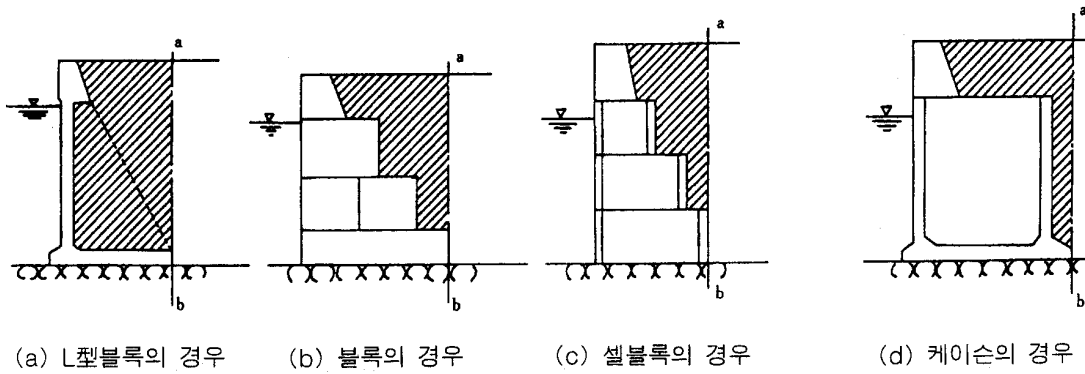
단, 지진력을 외력으로 작용시킬 때에는 확률적으로 보아 지진력과 동시에 작용되기 어려운 외력이나 하중은 고려치 않거나 감소시켜도 좋다.

[해설]

상기 (1)~(7)항목은 중력식 안벽의 안정계산 등을 수행할 때 필요한 벽체에 작용하는 외력 및 하중에 대하여 고려해야 할 항목을 정리한 것이다.

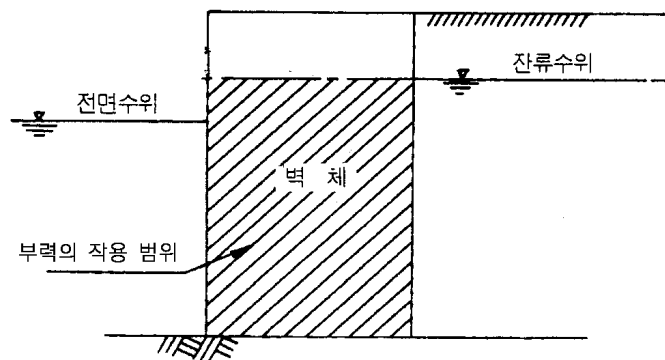
〔참고〕

- (1) 중력식 안벽의 벽체는 도참(3-3)에 표시한 바와 같이 벽체 후면하단을 지나는 연직면의 전면 부분으로 한다.



도참(3-3) 중력식 안벽의 벽체를 취하는 방법

- (2) 잔류수위는 삭망평균간조면(L.W.L.)상 조차의 1/3로 하는 것이 바람직하다.
- (3) 중력식 안벽의 안정계산시 가상배면에 작용하는 토압은 제2편 제11장 11-7-2 평상시 토압을 참조한다.
- (4) 부재설계시에는 Coulomb 토압을 사용하며, 이때 적용하는 벽면마찰각은 15° 를 표준으로 한다.
- (5) 상재하중은 해당 안벽의 취급화물에 따라 적재하중과 하역기계를 사용하는 경우는 크레인 활하중을 고려하여야 하며, 제2편 제14장 상재하중을 참조하여 결정한다.
특히, 하역기계의 윤하중은 적용 크레인의 제원 및 설치 대상지역의 설계풍속에 따라 그 크기가 각기 다르다. 일반적으로 운영시 및 폭풍시, 지진시로 구분하여 제작사에서 제시하는 크레인 윤하중 값을 설계시 적용하는 경우가 많으나, 설치 대상지역의 설계풍속이 하중계산시 고려되어야 한다.
- (6) 부력은 도참(3-4)에 표시한 바와 같이 벽체 가운데 잔류수면 이하의 부분이 수중에 있는 것으로 보고 계산한다.

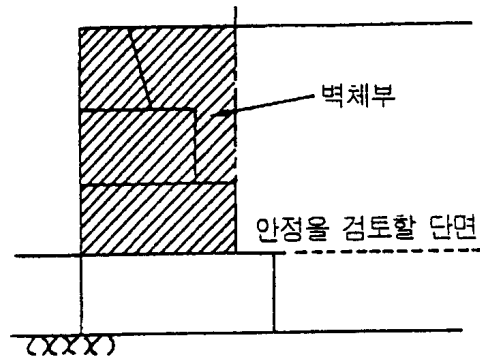


도참(3-4) 浮力을 취하는 範圍

- (7) 선박접안시의 충격력은 상부공의 자중 및 배후의 토압으로 저항하므로 안정계산에 있어서는 이것을 고려하지 않는 경우가 많다. 그러나 상부공 설계에 있어서는 선박의 충격력이 고려되어야 한다.
- (8) 블록식 안벽과 같이 각각의 층마다 그 안정을 검토해야 하는 구조에서 가상벽체를 취하는 방법은 다음과 같다. 이 경우 블록간의 요철에 의한 효과는 무시한다.

① 활동을 검토하는 경우

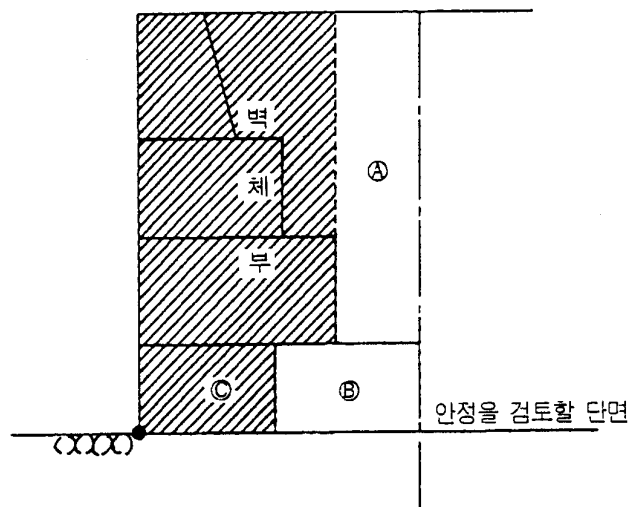
도참(3-5) 같이 검토하려는 면에서의 후면하단을 지나는 연직면의 전면 부분을 벽체로 본다.



도참(3-5) 활동 안정검토면에서 벽체를 취하는 방법

② 전도를 검토하는 경우

검토하는 면의 바다 쪽의 블록 1개 위에 얹히는 블록군의 최후단을 지나는 연직면의 전면부분 뒷채움을 벽체로 본다. 예를 들면 도참(3-6)과 같은 경우, 전도에 대한 저항력으로서 블록 ㉔ 및 그것에 걸리는 토사 ㉓의 중량은 작용하지 않는다고 생각한다.



도참(3-6) 전도 안정검토면에서 벽체를 취하는 방법

③ 지지력을 검토하는 경우

전도와 같은 가상단면으로 보고 계산하면 안전율은 아주 작아진다. 그러나 벽체하중이 국부적으로 집중하면 그 부분은 침하를 일으키므로 실제로는 하중이 극단적으로 집중하는 일이 없고, 상당한 범위에 분포하는 것으로 생각된다. 또한 기존구조물의 안정을 검토한 결과, 가상단면으로서는 벽체의 최하단의 최후단을 지나는 연직면의 전면부분을 벽체로 보아도 무방하다. 한편 셀블록의 경우, 저면반력은 벽체부와 속채움부에서는 다르다고 생각된다. 따라서 셀블록의 경우 최하부의 블록은 일체로 계획하는 것이 좋다.

(9) 잔류수위는 일반적으로 간만차가 클수록, 또 벽체 구성 재료의 투수성이 나쁠수록 크다. 벽체 배후의 물은 벽체의 줄눈, 기초사석, 뒷채움 사석의 틈을 통하여 출입하는데, 이들 재료의 투수성을 좋게 하면 잔류

- 수위가 낮아지지만 뒷채움 토사의 유출이 우려되므로 주의해야 한다. 잔류수위의 표준치(조차의 1/3)는 투수성이 장기간에 걸쳐 확보되는 경우의 것이고, 길이가 긴 장대형 케이슨 안벽과 같이 처음부터 투수성이 좋지 않거나 장기간에 걸쳐 투수성의 저하가 예상되는 경우에는 이보다 큰 잔류수위의 차를 고려할 필요가 있다. 또 잔류수위는 파랑이 벽체전면에 내습할 경우, 파곡에 대해서도 생각할 수 있으나 안벽 설계에 있어서는 파랑 내습에 의한 잔류수위차의 증대는 고려하지 않아도 좋다.
- (10) 중력식 안벽의 설계계산은 비교적 간단하고 그 설계 예도 많다. 따라서 설계에 있어서는 계산 예를 참조해서 개략적인 제원을 구하는 것이 좋다.
- (11) 지진력은 제 2편 제12장 지진 및 지진력을 참조할 수가 있다. 지진력과 동시성이 없는 하중은 제외하고, 이 상시의 안정계산을 하여도 좋다. 일반적으로 다음의 하중은 지진시 검토에서는 생략하여도 좋다.
- ① 선박의 견인력
 - ② 폭풍시 하역상태의 하역기계 반력
 - ③ 군집하중 또는 설하중(雪荷重), 단, 설하중은 대상지역 여건에 따라서 고려할 수가 있다.
- (12) 지진시의 동수압에 대해서는 제2편 제11-7 토압과 수압을 참조하여 결정한다.

3-3 안정계산

3-3-1 안정계산에 고려할 사항

중력식 안벽의 안정계산은 일반적으로 다음 사항에 대해서 검토하여야 한다.

- (1) 벽체의 활동
- (2) 벽체의 전도
- (3) 기초의 지지력
- (4) 원호활동
- (5) 침 하

[해 설]

중력식 안벽은 벽체중량에 의하여 안정을 유지하는 것이므로 상기(1)~(5)의 항목에 대해서 검토한다. 일반적으로 벽체의 활동 및 기초지지력에 대하여 안정이 확보되면 벽체의 전도는 충분히 안정한 경우가 많다.

3-3-2 벽체의 활동 검토

중력식 안벽은 활동에 대해서 식(3-1)을 만족시켜야 한다.

$$F \leq \frac{fW}{P} \tag{3-1}$$

여기서,

- W : 벽체에 작용하는 전연직력(kN/m)
- P : 벽체에 작용하는 전수평력(kN/m)
- f : 벽체 저면과 기초와의 마찰계수
- F : 안전율

[참 고]

- (1) 안전율은 평상시 1.2 이상, 이상시 1.1 이상을 표준으로 한다.
- (2) 전연직력은 벽체로 가정한 경계면보다 앞부분의 상재하중을 포함하지 않는 체체중량으로서 부력을 뺀 값으로 한다.
- (3) 전수평력은 다음과 같다.
 - ① 상재하중이 실린 상태로 벽체라고 가정한 경계면에 작용하는 토압의 수평분력.
여기서 토압은 Rankine 토압의 사용을 표준으로 한다.(가상경계면에 작용하는 토압에 관해서는 도로교 표준시방서 제4편 5-3 교대의 설계를 참조한다.)
 - ② 잔류수압
 - ③ 이상시의 안정계산으로는 ①, ②의 외력 이외에 벽체에 작용하는 지진력을 추가시킨다. 이때 토압은 지진시 토압의 수평분력으로 한다.
이 밖에 벽체에 하역기계가 있는 경우에는 하역기계 기초부에 연직하중의 10%에 해당하는 수평력을 고려할 필요가 있다.
- (4) 마찰계수에 대해서는 제2편 제15장 마찰계수를 참조하여 결정한다.
- (5) 블록쌓기 등과 같이 수평줄눈이 있는 안벽에 대해서는 각 줄눈마다 엇물리는 효과가 충분히 기대되고 또한 그것에 작용하는 전수평력에 견딜 수 있는 강도를 갖는 요철을 설치하는 것이 좋다. 요철의 구조에 대해서는 제7편 제2장 방파제를 참조한다.
- (6) 벽체 전면에 세굴방지와 비탈어깨보호 등의 목적으로 사석, 바닥다짐 블록 등을 설치 할 경우라도 벽체의 활동에 대한 이들의 저항력은 무시한다.
- (7) 저판이 없는 셀블록의 활동 안정계산에 사용하는 마찰계수는 엄밀하게 철근콘크리트부 저면이 받는 반력에 대해서는 0.6, 속채움(돌)부 저면이 받는 반력에 대해서는 0.8을 사용해서 환산하여 계산해야 하겠지만 편의적으로 0.7을 사용하여도 좋다.

3-3-3 벽체의 전도 검토

중력식 안벽은 전도에 대해서 식(3-2)를 만족시켜야 한다.

$$F \leq \frac{W \cdot t}{P \cdot h} \quad (3-2)$$

여기서,

W : 벽체에 작용하는 전연직력(kN/m)

P : 벽체에 작용하는 전수평력(kN/m)

t : 벽체 전면하단으로부터 벽체에 작용하는 전연직력의 작용점까지의 거리(m)

h : 벽체 저면에서 전수평력의 작용점까지의 높이(m)

F : 안전율

[참 고]

안전율은 평상시 1.2 이상, 이상시 1.1 이상을 표준으로 한다.

3-3-4 기초의 지지력 검토

중력식 안벽의 벽체는 구조형식에 따라 얇은 기초 또는 말뚝기초로서의 기초지지력 검토를 수행하여 안정하여야 한다.

[해 설]

중력식 안벽은 벽체의 침하나 기울어짐이 발생하기 쉬운 구조가 많으므로 이로 인한 기능상의 장애가 발생하지 않도록 기초를 설계하여야 한다.

[참 고]

- (1) 얇은 기초로 검토할 경우 적용하중은 벽체저면에 작용하는 연직하중과 수평하중의 합력이므로 제4편 2-4 편심·경사하중에 대한 지지력에 의하여 검토한다.
- (2) 일반적으로 기초의 저면반력 검토는 벽체부에 상재하중이 작용하지 않는 경우에 대해서 한다. 그러나 벽체부에 상재하중이 작용하는 경우 편심량은 감소하나 연직력이 증대하므로 저면반력이 증대하는 수도 있으므로 이 경우에 대해서도 검토하는 것이 좋다.
- (3) 기초사석층의 두께는 기초의 지지력 검토 이외에 벽체를 거치하기 위한 평탄성, 부분적인 응력집중의 완화, 잔류수위의 저감 등을 고려하여 결정한다. 기초사석층 최소두께는
 - ① 높이 4.5m미만의 안벽에 대해서 0.5m이상, 단 사석직경의 3배 이상
 - ② 높이 4.5m이상의 안벽에 대해서 1m이상, 단 사석직경의 3배 이상을 원칙으로 하나, 시설물의 규모나 조위차가 큰 지역여건 및 시공여건에 따라 조정이 가능하다.
- (4) 기초사석은 상부 제체하중이나 상재하중 작용시 수축침하가 발생하여 상부구조의 거치가 불균등하게 되는 경우가 있다. 최근 해양수산부 연구개발 사업으로 한국해양연구원에서 시행한 연구 자료에 의하면 대형 진동대 모형실험결과, 기초사석 상대밀도가 50%인 경우 전혀 다지지 않은 경우에 비해서 침하는 21%이상, 제체 상단수평변위는 9%이상, 하단수평변위는 7%이상, 회전각은 5%이상 감소하였고, FLAC-2D를 이용한 수치해석결과에서도 이와 유사한 경향임을 확인하였다.
따라서 침하를 사전에 촉진시키기 위해서는 미리 사석층을 대상으로 진동다짐이나 상부구조물 거치 후 하중 선행재하, 여성 등의 방법을 고려할 수 있다. 침하량 예측방법도 과거의 실적치 또는 유사한 다짐시험자료 등을 통해 적정한 방법으로 추정할 수 있다.
- (5) 기초말뚝을 사용한 구조형식은 드물지만 이 경우 제4편 제4장 말뚝기초의 지지력을 참고한다. 침하가 발생하기 용이한 지반에 지지말뚝을 사용했을 경우, 말뚝에 상부구조물 저판을 직접 설치하면 저판에 공동이 생겨서 불안정하게 되고 뒷채움재의 유출원인이 되기도 한다. 이런 경우 말뚝머리를 사석층으로 덮는 구조로 하고 말뚝반력 계산은 저판이 말뚝에 직접 얹혀 있다고 가정하여 계산한다.

3-3-5 연약지반인 경우의 검토

중력식 안벽의 설계에 있어서 기초지반이 연약한 경우, 다음 사항에 대해서 검토하여야 한다.

- (1) 원호활동에 대한 안정
- (2) 기초지반의 침하

[해설]

벽체 저면반력 영향을 받는 범위의 기초지반 내에 점성토 등이 존재하는 경우, 제4편 제9장 사면의 안정에 따라 원호활동에 대한 검토를 해야 한다.

[참고]

- (1) 기초지반은 새로이 가해진 하중증가에 대해서 침하를 일으키므로 충분한 토질조사를 하여 제4편 제8장 기초의 침하에 따라 미리 침하량을 추정해 둘 필요가 있다. 그 값에 따라 구조물이 최종적으로 설계단면이 되도록 기초면을 높게 해두거나, 마루높이가 소정의 값으로 되게 하기 위해 상부공에 있어서 최종적인 조정을 할 수 있는 구조로 하는 것이 좋다. 또 부등침하에 의해 줄눈부의 파괴, 줄눈의 어긋남, 상부공, 부두 뜰 포장의 파괴 등을 일으키기 쉬우므로 주의해야 한다.
- (2) 사석부가 얇은 경우는 벽체 후단을 지나는 연직면과 사석 하면과의 교점에서 발생하는 원호활동에 대해서 검토해야 한다.

3-3-6 셀블록의 안정계산

벽체가 저판이 없는 셀블록으로 구성되어 있는 중력식 안벽의 경우는 속채움이 빠져나가는 것을 고려한 벽체의 전도에 대하여 검토하여야 한다.

[참고]

- (1) 벽체가 저판이 없는 셀블록으로 구성되어 있는 경우는 전도에 대해서 속채움이 빠져나가는 것을 고려한 식(참 3-1)을 만족하여야 한다.

$$F \leq \frac{W \cdot t + M_f}{P \cdot h} \quad (\text{참 3-1})$$

여기서,

W : 벽체에 적용하는 속채움 중량을 제외한 전연직력(kN/m)

t : 벽체전면 하단으로부터 속채움 중량을 제외한 전연직력 작용선까지의 거리(m)

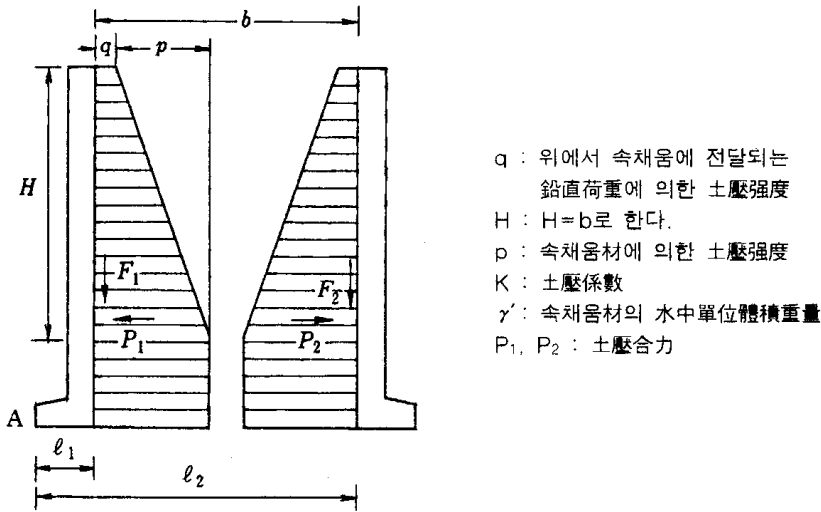
M_f : 속채움에 의한 벽면마찰력에 의해서 발생하는 저항모멘트(kN · m/m)

P : 벽체에 작용하는 전 수평력(kN/m)

h : 벽체저면에서 전 수평력의 작용선까지의 높이(m)

F : 안전율

안전율은 평상시 1.2이상, 이상시 1.1이상을 표준으로 한다. $F < 1.0$ 인 경우는 속채움은 그대로 있고 셀블록이 빠져나가게 된다. 이런 때에는 셀블록의 자중을 늘리든가 격벽을 설치하는 등의 조치를 취하여야 한다.



도참(3-7) 벽면 마찰저항을 구하는 방법

- (2) 속채움에 의한 벽면마찰로 인하여 발생하는 저항모멘트(M_f)는 다음과 같이 구한다.
- 도참(3-7)에서 A점에 대한 모멘트(M_f)는 $I_1 F_1 + I_2 F_2$ 가 된다. P_1, P_2 는 각기 속채움 토압이다.
- $F = P \cdot f$ 이고, f 의 값으로는 속채움 재료와 벽면과의 마찰계수를 취한다. 속채움 토압에 대해서는 제5편 3-3 부재에 작용하는 하중을 참조한다. 이와 똑같이 셀블록의 측벽에 일어나는 마찰저항도 고려하면 좋다.
- (3) 활동의 안정계산에 사용하는 마찰계수는 편의적으로 0.7을 취해도 된다.

3-4 뒷채움의 효과

중력식 안벽에 있어서 양질의 뒷채움을 시공했을 경우는 토압을 감소시켜서 벽체를 설계하여도 좋다.

[해설]

뒷채움의 효과는 일반적으로 다음의 사항이 기대된다.

- (1) 내부마찰각의 증대에 의한 토압의 경감
- (2) 투수성의 증대에 의한 잔류수위의 저하
- (3) 뒷채움 토사의 유출방지

[참고]

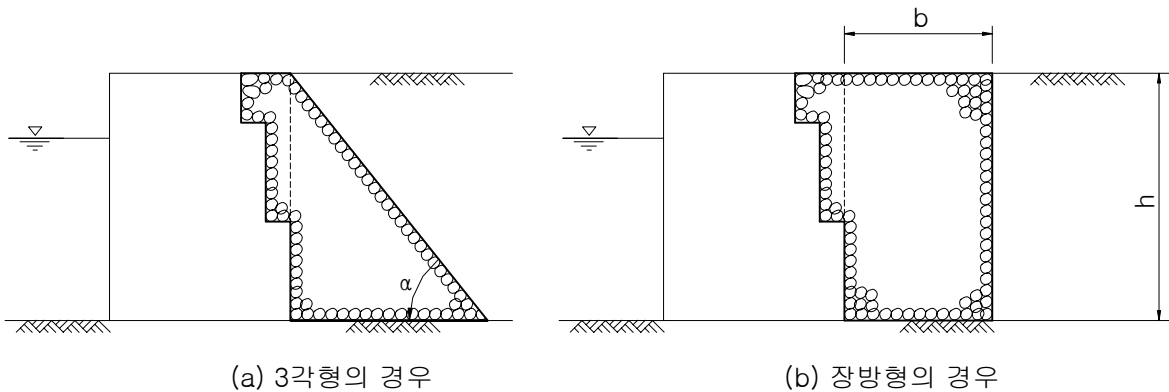
- (1) 일반적으로 뒷채움 재료로서는 양질의 깬돌이나 부순돌이 사용되지만 토압경감을 위해서는 서로 물리는 효과가 큰 형상과 입도의 것이 좋다. 또 풍화하기 쉬운 암질의 것은 뒷채움 재료로서 안정된 기능을 갖기가 어려우므로 사용해서는 안된다.
- (2) 잔류수위의 증감에 따라 매립 토사가 뒷채움 재료의 빈틈으로 천천히 진입하여 이로 인해 부두뜰 포장의 기초노반에 침하를 일으킬 수 있으므로 뒷채움 재료 배면의 빈틈을 메울 수 있는 필터사석 재료를 사용하는 등의 배려가 필요하다.
- (3) 뒷채움 재료에 의한 토압경감 효과는 다음과 같다.

① 뒷채움의 형상이 삼각형인 경우

도참(3-8)에 나타난 바와 같이 벽체 저면의 후단을 지나는 연직선과 지표면과의 교점에서 뒷채움 재료의 안식각과 같은 경사각(α)이 되도록 삼각형으로 뒷채움을 할 때는 벽체 배후를 전부 뒷채움 재료로 매립했을 때와 같은 토압으로 생각해도 좋다. 그러나 매립토사가 유동상태의 점토이거나 세사 등인 경우에는 유동상태의 매립토사가 뒷채움의 빈틈을 통하여 직접 배면에 이르는 일이 없도록 뒷채움 배면의 빈틈을 채우기 위한 필터사석층이나 필터매트를 부설하는 등의 배려가 필요하다.

② 뒷채움 형상이 직사각형인 경우

뒷채움 재료를 안식각보다 급한 경사로 한 삼각형 뒷채움, 기타 이형 뒷채움은 이것과 면적이 같은 직사각형 면적에 준한다. 도참(3-8)(b)에 표시된 직사각형 뒷채움의 효과는 다음과 같이 생각한다. 직사각형의 폭(b)이 벽체의 높이(h)보다 클 때에는 삼각형인 경우와 같이 생각해도 되며, 폭(b)이 벽체의 높이의 1/2과 같을 때는 뒷채움 재료에 의한 토압과 매립토사에 의한 토압의 평균토압이 가해지는 것으로 한다. 폭(b)이 벽체 높이의 1/5이하이면 뒷채움에 의한 토압감소의 효과는 고려하지 않는다.



도참(3-8) 뒷채움의 형상

3-5 세부설계

중력식 안벽의 세부설계는 다음 항목에 대하여 설계한다.

- (1) 부재의 강도
- (2) 토사유출방지공
- (3) 블록 물림부의 형상과 치수
- (4) 상부공의 구조
- (5) 부속공

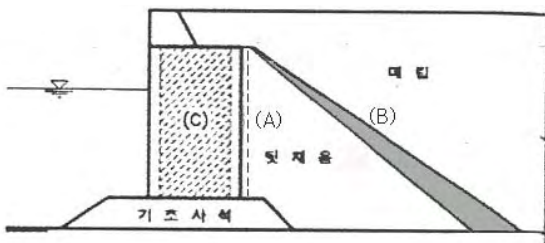
[참 고]

- (1) 중력식 안벽을 구성하는 블록은 벽체의 주요 부분이므로 충분한 강도를 가지고 있는 것이라야 한다. 일반적으로 블록은 프리캐스트 콘크리트 부재로서 설계하는 경우가 많다. 설계에 있어서는 제5편 프리캐스트 콘크리트 부재를 참조한다.
- (2) Caisson식 구조의 경우 덮개콘크리트의 두께는 30~50cm로 하는 경우가 많다. 단, 파의 작용을 받는 경우

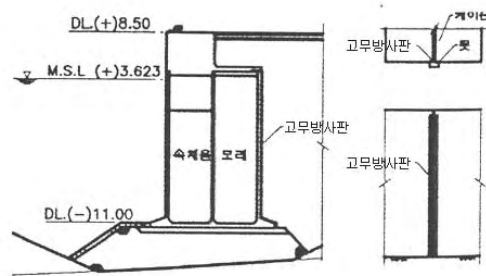
는 방파제에 준하는 시공조건을 고려하여야 한다.

- (3) 블록 상호간의 공극으로부터 토사가 새어나가 배면의 매립재 및 뒷채움재가 유출되어 부두뜰이나 배면 야적장 등에 침하가 발생하는 경우가 있으므로 이를 방지하기 위하여 그 대책을 강구하여야 한다. 토사유출 방지공으로 일반적인 것은 토사유출 방지용 막(Filter Mat 등)을 사용하거나 뒷채움 재료로 안정된 입도배분을 갖는 재료를 사용하는 방법 등이 있다.

토사유출 방지 대책의 예로는 도참(3-9)와 같이 블록(케이슨)간 이음부 틈새에 블록 거치 후 고무방사판(Joint Rubber Mat) 등을 부설하는 방법(A), 뒷채움 배면매립 시행전 필터사석과 필터매트를 부설하는 방법(B), 블록(케이슨)간 이음부 틈새(Interlocking)에 채움재를 충진하는 방법(C) 등 다양한 방법이 있으며, 대상지역의 조위 등 자연 여건과 배면 매립재의 입경, 블록(케이슨)의 규격 등에 따라 적절한 방법을 채택 적용할 수가 있다. 도참(3-10)은 케이슨 안벽에서의 유출방지공으로 고무 방사판을 부설한 예를 도시한 것이다.



도참(3-9) 토사유출 방지공 적용위치



도참(3-10) 제체배면 유출방지공 설치예

- (4) 블록은 서로 엇물리게 하여 일체성을 좋게 하기 위하여 블록 상호간의 요철을 만들거나 철근을 묻어 넣는 것이 좋다.
- (5) 상부공은 각종 부속공을 연결하기 위한 형상을 갖추고 있어야 한다.
- (6) 부속공으로는 일반적으로 다음과 같은 것이 있다.

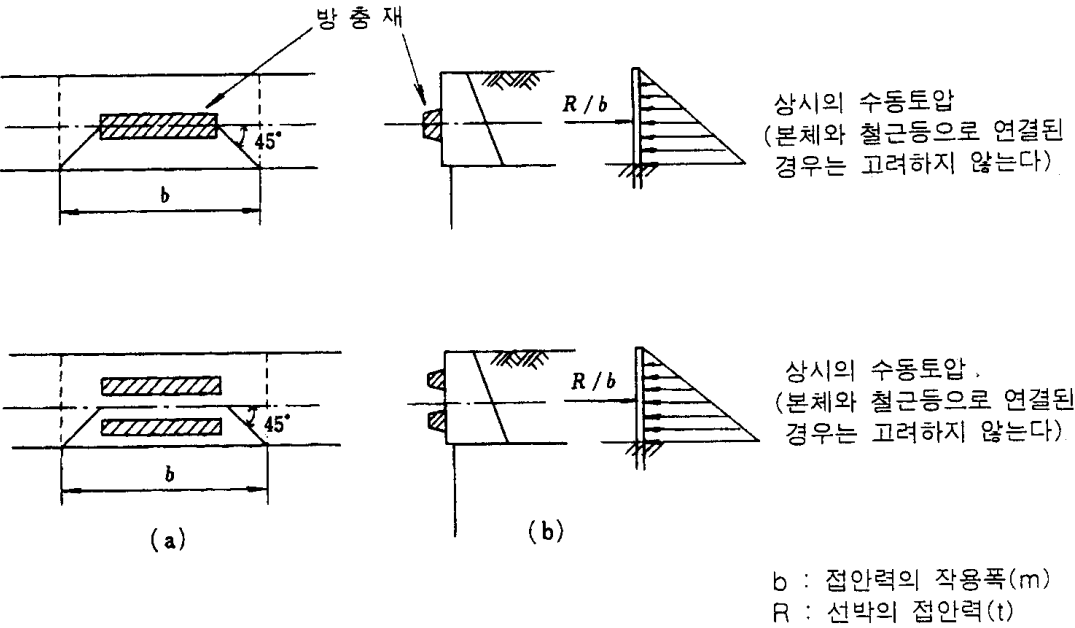
부속공의 설계는 본편 제15장 부속설비를 참조하여 적용한다.

- ① 방충공
- ② 계선주
- ③ 차막이공
- ④ 급배수 시설
- ⑤ 계단, 사다리
- ⑥ 기타

- (7) 계선주가 부착되는 상부공의 안정은 일체로 저항할 수 있는 범위의 중량을 대상으로 검토해야 한다. 계선주에 대한 안정 확보를 위하여 상당한 중량이 필요한 경우는 인접한 상부공이나 안벽 본체와 일체가 되도록 철근을 연결시키는 등의 조치를 취하여 안정을 확보하여야 한다. 이 경우 선박의 견인력에 대한 저항은 철근이 하는 것으로 하며, 본체의 부재설계시 연결된 철근을 통하여 전도되는 하중을 고려하여야 한다.
- (8) 방충재가 부착되는 상부공의 안정계산은 상부공의 중량이 일체로 작용하는 범위에 대해서만 고려한다. 계선주 부착 등으로 상부공과 본체가 철근 등으로 연결되어 있는 위치에 방충재를 부착하는 경우는 수동토압이 충분히 발생할 수 있는 상부공의 변위가 기대되지 않으므로 방충공 반력에 대한 저항은 모두 철근

등이 받도록 설계하는 것이 좋다. 상부공 단면 설계시 방충공 반력은 도참(3-11)(a)에서와 같이 폭 b 의 범위에 선하중으로 분포한다고 가정하고 도참(3-11)(b)에서와 같이 작용하는 것으로 간주하여도 좋다. 수평방향에 대해서는 상부공 하단을 지점으로 한 켄틸레버보로 고려하고, 연직방향에 대해서는 본체공의 강성이 큰 위치를 지점으로 한 연속보, 혹은 단순보로 검토하는 예가 많다.

(9) 상부공을 검토할 경우 선박의 견인력, 또는 방충재 반력 작용시는 이상시로 취급하여도 좋다.



도참(3-11) 상부공에 작용하는 방충재 반력

제 4 장 잔교식 안벽

4-1 연직 말뚝식(직항식)

4-1-1 설계의 기본방침

본 장은 연직 말뚝식 횡잔교(직항식 횡잔교)의 설계에 적용한다.

[해설]

- (1) 본 장은 강관말뚝 또는 형강을 사용하는 연직 말뚝식 횡잔교를 대상으로 하나 유사의 구조물에 대해서도 그 동적특성을 고려한 경우 준용해도 좋다.
- (2) 연직 말뚝식 횡잔교는 본 장에 기술한 방법을 기초로 하여 설계한다. 본 장에서 기술하는 사항이외의 일반적인 내진성능의 검토에 관한 유의점은 제2편 제12장 지진 및 지진력에 의한다.
- (3) 일반적으로 말뚝식 잔교는 중력식 등의 다른 형식의 구조물에 비해서 가요성이 큰 구조물이므로 지진력과 같은 동적외력에 대한 설계에는 동력학적인 검토가 필요하다.
- (4) 내진설계의 기법은 기초지반 또는 배후지반이 액상화 등에 의해 큰 변형을 일으키지 않는 것이 전제조건이나 주변지반에 큰 변형 발생이 예측되는 경우에는 필요한 대책을 세울 필요가 있다.

[참고]

- (1) 연직 말뚝식 횡잔교의 설계는 일반적으로 도참(4-1) 직항식 횡잔교의 설계순서로 한다. 도참(4-1)의 설계순서는 연직 말뚝식 횡잔교 설계의 표준적인 검토항목에 대하여 나타낸 것이다. 실제의 설계작업에는 순서를 변경하는 것도 있다. 예를 들면 사면의 안정에 대한 검토는 잔교 본체나 흙막이벽의 설계와 별개로 하는 것이 일반적이다.

여기서 나타낸 설계순서는 지진력 이외의 하중에 대하여 설정한 단면(내진성능 조사단면)에 대하여 그 내진성능을 조사하고 그 결과가 만족되면 세부설계를 진행하는 흐름을 현재 일본에서는 검토 중이다. 이것은 전 단계의 흐름에서 강관말뚝은 허용응력도 설계를 기초로 설계되나, 내진성능의 조사에 있어서는 강관말뚝이 소성역에 들어가는 것으로 지진력의 에너지를 흡수한다고 생각하는 지진시 보유내력법에 기인하기 때문이다.

- (2) 「필요한 성능」이란 일반적으로 지진력 이외의 하중작용에 대하여 강관말뚝에 발생하는 응력도가 허용응력도를 만족하는지, 지진력에 대하여는 변위량이나 손상정도 등이 시설의 중요도 등에 대하여 설정한 허용치를 만족하는지 등이다.

그 외에도 말뚝의 지지력, 구조전체의 안정성등도 성능을 규정하는데 지표가 된다.

- (3) 연직 말뚝식 횡잔교의 설계단면 예는 도참(4-2)에 나타내었다.
- (4) 압밀 또는 압축이 예상되는 지반에 잔교를 건설하는 경우 일반적으로 흙막이부가 잔교부보다도 많이 침하하므로 서로 별개로 하는 것이 바람직하다. 별개로 하는 경우도 흙막이부 혹은 매립토의 침하와 함께 잔교의 일부 또는 전체가 침하나 측방유동을 일으킬 수 있으므로 이 점을 충분히 유의해서 설계·시공하는 것이 바람직하다.
- (5) 일본 효고(兵庫)현 남부지진에서는 잔교기초 지반이나 흙막이 호안 배후지반의 액상화에 의하여 잔교에 피해가 발생하였다고 보고되어 있다.

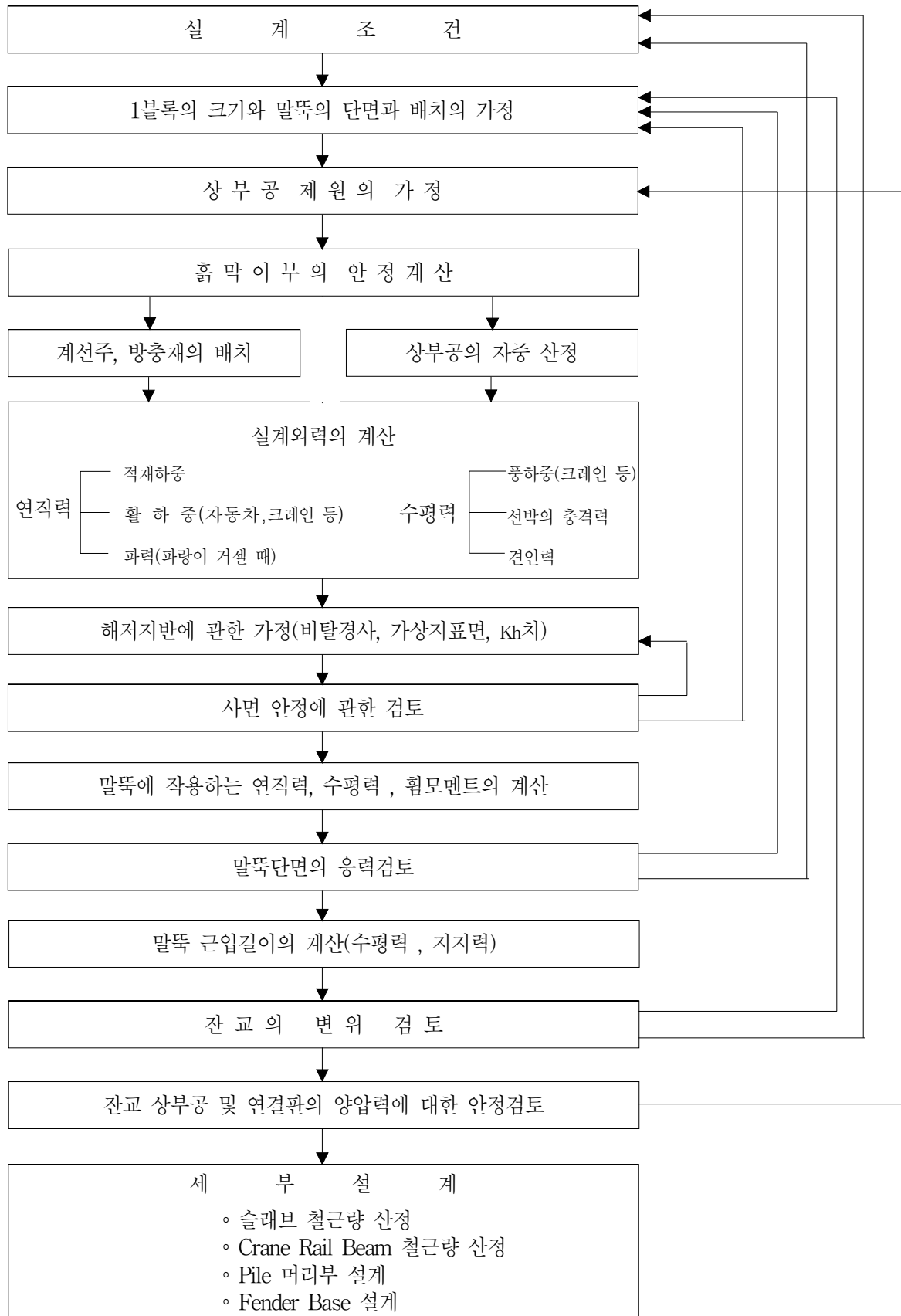
요컨대 기초지반의 액상화에 의한 지층변화 지점부근에서 강관말뚝 머리부의 좌굴이나 상부공에 균열이

가는 대표적인 피해형태였다.

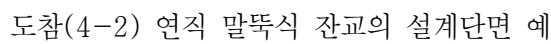
현 단계에서는 이 영향을 설계계산으로 고려하는데 충분하지 않으므로 본편 4-1-1 [해설] (4)로는 이와 같은 현상이 발생하지 않도록 충분히 대책을 세울 필요가 있다고 하였다.

그러나 지반의 변형을 완전히 억제하기는 어려우므로 특히 중요한 시설에는 수치해석 등에 의해 지반변형의 정도나 그 영향정도를 정량적으로 검토하는 것이 바람직하다.

- (6) 컨테이너 크레인 등의 하역기계를 설치하는 경우 보통 잔교상이나 흙막이부상 어느 것이든 독립시키는 것이 바람직하다. 예를 들면 크레인 다리 하나를 잔교상에 다른 하나를 흙막이부에 응답특성이 다른 구조물에 걸쳐서 설치하면 부등침하나 지진 등의 악영향을 받기 쉽다. 부득이 잔교와 흙막이부 위에 크레인의 다리를 걸치는 경우 육측 다리의 침하에 의한 부등침하를 막기 위하여 기초말뚝 등의 충분한 기초공을 하는 것이 바람직하다.
- (7) 컨테이너 크레인 등 하역기계를 설치하는 경우는 하역기계와 잔교의 연성진동을 고려한 지진응답해석을 행하는 것이 바람직하다.
상세한 것은 제9편 2-4 하역기계를 참조하여 시행한다.
- (8) 말뚝의 휨모멘트 계산은 잔교 기준선 직각방향과 잔교 기준선 평행방향에 대하여 행하는 것이 바람직하다. 도참(4-2)의 사례와 같이 잔교 슬래브 아래의 지반면이 사면인 경우 최전면 열(列)말뚝의 휨모멘트는 잔교 기준선 평행방향에 지진력이 작용한 경우에 최대가 되는 케이스가 많다.
- (9) 말뚝의 소재로 적용 가능한 새로운 신소재가 있는 경우, 공신력 있는 기관으로부터 검증된 제작사의 성능 시험자료 등을 토대로 부재력 검토가 필요하다.
- (10) 말뚝에 작용하는 부재력의 계산에 있어서 잔교 블록의 회전 등에 대한 검토가 필요한 경우는 이를 고려하여 계산하는 것이 필요하다.
- (11) 어느 정도 파랑 내습이 예상되는 지점에서는 잔교의 상부공 및 연결판에 대한 파의 양압력에 대하여 다음 항목을 검토하는 것이 바람직하다.
 - ① 연결판 등의 양압력에 대한 안정 또는 말뚝의 인발저항력
 - ② 상부공, 연결판 등의 양압력 및 이에 대한 부재강도에 대해서는 제2편 5-7-1 수면부근의 수평판에 작용하는 양압력에 준한다.



도참(4-1) 연직 말뚝식 잔교의 설계순서



[1] 잔교블록의 크기와 말뚝의 배치

- (1) 부두뜰 폭
- (2) 헛간의 위치
- (3) 해저지반, 특히 사면의 안정
- (4) 기존 호안
- (5) 콘크리트 타설능력 등의 시공상의 문제
- (6) 적재하중 및 활하중, 특히 부두기중기의 제원
- (7) 잔교블록의 횡방향 허용변위
- (8) 온도변화의 범위

[참 고]

- (1) 잔교 1블록의 크기가 클수록 선박의 충격력이나 견인력에 대한 강성은 커져서 좋으나, 부등침하에 대해서는 그만큼 약해진다. 일반적으로 대형안벽에서는 80~100m를 표준으로 한다. 수심이 얕은 기존호안이 있든가, 지반이 좋지 않아서 비탈경사를 느리게 하던가 해서 잔교의 폭이 넓어지는 경우에는 기준선에 직각 방향으로 블록을 나누어야 한다.
- (2) 잔교블록의 최대 크기는 Pile의 허용변위에 의하여 다음과 같이 계산할 수 있다.

$$L_d = \frac{2y_o}{c \Delta t} \quad (\text{참4-1})$$

여기서,

L_d : 잔교 1블록의 크기(m)

y_o : Pile의 최대 허용변위(m)

c : 콘크리트의 온도 팽창계수($=1.0 \times 10^{-5}$)

Δt : 온도변화의 범위(°)

Pile의 허용변위는 외력이나 온도변화 등의 원인으로 블록이 이동함으로써 Pile에 발생하는 허용응력에 의해 좌우된다.

Pile의 최대허용변위 y_o 는 인접잔교 블록간의 팽창줄눈(Expansion Joint)의 폭 ℓ 과 다음과 같은 관계를 갖는다.

$$\ell = 2y_o + 5\text{mm} \quad (\text{참4-2})$$

예를 들면, 팽창줄눈의 폭을 50mm로 하였을 경우 Pile의 허용변위 $y_o = 22.5\text{mm}$ 가 된다.

- (3) 온도변화의 범위는 지역별 평균기온을 고려하여 정하는 것을 표준으로 한다. 보통의 경우 온도의 승강은 각각 15°로 하면 된다. ($\Delta t = 30^\circ$)
- (4) 일반적으로 말뚝 및 말뚝 열 간격은 말뚝의 단면 형상과 여러 가지 경우에 대하여 공사비를 비교하고 시공상의 문제를 검토한 후에 정한다.
케도식 부두 크레인이나 로우더 등이 계획되어 있는 부두에서는 그들의 궤간이나 하중상태에 제약을 받는 일이 많다.
- (5) 보통의 대형 안벽(대상선박 5만톤급)의 경우 부두 크레인이 계획되어 있는 곳에서는 말뚝간격 5m정도, 단면방향의 말뚝의 열 수는 5~6열이 많다. 상부공이 현장치기 콘크리트인 경우에는 콘크리트 치기의 시공상 문제 때문에 말뚝 간격은 4~6m 정도로 하는 경우가 많다.
- (6) 이용상 특별히 잔교의 변위가 제한되는 경우에는 변위가 커지지 않도록 말뚝의 직경이나 간격을 정해야 한다.

[2] 상부공의 제원 및 배치

잔교의 상부공 제원은 다음 각항을 고려하여 정하여야 한다.

(1) 말뚝의 간격, 말뚝의 列間隔 및 말뚝의 형상과 치수

(2) 적재하중 및 활하중의 제원

(3) 조 위

(4) 거푸집, 동바리의 시공상의 문제

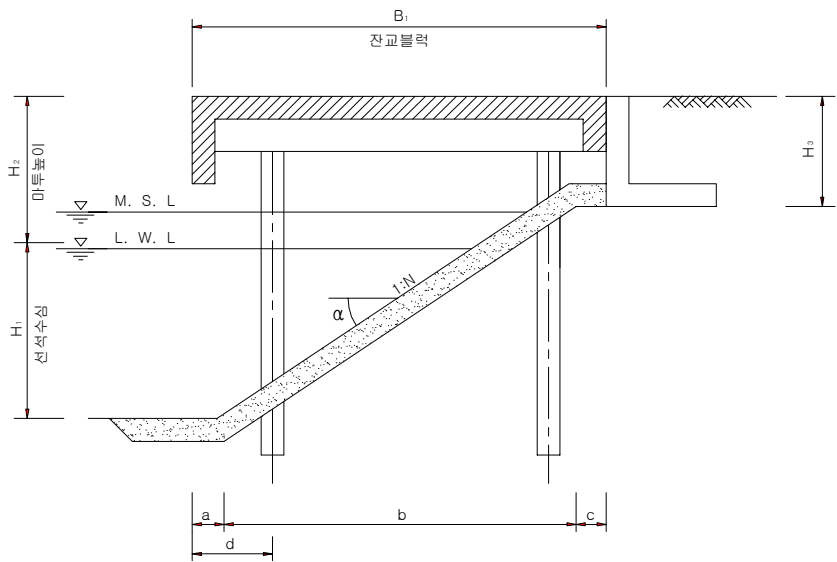
(5) 지반의 좋고 나쁨

(6) 계선주의 배치

(7) 방충재의 배치, 형상 및 치수

[참 고]

(1) 잔교의 배치시 배후의 흙막이부 및 경사사면과 관련하여 다음 사항들을 고려하는 것이 바람직하다.



도참(4-3) 잔교의 배치단면

여기서,

- H_1 : 본편 2-1 선석(Berth)의 치수를 참조한다.
- H_2 : 잔교블록의 마루높이는 본편 2-2 안벽시설의 마루높이를 참조한다.
- H_3 : 잔교배면 흙막이부 구조물의 높이는 구조물의 위치에 따라 결정되며 구조물의 바닥Slab는 콘크리트 육상작업을 위해 최소 평균해면(M.S.L)보다 상부에 위치해야 한다. 부둣이 평균해면보다 낮은 곳에 설치할 경우 구조물은 PC콘크리트로 계획하는 것이 바람직하다.
- a : 사면경사는 잔교 상부공 기준선에서 최소 1m이상 이격된 곳부터 시작되어야 한다. 이것은 선박 접안시 프로펠라에 의한 와류의 영향으로부터 사면의 Toe부분을 보호하고 동시에 경사면으로 흘러 내려오는 사석으로부터 선박을 보호하기 위함이다.
- b : 경사사면의 수평길이는 경사각을 결정하기 위한 것이며 사면의 경사각은 사면을 형성하는

재료에 따라 다르지만 보통 38.7°(1:1.25)에서 29.7°(1:1.75)의 범위로 하는 것이 바람직하다.

사면 경사각은 사면의 안정에 따라 결정되며 사면을 조성하고 있는 재료의 조도와 파랑 및 선박 프로펠라의 분사류에 의한 침식 위험성에 따라 좌우된다.

- c : 흙막이 구조물의 기초사석 어깨 폭의 길이는 구조물의 활동위험 여건에 따라 좌우되나 최소 1~1.5m 이상이 되어야 하며 사석 등의 피복재로 잘 피복하여야 한다.
- d : 대형컨테이너선과 같이 선복부분이 둥그렇게 튀어나온(Bulbous Bow) 선박이 큰 접안각도로 접안할 때 선체의 일부가 상부공을 지지하는 말뚝과 부딪히는 것을 방지하기 위하여 첫재열의 말뚝 중심축을 잔교 기준선과 최소 2m 이상은 이격되어 배치하여야 한다.

(2) 잔교의 상부공은 보통 현장치기 철근 콘크리트 구조를 채용하는 경우가 많다. 상부공의 거더 단면이나 슬래브 단면은 철근 콘크리트의 계산에 준하는 단면으로 하는 것이 좋지만, 실재는 더 큰 경우가 많다, 보통의 대형 안벽(대상선박 5만톤급)에서 부두크레인이 놓이는 잔교의 상부공 시공의 예로서 치수를 표시하면 다음과 같다.

- 포장 두께 : 10cm(콘크리트 포장)
- 슬래브 두께 : 30cm~50cm
- 거더의 높이 : 100~150cm(슬래브 두께 포함)
- 거더의 폭 : 대략 말뚝 폭
- 켄틸레버 부분 : 말뚝 중심에서 1.5~2.5m

소형안벽에서는 하중조건에 따라 거더(Girder)의 높이나 슬래브의 두께를 작게 하여도 좋다. 그러나 이동식 크레인을 사용할 계획이 있는 곳은 주의해야 한다.

- (3) 현장치기 철근 콘크리트 이외의 구조(예컨대 PC거더, 프리캐스트 콘크리트 부재나 강재보를 사용할 경우)를 채용할 때라도 표준수치를 참고로 하여 검토한다. 특히 강재보(Beam)를 사용할 경우에는 용접성과 부식에 대하여 고려해야 한다.
- (4) 실태조사의 결과에 의하면 잔교상부공의 하면은 해수의 영향에 의해 콘크리트의 염해나 철근의 부식이 다른 구조형식과 비교하여 뚜렷하게 나타나므로 내구성향상 등에 대해서 검토할 필요가 있다. 내구성을 향상시키기 위해서는 충분한 덮개의 확보, 양질의 콘크리트의 사용, 초기 균열의 발생방지 등이 있다.(제3편 3-5 콘크리트의 품질 및 성능 참조)
- (5) 잔교슬래브의 시공 후에 콘크리트 포장을 하는 경우 포장콘크리트에 균열이 발생하는 위험이 있다. 이를 방지하기 위하여 포장콘크리트와 슬래브를 일체로 하여 시공하는 경우도 있다. 포장에 대하여는 본편 제 16장 부두뜰에 준한다.

[3] 부속설비의 배치

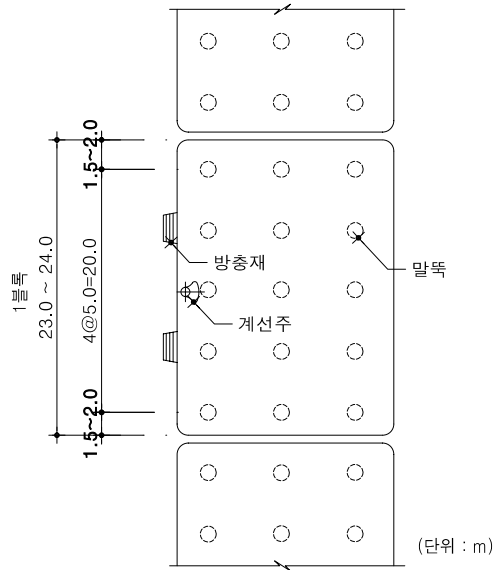
잔교에 작용하는 외력에 영향을 주는 방충재와 계선주는 잔교 1블록에 대하여 될 수 있는 대로 편심 외력이 걸리지 않도록 배치하는 것이 바람직하다.

[해설]

방충재를 통하여 전달되는 선박의 충격력이나 계선주로부터 전달되는 견인력이 편심하여 작용할 때는 잔교블록의 회전에 의한 응력이 커진다. 그래서 될 수 있는 대로 편심된 외력이 걸리지 않도록 잔교블록 중앙부에 방충재나 계선주를 설치하는 것이 합리적이다.

[참고]

소형선박이 잔교의 슬래브 밑으로 들어가서 슬래브를 밀어 올림으로서 구조물이나 선박에 손상을 주는 일이 있으므로 잔교 전면에 이러한 일이 예상되는 곳에서는 소형선박 막이를 설치하는 것이 바람직하다.



도참(4-4) 부속설비의 배치

4-1-3 설계외력과 하중

[1] 설계외력

(1) 잔교 본체에 작용하는 외력과 하중은 표(4-1)과 같다.

흙막이부의 외력은 그 형식에 따라 본편의 각 장을 참조하고, 이것에 연결판의 반력을 더한 것으로 한다.

표(4-1) 설계외력

연 직 력	수 평 력
· 상부공 사하중 (Slab, Beam) · 적재하중 · 활하중 - 열차하중 - 자동차하중 - 하역기계 하중 - 군중하중 · 선박의 견인력 · 양압력	· 활하중에 작용하는 풍하중 · 선박의 견인력 · 선박의 충격력(방충공의 반력) · 주행식 하역기계의 작업하중 · 상부공에 작용하는 지진력 · 적재하중에 작용하는 지진력 · 활하중에 작용하는 지진력 · 파 력

[참고]

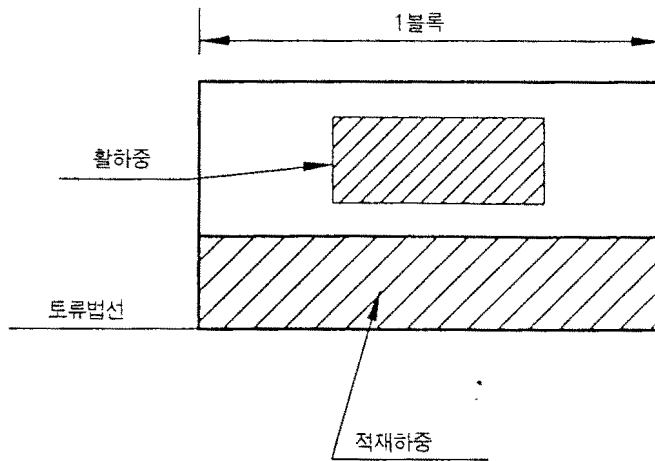
- (1) 표(4-1)의 하중에서 풍하중 및 선박의 견인력은 이상시 하중으로 간주한다.
- (2) 안정계산은 원칙적으로 상시, 접안시, 계류시, 폭풍시 및 지진시에 대하여 검토하여야 한다.
- (3) 적재하중에 대하여는 제2편 14-3 적재하중에 의한다. 또, 적재하중에 의한 지진력은 통상, 상부공 표면에

- 작용하는 것으로 생각해도 좋다. 단, 특히 중심이 높은 것을 적재하는 경우는 수평력의 작용점을 중심의 높이로 생각해야 한다.
- (4) 활하중에 대해서는 제2편 14-4 활하중에 따른다. 기중기(크레인) 등에 작용하는 풍하중은 제2편 3-3 풍압력에 의한다. 레도주행식 크레인 등에 의한 지진력(본편 4-1-1 설계의 기본방침 [참고] (7)을 참조)은 사하중에 검토된 진도를 곱한 것으로 하고 차륜에서 잔교에 전달되는 것으로 생각해도 좋다.
- (5) 선박 견인력은 제2편 2-2-7 계선주에 작용하는 힘의 견인력에 의한다. 보통 잔교 1블록에 계선곡주 1개를 본다.
- (6) 잔교식 안벽에 작용하는 평상시, 접안시, 계류시, 폭풍시 및 지진시의 하중조합은 표참(4-1)과 같다.

표참(4-1) 하중조합

하중종류 하중조건		자중, 고정 하중	상재하중		이동하중		선박조건		자 연 조 건						하중 취급 조건
			평상시	이상시 (상시의 50%)	수직	수평	접안력	견인력	풍압력		파력		조류 력	지진 력	
									평상시	이상시	평상시	이상시			
평상시	휴지시	○	○		○				○		○		○		장기
	작업시	○	○		○	○			○		○		○		장기
접안시		○	○				○		○		○		○		장기
계류시		○	○					○	○		○		○		장기
폭풍시		○		○						○		○	○		단기
지진시		○		○										○	단기

- 곡주에 작용하는 견인력 산정기준 풍속은 25m/s 정도이며 구조물에 작용하는 풍압력 산정시의 기준풍속은 상시 25m/s, 이상시 50m/s를 표준으로 한다. 이때, 풍압력 계수는 상부공에 대해서 1.2, 강관말뚝에 대해서 0.7을 사용한다.
- (7) 주행식 하역기계의 작업시 하중은 Vendor 측으로부터 제공받아 적용하는 것을 원칙으로 한다. 자료가 명확치 않을 경우에 작업시 수직하중은 휴지시 수직하중의 110%, 작업시 수평하중은 휴지시 수직하중의 10%를 적용할 수 있다.
- (8) 선박의 충격력은 제2편 2-2-2 선박의 접안시 발생하는 외력, 2-2-3 계류중 선박의 동요에 의하여 발생하는 외력 및 본편 15-1 방충설비에 의하여 산정하여야 한다. 선박의 충격력은 가정하는 접안속도에 따라 평상시 하중 또는 이상시 하중으로 한다. 보통의 잡화선석에서는 접안속도 10cm/sec 정도를 가정할 경우에는 이상시 하중으로 생각해도 좋다. 빈도가 많은 접안속도일 때는 평상시 하중으로 보고 검토한다. 계류선박의 동요에 의해서 발생하는 충격력에 대해서도 가정하는 기상 및 해상조건에 따라 평상시 하중 또는 이상시 하중으로 한다. 일반적인 선석에 있어서 태풍시 등 이상시의 접안선박을 가정하는 경우는 이상시 하중으로 검토한다.
- (9) 적재하중과 활하중이 섞여있는 경우에는 일반적으로 그 계선안의 이용형태를 고려하여 정해야 한다. 보통의 경우 활하중은 잔교블록 위에서 1블록의 폭에 약간의 여유를 더한 폭당 1~2대를 생각하고 그 폭보다 바깥쪽에는 적재하중을 적용하면 된다.



도참(4-5) 적재하중과 활하중을 싣는 방법

[2] 잔교 상부공의 사하중

철근 콘크리트 상부공의 사하중 계산은 본편 4-1-2 [2] 상부공의 제원 및 배치에 따라 각 치수를 가정하여 용적을 계산하고 단위체적중량을 곱하여 구한다.

[참 고]

- (1) 일반적인 잔교의 말뚝을 설계할 경우, 철근콘크리트 상부공의 사하중 계산은 잔교 상부공의 표면적 1m^2 에 20kN 을 사용해도 좋다. 그러나 잔교의 안정계산방법은 시산법으로 계산하는 것이고 상부공 부재는 기본 설계의 단계에서는 정할 수 없고, 세부설계에 의하여 확정된다는 것을 생각할 때 설계정밀도로 보아서도 위의 값 2.0kN/m^2 를 써서 충분하다고 생각된다.
- (2) 특수한 잔교에 대해서는 2.0kN/m^2 를 쓰는 것은 적당하지 않다. 말뚝간격이 일반적인 값보다 큰 경우나 컨테이너 부두와 같이 대형 하역기계를 설치하는 경우 등은 별도로 사하중을 계산하여 결정할 필요가 있다.

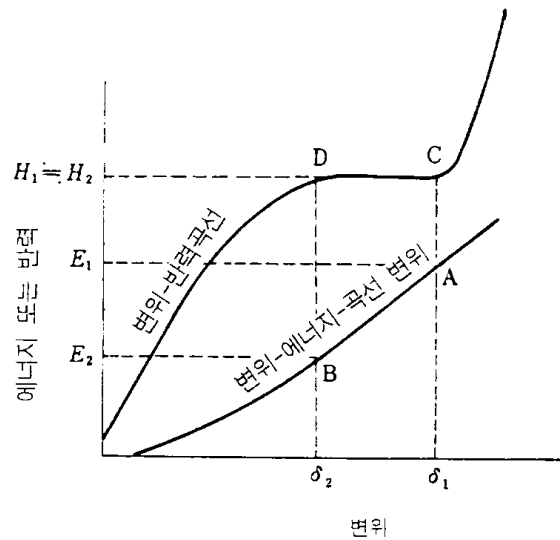
[3] 선박의 충격력 산정

선박의 충격력 산정은 제2편 2-2 선박에 의하여 발생하는 외력에 의하여 계산한다.

[참 고]

- (1) 잔교 1블록의 길이가 $80\sim 100\text{m}$ 인 일반적인 대형안벽에서 고무방충재를 쓸 때에는 1블록에 4~5개소가 보통이고 그 간격은 $15\sim 25\text{m}$ 정도가 많다. 이 경우 1개의 길이가 1.5m 정도인 고무방충재를 설치하는 경우 여러 형식의 선박에 대하여 접안사항을 검토한 결과, 1개소에서 유효접안 에너지를 흡수하는 것으로 산정하는 것이 타당하다고 생각된다. 단, 방충재를 안벽 기준선상에 연속적으로 배치한 경우는 별도의 검토가 필요하다.
- (2) 잔교 본체에 의한 에너지 흡수는 전충격에너지의 10% 미만인 경우가 많아서 잔교 본체에 의한 에너지 흡수는 고려하지 않는다.

(3) 도참(4-6)은 고무 방충재의 변위-에너지 곡선 및 변위-반력곡선의 한 예이다. 이 경우 방충재 1개로 E_1 의 접안에너지를 흡수하였다고 하면, 방충재의 변형은 δ_1 이 되고 잔교에 미치는 반력은 $\delta_1 \rightarrow C \rightarrow H_1$ 으로 읽어 H_1 이 수평력이 된다. 그러나 방충재가 너무 가까이 배치되어서 2개의 방충재로 접안에너지를 흡수하는 경우가 생겼다고 하면 고무방충재의 특성으로 보아 다음과 같이 된다.



도참(4-6) 고무방충재의 특성곡선

즉, 1개의 방충재가 받는 접안에너지는 $E_2 = \frac{E_1}{2}$ 으로 되고 이때 방충재의 변형은 δ_2 가 된다. $\delta_2 \rightarrow D \rightarrow H_2$ 를 읽어서 아는 바와 같이, 잔교에 미치는 반력은 접안에너지 전부를 1개의 방충재로 받았을 경우와 크게 다른 것이 없다. 따라서 잔교가 받는 수평반력은 $2H_2 \doteq 2H_1$ 으로 되어 설계에 사용한 잔교 수평력의 2배가 된다. 이러한 특성을 가진 방충재를 사용하는 경우에는 이점에 충분히 주의하여 설계 및 배치를 결정하여야 한다.

4-1-4 해저지반에 관한 가정

[1] 비탈경사의 결정

사면의 배후에 흙막이구조물을 설치하는 경우 흙막이구조물의 위치는 사면의 안정을 고려해서 적절하게 결정하여야 한다.

[참 고]

(1) 사면의 안정은 연약한 지반의 경우 원호활동에 대해서도 검토하여야 한다. 그러나 일반적으로, 횡잔교의 사면이 연약한 점토층으로 구성되지 않고 사질토나 사석으로 구성되고 있다. 따라서 사면의 배후에 흙막이구조물을 설치하는 경우, 안벽 기준선에서 식(참4-3)으로 계산된 경사보다도 전면에 설치하는 것은 피하는 것이 바람직하다.(도참(4-7) 참조)

$$\alpha = \phi - \epsilon$$

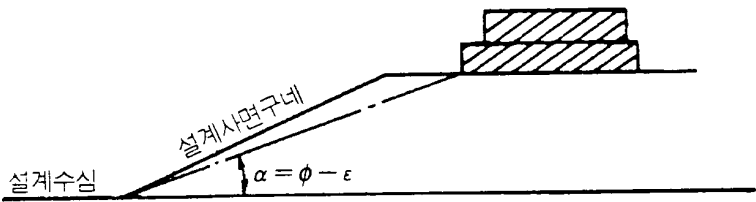
(참4-3)

여기서,

- α : 사면의 수평면에 대한 경사각($^{\circ}$)
- ϕ : 사면의 주요구성재의 내부마찰각($^{\circ}$)
- $\epsilon = \tan^{-1} k_h'$
- k_h' : 수중에서의 수평진도

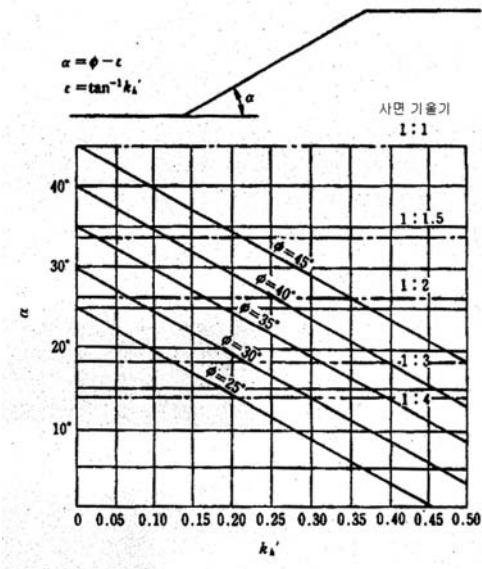
여기서,

사면이 단단한 토층 또는 암반과 같은 경우에는 식(참4-3)이 적용되지 않는다.



도참(4-7) 사면상의 흙막이구조물의 위치

- (2) (1)의 안정한계는 단일한 재료로 사면을 구성하는 경우의 지진시 직선활동면 안정으로부터 구하여진 값이다. 이 관계를 그림으로 표시하면 도참(4-8)과 같이 된다.



도참(4-8) 지진시에 있어서 내부마찰각과 안정기울기

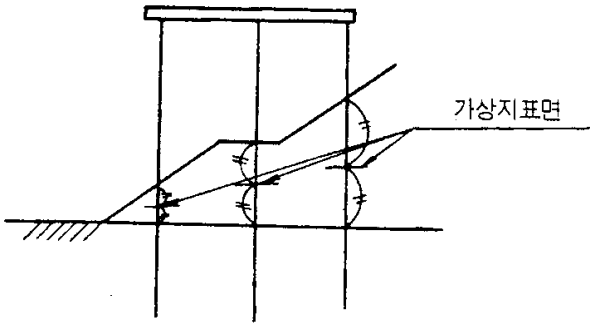
- (3) 실제 설계단면의 사면기울기는 (1)에서 계산된 α 보다 급하게 하는 경우가 많다. 이 경우는 본 규정에 따라 안정검토를 수행하여야 한다. 사석으로 흙막이부의 기초와 비탈을 구성한 경우는 보통 1:1.5~2 정도의 기울기가 많이 쓰인다. 이것은 상시에도 흙막이 구조물 앞면의 비탈머리에 여유를 두어서 세굴의 영향이나 부분적 붕괴의 영향이 구조물 전면하단에 미치지 않도록 하기 위함이다.

[2] 가상지표면

말뚝의 횡저항이나 지지력의 계산에 있어서, 각 말뚝의 가상지표면은 적절한 높이로 정한다.

[참 고]

- (1) 비탈이 상당히 급한 경우, 말뚝의 橫抵抗이나 支持力計算에 있어서는 각 말뚝의 假想地表面은 각 말뚝 축선 상에서 전면수심과 실경사면의 1/2 높이의 곳으로 본다.
- (2) 현재 연직 말뚝식 잔교의 해법에 사용되는 말뚝의 횡저항 계산법은 수평한 지표면에 관한 것이다. 그래서 횡잔교와 같이 사면에 박은 말뚝의 횡저항을 계산하는 경우에는 보정을 해야 한다. 여기서는 계산을 간단히 하기 위해서 (1)과 같이 간편한 법을 사용하는 것이 일반적이다.
- (3) 잔교의 폭이 20m를 초과하고 사면 연장이 긴 경우에는 본문의 방법을 쓰는 것은 적절치 않으므로 이 경우에는 다른 방법을 사용하는 것이 좋다.



도참(4-9) 가상지표면

4-1-5 말뚝의 설계

[1] 일 반

말뚝의 횡저항, 휨모멘트, 축력 또는 상부공의 휨모멘트 또는 전단력 등은 연직 말뚝식 잔교 구조의 특성에 의해서 적절한 방법으로 산정하는 것을 표준으로 한다.

[해 설]

연직 말뚝식 잔교는 일반적으로 말뚝이 균향으로 구성되어 있고 말뚝과 상부공의 결합은 강결구조로 하는 것이 많다. 이와 같은 경우, 일반적으로 각각의 말뚝이 적절한 깊이에 매입되어 있다고 가정하고 잔교를 라멘구조로 바뀌놓고 해석하는 방법과 Frame 구조로 바뀌놓고(지반을 탄성체로 평가한 골조구조) 해석하는 방법이 있다.

[參 考]

직각방향력을 갖는 단일 말뚝의 해석법에는 여러 가지 방법이 있으나 여기서는 창(Chang)의 방법에 따른 가상고정법을 써도 좋다. 여기서 말하는 창(Chang)의 방법을 바탕으로 한 가상고정법이란 단일 말뚝의 횡저항계산법으로서 창(Chang)의 방법에 따르고, 그에 의해서 정해지는 말뚝두부의 반력과 휨모멘트가 양단고정의 그것들과 같이 되도록 각각의 말뚝에 대해서 하단매입 라멘 기둥의 길이를 정하는 방법을 말한다.

[2] 횡방향 지반반력계수

말뚝의 횡저항을 계산할 때 흙의 횡방향 지반반력계수는 횡방향 재하시험에 의해서 구하는 것이 바람직하나 실측이 어려운 경우에는 횡저항 시험결과에서 도출되는 적절한 산정방법에 의해서 구한다.

[해설]

잔고 말뚝의 경우와 같이 말뚝의 항복점에 도달할 때까지 수평하중을 가한 경우의 횡방향 지반반력계수에 대해서는 약간의 실측예가 있어 N치와 연관지을 수 있으나 N치에서 지반반력계수를 정확하게 추정하는 것은 어려우므로 실측에 의해 구하는 것이 바람직하다.

[참고]

- (1) 공사규모가 작거나 공기가 짧아서 시간적 여유가 없을 때에는 부득이 말뚝의 横抵抗 시험결과에서 역산한 값의 하한값과 중앙값의 평균을 사용하는 것으로 하고, 특히 창의 방법을 쓰는 경우에는 식(참4-4)에 준하여도 좋다.(제4편 5-2 해석적 방법에 의한 추정 참조) 단, 사석의 횡방향 地盤反力계수에 대해서는 식(참4-4)에서 구해지는 값보다 적은 현지관측결과도 있다.

$$k_h = 1.5 N \quad (\text{참4-4})$$

여기서,

k_h : 횡방향 地盤反力계수(N/cm³)

N : 地盤의 $1/\beta$ 부근까지의 평균 N치

β : 본편 4-1-5 [3]의 말뚝의 假想固定點 참조

- (2) 흙은 완전한 탄성체는 아니므로 말뚝에 대한 水平荷重-變位の 관계는 비선형이 되고 水平荷重이 크게 되면 k_h 는 減少하게 된다. 横抵抗 시험결과에서 식(참 4-4)를 도입할 경우에는 이 점을 고려해서 낮은 k_h 값을 적용토록 한다.

[3] 말뚝의 假想固定點

海底地盤중에 고정점을 가정해서 라멘 계산을 하는 경우에는 말뚝의 假想고정점을 적절히 정한다.

[참고]

- (1) 鉛直 말뚝式 棧橋에서 海底地盤속에 고정점을 가정하여 라멘을 계산할 때에는 말뚝의 假想固定點을 假想地表面 아래 $1/\beta$ 에 있다고 본다.

$$\beta = \sqrt[4]{\frac{K_h D}{4EI}} \quad (\text{cm}^{-1}) \quad (\text{참4-5})$$

여기서,

K_h : 횡방향地盤反力 계수(N/cm³)

D : 말뚝의 직경 또는 폭(cm)

EI : 말뚝의 彎剛性(N·cm²)

- (2) 假想固定點을 쓰는 방법은 종래부터 말뚝頭部の 모멘트를 간편히 구하기 위해서 쓰여지고 있으나 명확한

근거는 없다. 따라서 여기서 제시한 방법 이외의 방법으로 假想固定點을 설정하거나 또는 假想固定點을 쓰지 않고 말뚝頭部의 모멘트 등을 구하여도 좋다.

(3) 창(Chang)의 방법을 기초로 假想固定點法을 쓰는 경우, 假想固定點의 위치는 창(Chang)의 방법과 비교해서 다음 방법으로 정할 수 있다.

- ① 창의 방법에 의한 第一不動點을 假想固定點으로 하는 방법
- ② 창의 방법에 의한 말뚝머리 反力和 말뚝머리 휨모멘트를 양단고정보(兩端固定樑) 등과 같게 되도록 假想固定點을 정하는 방법
- ③ 창의 방법에 의한 말뚝머리 變位와 말뚝머리 휨모멘트를 양단고정보 등과 같게 되도록 假想固定點을 정하는 방법
- ④ 창의 방법에 의한 말뚝머리 反力和 말뚝머리 변위 등이 같게 되도록 假想固定點을 정하는 방법

(1)은 이들中에서 ②의 방법을 기초로 한 것이다. ①~④의 방법으로 구한 假想固定點의 값이는 약간의 差가 있기 때문에 말뚝머리 變位는 다소의 差가 수반되지만 工學的인 의미로 충분히 허용되는 範圍 內에 있다.

(4) 日本 港研方式을 기초로 한 假想固定點은 각 말뚝의 橫抵抗算出法으로서 창의 방법을 대신하여 港研方式을 쓰고 港研方式에 의해 산정되는 말뚝머리 變位가 假想固定點에서 固定된 兩端固定樑의 頭部變位와 같게 되도록 假想固定點을 정하는 방법이다.

港研方式은 말뚝의 橫方向 地盤反力の 非線形性을 고려하기 때문에 이 假想固定點은 鉛直 말뚝에 작용하는 수평력의 크기에 의존하는 형태를 나타낸다.

[4] 말뚝의 부재력

말뚝두부에 분배되는 수평력, 말뚝간격, 잔교전체 또는 각 말뚝의 변위량, 각 말뚝의 두부모멘트, 각 말뚝의 축력 등은 잔교 각 Block의 회전 등을 감안해서 적절히 산정하는 것을 표준으로 한다.

[참 고]

(1) 각 말뚝에 분배되는 水平力은 다음 방법에 의하여 구한다.

- ① 棧橋블록의 회전을 고려할 필요가 없을 때

$$H_i = \frac{K_{Hi}}{\sum_i K_{Hi}} H \quad (\text{참4-6})$$

- ② 棧橋블록의 회전을 고려할 필요가 있을 때

棧橋블록의 棧橋기준선에 대하여 직각방향으로 대칭축을 가지며, 또 水平力의 작용방향이 대칭축에 평행한 경우의 水平力은 식(참4-7)으로 구한다.

$$H_i = \frac{K_{Hi}}{\sum_i K_{Hi}} H + \frac{K_{Hi} X_i}{\sum_i K_{Hi} X_i^2} e H \quad (\text{참4-7})$$

여기서,

H_i : 말뚝에 분배되는 水平力 (kN)

$K_{Hi} = \frac{12EI_i}{(h_i + \frac{1}{\beta_i})^3}$ (kN/m) : 말뚝의 횡방향 스프링 정수

h_i : 말뚝머리에서 假想地表面까지의 길이(m)

$\frac{1}{\beta_i}$: 본편 4-1-5[3] 말뚝의 假想固定點에서 설명한 가상지표면부터의 깊이(m)

$E I_i$: 말뚝의 휨剛性(kN · m²)

H : 블록에 작용하는 水平力 (kN)

e : 잔교블록 대칭축에서 水平力의 작용선까지의 거리(m)

x_i : 잔교블록의 대칭축에서 각 말뚝까지의 거리(m) (첨자 i 는 i 번째의 말뚝을 표시한다.)

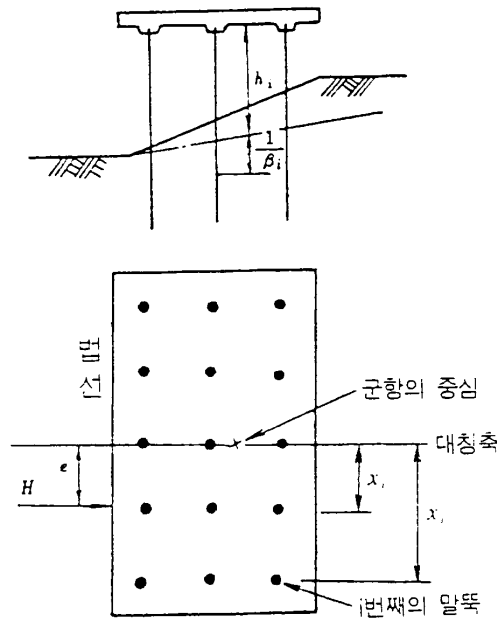
(2) 잔교 전체와 말뚝의 변위량은 식(참 4-8)~식(참 4-10)로 구한다.

잔교의 수평변위량(Δ)

$$\Delta = \frac{H}{\sum_i K_{H_i}} \quad (\text{참4-8})$$

잔교의 회전량 $\alpha(^{\circ})$

$$\alpha = \frac{eH}{\sum_i K_{H_i} x_i^2} \quad (\text{참4-9})$$



도참(4-10) 말뚝군의 중심과 각 말뚝의 거리

각 말뚝머리의 변위량(Δ_i)

$$\Delta_i = \Delta + \alpha x_i \quad (\text{참4-10})$$

(3) 각 말뚝머리의 휨모멘트는 식(참4-11)으로 구한다.

$$M_i = \frac{1}{2} \left(h_i + \frac{1}{\beta_i} \right) H_i \quad (\text{참4-11})$$

여기서,

M_i : 각 말뚝머리의 휨모멘트(t-m)

(4) 각 말뚝의 축력은 식(참4-12)로 구한다.

$$P_i = {}_h P_i + {}_v P_i \quad (\text{참4-12})$$

여기서,

$$P_i : i\text{번째 말뚝의 축력(t)}$$

$${}_h P_i : \text{鉛直荷重에 의한 } i\text{번째 말뚝의 축력(t)}$$

$${}_v P_i : \text{水平力에 의한 } i\text{번째 말뚝의 축력(t)}$$

$${}_h P_i = S_{i,i-1} + S_{i,i+1} + \frac{M_{i-1,i} + M_{i,i-1} + M_{i,i+1} + M_{i+1,i}}{l}$$

$$S_{i,i-1} : i\text{번째 말뚝머리 좌측 보의 전단력(t)}$$

$$S_{i,i+1} : i\text{번째 말뚝머리 우측 보의 전단력(t)}$$

$$M_{i-1,i} : (i-1)\text{번째 말뚝머리 우측보의 휨모멘트(t-m)}$$

$$M_{i,i-1} : i\text{번째 말뚝머리 좌측보의 휨모멘트(t-m)}$$

$$M_{i,i+1} : i\text{번째 말뚝머리 우측보의 휨모멘트(t-m)}$$

$$M_{i+1,i} : (i+1)\text{번째 말뚝머리 좌측보의 휨모멘트(t-m)}$$

$$l : \text{보의 지간(말뚝의 간격) (m)}$$

여기서,

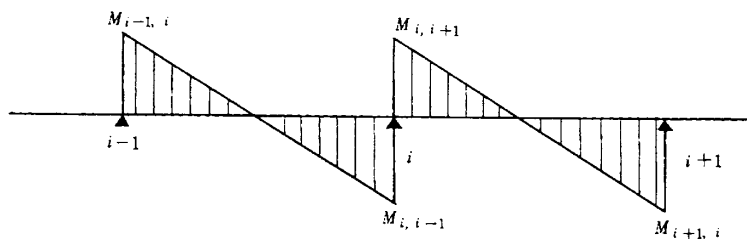
$M_{i,i-1}$, $M_{i,i+1}$ 은 말뚝머리의 휨모멘트를 M_i 로 하면 중간지점에서는 식(참4-13)으로 구하고 단, 지점에서는 말뚝머리의 휨모멘트 M_i 를 그대로 취하면 된다.

$$M_{i,i-1} = a \cdot M_i$$

$$M_{i,i+1} = b \cdot M_i \quad (\text{참4-13})$$

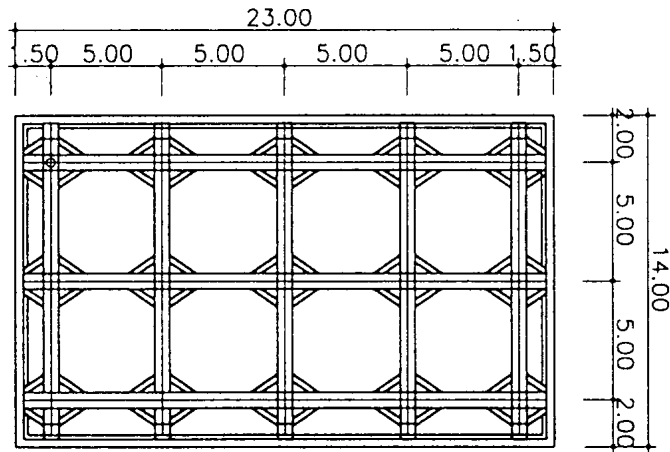
여기서,

a, b : 2지간인 경우는 $a=0.60$, $b=0.60$, 3지간인 경우는 2번째 말뚝머리에서는 $a=0.50$, $b=0.70$, 3번째 말뚝머리에서는 $a=0.70$, $b=0.50$ 으로 한다.



도참(4-11) 말뚝 머리의 휨모멘트 分布

(5) 잔교의 각 블록은 선박의 충격력에 의하여 발생하는 수평편심하중이나 기준선 방향에 작용하는 지진력 때문에 회전하는 경우가 있다. 식(참4-7)~(참4-10)은 근사해이며 또 인접블록의 영향을 무시한 것이다. 잔교블록의 회전량은 인접블록에 의해 제한을 받고 있을 경우, 식(참4-9)에 의한 값보다 작아진다. 인접블록에 의한 제한의 정도는 블록 사이 줄눈의 구조에 따라 다르다. 이와 같이 블록의 회전량은 잔교의 구조에 따라서 달라지므로, 설계때 잔교블록의 회전을 고려할 필요가 있느냐 없느냐 하는 것은 수평편심하중의 크기와 잔교의 구조를 고려하여 정해야 한다.



도참(4-12) 블록 표준단면의 한 예

- (6) 假想地表面에서의 말뚝길이는 상부공의 보 아래까지의 길이로 하여도 좋다.
- (7) 식(참4-8)~식(참4-10)은 다음의 가정하에서 성립된다.
- 가정 1 : 지점침하에 의한 상판의 부재각은 말뚝의 부재각에 비해서 너무 작으므로 무시한다.
 - 가정 2 : 보의 강도가 말뚝의 강도에 비해서 극히 크므로 말뚝두부에서 발생하는 절점각은 무시한다. 보의 강도는 말뚝의 강도와 비교시 통상 10~15배 정도이다.
 - 가정 3 : 말뚝의 단위길이당 지반반력은 지반의 횡방향변위에 근사적으로 비례한다.
 - 가정 4 : 잔교의 Block은 잔교 기준선에 대한 직각방향에 대칭축을 갖는다.
 - 가정 5 : 수평력의 작용방향은 대칭축에 평행이다.
 - 가정 6 : 잔교 기준선방향의 변위는 무시한다.
- (8) (1)~(4)에 나타낸 식은 잔교 Block의 회전중심이 Block 대칭축(기준선 직각방향) 위에 있는 것으로 가정하고 말뚝의 비틀림 抵抗을 무시한 경우의 간략해(解)이며, 정확한 수치와 비교하면 말뚝두부 변위, 분배 수평력 또는 말뚝두부 모멘트의 어느 것이나 대략 20%내외의 차이가 나타나고 있다.
- (9) 말뚝의 축력은 수평력에 의해 생기는 押込力 및 引拔力과 연직하중에 의한 押込力으로 나누어 구한다. 말뚝머리의 모멘트를 빔에 분배하는 경우 다음의 방법이 있다.
- ① 빔의 휨만을 고려하는 방법
 - ② 말뚝의 탄성침하만을 고려하는 방법
 - ③ 빔의 휨과 말뚝의 탄성침하의 두 가지를 고려하는 방법
- ① 및 ②는 빔의 강도 및 말뚝의 강도 중 어느 한쪽을 무시하는 근사적인 방법으로 이제까지 잘 쓰여져 왔다.
- 이 방법의 큰 장점은 계산이 간편한 것이다.
- ③은 빔의 휨변형과 말뚝의 탄성침하에 의한 변형의 비에서 판단하고 어느 것의 강도도 무시할 수 없다고 생각한다. 이 방법에 의하면 정밀하게 풀 수 있으나 계산의 과정에서 다원연립방정식을 풀어야 할 필요가 있다.
- (1)~(4)에 있는 말뚝머리 모멘트의 빔에 대한 分配率 값은 ③의 방법을 실제數例의 棧橋式 岸壁에 적용해서 구한 것이다. 지반의 침하가 있는 경우 등에 대하여 안전을 고려, 말뚝머리 모멘트를 20% 割増하고 있다.

(1)~(4)의 分配値는 기준선 直角方向에 2 또는 3 스패(Span)이고 $0.5 < \alpha < 2.0$ 의 棧橋에 적용되는 것이다.
 $(\alpha = \omega / (12 E_c I_c / \ell))$: ℓ 은 스패길이, ω 는 말뚝의 彈性沈下係數, $E_c I_c$ 는 빔의 剛度) 이 외의 경우는 표참(4-2) 모멘트 계산을 위한 聯立方程式 係數表로 풀고 식(참4-14)에 의해 구하면 좋다. (도참(4-13) 참조)

$$M_{i,i+1} = 2\theta_i + \theta_{i+1} + \theta_{i,i+1} \quad (\text{참4-14})$$

여기서,

$M_{i,i+1}$: i 지점에 있어서 $(i+1)$ 지점측의 모멘트(kN·m)

$$\theta_i = 2 E I \theta_i / \ell$$

θ_i : i 지점에 있어서 節点回轉角

$$\theta_{i,i+1} = -6 E I R_{i,i+1} / \ell$$

$R_{i,i+1}$: 빔 $i \sim (i+1)$ 의 部材回轉角

이 聯立方程式은 빔의 剛度 및 스패가 동일한 것으로 구한 것이다.

표참(4-2) 모멘트 계산을 위한 聯立方程式 係數表

節点部材		ϕ_1	ϕ_2	ϕ_3	...	ϕ_{i-1}	ϕ_i	ϕ_{i+1}	ϕ_{i+2}	...	ϕ_{n-2}	ϕ_{n-1}	ϕ_n	ϕ_{12}	ϕ_{23}	ϕ_{34}	$\phi_{i-1,i}$	$\phi_{i,i+1}$	$\phi_{i+1,i+2}$	...	$\phi_{n-2,n-1}$	$\phi_{n-1,n}$	定数項
節 点 方 程 式	1	2.0	1.0											1.0									M_1
	2	1.0	4.0	1.0										1.0	1.0								M_2
	⋮																						⋮
	i					1.0	4.0	1.0									1.0	1.0					M_i
	⋮																						⋮
	$n-1$										1.0	4.0	1.0									1.0	1.0
n											1.0	2.0										1.0	M_n
剪 斷 力 方 程 式	1~2	$\frac{1.5}{\omega_1}$ + $\frac{1.5}{\omega_2}$	$\frac{1.5}{\omega_1}$	$-\frac{1.5}{\omega_2}$									$\frac{1.0}{\omega_1}$ + $\frac{1.0}{\omega_2}$ + N	$-\frac{1.0}{\omega_2}$									0
	⋮																						⋮
	$i \sim (i+1)$					$-\frac{1.5}{\omega_i}$	$\frac{1.5}{\omega_{i+1}}$	$\frac{1.5}{\omega_i}$	$-\frac{1.5}{\omega_{i+1}}$								$-\frac{1.0}{\omega_i}$ + $\frac{1.0}{\omega_{i+1}}$ + N	$-\frac{1.0}{\omega_{i+1}}$					0
	⋮																						⋮
$(n-1) \sim n$										$-\frac{1.5}{\omega_{n-1}}$	$\frac{1.5}{\omega_n}$	$\frac{1.5}{\omega_{n-1}}$ + $\frac{1.5}{\omega_n}$									$-\frac{1.0}{\omega_{n-1}}$ + $\frac{1.0}{\omega_n}$ + N	0	

주) 표참(4-2)의 기호는 다음과 같다.

M_i : i 번째 말뚝의 말뚝머리모멘트(kN·m)

ω_i : i 번째 말뚝의 彈性沈下係數(kN/m)

$$\omega_i = \frac{A_s E_s}{L_i}$$

E_s : 말뚝의 Young's modules(kN/m²)

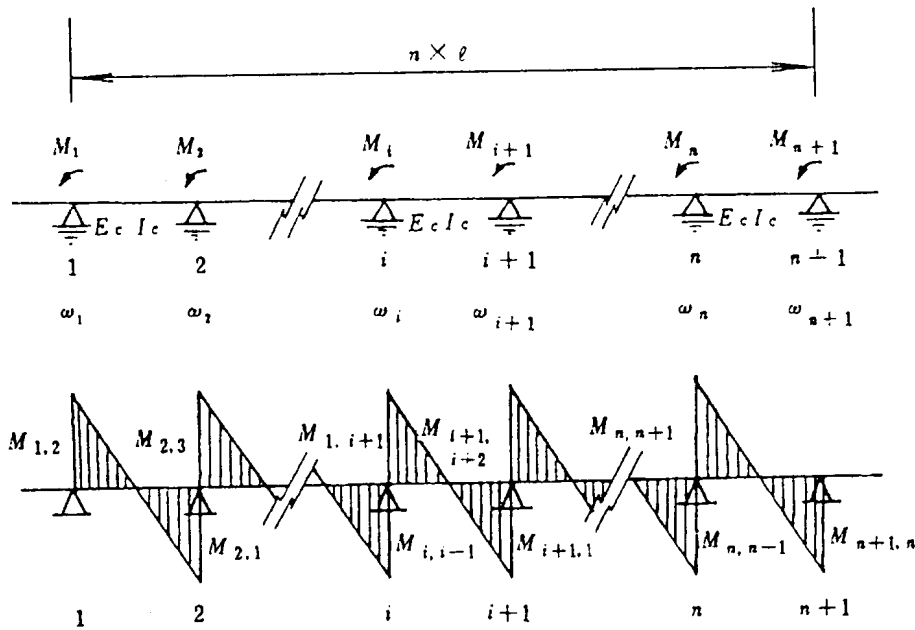
A_s : 말뚝의 斷面積(m²)

L_i : 軸力이 움직이고 있는 말뚝길이(m)

$$N ; N = \frac{\ell^3}{12 E_c I_c}$$

$E_c I_c$: 빔의 휨剛度(kN·m²)

ℓ : 스패길이(m)



도참(4-13) 말뚝의 軸力算定圖

(10) 연직하중에 의한 말뚝의 축력은 본편 4-2-5 [2] 각 말뚝에 분배되는 연직하중에 준한다.

[5] 말뚝단면의 응력

잔교 말뚝의 단면응력은 적절한 방법에 의해 산정한다.

[참 고]

(1) 잔교 말뚝의 단면응력은 축방향력과 휨모멘트를 겸해 받는 것으로 계산한다.

$$f_c = \frac{P}{A} \quad f_{bc} = \frac{M}{Z} \quad (\text{참4-15})$$

여기서,

- f_c : 말뚝의 축방향력에 의한 단면응력(N/mm²)
- f_{bc} : 말뚝의 휨모멘트에 의한 단면응력(N/mm²)
- A : 말뚝의 단면적(mm²)
- P : 말뚝의 축방향력(N)
- Z : 말뚝의 단면계수(mm³)
- M : 말뚝의 휨모멘트(N·mm)

(2) 일반적으로 잔교의 말뚝은 전단응력이 작으므로 특별한 하중조건이 아니면 이것을 검토할 필요가 없다.

(3) 말뚝의 허용응력에 대해서는 제3편 2-3-3 강말뚝 및 강관널말뚝에 의하여 검토한다.

(4) 말뚝단면의 응력에 대해서는 말뚝 타입시의 조건도 고려하여 충격응력과 좌굴에 대하여 검토하는 것이 좋다.
압밀침하가 예상되는 곳에서는 부마찰력에 대해서도 검토해야 한다.

(5) 콘크리트 말뚝의 카탈로그(Catalogue)에서 보여주는 저항모멘트는 보통 축력이 작용 않는 경우이다. 실제 잔교에 사용되는 말뚝은 매우 큰 축력을 받는 것이 일반적이므로 응력검토시 이를 충분히 주의해야 한다.

[6] 지지력에 대한 근입길이의 검토

연직말뚝의 축방향에 대한 근입길이는 제4편 제4장 말뚝기초의 지지력에 의하여 산정한다. 그러나 사면에 박히는 말뚝의 지지력 계산에 있어서는 가상지표면 이하의 흙을 유효한 지지층으로 본다.

[참 고]

- (1) 가상지표면에 대해서는 본편 4-1-4 [2] 가상지표면을 참조한다.
- (2) 과량의 내습이 예상되는 곳에서는 과량에 의한 양압력에 대해 말뚝의 인발을 감안하여 검토해야 한다.

[7] 말뚝의 횡저항에 대한 근입길이의 검토

각 직항의 근입길이는 말뚝의 횡저항의 해석방법에 대해서 적절히 정한다.

[참 고]

- (1) 연직말뚝의 근입길이는 말뚝의 횡저항의 해석결과로부터 지표면 아래 $3/\beta$ 를 표준으로 한다. 그러나 이 값은 가상지표면 이하에만 적용한다. β 에 대하여는 본편 4-1-5 [3] 말뚝의 가상고정점을 참조한다.
- (2) 여기서는, 본편 4-1-5 [1] 일반에서 설명한 창 의 방법의 $1/\beta$ 을 가상고정점으로 하고 수평외력에 대한 안정 계산을 하는 경우에 적용한다. 즉, 전술한 창 의 방법은 땅속의 말뚝 길이를 무한이라고 생각하고 얻은 결과이며, 땅속 유한길이의 말뚝에 적용할 수 있는 범위를 검토한 결과, 말뚝의 근입길이가 $3/\beta$ 이상이면 유한길이의 말뚝을 무한길이의 말뚝으로 보고 계산하여도 큰 오차가 발생하지 않는다.
창 의 방법은 무한근입길이 말뚝과 유한근입길이의 말뚝의 근사성 범위를 보다 확대한 것으로, 즉 유한길이 말뚝에 의한 오차를 보다 더 허용한다고 하면 말뚝의 근입길이를 $2/\beta$ 까지 허용할 수 있다. 그러나 어떠한 경우라도 가상지표면 아래 $2/\beta$ 보다 짧게 하는 것은 피해야 한다.
- (3) 전술한 창 의 방법에 준하는 경우에도, 유한근입길이의 경계조건으로 얻은 해법에 의하는 경우는 본문에 따르지 않아도 좋다.
- (4) 말뚝 횡저항의 계산을 일본 港研方式으로 하는 경우, 말뚝의 최소근입 길이는 $1.5l_{ml}$ 으로 된다. 이 경우 l_{ml} 은 지표면에서 두부고정 말뚝의 휨모멘트 제2 제로점 깊이까지를 취한다.

[8] 말뚝 이음에 대한 검토

- (1) 말뚝에 이음부를 둘 경우 본편 4-1-3 설계외력과 하중에서 말하는 외력 외에, 말뚝 타입시 이음부 위치의 충격응력에 대해서도 안전하도록 만들어야 한다.
- (2) 말뚝의 이음부 위치는 말뚝에 큰 응력이 발생되는 곳은 피해야 하며, 시공조건 등을 고려해서 신중하게 결정해야 한다.
- (3) 말뚝에 이음부를 둘 경우, 말뚝의 응력, 지지력 등의 안정성 검토후 아래 말뚝의 단면을 감소시켜도 좋다.

[9] 강관말뚝의 판두께 또는 재질의 변경

강관말뚝의 판두께 또는 재질의 변경을 요할 경우는 제4편 7-5 강관말뚝의 판두께 및 재질의 변경에 준한다.

[참 고]

- (1) 보통 장대말뚝의 잔교에 있어서는 가상지표면하 $2/\beta \sim 3/\beta$ 정도의 위치에서 판두께 또는 재질을 변경하는 경우가 많다.
- (2) 보통 하중조건 하에서는 휨응력이 발생하지 않는 깊은 곳에서도 지반의 변형 등에 의하여 이음부나 板 변화부에서 잔교 말뚝의 좌굴이 나타난 사례도 있으므로 충분한 검토가 필요하다.

4-1-6 흙막이부의 設計

횡잔교 흙막이부의 설계는 각각 그 구조형식에 준한다.

[참 고]

- (1) 횡잔교의 주요 흙막이구조는 다음과 같다.

① 중력식 구조

- 케이슨식
 - L형 블록식
 - 콘크리트 블록식
 - 셀블록식
- } 본편 제3장 중력식 안벽에 의한다.

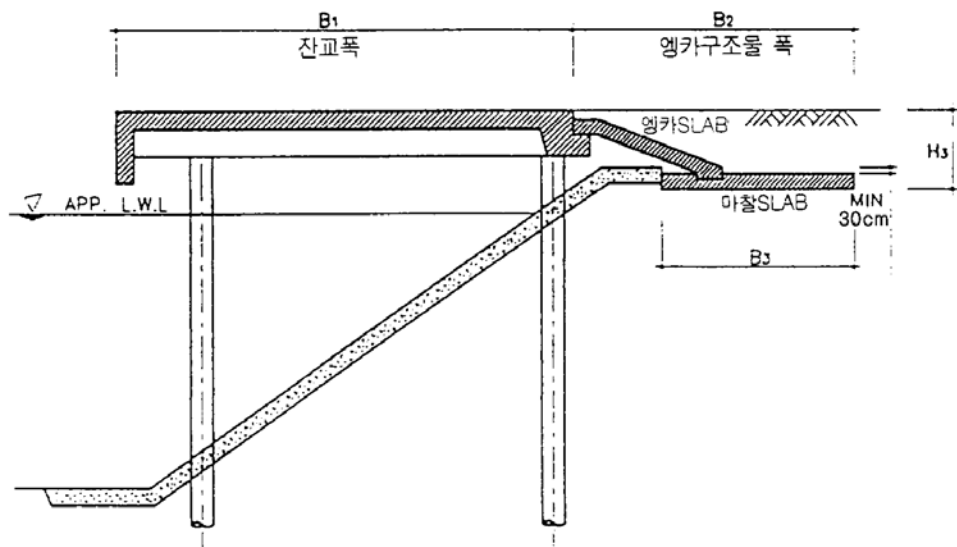
② 널말뚝식 구조 본편 제5장 타이로드식 널말뚝 안벽에 의한다.

③ 셀식 구조 본편 제7장 셀식 널말뚝 안벽에 의한다.

④ 사석경사제 구조

⑤ 앵커식 구조

앵커식 구조는 도참(4-14)에 표시한 바와 같이 앵커 Slab와 마찰 Slab로 구성되어 있는데, 앵커 Slab는 흙막이의 역할을 하면서 토압의 수직성분 일부를 잔교에 전달하며, 마찰 Slab는 기초와의 마찰력을 이용하여 토압의 수평성분에 저항함으로써 토압에 의한 수평력이 잔교에 전달되지 않도록 하는 구조이다.



도참(4-14) 앵커식 구조의 흠막이 부 예

여기서,

B_2 : 앵커식 구조물의 폭은 앵커 Slab의 두께, 경사 및 마찰 Slab의 길이에 따라 결정되나 앵커 Slab의 경사각은 수평면과 이루는 각이 $15^\circ(1:3.75)$ 보다 커져서는 안 된다.

그 이유는 앵커 Slab 상부에 재하되는 수직하중이 앵커 Slab 경사각에 비례해서 잔교 상부 공에 전달되기 때문이다. 마찰 Slab의 상부는 기초 사석부 마루 아래, 최소 30cm이상 묻혀야 한다.

B_3 : 앵커 Slab 및 마찰 Slab의 길이는 작용하는 수평력에 저항하기 위한 Slab 기초와의 마찰계수와 Slab 활동에 대한 안전율에 따라 결정되어야 한다.

(2) 횡잔교 본체와 흠막이부 사이는 단순지지 슬래브로 연결하고, 그 양단에 공간 확보, 또는 완충재로 채워서 흠막이부에 작용하는 힘이 잔교에 전달되는 것을 방지함과 동시에, 잔교와 호안의 상대적인 부등침하에 대응토록 하는 것이 좋다.

4-1-7 사면 안정에 대한 검토

[1] 원호활동 검토

횡잔교의 흠막이부에 대해서는 원칙으로 제4편 9장 사면의 안정에 준하여 원호활동에 대한 검토를 하여야 한다.

[해설]

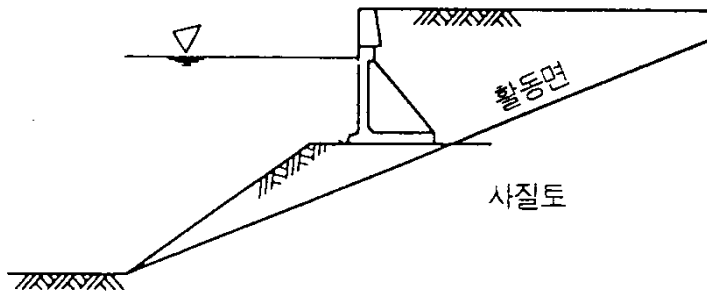
일반적으로 기초지반과 뒷채움 흙이 양질의 사질토인 경우에는 원호활동에 대해서 안정한 경우가 많으므로 본문의 계산을 생략할 수 있다. 그러나 점성토와 같은 연약지반에서는 반드시 원호활동에 대한 검토를 해야 한다.

[2] 직선활동 검토

횡간교에서 사면이 사질토로 구성되어 있는 경우에는 원칙적으로 비탈기슭을 지나는 직선활동면에 대한 안정검토가 수반되어야 한다.

[해설]

사면이 사질토로 구성된 경우라 함은 비탈기슭 위의 사면과 흙막이 부의 뒷채움 등이 모래, 사력 및 깬돌 등으로 구성된 경우를 말한다.



도참(4-15) 직선활동면

4-1-8 세부설계

[1] 상부공 설계에 쓰이는 하중의 조합

하중의 조합은 슬래브, 연결판 또는 보에 걸리는 자중이나 적재하중 등을 적절히 고려하여 이들 조합 하중에 대한 안정성 검토를 수행한다.

[참고]

(1) 하중의 조합은 다음과 같이 고려하고 이들에 대해 안정하여야 한다.

① 슬래브와 연결판

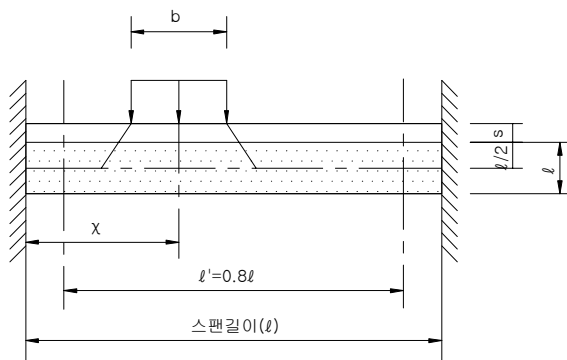
- 가. 자중 + 적재하중
- 나. 자중 + 활하중
- 다. 자중 + 양압력

② 보

- 가. 자중 + 적재하중
- 나. 자중 + 활하중
- 다. 자중 + 수평력에 의한 말뚝머리 모멘트의 영향 + 수평력을 고려하였을 때의 적재하중
- 라. 말뚝의 탄성침하의 영향

(2) 상기 계산에 있어, 충격하중과 제동하중의 영향은 고려하지 않는다.

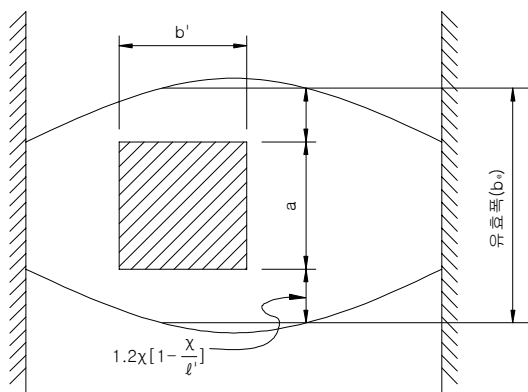
- (3) 단변(l_s)과 장변(l_L)의 비가 0.4이하의 경우는 일방향판으로 설계하여도 좋다. 양단고정 일방향판의 유효폭은 도참(4-16)에 의해 구하여진다.
- (4) 트럭 또는 트레일러 윤하중에 의한 슬래브의 휨모멘트는 등분포하중으로 환산하여 4변고정판으로 판의 계산도표에서 구하는 방법과 부분 등분포하중으로 환산하여 Pigeaud의 도표에서 구하는 방법 등, 2가지 방법에 의해 계산하고 그 중 큰 값을 설계 휨모멘트로 하여도 좋다.
등분포 하중으로 환산 또는 부분 등분포 하중으로의 환산은 도참(4-17) 또는 도참(4-18)을 참고한다.
- (5) 트럭 크레인의 Outrigger 반력에 의한 상부판의 휨모멘트는 부분 등분포하중으로 환산하고 Pigeaud의 도표에서 구하여도 좋다.
- (6) 상재하중 또는 사하중에 의한 상부판의 휨모멘트는 4변고정판으로서 판의 계산도표에 의해 구하여도 좋다.
- (7) 상재하중 및 사하중에 의한 보의 휨모멘트는 도참(4-17)에 의해 구한다.
- (8) 활하중에 의한 보의 휨모멘트는 보가 가장 위험하게 되는 활하중을 만재한 연속보로서 구하여도 좋다.
- (9) 양압력에 대해서는 제2편 5-7-1 수면부근의 수평판에 작용하는 양압력에 준한다.
- (10) 석탄부두나 컨테이너부두의 하역기계와 같이 큰 집중하중이 작용할 때에는 말뚝두부가 탄성침하를 일으켜 보의 하부측에 인장응력이 발생되므로 이러한 영향을 설계에 고려한다. 통상의 잡화용 하역기계 정도의 하중에 대해서는 일반적으로 탄성침하를 고려한 배근은 하지 않고 보중앙부 하부측에 철근을 구부려 올리지 않고 늘려서 말뚝에 고정하는 경우가 많다.
- (11) 잔교상에서의 자동차의 주행속도는 저속이므로 일반적으로 충격계수를 고려하지 않는 경우가 많다.



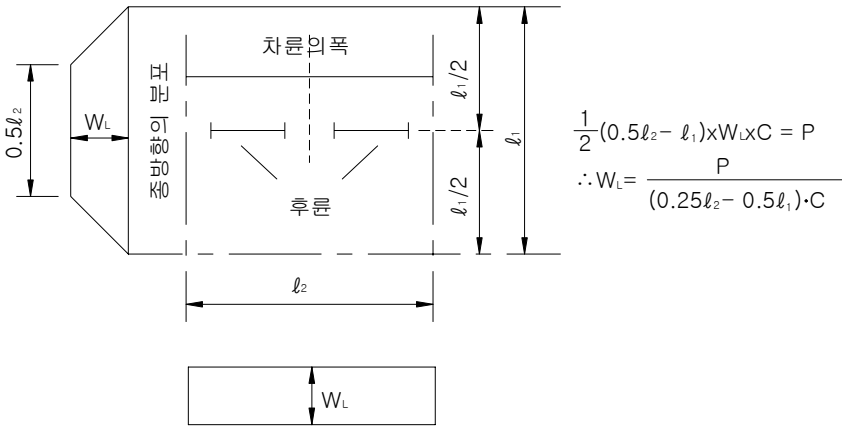
· 유효폭

$$b_e = a + 2.4 \left[xl - \frac{x^2}{l'} \right]$$

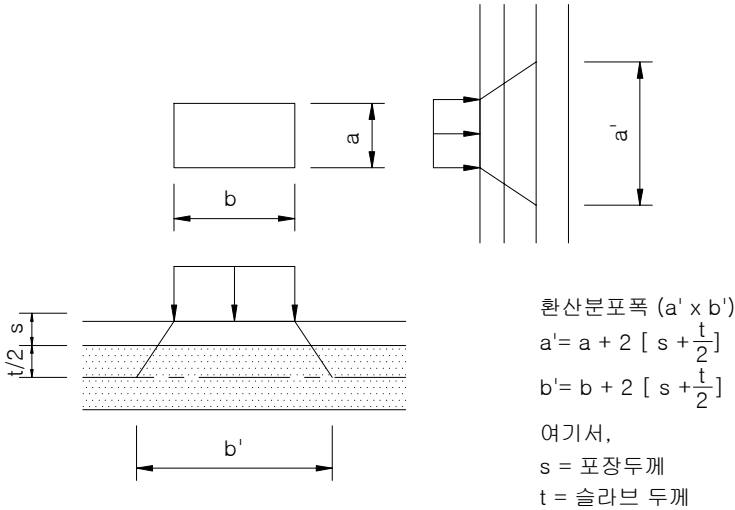
여기서, l' : 변곡점 간격($=0.8l$)



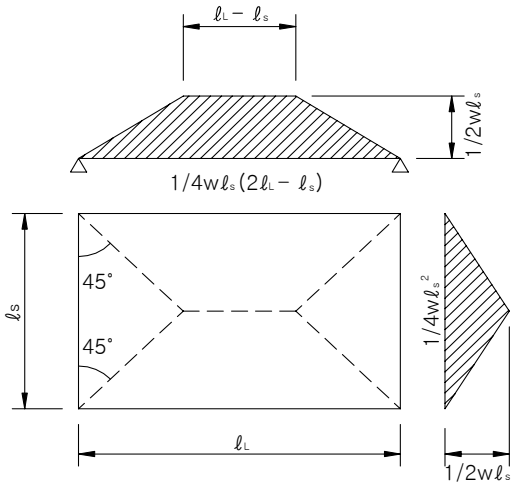
도참(4-16) 양단고정 일방향판의 유효폭



도참(4-17) 등분포하중으로 환산



도참(4-18) 부분 등분포하중으로 환산



도참(4-19) 상재하중 및 사하중에 의한 보의 휨모멘트

[2] 상부공의 배근계산

철근콘크리트 또는 프리스트레스트콘크리트 상부공의 배근계산은 한계상태설계법에 의하는 것을 원칙으로 한다.

[해설]

- (1) 상부공은 전단파괴 선행형으로 되지 않도록 충분한 전단보강을 한다.
- (2) 상부공은 하부구조물에 비하여 재료의 환경 열화에 대한 충분한 내구성이 확보될 수 있도록 계획해야 한다. 이를 위해 사용한계상태에 있어서 균열이 가지 않는 필요한 배근이나 덮개두께 등 구조세목을 충분히 만족하도록 특히 배려할 필요가 있다.

[참고]

- (1) 한계상태설계법에 대한 배근계산은 제3편 3-2 한계상태설계법에 의한 설계기준을 참조한다.
- (2) 잔교 상부공의 파괴형태에는 휨파괴와 전단파괴(Punching Shear 포함)가 있으나 특히 지진시에 전단파괴가 선행되면 급격히 파괴가 진행되는 위험이 있으므로 내력계산상 휨내력보다는 전단내력을 크게 할 수 있는 배근이 필요하다.

[3] 말뚝 머리부의 설계

말뚝 머리부는 각종 응력에 대하여 안전하도록 설계하여야 한다.

[해설]

- (1) 말뚝 머리부의 설계는 제4편 7-2 말뚝과 상부공과의 결합부 설계에 준한다.
- (2) 잔교의 설계에서는 말뚝과 상부공이 완전강결된 것으로 전제하므로 지진시에 있어서도 이것을 만족하도록 고려한다.
- (3) 철근이나 플레이트를 용접하는 경우는 철근과 플레이트의 용접부, 강말뚝과 플레이트의 용접부에 있어서 충분한 강도가 확보되는지를 검토한다.

[참고]

- (1) 말뚝 머리부에 있어서 말뚝과 상부공과의 결합방법, 정착길이에 대해서는 강관과 콘크리트와의 부착강도 특성에 관한 연구가 충분치 않으므로 재하실험 등에 의해 확인하는 것이 바람직하다. 재하실험 등이 어려운 경우에는 [참고] (2) 또는 (3)의 방법으로 매입길이를 결정하여도 좋다. 말뚝 머리부 설계시 또는 내진 성능 검토시에 고려한 것과 같은 고정조건 (완전강결)이 만족되지 않는 경우에는 수평변위 등이 설계시의 값보다도 크게 되는 경향이 있는 것에 주의해야 한다.
- (2) 말뚝 머리부 주위의 벽면과 콘크리트의 부착에 의해 보에서 말뚝으로 축방향력을 전달하는 경우에는 말뚝의 단면형상에 대해서 다음과 같은 방법으로 매입길이를 결정하여도 좋다.

① 원형 단면인 경우

잔교는 일반적으로 말뚝머리 위의 콘크리트 두께가 얇으므로 콘크리트의 순전단(Punching shear)은 기대하지 않고, 말뚝 외주면(外周面)과 콘크리트와의 부착만으로 하중을 보에서 말뚝으로 전달하는 것으로 생각하여 식(참4-16)에 따라 매입 길이를 계산한다.

$$\ell \geq \frac{P}{\phi f_{bod}} \gamma_b \quad (\text{참 4-16})$$

여기서,

- ℓ : 매입길이(mm)
 P : 말뚝에 작용하는 축방향력(N)
 ϕ : 말뚝의 외주장(mm)
 f_{bod} : 말뚝材料和 콘크리트와의 부착강도(N/mm²)
 γ_b : 부재계수 (=1.0으로 하여도 좋다)

말뚝材料和 콘크리트와의 부착강도의 설계용 치수 f_{bod} 를 실험 등으로 구하지 못하는 경우 통상의 말뚝 頭部에서는 보의 주철근 등이 정착되고 있는 것을 고려하고, 환강과 콘크리트와의 부착강도와 같은 크기라고 생각하면 $f_{bod} = 0.11f_{ck}^{2/3}/\gamma_c$ (f_{ck} : 콘크리트의 압축강도의 특성치(N/mm²), γ_c : 콘크리트의 材料계수(=1.3으로 하여도 좋다))로 구하여도 좋다.

② H형 斷面인 경우

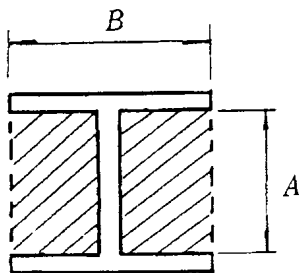
이 경우는 H형 강말뚝의 주변의 부착이 충분하고, 또 도참(4-20)에 표시한 바와 같이 플랜지 외주의 부착과 파선부분의 콘크리트 전단에 대하여 안전하여야 하므로 식(참4-17)와 식(참4-18)중에서 큰 값을 매입 길이로 한다.

$$\ell \geq \frac{P}{\phi f_{bod}} \gamma_b \quad (\text{참 4-17})$$

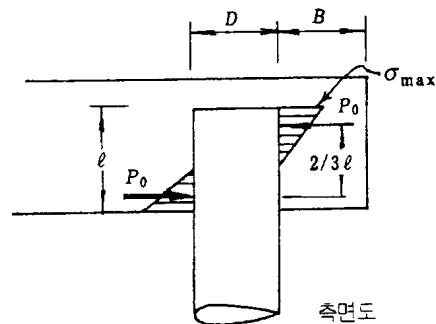
$$\ell \geq \frac{P}{2(A f_{vcd} + B f_{bod})} \gamma_b \quad (\text{참 4-18})$$

여기서,

- ℓ : 매입길이(mm)
 P : 말뚝에 작용하는 축방향력(N)
 ϕ : H형강 말뚝의 주장(mm)
 A : 웹의 높이(mm)
 B : 플랜지의 폭(mm)
 f_{vcd} : 콘크리트의 전단강도(N/mm²)
 f_{bod} : 강재와 콘크리트와의 부착강도(N/mm²)
 γ_b : 부재계수(=1.0으로 해도 좋다)

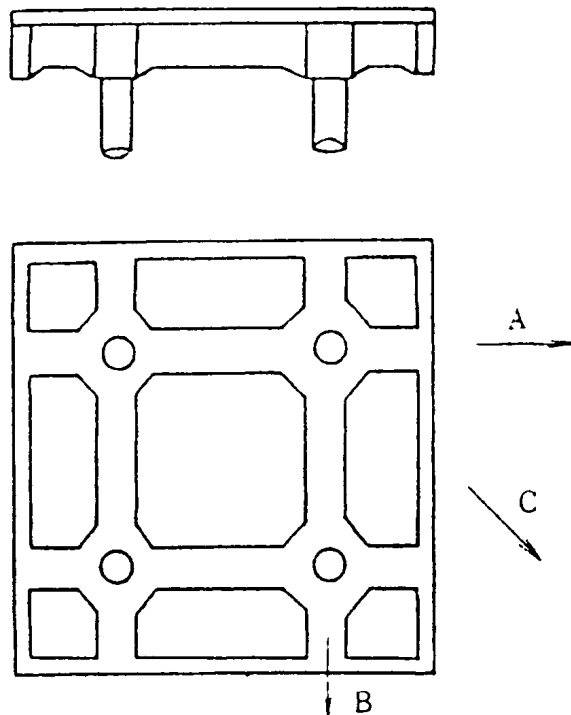


도참(4-20) H형강 말뚝의 문힌 斷面

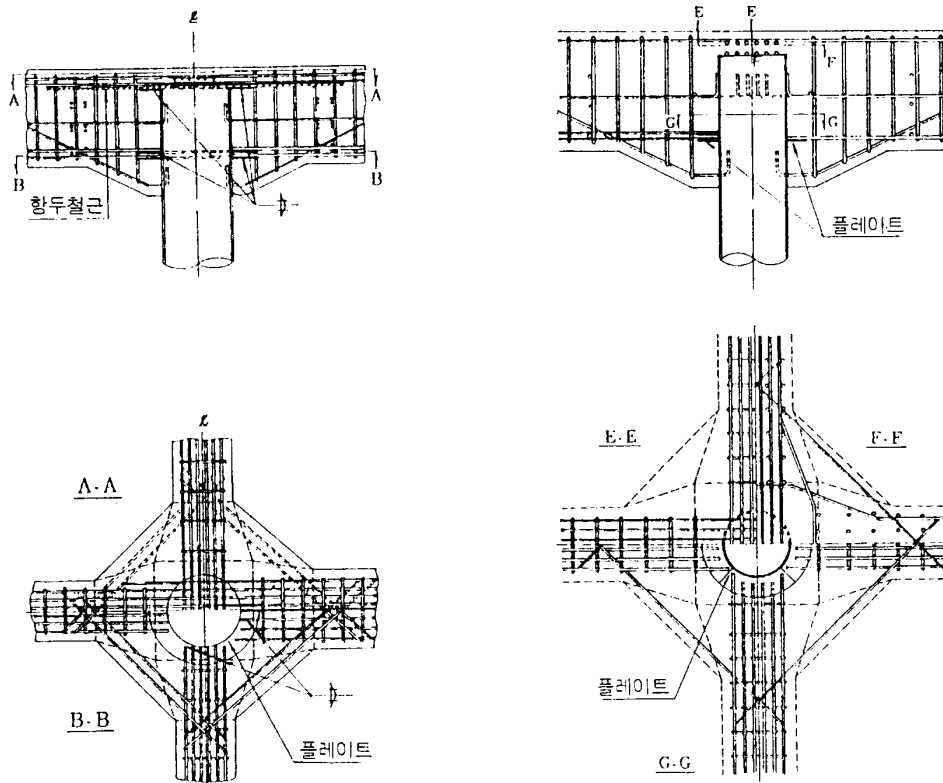


도참(4-21) 말뚝머리의 지압應力

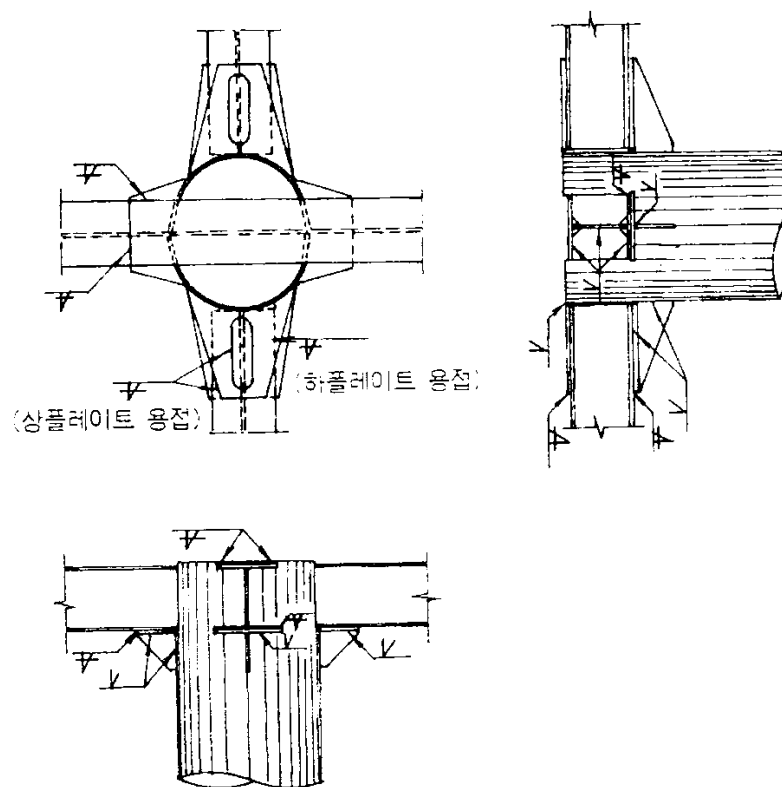
- (3) 말뚝머리 휨모멘트의 전달에 필요한 매입 길이에 대하여는 제4편 7-2 말뚝과 상부공과의 결합부 설계에 따른다. 다만 이 경우에 말뚝의 수평력에 의한 지압응력과 휨모멘트에 의한 지압응력을 합성한 것에 대하여 검토해야 한다. 보통 수평력에 의한 지압력은 작아서 무시해도 좋다.
- 특히 주의할 것은 이 지압응력에 콘크리트 보가 견디기 위해서는 도참(4-21)과 같이 말뚝측면의 콘크리트 두께 B가 충분해야 한다. 이 콘크리트 두께가 충분하지 않으면 콘크리트가 순전단의 상태에서 떨어져나가서 지압응력에 견디지 못한다.
- (4) 도참(4-22)에 나타나는 것과 같이 말뚝이 상판에 상당부분 들어가 있는 경우 A방향 또는 B방향 등 보의 축방향에 힘이 작용했을 때는 충분히 안전하나, C방향에 대해서는 위험하게 되는 경우가 있으므로 말뚝머리의 보축(軸)에 대한 경사방향의 수평전단응력에 대해서도 검토하는 것이 바람직하다.(도참(4-21) 참조)
- (5) 말뚝머리와 상부공과의 결합을 강구조로한 경우, 상부공에의 매입길이만으로 말뚝머리 모멘트에 저항하는 방법과 매입길이의 부족분을 철근에 의해서 보강하는 방법이 있다. 말뚝의 축방향력에 대한 매입길이가 부족한 경우는 강말뚝에 철근을 용접하거나 플레이트를 용접하는 등의 방법을 취한다. 말뚝머리 모멘트에 대한 매입길이의 부족분에 대해서는 강말뚝 상하에 플레이트를 용접하고 여기에 철근을 용접하거나 강말뚝의 내측에 보조철근을 용접함으로써, 철근에 의해 말뚝머리 모멘트를 전달시킨다.(도참(4-23) 참조)
- (6) 철골콘크리트 구조의 경우, 말뚝 머리부의 결합 예를 도참(4-24)에 도시한다.



도참(4-22) 棧橋의 평면내에 있어서 荷重방향



도참(4-23) 말뚝머리의 매입 구조 예



도참(4-24) 철골콘크리트 구조의 경우 말뚝머리 결합 예

4-2 경사 말뚝식(斜組杭) 잔교

4-2-1 설계의 기본방침

본 장은 잔교에 작용하는 수평력을 경사말뚝(斜組杭)이 분담하는 구조의 횡잔교에 적용한다.

[해설]

경사 말뚝식 잔교는 잔교에 작용하는 지진력, 방충재 반력, 견인력 등의 수평력을 경사말뚝으로 분담하는 구조로서 조항의 충분한 지지력을 얻을수 있는 지반을 필요로 한다. 조항은 안벽 기준선 직각방향의 수평력에 대해서 배치되므로 연직 말뚝식 잔교에 비해 기준선 직각방향의 수평변위를 감소시킬 수 있으나, 기준선 방향의 수평력에 대한 조항의 배치가 적은 경우는 기준선 방향의 수평력에 대해서도 연직 말뚝식 잔교의 경우에 준해서 검토하는 것이 바람직하다.

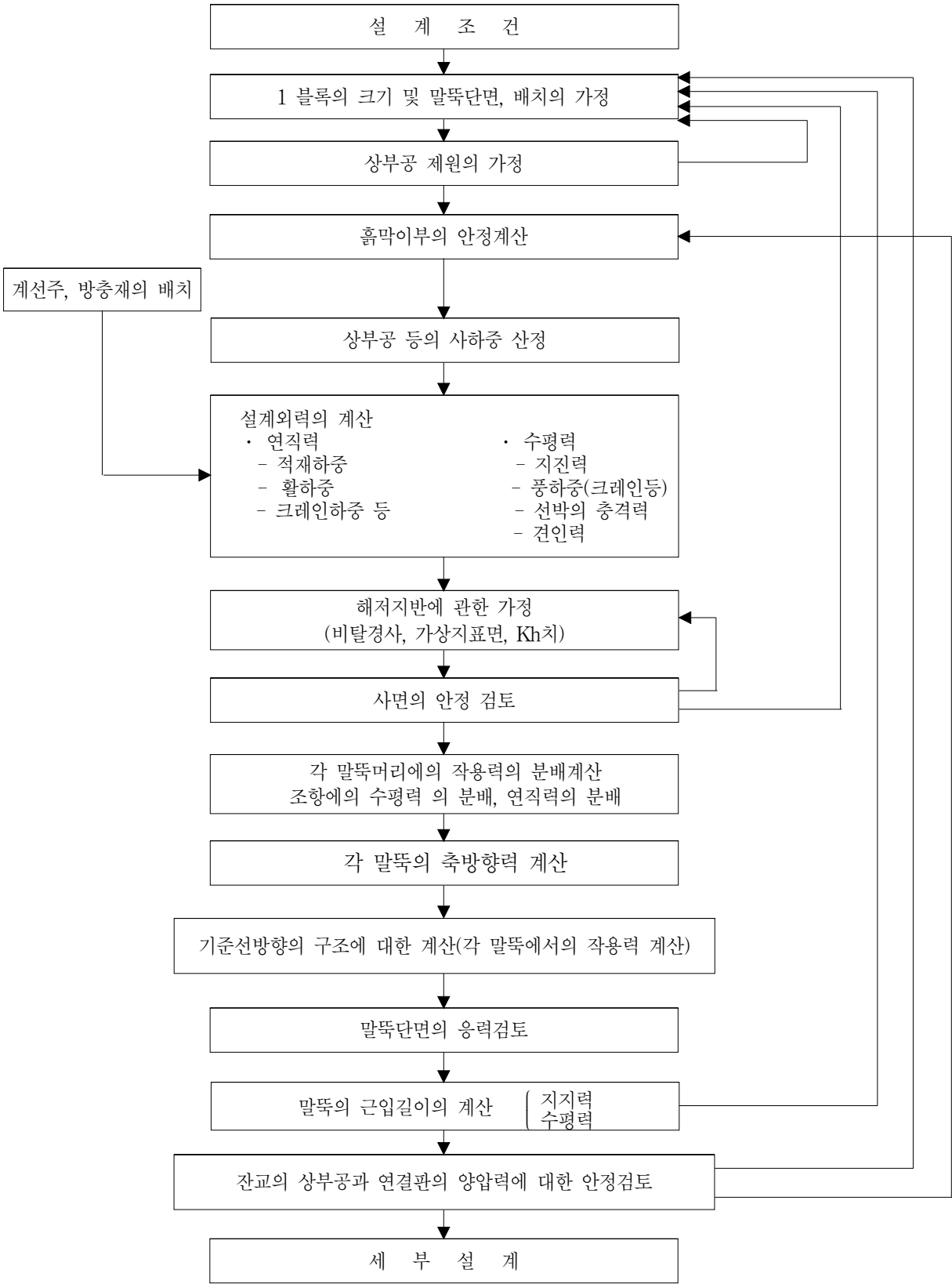
또한 경사말뚝의 경우, 인접하는 연직말뚝이나 토류부에 말뚝이 접근하므로 말뚝의 배치는 시공조건, 이용조건 등을 고려해서 신중히 결정하는 것이 바람직하다.

지진시의 검토는 제2편 제12장 지진 및 지진력에 준하여 시행한다.

그 외의 것에 대해서는 기본적으로 연직 말뚝식 잔교와 같은 방법으로 설계하여도 좋다.

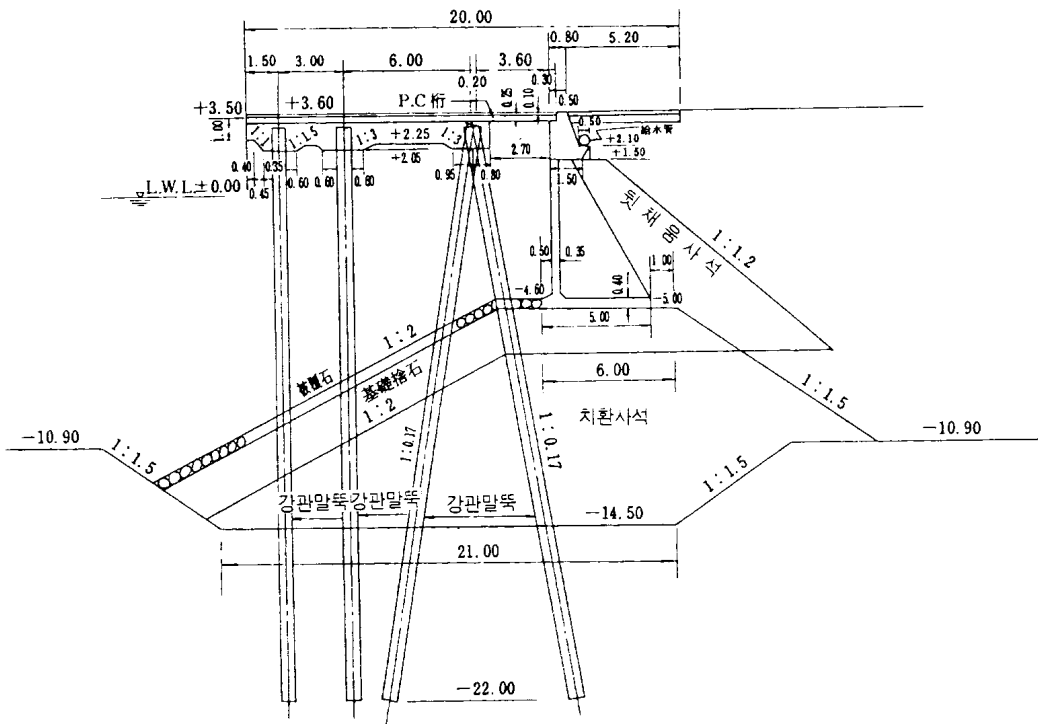
[참고]

(1) 경사말뚝식 잔교의 설계는 일반적으로 다음과 같은 순서로 하는 것이 좋다



도참(4-25) 경사 말뚝식 잔교의 설계순서

- (2) 도참(4-25)는 경사 말뚝식 잔교의 설계에 있어서 표준적인 검토항목과 순서를 나타낸 것이나 실제의 설계에 있어서는 순서를 변경하는 경우도 있다. 예를 들면, 사면 안정에 대한 검토는 잔교본체 및 토류부의 설계와 분리시켜 하는 것도 있다.
- (3) 경사 말뚝식 잔교의 설계 예는 도참(4-26)에 도시된 바와 같다.



도참(4-26) 傾斜 말뚝式 棧橋의 설계단면 예

- (4) 안벽 기준선과 나란한 방향으로 조향이 배치되지 않은 경우에는 기준선 방향의 수평하중에 대해서 잔교는 말뚝의 횡저항으로 저항하므로 말뚝의 근입깊이를 계산할 때에 수평저항에 대한 검토를 하여야 한다.
- (5) 상부공 또는 연결판 등의 양압력에 대해서는 제2편 5-7-1 수면부근의 수평력에 작용하는 양압력에 준해서 검토한다.

4-2-2 배치와 채원

[1] 잔교블록의 크기와 말뚝의 배치

잔교블록의 크기와 말뚝의 배치는 본편 4-1-2 [1] 잔교블록의 크기와 말뚝의 배치에 준한다.

[참 고]

일반적인 대형안벽(대상선박 50,000DWT급)에서는 안벽 기준선 직각방향으로의 말뚝배치는 직향 1열에 대해서 경사말뚝 1조, 또는 경사말뚝 2조의 것들이 많고 말뚝간격 또는 조향의 중심간격은 하중조건, 시공상의 문제 등을 고려하여 4~6m정도 두는 것이 일반적이다. 경사말뚝의 경사는 수평력에 대하여 탄력적으로 저항하는 것이 바람직하나 다른 말뚝과의 위치적인 관계와 항타기계 등의 시공상 제약 등을 고려하여 일반적으로 1:0.33~1:0.2정도로 하는 것이 많다.

[2] 상부공의 제원

상부공의 제원은 본편 4-1-2 [2] 상부공의 제원 및 배치에 준한다.

[해설]

경사말뚝(사조항)식 잔교의 상부공 보(Beam)의 폭은 조항머리의 결합방법에 따라 다르나, 일반적으로 연직말뚝인 경우보다 넓게 하는 것이 보통이다.

[3] 부속설비 배치

부속설비의 배치는 본편 4-1-2 [3] 부속설비의 배치에 준한다.

4-2-3 설계외력과 하중

[1] 잔교에 작용하는 외력과 하중

잔교에 작용하는 외력과 하중은 본편 4-1-3 [1] 설계외력에 준한다.

[참고]

경사 말뚝식 잔교의 말뚝을 설계하는 경우, 철근콘크리트 상부공 사하중의 계산에는 잔교 상부공의 표면적 1m^2 에 대하여 21kN 을 사용하여도 좋다.

[2] 선박의 충격력 산정

선박의 충격력 산정은 본편 4-1-3 [3] 선박의 충격력 산정에 준한다.

4-2-4 해저지반에 관한 가정

[1] 비탈경사의 결정

비탈경사의 결정은 본편 4-1-4 [1] 비탈경사의 결정에 준한다.

[2] 가상지표면

가상지표면은 본편 4-1-4 [2] 가상지표면에 준한다.

4-2-5 말뚝의 부재력과 단면결정

[1] 각 조항머리에 분배되는 수평력

경사 말뚝식 잔교 각조항의 말뚝두부에 분담되는 수평력은 각조항의 단면이나 사항의 경사각, 또는 길이에 대해서 적절히 산정하는 것으로 한다. 이 경우에 있어서 모든 수평력은 경사말뚝이 분담하는 것으로 한다.

[참 고]

(1) 각 조항의 단면 및 사항경사가 다른 경우에는 각 조항머리에 분배되는 수평력은 다음 방법으로 구한다.

① 완전한 지지말뚝으로 볼 수 있는 경우

가. 잔교블록의 회전을 고려할 필요가 없는 경우

$$H_i = \frac{C_i}{\sum_i C_i} H \quad (\text{참4-19})$$

나. 잔교블록의 회전을 고려할 필요가 있는 경우

$$H_i = \frac{C_i}{\sum_i C_i} H + \frac{C_i x_i}{\sum_i C_i x_i^2} \cdot e H \quad (\text{참4-20})$$

여기서,

$$C_i = \frac{\sin^2(\theta_{i1} + \theta_{i2})}{\frac{l_{i1}}{A_{i1} E_{i1}} \cos^2 \theta_{i2} + \frac{l_{i2}}{A_{i2} E_{i2}} \cos^2 \theta_{i1}} \quad (\text{N/m})$$

H : 잔교블록에 작용하는 수평력 (N/m)

H_i : 각조항에 분배되는 수평력 (N/m)

e : 조항의 중심선과 작용수평력과의 거리(m)

x_i : 각 조항에서 조항 중심선까지의 거리(m)

l_i : 말뚝의 전길이(m)

그러나, 인발력이 작용할 때는 마찰말뚝의 l 을 쓴다.

A_i : 각 말뚝의 단면적(m^2)

E_i : 각 말뚝의 탄성계수(N/m^2)

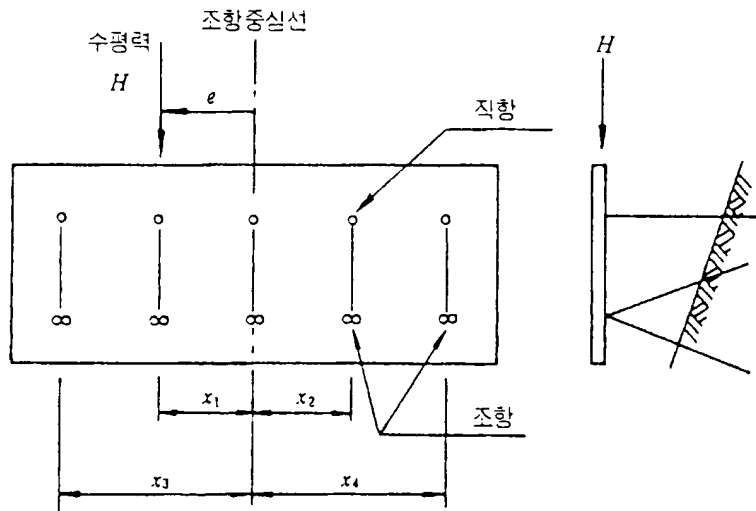
θ_{i1}, θ_{i2} : 각 말뚝의 연직방향과 이루는 각($^\circ$)

첨자 i 는 i 번째의 말뚝

첨자 1,2는 1조의 조항 각 말뚝에 관한 것이다.

또한 조항의 중심선은 $\frac{\sum C_i \xi_i}{\sum C_i}$ 으로 구해진다. ξ_i 는 임의의 좌표원점으로부터 각 조항의 기준선방향

좌표, 보통 횡잔교에서는 대칭축을 가지고 있으므로 이것이 중심선이 된다.



도참(4-27) 조항중심선과 각 조항과의 距離

② 완전한 마찰말뚝으로 볼 수 있는 경우

가. 사질토

식(참4-19), 식(참4-20)을 이용, I_i 대신 $\frac{2I_i + \lambda_i}{3}$ 를 대입한다.

나. 점성토

식(참4-19), 식(참4-20)을 이용, I_i 대신 $\frac{I_i + \lambda_i}{2}$ 를 대입한다.

여기서,

λ_i : 주변마찰력이 유효하게 작용하지 않는 부분의 길이(m)

I_i : 말뚝의 전길이(m)

(3) 각 조항의 단면과 경사말뚝의 경사 및 길이가 모두 같을 경우에는 각 조항에 분배되는 수평력은 다음 방법으로 구한다.

① 잔교블록의 회전을 고려할 필요가 없는 경우

$$H_i = \frac{1}{n} H \quad (\text{참4-21})$$

② 잔교블록의 회전을 고려할 필요가 있는 경우

$$H_i = \frac{1}{n} H + \frac{x_i}{\sum x_i^2} eH \quad (\text{참4-22})$$

여기서,

n : 조항의 수

[2] 각 말뚝머리에 분배되는 연직하중

각 조항에 분담되는 연직하중은 말뚝배치, 말뚝구조 및 외력에 대해서 적절히 산정하여야 한다.

[참 고]

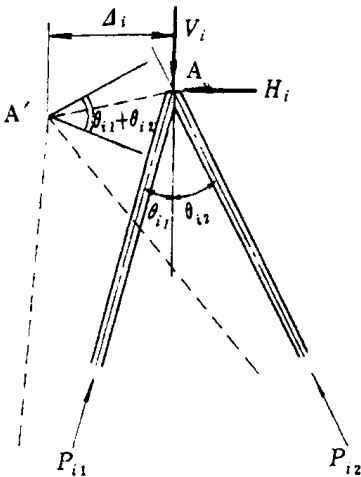
각 연직하중에 의해 말뚝에 작용하는 압축력은 말뚝위치에서 지지된 단순보로서 산정한 지점반력으로 하여도 좋다.
연직하중에 의한 말뚝의 압축력은 간편한 방법으로서 단순지지점의 반력을 쓸 수 있으나 보의 장출부가 긴 경우에는 말뚝의 압축력 또는 인발력이 크게 되는 경우가 있으므로 연속보로서 산정하는 것이 바람직하다.

[3] 각 말뚝의 압축력과 인발력

각 조항의 압축력 및 인발력은 잔교의 이용상황 등에 대해서 설정된 연직하중 또는 수평하중에 의하여 적절히 산정하여야 한다.

[참 고]

- (1) 각 사항의 압축력과 인발력은 본편 4-2-5 [1] 각 조항머리에 분배되는 水平力에서 구한 각 조항에 분배되는 水平力과 본편 4-2-5 [2] 각 말뚝머리에 분배되는 연직하중에서 구한 각 말뚝머리에 분배되는 연직하중을 사용하여 계산한다.
- (2) 경사말뚝식 잔교중에 포함되는 연직 말뚝의 압축력은 본편 4-2-5 [2] 각 말뚝머리에 분배되는 연직하중에서 구해지는 지점반력으로 한다.
- (3) 조항두부 A점에 작용하는 수평력 H_i 및 연직하중 V_i 에 의하여 A점이 A'점으로 이동하였다고 생각하는 공학적인 실용범위로 수평변위 Δ_i 는 말뚝길이 l_i 에 비해 극히 적고 경사각 θ_{i1} 및 θ_{i2} 의 변화는 무시되며 말뚝의 휨변형도 약간 있는 것으로 간주할 수 있다.
이와 같은 假定으로 구한 組杭의 反力은 제4편 5-4 傾斜말뚝의 水平支持力에 있는 식(참5-35)에서 얻을 수 있다(도참(4-28) 참조).



도참(4-28) i 番의 組杭反力

- (4) 경사 말뚝식 잔교 중에 있는 연직말뚝은 수평력을 분단하지 않는다고 가정하고 있다. 組杭은 대단히 적은 변위로 수평력에 저항하고 있어 연직말뚝에 발생하는 휨응력은 보통의 경우 무시된다.

[4] 말뚝단면의 응력

말뚝단면의 응력은 축방향력 또는 휨모멘트를 받는 말뚝으로서 적절하게 산정하여야 한다.

[참 고]

- (1) 각 말뚝의 단면응력은 축방향력을 받는 말뚝, 또는 축방향력과 휨모멘트를 겸하여 받는 말뚝으로서 본편 4-1-5 [5] 말뚝단면의 응력에 의해 산정한다.
- (2) 일반적으로 조향이 안벽 기준선 직각방향으로 배치되는 경우, 각 말뚝의 응력은 기준선 직각방향에 대해서는 축방향력을 받는 말뚝으로서 산정하고 기준선방향에 대해서는 축방향 및 휨모멘트를 받는 말뚝으로서 산정하는 것이 일반적이다.(본편 4-2-6 기준선 방향에 대한 검토 참조)
여기서, 전자의 경우에는 설계에 고려하지 않는 휨모멘트나 2차응력에 대처하기 위해 본편 4-1-5 [5] 말뚝 단면의 응력[참고] (1)을 바탕으로 허용응력도 보다도 20~30% 낮은 값을 취하는 것이 바람직하다. 그러나 후자의 경우에는 본편 4-1-5 [5] 말뚝단면의 응력 [참고] (3)에 준해서 응력을 산정한다.
- (3) 경사 말뚝식 잔교는 통상 충분한 지지력이 기대되는 지반에 설치하는 것이 많으며, 이때 타입시의 충격응력, 좌굴 등에 대해서는 특히 유의하여 검토하는 것이 바람직하다. 검토에 대해서는 제4편 7-1 시공시의 하중에 대한 검토에 준한다.

4-2-6 기준선방향에 대한 검토

- (1) 안벽 기준선방향으로 경사말뚝이 있는 경우에는 단면방향의 경우와 같이 본편 4-2-5 말뚝의 부재력과 단면결정에서 기술한 방법으로 검토한다.
- (2) 기준선방향으로 경사말뚝이 없는 경우에는 기준선방향에 대해서도 연직말뚝식 잔교에 준하여 본편 4-1-4 해저지반에 관한 가정 및 4-1-5 말뚝의 설계에 준하여 검토하는 것을 원칙으로 한다.

[해 설]

경사 말뚝식 잔교 중에 선단부 등의 특별한 구간에서는 사향을 항타하는 공정이나 시공기계의 제약 때문에 안벽 기준선방향의 하중에 저항하기 위한 조향을 배치하는 예가 드물다. 기준선방향의 하중에 대한 조향을 배치하지 않을 경우, 기준선방향의 하중에 대해서는 연직 말뚝식 잔교와 같은 방법으로 말뚝의 응력 등을 검토할 필요가 있으며, 이 경우 가상지표면이나 가상고정점 등에 대해서는 연직 말뚝식 잔교와 같은 방법으로 생각해도 좋다.
기준선 방향의 수평하중으로는 지진력, 선박의 견인력, 방충재 반력 등이 있다. 잔교 상부공은 Block마다 이음부가 설치되고 있으나, 수평방향 변위는 실제 상호간에 전달되고 있으므로 견인력 및 접안력 등과 같이 안벽 전체의 각 점에 동시에 작용하지 않는 하중은 1개의 Block에만 작용되는 것이 아니고 잔교 전체에 분산되는 것으로 간주하므로 이것에 의한 말뚝의 응력이 기준선 직각방향 조향으로서의 응력보다 위험하다고 볼 수 있다. 그러나 지진력은 잔교 전체에 동시에 작용되므로 검토가 필요하다.

4-2-7 말뚝의 근입

사향의 지지력은 본편 4-1-5 [6] 지지력에 대한 근입길이의 검토 및 4-1-5 [7] 말뚝의 횡저항에 대한 근입길이의 검토에 준한다.

4-2-8 흠막이부의 설계

흠막이부의 설계는 본편 4-1-6 흠막이부의 설계에 준한다.

[해 설]

말뚝과 흠막이부가 근접하면 흠막이부의 하중이 말뚝에 작용하므로 좋지않다. 특히 경사말뚝의 경우는 대개 흠막이부와 말뚝이 상호 인접하게 되므로 흠막이부의 위치를 신중히 결정하는 것이 바람직하다.

4-2-9 사면 안정에 대한 검토

[1] 원호활동 검토

원호활동에 대한 검토는 본편 4-1-7 [1] 원호활동 검토에 준한다.

[2] 직선활동 검토

직선활동에 대한 검토는 본편 4-1-7 [2] 직선활동 검토에 준한다.

4-2-10 상부공과 연결판의 세부설계

상부공과 연결판의 세부설계는 본편 4-1-8 세부설계에 준한다.

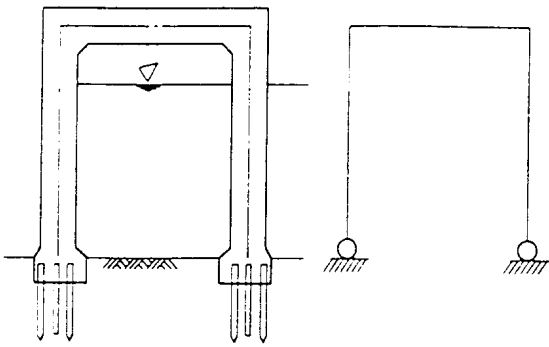
4-3 원통 또는 각통식 잔교

4-3-1 원통 또는 각통의 설계

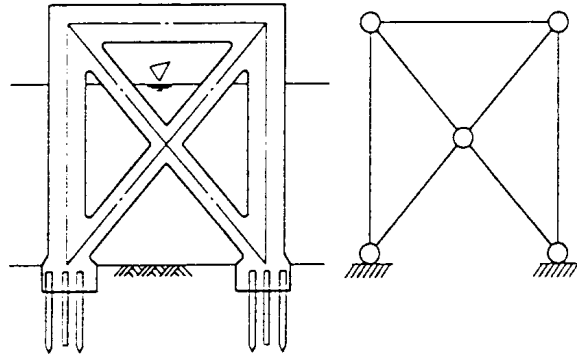
- (1) 라멘 구조인 경우
잔교가 원통 또는 각통과 상부구조만으로 되어 있는 경우는 원통 또는 각통의 기초 위치를 힌지로 본 라멘구조로 생각하고 설계한다.
수평력에 대한 강성을 증대시키기 위해서는 단면방향의 거더(항)로 원통 또는 각통의 윗부분을 강결하여야 한다.
- (2) 트러스 구조인 경우
잔교가 원통 또는 각통과 상부구조 및 연결재 등으로 만들어졌을 때는 트러스 구조로 생각하고 설계한다.

[참 고]

- (1) 라멘구조인 경우는 수평력에 저항하기 위해 단면방향으로 거더에 의하여 원통 또는 각통머리를 강결하는 동시에 수평력을 잔교의 기준선방향으로 분산시키기 위해 거더 및 슬래브를 기준선방향으로도 연결하는 것이 좋다. 그러나 일반적으로 원통 또는 각통간의 간격은 말뚝식 잔교의 말뚝간격보다 넓으므로 강결하는 지간의 수는 1~2지간 정도로 하는 것이 좋다. 설계계산에서 라멘 구조는 도참(4-29)과 같이 가정한다.
- (2) 트러스 구조인 경우, 그 설계계산은 도참(4-30)와 같은 트러스로 가정한다. 다만, 절점에는 휨모멘트가 발생되므로 보강하여야 한다.
- (3) 원통 및 각통의 기초에 말뚝을 필요로 할 경우에는 제4편 제4장 말뚝기초의 지지력에 준하여 설계한다. 기초말뚝을 설치할 경우라도 말뚝두부와 접합을 위해 원통 또는 각통의 하단에 0.5m정도의 확대기초를 두는 것이 보통이다.



도참(4-29) 설계상의 라멘 구조



도참(4-30) 설계상의 트러스 구조

4-3-2 흙막이부의 설계

흙막이부의 설계는 본편 4-1-6 흙막이부의 설계에 준한다.

4-3-3 상부구조의 설계

슬래브 등의 상부구조 설계는 본편 4-1-8 세부설계에 준한다.

4-4 교각식 잔교

4-4-1 교각의 설계

교각의 설계는 구조형식에 따라 각각 해당하는 장에 준하여 설계한다.

[해설]

- (1) 교각식 잔교는 각부의 강성이 크므로 단면방향의 거더로 강결하여도 휨모멘트의 전달은 기대할 수 없는 경우가 많다. 따라서 단면방향의 거더는 주로 수평력을 전달하는 기능을 갖도록 설계한다. 거더 및 슬래브를 잔교의 기준선방향으로 교각에 연결하면 수평력을 분산시킬 수 있다.
- (2) 부등침하 등의 영향은 원통 또는 각통식의 경우보다 훨씬 현저하므로 강결시키는 경우는 충분히 검토할 필요가 있다.
- (3) 각주로서 케이슨을 쓴 경우에는 가급적 자중을 가볍게 하고, 강성이 있는 구조로 하기 위해 벽은 될 수 있는 대로 두지 않고 골격만의 구조로 하는 것이 유리한 경우도 있다.

4-4-2 흙막이부의 설계

흙막이부 설계는 본편 4-1-6 흙막이부의 설계에 준한다.

4-4-3 상부구조의 설계

슬래브 등 상부구조 설계는 본편 4-1-8 세부설계에 준한다.

4-4-4 교각부의 설계

교각부의 설계는 구조형식에 따라 본편 4-1 연직 말뚝식 잔교, 4-2 경사 말뚝식(사조향) 잔교, 4-3 원통 또는 각통식 잔교, 4-4 교각식 잔교에 준한다. 상부공과 연결판의 설계는 본편 4-1-8 세부설계에 준한다.

5-1 일 반

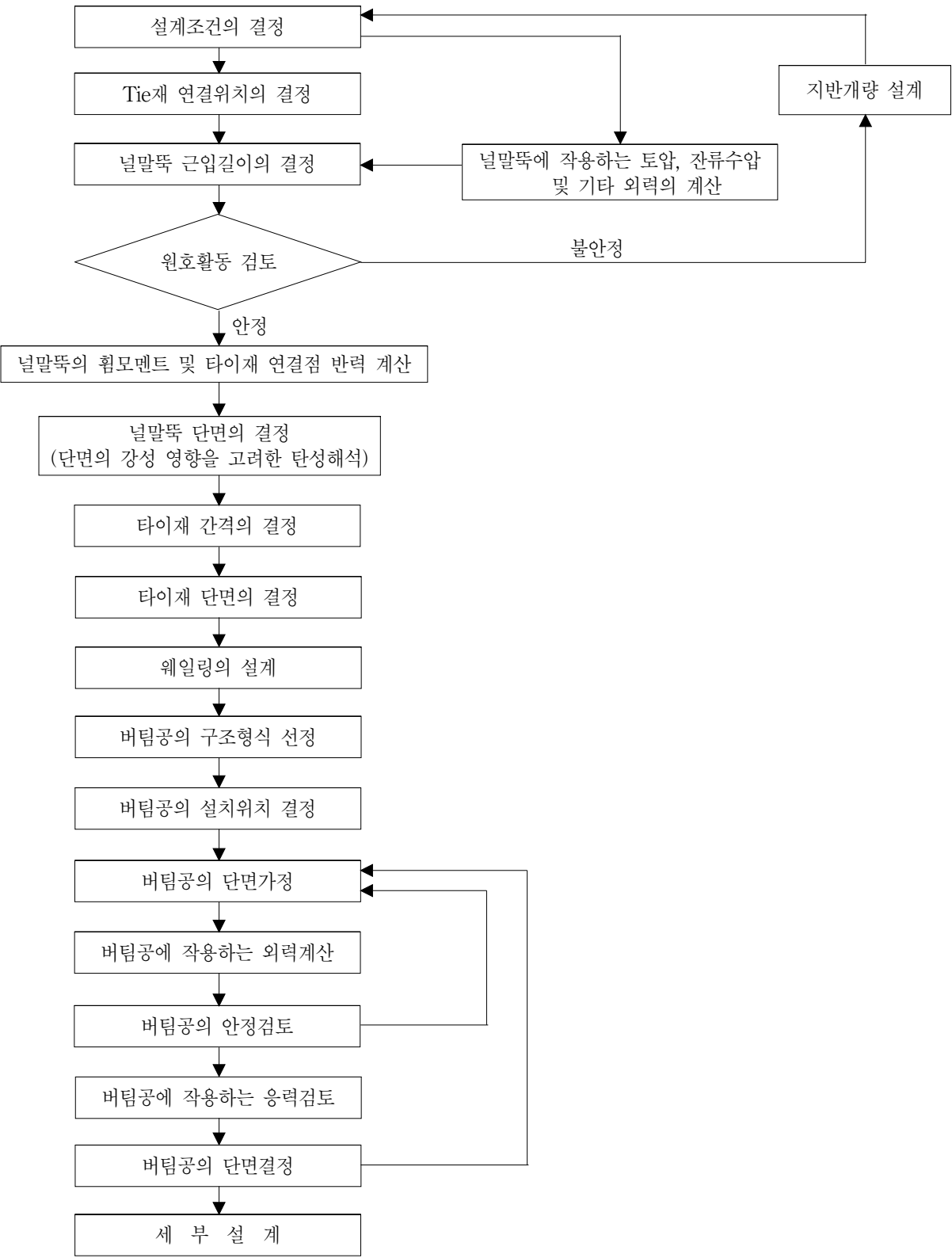
- 〔해설〕

〔참고〕

-
- Technical drawing of a bridge structure showing cross-section and elevation. The drawing includes dimensions for the bridge deck (16.00m total width, 20.00m clear width), abutments, and piers. Key features include: a concrete deck with a 1:100 slope, a 0.20m thick concrete curb, a 0.30m wide shoulder, and a 1.60m center-to-center spacing between piers. The drawing also shows the bridge's vertical alignment with elevations ranging from +3.00 to +1.50 and (-)15.50 to (-)9.50. Labels include '포장 콘크리트 두께 0.20', '노반두께 0.30', 'ctc 1.60', '뒷채움사석', '사석', '강철말뚝', '나무말뚝', and '버팀말뚝'. A note at the bottom right states '(단위 : m)'.

도참(5-1) 타이로드 널말뚝안벽의 설계단면 예

(2) 널말뚝벽의 설계는 일반적으로 다음 순서로 하는 것이 좋다.



도참(5-2) 타이로드식 널말뚝 안벽의 설계순서

(3) 널말뚝벽의 설계법에는 다음과 같은 종류가 있다.

① 고전 토압론에 의한 것

가. Free Earth Support법

나. Fixed Earth Support법

② 근입부를 탄성지지로 하고 해석하는 방법

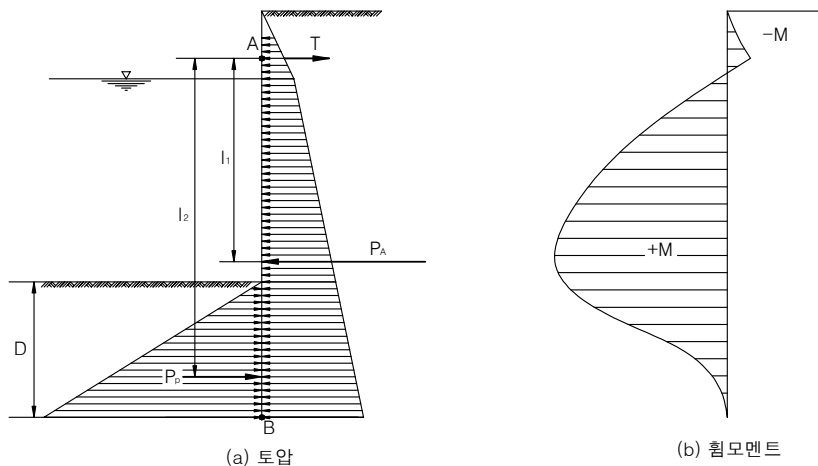
P.W.Rowe의 방법

(4) 각 설계법을 요약하면 다음과 같다.

① Free Earth Support법

이 방법은 널말뚝 근입부에 있어서 부의 휨 Moment가 발생되지 않는다고 가정하는 것이다. 즉 근입부의 하단에 있어서 휨모멘트가 0이 된다고 가정하여 해석하는 방법이다. 널말뚝에 작용하는 토압 및 휨모멘트는 도참(5-3)과 같이 가정하는 것이 보통이다.

근입장(D)은 Tie재 연결점(A점)에 대해서 주동토압과 수동토압에 의한 모멘트의 평형으로부터 구한다. Tie의 장력은 주동토압과 수동토압의 차로써 구한다.



$$T = P_A - P_P, \sum M_A = 0 \text{ 에서 } P_A \cdot l_1 = P_P \cdot l_2$$

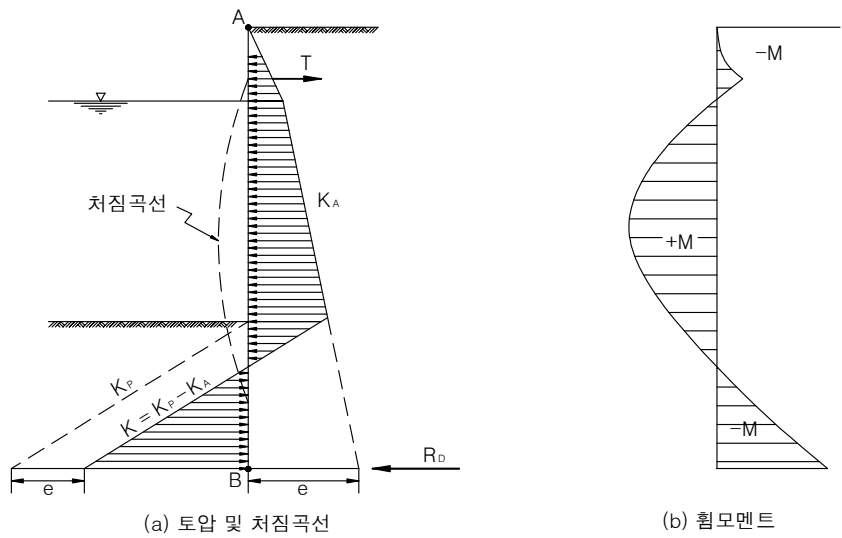
도참(5-3) Free Earth Support法

② Fixed Earth Support法

이 방법은 널말뚝 근입부분이 지반 중에 소정의 깊이 이하로 고정되어 있다고 가정해서 해석하는 방법이다. 따라서 해지면 하 소정의 깊이에서 널말뚝 처짐곡선(Deflection Curve)의 반곡점이 존재하여 반곡점과 널말뚝 하단 사이에는 부(負)의 휨모멘트가 작용한다고 가정한다. 또한, 널말뚝 하단에는 부 방향의 수동토압을 고려하나 일반적으로 이것은 집중력으로 가정한다. 널말뚝에 작용하는 토압 및 휨모멘트는 도참(5-4)와 같이 된다.

Fixed Earth Support법의 해법 중에 일반적인 것은 처짐곡선법이다. 처짐곡선법은 근입장을 가정하고 근입하단에 있어서 처짐곡선이 연직선과 접하는 것으로 처짐곡선을 도식하고 타이재 연결점의 처짐이 0이 될 때까지 시행착오법에 의해 근입장을 변화시킴으로써 그 시점의 부재력을 구하는 방법이다.

이 방법은 도해법에 의해 시행되기도 하나, 최근에는 복잡한 수식계산을 요구하는 경우 전산해석을 통해 수행하는 사례가 많다.



도참(5-4) Fixed Earth Support法

③ P.W.Rowe의 방법

P.W.Rowe의 방법은 널말뚝 근입부분의 수동토압을 고전 토압론에 의하지 않고 널말뚝의 횡방향 변위 또는 해저면으로 부터의 깊이에 비례하는 지반반력으로 하여 널말뚝을 탄성체에 놓인 Beam으로 해석하는 것이다.

(5) 지반의 액상화와 동적해석

본 장에서는 진도법에 의한 정적해석 설계법을 제시하고 있으며, 지반의 액상화는 고려하지 않고 있다. 이 때문에 지반의 액상화가 우려되는 경우에는 액상화 대책을 세우는 것이 원칙이지만 현장조건에 의해 액상화 대책이 불가능한 경우나 지진시의 변형조사를 행할 필요가 있는 경우에는 별도 동적해석에 의하는 것이 바람직하다.

5-2 널말뚝벽에 작용하는 외력

5-2-1 고려해야 할 외력

널말뚝벽에 작용하는 外力로서는 아래의 사항들을 고려한다.

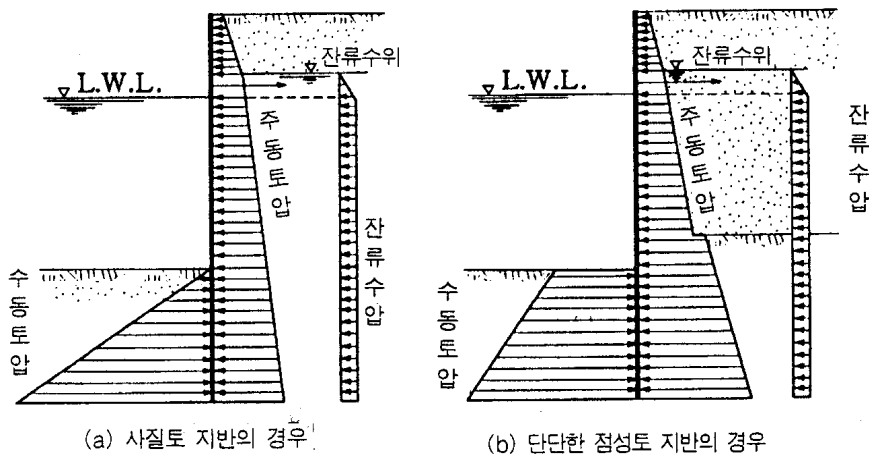
- (1) 토 압
 - ① 널말뚝벽 배후의 토압
 - ② 널말뚝 근입부 전면의 반력토압
- (2) 잔류수압
- (3) (1)에 작용하는 지진력
- (4) 지진시의 동수압
- (5) 선박의 견인력
- (6) 선박의 충격력(방충재의 반력)

[해설]

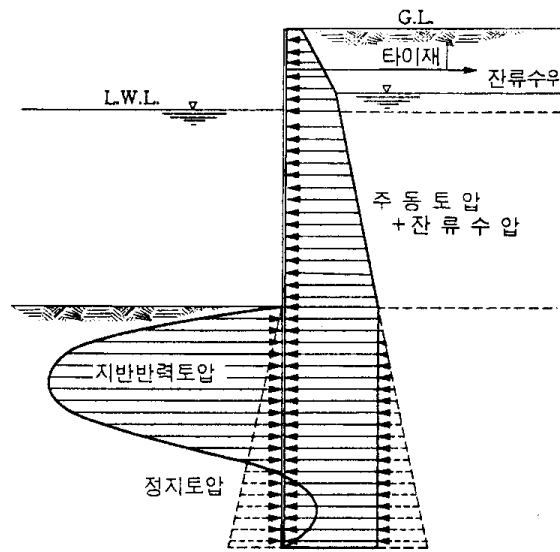
상기의 항목들은 널말뚝벽에 작용하는 외력 중에서도 특히 중대한 영향을 끼친다고 생각되는 인자들을 규정하고 있다. 상기 외에 널말뚝의 상부공이 클 경우, 그에 작용하는 지진력을 무시할 수 없는 경우가 있는데 이와 같이 널말뚝벽에 현저한 영향을 끼친다고 생각되는 외력이 있으면 적절히 고려할 필요가 있다.

[참고]

- (1) 널말뚝벽의 배후 토압은 주동토압을 쓰는 것이 보통이다. 또, 널말뚝 근입부 저면의 반력토압은 수동토압 또는 지반반력계수에 대응한 반력토압등 적절히 구할 필요가 있다.
- (2) 선박의 충격력은 일반적으로 상부공의 설계에만 고려한다. 또 선박의 견인력은 계선주의 기초를 따로 설치하였을 경우는 고려하지 않으나, 계선주를 널말뚝벽의 상부공에 설치하였을 경우에는 상부공, 타이재 및 웨일링의 설계시에 고려한다.
- (3) 선박의 견인력은 제2편 2-2-7 계선주에 작용하는 힘을, 선박의 충격력은 제2편 2-2-2 선박의 접안시 발생하는 외력 또는 제2편 2-2-3 계류 중 선박의 동요에 의하여 발생하는 외력에 의하여 계산한다.
- (4) 널말뚝벽의 안정계산에 Free Earth Support법 또는 가상보법을 쓰는 경우, 토압과 잔류수압은 도참(5-5)와 같이 작용하는 것으로 보고, 그 계산은 제2편 11-7 토압과 수압에 의한다.
- (5) 크레인 등 하역기계가 있는 경우, 하역기계의 자중 또는 자중 및 적재하중에 의한 토압을 고려하여야 한다.
- (6) 사질지반의 경우, 널말뚝벽의 토압계산에 쓰이는 벽면 마찰각은 일반적으로 주동토압에 대해서 15° , 수동토압에 대해서 -15° 를 사용한다.
단, 강널말뚝 등 변형되기 쉬운 구조물에 작용하는 토압은 Rankine 토압을 사용하게 되므로 벽면마찰각은 무시해도 좋다.
- (7) 토압은 벽체의 변위에 의해서 변화되기 때문에 실제의 널말뚝벽에 활동하는 토압은 시공방법(널말뚝을 타입한 후 뒷채움을 하는 경우와 널말뚝을 타입한 후 전면을 준설하는 경우), Tie재 연결점의 널말뚝의 횡방향변위, 널말뚝근입장, 널말뚝의 강성과 해저지반의 성질과의 관계 등에 의해서 변하기 때문에 반드시 도참(4-5)와 같은 분포로 되지는 않는다.
- (8) 널말뚝의 안정계산에 P.W.Rowe의 방법(彈性樑解析法)을 사용할 경우는 토압 또는 잔류수압은 도참(5-6)과 같이 작용한다고 생각하고 널말뚝 전면에는 지반반력 계수에 대응한 반력토압과 정지토압이 작용한다고 보는 것이 좋다.

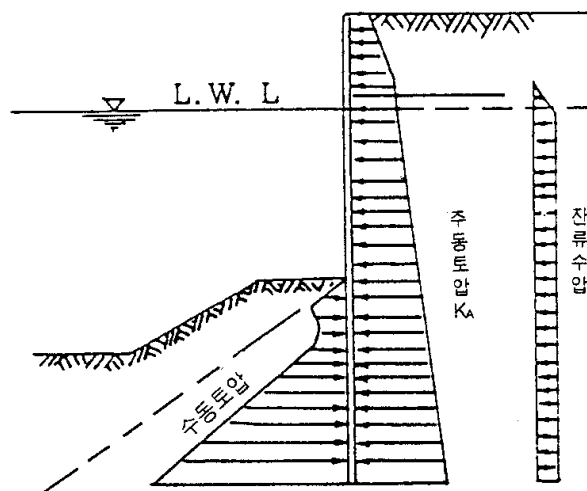


도참(5-5) 널말뚝벽의 설계에 고려해야 할 土壓 및 殘留水壓



도참(5-6) 널말뚝벽의 설계에 고려해야 할 토압 및 잔류수압 (P.W.Rowe 방법에 의한 경우)

- (9) 잔류수압 계산시 잔류수위는 기초지반의 성질, 널말뚝의 이음부 상황 등에 따라 다르지만 강 널말뚝인 경우는 L.W.L에 간만차의 2/3를 더한 것으로 본다. 그러나 점성토 지반 중에 박은 강널말뚝에서는 잔류수위가 거의 만조면과 일치하는 예도 있다. 기타 재료의 널말뚝을 쓰는 경우는 유사 구조물의 조사자료를 기준으로 하여 결정하는 것이 좋다.
- (10) 널말뚝 근입부 전면의 반력토압을 산정할 때는 준설의 시공 정도를 고려하여 해저면에 여굴을 고려할 필요가 있다.
- (11) 횡잔교의 흙막이 호안과 같이 널말뚝 전면의 해저가 수평면 및 사면의 복합단면일 때에는 수동토압을 Coulomb의 방법에 의해서 활동면과 널말뚝이 갖는 각을 변화시키면서 수동토압을 계산하고 그 최소치를 수동토압으로 간주하는 방법이 있다. (도참(5-7) 참조)
- 단, 널말뚝 전면부의 거동은 탄성지반으로서 가정하는 경우가 실험 등과 잘 일치하고 있으므로 그와 같은 것도 고려할 필요가 있다.



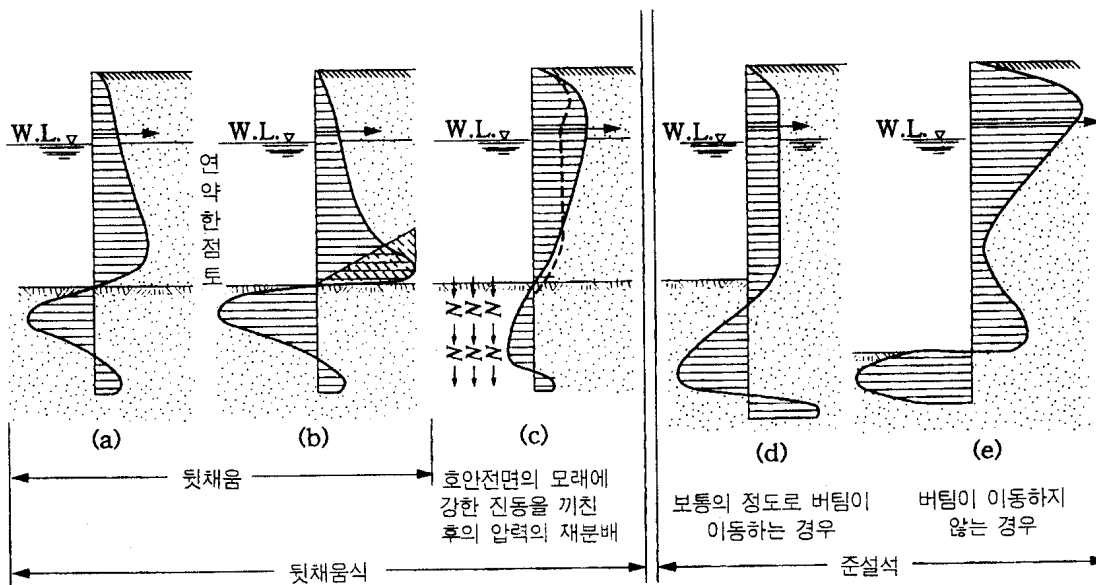
도참(5-7) 斜面을 가진 널말뚝 根入部の 受動土壓 形象

(12) 모형널말뚝벽의 土壓 實測例에 대해서는 체보타리오프(Tschebotarioff)에 의한 것과 P.W.Rowe에 의한 것이 잘 알려지고 있고 진동시의 토압에 대해서는 日本港灣技術研究所의 실험예가 있다. 체보타리오프는 프린스턴 대학에서 모형널말뚝의 실험을 바탕으로 널말뚝에 활동하는 토압의 형식으로서 도참(5-8)과 같은 5 형식을 나타내고 있다. 이들 중 (a)와 (b)는 널말뚝을 타입한 후의 뒷채움을 한 경우로서 근입부의 수동토압은 도참(5-5)와 상이하나 널말뚝 배면에 작용하는 주동토압 분포는 대략 삼각형 분포를 하고 있고 제2편 11-7 토압과 수압에 의한 계산치와 큰 차이는 없다.

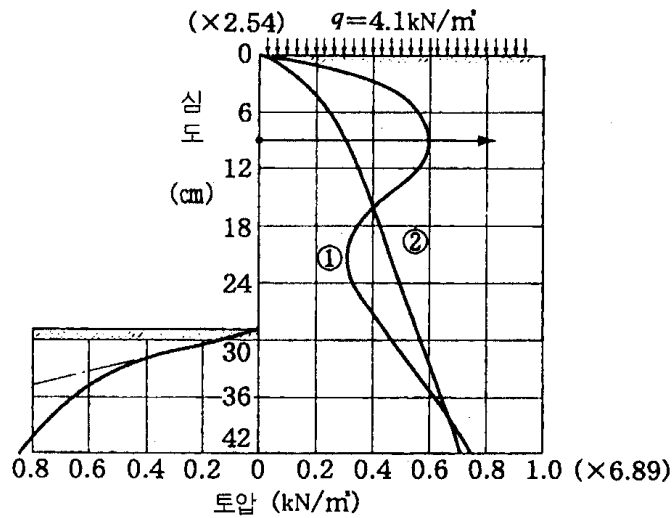
(c)는 뒷채움식 널말뚝 저면의 해저지반에 강한 진동을 끼친 경우이고 버팀이 이동하지 않은 경우는 준설식 널말뚝벽과 같은 양상으로 실선과 같이 토압분포를 나타내나 보통수준으로 버팀이 이동하는 경우는 점선과 같은 토압분포가 된다. (d) 및 (e)는 뒷채움을 한 후 전면을 준설한 경우이고, (e)는 Tie재 연결점이 전면으로 이동하지 않은 경우로, 소위 Arch작용에 의해 Tie재 연결점 부근의 토압이 크게 된다. 조금이라도 전면으로 이동하면 (d)의 형상과 같이 Tie재 배후의 수동토압 및 아치작용은 대단히 적게 된다.

도참(5-9)는 P.W.Rowe가 모형실험에 의해 구한 토압분포로서 곡선①은 Tie재 연결점의 변위가 없는 경우, 곡선②는 변위를 허용한 경우인데 곡선②의 토압계수는 Coulomb의 방법으로 벽면 마찰각을 흙의 내부마찰각의 2/3로 취하여 계산한 값과 잘 일치한다고 알려져 있다.

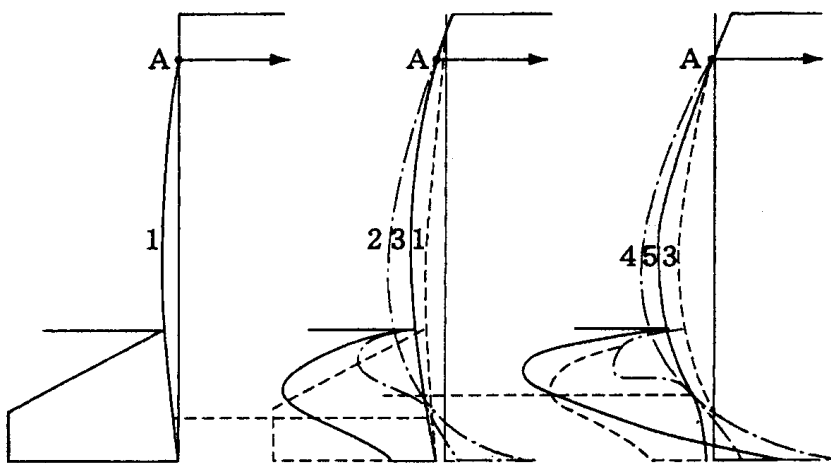
도참(5-10)은 Rowe가 모형실험의 결과에 의해서 근입부의 토압분포와 널말뚝 변위와의 관계에 대해 나타낸 것으로서 당연히 도참(5-6)과 같은 분포가 되나 널말뚝벽에 상부지점을 중심으로 회전하고 하단이 전방으로 압축시에는 삼각형분포에 가까워진다고 기술하고 있다.



도참(5-8) 널말뚝벽에 활동하는 토압분포의 주요 5형식(Tschebotarioff)

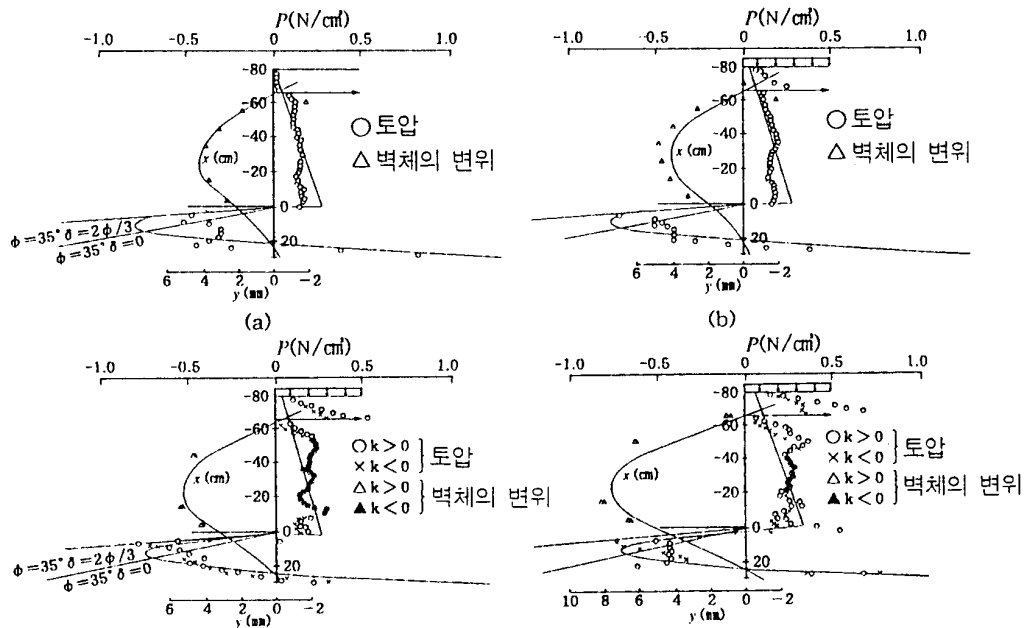


도참(5-9) 모형널말뚝벽의 토압 실측 예(P.W.Rowe)



도참(5-10) 널말뚝의 강성과 근입부 수동토압 분포와의 관계(P.W.Rowe)

日本港灣技術研究所에서는 건조모래에 타입한 모형널말뚝벽에 대해서 진동실험을 행하고 도참(5-11)과 같은 토압분포를 얻었다. 이것에 따르면 주동토압은 제2편 11-7 토압과 수압에 따라 계산하는 것과 개략 일치한다. Tie재 상부의 토압은 뚜렷하게 커지고 Tie재와 해저저면과의 사이에서는 널말뚝의 변형 때문에 토압의 재배분이 행하여지면서 그다지 증대하지 않는다. 또, 널말뚝벽을 물에 침수시켜 행한 실험에서는 진동의 가속도가 크게 되면 제2편 11-7 토압과 수압에 의한 값보다도 큰 토압이 작용한다. 단, 실험에서는 가속도가 크게되면 모래의 액상화 영향이 나타나지만 실제의 널말뚝벽에 대해서도 그와 같은 양상이 나타날지는 명확치 않다.



도참(5-11) 모형널말뚝벽에 있어서 진동시의 토압분포

(13) 지진시의 동수압에 대해서는 제2편 11-7 토압과 수압을 참조한다.

5-3 널말뚝의 설계

5-3-1 타이재의 연결위치

타이재의 연결위치는 타이재 연결 시공의 난이, 공사비 등을 고려하여 결정한다.

[해설]

타이재의 연결위치는 널말뚝단면 및 타이재 단면 제원에 큰 영향을 미치므로 타이재 연결위치의 결정에 있어서 시공성, 경제성 등을 검토할 필요가 있다.

[참고]

- (1) 타이재란 종래부터 쓰여지고 있는 타이로드(Tie Rod) 또는 타이케이블(Tie Cable)로서 널말뚝과 버팀공을 연결하는 재료를 말한다.
- (2) 널말뚝에 작용하는 휨모멘트는 타이재 연결위치가 낮을수록 감소하는 경향이 있으며 일반적으로 벽높이의 반 정도까지 연결점을 낮추면 휨모멘트는 감소하므로 널말뚝 단면 및 근입길어도 감소된다. 반면, 타이재에 작용하는 인장력은 타이로드 연결위치가 내려갈수록 커지는 경향이 있으므로 타이로드 단면 및 버팀공의 제원은 증가하게 된다. 따라서 공사비를 최소로 하는 타이로드 연결위치는 위의 양자를 고려해서 결정해야 하지만, 연결위치가 낮을수록 공사비가 적게 드는 경향이 있다.
- (3) 널말뚝 설치위치의 지반고가 높을 경우, 타이재 연결점을 아래로 낮추게 되면 굴착 및 되메우기의 물공량 증가로 인해 공사비가 높이 책정될 수 있다.

- (4) 널말뚝에 타이材를 연결하는 방법은 널말뚝에 구멍을 뚫은 다음 구멍에 타이材를 끼우고 前端에 너트를 채우는 것이 일반적이다. 구멍을 뚫는 작업은 널말뚝 타입이 완료된 후에 해야 하며 수중에서는 작업이 곤란하다. 타이材 連結位置는 일반적으로 L.W.L에 干滿差의 2/3를 더한 정도의 높이로 하는 것이 좋다.

5-3-2 널말뚝의 근입길이

널말뚝의 근입길이는 널말뚝의 하단이 지반에 고정되도록 적절한 안전율을 갖는 것을 원칙으로 한다.

[해설]

널말뚝의 역학적 거동은 근입길이에 의해서 변화한다. 근입길이가 짧을 경우에는 Free Earth Support 상태가 되고 반대로 길 경우에는 Fixed Earth Support 상태가 되는 거동 특성이 있다. 널말뚝을 안전하게 설계하기 위해서는 널말뚝 하단이 충분히 고정되는 상태, 즉, Fixed Earth Support 상태가 만족되어야 한다.

[참고]

버팀공을 갖는 널말뚝의 역학적 거동은 널말뚝의 剛性, 지반의 특성, 근입장 등의 영향을 강하게 받는데 특히, 근입길이의 길고 짧은 정도에 따라 뚜렷하게 다르다.

본 장에서 기술한 설계법은 널말뚝벽 하단이 고정되어 있는 것을 전제조건으로 하고 있다. 널말뚝 하단이 고정 되는 근입길이는 널말뚝의 剛性 및 지반의 특성에 의해 변화한다. 토압론에 의한 Free Earth Support법의 근입길이 결정방법은 널말뚝의 剛性이 고려되지 않는 것이며, 이것은 널말뚝벽 하단이 고정 된 경우, 예상되는 수동토압 분포가 Coulomb 토압에 의해 계산되는 삼각형 분포로 되지 않는 등 실제 거동과는 다른 양상을 나타내는 단점이 있다.

- (1) 널말뚝 근입길이를 Free Earth Support법으로 구하는 경우, 앞의 도참(5-3)과 본편 5-2-1 고려해야 할 외력 도참(5-5)에서 계산된 토압과 잔류수압에 대해 타이재 연결점 (A점)을 원점으로 한 모멘트 평형으로부터 식(참5-1)을 만족하도록 구한다.

$$M_P = F \cdot M_A \quad (\text{참5-1})$$

여기서,

M_P : 수동토압에 의한 Tie재 연결점에 관한 모멘트(kN·m/m) ($=P_P \cdot \ell_2$)

M_A : 주동토압 및 잔류수압에 의한 Tie재 연결점에 관한 모멘트(kN·m/m) ($=P_A \cdot \ell_1$)

F : 안전율

안전율은 사질토 지반에 타입한 널말뚝벽에 있어서는 평상시 1.5이상, 이상시 1.2이상으로 하고 단단한 점성토 지반에 있어서는 상시, 이상시 모두 1.2이상으로 하는 것이 바람직하다.

- (2) 식(참 5-1)에서 M_P 및 M_A 는 근입길이(D)의 함수이므로 식(참5-1)은 D에 관한 방정식이 된다. 실제로 식(참5-1)을 계산할 때에는 D값을 가정해서 시산법에 의해 식의 좌변 및 우변을 계산한 후 도해법에 의해서 양변이 같게 되는 D값을 구한다.
- (3) 점성토 지반에서는 일반적으로 식(참 5-2)을 만족해야 근입의 안정이 성립된다.

$$4c > w + \sum \gamma h + \gamma_w h_w \quad (\text{참 5-2})$$

여기서,

- c : 해저 지반흙의 점착력(kN/m^2)
 w : 상재하중(kN/m^2)
 γ : 흙의 단위체적중량(kN/m^3) (잔류수위 이하에서는 수중 단위체적중량)
 h : 해저면상 흙의 층두께(m)
 γ_w : 물의 단위체적중량(kN/m^3)
 h_w : 잔류수위와 전면조위의 수위차(m)

해저지반이 연약하여 식(참 5-2)를 만족하지 않는 경우는 해저지반을 적당한 방법으로 개량하거나, 또는 선반식 널말뚝단면으로 계획하는 등의 대책을 강구할 필요가 있다.

5-3-3 널말뚝의 휨모멘트 및 타이재 연결점의 반력

널말뚝에 작용하는 최대 휨모멘트 및 타이재 연결점의 반력은 널말뚝의 강성, 근입길이, 지반의 굳은 정도 등을 고려하여 적절한 방법에 의해 산정한다.

[해설]

널말뚝벽의 역학적 거동은 널말뚝의 剛性, 근입길이, 지반의 굳은정도에 의해서 영향을 받고 있다는 것을 오래전부터 인지해오고 있었으며 그 동안은 안벽의 전면수심도 비교적 얇고 U형 강널말뚝등 단면강성이 비교적 적은 것으로 대응하고 있었으므로 중간정도 이상으로 다져진 사질토 지반에 타입한 강널말뚝은 휨모멘트의 반곡점 위치가 해저지반, 또는 그보다 얇은 곳에 있기 때문에 가상보법(假想樑法)이라 하는 간편법으로 대응하여 왔다.

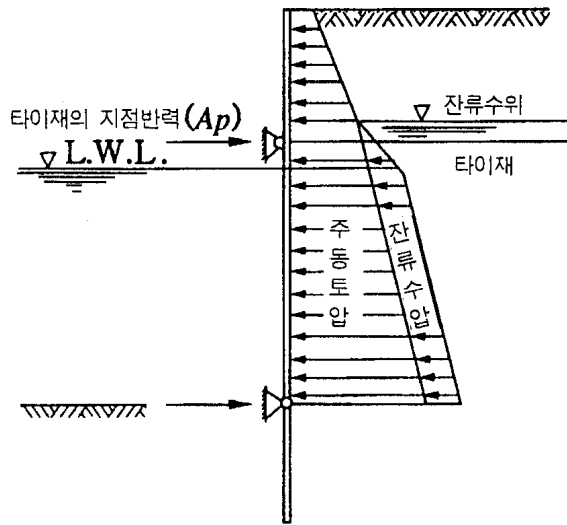
그러나, 최근 안벽의 대형화 추세에 따라 비교적 단면강성이 큰 강관널말뚝이 사용되고 있는 실정이므로 이에 따른 휨모멘트의 반곡점 위치가 해저지반보다도 깊어지게 되어 이전의 가상보법으로는 단면력이 과소하게 계산될 우려가 있어 주의를 요할 필요가 있다.

[참고]

(1) 널말뚝의 최대 휨모멘트 및 타이재 연결점의 반력은 아래에 기술하는 가상보법 또는 P.W.Rowe의 방법에 의해 구하여도 좋으나, 상기와 같은 이유로 널말뚝의 剛性이 큰 경우에 있어 가상보법을 사용할 경우 특히 주의가 필요하다.

(2) 가상보법

가상보법은 널말뚝의 최대 휨모멘트 및 타이재 연결점의 반력을 도참(5-12)와 같이 타이재 연결점 및 해저면을 지점으로 하고, 해저면 상의 토압 및 잔류수압이 하중으로 작용하는 단순보로 가상해서 구하는 방법이다.



도참(5-12) 휨모멘트를 구하는 경우의 가상보

- (3) 휨모멘트 계산시, 해저면에서의 여굴영향을 고려해야 할 필요가 있다.
- (4) 널말뚝 해측부 전면의 해저면이 수평이 아닌 경우는 해저면을 지점으로 해서 계산한 휨모멘트가 과소한 값이 되는 경우가 있으므로 주의해야 한다.
- (5) 널말뚝의 허용수평변위량에 대해서는 구조물의 규모, 중요도, 이용도를 고려하여 신중히 결정할 필요가 있다.

5-3-4 널말뚝 단면의 결정

널말뚝의 단면은 본편 5-3-3 널말뚝의 휨모멘트 및 타이재 연결점의 반력에 의해 산정한 응력이 재료의 허용응력을 넘지 않도록 결정한다.

[해설]

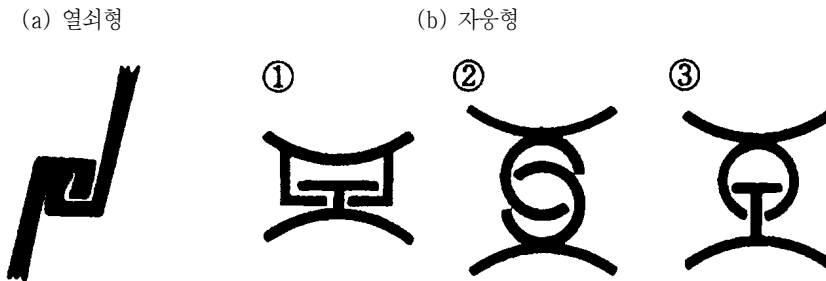
널말뚝의 단면결정은 허용응력도법에 의해 행하는 것을 기본으로 하고 있다.

[참고]

- (1) 강널말뚝 허용응력도는 제3편 2-3-3 강말뚝 및 강관널말뚝과 제3편 2-3-4 강널말뚝을 참조한다.
 - (2) 강널말뚝 연결부의 형식에는 다음과 같은 것이 있다.
 - ① 열쇠형
 - ② 자웅(雌雄)형

U형 말뚝에는 열쇠형이 쓰여 지고 자웅형(①, ②, ③)은 강관널말뚝에 쓰여 지고 있다. 강관널말뚝에는 ①의 연결부를 사용하는 것이 많다.
 - (3) 강관널말뚝의 연결부 길이는 널말뚝의 일체성을 확보하는 면에서는 되도록 길게 하는 것이 좋으나, 시공 중 파손을 감안하여 널말뚝 선단까지는 연결부를 설치하지 않는다.
- 일반적으로 연결부의 최하단은 주동토압강도와 수동토압강도가 같게 되는 심도 또는 가상고정점($1/\beta$, 본편

9-5-3)까지 설치하고 해저면과는 2~3m까지 설치하지 않는 것이 좋다. 잔류수위차가 큰 경우에는 Piping 현상을 고려해서 결정하는 경우도 있다. 연결부의 최상단은 상부공의 하단에서 30~40cm 아래까지 하는 것이 좋다.



도참(5-13) 강널말뚝 연결부의 형상

5-3-5 단면의 강성영향을 고려한 탄성해석

널말뚝의 단면은 널말뚝단면 강성을 감안하여 적절히 결정하는 것을 원칙으로 한다.

[해설]

본편 5-3-2 널말뚝의 근입길이 [참고]에도 기술한 바와 같이 버팀공이 있는 널말뚝벽의 거동은 널말뚝의 剛性, 지반의 특성, 근입길이 등의 영향을 많이 받으며 특히, 이 중에서도 널말뚝 단면의 剛性영향을 고려하는 것이 중요하다.

[참고]

- (1) Free Earth Support法과 假想樑法을 組合한 방법은 간편하고 실제 적용 사례들도 있기 때문에 현재까지 사용되고 있으나, 이 방법은 널말뚝의 斷面剛性을 고려한 설계법이라고는 볼 수 없다.
- (2) 다음에 기술하는 방법은 널말뚝의 근입부를 彈性床 위의 보(Beam)로 간주하는 것으로 로우(P.W. Rowe)의 방법을 수정한 계산법이다.

① 널말뚝의 탄성보 해석법

탄성보 해석법은 널말뚝壁의 根入地盤에 彈性的인 地盤反力係數를 설정하고 널말뚝壁에 彈性床 위의 보理論式을 적용하는 방법이다. 근입부의 기본식은 식(참5-3)과 같다.

$$EI(d^4y/dx^4) = P(x) = P_{AO} - (I_h/D)xy \quad (\text{참5-3})$$

여기서,

E : 널말뚝의 탄성계수(MN/m²)

I : 널말뚝의 단위폭당 단면2차모멘트(m⁴/m)

P_{AO} : 해저면에 있어서 주동토압과 잔류수압에 의한 하중강도(MN/m²/m)

I_h : 널말뚝壁의 지반반력계수(MN/m³)

D : 널말뚝의 根入길이(m)

(참5-3)과 같은 형의 미분방정식에는 일반적인 해법이 없으므로 이것의 해를 얻기 위해서는 특별한 연구가 필요하다. 부름이나 로우(P.W. Rowe)는 이 해법에 무한떡급수의 형을 상정하여서 각항의 계수를 수치해석적으로 구하는 방법을 제창했다.

다카하시(高橋), 이시구로(石黒)는 로우(P.W.Rowe)의 方法을 기초로 널말뚝벽의 처짐曲線方程式으로 푸는 式을 유도하여 컴퓨터를 사용한 수치계산 방법으로 상세히 나타냈고 다시 실제 널말뚝벽의 거동특성과 잘 대응하도록 하기위하여 다음과 같이 수정을 하였다.(도참5-14) 참조)

$$EI(d^4y/dx^4) = P(x) = P_{AO} + K_{AD}\gamma x - K_0\gamma x - \{l_h/(D_F\gamma_f)\}xy \quad (\text{참5-4})$$

여기서

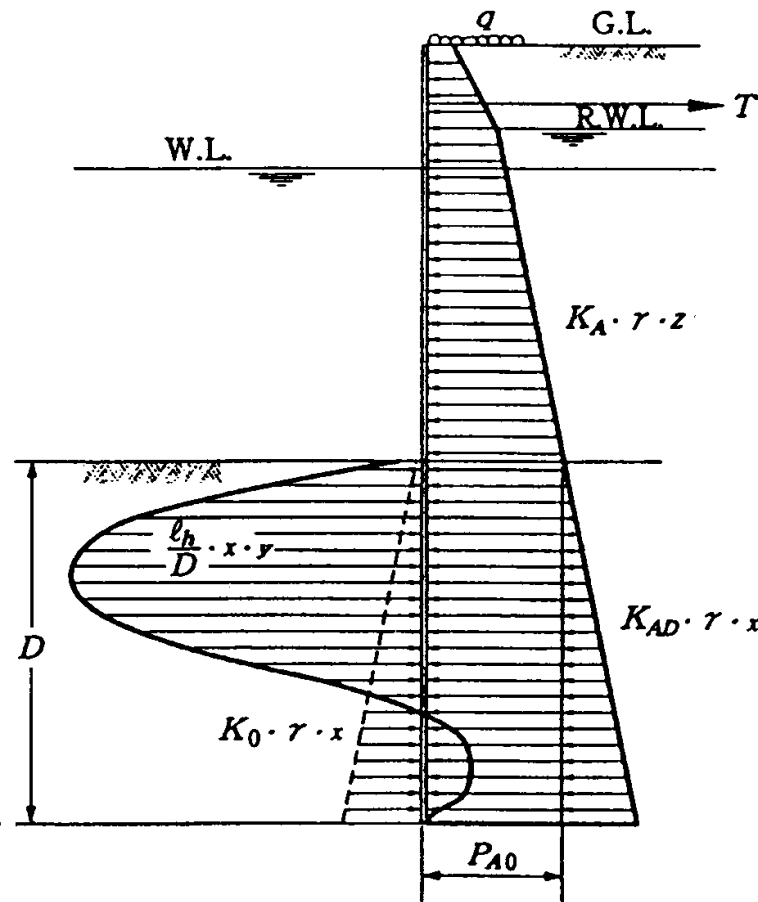
K_{AD} : 널말뚝벽 근입부의 주동토압계수

γ : 흙의 단위체적중량(MN/m³)

K_0 : 정지토압계수

D_F : 널말뚝벽의 수속근입(收束根入)길이(m)

γ_f : 根入部 前面의 第1次 正(+)의 反力土壓 作用깊이와 D_F 의 比



도참(5-14) 널말뚝벽의 해석상 토압분포

② 특성 근입길이

상기의 해석수법을 적용하면 널말뚝벽 근입길이에 의하여 널말뚝벽의 거동특성에 변화가 있는 것이 명확하다. 즉 널말뚝이 일정 길이 이상이 되지 않으면 널말뚝벽은 안정하지 못하다. 이와같이 한계의 안정상태를 갖는 근입길이를 한계근입길이 D_c 라 한다. 한계근입길이 보다 근입길이가 길면 널말뚝벽의 휨모멘트는 Free Earth Support 상태의 Peak인 최대 휨모멘트 M_p 가 되며 이때의 근입길이를 遷移根入길이 D_b 라 한다.

여기서 다시 根入길이를 길게 하면 Fixed Earth Support 상태의 수속적인 最大휨모멘트 M_F 가 되며 이것을 만족하는 最小根入길이를 收束根入길이 D_F 라 한다.

이제까지 Free Earth Support식의 根入設計方式으로 安全率을 1로 하고 벽면마찰각 $\delta = -15^\circ$ 로 하는 수동토압에 의해 한계근입 길이를 산출한 경우는 일반적으로 천이근입(遷移根入)길이 D_b 보다 크게 된다. 이는 구한 근입길이의 널말뚝벽이 이미 Fixed Earth Support 상태에 가까워지고 있는 것을 나타내고 있다.

Free Earth Support법으로 안전율을 가하여 설계 근입길이를 구하는 방법은 Free Earth Support 상태에 가까워지고 있음에도 불구하고, 반력토압의 분포상태를 삼각형분포의 수동토압으로 보고, 널말뚝의 강성을 전혀 계산치에 고려하지 않는 것 등으로 미뤄볼 때, 널말뚝의 강성과 근입길이의 크기에 의해 널말뚝벽 근입부의 역학적 거동이나 반력토압의 분포상태가 변화한다는 실제의 현상이 고려되지 않았다고 할 수 있다.

③ 널말뚝의 Flexibility Number

널말뚝벽의 구조체로서 강도를 나타내는 지수는 다음과 같이 로우가 제안한 Flexibility Number에 의한 표시방법이 있다.

$$\rho = H^4 / EI \quad (\text{참5-5})$$

여기서,

ρ : Flexibility Number (m^3/MN)

H : 널말뚝의 총길이(m)

로우의 $\rho = H^4 / EI$ 의 H 에 널말뚝 총길이로서 널말뚝벽의 총높이 H (널말뚝의 마루에서 해저면까지)와 Fixed Earth Support 상태의 근입길이 D 를 합한 것($H + D$)을 쓰고 있다.

단, 다카하시(高橋), 기구지(菊池)등의 Flexibility Number와 지반특성을 합성해서 유도된 새로운 지표치 (Similarity Number)는 식(참5-6)과 같고 여기서의 H 값은 타이재 연결점에서 해저면까지의 높이 H_T 를 쓰고 있다.

$$\omega = \rho \cdot \ell_h \quad (\text{참5-6})$$

여기서,

ω : Similarity Number

ℓ_h : 널말뚝벽의 지반반력계수(MN/m^3)

이와 같이 널말뚝벽의 역학적 특성을 식(참5-5), 식(참5-6) 등으로 표시하므로써 널말뚝의 剛性影響을 정량적으로 추산할 수 있다.

④ 널말뚝벽의 지반반력계수

널말뚝벽의 지반반력계수(ℓ_h)에 대하여는 실측치나 제안치로 나타난 자료가 극히 드물다.

이 때문에 모형실험 및 실측 등에 의해 구하는 것이 바람직하다.

기왕의 방법으로서 테르자기(Terzaghi)의 제안치와 이것을 改良한 다카하시(高橋), 기구지(菊池) 등의 제안치가 있다. 고교, 국지 등의 연구에 의하면 지반반력계수의 오차에 의한 영향은 보통범위 내에서는 치명적인 것은 아니다. 이 때문에 보통 널말뚝벽의 지반반력계수로서 고교, 국지 등의 제안치를 적용해도 좋다.

가. 테르자기(Terzaghi)의 제안치

테르자기의 제안치는 표참(5-1)과 같다.

표참(5-1) 모래지반 중 널말뚝벽의 지반반력계수(ℓ_h)
(MN/m³)

모래의 相對密度	느슨함	보통	조밀
地盤反力係數(ℓ_h)	24	38	58

나. 다카하시(高橋), 기구지(菊池) 등의 제안치

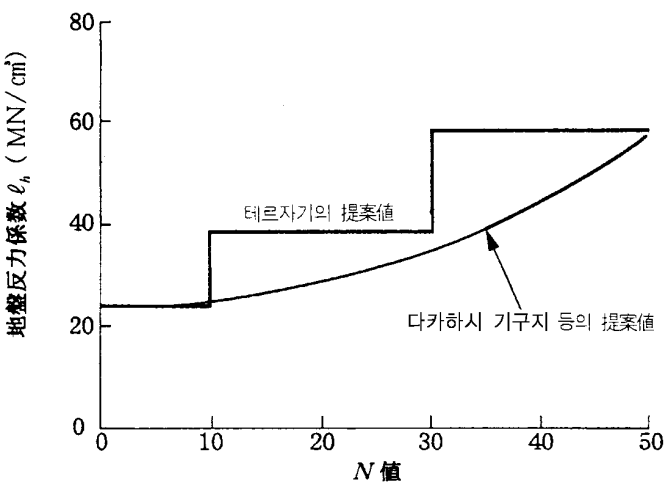
다카하시, 기구지 등은 Tschbotarioff의 모형 널말뚝벽 실험결과와 테르자기의 제안치와의 사이에 모순이 없는 것을 확인하였다. 여기서 테르자기가 제안하는 지반반력계수와 상대밀도의 관계, 테르자기가 별도로 나타낸 N치와 상대밀도의 관계를 써서 표참(5-1)에 나타낸 지반반력계수와 N치들 관계 등에서 안전측이 되도록 작은 지반반력계수를 취하도록 도참(5-15)에 나타냈다.

또 Dunham 식 중에 같은 N치에 대해서 작은 내부마찰각을 식(참5-7)에 의해 지반반력계수와 내부마찰각의 관계를 도참(5-16)에 나타냈다.

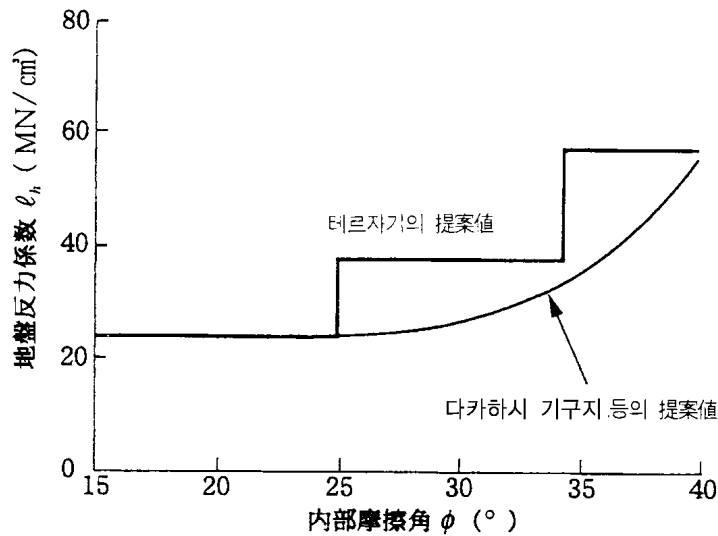
$$\phi = \sqrt{12N} + 15(^{\circ})$$

(참5-7)

단, Dunham의 식에는 사질토의 입상에 따라 높은 내부마찰각을 나타내는 식도 있으므로 도참(5-15)의 도표는 약간 편의적인 것이라 할 수 있다.



도참(5-15) N値와 地盤反力係數(ℓ_h)의 관계

도참(5-16) 내부마찰각(ϕ)와 지반반력계수(ℓ_h)의 관계

⑤ 설계근입길이

널말뚝의 근입길이를 로우의 방법으로 구하는 경우는 식(참5-8)에 만족하도록 구하면 좋다.

$$\delta_s = D_F / H_T \geq 5.0916 \times \omega^{-0.2} - 0.2591 \quad (\text{참5-8})$$

여기서,

δ_s : 널말뚝의 근입길이를 타이재 연결점에서 해저면까지 높이의 비

D_F : 널말뚝의 근입길이(m)

H_T : 타이재 연결점에서 해저면까지의 높이(m)

ω : Similarity Number ($= \rho \cdot \ell_h$)

ρ : Flexibility Number ($= H_T^4 / EI$)(m^3/MN)

E : 널말뚝의 탄성계수(MN/m^2)

I : 널말뚝 단위폭당 단면2차모멘트(m^4/MN)

ℓ_h : 널말뚝벽의 지반반력계수(MN/m^3)

이 식에서 구한 근입길이는 수속근입 길이이고 고교, 국지 등의 연구에 의하면 근입길이를 수속근입길이의 70%로 하여도 최대휨모멘트의 증가율은 2% 정도이다. 따라서 수속근입길이를 설계근입길이를 하면 안전율은 포함되어 있다고 생각되며 여기서는 안전율을 고려하지 않아도 좋다. 식(참5-8)은 高橋, 菊池등이 안벽의 수심((-4~(-)14m), 토질조건, 지진조건, 강널말뚝 재질조건에 의한 72케이스들의 시뮬레이션모델을 기초로 해석을 하고 다음의 항목과 Similarity Number와 관련시켜 구한다.

그 항목이란 수속근입길이 D_F 와 가상벽체높이 H_T 와의 비 $\delta_s (= D_F / H_T)$, 처짐곡선해석에 있어서 수속근입길이 D_F 일 때 최대휨모멘트 M_F 와 타이재 연결점 및 해저면을 지점으로 한 가상보법 설계의 최대휨모멘트 M_T 와의 비 $\mu (= M_F / M_T)$, 처짐곡선해석에 있어서 수속근입 길이가 D_F 일 때 타이재 장력 T_F 와 가상보법 설계의 타이재 장력 T_T 와의 비 $\tau (= T_F / T_T)$ 이고 전체케이스들을 정리해서 도참(5-18)~(5-20)에 그래프로 표시를 했다. 그 그래프를 기본으로 대비계수 프로트 곡선의 수식화를 하고 있다. 도참(5-18)은 ω 와 δ 의 관련도이고, 평상시와 지진시의 δ 를 각기 δ_N 와 δ_S 로 구하고 있으나 식(참5-8)

은 큰 값을 나타내는 지진시의 δ_s 를 쓰고 있다.

⑥ Free Earth Support법과 Rowe방법으로 구한 근입길이의 비

완전한 Fixed Earth Support 상태가 달성되면 이 이상 근입길이를 증대하여도 널말뚝벽의 최대휨모멘트나 널말뚝벽 전면의 제1반력 토압작용구간 길이가 변하지 않게 되고 구조적으로 안정화한다.

이로부터 버팀공이 있는 널말뚝식 안벽의 소요 근입길이는 Fixed Earth Support 상태가 달성되는 근입길이인 것이다.

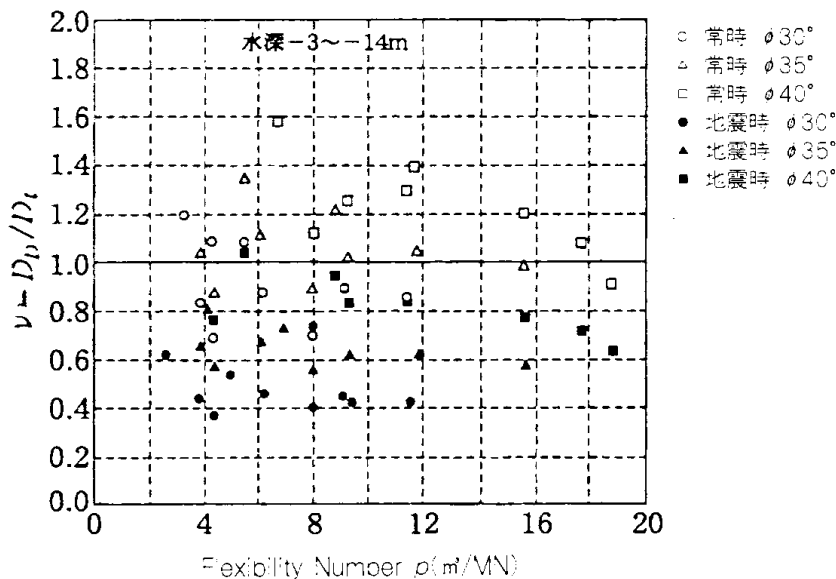
이 상태가 되는 최소의 근입길이를 설계근입길이(D_D)로 하는 것이 합리적이다.

이 D_D 와 Free Earth Support법으로 구한 근입길이(D_t)와의 비 $\nu(=D_D/D_t)$ 와 Flexibility Number ρ 와의 관계가 도참(5-17)에 있다.

이 그림에서 ν 가 1을 상회하는 영역에서는 Free Earth Support법으로 구한 근입길이가 완전한 Fixed Earth Support 상태로 되기에는 불충분하다. 그림을 보면 평상시에는 많은 경우가 1을 넘고 지진시에는 1을 넘지 못한다.

설계조건으로는 지진시로 설계하는 것이 많으므로 대다수의 경우 Free Earth Support법으로 구한 근입길이는 Fixed Earth Support 상태가 달성되고 있다.

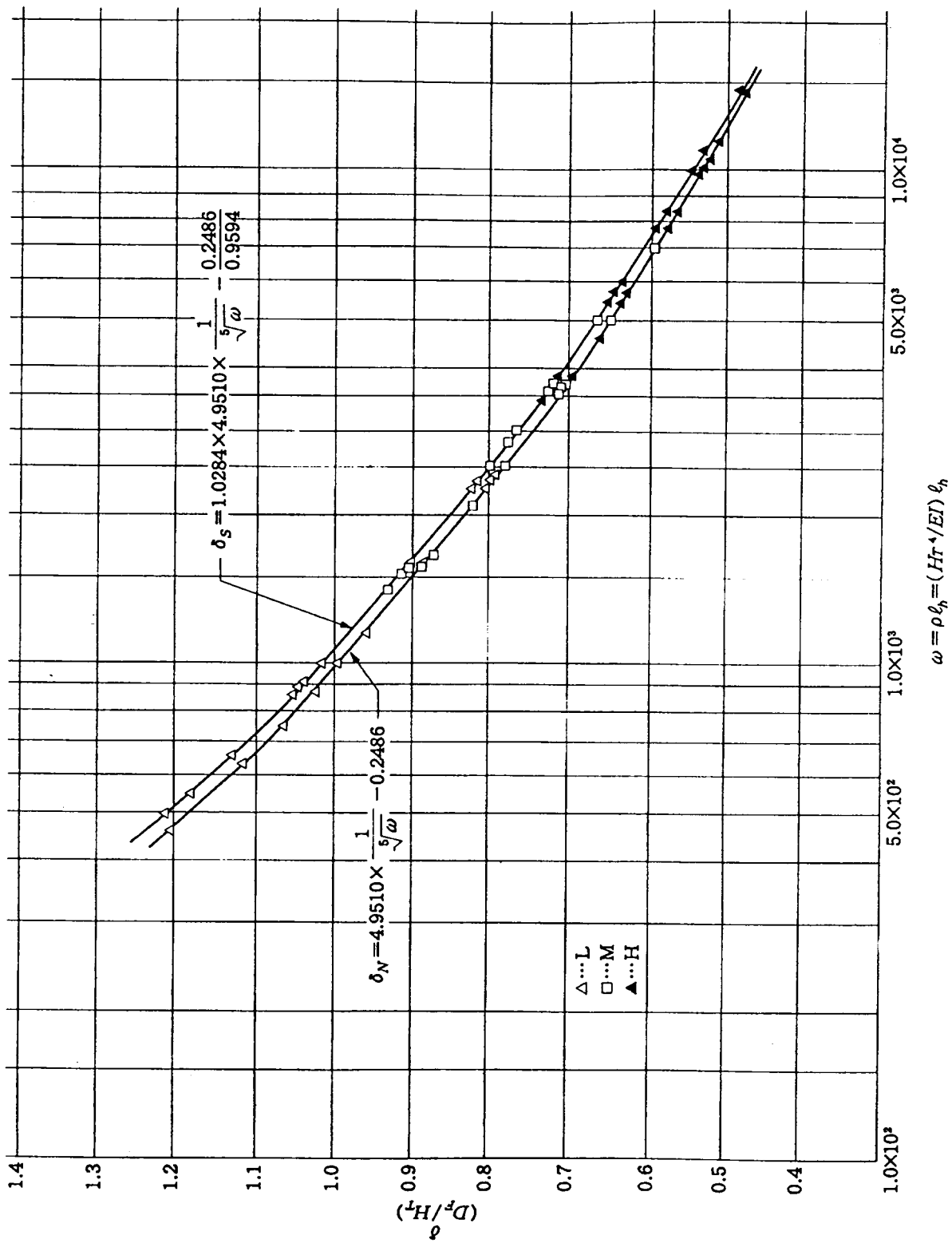
그러나 평상시의 경우나 지진시의 경우에도 ρ 가 작을수록 ν 가 크게 되는 경향이 있고 Free Earth Support법으로 근입길이를 구하는 경우는 완전한 Fixed Earth Support 상태로 되지 않을 수도 있으므로 충분한 주의가 필요하다.

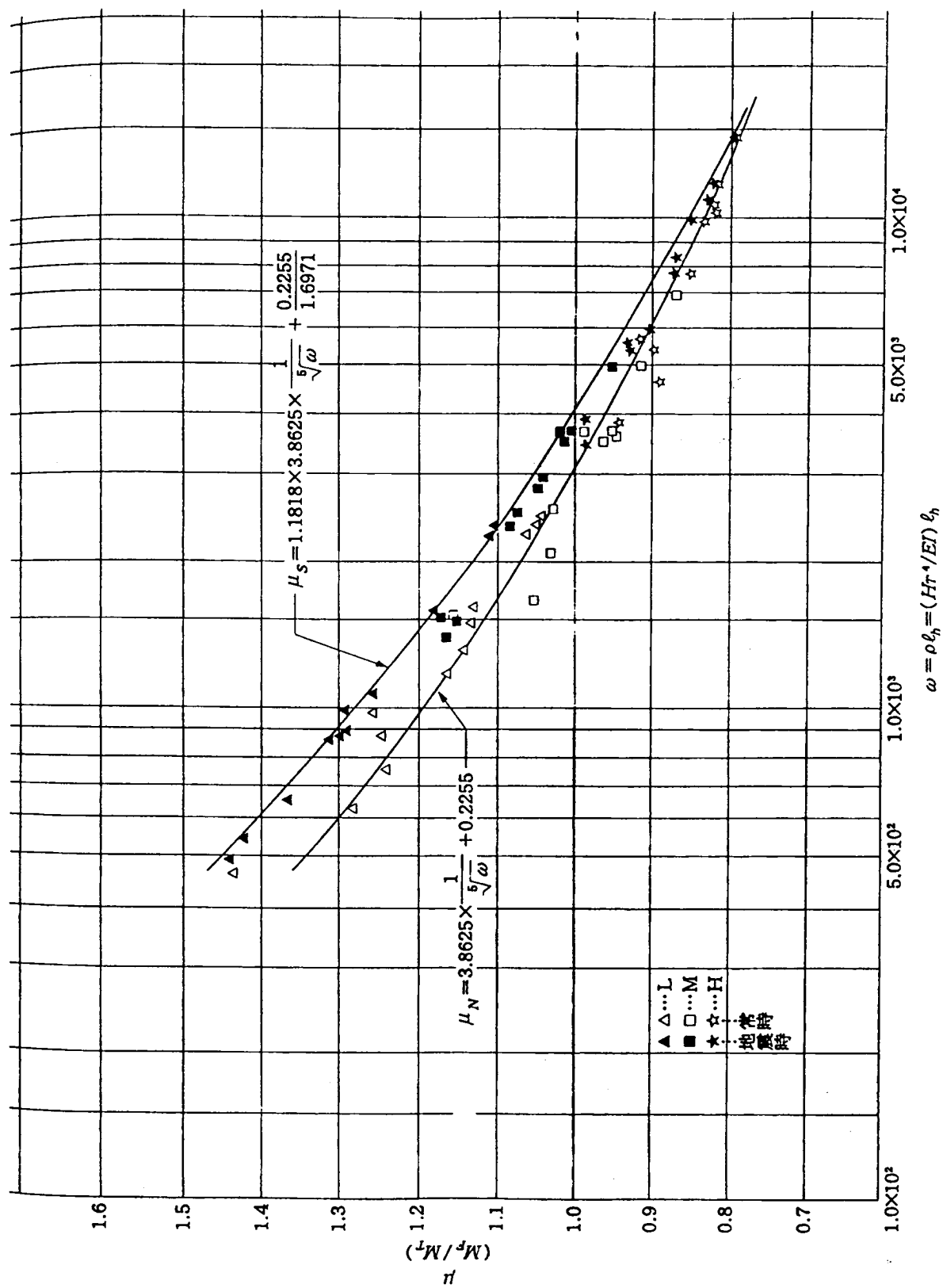


도참(5-17) ρ 와 ν 의 關係

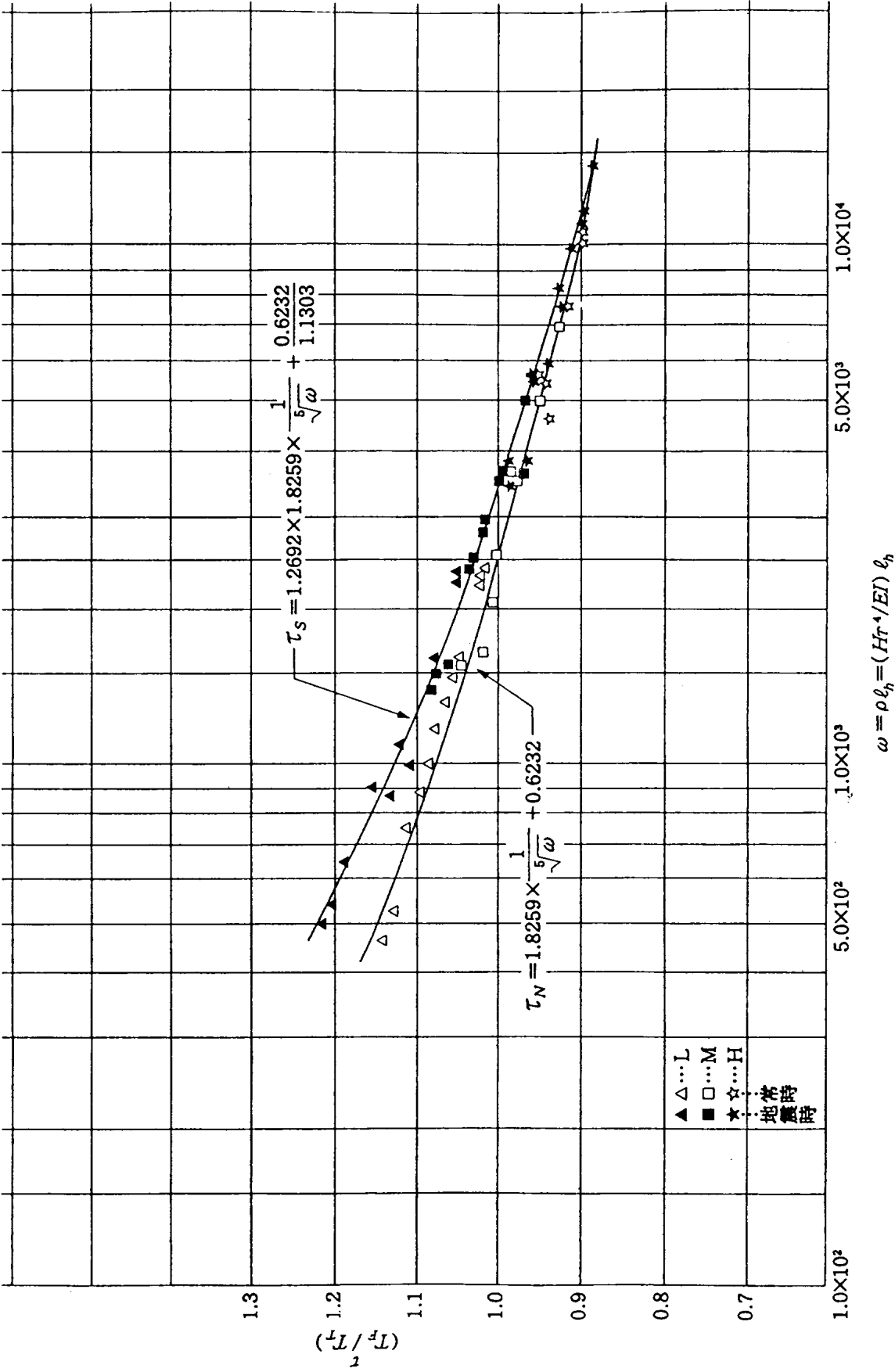
⑦ 널말뚝의 최대휨모멘트와 타이(Tie)재 연결점 반력

널말뚝의 휨모멘트나 지반반력계수의 영향을 고려하여 널말뚝의 최대휨모멘트 및 타이재 연결점 반력을 구하는데는 도참(5-19) 및 도참(5-20)에서 보정계수를 구하고 미리 가상보법으로 구한 값에 보정계수를 곱하여 수정하면 좋다. 도참(5-19) 및 도참(5-20)에 나타난 지진시의 진도는 제2편 제12장 지진 및 지진력에 서 구한다. 특히 상세한 설계이외에 지진시의 설계에는 이 그림에서 구한 값을 써도 좋다.

도참(5-18) ω 와 δ 의 관련도



도참(5-19) ω 와 μ 의 관련도



도참(5-20) ω 와 τ 의 관련도

5-4 타이재의 설계

5-4-1 타이재의 인장력

타이재에 작용하는 장력은 본편 5-3-3 널말뚝의 휨모멘트 및 타이재 연결점의 반력을 기준으로 산정한다.

[해설]

본편 5-3-3 널말뚝의 휨모멘트 및 타이재 연결점의 반력에 의해 산정한 타이재의 장력은 1m당의 힘이며, 일반적으로 타이재의 연결부는 일정간격으로 시공된다. 또, 배후에 기초시설 구조물이 있는 경우 그것을 피하기 위해 수평면과 경사각을 두어 시공되는 것도 있기 때문에 이들의 현장조건을 고려하여 계산하여야 한다.

[참고]

- (1) 타이재에 작용하는 인장력은 식(참5-9)으로 구한다.

$$T = A_P \cdot l \sec \theta \quad (\text{참5-9})$$

여기서,

T : 타이재의 인장력(kN)

A_P : 본편 5-3-3 널말뚝의 휨모멘트 및 타이재 연결점의 반력에 의한 타이재 연결점 반력(kN/m)

l : 타이재의 연결간격(m)

θ : 수평면에 대한 타이재의 경사각(°)

- (2) 널말뚝 상부공에 계선주를 만들어, 계선주에 작용하는 선박의 견인력이 타이재에 전도되는 구조로 한 경우에는 계선주 부근의 타이재 인장력은 상부공을 타이재가 탄성받침으로 하는 보로 보고 풀지만 보통은 계선주 부근의 4개의 타이재로 견인력을 균등하게 분담한다고 가정하여 식(참5-10)로 구하면 충분히 안정하다. 또, 타이재의 인장력에 선박의 견인력을 고려할 때, 타이재의 허용응력은 이상시 경우로 취급하여도 좋다.

$$T = (A_P l + \frac{P}{4}) \sec \theta \quad (\text{참5-10})$$

여기서,

P : 1개소의 계선주에 작용하는 견인력의 수평분력(kN)

선박의 견인력에 대해서는 제2편 2-2-4 계선주에 작용하는 힘에 의한다.

- (3) U형 또는 Z형의 강널말뚝을 쓸 경우에는 타이재를 널말뚝 4장 짝마다 연결하는 예가 많다.
 (4) 연약지반으로 침하의 위험이 있는 경우에는 장력에 어느 정도 여유를 고려해야 한다.

5-4-2 타이재의 단면

타이재의 단면은 본편 5-4-1 타이재의 인장력에서 구한 타이재 인장력으로부터 계산한 인장응력이 허용응력을 넘지 않도록 결정한다. 이 경우에 있어서 타이재 연결점의 반력은 널말뚝 단면의 강성을 고려하여 산정하여야 한다.

[해설]

타이材의 단면은 허용응력설계법에 의해 결정한다.

[참고]

- (1) 타이로드의 허용인장응력은 평상시는 항복응력의 40%이하, 이상시는 60%이하로 한다.
 (2) 타이케이블의 허용인장응력은 평상시는 파괴강도에 대하여 안전율을 3.8이상, 이상시는 2.5이상으로 한다.
 (3) (1) 및 (2)는 일본에서의 지진시 널말뚝벽의 파손 예와 일본 港灣技術研究所에서 행한 모형 널말뚝벽의 진동실험 결과, 지진시에는 타이재에 본편 5-4-1 타이재의 인장력에 의하여 계산된 값보다 큰 인장력이 작용하고, 평상시에도 매립토사가 침하하면 타이재가 휘어져서 계산치보다 큰 응력이 발생하는 점 등을 고려하여 타이재에 대해서는 항복점응력에 대한 허용응력의 비를 일반구조물의 2/3로 축소시킨다. 파괴강도에 대한 안전율을 확보한 결과는 표참(5-2)와 같다.

표참(5-2) Tie Rod 재료의 특성

종 류	파단강도 (N/mm ²)	항복점응력도 (N/mm ²)	허용응력도 (N/mm ²)		신장율 (%)	항복점 (應力度) (破斷強度)	안전율 (破斷強度) (許容應力度)	
			평상시	지진시			평상시	지진시
SS400	402이상	(직경40mm이하) 235이상 (직경40mm를 넘는 것) 215이상	94	141	24이상	0.58	4.27	2.85
			86	129	24이상	0.53	4.67	3.12
SS490	490이상	(직경40mm이하) 275이상 (직경40mm를 넘는 것) 255이상	110	165	21이상	0.56	4.45	2.97
			102	153	21이상	0.52	4.80	3.20
고장력강490	490이상	325이상	130	195	24이상	0.66	3.77	2.51
고장력강590	590이상	390이상	156	234	22이상	0.66	3.78	2.52
고장력강690	690이상	440이상	176	264	20이상	0.64	3.92	2.61
고장력강740	740이상	540이상	216	324	18이상	0.73	3.43	2.28

(4) 타이로드

- ① 널말뚝벽 배후의 뒷채움 흙이 침하하면서 타이로드는 널말뚝벽과 연결점에서 휨모멘트를 받는다. 이와 같은 휨모멘트를 받는 상태에서 인장력이 작용하면 신장율(늘음)이 적은 재질의 타이로드에서는 인장강도가 저하하므로 타이로드는 KS B 0801 금속재료 인장 시험편의 규정에 따른 (다)호 시험편에서 신장율이 18% 이상되는 강재를 써야 한다.

- ② 타이로드의 인장응력은 부식으로 인한 단면의 감소를 고려하여 계산한다.

(5) 타이케이블

- ① 타이로드 대신 硬鋼線材(KS D 3510)를 사용한 硬鋼線이나 피아노線材(KS D 3509)를 사용한 PC鋼線을 꼬아서 만든 타이케이블을 사용해도 좋다. 타이케이블에 대해서는 파괴강도에 대한 안전율을 평상시는

3.8이상, 이상시는 2.5이상으로 한다. 단, 0.2%의 영구변형이 발생하는 응력을 항복점응력으로 보고, 이것의 파괴강도에 대한 비가 2/3이하가 되지 않아야 한다.

- ② 타이케이בל의 방식을 위한 피복재료는 5~10mm두께의 폴리에틸렌 수지를 쓰는 경우가 많으나, 내구성에 대해서는 주의를 요한다. 매립공사 중 피복이 손상되지 않도록 주의할 필요가 있다.
- ③ Fitting Anchor는 KS D 3711에 준하는 고강도의 크롬몰리브덴강이어야 하고, 너트는 KS D 3752에 준하는 기계구조용 탄소강이어야 한다.
- (6) 지진에 의한 널말뚝벽의 파손 원인은 버팀판의 저항不足에 의한 것이 많으며 Tie Rod가 절단된 예도 확인되고 있다. 또, 日本港灣技術研究所에서 행한 모형널말뚝벽의 진동실험에 의하면 진동시의 Tie Rod 장력은 Tie Rod 부근의 토압 증가와 널말뚝 근입부의 고정도의 저하로 인하여 증대한다. 포화모래의 실험에서는 가상보법으로 얻어진 타이재 연결점 반력 계산치의 2~3배, 건조모래의 경우에도 1.5배 정도의 장력이 관측되고 있고 지진시에는 본편 5-4-1 타이재의 인장력에 의한 계산치보다도 큰 장력이 작용하는 것으로 추정된다.
- (7) 널말뚝벽 배후의 지표면이 느슨한 사질토이고 물로 포화되어 있는 경우는 지진시에 진동에 의해 흙이 액상화하고 토압이 증가해서 타이재의 장력이 뚜렷하게 증가 되는 위험이 있으므로 지반을 개량하는 등, 그에 대한 방지를 도모하는 것이 바람직하다.
- (8) Tie Rod의 종류는 비교 설계하여 가장 경제적인 것을 적용하는 것이 좋으나 Tie Rod에 작용하는 장력이 큰 경우에는 허용인장응력이 큰 것이 유리하다. 그러나 고장력강을 쓰는 경우 그 파단강도와 항복점응력도와의 비가 보통강에 비해서 적기 때문에 표참(5-2)에 나타나는 것과 같이 항복점 응력도에 대한 안전율이 같을지라도 파단강도에 대한 안전율이 저하하므로 그 적용에 대해서는 주의가 필요하다.

5-5 웨일링의 설계

웨일링의 최대 휨모멘트는 적절한 방법에 의해 산정해야 한다.

[해 설]

웨일링의 최대 휨모멘트를 구하는 식은 여러 가지가 제안되어 있으나 현장의 여러 조건에 대해서 안전하고 경제적인 단면이 되도록 산정해야 한다.

[참 고]

- (1) 웨일링의 최대휨모멘트는 식(참5-11)으로 산정한다.

$$M = \frac{T \cdot L}{10} \quad (\text{참5-11})$$

여기서,

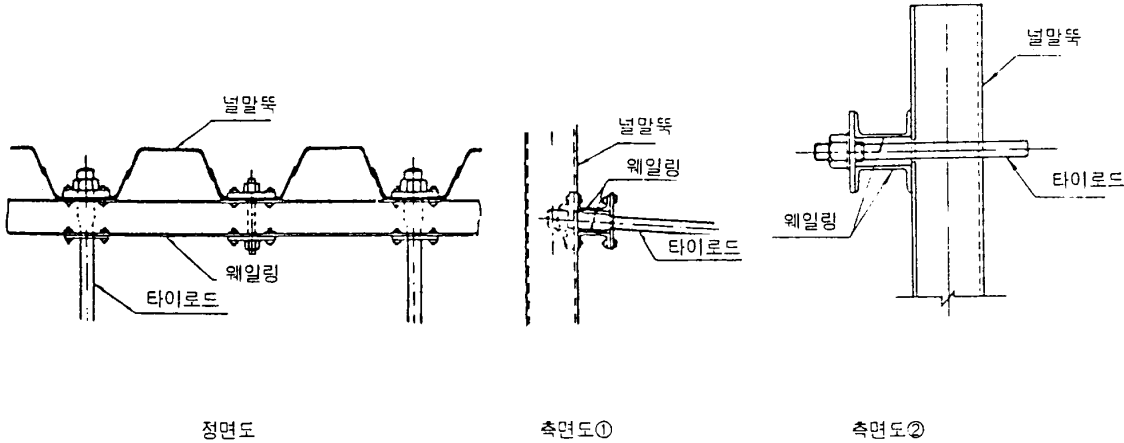
M : 웨일링의 최대휨모멘트(kN·m)

T : 본편 5-4-1 타이材의 引張力에 의한 타이材의 引張力(N)

L : 타이材 연결간격(m)

이 식은 타이材 연결점 반력(A_p)을 등분포 하중으로 하고 타이재 연결점을 지점으로 한 3경간 연속보로 계산한 것이다.

- (2) 널말뚝의 상부에는 수평으로 웨일링재를 설치하고, 이것에 널말뚝과 타이재를 체결한다. 웨일링은 보통 도참(5-21)와 같이 ㄷ형강(channel)을 사용하지만 앵글(angle) 또는 H형강을 사용하는 경우도 있다. 웨일링의 설치위치는 널말뚝의 전면에 둘 경우와 배면에 둘 경우가 있다.



도참(5-21) 웨일링의 연결 예

- (3) 웨일링은 웨일링에 작용하는 응력을 감소시키고 방식을 위해서 상부공에 묻어넣는 것이 좋다. 상부공에 묻어 넣지 않을 때에는 부식으로 인한 단면의 감소를 고려하여 그 응력을 산정한다. 부식량에 대해서는 제3편 2-4-2 강재의 부식속도를 참조한다.
- (4) 웨일링의 허용응력도는 제3편 2-3 강재의 허용응력도에 의한다.
- (5) 상부공에 계선주를 설치한 경우는 본편 5-4-1 타이재의 인장력 [참조] (2)에 의해 선박의 견인력을 고려한 타이재 장력을 써서 계선주 부근의 웨일링 설계를 행할 필요가 있다. 이 경우, 허용응력도는 평상시의 1.5 배로 하여도 좋다. 단, 웨일링을 상부공에 매입한 경우에는 견인력의 영향을 무시하여도 좋다.
- (6) 웨일링을 널말뚝의 해측에 설치하는 경우와 육지에 설치하는 경우가 있다(도참(5-21) 참조).
웨일링을 해측에 설치하는 경우는 웨일링이 널말뚝을 지지하는 상태가 되므로 각각의 널말뚝을 볼트로 강제적으로 체결할 필요는 없고 볼트 체결은 소수가 좋다. 그러나 웨일링재의 부식이나 손상은 널말뚝벽에 치명적 손상이 되므로 상부공 콘크리트의 두께를 증가시켜서 웨일링을 콘크리트에 묻을 필요가 있다. 웨일링을 육측에 설치하는 경우는 널말뚝과 일체화시키는데 충분한 강도를 갖는 볼트를 많이 필요로 하고 시공이 번잡하지만 상부공 콘크리트의 두께는 해측의 경우에 비해서 얇게 할 수 있다.

5-6 버팀공의 설계

5-6-1 버팀공의 구조형식 선정

버팀공의 구조형식은 공사비, 공기, 공사방법, 공사전 지반의 높이 등을 고려하여 결정한다.

[해설]

버팀공의 구조형식은 일반적으로 버팀판, 버팀널말뚝, 버팀직향, 버팀틀 말뚝으로 대별되며 그 구조형식에 의

해 경제성, 공기, 시공방법이 다르므로 그 선정에 대해서는 현장조건 등을 고려하여 결정할 필요가 있다.

[참 고]

- (1) 버팀판을 선택함에 있어서 콘크리트의 수상 작업(dry work) 가능 여부가 하나의 판단기준이 되는 경우가 많다. 비교적 대형의 널말뚝벽의 버팀판은 대개의 경우 지하수면 이하의 시공을 포함하게 되므로 체질을 하고 배수하면서 시공하는 예가 많다. 소형 콘크리트 버팀판은 별도의 제작 장소에서 제작하여 크레인으로 설치하는 경우도 있다.
- (2) 버팀널말뚝은 본체 널말뚝벽과 시공 공종이 같기 때문에 시공이 용이하고 공기가 짧은 경우가 많다. 특히 배후의 지반이 높고 강널말뚝을 육상에서 타입할 수 있는 경우에 유리하다.
- (3) 버팀공 전면의 지반이 포화된 사질지반으로서 지진시에 액상화를 일으키기 쉬운 경우는, 액상화가 지표면 부근에서 일어나기 때문에 근입 길이가 짧은 버팀공은 영향을 받기 쉽다. 그러므로 이런 경우는 근입길이가 긴 버팀말뚝이 유리하다. 지진시의 사질토 액상화에 대해서는 제2편 제13장 지반의 액상화를 참조한다.
- (4) 타이재에 인장력이 작용했을 때 버팀공의 변위는 조향인 경우에는 작고, 널말뚝 및 직향인 경우에는 크다. 따라서 버팀널말뚝 및 버팀직향을 쓴 버팀공의 변위는 지진시 증가되므로 주의할 필요가 있다.
- (5) 시공 전 해저면이 깊을 때에는 버팀직향 또는 버팀조향을 설치하는 것이 유리하다.
- (6) 배후시설과의 관계로 버팀공 설치위치가 제약되는 경우에는 버팀조향을 설치하는 것이 유리하다.
- (7) 매립토사의 침하가 예상되는 장소에 사용한 조향에는 축방향력 이외에 휨응력이 작용할 염려가 있으므로 주의해야 한다.

5-6-2 버팀공의 설치위치

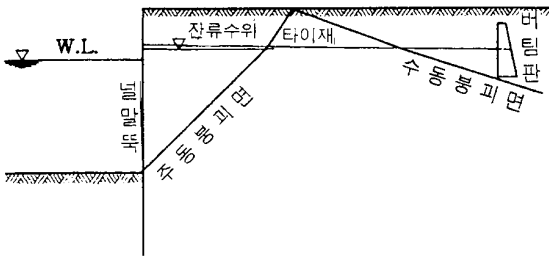
버팀공의 설치위치는 버팀공 구조의 특성을 고려하고 널말뚝벽 구조의 안정이 확보되도록 적절한 거리의 위치에 설치하여야 한다.

[해 설]

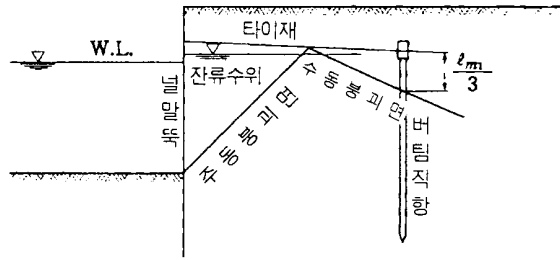
버팀공의 설계위치는 버팀공 자체의 안정이 그 위치에 의해 영향을 받는다. 버팀공은 그 구조형식에 따라 안정이 확보되는 위치가 각기 다르므로 버팀공 구조형식별로 각각의 설치위치를 결정할 필요가 있다. 따라서 버팀공은 널말뚝벽 본체 및 버팀공의 안정을 확보하기 위해 널말뚝벽에서 충분한 거리의 위치에 설치되어야 한다.

[참 고]

- (1) 버팀판의 설치위치는 도참(5-22)에서와 같이 해저면에서 그은 널말뚝의 주동붕괴면과 버팀판 하단에서 그은 버팀판의 수동붕괴면이 지표면 이하에서 교차하지 않도록 결정한다.
- (2) 버팀직향의 설치위치는 도참(5-23)에서와 같이 말뚝과 타이재의 연결점에서 $l_{ml}/3$ 만큼의 깊이에서 그은 말뚝의 수동붕괴면과 해저면에서 그은 널말뚝의 주동붕괴면이, 말뚝과 타이재의 연결점을 포함한 수평면 이하에서 교차하지 않도록 결정한다. 여기서, l_{ml} 은 도참(5-24)와 같이 타이재와 말뚝의 연결점을 지표면으로 보았을 때, 머리부가 자유상태인 말뚝의 휨모멘트 제1 영점의 깊이이다.
- (3) 버팀널말뚝의 설치위치는 널말뚝을 장향으로 간주할 경우, 버팀직향의 설치위치에 준한다. 또 널말뚝을 장향으로 볼 수 없을 때는 버팀널말뚝과 타이재 연결점에서 $l_{ml}/2$ 만큼의 깊이 이하의 널말뚝은 무시하고 버팀판에 준하여 설치위치를 정한다.

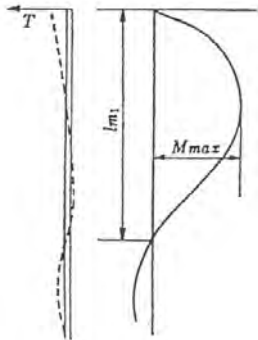


도참(5-22) 버팀판의 설치위치

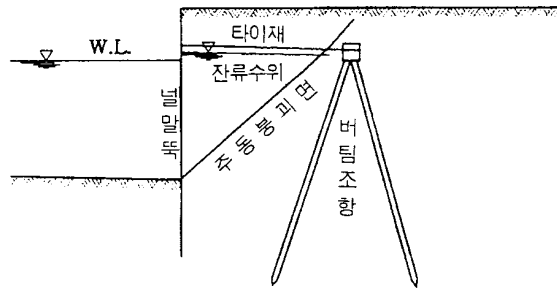


도참(5-23) 버팀직향의 설치위치

(4) 버팀틀 말뚝의 설치위치는 도참(5-25)에서와 같이 해저면에서 그은 널말뚝의 주동붕괴면의 배후에 둔다.



도참(5-24) 버팀직향의 휨모멘트도



도참(5-25) 버팀틀 말뚝의 설치위치

- (5) 붕괴면이 수평면과 이루는 각은, 제2편 11-7 토압과 수압에 의해 산정한다.
- (6) 버팀말뚝 및 버팀널말뚝의 휨모멘트 제1 영점을 구하는 방법 및 버팀널말뚝을 長杭으로 볼 수 있는지 없는지의 판정방법은 제4편 5-2 해석적 방법에 의한 추정에 의한다.
- (7) 타이재에 수평한 일반적인 널말뚝식 안벽에서, 버팀직향이나 버팀말뚝에서 그은 수동붕괴면을 구할 경우 벽면마찰각은 -15° 로 한다.
- (8) 본문 (2)에서 기술한 버팀직향의 설치위치는 일본의 구보(久保) 미에(三枝) · 스스기(鈴木)의 모형실험결과에 의한 것으로서 실제 설치위치는 안전율을 고려하여 본문 (2)에서 구해지는 위치보다 후방에 설치하는 것이 바람직하다.

5-6-3 버팀공의 설계

버팀공은 널말뚝안벽 또는 버팀공의 구조적 특성에 대해서 적절한 방법에 의해 안정을 확보해야 한다.

[해설]

버팀공의 설계는 각종 구조형식에 따라 특징이 있으므로 현장여건에 부합되는 구조를 적절하게 선정하여 안전하고 경제적인 설계를 수행하여야 한다.

[참 고]

(1) 버팀판의 설계

① 버팀판의 안정

가. 버팀판은 도참(5-26)에서와 같이 버팀판 앞면의 수동토압으로 타이로드의 인장력 및 버팀판 배후의 주동토압에 저항하는 것으로 해석하는 바, 식(참5-12)을 만족하도록 그 높이와 설치깊이를 결정하여도 좋다.

$$F = \frac{E_p}{A_p + E_A}$$

(참5-12)

여기서,

F : 안전율

A_p : 본편 5-3-3 널말뚝의 휨모멘트 및
타이재 연결점의 반력에 의한 타
이재 연결점 반력(N/m)

E_A : 버팀판에 작용하는 주동토압(N/m)

E_p : 버팀판에 작용하는 수동토압(N/m)

그러나 버팀판에 작용하는 토압의 산정에 있어서,
재하하중은 도참(5-26)과 같이 작용하는 것으로 하
여, 주동토압에는 고려하고 수동토압에는 고려하
지 않는다.

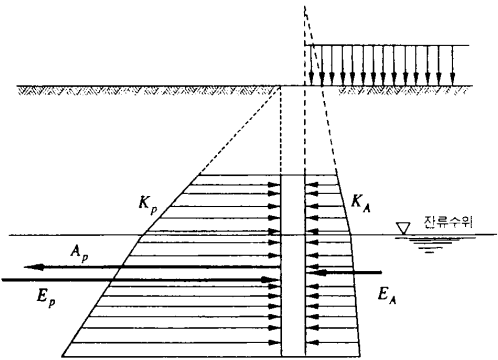
안전율은 평상시 2.5이상, 이상시 2.0이상으로 한다.

나. 버팀판에 작용하는 토압의 계산은 제2편 11-7 토압과 수압에 의한다.

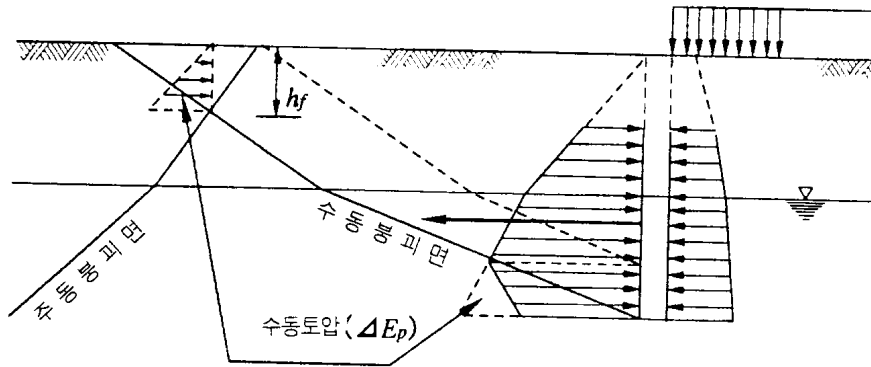
다. 토압 계산에 사용되는 벽면마찰각은 주동토압의 경우 15°, 수동토압의 경우 0°로 한다. 그러나 앵커의
경우, 버팀판에는 상향(상향)의 인장분력이 작용하므로 벽면마찰은 보통의 수동토압의 경우와 반대로
상향으로 작용하며, 수동토압은 감소한다. 이때의 벽면마찰각은 +15°로 한다.

마. 과거 지진에 의한 널말뚝벽의 파괴원인은 버팀판의 저항부족에 의한 것이 대부분이다. 이는 진동시
널말뚝 머리부근의 토압 증가에 의한 타이재의 인장력 증가와, 지반 표층의 유동화에 의한 버팀판의
수동저항 감소에 기인한다고 생각된다. 따라서 버팀판의 안전율은 이상시 2.0을 채용했다.

바. 본편 5-6-2 버팀공의 설치위치에 의해서 그은 널말뚝의 주동붕괴면과 버팀판의 수동붕괴면이 지표면
아래에서 교차할 경우, 도참(5-27)과 같이 교점보다 위의 연직면에 작용하는 수동토압은 저항하지 않
는 것으로 하여, 식(참5-12)의 E_p 에서 뺀다. 공제할 수동토압은 교점이 잔류수위보다 위에 있을 때는
식(참5-13)과 같이 된다.



도참(5-26) 버팀판에 작용하는 외력



도참(5-27) 널말뚝의 주동붕괴면과 버팀판의 수동붕괴면이 교차시
버팀판에 작용하는 수동토압에서 공제되는 토압(ΔE_p)

$$\Delta E_p = \frac{K_p \cdot \gamma \cdot h_f^2}{2} \quad (\text{참5-13})$$

여기서,

K_p : 수동토압계수

γ : 흙의 단위체적 중량(N/m^3)

h_f : 지표면에서 붕괴면의 교차점까지의 깊이(m)

사. 버팀판 전면부근 이하에 연약한 점성토층이 있는 경우는 버팀판 하단이하에 활동면이 발생하여 버팀판이 충분한 저항을 발휘하지 않는 경우가 있다. 이와 같은 우려가 있는 경우, 원호 또는 직선활동면을 가정하고 안정 검토를 시행하는 것이 바람직하다. 원호활동을 가정하는 경우에 있어서, 널말뚝벽을 무시한 원호활동 안전율이 1이하가 되는 활동원내에 버팀판이 있으면 불안정하다고 판단한다. 직선활동을 가정하는 경우는 버팀판 하단을 통하는 활동면, 버팀판을 통하는 연직면과 널말뚝벽의 주동붕괴면으로 에워싸인 흙썰기에 작용하는 힘의 평형에 의해 흙썰기의 활동저항을 구하고 타이재 장력에 대해 1.5의 안전율이 확보되면 안정하다고 해도 좋다.

② 버팀판의 단면

가. 버팀판은 타이재의 인장력과 토압에 의한 휨모멘트에 대해 안전하도록 설계할 필요가 있다.

일반적으로 근사적인 토압을 등분포하중으로 보고 수평방향으로는 연속슬래브, 연직방향으로는 타이재 연결점을 고정점으로 한 캔틸레버 슬래브로 가정해서 식(참5-14)에 의해 최대휨모멘트를 구한다.

$$\left. \begin{aligned} M_H &= \frac{Tl}{12} \\ M_V &= \frac{Th}{8l} \end{aligned} \right\} \quad (\text{참5-14})$$

여기서,

M_H : 수평방향의 최대 휨모멘트($\text{N} \cdot \text{m}$)

M_V : 연장 1m마다의 연직방향의 최대휨모멘트($\text{N} \cdot \text{m/m}$)

T : 타이재의 인장력(N)

l : 타이재의 간격(m)

h : 버팀板의 높이(m)

이 때, M_H 에 대해서는 타이재 연결점을 중심으로 해서 폭이 $2b$ 인 버팀판이 유효하다고 가정하여 배근한다. 여기서 b 는 타이재 연결위치의 버팀판 두께이다.

나. 버팀板은 철근 콘크리트 또는 프리스트레스트 콘크리트 등으로 제작되며, 그 허용응력도는 제3편 3-3 허용응력계산법에 의한 설계에 의한다.

다. 버팀판과 타이재의 연결위치는 토압의 합력 작용점 또는 버팀판 높이의 중앙에 두는 것이 좋다.

(2) 버팀직향의 설계

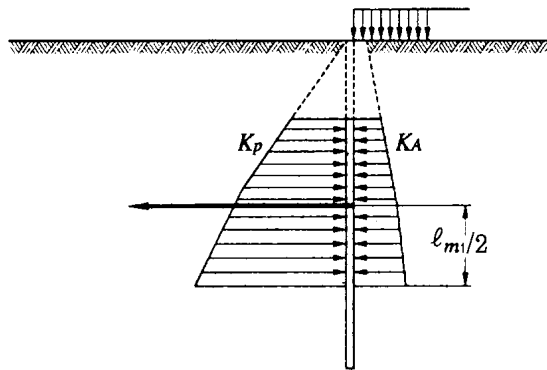
- ① 버팀직향은 타이재 인장력을 수평외력으로 받는 직향으로 설계하여도 좋다.
- ② 버팀직향의 설계방법은 제4편 제4장 말뚝기초의 지지력에 의한다.
- ③ 버팀직향을 사용하는 경우는 변위에 대해서 주의할 필요가 있다.
- ④ 본편 5-6-2 버팀공의 설치위치에 의해서 그은 널말뚝의 주동붕괴면과 버팀말뚝의 수동붕괴면이 말뚝의 타이재 연결점 이하에서 교차하는 경우는 교점을 포함한 평면을 가상지표면으로 하고 이 면으로부터 위로는 흙이 없는 것으로 가정해서 설계하여도 좋다.

(3) 버팀틀말뚝의 설계

- ① 버팀틀말뚝은 타이재의 인장력을 외력으로 받는 조향으로 설계하여도 좋다.
- ② 버팀틀말뚝의 설계방법은 제4편 제4장 말뚝기초의 지지력에 의한다.
- ③ 버팀틀말뚝의 일부가 널말뚝의 주동붕괴면 위쪽으로 돌출되는 경우, 버팀틀말뚝의 지지력 산정에 있어서 주동붕괴면보다 위에 있는 말뚝의 지지력은 고려하지 않는다.
- ④ 버팀틀말뚝의 설계에 있어서 말뚝의 축직각방향 지지력을 고려하는 경우에는 버팀공의 설치위치를 결정할 때 버팀틀말뚝을 버팀틀말뚝으로 간주하여 계산하므로써 충분한 여유를 갖도록 후방에 설치하는 것이 바람직하다.

(4) 버팀널말뚝의 설계

- ① 타이재 연결점 아래의 널말뚝을 장항(長杭)이라고 볼 수 있는 경우, 상기 (2)의 버팀직향의 설계에 준해서 버팀널말뚝의 단면을 결정한다.
- ② 장항이라고 볼 수 없는 버팀널말뚝은 도참(5-28)과 같이 타이재 연결점에서 아래로 $\ell_{ml}/2$ 까지는 토압이 작용하는 것으로 해서, 상기 (1)의 버팀판의 설계에 준하여 설계한다. 여기서 $\ell_{ml}/2$ 은 버팀널말뚝을 장항으로 보았을 때의 휨모멘트 제1 영점에서 타이재 연결점까지의 깊이이다.
- ③ 버팀말뚝이 장항으로 볼 수 있는지, 없는지의 판정 및 버팀널말뚝의 휨모멘트 제1 영점의 계산은 제4편 5-2 해석적 방식에 의한 추정에 의한다.
- ④ 버팀널말뚝에서는 타이재 연결점에 웨일링을 설치하여, 타이재 인장력을 널말뚝에 고르게 전달시킨다. 웨일링의 설계 및 설치방법은, 본편 5-5 웨일링의 설계에 의한다.
- ⑤ 짧은 버팀널말뚝은 타이재 연결점 부근에 큰 휨모멘트가 작용하므로 널말뚝에 작용하는 응력은 타이재 연결용의 구멍 및 웨일링 체결볼트의 구멍을 제외한 단면적에 대해서 계산하는 것이 바람직하다.



도참(5-28) 짧은 버팀널말뚝의 가상토압

- ⑥ 버팀널말뚝을 널말뚝본체에서 충분히 이격시켜 설치가 곤란한 경우에는 2중 널말뚝식 구조로서의 검토가 필요하다. 이 경우에는 본편 13-5 이중 널말뚝식 안벽을 참조할 것.
- ⑦ 널말뚝의 수평방향 지반반력계수(2차원 k 치)는 강관말뚝의 계수보다 적게 나타나므로 주의를 요한다. 예를 들면 점성토지반의 경우, $c_u=9.5\text{N/cm}^2$ 일 때 2차원 k 치= 14.7N/cm^2 이고, 말뚝의 k 치= 19.6N/cm^2 (횡산에 의한 것)이다. 사질토 지반의 경우, N 치=10일 때 2차원 k 치= 14.7N/cm^2 이며, 말뚝의 k 치= 19.6N/cm^2 로 되어 있다.

5-7 세부설계

5-7-1 상부공

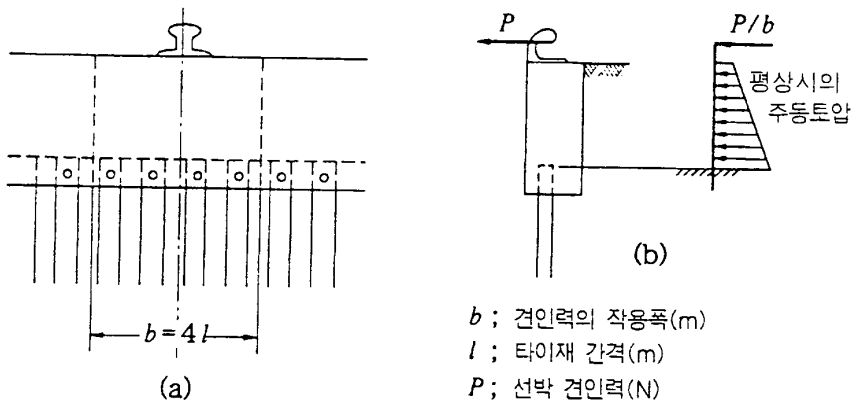
상부공은 배후의 토압, 선박의 견인력 및 방충재의 반력 등을 고려하여 안전하게 설계하여야 한다.

[해설]

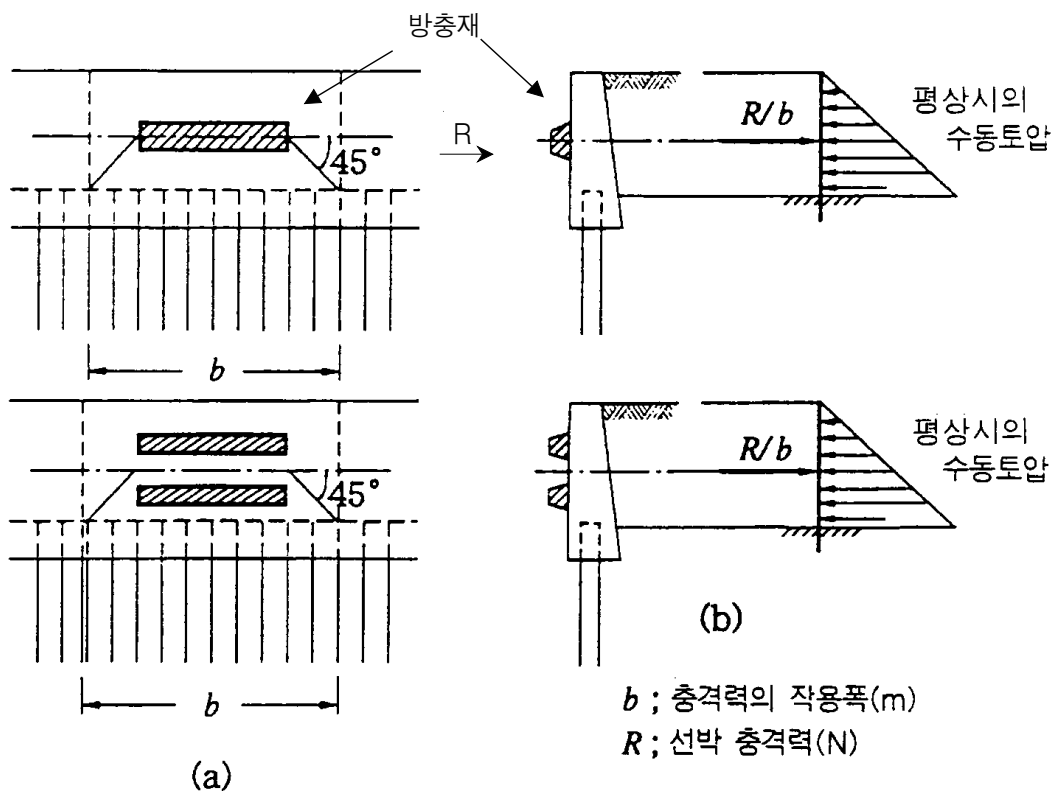
상부공은 중요한 외력에 대해서 안전한 설계가 되어야 한다. 설계방법에 대해서는 여러 가지 방법이 있으므로 여기서는 규정하지 않는다.

[참고]

- 상부공은 널말뚝두부를 고정점으로 하고 토압을 하중으로 하는 캔틸레버보로서 설계한다. 그러나 계선주를 설치하는 부분에서는 선박의 견인력과 배후의 주동토압을, 또 방충재를 설치하는 부분에서는 선박의 충격력과 배후의 수동토압을 고려하여 검토한다. 지진시에는 주동토압만을 고려한다.
- 선박의 견인력 및 충격력은 각각 도참(5-29)에 있어서 폭 b 인 상부공에 작용하는 것으로 가정하고, 도참(5-29), 도참(5-30)과 같이 작용시키면 된다. 이때 견인력을 고려할 경우의 주동토압에는 재하하중을 고려하고, 충격력을 작용시킬 경우의 수동토압에는 재하하중은 고려하지 않는다. 벽면마찰각은 주동토압에 대해서 15° , 수동토압에 대해서는 0° 로 한다. 선박의 견인력 및 충격력을 고려할 때 상부공 재료의 허용응력은 이상시의 것을 채용해도 좋다.



도참(5-29) 상부공에 작용시키는 선박의 견인력



도참(5-30) 상부공에 작용시키는 선박의 충격력

- 선박의 충격력은 제2편 2-2-2 선박의 접안시 발생하는 외력에 의해 구하며, 견인력은 제2편 2-2-7 계선주에 작용하는 힘에 의한다.
- (3) 상부공은 보통 철근콘크리트구조로 설계한다.
 - (4) 상부공은 널말뚝 머리부를 충분히 묻어넣고 철근을 널말뚝에 용접해서 상부공에 작용하는 휨모멘트가 널말뚝에 전달되도록 할 필요가 있다.
 - (5) 상부공의 수평방향 배근은 탄성지지상의 Beam으로 설계한다.

5-7-2 널말뚝과 타이재 및 웨일링의 연결

널말뚝과 타이재 및 웨일링의 연결은 널말뚝벽에 작용하는 수평력이 웨일링을 통해서 타이재에 안전하고 균등하게 전달되도록 설계하여야 한다.

[해설]

널말뚝과 타이재 및 웨일링은 널말뚝구조물로 간주하여 구조해석을 행하기 때문에 널말뚝벽에 작용하는 수평력은 웨일링을 통해서 각 타이재에 균등하게 전달될 필요가 있다.

[참고]

- (1) 널말뚝과 타이재의 연결은 본편 5-5 웨일링의 설계와 도참(5-21)와 같이 널말뚝에 구멍을 뚫어서 타이재를 끼우고, 연결각도에 따라 워셔를 끼우고, 너트로 고정하는 것이 보통이다.

- (2) 웨일링은 타이재를 끼워서 설치하고, 볼트로 널말뚝에 고정한다. 웨일링을 널말뚝의 배후에 설치하는 경우 볼트의 단면은 식(참5-15)로 구한다. 단, 상부공에 묻어 넣지 않을 경우는 부식을 고려 하여야한다.

$$A = \frac{A_P \cdot I_w}{n \sigma_a} \quad (\text{참5-15})$$

여기서,

A : 볼트의 단면적(cm^2)

A_P : 본편 5-3-3 널말뚝 휨모멘트 및 타이재 연결점의 반력에 의한 타이재 연결점 반력(N/m)

I_w : 웨일링에 연결된 널말뚝의 간격(m), (타이재의 중간 1개소에서 연결될 때는 타이로드 간격의 1/2)

n : 1개소의 볼트개수

σ_a : 볼트의 허용인장응력(N/ cm^2), 중(中) 볼트를 사용할 경우, 평상시는 항복응력의 40%, 이상시는 60%로 한다.

5-7-3 타이(Tie)재

타이재는 본편 5-4-1 타이재의 인장력에 의하여 구한 타이재의 인장력이 안전하게 버팀공에 전달되도록 설계되어야 한다. 매립토사의 침하 등으로 휨응력이 발생할 우려가 있는 경우는 이에 대처할 수 있도록 설계하여야 한다.

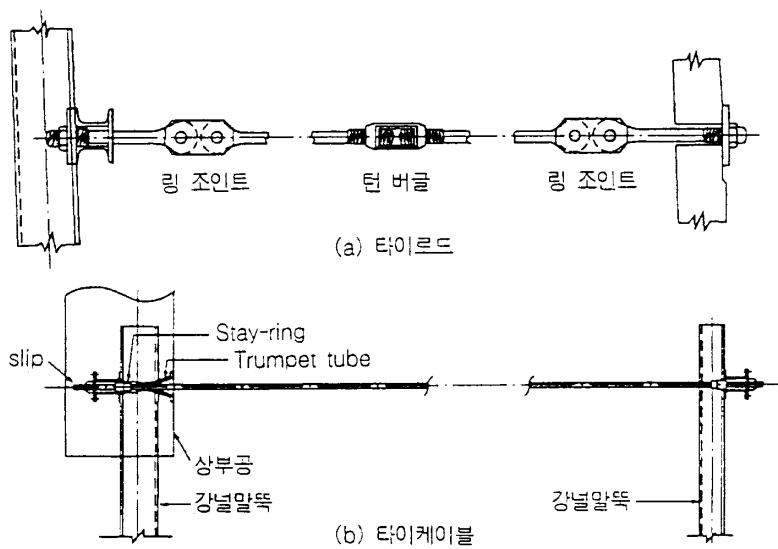
[해 설]

타이재는 널말뚝과 버팀공을 연결하는 중요한 역할을 담당하며 또한, 부정확한 외력이 작용하는 위치이기도 하기 때문에 이런 여건들을 고려하여 안전하게 설계해야 한다.

[참 고]

(1) 타이로드

- ① 타이로드는 도참(5-31)과 같이 이음에 턴 버클(Turn Buckle)을 설치하여 길이의 조절이 되도록 한다.
- ② 타이로드는 뒷채움 흙의 침하 등으로 휨응력이 생길 염려가 있으므로 널말뚝 및 버팀공과의 연결부 부근에 링조인트를 설치한다. 타이로드에서 큰 휨응력이 작용하는 곳은 널말뚝 및 버팀공과의 연결부이므로, 링조인트의 설치위치는 널말뚝 및 버팀공과 될 수 있는대로 가까이 두는 것이 좋다. 링조인트의 1/2 정도를 상부 콘크리트에 묻는 경우가 많다. 침하의 우려가 있는 곳에서는 타이로드 중간부를 말뚝으로 떠받치거나 케이싱 파이프를 쓴 예도 있다.
- ③ 타이로드에 나사를 넣으면 단면적이 감소되므로 나사 부분을 굵게 하여 나사의 골 부분 직경이 타이로드 직경보다 작지 않도록 한다.
- ④ 타이재가 끊어지기 전에 턴 버클, 링조인트 및 너트가 파손되는 일이 없도록 설계한다. 턴버클은 최소단면에 대하여 안전하도록 설계한다. 링조인트(Ring Joint)와 타이재와의 연결부는 최소단면에 대한 인장 및 핀(Pin)에 의한 핀구멍 상하면의 전단에 대하여 설계하고, 핀에 대해서는 2면 전단에 대하여 설계한다. 너트 및 턴버클의 나사부에 대하여는 나사골의 전단에 대하여 설계한다. 이들의 단면은 응력집중 등을 고려하여 계산치보다 10~20%를 증가시킨다.



도참(5-31) 타이材의 連結

(2) 타이케이블

- ① 타이케이블(Tie Cable)을 쓸 경우는 양끝의 조임부분을 직접 너트(Nut)로 조여 턴버클의 기능을 하도록 하며 설계시 정착길이를 고려하여야 한다. 이 부분에 대해서는 턴버클에서와 같이 최소 단면에 대하여 안전하도록 설계한다.
- ② 모서리부 등에서 타이케이블이 교차되는 경우에는 타이케이블의 처짐량을 계산하고 서로 접촉하지 않도록 주의한다.
- ③ 덮개 콘크리트(Caping Concrete)를 할 경우에는 타이케이블의 끝부분을 콘크리트에 전부 싸서 묻도록 하고 슬립(Slip)을 절단하지 않도록 주의해야 한다.

5-7-4 버팀공과 타이재의 연결

버팀공과 타이재의 연결은 본편 5-4-1 타이재의 인장력에 의해 구한 인장력이 버팀공에 안전하고 균등하게 전달되도록 설계하여야 한다.

[해 설]

버팀공과 타이재의 연결부는 널말뚝과 타이재의 연결부와 같이 구조상 중요한 곳이므로 타이재의 장력이 버팀공에 균등하게 전달되도록 설계할 필요가 있다.

[참 고]

- (1) 버팀말뚝은 기준선방향으로 연속된 Beam을 말뚝 머리부에 설치하여 이것에 타이재를 연결하는 것이 보통이다. Beam은 타이재의 인장력 및 말뚝의 반력이 작용하는 연속Beam으로 설계한다.
- (2) 버팀판 및 버팀말뚝 두부의 Beam과 타이재의 연결은 슬래브 또는 Beam에 구멍을 뚫어서 타이재를 넣고 연결각도에 따라 위셔를 끼우고, 너트로 고정한다. 연결부에는 타이재의 인장력에 의한 지압응력 및 순전

단응력(Punching Shear)이 작용하는 것을 고려하여 판 두께 및 워셔의 크기를 설계한다. 버팀판의 연결부 주변에는 타이재의 인장력을 판에 고루 분포시키기 위하여 배력근을 둔다.

(3) 버팀널말뚝과 타이재의 연결은 본편 5-7-2 널말뚝과 타이재 및 웨일링의 연결에 준한다.

5-7-5 모서리부

모서리부의 설계에 있어서는 토압조건, 시공조건 등을 충분히 고려하여야 한다.

[해설]

모서리부는 외력조건이 복잡하므로 그 설계에 있어서 충분한 주의가 필요하다. 지진시에 특히 피해가 발생하기 쉽고 구조상의 약점이 되기 쉽기 때문에 여유가 있는 안전한 설계를 해야 할 필요가 있다.

[참고]

- (1) 널말뚝식 안벽의 모서리부는 이상시에 특히 피해를 받기 쉬운 곳으로 충분한 보강책을 강구해야 한다. 모서리부의 설계에 대해서는 본편 제14장 연결부에 의한다.
- (2) 모서리부에서는 버팀공의 수동토압 영역이 서로 간섭하거나, 본체공의 주동토압영역과 중복되는 것이 있으므로 버팀공의 구조배치 등은 신중하게 결정해야 하며 주변의 매립은 충분히 다지는 등, 시공상의 주의도 고려되어야 한다.

5-7-6 세굴 방지공

널말뚝벽 전면의 해저면이 세굴될 염려가 있는 경우는 이에 대처할 수 있는 구조로 설계한다.

[해설]

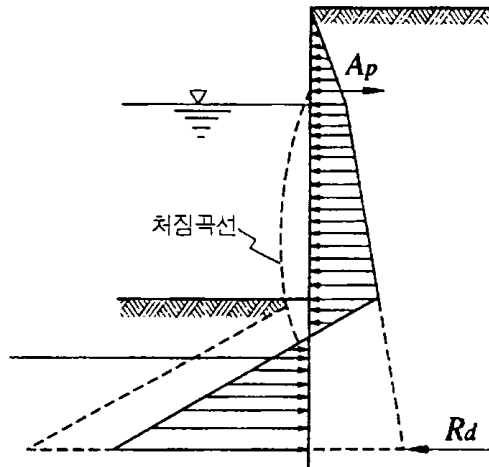
- (1) 널말뚝 전면의 해저면이 흐름(Current) 및 선박추진기 분사류 등의 영향으로 세굴에 대한 우려가 있을 경우는 사석 또는 기타 세굴방지시설 등으로 보호하는 것이 바람직하다.
- (2) 널말뚝벽 배후의 토립자 널말뚝의 이음새에서 흡출 또는 유출될 우려가 있는 경우에는 이에 대처할 수 있는 방법을 강구해야 한다.
- (3) 세굴 방지공에 대해서는 본편 2-5 세굴 방지공을 참조한다.

5-8 연약지반인 경우의 주의사항

[참고]

- (1) 연약한 지반에 있어서 널말뚝벽의 설계는 본편 5-3 널말뚝의 설계, 본편 5-4 타이재의 설계 및 본편 5-6 버팀공의 설계에 의한 방법 또는 그 외의 설계법을 종합적으로 비교, 검토하고 설계하는 것이 바람직하다. 또, 연약한 지반에서는 널말뚝배후 지반의 침하에 의한 측방유동이 발생하고 널말뚝이 예기치 않게 큰 변위를 발생하는 경우도 있다. 지반의 측방유동에 대해서는 여러 종류의 예측법이 제안되고 있으므로 이러한 영향도 고려하여 안전한 설계를 할 필요가 있다.

- (2) 전항까지에서 기술하고 있는 널말뚝식 계선안의 설계법은 주로 사질토지반 또는 굳은 점성토 지반중에 타입된 강널말뚝벽을 전제로 규정한 것이 많기 때문에 주의를 요한다. 충적점토와 같은 연약한 지반은 지반개량을 행하는 것이 바람직하며 지반개량이 되지 않은 현장조건에 있어서는 전항까지의 설계법에 의한 내용 외에 다른 형태의 설계법을 종합적으로 검토하고 설계할 필요가 있다.
- (3) 여기서 말하는 연약한 지반이란 해저지반이 연약한 충적점토층과 같은 경우를 말한다.
- (4) 널말뚝 근입길이의 설계법은 본편 5-3-2 널말뚝의 근입길이의 방법 외에 깊은 근입을 갖는 널말뚝을 대상으로 하는 고정토압론에 의한 Fixed Earth Support법의 일종인 처짐곡선법이 있다.
이 방법은 근입하단의 변위 또는 처짐각이 Zero이고 타이재 연결점의 변위가 Zero인 조건과 도참(5-32)에 표시된 외력조건을 탄성방정식으로 푸는 방법으로서 연약한 지반에서는 이를 사용해도 좋다.
- (5) 또, 널말뚝의 휨모멘트 및 타이재의 장력을 구하는 방법은 본편 5-3-3 널말뚝의 휨모멘트 및 타이재 연결점의 반력의 방법, 상기(4)의 처짐곡선법이 있으므로 이들을 종합적으로 검토하는 것이 바람직하다.
- (6) 단, 널말뚝의 설계 중에서 널말뚝의 근입길이, 널말뚝의 단면 등을 결정하는 설계방법으로는 각각의 조합이 아닌 동일한 방법을 쓸 필요가 있다.



도참(5-32) 土壓 및 처짐曲線

5-9 원호활동 검토

연약지반 위의 널말뚝에 대하여는 널말뚝 하단 이하를 지나는 원호활동에 대한 검토를 하여야 한다.

[참 조]

- (1) 원호활동의 검토방법은 제4편 제9장 사면의 안정에 의한다.
- (2) 원호활동에 대하여 불안정하다고 판단되었을 때는 적당한 방법으로 지반개량을 하거나, 다른 형식의 구조물을 적용한다.
원호활동을 방지할 목적으로 널말뚝의 근입길이를 증가하는 것은 좋지 않다.

제 6 장 선반식 널말뚝 안벽

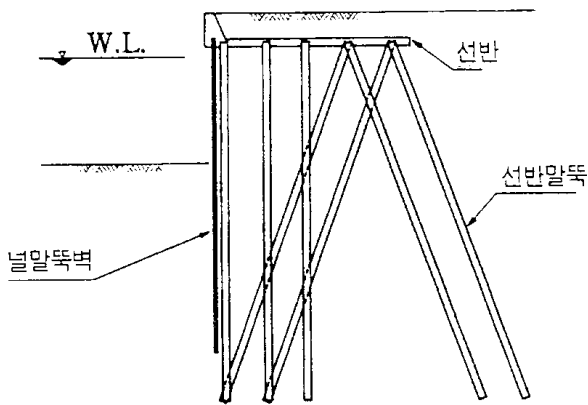
6-1 적용범위

본 장은 선반, 선반말뚝, 선반전면의 널말뚝벽으로 구성되는 선반식 안벽의 설계에 적용한다.

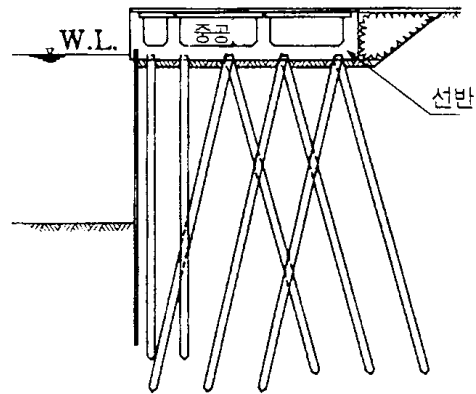
[해설]

선반식 안벽은 일반적으로 선반, 선반말뚝, 선반전면의 흠막이용 널말뚝벽으로 구성되어 있고, 본 장에서는 이 구성요소들에 대해서 규정하고 있다. 일반적으로 선반은 현장타설 철근콘크리트의 L형 구조형식이 많고 선반 상부는 토사로 메우는 것이 보통이나, 선반부 중량 및 이에 작용하는 지진력을 경감시키기 위해서 상자형 구조로 하는 경우도 있다.(도해(6-1), 도해(6-2) 참조)

이외의 구조형식으로서 널말뚝벽을 선반의 배면에 배치하는 형식, 선반배후에 버팀공을 설치하는 준선반 형식 등이 있으나 이에 대해서는 거의 실적이 없으므로 본 장의 적용대상에서는 제외하였다.



도해(6-1) 선반식 안벽의 구조
(L형 선반의 경우)



도해(6-2) 선반식 안벽의 구조
(상자형 선반의 경우)

6-2 설계의 기본

- (1) 선반식 안벽은 널말뚝부와 선반 또는 선반말뚝부로 구분하여 각각에 대해서 설계한다.
- (2) 선반식 안벽 전체가 활동, 전도, 원호활동에 대해서 안정하여야 한다.

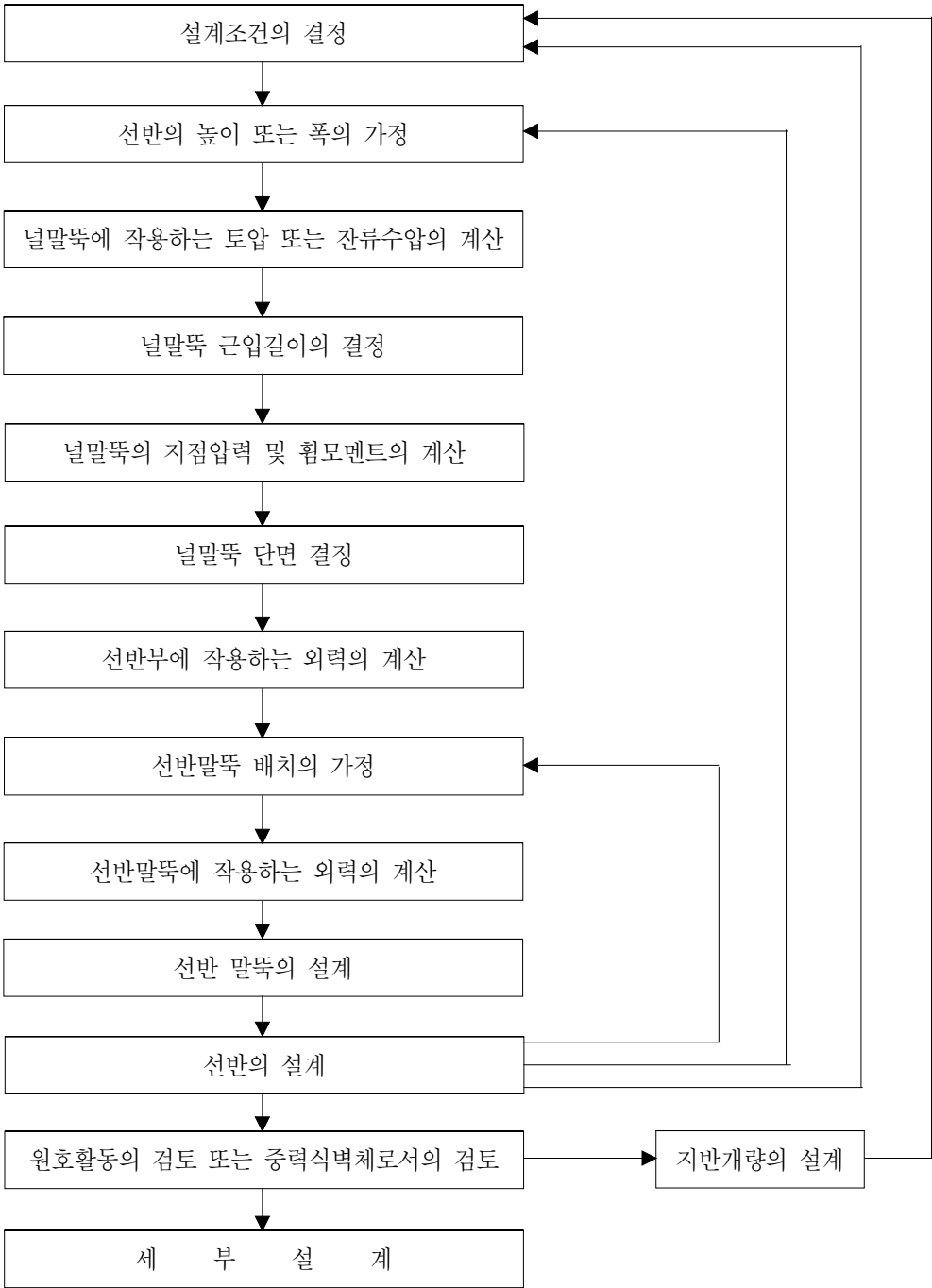
[해설]

- (1) 선반식 안벽의 설계는 널말뚝부와 선반 또는 선반말뚝부로 구분하여 각각에 대해서 설계를 한다. 널말뚝부는 본편 제5장 타이로드식 널말뚝안벽에 준해서 설계하고 선반 또는 선반말뚝부는 널말뚝상부의 반력, 토압, 상재하중, 자중 또는 지진력을 외력으로 하여 제4편 제4장 말뚝기초의 지지력에 준해서 설계한다.
- (2) 선반식 안벽 전체가 활동 및 전도 원호활동에 대해서 안정하여야 하며, 활동 및 전도에 대해서는 본편 제

3장 중력식 안벽에 의해, 원호활동에 대해서는 제4편 제9장 사면의 안정에 의한다. 원호활동의 검토는 연약 지반의 경우에 필요하나 모래지반 등 비교적 양질인 지반에 대해서는 필요치 않은 경우도 있다.

[참 고]

(1) 설계의 진행은 도참(6-1)에 나타나는 순서로 행하는 것이 좋다.



도참(6-1) 설계의 순서

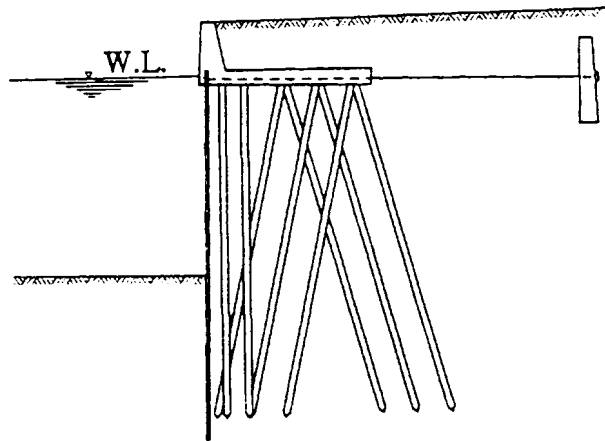
(2) 선반의 배면에 널말뚝벽이 있는 선반식 안벽의 설계

선반의 배면에 흙막이용 널말뚝벽이 있는 안벽의 경우에 널말뚝의 설계는 본편 제5장 타이로드식 널말뚝

안벽에 의해 선반부의 설계는 본편 제4장 4-1 연직말뚝식 잔교에 준한다. 이 경우 선반부에 작용하는 외력으로서 선반부 배면의 토압 및 널말뚝의 상부반력도 고려한다.

(3) 준선반식(準旋盤式) 안벽의 설계

선반배면에 버팀공이 있는 선반식 안벽은 선반부에 작용하는 수평력에 대해 선반말뚝과 버팀공에 의해 저항하는 것으로서 설계한다. 하지만 선반 및 버팀공이 동시에 최대저항력을 발휘한다고 보기에는 아직 이 부분에 대한 뚜렷한 근거가 없으므로 부득이한 경우 이외에는 적용해서는 안 된다(도참(6-2) 참조).



도참(6-2) 준선반식 안벽

6-3 선반의 높이와 폭의 결정

선반의 높이와 폭은 외력조건, 경제성, 시공성 등을 검토하여 결정한다. 또 선반의 폭은 선반에 작용하는 외력에 저항할 수 있는 개수만큼의 선반말뚝을 배치할 수 있는 폭으로 하여야 한다.

[해설]

- (1) 선반슬래브 저면을 낮은 위치에 설치하는 것이 널말뚝에 작용하는 토압을 경감시킬 수 있고 널말뚝의 단면 및 근입길이를 작게 할 수 있지만, 선반의 중량이 커져서 선반말뚝의 개수 및 길이가 증가하고 선반슬래브의 두께 및 폭이 증가한다. 또한 시공성면에서는 선반의 저면을 너무 낮게 하면 수중시공이 되어 불리해진다. 선반슬래브 시공 후 토사의 침하에 의해서 선반슬래브 아래에 틈이 생기는 수가 있으므로, 말뚝의 부식을 고려해서 선반슬래브 저면을 잔류수위 이하로 내리는 것이 좋다.
- (2) 선반의 폭이 넓을수록 널말뚝에 작용하는 토압을 경감시키는 효과는 커지나 어느 한도 이상으로 폭을 넓히면 그 효과는 거의 증가하지 않고, 반대로 선반의 중량이 커서 불리하게 되는 경우가 생기므로 주의해야 한다. 보통은 해저면에서 그은 널말뚝의 주동붕괴면이 선반과 교차하도록 폭을 정한다. (도참(6-3) 참조) 주동붕괴면은 제2편 11-7 토압과 수압에 의해서 구하며, 이 경우 벽면마찰각은 15° 로 한다. 또 널말뚝 전면의 해저가 사면을 포함하고 있는 경우에는 주동붕괴면을 적절한 방법에 의해서 구한 가상해저면으로부터 취하는 것이 바람직하다.

6-4 널말뚝에 작용하는 토압과 잔류수압

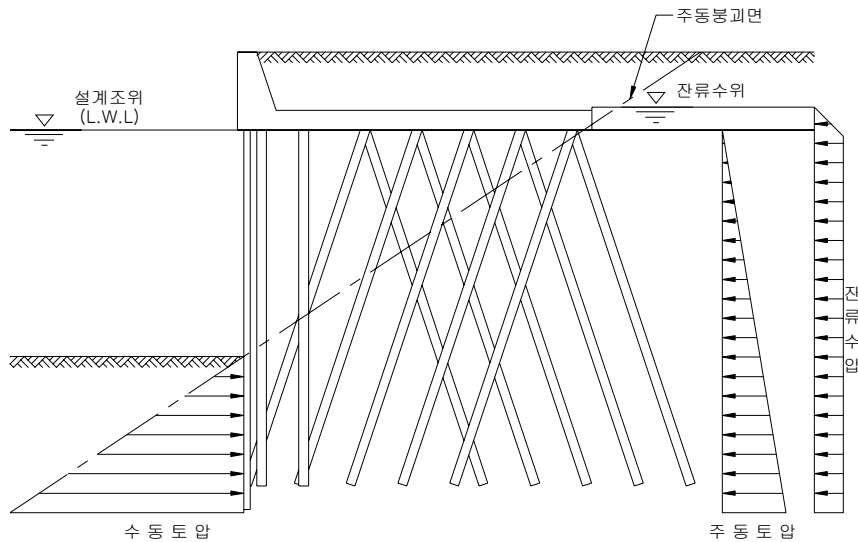
널말뚝에 작용하는 토압과 잔류수압은 선반식 안벽의 구조특성 등을 토대로 적절히 산정하여야 한다.

[해설]

널말뚝에 작용하는 토압과 잔류수압은 특히 선반의 설치높이, 폭 또는 선반의 지지조건 등의 구조특성에 따라 변화하기 때문에 이것들을 충분히 고려해야 한다.

[참고]

- (1) 널말뚝에 작용하는 주동토압은 해저면으로부터 그은 널말뚝의 주동붕괴면이 선반과 교차하는 경우에는, 도참(6-3)과 같이 선반 저면을 지표면이라 가정하고 재하하중이 없는 것으로 해서 산정한다.
- (2) 널말뚝에 작용하는 잔류수압은 선반이 없는 경우로 생각하고 선반슬래브 저부 이하의 잔류수압으로 한다.



도참(6-3) 선반식 널말뚝벽에 작용하는 토압 및 잔류수압

- (3) 널말뚝 저면의 수동토압은 본편 제5장 타이로드식 널말뚝안벽에 준하며, 토압과 잔류수압의 계산은 제2편 11-7 토압과 수압에 의한다. 이 경우 널말뚝의 벽면마찰각은 주동토압에 대하여 15° , 수동토압에 대하여 -15° 로 한다.
- (4) 토압 계산에 사용하는 널말뚝의 벽면마찰각 및 잔류수압의 계산에 사용하는 잔류수위는 본편 5-2-1 고려해야 할 외력과 잔류수압에 준해서 결정한다.
- (5) 널말뚝 전면의 해저가 횡간교의 흙막이 호안과 같이 사면을 포함하는 경우는 적절한 방법에 의해서 널말뚝 전면의 수동토압을 계산한다. 이 경우 널말뚝의 주동붕괴면은 적절한 방법에 의해서 구한 가상해저면으로부터 취한다. 단 여기서 적절한 방법은 본편 5-2-1 및 5-3-3의 [참고]를 참조한다.
- (6) 선반의 폭을 해저면 또는 가상해저면으로부터 그은 널말뚝의 주동붕괴면과 교차하지 않을 정도로 짧게 하는 것은 좋지 않다. 부득이 폭이 좁은 선반을 사용할 경우, 널말뚝벽에 작용하는 토압은 도참(6-4)와 같이 선반 후단부터 그은 주동붕괴면과 널말뚝과의 교점 이하에서는 선반이 없는 경우의 토압이 작용하는 것으로 하고, 선반 후단부터 그은 흙의 자연붕괴면이 널말뚝과 교차하는 점보다 위에서는 상기(1)의 토압

이 작용하는 것으로 해서 계산한다. 양자의 중간영역에서의 토압은 직선적으로 변하는 것으로 한다. 자연붕괴면이 수평면과 이루는 각은 식(참 6-1)로 구한다.

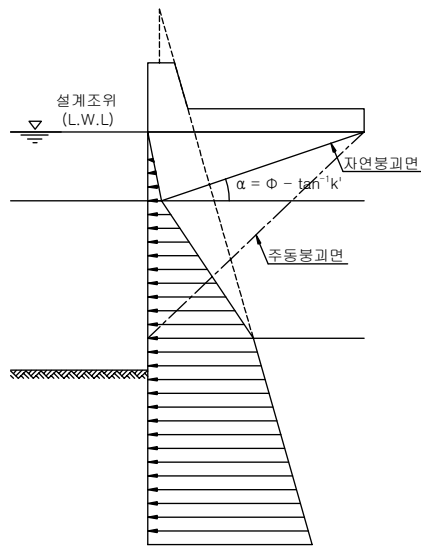
$$\alpha = \phi - \tan^{-1} k' \quad (\text{참 6-1})$$

여기서,

ϕ : 흙의 내부摩擦角

k' : 겉보기 震度

- (7) 널말뚝의 背後에 박힌 선반말뚝은 널말뚝에 작용하는 土壓의 일부를 분담하여 널말뚝에 작용하는 土壓을 輕減시킨다. 그러나 이 영향에 대해서는 명확하지 않은 要素가 많으므로 일반적인 설계에서는 고려하지 않는 것이 보통이고, 널말뚝에 작용하는 토압은 널말뚝 및 선반말뚝의 휨 剛性(EI)의 비로 土壓을 분담하는 방법과 말뚝直徑과 말뚝의 중심간격 비에 의해서 구하는 방법 등이 제안되고 있다.



도참(6-4) 선반 幅이 좁은 경우의
널말뚝에 作用하는 土壓

6-5 널말뚝의 설계

6-5-1 널말뚝의 근입길이

널말뚝의 근입길이는 널말뚝벽에 작용하는 외력 등에 대해서 널말뚝의 하단이 충분히 고정되도록 하며, 널말뚝의 단면은 선반식 안벽의 구조특성에 부응한 적절한 방법에 의해 응력도를 구하고, 이것이 재료의 강도를 넘지 않도록 한다.

[참 고]

널말뚝의 계산에는 널말뚝과 선반의 접속부를 힌지로 가정하고 선반저면을 타이재 연결점으로 하여 본편 5-3 널말뚝의 설계 및 5-8 연약지반인 경우의 주의사항에 준하여 설계하여야 한다.

6-5-2 널말뚝의 단면

선반식 널말뚝벽의 널말뚝 단면은 선반슬래브 저면을 타이재 연결점으로 보고, 본편 5-3 널말뚝의 설계 또는 5-8 연약지반인 경우의 주의사항에 준해서 설계한다.

[해 설]

선반식 널말뚝벽의 널말뚝에는 토압에 의한 휨모멘트 외에, 선반에서 전달되는 휨모멘트 및 연직력이 작용한다. 선반으로부터 전달되는 휨모멘트는 보통 널말뚝에 작용하는 최대 휨모멘트를 감소시키는 방향으로 작용하므로 고려하지 않는다. 또 연직력에 대해서는 보통 맨 앞줄의 선반말뚝을 될 수 있는 대로 널말뚝에 근접 배치함으로써 널말뚝에 작용하는 연직력이 무시될 수 있도록 계획하는 것이 좋다.

6-6 선반부의 설계

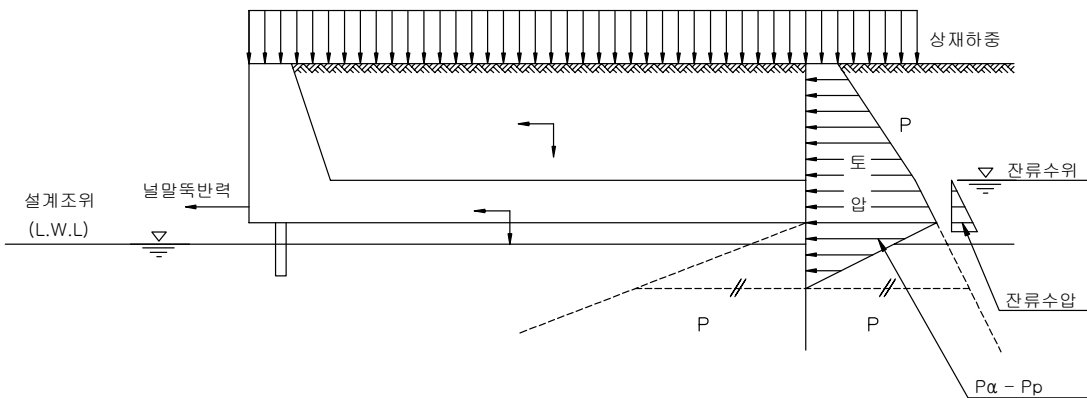
6-6-1 선반부에 작용하는 외력

선반부에 작용하는 외력으로서는 다음의 것을 고려한다.

- (1) 널말뚝에서 전달되는 수평력
- (2) 선반 배후에 작용하는 토압 및 잔류수압
- (3) 선반의 자중, 선반 상부의 토사 중량 및 상재하중
- (4) (3)에 작용하는 지진력
- (5) 지진시의 동수압

[참 고]

- (1) 널말뚝으로부터 전달되는 수평력은 선반 저면을 타이재 연결점으로 보고, 본편 5-4 타이재의 설계에 의해 구한 타이재 연결점의 반력으로 한다.



도참(6-5) 旋盤에 作用하는 外力

- (2) 선반 배후에 작용하는 토압은 도참(6-5)와 같이 선반 후단을 지나는 연직면에 작용하는 것으로 하고, 선반 저면 위에 주동토압을 저면 아래에서는 주동토압과 수동토압의 차이가 0이 되는 위치까지 작용시킨다
- (3) 널말뚝에서 선반에 전달되는 외력은 수평력 이외에 휨모멘트가 있지만 널말뚝과 선반의 고정이 충분하지 않는 경우를 고려해서 안전을 위하여 휨모멘트의 전달은 설계에서 무시하는 것이 보통이다.
- (4) 선반배후에 작용하는 토압 및 잔류수압은 제2편 11-7 토압과 수압에 의해 계산한다. 토압 계산에는 상재하중을 고려한다. 선반의 저면이하에는 배후의 주동토압과 전면의 수동토압이 평형이 되는 깊이까지 주동토압과 수동토압의 차이만큼 주동토압이 남으므로 상기(2)와 같이 이를 추가한다. 안정계산시 가상배면에 작용하는 토압은 Rankine 토압의 사용을 표준으로 하며 부재설계시에는 Coulomb 토압을 사용하되 벽면 마찰각은 주동토압에 대해 15° , 수동토압에 대해 -15° 로 한다.
- (5) 선반의 자중, 선반의 상부토사의 중량 및 상재하중은 제2편 제14장 상재하중에 의해서 계산한다.
- (6) 선박의 충격력 및 견인력도 선반부에 작용하지만 특별한 경우 이외에는 고려하지 않는 것이 보통이다.
- (7) 지진시의 동수압은 제2편 11-7 토압과 수압을 참조하여 결정한다.

6-6-2 선반의 설계

[1] 직립부

선반직립부는 직립부에 작용하는 토압 및 잔류수압을 하중으로 받고, 저판부에서 지지된 캔틸레버로 보고 설계한다.

[참 고]

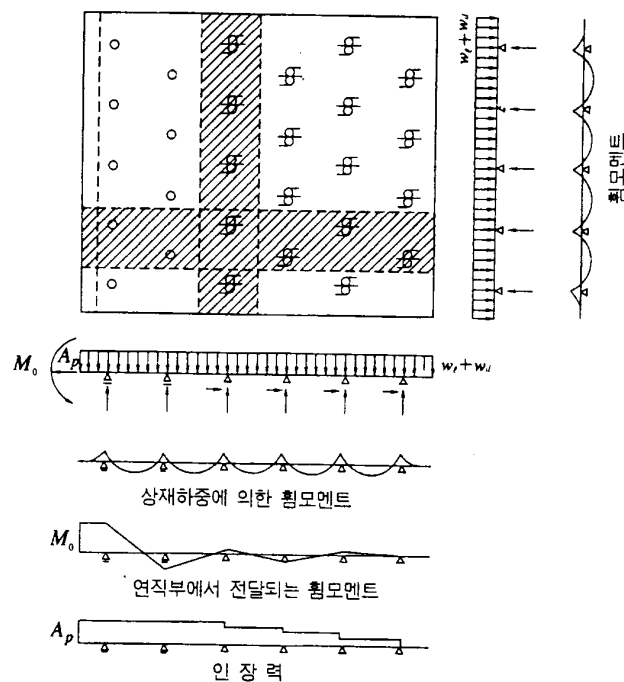
- (1) 선반직립부에 작용하는 토압 및 잔류수압은 제2편 11-7 토압과 수압에 의해서 계산하며, 벽면마찰각은 15° 로 한다.
- (2) 선반직립부에 작용하는 선박의 견인력 및 충격력을 고려할 경우에는 본편 5-7-1 상부공에 준한다.

[2] 저판부

선반 저판은 선반자중, 선반 위의 토사 중량 및 상재하중을 하중으로 하고, 또 직립부에서 전달되는 휨모멘트 및 널말뚝에서 전달되는 수평력을 고려하여 말뚝머리부를 받침으로 한 연속보 형태로 보고 설계한다.

[참 고]

- (1) 선반 저판은 안벽기준선 직각방향 및 기준선방향의 2방향에 대해서 연속보 형태로 설계한다.(도참(6-6) 참조) 이때, 하중을 2방향으로 배분해서는 안 된다.
- (2) 기준선과 직각방향의 연속 Beam에 대해서는 위에서의 하중에 의한 휨모멘트뿐만 아니라, 선반 직립부에서 전달되는 휨모멘트도 작용하므로 설계휨모멘트는 이를 합산하여 사용한다. 선반 직립부에서 전달되는 휨모멘트는 직립부의 최대 휨모멘트를 모멘트 분배법으로 전달시켜서 구하는 것이 편리하다.
- (3) 선반슬래브는 널말뚝 상부지점반력을 선반말뚝에 전달하는 기능을 가지므로, 큰 수평력이 작용한다. 이때문에 기준선과 직각방향의 연속 Beam은 위에서 말한 휨모멘트에 의한 응력과 널말뚝 상부지점반력, 다시 말하면 선반말뚝 두부에 작용하는 수평반력에 의해서 생기는 인장응력의 합성응력에 대해서 설계하거나, 또는 널말뚝 상부지점반력을 타이재에 의해서 선반말뚝에 전달시키는 구조로 해야 한다. 이 경우, 타이재의 설계는 본편 제5장 타이로드식 널말뚝안벽에 준한다. 말뚝두부의 수평반력은 본편 6-6-3 선반말뚝의 설계에 의해서 계산한다.



도참(6-6) 선반슬래브 설계시 적용하는 가상 연속 Beam

(4) 저판의 배근은 복철근으로 하는 경우가 많다. 일반적으로 선반말뚝의 간격은 좁으므로 선반슬래브의 배근은 콘크리트 표준 시방서의 규정에 있는 주열대와 중간대에 대한 휨모멘트의 분배는 하지 않고, 등간격으로 배근하는 것이 일반적이다.

6-6-3 선반말뚝의 설계

선반말뚝은 지반조건, 외력 또는 하중의 분담, 시공성, 경제성 등을 고려해서 적절히 설계하여야 한다.

[참 고]

- (1) 선반말뚝은 본편 6-6-1 선반부에 작용하는 외력에 의한 외력을 받는 말뚝기초로서 설계하고, 제4편 제4장 말뚝기초의 지지력에 의해 설계한다.
- (2) 선반말뚝은 버팀틀 말뚝과 연직말뚝을 적절히 조합하여 사용하는 것이 바람직하며 연직말뚝만으로는 충분한 수평저항을 기대할 수 없는 경우가 많으므로 연직말뚝만으로 설계하는 것은 피하는 것이 좋다.
- (3) 선반말뚝의 설계순서는 먼저 외력에 대하여 말뚝의 개수, 배치, 경사, 길이를 가정한 후 하중분담 등을 고려하여 말뚝의 반력을 계산하고, 제4편 4-1 말뚝의 축방향 허용 지지력에 의해 계산한 허용 지지력 또는 제4편 4-2 말뚝의 허용 인장력에 의해 계산한 허용인장력과 비교한다. 만약, 반력이 큰 경우는 말뚝의 배치와 길이 등을 수정하여 시산법에 의해 최종적인 배치와 형상을 구한다. 이 경우 재하하중 및 지지력의 방향, 조위 등을 설계조건내 범위 내에서 변화시켜 각 말뚝의 가장 위험한 상태에 대해서 검토해야 한다.
- (4) 말뚝의 축방향지지력 계산에는 해저면에서 그 널말뚝의 주동붕괴면보다 위의 흙의 주면마찰은 고려하지 않는 것이 좋다.
- (5) 부득이 선반말뚝을 연직말뚝만으로 구성하고 연직말뚝에 수평력을 분담시킬 경우에 그 축직각방향 지지

력은 해저면에서 그은 널말뚝의 주동붕괴면보다 위의 흙이 없는 것으로 가정해서 계산한다.

- (6) 널말뚝에는 될 수 있는 대로 축방항력이 작용하지 않도록 말뚝을 배치하는 것이 좋다.
- (7) 말뚝의 길이는 각 말뚝이 거의 같은 깊이에 도달하도록 정하는 것이 바람직하다.
- (8) 선반말뚝에 강말뚝을 사용할 경우의 말뚝설계는 부식을 고려한 단면에 대하여 설계한다. 강재의 부식에 대해서는 제3편 2-4-2 강재의 부식속도에 의한다. 나무말뚝을 사용하는 경우는 말뚝이 지하수위보다 위로 나오지 않도록 설계하며 충해를 고려해서 방부처리를 하는 것이 좋다.

6-7 중력식 벽체로서의 안정검토

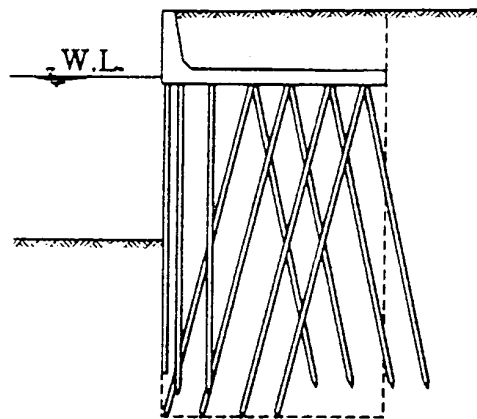
선반식 안벽을 일종의 중력식 벽체로 가정하고 선반식 안벽 전체의 안정에 대해서 검토하여야 한다.

[해설]

검토방법은 본편 제3장 중력식 안벽에 의한다. 이 경우, 널말뚝 전면의 수동토압은 고려해도 좋다.

[참고]

- (1) 선반식 안벽은 도참(6-7)과 같이, 선반 후단을 지나는 연직면보다 앞의 부분에서, 전방으로 경사진 버팀틀 말뚝의 하단을 지나는 수평면보다 위의 부분을 중력식 벽체라고 보고 안정을 검토한다.



도참(6-7) 중력식 벽체로서의 검토에 사용되는 가상벽체

- (2) 중력식벽체 저면의 마찰저항력은 벽체저면의 지반이 사질토인 경우는 벽체에 작용하는 전연직력과 $\tan\phi$ 의 곱으로 하고, 점성토인 경우는 점성토의 점착력에 벽체저면의 면적을 곱한 것으로 한다. 여기서, 벽체에 작용하는 전연직력이란 재하중을 포함하지 않는 벽체중량으로서 부력을 제외한 값이며 ϕ 는 사질토의 내부마찰각이다.
- (3) 토압계산에 쓰이는 벽면마찰각은 주동토압에 대해서 15° , 수동토압에 대해서 -15° 로 한다. 해저면 이하의 점성토인 경우, 지진시 토압계산에 쓰이는 진도는 제2편 11-7-3[2] 점성토의 토압에 준해서 경감해도 좋다.

6-8 원호활동 검토

선반식 안벽이 연약지반 위에 있을 때는 널말뚝 하단 이하를 지나는 원호활동에 대한 안정을 검토하여야 한다.

[참 고]

- (1) 원호활동의 검토 방법은 제4편 제9장 사면의 안정에 의한다. 이 경우 안정계산에 사용되는 조위는 안전율이 가장 적게 되는 조위로 한다.
- (2) 원호활동에 대하여 불안정이라고 판단된 경우는 적당한 방법으로 지반개량을 하거나, 또는 다른 방식의 구조물을 선택한다. 원호활동을 방지할 목적으로 널말뚝의 근입을 증가시키는 것은 좋지 않다.

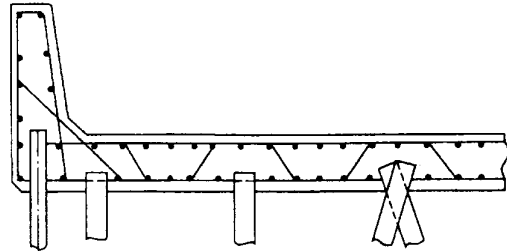
6-9 세부설계

널말뚝벽 또는 선반말뚝과 선반과의 연결은 결합부가 각종 응력에 대해서 안전하게 되도록 설계하여야 한다.

6-9-1 널말뚝과 선반의 연결

[참 고]

널말뚝 머리와 선반과의 연결은 널말뚝 머리를 선반에 충분히 묻어넣고, 철근을 널말뚝에 용접하거나 또는 타이로드를 연결하여, 널말뚝에서 선반말뚝으로 수평력이 전달될 수 있도록 한다. (도참(6-8) 참조) 타이로드를 연결하는 경우는 널말뚝식 안벽에 준한다.



도참(6-8) 선반과 널말뚝 및 말뚝의 연결부

6-9-2 선반과 선반말뚝의 연결

[참 고]

- (1) 선반말뚝머리를 선반 저판에 충분히 묻어 넣어 말뚝머리 반력을 선반슬래브에 전달할 수 있도록 한다. 버팀말뚝은 두부를 볼트 등으로 조여서 일체로 사용할 수 있게 하는 것이 좋다. (도참(6-8) 참조)
- (2) 상세 설계에 대해서는 본편 4-1-8 세부 설계에 준하지만 특히 인장력을 받는 말뚝에 대해서는 선반슬래브와의 정착에 대해서 충분히 검토해야 한다.

6-9-3 세굴 방지공

[참 고]

널말뚝 전면의 해저면이 조류 등에 의해 세굴될 우려가 있는 경우는 사석 등으로 보호하는 것이 좋다. 세굴 방지공에 대해서는 본편 2-5 세굴 방지공을 참조하여 결정한다.

제 7 장 셀식 널말뚝 안벽

7-1 설계의 기본방침 및 순서

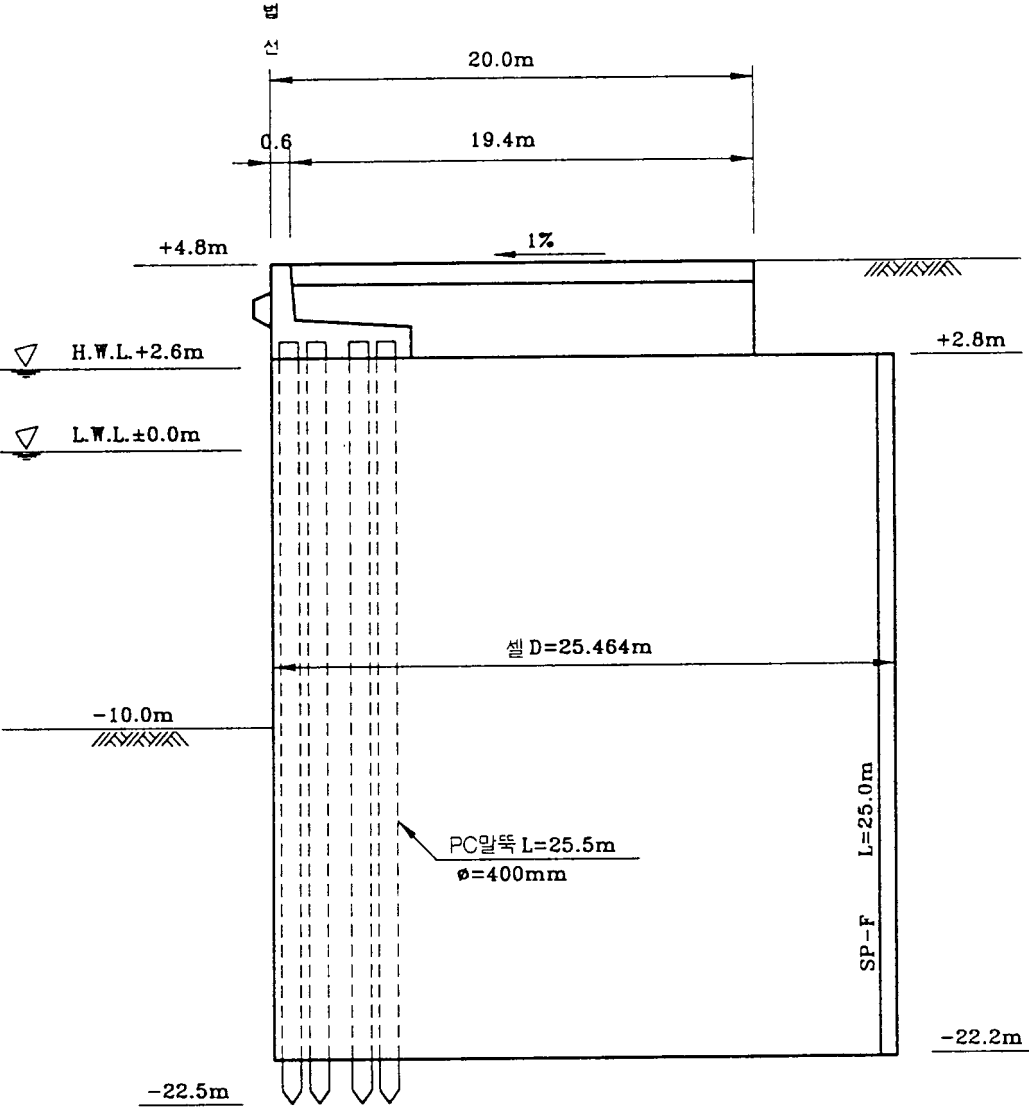
본 장은 셀식 널말뚝을 사용한 안벽의 설계에 적용한다.

[해설]

본 장의 설계법은 주로 사질토 지반에 근입된 것으로, 근입비가 0~1.5이고, (환산벽체폭)/(벽높이)가 1~2.5 범위인 셀의 모형실험 결과를 바탕으로 정립한 것이다. 근입비가 뚜렷하게 적고(1/8정도 미만), 환산벽체폭이 벽 높이보다도 뚜렷하게 적은 경우, 점성토 지반 또는 Sand Compaction Pile 등에 의해 개량된 지반에 설치하는 경우 등에 대해서는 밝혀지지 않은 부분이 있으므로 본 절에 나타나는 설계법 이외에도 별도 검토가 필요하다.

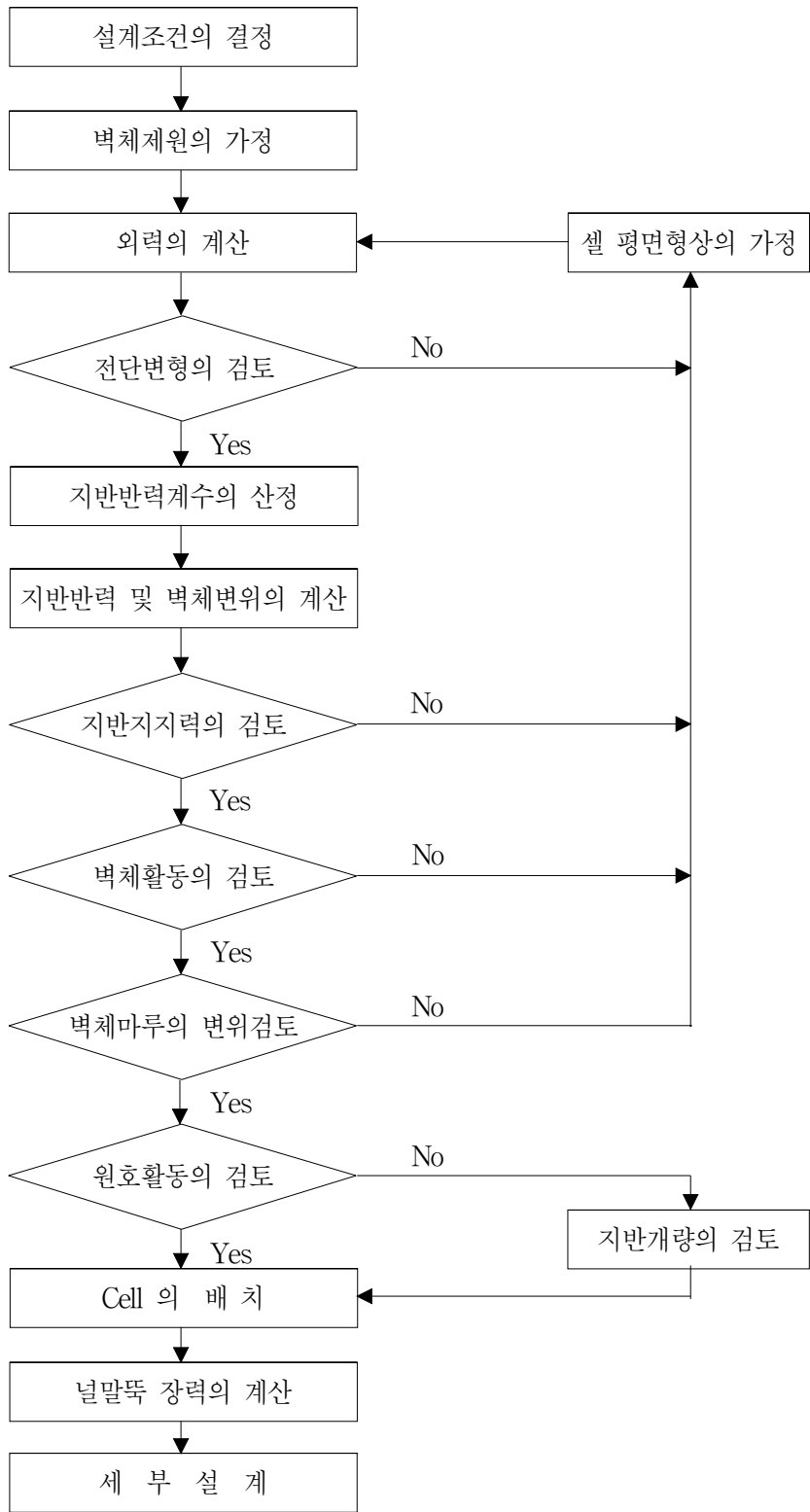
[참고]

- (1) 연약한 점성토지반 위에 셀구조를 사용할 때는, 점성토의 압밀침하 및 널말뚝의 하단보다 아래를 지나는 원호활동면에 대해서 제4편 제8장 기초의 침하 및 제9장 사면의 안정에 의해서 검토할 필요가 있다. 이와 같은 지반으로 기존수심이 얇은 장소에서는, 셀속채움의 상당부분이 점성토로 되는 것을 피할 수 없으므로 샌드드레인 등의 방법으로 속채움을 개량할 필요가 있다.
- (2) 셀의 속채움은 양질의 모래 또는 자갈을 사용해서 충분히 빈틈없이 채우는 것이 좋으며, 경우에 따라서는 다지는 수도 있다. 점성토에 의한 속채움은 셀의 변형이 커질 우려가 있으므로 별도의 검토가 필요하다.
- (3) 셀의 내부에 기중기, 헛간, 창고 등의 기초가 들어갈 때는 기초말뚝을 박아서 하중을 지지층에 전달하는 것이 바람직하다.
- (4) 셀구조는 속채움을 하기 전까지는 매우 불안정하며 이것이 커다란 결점으로 되어있다. 따라서 널말뚝을 타입한 후에는 속채움을 서둘러 하는 것이 좋고, 특히 풍량이 큰 장소에서의 셀구조는 시공상 좋지 않다. 이러한 시공 중의 불안정을 막기 위하여 프리페브리케이션 셀(Prefabrication cell)공법이 쓰여 진다. 이 공법을 적용할 시는 근입길이가 전면·후면 공히 같으며 근입된 부분이 해저지반에 구속되어 있으므로 셀의 변위에 대한 변형을 무시할 수 있다는 실험결과도 있다.
- (5) 본 장의 설계법은 본 구조를 사용한 호안, 방파제 등에도 준용할 수 있다.
- (6) 셀식 널말뚝 안벽의 일례를 도참(7-1)에 표시한다.



도참(7-1) 셀식 널말뚝안벽

(7) 셀식 널말뚝 안벽의 설계는 도참(7-2)에 도시한 순서로 진행하는 것이 좋다.



도참(7-2) 셀식 널말뚝 안벽의 설계 순서

7-2 널말뚝 셀에 작용하는 외력과 하중

널말뚝 셀에 작용하는 외력 및 하중으로는 다음의 것을 고려한다.

- (1) 셀 본체에 작용하는 외력 및 하중
 - ① 토 압
 - 가. 벽체 배후의 주동토압
 - 나. 벽체 전면의 수동토압
 - 다. 속채움 토압
 - ② 잔류수압
 - 잔류수위는 L.W.L에 간만차의 2/3를 더하는 것을 표준으로 한다.
 - ③ 벽체에 작용하는 지진력 및 동수압
 - ④ 벽체 속채움의 중량
 - ⑤ 재하하중
- (2) 상부공에 작용하는 외력 및 하중
 - ① 수평력
 - 가. 토압의 수평분력
 - 나. 잔류수압
 - 다. 상부공, 상부공 위의 토사 및 재하하중에 작용하는 지지력
 - 라. 선박의 충격력 및 견인력
 - ② 연직력
 - 가. 상부공, 상부공 위의 토사의 자중과 재하하중
 - 나. 토압의 연직분포

[참 고]

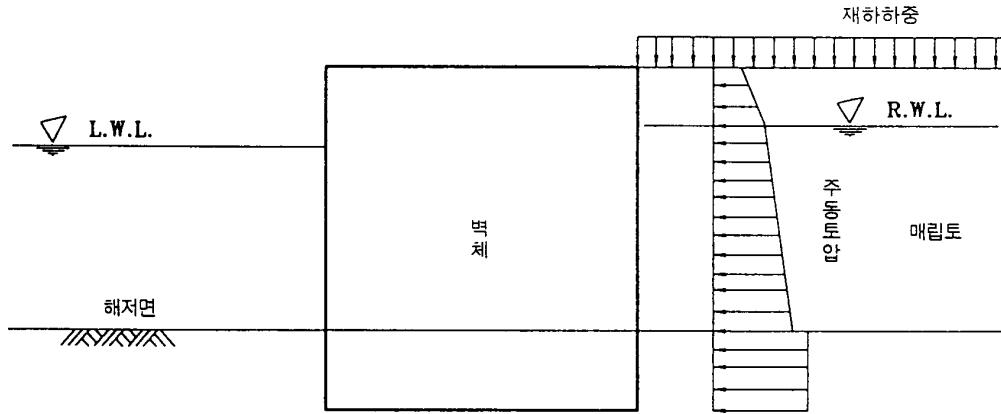
- (1) 외력의 산정은 제2편 11-7 토압과 수압, 제12장 지진 및 지진력, 제14장 상재하중에 의한다. 속채움 내의 잔류수위는 뒷채움 내의 수위와 동일하게 볼 수 있다.
- (2) 벽체배후의 해저면 보다 윗부분에는 주동토압이 작용하는 것으로 본다. 그리고 해저면 이하의 부분에 대해서 전단변형의 검토시에는 주동토압으로, 전체 안정의 검토시에는 뒷채움 흙의 중량 등에 의한 상재압으로부터 생기는 토압이 작용하는 것으로 본다.(도참(7-3, 4) 참조) 모형실험 결과에 의하면 근입부 셀의 변위는 적으므로 그 부분에는 정지토압 정도 크기의 하중이 작용하는 것으로 판단된다. 진동실험에 의하면 이 부분에 작용하는 토압은 하중으로서가 아니라 벽체의 전도에 저항하는 힘으로서 작용하고 있다. 따라서 설계에 있어서는 이 토압은 뒷채움 흙의 중량 등에 의한 상재압에 의해 생기는 평상시의 토압을 고려하는 것으로 하여 식(참7-1)에 의하여 구하는 것으로 하였다.(도참(7-4) 참조)

$$P_{ac} = 0.5(\Sigma \gamma_i h_i + q)$$
 (참7-1)

여기서,

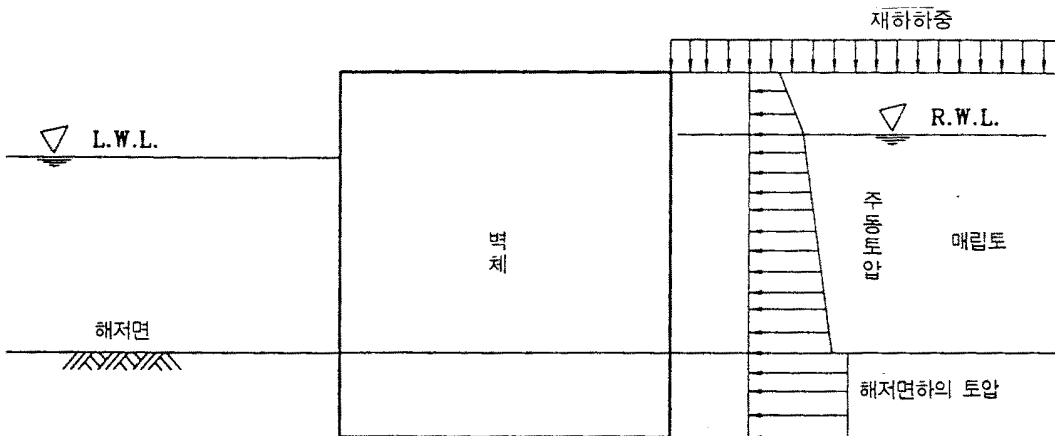
- P_{ac} : 벽체배후의 해저면 이하에 작용하는 토압(kN/m²)
- γ_i : 뒷채움 각층의 단위체적 중량(kN/m³)
- h_i : 뒷채움 각층의 두께(m)
- q : 재하하중(kN/m²)

- (3) 속채움에 작용하는 지진력 계산시 적용하는 진도는, 해저면 이상 부분에 대하여는 설계진도를, 해저면 이하 부분에 대하여는 해저면하 10m 지점에서 진도가 0이 된다고 가정하여 직선적으로 감소시킨다. 이보다 더 깊은 부분에 대하여 진도는 고려하지 않는 것을 표준으로 한다.(도참(6-5) 참조)

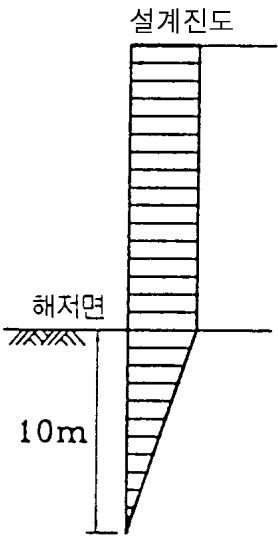


도참(7-3) 벽체에 작용하는 배후의 토압(전단변형의 검토시)

- (4) 후면매립토의 잔류수위는 L.W.L.상 조차의 2/3를 표준으로 한다. 단, 투수성이 낮은 재료를 후면매립토로서 쓰는 경우에는 그 이상이 되는 것이 있으므로 이를 설정시는 유사구조물의 조사결과를 기초로 결정하는 것이 바람직하다. 속채움 내의 잔류수위는 후면매립토 내의 수위와 같게 하여도 좋다.



도참(7-4) 벽체에 작용하는 배후의 토압(중력식 벽체로서의 안정검토시)



도참(7-5) 속채움 지진력 산정시 설계진도 적용범위

7-3 벽체의 전단변형 검토

7-3-1 일 반

벽체의 전단변형에 대한 검토는 상시에 작용하는 하중에 대해서 행하는 것을 표준으로 한다.

[해 설]

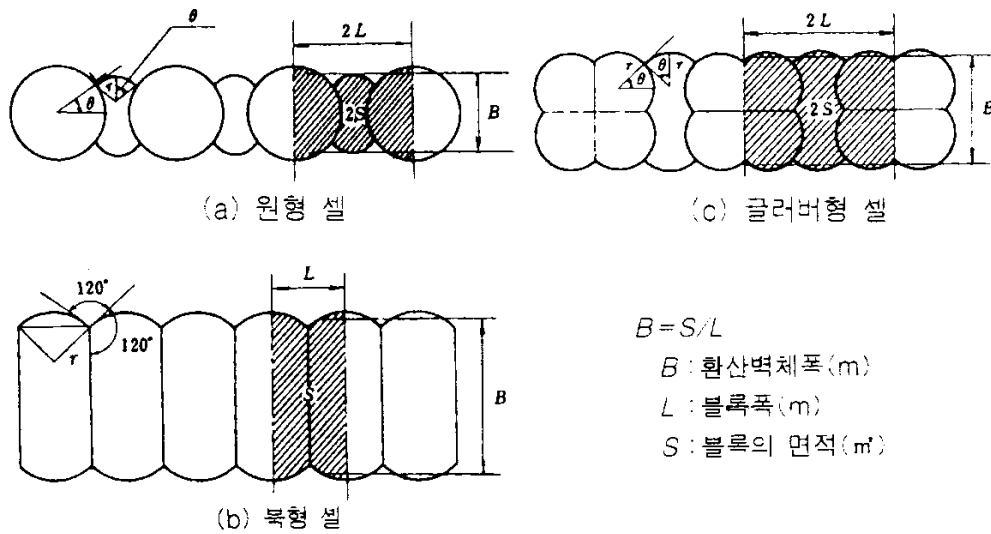
널말뚝 셀은 속채움 흙이 셀에 의하여 구속되어 있으므로 일반적으로 셀과 속채움 흙이 일체가 되어 셀 벽체의 변위에 대하여 셀 벽체 자신의 변형은 무시하고 그 전체의 거동을 강체로 볼 수 있다. 모형실험에서도 상시하중 또는 지진 시 하중보다 큰 외력을 받는 경우에도 셀 본체의 큰 변형은 나타나지 않는다. 즉, 일반적으로 널말뚝 셀의 속채움 흙에는 전단 파괴가 발생하지 않는다고 본다. 그러나 셀이 극단적으로 적은 경우나 속채움 흙의 강도가 현저하게 약한 경우에는 셀을 강체로 보는 가정이 만족치 않으므로, 셀 벽체의 변형을 미소범위로 멈추게 하기위하여 검토를 시행하는 것으로서 평상시의 하중에 대한 전단 변형을 검토하기로 한다.

7-3-2 환산벽체폭

벽체폭으로는 셀본체 또는 Arc(연결호)부를 직사각형의 벽체로 바뀌놓은 경우의 가상 벽체폭을 환산 벽체폭으로 사용할 수 있다.

[해 설]

- (1) 환산벽체폭은 설계계산을 간편하게 하기위해 사용하는 편의적인 방법이므로 셀을 도해(7-1)에 표시하는 바와 같이 전면벽, 후면벽 및 격벽을 모두 직선으로 바뀌 놓은 가상의 벽체 폭이다. 바뀌놓을 때에는 실제의 벽체와 단면적이 같아지도록 한다.
- (2) 해저면은 사질지반에 있어서 계획수심에 준설의 여굴 두께를 고려한다.



도해(7-1) 셀안벽의 평면형과 환산벽체폭(B)

점성토 지반에서는 지반의 점착력이 5tf/m^2 이상인 경우에 사질지반과 같이 취급하고, 이보다 작을 경우에는 점착력에 따라서 가상 해저면을 계획수심보다 낮춰 계산하는 것이 바람직하다.

[참 고]

환산벽체폭은 벽체의 전단변형에 관한 식(참7-2), 식(참7-3)을 만족하도록 결정한다.

$$M_d F \leq M_r \quad (\text{참7-2})$$

$$M_d' F \leq M_r' \quad (\text{참7-3})$$

여기서,

M_d : 셀저면에 관한 변형모멘트($\text{kN} \cdot \text{m/m}$)

M_d' : 해저면에 관한 변형모멘트($\text{kN} \cdot \text{m/m}$)

M_r : 셀저면에 관한 저항모멘트($\text{kN} \cdot \text{m/m}$)

M_r' : 해저면에 관한 셀내부 흙의 저항모멘트($\text{kN} \cdot \text{m/m}$)

F : 안전율

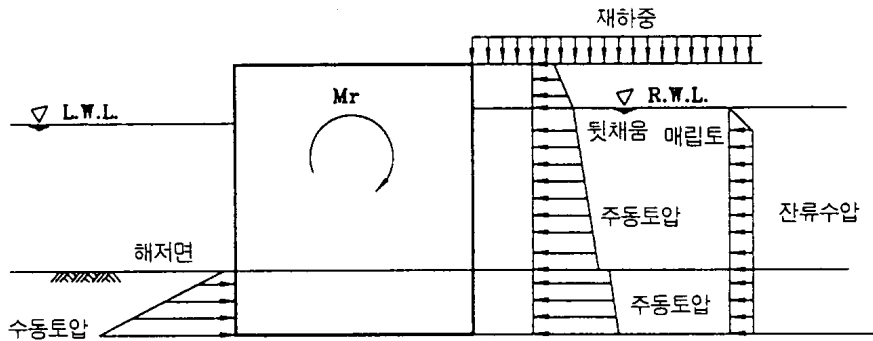
- (3) 변형모멘트와 저항모멘트의 허용안전율은 다음 값을 표준으로 한다. 속채움이 모래인 경우 평상시 1.2이상, 이상시 1.2의 값을 표준으로 한다. 이상시의 안전율을 평상시 보다 작게 하지 않은 것은 저항모멘트의 계산에서 평상시에는 벽체의 변형이 일어나지 않을 때의 값을 사용하고 있으며, 이상시에는 벽체의 변형이 다소 일어났을 때의 값을 사용하고 있기 때문이다.

7-3-3 변형모멘트의 계산

변형모멘트는 셀저면 또는 해저면보다 위의 벽체 배후에 상시 작용하는 주동토압, 잔류수압, 수동토압 등의 외력에 의한 셀저면 또는 해저면에서의 모멘트로 한다.

[해설]

변형모멘트 계산에 있어서 토압은 그 수평분력만을 고려하고 연직분력은 고려하지 않는다. 재하하중에 대해서는 그 연직력은 고려하지 않으나 주동토압의 계산에는 재하하중을 고려한다.(도해(7-2) 참조)



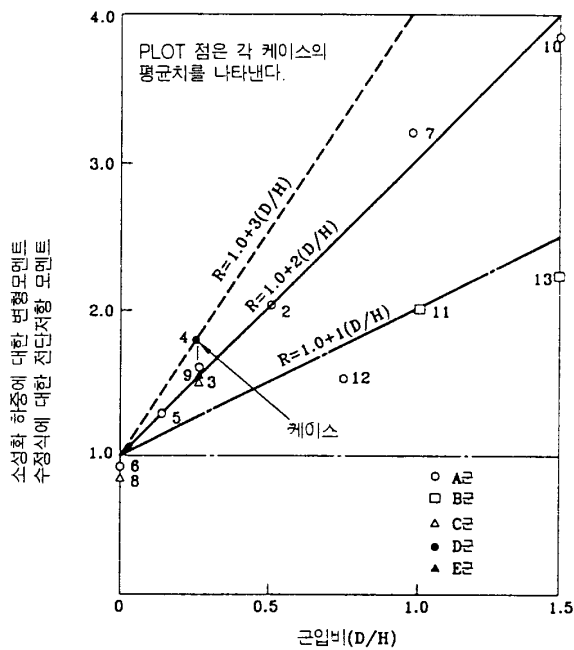
도해(7-2) 전단변형의 검토에 고려할 하중 및 저항력

7-3-4 저항모멘트의 계산

저항모멘트는 셀의 구조특성, 벽체의 변형을 고려해서 적절히 산정하여야 한다.

[참고]

(1) 셀저면에 관한 저항모멘트(평상시)는 셀저면에 관한 속채움 흙의 저항모멘트와 널말뚝 조인트 마찰력에 의한 저항모멘트의 합으로 표현되며 모형실험의 결과로부터 근입비 D/H 에 따라 할증되므로(도참(7-6) 참조) 식(참7-4)로 산정한다.



도참(7-6) 抵抗모멘트와 根入比와의 關係

$$M_r = (M_{ro} + M_{rs})(1 + \alpha D/H) \quad (\text{참 7-4})$$

여기서,

M_r : 셀저면에 관한 저항모멘트($\text{kN} \cdot \text{m/m}$)

M_{ro} : 셀저면에 관한 속채움 흙의 저항모멘트($\text{kN} \cdot \text{m/m}$)

M_{rs} : 셀저면에 관한 널말뚝 조인트 마찰력에 의한 저항모멘트($\text{kN} \cdot \text{m/m}$)

D : 근입장(m)

H : 해저면으로부터 천단까지의 셀벽 높이(m) (도참 7-6 참조)

α : 근입비(D/H)에 따른 할증계수

할증계수 α 는 1.0으로 할수 있다. 이 식은 실험결과를 바탕으로 한 실험식이다. 이론적인 해명은 충분하지 않으므로 도참(7-6) 실험결과에의 하한치에 가까운 $\alpha=1.0$ 을 취하기로 한것이다.

① 속채움 흙의 저항모멘트 계산식

셀저면에 대한 속채움 흙의 저항모멘트를 구할 때 속채움 흙의 전단파괴면은 도참(7-7)에 나타낸 바와같이 셀전면이 저면층으로부터 주동붕괴면, 배면으로부터 수동붕괴면이 발생한다고 가정하고 또 이를 붕괴면상에 각기 주동토압, 수동토압이 작용하는 것으로 한다. 이때, 주동·수동붕괴각 및 주동·수동 토압은 아래와 같이 Rankine 식을 사용한다.

$$\text{주동붕괴면} \quad \xi_a = \frac{\pi}{4} + \frac{\theta}{2}$$

$$\text{수동붕괴면} \quad \xi_p = \frac{\pi}{4} - \frac{\theta}{2}$$

$$\text{주동토압 } P_a = K_a \cdot \gamma h \quad K_a = \frac{1 - \sin \theta}{1 + \sin \theta} \quad (\text{참7-5})$$

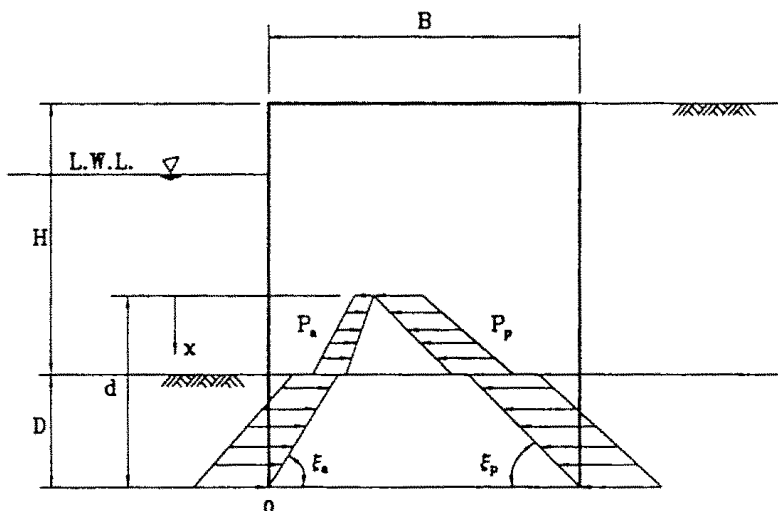
$$\text{수동토압 } P_p = K_p \cdot \gamma h \quad K_p = \frac{1 + \sin \theta}{1 - \sin \theta}$$

여기서,

θ : 속채움 흙의 내부 마찰각

이 때, 전단면상의 토압에 의한 모멘트는 도참(7-7)을 참조하여 식(참7-6)으로 산출한다.

$$M_{ro} = \int_0^d (P_p - P_a)(d-x) \cdot \frac{2}{3} \tan \theta dx \quad (\text{참7-6})$$



도참(7-7) 속채움 흙의 전단면의 가정

또, 지반과 속채움 흙의 토질정수가 틀리는 경우는 붕괴각 및 토압은 토층이 변하는데 따라서 그 크기가 바뀌므로 식(참7-6)도 복잡하게 되지만 지반과 속채움 흙의 내부 마찰각이 크게 차이가 없는 경우나 근입비가 커서 속채움까지 붕괴면이 도달하지 않는 경우에는 다음의 간편식을 써도 좋다.

$$M_{ro} = \frac{1}{6} \gamma_o \cdot R_o \cdot H_o^3 \quad (\text{참7-7})$$

여기서,

$$R_o = \frac{2}{3} V_o^2 (3 - V_o \cos \phi) \tan \phi \sin \phi$$

γ_o : 속채움 흙의 환산단위체적중량(속채움 흙의 단위체적중량이 일정한 경우 단위체적중량을 일반적으로 $\gamma_o = 10(\text{kN/m}^3)$ 을 쓰는 것이 편리하다.

H_o : 속채움 흙의 환산단위체적중량을 쓰는 경우 속채움 흙에 의한 저항모멘트를 계산하기 위해 셀저면에서의 환산벽 높이로 식(참7-8)로서 계산한다.

$$H_o = \frac{1}{\gamma_o} \sum \gamma_i h_i \quad (\text{참7-8})$$

여기서,

γ_i : i 층 속채움흙의 단위체적중량(kN/m^3)

h_i : i 층 두께(셀저면으로부터 안벽마루까지)(m)

$$v_o = B/H_o$$

B : 환산벽체폭(m)

② 조인트마찰력에 의한 저항모멘트의 계산식

조인트마찰력에 의한 저항모멘트는 아래와 같이 계산한다.

$$M_{rs} = \frac{1}{6} \gamma_o \cdot R_s \cdot H_s^3 \quad (\text{참7-9})$$

여기서,

$$R_s = \frac{3}{2} V_s f \tan \phi \quad (\text{참7-10})$$

H_s : 속채움 흙의 환산단위체적중량을 사용한 경우에 널말뚝 조인트간 마찰력에 의한 저항모멘트를 계산하기 위한 셀 저면으로부터의 높이로서 도참(7-8)에서 (a)토압분포도의 합력과 (b)환산토압분포도의 합력이 같아지도록 식(참7-11)에 의해 계산한다. 이 경우 속채움 흙의 토압계수는 널말뚝 인장력 계산의 경우와 달리 $\frac{1}{2} \tan \phi$ 를 사용한다.

$$H_s = 2 \sqrt{\frac{\sum P_i}{\gamma_o \tan \phi}} \quad (\text{참7-11})$$

여기서,

P_i : i 층 속채움 흙의 토압합력(kN/m^3), 이 경우 상재압은 고려하지 않는다.

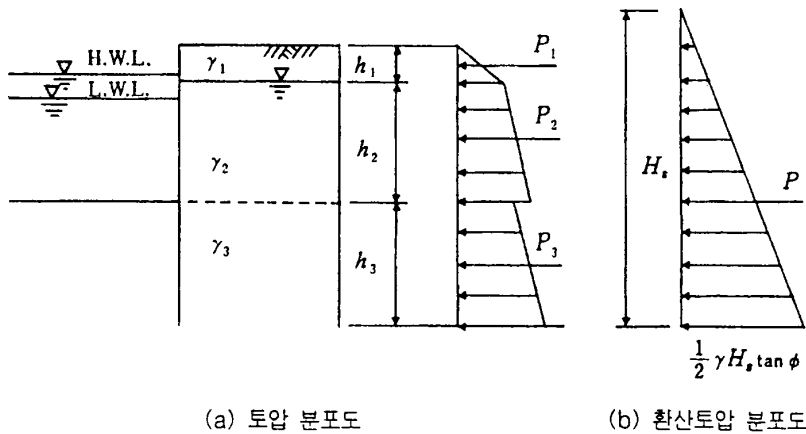
γ_o : 속채움 흙의 환산단위체적중량(kN/m^3)

ϕ : 속채움 흙의 내부마찰각($^\circ$)

v_s : B/H_s

B : 환산벽체폭(m)

f : 널말뚝이음간의 마찰계수로 보통 0.3을 쓴다.



도참(7-8) 환산벽 높이

- (2) 해저면에서의 널말뚝 셀 저항모멘트(이상시)는 속채움 흙의 저항모멘트로 표현되며 식(참7-12) 및 식(참7-13)을 사용하여 구한다.

$$M_r' = \frac{1}{6} \gamma_o' \cdot R_o' \cdot H_o'^3 \quad (\text{참7-12})$$

여기서,

$$R_o' = v_o'^2 (3 - v_o' \cos \phi') \sin \phi' \quad (\text{참7-13})$$

H_o' : 속채움 흙의 환산단위 체적중량을 사용한 경우, 속채움 흙에 의한 저항모멘트를 계산하기 위해 해저면으로부터의 환산벽 높이로 식(참7-14)에 의해 계산한다.

$$H_o' = \frac{1}{\gamma_o} \sum \gamma_i' h_i' \quad (\text{참7-14})$$

여기서,

γ_i' : 해저면상 i층 속채움 흙의 단위체적중량(kN/m³)

h_i' : 해저면상 i층의 두께(해저면으로부터 안벽마루까지)(m)

$v_o' = B / H'$

ϕ : 해저면 상 속채움 흙의 내부마찰각(°)

- (3) 속채움 흙의 강도를 증대시키면 셀의 강성이 높아지므로 속채움 흙을 개량하면 셀의 안정성을 향상시키는데 유효하다.

- (4) 속채움에 점성토를 사용한 경우, 셀의 거동에 대해서 불명확한 점이 많고, 사질토에 비해서 소성이 크기 때문에 구조물 안정성에 좋지 않으므로 속채움재에 점성토를 사용하는 것은 피해야 한다.

점성토지반에 근입된 셀에 대해서는 유한요소법 해석에에서 추정하면 셀의 안정은 전면지반의 변형으로 결정되며 속채움 흙의 전단변형으로는 결정되지 않는다. 따라서, 벽체내에 점성토가 존재하는 경우의 저항모멘트는 사질토 경우의 검토에 준해서 계산하여도 좋다.

속채움 흙의 저항모멘트 M_{ro} 및 널말뚝조인트 마찰력에 의한 저항모멘트 M_{rs} 는 식(참7-15), 식(참7-16)으로 계산하여도 좋다.

또한, 속채움 흙에 점성토가 포함된 셀의 저항모멘트는 해명되지 않기 때문에 전단변형의 검토면은 도참

(7-9)와 같이 해지면 또는 셀하단뿐만 아니라, 점성토층 하단 등과 같이 위험하다고 판단되는 면에서의 검토를 행할 필요가 있으며, 근입효과에 대한 계산을 위해서는 검토면에서의 근입비를 쓴다.

이 경우 전단변형에 대한 안전율은 1.2로 해도 좋다.

$$M_{ro} = \int_0^d (P_p - P_a) \cdot (d - x) dx$$

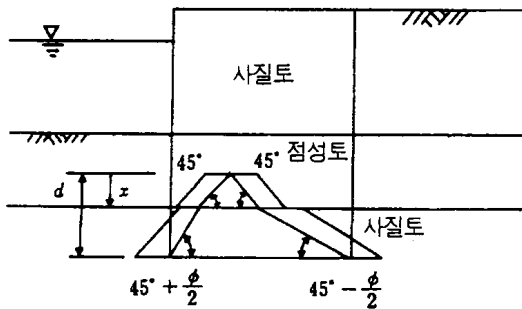
$$P_a = K_a \gamma h - 2c \sqrt{K_a} \ , \quad K_a = \frac{1 - \sin \phi}{1 + \sin \phi} \quad (\text{참7-15})$$

$$P_p = K_p \gamma h + 2c \sqrt{K_p} \ , \quad K_p = \frac{1 + \sin \phi}{1 - \sin \phi}$$

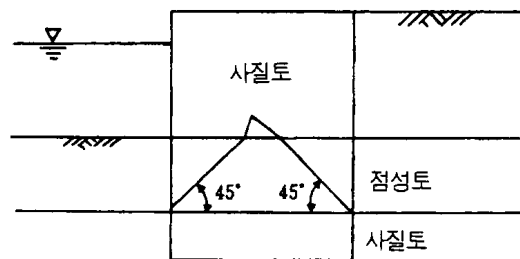
여기서,

ϕ : 속채움 흙의 내부마찰각($^{\circ}$)

c : 속채움 흙의 점착력(kN/m²)



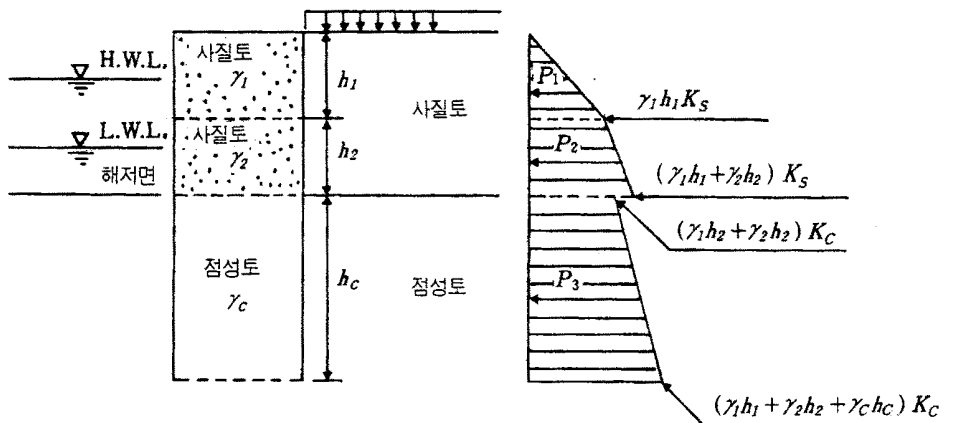
(a) 셀저면의 경우



(b) 점성토 하단의 경우

도참(7-9) 속채움흙의 전단면의 가정

속채움의 일부가 도참(7-10)과 같이 점성토로 구성되었을 경우, 식(참7-16)에 의해 저항모멘트를 계산한다.



도참(7-10) 粘性土가 포함된 경우의 속채움 흙의 土壓

$$M_r = \frac{2}{3} \{ (P_1 + P_2) \tan \phi + c \cdot h_c + f(P_1 + P_2 + P_3) \} \quad (\text{참7-16})$$

여기서,

P_1, P_2, P_3 : 도참(7-10)에 있어서 속채움 흙 각층의 합력(kN/m)

$\gamma_1, \gamma_2, \gamma_c$: 도참(7-10)에 있어서 각층의 속채움 흙의 재료의 단위체적중량((kN/m³)

h_1, h_2, h_c : 도참(7-10)에 있어서 각층의 속채움 흙의 층두께(m)

K_s : 속채움 흙의 사질토의 토압계수 $K_s = 0.6$

K_c : 속채움 흙의 점성토의 토압계수 $K_c = 0.5$

B : 환산벽체폭(m)

f : 널말뚝조인트간의 마찰계수 $f = 0.3$

7-4 벽체 전체로서의 안정검토

7-4-1 일 반

벽체 전체로서의 안정 검토는 지반에 지지된 중력식 벽체로 생각하여 검토한다.

[해 설]

전체의 안정 검토는 벽체를 지반에 탄성 지지되는 강체로 생각하고 하중에 대한 지반반력 또는 벽체의 변위를 구한다.

[참 고]

지반반력은 지반의 탄성영역을 초과하지 않는 범위에서는 지반반력 계수와 변위량을 곱하여 구한다. 지반반력 및 벽체의 변위가 제각기의 허용치를 넘지 않는 경우에는 중력식 벽체로서의 안정이 확보되는 것으로 판단한다.

7-4-2 지반반력계수

중력식 벽체로서의 안정 검토에 사용하는 지반반력계수는 원칙적으로 지반조사의 결과에 의하여 설정한다.

[해 설]

지반반력계수에는 수평방향 지반반력계수, 셀저면의 연직방향 지반반력계수 또는 수평방향 전단스프링정수가 있다.

[참 고]

지반반력계수는 지반조사 결과에 기초하여 아래와 같이 구할 수가 있다.

(1) 수평방향 지반반력계수

수평방향 지반반력계수는 제4편 5-2 해석적 방법에 의한 추정치에 나타난 요코야마(横山)가 제안한 도표에 의해 식(참7-17)로 산정할 수가 있다.

$$K_H = 2N \quad (\text{참7-17})$$

여기서,

K_H : 수평방향 지반반력계수(N/cm²)

N : N 치

지반의 성질이 다른 지층의 경우, 수평방향 지반반력계수는 각 층마다 구하는 것으로 한다.

(2) 연직방향 지반반력계수

셀저면의 연직방향 지반반력계수는 셀저면에 있어서 수평방향 지반반력계수와 같은 값으로 한다. 지반의 성질이 다른 지층의 경우, 연직방향 지반반력계수는 셀저면 위치의 지층에서 구하여지는 값을 채택한다. 단, 셀저면 아래에 매우 연약한 지층이 있는 경우 등에는 그들의 영향을 충분히 고려할 필요가 있다.

(3) 수평방향 전단스프링정수

셀저면의 수평방향 전단스프링정수는 연직방향 지반반력계수로부터 식(참7-18)에 의해 산정할 수가 있다.

$$K_s = \lambda K_v \quad (\text{참7-18})$$

여기서, K_s : 수평방향 전단스프링정수(N/cm³)

λ : 수평방향 전단스프링정수와 연직방향 지반반력계수의 비

K_v : 연직방향 지반반력계수(N/cm²)

기존의 연구에 의하면 λ 값은 $\lambda=1/2 \sim 1/5$ 로 제안되어 있으나, 강널말뚝 셀의 경우 $\lambda=1/3$ 정도로 하여도 좋다.

7-4-3 지반반력 또는 벽체의 변위량 산정

지반반력 또는 벽체의 변위는 벽체가 하중에 대해서 지반반력 또는 벽면의 연직마찰저항력에 의해서 지지되는 것으로 하여 계산한다.

[해설]

널말뚝 근입부의 지반반력 및 벽체의 변위는 벽체에 작용하는 외력에 대해서 수평지반반력, 벽체 저면의 연직지반반력 또는 수평방향 전단반력, 셀전면벽과 셀후면벽의 연직마찰 저항력에 의해서 지지되고 있는 것으로 생각하고 계산한다.

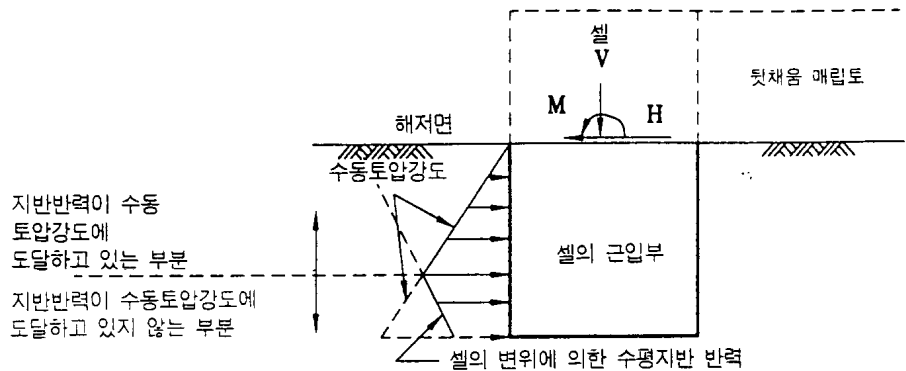
[참고]

(1) 지반반력

① 수평지반반력

수평지반반력은 식(참7-19)에 의해 산정할 수가 있으나 지반의 변형을 고려해서 제2편 11-7 토압과 수압에 준해서 산정되는 주동토압 강도를 넘지 않는 것으로 한다. 또한, 수동토압 산정시의 벽면마찰각은 -15° 를 표준으로 한다.

도참(7-11)은 지반반력이 부분적으로 수동토압 강도에 도달하는 경우의 지반반력 분포 예를 도시하였다.



도참(7-11) 수평지반반력 분포의 예

② 연직지반반력

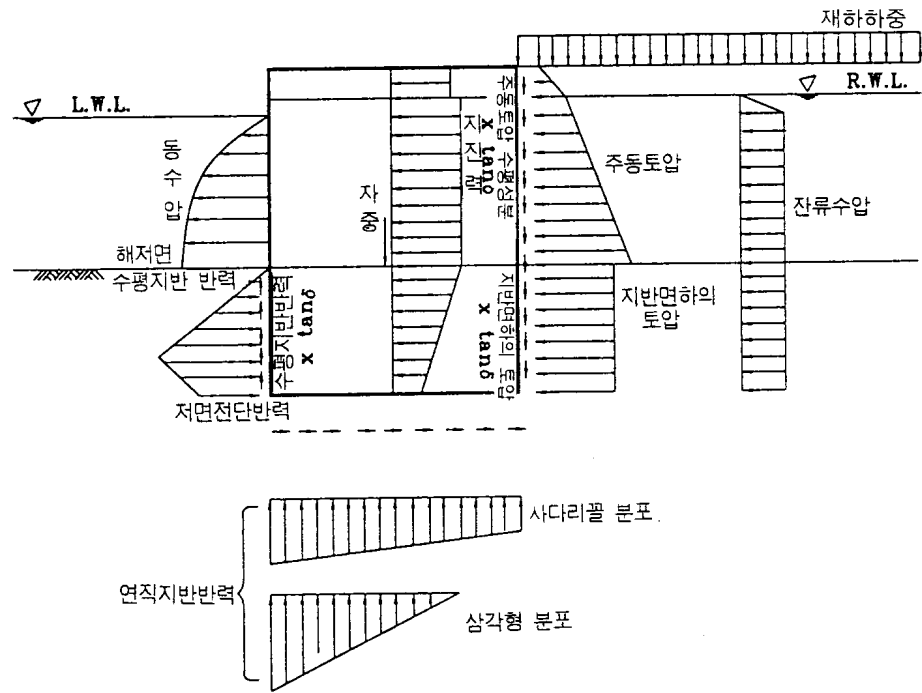
셀저면의 연직지반반력은 사다리꼴형 또는 삼각형 분포가 되고 인장응력은 발생하지 않는 것으로 한다.

(2) 연직마찰저항력

연직마찰력을 셀전벽과 셀후벽에 고려하고 연직마찰 저항력은 수평토압 또는 지반반력과 $\tan \delta$ 의 곱으로 한다. 이 경우 δ 는 벽면마찰각으로 한다.

(3) 외력의 분포

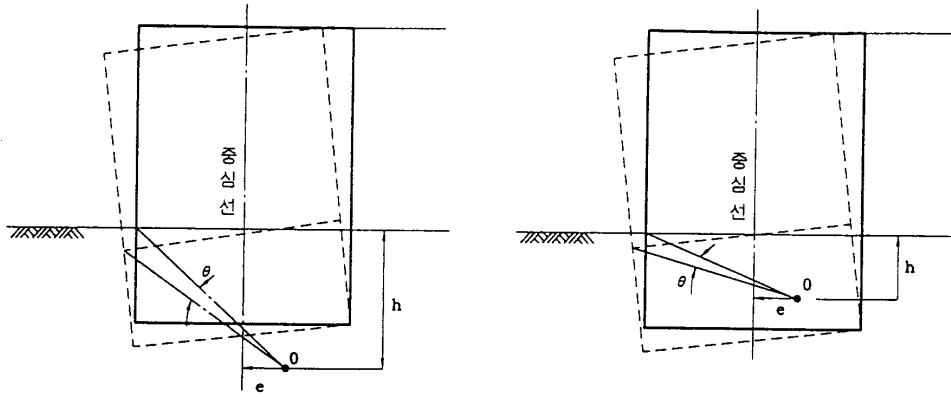
셀식 널말뚝안벽에 있어서 작용하중, 지반반력 등의 외력의 표준적인 분포는 도참(7-12)와 같다.



도참(7-12) 外力의 分布

(4) 셀의 변위모드(Mode)

셀은 도참(7-13)에서 보는 바와 같이 그 중심축에서의 거리 e , 해저면부터의 깊이 h 의 점 O 를 중심으로 회전하는 것으로 생각된다. 회전중심이 셀의 내부에 있는 경우, 회전중심 이하에서는 수평지반반력은 셀 후면벽에 발생한다.



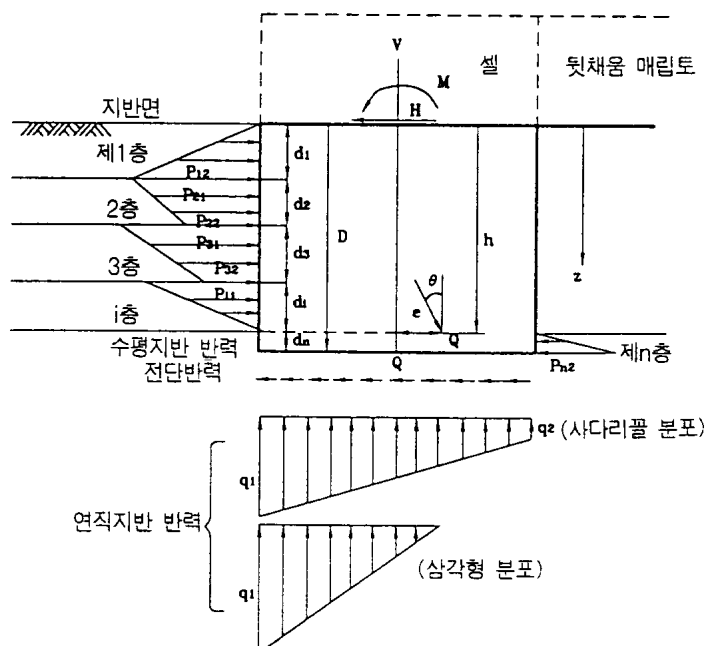
(a) 回轉中心이 壁體外에 있는 경우

(b) 回轉中心이 壁體內에 있는 경우

도참(7-13) 벽체의 변위모드

(5) 지반반력 및 벽체의 변위계산식

벽체 중앙의 지반면 위치에 수평력, 연직력 및 모멘트가 작용하고 지반이 n 개의 층으로 성립된 경우의 계산 Model을 도참(7-14)에 나타내었다. 도참(7-14)에 나타난 계산 Model에 관하여 지반반력, 벽체의 변위 등을 구하는 계산식을 다음에 제시한다.



도참(7-14) 계산 Model

① 연직지반반력이 사다리꼴 분포인 경우

가. 수평지반반력(kN/m)

$$\left. \begin{aligned} p_{12} &= K_{H1}(h-d_1)\theta \\ p_{21} &= K_{H2}(h-d_1)\theta \\ p_{22} &= K_{H2}(h-d_1-d_2)\theta \\ &\vdots \\ p_{i1} &= K_{Hi}(h-\sum_{j=1}^{i-1} d_j)\theta \\ p_{i2} &= K_{Hi}(h-\sum_{j=1}^i d_j)\theta \\ &\vdots \\ p_{n1} &= K_{Hn}(h-\sum_{j=1}^{n-1} d_j)\theta \\ p_{n2} &= K_{Hn}(h-\sum_{j=1}^n d_j)\theta \end{aligned} \right\} \quad (\text{참7-19})$$

나. 연직지반반력(kN/m²)

$$\begin{aligned} q_1 &= K_v(e+B/2)\theta \\ q_2 &= K_v(e-B/2)\theta \end{aligned} \quad (\text{참7-20})$$

다. 벽체 저면의 전단반력(kN/m)

$$Q = K_s(h-D)\theta A \quad (\text{참7-21})$$

라. 벽체의 수평변위(m)

$$\delta_z = (h-z)\theta \quad (\text{참7-22})$$

마. 벽체의 회전각 (°)

$$\theta = \frac{MK_1 + HK_3}{K_1K_4 - K_2K_3} \quad (\text{참7-23})$$

바. 벽체의 회전중심 깊이(m)

$$h = \frac{MK_2 + HK_4}{MK_1 - HK_3} \quad (\text{참7-24})$$

사. 벽체의 중심축에서 회전중심까지의 거리(m)

$$e = \frac{1}{K_v A} \left\{ \frac{V}{\theta} - h \sum_{i=1}^n K_{Hi} d_i \tan |\delta_i| + \sum_{i=1}^n K_{Hi} d_i \left(\sum_{j=1}^{i-1} d_j + \frac{d_i}{2} \right) \tan |\delta_i| \right\} \quad (\text{참7-25})$$

여기서,

$$K_1 = \sum_{i=1}^n K_{Hi} d_i + K_s A$$

$$K_2 = \sum_{i=1}^n \left\{ K_{Hi} d_i \left(\sum_{j=1}^{i-1} d_j + \frac{d_i}{2} \right) \right\} + K_s A D$$

$$K_3 = \sum_{i=1}^n \left\{ K_{Hi} d_i \left(\sum_{j=1}^{i-1} d_j + \frac{d_i}{2} + \frac{B}{2} \tan \delta_i \right) \right\} + K_s A D$$

$$K_4 = \sum_{i=1}^n \left\{ K_{Hi} d_i \left(\frac{d_i^2}{3} + \sum_{j=1}^{i-1} d_j \sum_{j=1}^i d_j + \frac{B}{2} \left(\sum_{j=1}^{i-1} d_j + \frac{d_i}{2} \right) \tan \delta_i \right) \right\} + K_s A D^2 + \frac{1}{12} K_v A^3$$

단, 벽면마찰각 δ 는 수평지반반력이 전면 벽에 작용하는 지층에서는 부(-)의 것으로 하고 그것이 후면 벽에 작용하는 지층에서는 정(+)으로 한다.

② 연직지반반력이 삼각형 분포인 경우

수평지반반력, 벽체의 수평변위, 회전각, 회전중심의 깊이는 ①과 같은 공식으로 표시된다.

가. 연직지반반력(kN/m²)

$$q_1 = K_v \left(e + \frac{B}{2} \right) \Theta \quad (\text{참7-26})$$

나. 벽체저면의 전단반력(kN/m²)

$$Q = K_s (h - D) \Theta A' \quad (\text{참7-27})$$

$$\text{여기서, } A' = e + \frac{B}{2} \quad (\text{참7-28})$$

다. 벽체중심축으로부터 셀의 회전중심까지의 거리(m)

$$e = \sqrt{\frac{2}{K_v} \left\{ \frac{V}{\Theta} - h \sum_{i=1}^n K_{Hi} d_i \tan |\delta_i| + \sum_{i=1}^n K_{Hi} d_i \left(\sum_{j=1}^{i-1} d_j + \frac{d_i}{2} \right) \tan |\delta_i| \right\} - \frac{B}{2}} \quad (\text{참7-29})$$

여기서,

$$K_1 = \sum_{i=1}^n K_{Hi} d_i + K_s A'$$

$$K_2 = \sum_{i=1}^n \left\{ K_{Hi} d_i \left(\sum_{j=1}^{i-1} d_j + \frac{d_i}{2} \right) \right\} + K_s A' D$$

$$K_3 = \sum_{i=1}^n \left\{ K_{Hi} d_i \left(\sum_{j=1}^{i-1} d_j + \frac{d_i}{2} + \frac{B}{2} \tan \delta_i \right) \right\} + K_s A' D$$

$$K_4 = \sum_{i=1}^n \left\{ K_{Hi} d_i \left(\frac{d_i^2}{3} + \sum_{j=1}^{i-1} d_j \sum_{j=1}^i d_j + \frac{B}{2} \left(\sum_{j=1}^{i-1} d_j + \frac{d_i}{2} \right) \tan \delta_i \right) \right\} + K_s A' D^2 + \frac{1}{6} K_v A'^2 (B - e)$$

단, 벽면마찰각 δ 는 수평지반반력이 전벽에 작용하는 지층에서는 부(-), 후벽에 작용하는 지층에서는 정(+)으로 한다.

①, ②의 경우의 식에서

V : 벽체에 작용하는 연직력(kN/m)

H : 벽체에 작용하는 수평력 (kN/m)

M : 벽체의 지반면 중앙점에 작용하는 모멘트(kN·m/m) 단, 벽체에 작용하는 외력은 기준선 방향 단위길이당의 계산 값

D : 근입길이(m)

d_i : 근입부 지반의 각층 두께(m)

B : 환산벽체폭(m)

K_{Hi} : 근입부 지반 각층의 수평방향지반반력계수(kN/m³)

K_v : 벽체 저면에 있어서의 연직방향지반반력계수(kN/m³)

K_s : 벽체 저면에서의 수평방향 전단스프링정수(kN/m³)

A : 벽체 저면의 기준선방향 단위길이당 면적(m²/m)

A' : 연직지반반력이 정(+)인 벽체 저면의 기준선방향 단위길이당 면적(m²/m)

7-5 지반의 지지력 검토

벽체 저면의 지반 반력은 지반의 허용지지력 이내이어야 한다.

[참 고]

- (1) 벽체 저면에서 지반의 지지력은 제4편 2-4 편심·경사하중에 대한 지지력에 준해서 산정한다.
- (2) 셀 전면벽 및 후면벽에 작용하는 토압의 연직분력으로는 주동토압의 연직분력, 근입부 토압에 의한 마찰력, 수동토압의 연직분력 또는 지반반력에 의한 연직분력 등을 고려한다. 토압의 연직분력 작용방향은 셀의 중량과 같은 방향을 정(+)으로 취한다.
- (3) 벽체 저면에서 흙의 내부마찰각은 벽체 저면의 상부와 하부가 각각 다른 경우, 그 중 적은 값을 취한다.

7-6 벽체의 활동 검토

벽체의 활동에 대한 검토는 본편 3-3-2 벽체의 활동에 대한 검토에 준한다.

[참 고]

- (1) 벽체의 활동에 대한 검토는 중력식 벽체에 대한 검토 방법에 준하는 것으로 하고 벽체 저면과 지반에 작용하는 허용전단저항력은 식(참7-30)에 의해서 산정한다.

$$Q_a = \frac{1}{F_s} (W + P_V) \tan \phi \quad (\text{참7-30})$$

여기서,

Q_a : 허용전단저항력(kN/m)

W : 벽체의 중량(kN/m)

P_V : 전면벽 및 후면벽에 작용하는 토압의 연직분력(kN/m)

ϕ : 벽체 저면부 흙의 내부마찰각(°)

F_s : 안전율(평상시 1.2이상, 이상시 1.1이상)

- (2) 벽체 중량은 재하하중을 포함하지 않는 중량으로서 부력을 제외한 값으로 한다.
- (3) 전면벽 및 후면벽에 작용하는 토압의 연직분력은 주동토압의 연직분력, 지반면 아래의 토압에 의한 마찰력, 수동토압의 연직분력, 지반반력에 의한 연직분력 등을 고려한다.
토압의 연직분력 작용방향은 벽체의 중량과 같은 방향을 정(+)으로 한다.
- (4) 벽체저면에 있어서 흙의 내부마찰각은 벽체저면의 상부와 하부의 지반이 각각 다른 경우, 그중 적은 값으로 하는 것이 좋다.

7-7 벽체마루의 변위 검토

셀 마루의 수평변위는 허용변위량을 넘지 않도록 한다.

[참 고]

허용변위량은 일반적으로 구조물 안전상의 관점에서 구조물의 용도에 따라 결정되는데, 항만구조물에서는 그 값이 정해지지 않은 경우가 많다. 따라서 지반반력 등이 허용치 이내인 경우도 셀마루의 변위량이 크게 되면 기능상 지장을 초래하는 수가 있으므로 이 경우에는 허용변위량을 결정하여 두는 것이 바람직하다.

(1) 항만구조물의 허용변위량을 고려해야 하는 경우에서의 관점들로는 다음과 같은 것들이 있다.

① 구조안정성 : 안벽이나 호안의 구조적 안정성에 관한 현행의 평가방법은 중력식 구조물은 변위·변형과 결부되지 않으나, 말뚝식이나 널말뚝식 구조물은 변위·변형이 토질정수에 지배되기 때문에 구해진 안전율 값을 반드시 충분한 정도를 갖는다고 하기는 어렵다. 또, 구조상의 허용변위량은 구조형식에 의해서 크게 달라진다. 예를 들면 중력식 구조물은 큰 변위가 발생하여도 안정성은 변위가 발생하는 이전과 큰 차이가 없으나, 널말뚝식이나 말뚝식 구조물에서는 변위·변형의 발생상태에 따라서 뚜렷하게 안정성이 저하된다.

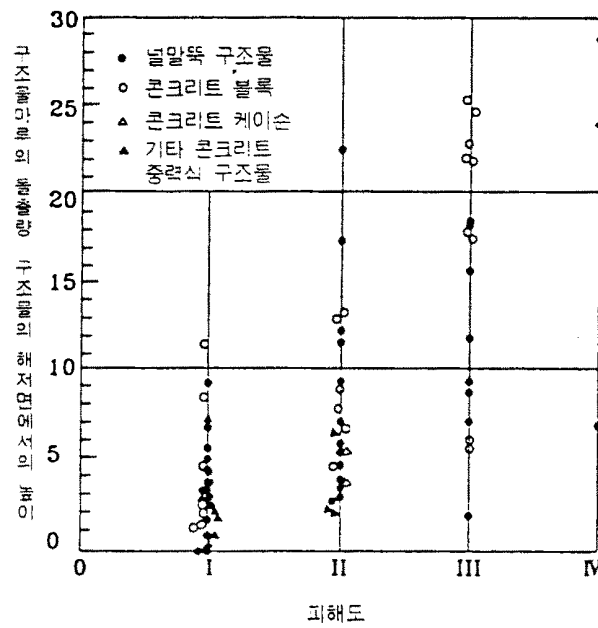
② 기능 : 안벽이나 호안에서는 그 구조물이 갖는 기능에 지장을 초래하지 않는 최대변위가 허용변위량이 된다. “항만시설의 유지관리 지침서”에 따르면 케이슨식 안벽의 기능상 변형상태 한계치가 정리되어 있으며, 이중에서 상부공의 수평방향 변위는 선박접안의 안정성 관점에서 20~30cm로 되어 있다. 그러나 호안에 대해서는 안벽과 다르게 지수성 확보나 월파에 대한 마루높이의 보호 및 유지와 같은 기능상 관점에서 검토되어야 한다.

③ 경제성 : 예측한 것 이상의 대지진이 발생한 경우, 큰 설계진도로 건설된 구조물은 건설비는 높으나 예상되는 피해액은 적으며, 이 반대의 경우도 있다. 따라서 경제적인 관점에서는 건설비와 피해에 따른 예상복구비의 합이 최소가 되도록 해야 한다. 이와 같은 관점으로 설계된 구조물에 고려되는 변위·변형은 경제적 관점에서의 허용량으로 볼 수 있다.

(2) 허용변형량은 앞에서 언급한 종류의 관점에서 설정되어야 하나, 이 경우 허용변위량을 다음과 같이 2단계로 생각해 볼 수도 있다. 즉, 구조물을 사용하는데 지장이 없고 유지보수가 필요 없을 정도의 비교적 적은 허용변위량과, 사용여건 상 응급적인 대책이 필요하나 그것이 유지보수의 범위 내가 되도록 하는 조금 큰 편의 허용변위량 등 2종류가 있다. 이것들의 허용치를 설정하는데 있어서는 구조물의 중요도 및 내용연수도 고려되어야 할 사항이다.

(3) 일반적으로 허용변위량을 정하는데 있어서 과거의 지진피해보고 등에서 얻어진 중력식 및 널말뚝식 구조물의 마루부분의 돌출량과 피해도의 관계가 참고가 되고 있다.

이 관계를 나타낸 도참(7-15)에 의하면 피해도Ⅱ의 구조물 마루부분의 돌출량과 벽체높이의 비가 대부분 1.5%이상이다. 따라서 본절에 나타내는 방법에 의해 설계계산을 수행하는 경우, 셀마루의 허용수평 변위량을 벽체높이의 1.5% 이내로 하는 것이 바람직하다.



도참(7-15) 피해도와 마루부분의 돌출량/벽체높이

표참(7-1) 피해도와 피해상황

피해도	피 해 상 황
0	피해 발생 없음
I	본체에 이상은 없으나 부속구조물에 파괴 또는 변형이 발생된 상태
II	본체에 상당히 변형이 발생된 상태
III	변형은 멈추었으나 구조물 본체에 파괴가 발생된 상태
IV	전체가 파괴되어 변형이 멈추지 않는 상태

7-8 원호활동 검토

지반이 견고하지 않은 경우에는 필요에 따라서 원호활동에 대한 검토를 시행하여야 한다. 이 경우 원호 활동면은 셀의 내부를 통과하지 않는 것으로 한다.

[해설]

지반 및 셀 배면의 뒤채움재료의 내부마찰각이 30° 이상인 경우에는 원호활동 검토를 생략하는 경우가 많다. 또 셀이 강체로 판단되는 경우에는 원호활동면이 셀 본체 및 내부를 통과하지 않는 것으로 생각해도 좋다.

7-9 셀의 배치

셀의 배치는 본편 7-3 벽체의 전단변형 검토 또는 7-4 벽체전체로서의 안정검토에서 구한 환산벽체폭과 같은 면적이 되도록 한다.

[참 고]

셀의 평면형으로는 일반적으로 원형 셀이 채용되고 있으므로 여기서는 원형 셀의 배치에 있어서 고려 할 사항을 나타낸다.

(1) 환산벽체폭을 원형셀로 바꾸어 놓는 경우, 실제의 벽체와 단면적이 같아지도록 다음과 같이 하면 된다.

(도참(7-16)참조)

$$S_1 = \nabla ABC \times 2 = \pi R^2 \times \frac{\theta_1}{360} \times 2 = \frac{\pi}{180} R^2 \theta_1$$

$$S_2 = \triangle ACD \times 2 = \frac{1}{2} \times \overline{AD} \times \overline{CD} \times 2 \times \frac{R^2}{2} \sin 2\theta_1$$

$$S_3 = \square CC'D'D = \overline{CD} \times \overline{CC'} = 2Rr \cos \theta_1 \sin \frac{\theta_2}{2}$$

$$S_4 = \square CGC'E = \nabla ECGC' - \nabla ECGC'$$

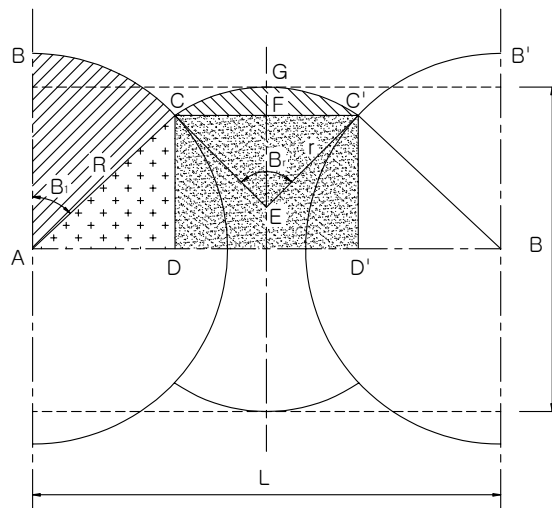
$$= \pi r^2 \times \frac{\theta_2}{360} - \frac{1}{2} \times \overline{CC'} \times \overline{FE} = \left(\frac{\pi \theta_2}{360} - \frac{1}{2} \sin \theta_2 \right) r^2$$

$$\text{단, } \theta_1 + \frac{\theta_2}{2} = 90^\circ$$

$$S = (S_1 + S_2 + S_3 + S_4) \times 2$$

$$\therefore B = \frac{S}{L}$$

(참7-31)



도참(7-16) 셀의面積과 換算壁體幅

(2) 셀의 중심 간격은 계산안 총연장에 대하여 과부족이 없도록 배려하는 동시에 될 수 있는 대로 좁게 하는 것이 좋다. 일반적으로 셀의 중심 간격은 셀 직경보다 10~15% 크게 하는 것이 좋다.

- (3) 연결호는 셀 본체의 벽과 직각으로 접속하도록 배치한다. 또 연결호의 반지름은 셀 본체의 반지름보다 작게 해야 한다.
- (4) 연결호의 선단은 속채움 시공에 의해서 앞으로 나오는 경향이 있으므로, 연결호의 선단의 위치는 셀 전면의 접선보다 100~150cm정도 내측에 배치하는 것이 좋다. 또한, 셀 전면의 접선 위치는 계획 기준선보다 30cm정도 내측에 배치하는 것이 좋다.

7-10 널말뚝 인장력의 계산

본체 Cell 또는 아크부에서 발생하는 널말뚝 인장력은 허용널말뚝 인장력을 넘지 않아야 한다.

[참 고]

- (1) 널말뚝의 인장력은 통상 해저면에서 계산한다. 직선널말뚝 아크의 인장강도가 5,900kN/m 또는 3,900kN/m의 경우, 각각의 허용널말뚝 인장력은 2,000kN/m 또는 1,500kN/m으로 한다.
- (2) 널말뚝 인장력은 식(참7-32)로 계산한다.

$$T = \{(\gamma H_o' + q)K_i + \gamma_w h_w\}R \quad (\text{참7-32})$$

여기서,

T : 널말뚝 인장력(kN/m)

K_i : 속채움의 토압계수

γ : 속채움의 환산 단위체적중량(kN/m³)

γ_w : 해수의 단위체적중량(kN/m³)

H_o' : 환산벽 높이(m)

h_w : 셀 내측과 전면과의 수위차(m)

R : 셀의 반경(m)

q : 재하하중(kN/m²)

- (3) 환산벽 높이 H_o' 는 본편 7-3-4 저항모멘트의 계산 해설 식(참7-12)에 의해서 구한다.
- (4) 셀 본체의 속채움 토압계수는 속채움에 쇄석과 같은 내부 마찰력이 큰 재료를 사용한 경우나 다짐을 하지 않은 경우에는 0.6으로 하면 충분하다. 그러나 다짐을 하는 경우에는 내부 마찰각이 커짐과 동시에 셀의 내압이 증대함을 고려하여 속채움 토압계수는 $\tan\phi$ 를 사용한다. 아크부의 속채움 토압계수는 $\frac{1}{2}\tan\phi$ 로 한다. 그것은 셀식 널말뚝 모형실험 및 현장측정의 결과로부터 셀의 중심 간격과 셀 직경의 비가 1.5 이하이면 아크부의 속채움 토압계수는 셀 본체의 1/2 이하라는 사실이 밝혀졌기 때문에 이를 셀식 널말뚝 구조에 준용한 것이다.
- (5) 직선형 널말뚝은 구조특성, 경제성, 시공성 등을 고려해서 선정한다.

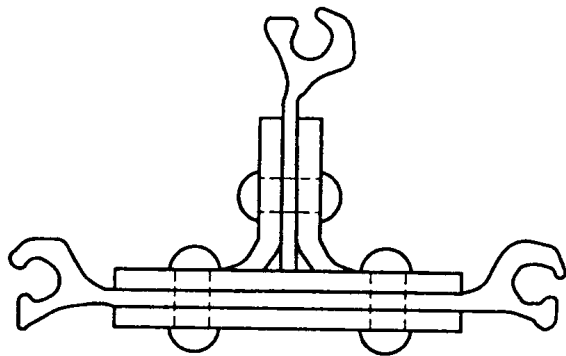
7-11 T형 널말뚝의 설계

7-11-1 일 반

셀본체와 아크부의 연결은 T형 널말뚝을 사용하는 것으로 한다.

[해 설]

T형 널말뚝이란 셀본체와 아크부를 연결하는 이형 널말뚝이다.(도참(7-17) 참조)



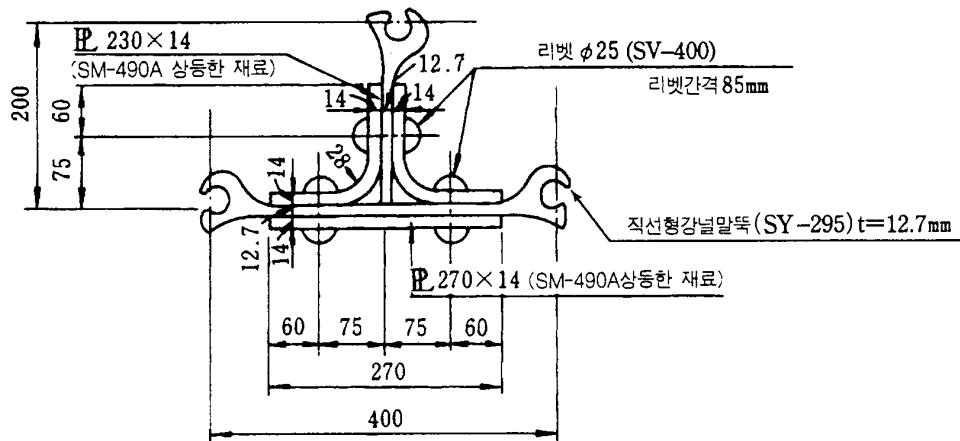
도참(7-17) T형 널말뚝의 일예

7-11-2 구 조

T형 널말뚝의 구조는 셀본체 및 아크부에 작용하는 널말뚝 인장력에 대해서 안전한 구조로 한다.

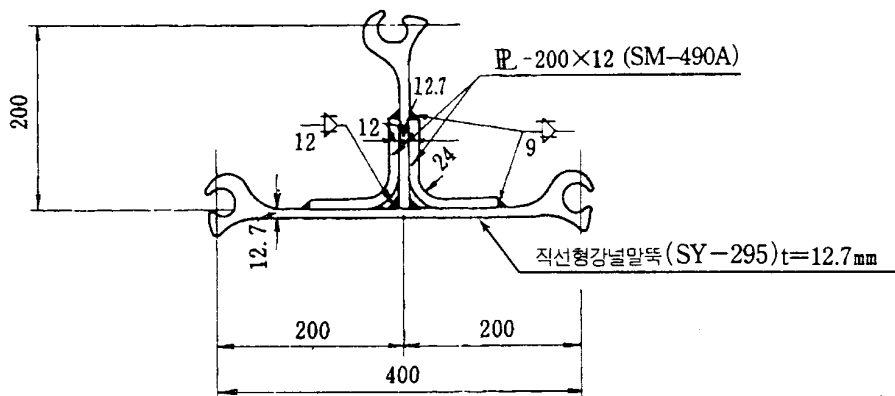
[참 고]

- (1) T형 널말뚝의 표준적인 구조를 도참(7-18), 도참(7-19)에 표시한다.
- (2) 도참(7-18), 도참(7-19)는 셀 본체 널말뚝의 항복인장강도를 3,900kN/m(허용 널말뚝인장력 1,500 kN/m)로 한 경우, 아크부의 직경이 본체부 직경의 2/3이하인 구조(인장강도 2,600kN/m, 허용 널말뚝인장력 980kN/m)를 정해서 파괴시험으로 그 강도를 확인한 것이다. 단, 이때의 리벳접합 및 용접접합은 공장에서 한 것이다.



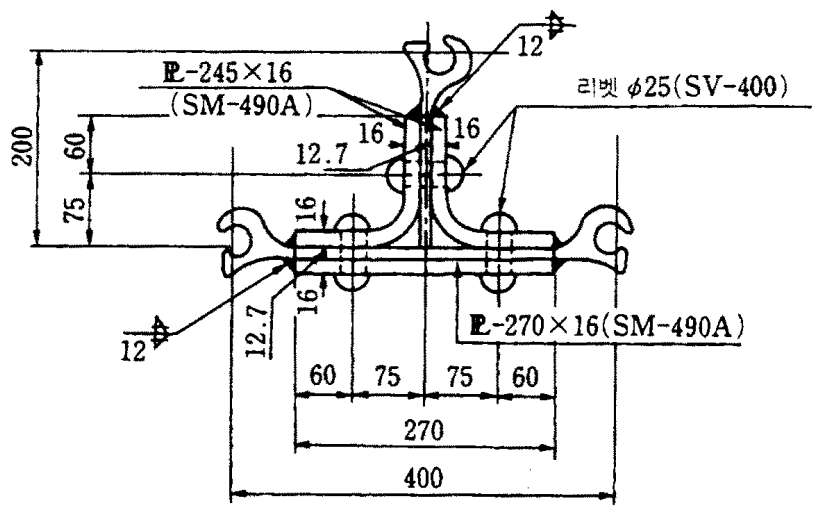
도참(7-18) 리벳접합(Rivet 간격 85mm) 표준단면도

- (3) 도참(7-19)의 용접접합을 사용할 경우는 T형 널말뚝에 쓴 강종류로서 종래의 2종 재료가 아니고 용접용강 재를 사용하는 것으로 한다.

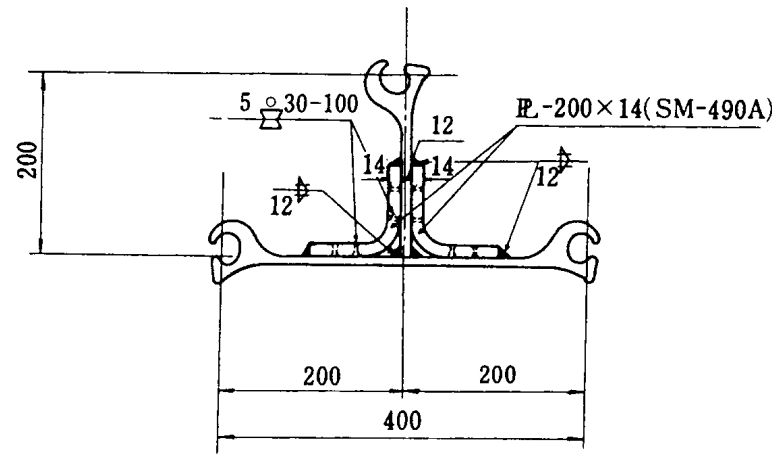


도참(7-19) 용접접합에 의한 표준단면

- (4) 도참(7-18), 도참(7-19)의 표준단면에서 두께 t=12.7mm의 직선형 강널말뚝을 사용하도록 규정하고 있다. 그러나 두께 t=9.5mm의 것을 사용한 T형 널말뚝에 대해서는 파괴시험에 의해 그 내력이 확인되어 있지 않으므로 T형 널말뚝은 도참(7-18), 도참(7-19)에 표시한 표준단면을 사용하는 것이 바람직하다.
- (5) 도참(7-20)과 도참(7-21)은 셀 본체의 널말뚝 조임틀의 인장강도를 5,900kN/m(허용널말뚝 인장력 2,000 kN/m)로 한 경우의 아크부 직경이 본체부 직경의 2/3이하인 구조를 선정하여 파괴시험에 의하여 그 강도를 확인한 것이다.



도참(7-20) 리벳+용접접합(Rivet 간격 85mm)단면



도참(7-21) 용접접합에 의한 단면

7-12 세부설계

7-12-1 상부공 지지말뚝의 설계

상부공 지지말뚝은 연직력과 수평력 또는 모멘트를 받는 말뚝으로 설계한다.

[참 고]

- (1) 상부공은 말뚝만으로 지지하여야 한다.
- (2) 상부공에 작용하는 외력은 본편 6-6의 선반부의 설계에 준한다.

- (3) 일반적으로 상부공에 작용하는 수평력은 직접 속채움에 전달되는 것이 아니고, 먼저 말뚝에 전달되고 말뚝의 수평저항으로서 속채움에 전달된다. 따라서 상부공을 지지하는 말뚝은 연직력과 수평력 또는 모멘트를 받는 말뚝으로 설계해야 한다.
- (4) 상부공을 지지하는 말뚝은 직항을 사용하는 경우가 많다. 말뚝머리부에는 상부공과의 구속 정도에 따라 말뚝머리 모멘트가 작용하는 수가 있다. 말뚝 설계시 지표면을 정하는 방법은 선반말뚝과 같이 주동토압의 붕괴면으로 하지 않고 상부공의 저면으로 한다.
- (5) 말뚝계산의 상세 사항은 제4편 제4장 말뚝기초의 지지력에 준한다.

7-12-2 상부공의 설계

상부공의 배근계산은 다음 항목에 대해서 한다.

- (1) 직립부
- (2) 상판부(슬래브부)

[참 고]

- (1) 상부공의 직립부는 직립부에 작용하는 토압 및 잔류수압을 하중으로 받고 상판부에서 지지되는 캔틸레버로 설계한다.
- (2) 상부공의 시공조인트는 셀 본체의 중심위치에 두는 것이 좋다.
- (3) 상부공 후단은 T형 널말뚝보다 후방으로 1.0m 정도까지 연장하는 것이 바람직하다.
- (4) 상판부(슬래브)의 설계는 본편 6-6-2[2] 저판부에 준하지만 널말뚝으로부터 전달되는 수평력에 관한 사항에 대해서는 제외한다.
- (5) 셀 전면의 널말뚝 상부는 모래 누출방지 및 방식을 위하여 콘크리트로 감싸는 것이 좋다.

제 8 장 강판 셀식 안벽

8-1 거치식 강판셀 안벽

8-1-1 설계의 기본방침

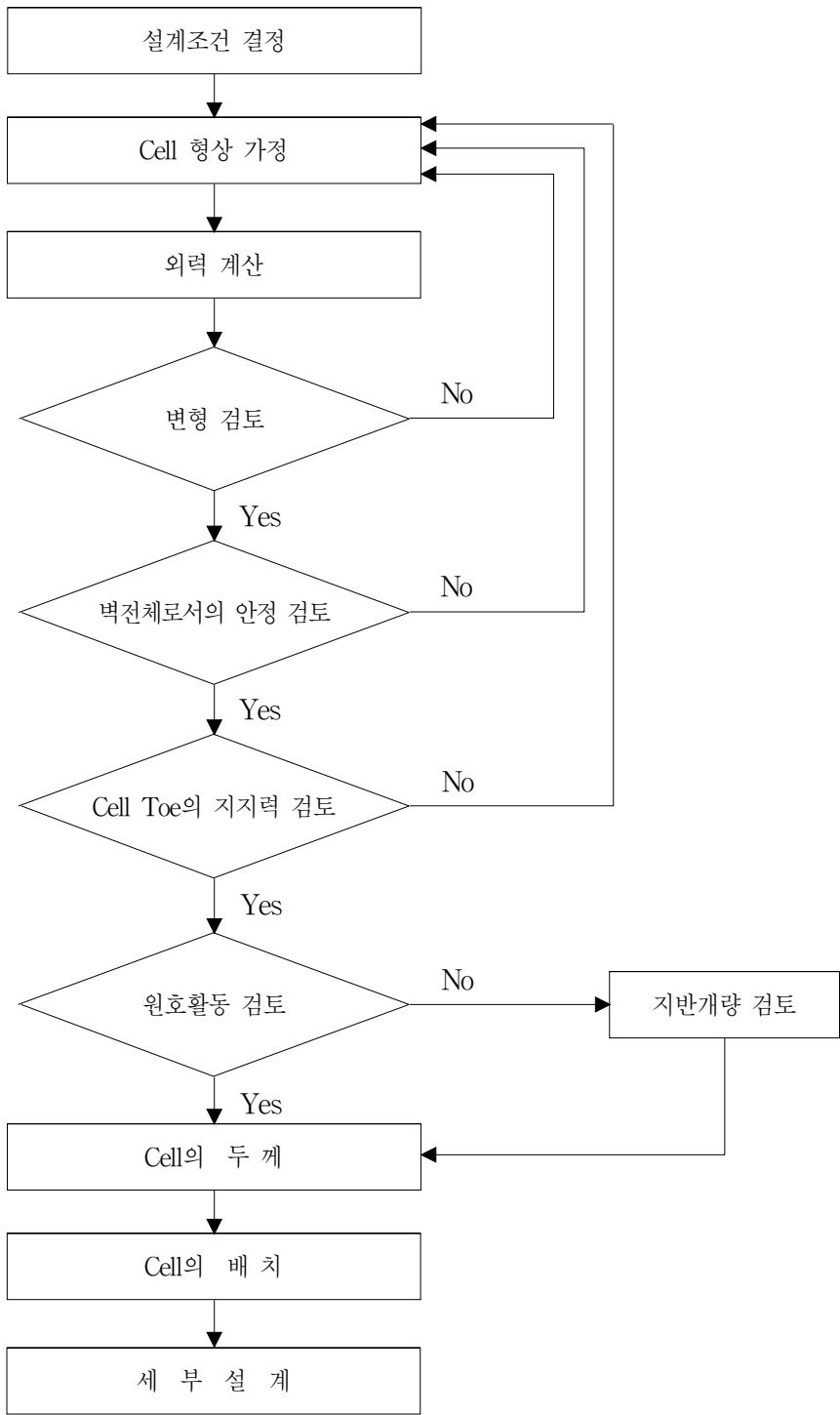
본절은 강판셀(Cell) 구조로서 토층에 근입시키지 않는 셀(Cell)식 안벽의 설계에 적용한다.

[해설]

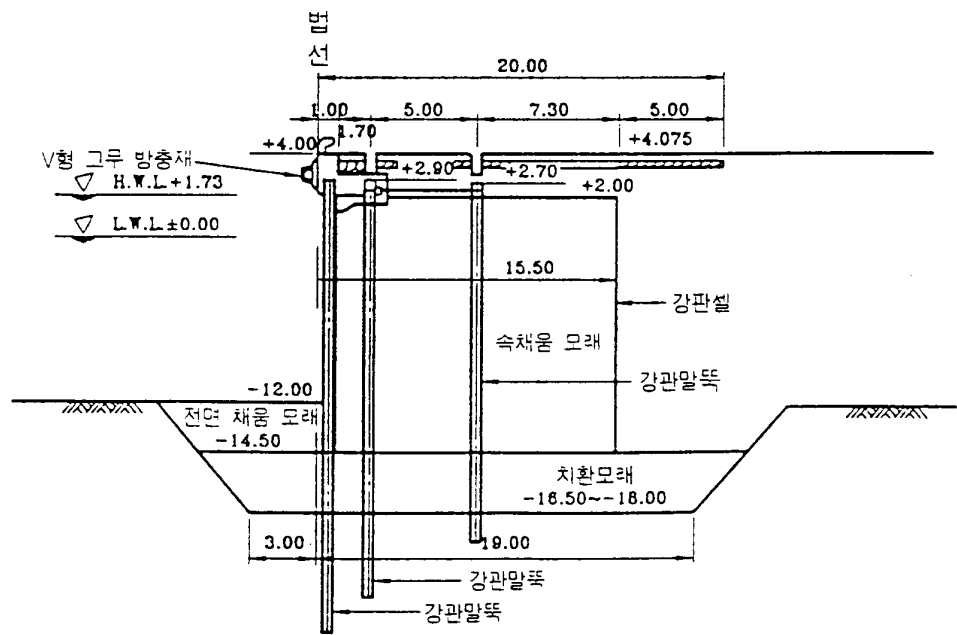
토층에 근입시키지 않는 강판셀식 안벽(근입식 강판셀 안벽과 구분하기 위하여 거치식 강판셀 안벽이라고 한다)은 충분한 지지력을 확보할 수 있는 양호한 기초지반 위, 또는 충분한 지지력을 갖도록 개량된 지반상에 적용하는 구조이다.

[참고]

- (1) 거치식 강판셀 안벽의 설계는 도참(8-1)의 순서로 하는 것이 일반적이다. 지진시는 제2편 제12장 지진 및 지진력을 참조한다.
여기서 셀의 형상을 외력계산에 우선하여 가정하는 것은 지진력이 셀의 크기에 의해 결정되기 때문이다.
- (2) 본 구조를 사용하는 호안의 설계에도 이 설계법을 준용할 수가 있다. 거치식 강판셀 안벽의 일예가 도참(8-2)와 같다.
- (3) 강판셀식 안벽의 설계에 있어서 일반적으로 셀의 변형 검토는 평상시 조건으로, 전도 검토는 지진시의 조건으로 수행하면 충분하다.
- (4) 셀의 속채움이나 셀 배후의 후면매립토는 지진시 액상화의 위험이 없도록 양질의 모래를 써서 충분히 다져야 한다. 또 액상화의 위험이 없는 자갈 등의 재료를 사용한다.
만일 액상화의 위험이 있거나 셀 안에 점성토가 남을 경우에는 셀의 변형이 커질 우려가 있으므로 별도의 검토가 필요하다.



도참(8-1) 거치식 강판셀 안벽의 설계순서



도참(8-2) 거치식 강판셀 안벽 설계에

8-1-2 강판셀에 작용하는 외력

강판셀에 작용하는 외력은 본편 7-2 널말뚝 셀에 작용하는 외력과 하중에 준한다.

8-1-3 벽체의 전단변형 검토

[1] 일 반

벽체의 전단변형에 대한 검토는 평상시에 작용하는 하중에 대해서 시행한다.

[2] 셀의 환산벽체 폭

셀의 환산벽체 폭은 본편 7-3-2 환산벽체 폭에 준한다.

[해 설]

강판셀의 형상은 셀의 반경, 높이, 셀의 중심 간격, 아크(Arc)의 위치와 반경에 의해서 결정되지만 설계 계산 시 적용되는 제원은 셀의 환산벽체 폭, 높이, 셀 본체의 반경이다. 벽체의 전단변형에 대한 안전율은 평상시 1.2이상을 표준으로 한다.

[3] 변형모멘트의 계산

변형모멘트는 본편 7-3-3 변형모멘트의 계산에 준한다.

[4] 저항모멘트의 계산

저항모멘트는 셀의 구조특성 및 벽체의 변형을 고려하여 적당히 산정하여야 한다.

[해설]

여기서 말하는 변형모멘트란 해저면 상에 작용하는 주동토압, 잔류수압등의 외력이 해저면에 대해서 작용하는 모멘트를 말한다.

[참고]

- (1) 벽체의 전단변형에 대한 검토에서 안전율은 평상시 1.2 이상을 표준으로 한다.
- (2) 강판셀의 변형(셀마루의 수평변위량이 셀벽체 높이의 0.5% 정도)을 허용하지 않을 때, 변형에 대한 저항모멘트는 식(참8-1), 식(참8-2)에 의하여 구한다.

$$M_{rd} = \frac{1}{6} \gamma_o H_d'^3 R_d \quad (\text{참8-1})$$

$$R_d = \nu_d^2 (3 - \nu_d \cos \emptyset) \sin \emptyset \quad (\text{참8-2})$$

여기서, M_{rd} : 강판셀의 변형 저항모멘트(kN·m/m)

H_d' : 셀 변형을 검토할 때의 환산벽체 높이(m)

R_d : 변형저항계수

γ_o : 속채움 재료의 환산단위체적중량(kN/m³)

ν_d : 셀 변형을 검토할 때의 환산벽체의 폭과 높이의 비(= B / H_d')

$\emptyset$: 속채움재의 내부마찰각(°)

- (3) 저항모멘트를 계산할 때의 셀의 환산벽체 높이 H_d' 는 식(참8-3)에 의해 계산한다. 이때 H_d' 는 해저면에서의 높이로 한다.

$$H_d' = \frac{\gamma'}{\gamma_o} H_w + \frac{\gamma_t}{\gamma_o} (H_d - H_w) \quad (\text{참8-3})$$

여기서,

H_d : 해저면에서 안벽 마루까지의 높이(m)

H_w : 해저면에서 잔류수위면까지의 높이(m)

γ_t : 잔류수위면 상부층의 속채움재 습윤단위체적중량(kN/m³)

γ' : 포화상태의 속채움재 수중단위체적중량(kN/m³)

γ_o : 속채움재 환산단위체적중량(kN/m³)

γ_o 는 일반적으로 10kN/m³를 사용하여도 좋다.

환산벽체 높이 H_d' 를 산정할 때 본편 7-3-4 저항모멘트의 계산과 같이 상재하중은 무시해도 좋다.

- (4) 속채움재료가 동일하다고 간주되는 경우에는 식(참8-1)에 있어서의 환산벽체 높이 H_d' 대신에 해저면에서 안벽 마루높이까지의 높이 H_d 를 사용하여도 무방하다.

8-1-4 벽 전체로서의 안정검토

[1] 활동 검토

활동에 대한 검토는 본편 7-6 벽체의 활동 검토에 준한다.

[2] 전도 검토

강판셀의 전도에 대한 계산은 셀 하단보다 상부에 작용하는 토압, 잔류수압, 지진력 등의 외력에 대한 안전성을 검토하여야 한다.

[참 고]

(1) 강판셀의 전도에 대한 저항모멘트는 식(참8-4), 식(참8-5)로 구한다.

$$M_{ro} = \frac{1}{6} \gamma_o H'^3 R_t \quad (\text{참8-4})$$

$$R_t = \nu'^2 (3 - \nu' \cos \phi) \sin \phi + 3(\alpha^2 - \beta^2) + 6\nu\beta \quad (\text{참8-5})$$

여기서,

M_{ro} : 강판셀의 전도에 대한 저항모멘트(kN·m/m)

$\alpha = K_a \tan \delta$

$\beta = K_a \tan \delta + \frac{\nu'}{2} (4 - \nu' \cos \phi) \tan \phi \tan \delta$

$\nu' = \nu - (\alpha + \beta)$

H' : 전도에 대한 저항모멘트를 구하기 위한 셀의 환산벽체높이(m)

R_t : 전도저항계수

ν : 셀의 환산벽체폭과 높이의 비 (= B/H')

B : 셀의 환산벽체폭(m)

δ : 속채움재료의 벽면마찰각(°), 통상 15°로 한다.

K_a : 속채움재료의 주동토압계수

그외의 기호는 식(참8-1), 식(참8-2)를 참조할 것.

(2) 전도에 대한 저항모멘트를 구하기 위한 환산벽체 높이 H' 는 식(참8-6)으로 계산한다.

$$H' = \frac{\gamma'}{\gamma_o} H_w + \frac{\gamma}{\gamma_o} (H - H_w) \quad (\text{참 8-6})$$

여기서,

H : 셀 하단에서 안벽 마루까지의 높이(m)

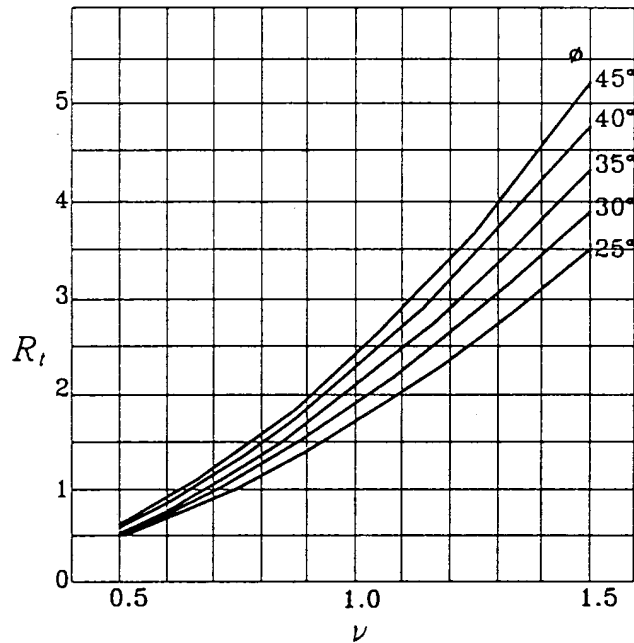
H_w : 셀 하단에서 잔류수위면까지의 높이(m)

(3) 전도저항계수 R_t 의 식은 복잡하여 도참(8-3)과 같이 R_t 와 ϕ , ν 의 관계를 그래프로 표시하였다. 이 그래프에서는 $\delta = 15^\circ$ 로 하여 계산한 것이다.

(4) 일반적으로 안벽에 사용되는 강판셀 속채움의 대부분이 해수 중에 있으므로 이 부분의 속채움에는 부력이 작용하여 동일한 속채움으로는 되지 않는다. 따라서 본문에서는 강널말뚝식 셀의 변형에 대한 저항모

멘트의 산정과 같은 환산벽체의 높이를 사용하고 있다. 속채움이 동일한 경우에는 식(참8-4)에 있어서 환산벽체 높이 H' 대신에 셀의 전체벽체 높이 H 를 써서 계산하여도 좋다. 이 경우에도 도참(8-3)은 사용된다. 전도에 대한 속채움의 작용이 동일하지는 않지만 속채움의 저항 중에 주된 것이 속채움의 매달리는 효과이므로 식(참8-5)와 같이 환산벽체폭과 높이의 비(ν)를 사용하여도 오차범위가 적어 안전측이 된다. 이 경우 재하하중은 고려하지 않아도 좋다.

- (5) 전도모멘트는 셀 하단에서부터 그 위에 작용하는 셀 하단에 관한 모멘트이다. 또 저항모멘트를 계산할 때, 셀의 환산벽체 높이 H' 는 셀 하단에서부터의 높이로 한다.
- (6) 전도에 관한 이상시의 안전율은 1.1이상으로 한다.



도참(8-3) 전도저항계수 R_t 와 ϕ , ν 와의 관계

8-1-5 셀 Toe의 지지력 검토

셀 Toe에 발생하는 최대반력은 셀 전면벽에 작용하는 속채움 흙의 영향 등을 고려하고 적절히 산정하여야 한다.

[참 고]

- (1) 셀 Toe에 발생하는 최대 반력은 식(참8-7)에 의해 검토하여야 한다.

$$V_t = \frac{1}{2} \gamma H^2 \tan^2 \phi \quad (\text{참8-7})$$

여기서,

V_t : 셀 Toe에 발생하는 最大 反力(kN/m)

γ : 속채움 재료의 단위體積重量(kN/m³)

H : 셀의 전체높이(m)

ϕ : 속채움재의 内部摩擦角(°)

식(참 8-7)은 속채움 재료의 土壓係數와 壁面摩擦係數와의 곱을 $\tan^2\theta$ 로 할 때, 前面벽 방향으로 밀리는 속채움재료의 重量을 나타내는 식으로, 속채움材料가 동일하지 않을 때는 土壓計算과 같은 방법으로 계산하면 된다.

- (2) 전체높이 H 는 일반적인 경우, 셀의 마루에서 下端까지로 한다. 그러나 어느 정도 크기의 上部工을 基礎말뚝으로 지지할 때는 上部工 下端에서 셀 下端까지로 하여야 한다.
- (3) 셀 前面의 反力이 식(참8-7)의 값으로 되는 것은 轉倒모멘트가 식(참8-4)에 나타나는 轉倒抵抗모멘트와 대개 같게 되는 때이고, 轉倒時 이외의 反力은 식(참8-8)의 값보다도 적게 된다. 모형실험에 의하면 전면 下端의 최대反力 V_t 는 轉倒모멘트와 대개 비례하고 있으므로 轉倒時 이외의 反力은 식(참8-8)로 구한다.

$$V = V_t \frac{M}{M_{ro}} \quad (\text{참8-8})$$

여기서,

V : 전도모멘트가 M 일 때의 셀 Toe의 반력(kN/m)

M : 전도모멘트(kN·m/m)

M_{ro} : 전도에 대한 저항모멘트(kN·m/m)

따라서 셀의 반경을 크게 하는 것에 따라 전도상태를 벗어나게 하고 저항모멘트 M_{ro} 를 크게 하며 Toe의 반력 V 를 적게 할 수 있다.

- (4) 기초의 지지력은 제4편 제2장 앞은 기초의 지지력을 참고한다.
- (5) 기초의 반력을 감소시키기 위해서 확대기초(Footing)를 셀 하단에 설치할 경우는 셀 외측으로 두는 것이 구조상 유리하다.

8-1-6 셀 두께의 결정

셀 두께는 셀에 작용하는 최대수평방향 인장력을 적절히 산정하는 것에 의해 결정한다.

[참 고]

- (1) 셀에 작용하는 최대 수평방향인장력은 식(참8-9)에 의하여 계산하여야 한다.

$$T = \{(\gamma H'_d + q)\tan\theta + \gamma_w h_w\} R \quad (\text{참8-9})$$

여기서,

T : 수평방향인장력(kN/m)

R : 셀의 반경(m)

H'_d : 해저면 상 환산벽체높이(m)

h_w : 셀 내측과 셀 전면과의 수위 차(m)

γ : 속채움 재료의 환산단위체적중량(kN/m³)

γ_w : 해수의 단위체적중량(kN/m³)

ϕ : 속채움 재료의 내부 마찰각(°)

q : 재하하중(kN/m²)

속채움 재료가 동일한 경우에는 환산벽체 높이 H_d' 대신에 해저면에서 마루까지의 높이 H_d 를 사용해도 무방하다.

- (2) 셀 본체에 작용하는 최대 인장력은 해저면 부근에서 발생하는 것이 아니고 마루에서부터 벽체높이의 1/2~2/3부근에 발생되므로 벽체높이의 1/2 이하는 식(참 8-9)에 표시하는 인장력에 견딜 수 있는 두께여야 한다.
- (3) 셀 본체는 속채움으로 인한 수평방향 인장력 이외에, 전면 하단 부근에서는 지반반력에 의한 압축응력, 측벽부근에서는 변형모멘트에 의한 전단 응력 등이 발생한다. 그러나 전면 하단 반력에 의한 압축응력은 인장응력에 비하여 매우 작고, 최대 응력의 발생점 위치 또한 달라서 안정상 문제가 되지 않는다. 또, 셀 하단외측에 확대기초를 설치하는 경우는 휨모멘트로 인한 응력이 매우 커지므로 주의해야 한다. 모형실험에서도 전도 파괴가 일어나기 전에는 전면 하단에서 좌굴이 일어나지 않았다. 두께가 얇은 셀의 실험결과에 따르면 격벽부근에는 국부좌굴을 일으키지 않으나 전도에 대한 저항은 속채움재가 전면벽에 얹히는 효과에 지배되는 것으로 보아 전도시에는 측벽에 상당한 전단응력이 일어나게 된다. 그러나 변형을 일으키기 전에는 속채움의 전면벽에 얹히는 효과는 지나치게 발생하지 않으며 셀 본체의 전단응력은 비교적 적은 것으로 생각된다. 전도시에는 셀 본체의 응력이 허용응력을 초과해도 무방하므로 전단응력의 영향은 무시하기도 한다.
- (4) 셀 전체의 강성, 부식의 관점에서 셀 전체의 최소두께는 6mm로 하는 것이 좋다.

8-1-7 세부설계

강판셀식 안벽의 세부 설계는 본편 7-12 세부설계에 준한다.

[해설]

- (1) 셀 강성을 증가시키기 위해서는 셀 강판에 보강재를 설치하여야 한다.
- (2) 아크부(연결호)가 직선형 강널말뚝으로 구성되는 경우, 조인트 강도의 검토는 본편 7-10 널말뚝 인장력의 계산에 준한다. 이 경우 아크와 강판셀의 조인트(T형 널말뚝)는 L형강을 강판셀에 용접하고 직선 형강 널말뚝을 약 반으로 절단한 것과 볼트 또는 용접으로 접속한다.(본편 도참(7-15), 도참(7-16) 참조) 아크부가 강판으로 구성되는 경우, 접합부의 구조는 본편 8-2-11 연결부 및 보강재에 나타난 형태가 좋다.
- (3) 상부공은 본편 7-12-2 상부공의 설계에 준한다.

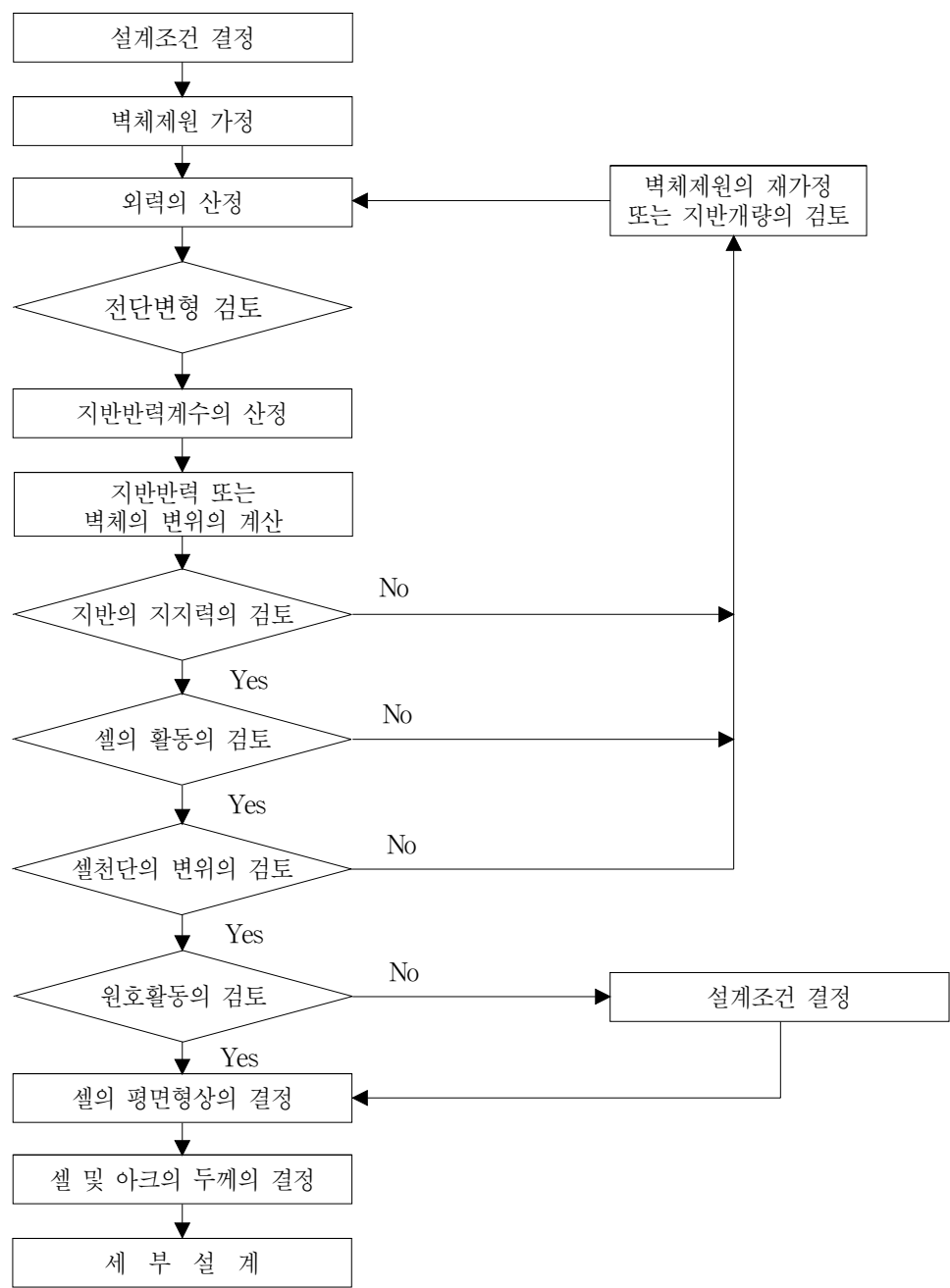
8-2 근입식 강판셀 안벽

8-2-1 일 반

본 절은 근입부가 있는 강판셀 구조를 사용하는 안벽의 설계에 적용한다.

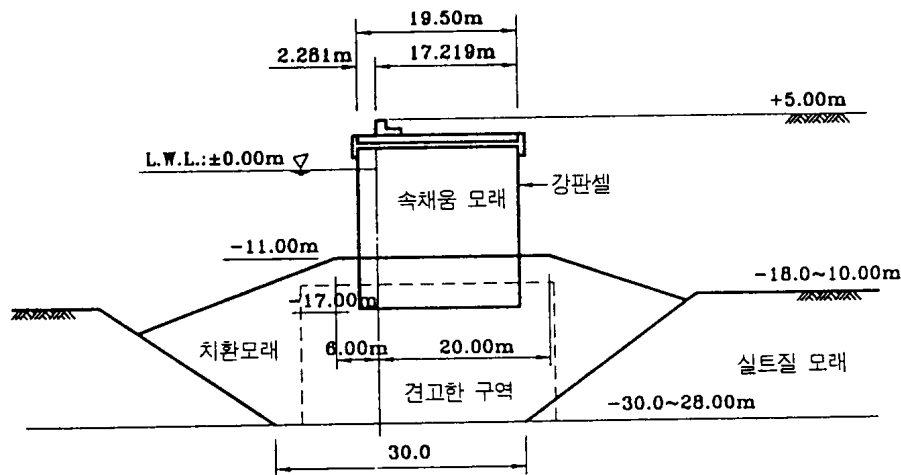
[참 고]

- (1) 근입부가 있는 강판셀 구조물은 사질토 지반 중에 타입시켜 강판셀의 근입된 효과에 의해 구조물의 안정성 향상을 도모하는 구조물이다. 본 절에서 설명하는 설계방법은 주로 사질토 지반에 타입된 근입식 강판셀에 대한 모형실험의 결과를 기초로 하였으며 벽체 높이의 1/8정도 이상의 근입길이를 갖는 경우에 적용된다. 지반이 견고하고 벽체높이의 1/8정도 이상 근입길이를 확보하지 못할 경우, 환산벽체폭과 벽체높이와의 비가 1/2~2정도의 일반적인 셀과 현저하게 다른 경우, 점성토 지반 또는 샌드컴팩션 파일(Sand Compaction Pile) 등에 의하여 개량된 지반에 설치되는 경우 등에 대해서는 불확실한 부분이 남아 있으므로 본 절에서 규정한 설계방법 이외에도 별도의 검토가 필요하다.
- (2) 근입식 강판셀 안벽의 설계에는 일반적으로 다음과 같은 순서로 하는 것이 좋다.



도참(8-4) 근입식 강판셀 안벽의 설계순서

- (3) 근입식 강판셀의 형상은 셀 본체의 직경, 벽체높이, 근입길이, 셀 본체의 중심 간격, 아크(Arc)의 접합위치 등에 따라서 결정된다. 설계방법은 설계조건, 공사비 및 시공의 난이도를 감안하여 환산벽체폭 또는 근입 길이를 가정한다.
- (4) 본 구조를 사용한 호안 및 방파제의 설계에 대해서도 본 절의 설계법에 준한다. 근입식 강판셀 호안의 예를 도참(8-5)에 나타내었다.



도참(8-5) 근입식 강판셀 호안 설계 예

8-2-2 근입식 강판셀에 작용하는 외력

근입식 강판셀에 작용하는 외력은 본편 7-2 널말뚝 셀에 작용하는 외력과 하중에 준한다.

[해설]

근입식 강판셀은 속채움이 셀벽에 의해 구속되므로 보통 셀벽과 속채움 흙이 일체가 되어 셀벽체의 변위에 대하여 셀벽체 자신의 변형이 무시되며 그 전체의 거동을 강체로 간주한다.

모형실험에 있어서도 평상시 하중 및 지진시 하중에 상응하는 외력을 대폭적으로 상회하는 하중을 받는 경우에도 셀벽에 큰 변형은 인정되고 있지 않다.

즉 일반적인 지반과 속채움의 경우에는 근입식 강판셀의 속채움흙 중에는 전단파괴가 발생하지 않는다고 생각된다. 그러나 셀 직경이 매우 작은 경우나 속채움흙의 강도가 현저히 약한 경우와 같이 셀을 강체로 간주하는 가정이 만족되지 않게 되는 것을 방지하기 위하여 셀벽체의 변형을 미소범위로 그치게 하기 위한 검토를 하여야 하며, 평상시 하중에 대한 전단변형 검토를 하여야 한다.

[참고]

셀 전면과 배후지반 또는 셀 내부와의 수위차는 일반적으로 조위차의 2/3를 적용한다. 강판셀의 지수성에 관한 실측자료는 없으나, 접속부가 셀과 아크의 연결부 사이에 국한되고 있어 강판셀의 지수성은 널말뚝셀과 동등하거나 또는 그 이상으로 높다고 판단된다. 따라서 강우 등에 의해 안벽 배후에 지하수위가 상승하는 경우는 셀 전면과의 수위차가 크게 되는 수가 있으므로 주의를 해야 한다.

8-2-3 벽체의 전단변형 검토

근입식 강판셀의 전단변형에 대한 검토는 본편 7-3 벽체의 전단변형 검토에 준한다.

[참 고]

강판셀의 전단변형에 대한 안정성은 본편 7-3-3 변형모멘트의 계산, 도해(7-1)에 표시한 바와 같이 셀 속채움의 전단저항모멘트와 지반면보다 위로 작용하는 평상시 토압, 잔류수압 등에 의한 하중의 변형모멘트 비율에 의해서 검토한다. 안전율은 1.2이상을 표준으로 한다.

8-2-4 벽 전체로서의 안정검토

근입식 강판셀의 벽전체로서의 안정 검토는 본편 7-4 벽체 전체로서의 안정검토를 준용하여 시행한다.

8-2-5 지반의 지지력 검토

지반 지지력의 검토는 본편 7-5 지반의 지지력 검토를 준용하여 시행한다.

8-2-6 셀의 활동 검토

셀 활동에 대한 검토는 본편 3-3-2 벽체의 활동 검토 및 본편 7-6 벽체의 활동 검토를 준용하여 검토한다.

8-2-7 셀 마루의 변위 검토

셀 마루의 수평 변위 검토는 7-7 벽체마루의 변위 검토에 준한다.

8-2-8 원호활동 검토

원호활동의 검토는 본편 7-8 원호활동 검토에 준한다.

8-2-9 셀의 배치

셀의 배치는 본편 7-9 셀의 배치에 준한다.

8-2-10 셀 본체 및 아크의 두께 결정

셀 본체 또는 아크에 발생하는 최대 수평방향 인장응력은 허용응력을 넘지 않아야 한다.

[참 고]

- (1) 셀 본체 및 아크에 발생하는 최대 수평방향 인장응력은 식(참8-10)에 의해 산출한다.

$$\sigma = T/t \quad (\text{참8-10})$$

여기서,

σ : 셀 본체 및 아크에 발생하는 최대 수평 방향 인장응력(kN/mm²)

t : 셀 본체 및 아크의 두께(mm)

T : 셀 본체 및 아크에 작용하는 평상시의 최대 수평방향 인장력(kN/mm)

셀 본체는 속채움에 의한 수평방향 인장력 외에 연직방향응력, 전단응력이 작용한다. 그러나 모형실험 및 현장계측에 의하면 셀 본체에 발생하는 응력은 수평방향 인장력이 지배적이므로 수평방향 인장력에 대해서 강도를 검토하는 것이 좋다.

- (2) 강재의 허용응력도는 제3편 제2장 강재에 준한다.

- (3) 셀 본체 및 아크에 작용하는 최대 수평방향 인장력은 본편 8-1-6 셀 두께의 결정에 준해서 구한다. 셀 본체의 속채움 토압계수로는 $\tan\theta$ 를 사용한다. 이것은 종래의 강판셀이 속채움을 굳게 다지는 것을 전제로 하고 있어 속채움을 견고하게 한 경우에는 내부마찰각이 크게 됨과 동시에 셀 내측의 토압이 크게 되는 것을 고려한 것이다. 따라서 속채움에 쇄석과 같은 내부 마찰각이 큰 재료를 사용하는 경우에는 본편 7-10 널말뚝 인장력의 계산에 준하여 속채움 토압계수를 0.6으로 하면 충분하다. 아크부의 속채움 토압계수는 $1/2 \tan\theta$ 로 한다. 이것은 모형실험 및 현장계측 결과에서 셀의 중심 간격과 셀의 직경 비가 1.5이하이면 아크부의 속채움 토압계수가 셀 본체의 $1/2$ 이하라는 사실에 기초한다.

- (4) 셀 본체 또는 아크의 두께 결정은 제작, 시공, 유지관리의 면에서도 충분히 검토할 필요가 있다. 셀 본체 또는 아크의 설계부식을 고려할 경우 두께는 식(참8-11)에서 구해지는 두께에 부식을 고려한 두께로 결정한다. 근입을 위한 타입시의 응력에 대하여 필요한 셀 두께를 구하는 방법으로는 원통형 셀의 좌굴실험 또는 과거의 시공실적 등을 참고로 식(참8-11)이 제안되었다.

$$t \geq 0.322 \sqrt{\frac{R \overline{N} D'}{E}} \quad (\text{참8-11})$$

여기서, t : 셀 본체의 두께(cm)

E : 강재의 Young계수(kN/mm²)

R : 셀 본체의 반경(cm)

$\overline{N}$: 타입 지반의 평균 N치

D' : 셀의 타입 깊이(cm)

또한 과거에 타입실적이 있는 셀 본체의 최소 두께는 8mm이고, 이를 기준하여 8mm정도를 두께의 최소치로 하는 것이 바람직하다.

8-2-11 연결부 및 보강재

[1] 셀 본체와 아크 연결부

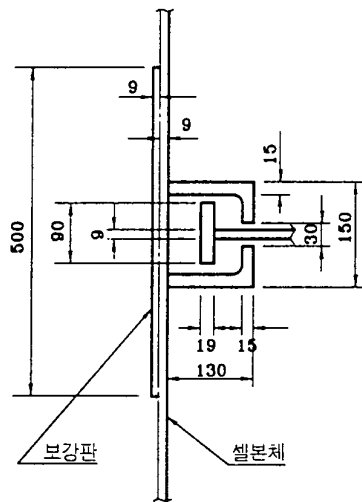
셀 본체와 아크의 연결부는 작용하는 최대 수평력에 대해서 안전할 수 있는 구조로 한다.

[해 설]

셀 본체와 아크의 연결부는 아크에 작용하는 인장력에 대하여 안전함과 동시에 아크의 타입에 지장이 없는 구조이어야 한다.

[참 고]

셀 본체와 아크의 연결부는 배면의 매립토가 유출되지 않는 구조로 하여야 한다. 연결부의 일반적인 형상은 도참(8-6)에 표시하였다.



도참(8-6) 연결부의 구조 예

[2] 보강재

셀 또는 아크는 제작 및 시공시에 발생하는 응력에 대해서 안전한 구조로 한다.

[참 고]

셀 및 아크에는 제작 및 시공시에 발생하는 응력을 고려해서 일반적으로 연직 보강재(종 RIB), 수평보강재(횡 RIB), 상·하단의 보강을 위한 보강재를 부착하는 것이 바람직하다.

8-2-12 세부설계

근입식 강판셀 안벽의 세부설계는 본편 7-12-2 상부공의 설계에 준한다.

제 9 장 부잔교

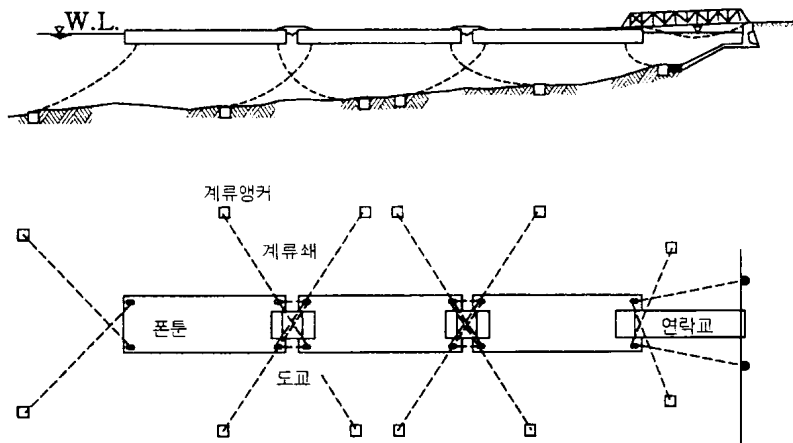
9-1 일 반

- (1) 본 장은 계류쇄로 계류된 부잔교에 적용한다.
- (2) 본 장의 설계법은 파랑이나 조류에 의한 영향이 적은 곳에 설치된 부잔교에 적용한다.

[해 설]

- (1) 부잔교 각부의 명칭은 도참(9-1)과 같다.

부잔교는 주체가 되는 폰툰, 육안과 폰툰을 연결하는 연락교, 폰툰과 폰툰을 연결하는 도교, 폰툰을 앵커시키는 계류쇄(계류체인)로 구성된다.



도해(9-1) 부잔교 각 부의 명칭

[참 고]

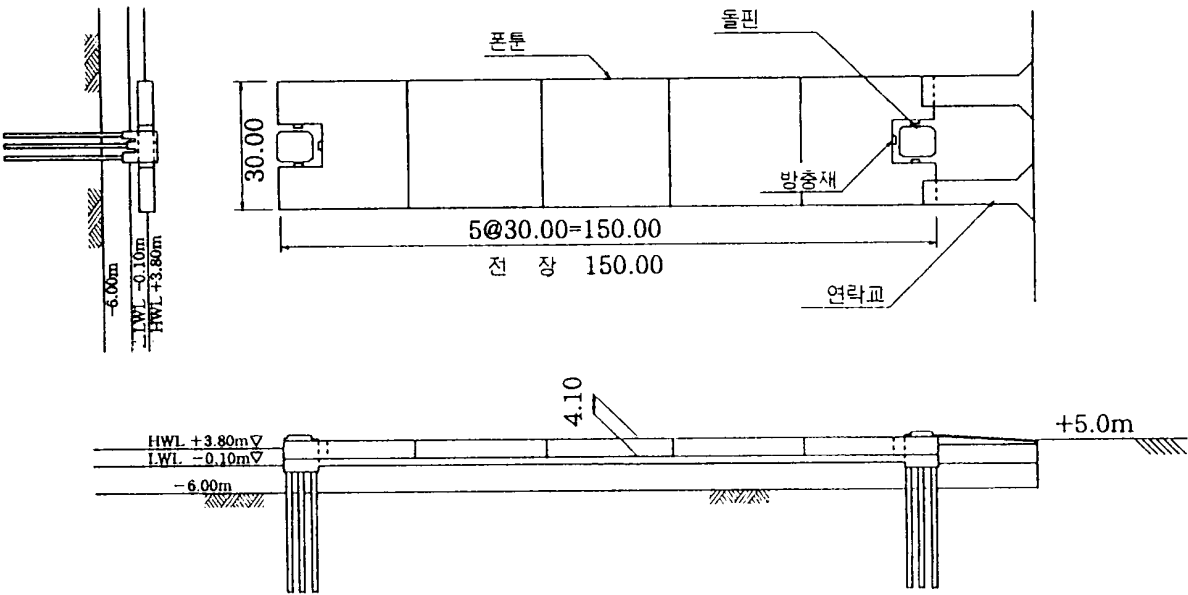
- (1) 파랑과 흐름에 대한 제한

부잔교는 수면에 떠있기 때문에 파랑과 흐름이 큰 곳에는 설치할 수 없다. 보통, 흐름은 0.5m/sec이하, 파고는 1.0m이하 되는 곳에 설치하는 것이 바람직하다.

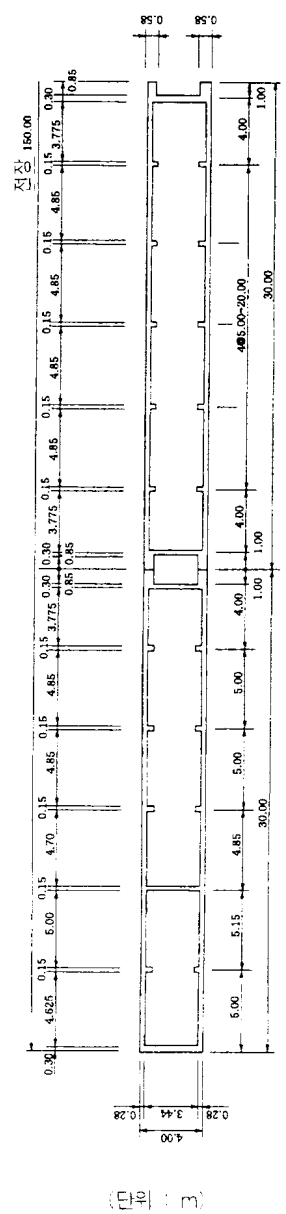
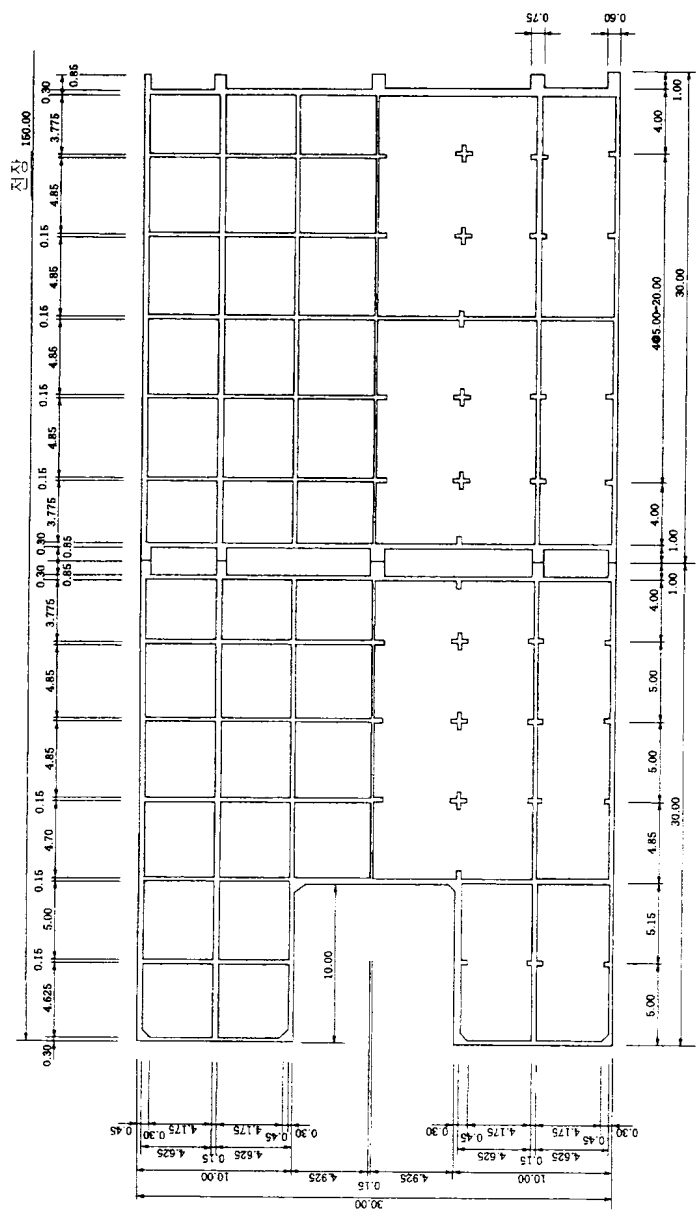
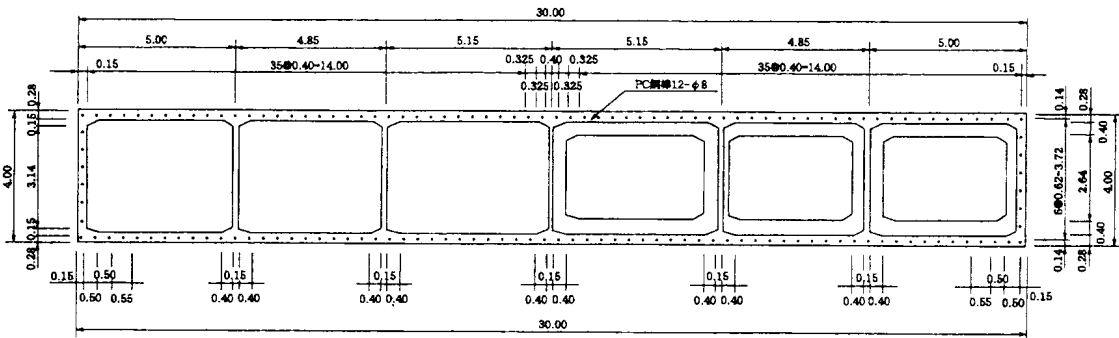
- (2) 설치위치 및 배치

부잔교의 배치에는 돌출제식과 평행식이 있다. 설치위치 및 배치는 대상선박의 종류와 크기, 수심, 조류, 파랑, 해저의 토질 등을 고려해서 정한다. 선박의 계류나 공사비 면에서는 일반적으로 돌출제식이 유리하며 폰툰을 연속시키는 개수는 일반적으로 1~3개의 경우가 많다.

- (3) 최근에는 Dolphin 및 Fender를 이용하는 등 계류쇄 이외의 계류방식으로 계류된 부잔교 및 대형의 부잔교(도참(9-1)(a), (b) 참조)가 등장하고 있다.

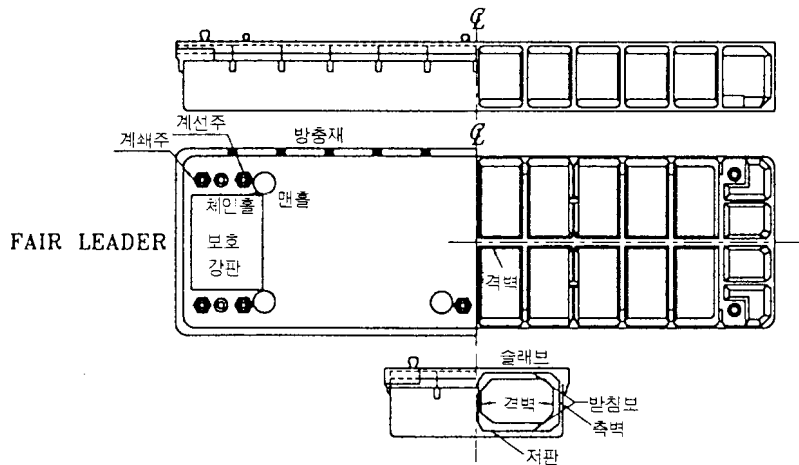


도참(9-1)(a) 대형부잔교(Dolphin 계류식)



도참(9-1)(b) 대형부잔교(Dolphin 계류식)

- (4) 폰툰(Pontoon)의 종류는 제작재료로 구분하여 철근콘크리트재, 강재, PC재, FRP재(Fiber Reinforced Plastic 재), 웨로시멘트재(Ferro Cement재) 등으로 대별된다.



도참(9-2) 폰툰 각 부의 명칭

- ① 철근콘크리트재는 내구성이 높고 흘수가 깊어 동요가 적으며, 건조비와 유지관리비가 강재에 비하여 유리하다. 그러나 충격력에 약하며 수밀성이 떨어지므로 시공시 수밀성 확보에 유의하여야 한다. 철근은 적은 직경의 것을 많이 사용하는 편이 충격력에 대하여 유리하다.
- ② PC재는 철근콘크리트재에 비하여 수밀성이 좋고 부재를 얇게 하는 것이 가능한 잇점이 있다.
- ③ 웨로시멘트재는 철근콘크리트재, PC재에 비하여 부재두께를 얇게 하는 것이 가능하다.
단, 수밀성에 대해서는 철근콘크리트재보다 유리하고 PC재보다는 떨어진다.
(Ferro Cement : Cement Mortar에 Wire Mesh를 넣어 얇은 단면으로 수밀성을 높인 것)
- ④ 강재는 제작이 용이하며 충격에 강하고 보수가 용이하나 부식으로 인하여 철근콘크리트재에 비하여 내구성이 떨어진다. 철근콘크리트재보다 흘수가 얇으므로 조류 등 흐름에 의한 영향이 적다.
- ⑤ FRP재는 경량이며 흘수가 얇고 불안정하나 내구성이 뛰어나고 설치가 간단하므로 현재로서는 마리나 등 소규모의 부잔교에 쓰이고 있다.
- ⑥ 이밖에 목재, PC합성구조 등이 있다.
- (5) 체인에는 스테드(Stud)가 붙은 것과 스테드가 없는 체인이 있는데, 浮棧橋에는 스테드가 붙은 체인을 쓴다.
- (6) 앵커는 보통 콘크리트 블록을 쓰는데 강재 앵커를 쓰는 경우도 있다. 강재앵커는 규정된 항만용 앵커를 써야하는데, 외팔 스톡 앵커를 쓰는 경우가 많다.
- (7) 연결교의 종류
연락교로서는 그 전단을 조절탑에 매달은 것과 전단을 폰툰에 얹어놓은 것이 있다.
傾斜는 이용을 고려하여 결정하지만 여객에 대해서는 1/5이하, 차량에 대해서는 1/10이하로 하는 것이 바람직하다.
- (8) 폰툰의 결합
波浪에 의해 폰툰이 동요할 때에는 폰툰 間의 鉛直방향의 차이에 의해서 물렁할 때 한 쪽의 폰툰이 다른 측의 폰툰에 충돌해서 구멍이 뚫리는 경우가 있다. 이런 현상을 피하기 위해 폰툰 상호간의 결합을 강결하게 하거나 폰툰 간에 방현재를 부착할 필요가 있다. 폰툰간의 도교의 길이는 폰툰간격의 1배 정도를 계획하여도 좋다.

인접하는 폰툰은, 일반적으로 체인으로 결합한다. 이 경우 체인은 Fair Leader를 통해서 계쇄주에 연결한다.

9-2 설계순서

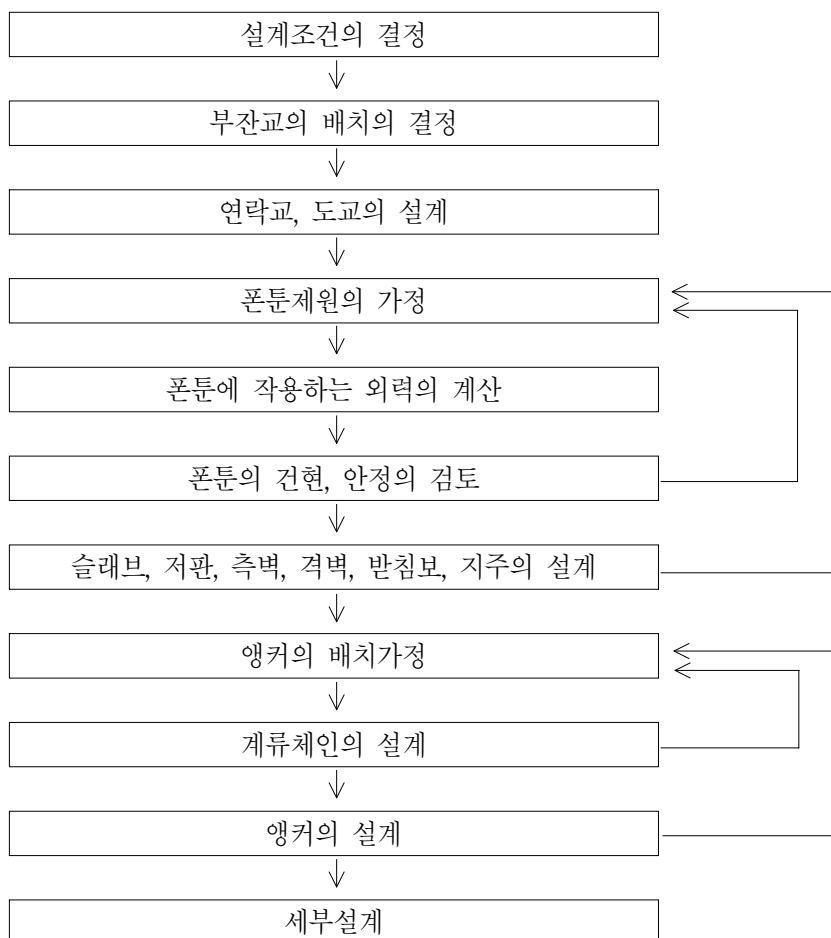
부잔교의 설계에 대해서는 화물 및 여객의 취급이 안정 및 안전함은 물론 충분한 내구성이 있어야 한다. 계류쇄, 계류앵커 등의 계류 System에 대해서는 발생하는 외력에 대한 충분한 내력을 가져야 한다.

[참 고]

(1) 설치위치 및 배치

부잔교의 설치위치 또는 배치는 대상선박의 종류 또는 크기, 수심, 조류, 파, 바람, 토질조건 등을 고려해서 정한다. 부잔교의 배치에는 돌제식과 평행식이 있고, 선박의 계류, 공사비의 면에서는 일반적으로는 돌제식이 유리하다. 폰툰을 연결하는 개수는 우리나라에서는 1~3개의 경우가 많으나, 최근에는 앞에서 표현한 도참(9-2)와 같이 대형의 사례도 보인다.

(2) 부잔교의 설계는 일반적으로 다음 순서로 하는 것이 좋다.



도참(9-3) 부잔교의 설계순서

9-3 폰툰의 설계

9-3-1 폰툰의 치수

폰툰은 화물과 여객의 취급상 충분한 넓이와 건현(乾舷)을 가지며, 작용되는 외력 및 하중에 대하여 안정이 양호한 치수라야 한다.

[참 고]

- (1) 폰툰의 치수는 길이 20~40m, 폭 15m미만, 높이 2~4m의 것이 많다.
폰툰 각 부의 치수는 슬래브, 측벽, 저판, 격벽 모두 그 1변의 길이가 1~3m, 두께는 철근콘크리트제인 경우, 측벽과 저판은 15~20cm, 슬래브와 격벽은 10~20cm, 강재인 경우는 6~10mm의 것이 많다. 슬래브의 변장비는 1에 가까운 값으로 하는 것이 좋다.
- (2) 폰툰의 필요한 건현은 취급하는 화물, 여객이 만재될 때나 적게 실릴 때나 화물과 여객을 취급하는데 적당한 높이라야 한다. 보통 1m정도의 것이 많다.
건현(乾舷)은 다음 식으로 구한다.

$$h' = d - \frac{W_1}{\gamma_w A}$$

(참9-1)

여기서,

- h' : 건현(m)
- d : 폰툰의 높이(m)
- W₁ : 폰툰의 중량(kN)
- γ_w : 물의 단위체적중량(kN/m³)
- A : 폰툰의 수평단면적(m²)

- (3) 철근콘크리트제인 폰툰인 경우에는 콘크리트의 수밀성도 고려하여 치수를 결정하는 것이 바람직하다.

9-3-2 폰툰에 작용하는 외력과 하중

폰툰에 작용하는 외력과 하중으로서는, 다음과 같은 것을 고려한다.

- (1) 적재하중 및 활하중
- (2) 도교와 연락교의 지점반력
- (3) 수 압
- (4) 사하중
- (5) 카운터 웨이트(Counter Weight)

[해 설]

- (1) 적재하중은 이용하는 화물과 여객에 따라 결정한다.
- (2) 선박의 충격력, 파력, 조류, 동수압 등은 특별한 경우 외에는 고려하지 않는다. 파랑의 영향이 우려되는 경우에는 제2편 제8장 부체에 작용하는 외력과 동요에 의하여 파력을 고려한다. 이는 계류력의 계산에도 적용된다.
- (3) 연락교 및 도교의 지점반력은 본편 9-5 연락교와 도교의 설계에 의하여 계산한 최대지점반력을 사용한다.

- (4) 폰툰은 연락교의 반력을 받으면 기울어지기 때문에 카운터 웨이트로서 밸러스트(Ballast)를 넣는 수가 있다. 그 양은 연락교의 사하중 반력과 비교하여 폰툰을 수평으로 하는 양만큼 고려한다.

[참 고]

보통 부잔교는 여객선이 이용을 주로하기 때문에 5kN/m²로 하는 수가 많다. 활하중은 페리(Ferry)를 대상으로 하는 경우와 자동차의 출입을 허용하는 경우에는 자동차 하중을 고려한다. 자동차 하중은 보통 슬래브 설계에만 사용하며, 도로교 표준시방서에 규정하는 DB하중 후륜을 고려하면 된다.

9-3-3 폰툰의 안정

부체는 부잔교의 이용형태등에 대해서 적절히 소요의 구조의 안정을 확보하여야 한다.

[참 고]

- (1) 폰툰은 다음 조건을 만족시켜야 한다.

- ① 육안과의 연락교의 지점반력을 고려하고, 갑판 위에 적재하중을 만재하고, 또 폰툰 내부에 약간의 침수를 고려하였을 경우에도 부체의 안정조건을 만족시키고, 필요한 건현을 가져야 한다.
- ② 폰툰의 긴쪽 대칭축의 어느 한 쪽 갑판 위에만 적재하중을 만재하였을 경우, 또 그쪽에 육안과의 연락교가 있으면 그 반력까지 합한 것에 대하여 부체의 안정조건을 만족시켜야 한다. 갑판의 경사는 1:10이하이며, 작은 쪽의 건현이 0이상이라야 한다.

- (2) 폰툰의 안정검토에서 고려할 침수높이는 보통 폰툰의 높이의 1/10로 한다. 이 경우에 필요한 건현은 0.5m 정도로 하는 것이 바람직하다.

- (3) 폰툰이 등분포하중을 받는 경우는 식(참9-2)를 만족시켜야 한다.

$$\frac{I\gamma_w}{W_2} - \overline{CG} > 0 \quad (\text{참9-2})$$

여기서,

I : 흘수면의 장축에 대한 단면 2차모멘트(m⁴)

W₂ : 폰툰과 등분포하중의 중량(kN)

γ_w : 물의 단위체적중량(kN/m³)

C : 부심

G : 중심

폰툰내부가 침수되어 있을 경우는 식(참9-3)을 만족시키면 폰툰은 안정이다. 그러나 W₂, I, C, G 는 침수된 상태에서의 값이다.

$$\frac{\gamma_w}{W_2}(I - \Sigma i) - \overline{CG} > 0 \quad (\text{참9-3})$$

여기서,

i : 폰툰의 회전축에 평행한 중심축에 대한 각 격실내 수면의 단면 2차모멘트(m⁴)

편심하중을 받을 경우는, 식(참 9-4)를 풀어서 구한 tanα가 식(참 9-5)를 만족시키면 된다. 그러나 일반적으로 α는 작으므로, 식(참 9-4)의 cos²α는 근사적으로 1-tan²α로 해도 좋다(도참 9-3 참조)

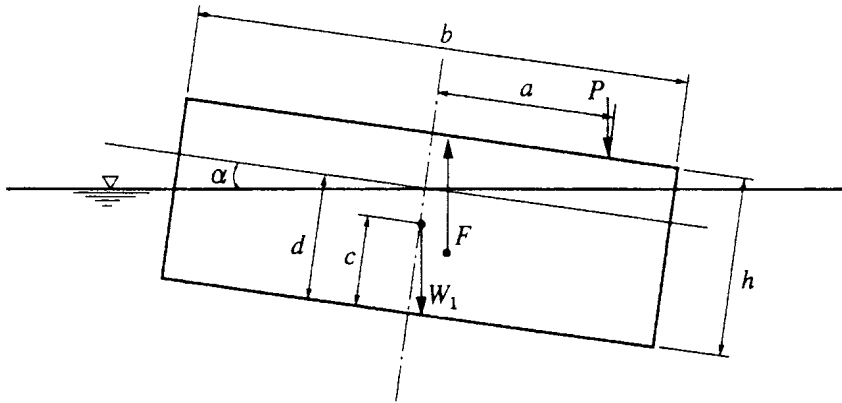
$$(W_1 + P) \left[\frac{b^2 \tan \alpha}{12 d \cos^2 \alpha} - \left(\frac{b^2}{24 d} \tan^2 \alpha + c - \frac{d}{2} \right) \tan \alpha \right] - P [a + (h - c) \tan \alpha] = 0 \quad (\text{참 9-4})$$

$$\left. \begin{array}{l} \tan \alpha < \frac{2(h-d)}{b} \\ \tan \alpha < \frac{1}{10} \end{array} \right\} \quad (\text{참 9-5})$$

여기서,

- W_1 : 폰툰의 중량(t)
- P : 편심하중의 합력(kN)
- b : 폰툰의 폭(m)
- h : 폰툰의 높이(m)
- d : P 를 폰툰의 중심에 재하하였을 때의 폰툰의 흘수(m)
- c : 폰툰의 중심에서 저면까지의 높이(m)
- a : P 의 폰툰 중심축으로부터의 편심량(m)
- α : 폰툰의 경사각($^\circ$)

- (4) (폰툰)+(계류체인)의 고유주기가 파랑 또는 활하중의 주기에 가까울 때는 폰툰이 공진을 일으킬 우려가 있으므로 주의하여야 한다.



도참(9-4) 편심하중을 받는 폰툰의 안정

9-3-4 폰툰 각부의 설계

부체를 구성하는 각 부재에 발생하는 응력 등은 그 이용상태, 각 부재에 작용하는 외력 또는 하중, 각 부의 구조의 특성 등에 따라 적절한 방법으로 검토하여야 한다.

[참 고]

(1) 슬래브

슬래브는 다음 하중 가운데서 제일 큰 응력을 일으키는 것에 대하여 받침보 및 측벽으로 고정된 4변고정인 2방향 슬래브로 설계한다.

- ① 적재하중만 작용할 때 (적재하중) + (사하중)
 ② 활하중이 작용할 때 (활하중) + (사하중)
 ③ 육안과의 연락교의 지점이 놓일 때 (조절탑이 없는 경우)
 (연락교의 지점반력) + (사하중)

(2) 측벽

측벽은 폰툰 상단이 수중으로 0.5m 가라앉았을 때의 정수압에 대하여 저판과 측벽 또는 받침보로 고정된 4변고정인 2방향 슬래브로 설계한다.

(3) 저판

저판은 폰툰상단이 수중으로 0.5m 가라앉았을 때의 정수압에 대하여 측벽 또는 받침보로 고정된 4변고정인 2방향 슬래브로 설계한다.

(4) 격벽

격벽은 한 분실에 침수로 충만되었을 경우의 수압에 대하여 4변고정인 슬래브로 설계한다.

(5) 받침보와 지주

슬래브, 저판 및 측벽의 받침보와 중앙지주는 폰툰의 슬래브 위에 최대하중이 작용하고, 흘수가 폰툰의 깊이와 같아졌을 때의 수압에 대하여 상자형 라멘으로서 계산한다.

(6) 등분포하중을 받는 4변고정 슬래브의 휨모멘트는 제5편 1-5-4 기타 [해설] (2)에 의하는 것이 편리하다.

(7) 활하중은 DB하중의 후륜을 집중하중으로 보아, 식(참9-6)에 따라 계산해도 좋다.

$$\left. \begin{aligned} M_x &= Mx' \frac{1}{1+\alpha^4} (1+0.4\alpha^4) \\ M_y &= My' \frac{1}{1+\alpha^4} (1+0.2\alpha^4) \end{aligned} \right\} \quad (\text{참9-6})$$

단, $0.5 < \alpha < 2$

Mx' , My' 는 식(참 9-7)과 같으며, +는 지간휨모멘트, -는 지점휨모멘트이다.

$$\left. \begin{aligned} Mx' &= \pm \frac{0.2Pl}{0.7l+1} \\ My' &= \pm \frac{0.2Pl}{0.175l+1} \\ 2m &< l \leq 4m \\ Mx' &= \pm \frac{0.4Pl(l-1)}{l+0.4} \\ My' &= \pm \frac{0.2Pl}{1.35} \end{aligned} \right\} \quad (\text{참9-7})$$

여기서,

Mx : 차량의 진행방향에 직각인 지간의 휨모멘트(kg·m)

My : 차량의 진행방향에 평행인 지간의 휨모멘트(kg·m)

$$\alpha = \frac{\ell_x}{\ell_y}$$

l_x : 차량의 진행방향에 직각인 지간(m)

l_y : 차량의 진행방향에 평행인 지간(m)

l : ℓ_x 와 ℓ_y 중에서 작은 것(m)

P : 자동차의 1후륜하중(kg)

단, 충격하중을 고려하는 경우 충격계수 i 는 식(참9-8)을 사용한다.

$$i = \frac{20}{50 + l} \quad (\text{참9-8})$$

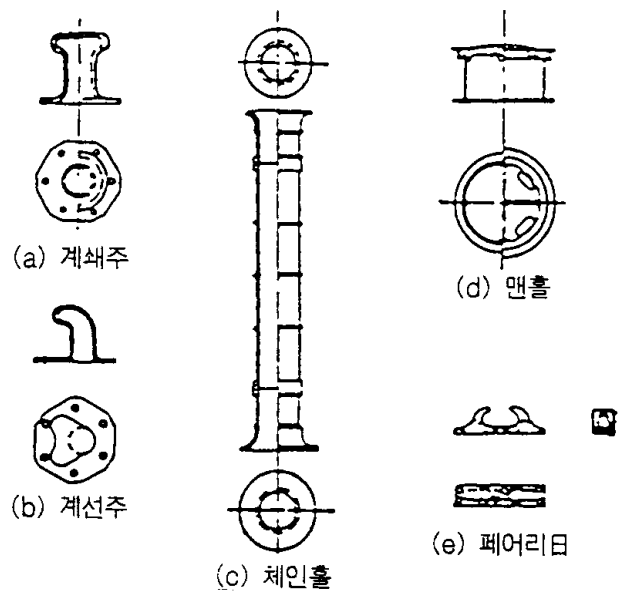
- (8) 연락교의 지점반력은 슬래브의 중앙에 집중하중으로 작용시킬 때를 계산하면 된다. 또 연락교의 지점 밑에 부설하는 강판의 중량을 사하중으로 고려해야 한다.
- (9) 슬래브의 지간은 받침보, 슬래브, 측벽, 저판 등의 중심 간격으로 한다.
- (10) 사다리꼴 분포수압을 받을 경우의 4변고정 슬래브의 휨모멘트는 수압을 5kN/m^2 의 등분포하중과 폰툰 상단에서 0이고, 1m마다 10kN/m^2 증가하는 3각형 하중으로 나누어 등분포하중과 3각형하중에 의한 휨모멘트를 계산하여 양자를 합하면 된다.
- (11) 중앙지주의 측벽의 받침보는 휨모멘트와 축방향 압축력을 받는 부재로서 설계한다.
- (12) 받침보는 T형 보로 생각되는데 사각형 보로 보고 설계하는 것이 보통이다.
- (13) 철근콘크리트제 폰툰의 각 부의 철근의 덮개는 직접 해수에 접하는 곳은 7cm 이상, 기타의 곳에서는 5cm 이상으로 하는 것을 표준으로 하며, 철근의 덮개를 이 수치보다 작게 하는 경우는 철근의 부식을 방지하는 별도의 보강방법이 강구되어야 한다.
- (14) 콘크리트의 수밀성에 대해서는 충분히 주의할 필요가 있다. 수밀성의 대책에 관해서는 에폭시 수지나 폴리우레탄 수지에 의한 표면코팅 등이 있다.

9-3-5 폰툰의 부속설비

폰툰에는 완충재, 계선주, 계쇄주(繫鎖柱), 체인홀, 맨홀 및 페어리더를 설치한다.

[참 고]

- (1) 폰툰에는 본문의 부속설비 외에 필요에 따라 照明燈, 헛간, 힌지홀(Hinge Hole), 通風구멍, 앵커를 감아올리는 윈치 등을 설치한다.
- (2) 완충재는 폰툰 측벽의 상단의 둘레 전부에 설치하는 일이 많다. 材料는 목재 또는 고무로 한다.
- (3) 계선주에는 곡주(曲柱)가 있다. 직주(直柱)를 쓸 경우에는 규격에 맞는 것을 쓰는 것이 좋다.
- (4) 계쇄주는 체인의 한 끝을 감기 위한 작은 기둥이며, 일반적으로 주강으로 제작된다. 2개가 한 조로 되어 있는 계쇄주는 체인의 길이조절에 편리하다. 이것을 사용할 경우에는 KS규격에 맞는 것을 사용하면 좋다.
- (5) 체인홀은 계쇄주로부터 내놓은 앵커체인이 지나는 종방향 구멍으로서 슬래브에서 저판까지 관통하여 설치한다. 이것은 일반적으로 주강재이며, 그 직경은 30cm 정도이다.
- (6) 맨홀(Manhole)은 폰툰내부의 검사를 하기 위해 사람이 들어 갈 수 있도록 만든 것이며, 보통 주철제의 뚜껑을 해 놓는다. 그 직경은 50cm 정도가 많다.
- (7) 페어리더는 인접한 폰툰의 결합에 사용하는 체인 등 계쇄주에서 체인홀을 통하지 않고 슬래브 위에서 밖으로 나가는 체인의 폰툰의 모서리를 마모시키지 않도록 설치한 것이다. 보통 페어리더는 KS에 규정된 A형을 사용해야 하며, 재료는 주철을 쓴다.
- (8) 부속시설의 한 예를 도참(9-5)에 표시하였다.



도참(9-5) 부속시설의 한 예

9-4 계류 시스템의 설계

9-4-1 계류방식의 종류

부잔교의 부체의 계류방식은 설치장소의 자연상황에 대해서 시설의 기능이 발휘 되도록 적절히 설정하여야 한다.

[해설]

부잔교의 계류방식은 폰툰의 규모, 수심, 토질조건 등에 의해 선정된다.

[참고]

계류방식은 일반적으로 깊은 수심에 있어서는 체인 방식, 와이어 방식이 사용되며, 얇은 수심에서는 중간 Buoy 방식, 중간Sinker 방식, Dolphin·Fender 방식 등이 사용되고 있다.
이들 중 어느 방식을 선정하는가는 부잔교의 기능 및 안전성과 계류시설의 특징을 비교해서 결정한다.

9-4-2 설계외력

계류체인과 앵커의 설계에는 주로 다음과 같은 외력을 고려한다.

- (1) 선박의 충격력(방충공 반력)
- (2) 선박의 견인력
- (3) 파력
- (4) 조류력

[참 고]

(1) 외력으로서의 다음 중에서 가장 큰 것을 사용한다.

- ① (선박의 충격력) + (조류력)
- ② (선박의 견인력) + (조류력)
- ③ (파력) + (조류력)

(2) 선박의 충격력은 제2편 2-2-2 선박의 접안시 발생하는 외력 및 2-2-3 계류중 선박의 동요에 의하여 발생하는 외력에 의하여 구한다. 선박의 견인력은 제2편 2-2-7 계선주에 작용하는 힘에 의한다.

(3) 파력은 제2편 5-5 해수중 부재에 작용하는 파력 및 기타 적절한 방법에 의하여 산정한다.

항력계수는 입방체에 대한 것을 써도 좋다. 또 항력이 작용하는 면적은 정수면 이하를 쓰면 된다. 위에서 말한 파력은 정지한 폰툰에 작용하는 것이며, 폰툰의 고유진동주기가 파랑의 주기에 가까울 때는 공진을 일으켜 큰 힘이 계류체인에 작용하므로 주의해야 한다.

(4) 조류의 속도는 제2편 7-1 흐름의 제원에 의하여 결정하는데 실측에 의한 것이 좋다. 또 조류력은 제2편 7-2 수중부재 및 구조물에 작용하는 흐름의 힘에 의해 산정한다. 항력계수는 파력과 같은 입방체에 대한 것을 써도 좋다.

9-4-3 계류체인의 설계

[1] 길이와 설치방법

폰툰은 4귀통이의 계선주에 체인 홀(Chain Hole)을 통하여 계류쇄(繫留鎖)를 고정하고, 앵커로 해저에 고정한다.

[참 고]

(1) 체인은 선박의 접안을 방해하지 않도록 폰툰 밑에서 십자로 교차시킨다.(도참(9-6) 참조)

(2) 일반적으로 계류체인의 길이는 수심의 5배에 간만차를 더한 것으로 한다. 체인을 당길 때는 다음 점에 주의해야 한다.

- ① 만조시에 너무 당겨서 체인에 여분의 인장력을 주지 않을 것
- ② 만조시에 선박의 접안을 방해하지 않을 것
- ③ 만조시에 충분한 앵커력을 확보할 수 있을 것
- ④ 간조시에 폰툰의 수평이동량을 적게할 것

(3) 강제앵커의 앵커력은 앵커와 연결된 체인이 수평면과 이루는 각도가 3°이상으로 되었을 때 현저하게 감소한다고 한다.

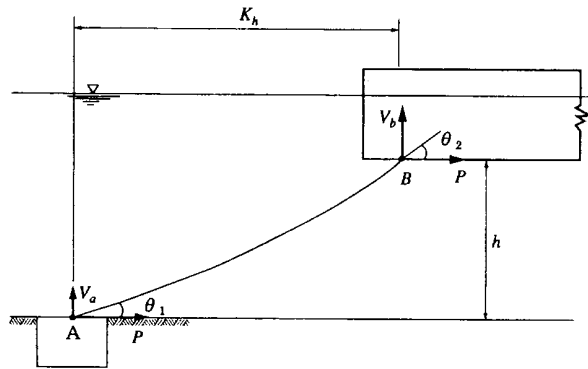
(4) 폰툰과 앵커의 수평거리, 폰툰의 수평이동량 및 앵커가 체인과 이루는 각은 다음 절을 참조한다.

[2] 체인의 직경

체인의 직경은 만조시에 본편 9-4-2 설계외력에 규정된 외력에 인하여 일어나는 인장력으로 인하여 끊어지지 않도록 결정한다.

[참 고]

- (1) 체인에는 주강앵커체인, 전기용접 앵커체인, 단조앵커체인 등이 있는데 스터드(Stud)가 붙은 체인을 사용해야 한다. 시험에 의하여 정해진 인장강도(파단시험荷重)의 1/3을 그 허용인장력으로 한다.
- (2) 체인의重量은 KS의 규격에 표시된 최소重量으로 한다.
- (3) 체인이 받는 최대牽引力은 폰툰과 체인의 System을 동력학적으로 분석하여야 하나, 계산이 복잡한 경우는 정력학적으로 해석할 수 있다. 일반적으로 外力에 대하여 각 체인이 한줄로 抵抗한다고 보고 설계한다. 체인이 현수곡선을 이룬다고 하면, 체인에 작용하는 최대 引張力은 식(참9-9)로 표시한 것과 같다.



도참(9-6) 繫留式(繫留체인)의 設計

$$T = P \sec \theta_2 \quad (\text{참9-9})$$

앵커에 작용하는 水平力 은 폰툰에 작용하는 水平力 이고, 鉛直力은 식(참9-10)과 같다.

$$V_a = P \tan \theta_1 \quad (\text{참9-10})$$

폰툰과의 連結點에서 작용하는 鉛直力은 식(참9-11)과 같다.

$$V_b = P \tan \theta_2 \quad (\text{참9-11})$$

단, θ_1 , θ_2 는 체인의 길이 l , 체인의 단위길이의 重量 w 를 가정하여, 식(참9-12)를 풀어서 구한다.

$$\begin{aligned} l &= \frac{P}{w} (\tan \theta_2 - \tan \theta_1) \\ h &= \frac{P}{w} (\sec \theta_2 - \sec \theta_1) \end{aligned} \quad (\text{참9-12})$$

수평력이 작용할 때의 앵커와 폰툰의 수평거리는 식(참9-13)으로 주어지므로, 수평력이 작용하지 않을 때의 위치로부터 폰툰의 수평이동량이 산정된다.

$$K_h = \frac{P}{w} [\sinh^{-1}(\tan \theta_2) - \sinh^{-1}(\tan \theta_1)] \quad (\text{참9-13})$$

보통 직경의 체인을 사용할 경우, 체인이 그리는 현수곡선은 거의 직선과 다름없으므로 식(참9-9), 식(참9-10) 및 식(참9-11)의 계산에서 $\theta_2 = \theta_1 = \sin^{-1} \frac{h}{l}$ 로 해도 큰 차이는 없다. 또 K_h 는 근사적으로

$K_h = \sqrt{l^2 - h^2}$ 로 해도 좋다.

여기서,

- T : 체인에 작용하는 최대인장력(kN)
- P : 수평외력(kN)
- V_a : 앵커에 작용하는 연직력(kN)
- V_b : 폰툰과 체인의 연결부에 작용하는 연직력(t)
- θ_1 : 앵커와 체인의 연결점에서 체인이 수평면과 이루는 각(°)
- θ_2 : 폰툰과 체인의 연결점에서 체인이 수평면과 이루는 각(°)
- l : 체인의 길이(m)
- w : 체인의 단위길이당 수중중량(kN/m)
- h : 폰툰 저면으로부터의 수심(m)
- K_h : 앵커에서 폰툰의 체인 연결점까지의 수평거리(m)

- (4) 체인의 직경을 구하는 데는 체인의 마모, 부식, 생물부착 등을 충분히 고려하여야 한다. 또 체인은 정기적으로 점검하고 필요에 따라서 교체하는 등 유지관리에 주의하여야 한다.
- (5) 동요수치 시뮬레이션(Simulation)을 써서 체인의 직경을 선정할 때는 Catenary 이론 등 적절한 방법을 써서 계류의 변위복원력 특성을 결정한다.

9-4-4 앵커의 설계

앵커의 중량과 설치방법은 계류체인에 본편 9-4-3 계류체인의 설계에 의한 최대인장력이 작용할 때, 앵커가 충분히 안정하도록 정한다.

[참 고]

- (1) 앵커의 저항력으로부터 보통 다음과 같은 것을 고려하나, 앵커는 현지에서 안정을 확인하는 것이 바람직하다.

① 콘크리트 블록인 경우

가. 점성토인 경우

수평저항력 : 저면 및 측면의 점착력, 수동토압과 주동토압의 차

연직저항력 : 수중중량, 수중 흙덮개의 중량

나. 사질토인 경우

수평저항력 : 저면마찰력, 수동토압과 주동토압의 차

연직저항력 : 수중중량, 수중 흙덮개의 중량

그러나 저면마찰력의 계산에 쓰는 연직력은, 블록의 수중중량과 블록에 작용하는 체인의 인장력의 연직분력의 차로 한다.

② 강제앵커인 경우

수평저항력 : 앵커력

연직저항력 : 수중중량

강제앵커의 앵커력은, 식(참 9-14)으로 구한다.

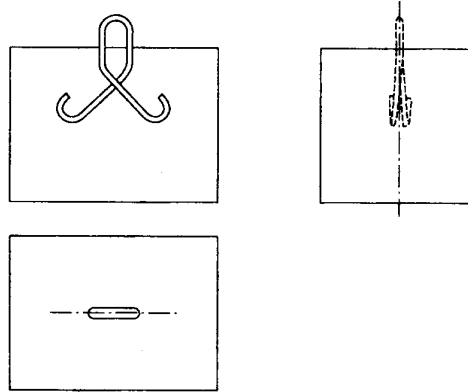
연약한 점토	$T_A = 8 W_A^{\frac{2}{3}}$	}	(참9-14)
단단한 점토	$T_A = 5 W_A^{\frac{2}{3}}$		
모래	$T_A = 3 W_A$		
평암	$T_A = 0.4 W_A$		

여기서,

T_A : 앵커력(kN)

W_A : 앵커의 수중중량(kN)

- (2) 안전율은 1.2 이상으로 한다.
- (3) 앵커로서 콘크리트 블록을 쓸 경우는, 해저상중에 묻어두는 것이 바람직하다.
- (4) 콘크리트 블록의 앵커는 앵커링을 일반으로 도참(9-7)와 같이 설치한다. 앵커링의 설계는 제5편 2-5 리프팅(Lifting)의 설계에 준한다.
- (5) 콘크리트 블록의 중량은 150~700kN 정도의 것이 많으며 필요에 따라 콘크리트 블록에 철근을 사용하는 경우도 있다.
- (6) 직육면체의 앵커블록을 점성토중에 깊이 매입할 때의 수평저항력에 대해서 한센(B. Hansen)은 블록의 둘레에 활동면을 가정해서 식(참9-15)을 제안하였으며



도참(9-7) 콘크리트제 앵커의 예

$$P=11.4ch \quad (참9-15)$$

맥켄지(Mackenzie)는 실험에 의해서 블록높이의 12배이상 깊이 매입한 블록에 대해서는 식(참9-16)을 도출하였다.

$$P=8.5ch \quad (참9-16)$$

여기에서,

P : 블록 단위폭당의 저항력 (kN/m)

c : 점성토의 점착력 (kN/m²)

h : 블록의 높이 (m)

- (7) 계류앵커는 통상 콘크리트 블록을 쓰는 것이 많으나 강제계류앵커는 통상 사질지반에 쓰여 지는 것이 많다. 강제계류앵커는 KS에 규정된 항만용 계류앵커를 사용하나 Single Fluke Stock Anchor를 쓰는 것이 많다.

9-5 연락교와 도교의 설계

9-5-1 치수와 경사

연락교와 도교의 치수 및 경사는 부잔교의 화물, 여객의 취급능력이 확보되도록 적절하게 결정하여야 한다.

[참 고]

(1) 연락교의 종류

연락교의 형식에는 다음과 같은 종류가 있으므로 設置장소의 條件에 따라 적당한 형식을 선정한다.

① 연락교를 조절탑에 매단 형식

가. 수동 조절식

조위의 고저에 따라 手動으로 조절하는 것으로 동요가 많은 곳에 적합하다. 악천후에는 橋體를 감아 올려서 부함과 절연시킬 수 있다는 장점이 있으나 조절조작이 복잡하다.

나. 자동 조절식

연락교의 중량을 조절탑에 매달아 대부분의 연락교 중량을 조절탑이 받고 폰툰에서 일부를 받는다. 조절탑에 카운터웨이트(Counter Weight)를 달아 교체의 가동하중을 가볍게 하고, 조위에 따라 자동적으로 상하로 움직이게 한다. 파도가 높은 곳에서는 적합하지 않다.

② 조절탑을 쓰지 않고 연락교의 한끝을 실은 형식

동요가 적은 곳 또는 내해로서 파도가 거의 작용하지 않는 곳에 사용된다. 가동단의 마찰이 격심하기 때문에 유지관리에 주의를 요한다.

(2) 연락교의 경사는 제10편 2-3-1 폭, 연장, 경사 및 곡률반경과 2-4-1 폭, 연장, 경사 및 부대설비에 의하는 것이 바람직하다.

(3) 연락교와 도교의 치수에 대해서는 안전성이 충분히 있는 구조로 하는 것이 바람직하다. 실제 예를 보면 통상 폭은 2~6m, 지간은 연락교는 10~30m, 도교는 2~6m 정도의 경우가 많다.

9-5-2 설 계

연락교와 도교는 도로교 표준시방서(건교부)에 의하여 설계한다. 그러나 여객전용의 것에 대하여는 군중하중만을 고려한다.

[참 고]

(1) 陸岸과의 연락교는 거의 강교로서 포니트러스 또는 플레이트 거더(Girder)로 하는 수가 많다. 폰툰간의 도교는 강제의 플레이트 거더, I 빔, 포니트러스 또는 슬래브로 하는 경우가 많다.

포니트러스로 설계하는 경우에는 도로교표준시방서 10-8 포니트러스에 준하여 부재를 선정하여야 한다.

(2) 자동차하중은 2등교(DB-18)로 설계하는 수가 많으나 이용상태를 고려하여 결정한다.

(3) 육안과의 연락교의 받침부는 폰툰의 동요가 적은 경우는 육안쪽을 힌지(활절)로 하고, 폰툰쪽을 로울러 지지로 하거나 조절탑으로 매어단다. 동요가 많은 폰툰에서는 연락교는 보호강판위에 단순히 올려놓아 육안에 연락시킨다. 이때 탈락을 방지하기 위해 체인으로 폰툰을 육안에 앵커한다.

또 연락교에서 폰툰까지의 통행을 원활히 하기 위해 연락교의 폰툰쪽 끝에 에이프론판을 設置한다.

롤러 지지부에 접하는 폰툰슬래브에는 보호를 위해 강판을 낸다. 폰툰간의 도교의 받침은 한 쪽은 힌지로 하고, 다른 쪽은 로울러로 한다. 기타는 연락교에 준한다.

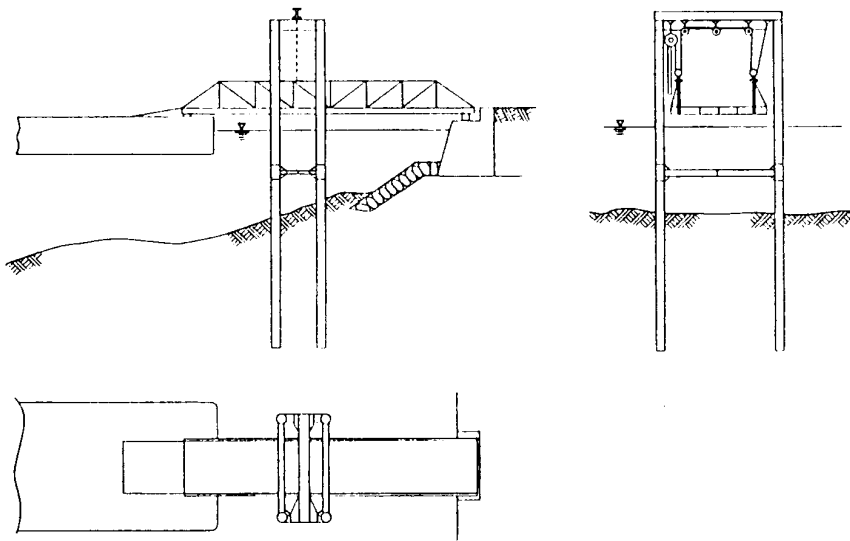
- (4) 폰툰의 동요에 의해 연락교에 수평면대로 힘이 가해지고 힌지 부분이 파괴된 적이 있으므로 주의를 요한다.
- (5) 안전시설로서 난간을 설치하고 필요에 대해서 차막이를 설치하는 것이 좋다.

9-5-3 조절탑

조절탑은 연락교의 반력, 지진력에 대해 충분히 안전하도록 설계하여야 한다.

[참 고]

- (1) 육안과의 연락교는 폰툰에 작용하는 지점반력을 경감하기 위하여 악천후시에 연락교를 감아올리기 위해 연락교의 폰툰쪽에 조절탑을 설치하는 경우가 있다.
 - (2) 조절탑에는 조위의 고저에 따라 사람이 항상 조절하는 것과 연락교의 중량의 대부분을 조절탑의 카운터웨이트로 매달아 일부를 폰툰위에 올려놓아 조위의 고저에 따라 자동적으로 오르내리도록 한 것이 있다.
 - (3) 조절탑은 철근콘크리트 또는 강재 등으로 만드는 경우가 많고, 여기에 활차, 카운터웨이트 및 견인재가 연결되어 있다. 도참(9-8)은 조절탑의 한 예를 표시한 것이다.
- 조절을 사람이 할 경우는 체인블록을 감아서 조절한다.



도참(9-8) 조절탑의 예

9-5-4 연락교의 교태

연락교의 교태는 본편 제3장 중력식 안벽에 준하여 설계한다.

[참 고]

외력으로서의 연락교의 지점반력과 연락교에 작용하는 진동 등도 고려한다.

제 10 장 돌 핀

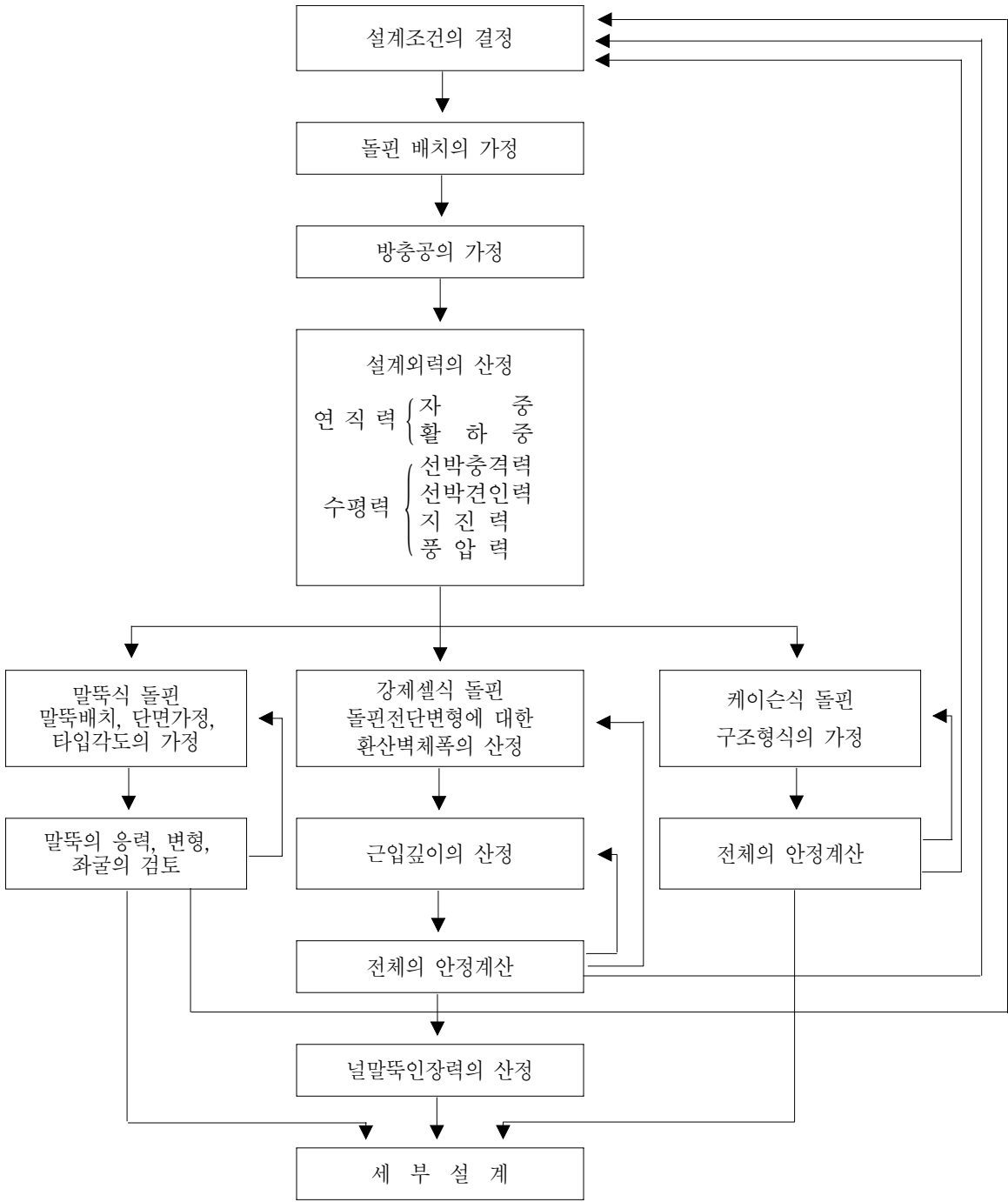
10-1 설계의 기본방침

본 장은 말뚝식, 강제셀식, 케이슨식 등의 돌핀구조의 안벽 설계에 적용한다.

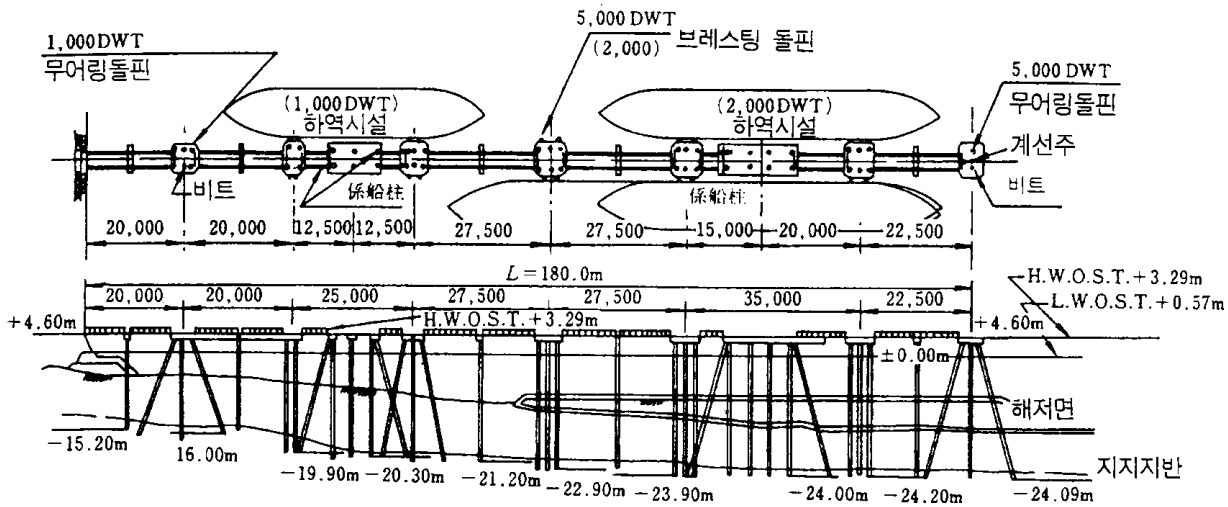
[참 고]

돌핀을 설계할 때는 다음 사항에 주의해야 한다.

- (1) 돌핀에 작용하는 하중의 방향은 항상 일정하지 않으므로 돌핀의 구조가 특정한 방향성을 갖는 것은 좋지 않다.
- (2) 말뚝식 구조인 경우 비틀림이나, 케이슨식 구조인 경우의 회전에 대해서는 종래에는 거의 검토하지 않았으나, 경우에 따라서는 비틀림이나 회전으로 위험하게 되므로 주의해야 한다.
- (3) 돌핀의 마루높이는 파랑의 영향을 피할 수 있도록 하며, 브레스팅 돌핀(Breasting Dolphin)에 있어서는 방충재의 설치위치, 무어링 돌핀(Mooring Dolphin)에 대해서는 선박의 갑판높이, 하역용 돌핀에 있어서는 로딩 암>Loading Arm)등의 작동범위를 고려하여 결정한다.
또, 연락교의 마루높이도 파력을 받지 않도록 충분한 높이로 하는 것이 좋다.
- (4) 돌핀의 설계는 일반으로 도참(10-1)에 나타나는 순서로 하는 것이 바람직하다.



도참(10-1) 돌핀의 설계순서



도참(10-2) 말뚝식 돌핀 설계(예)

10-2 배 치

돌핀의 설치는 대상선박의 제원, 수심, 풍향, 파향 및 조류를 고려하여 다른 선박의 정박과 항행에 지장이 없도록 적절하게 배치하여야 한다.

[참 고]

(1) 브레스팅 돌핀(Breasting Dolphin)의 배치결정시는 다음 사항을 고려할 필요가 있다.

① 대상선박의 제원

- 가. 돌핀의 대상선박이 되는 대형 선박의 현측은 보통 선수 및 선미부에서 배의 길이(L)의 1/8정도의 범위가 곡선으로 되어 있는데 중앙구간의 3/4L은 직선으로 되어 있다. 돌핀을 이 직선부내에 접현할 수 있도록 배치하는 것이 좋다.
- 나. 브레스팅 돌핀의 간격은 일반적으로 1/3L 길이만큼 이격하는 것이 보통이며, 선박의 배관분기관(Piping Manifold)을 중심으로 대칭으로 설치되도록 하는 것이 바람직하다. 브레스팅 돌핀간격은 멀리 이격 시킬수록 구조적으로 유리하나 선박측현의 직선구간내에 들어와야 하므로 대상선박의 제원이 명확하지 않는 경우는 $0.25L \sim 0.4L$ 범위내에 있도록 배치하는 것이 좋다.
- 다. 브레스팅 돌핀에 계류점(Mooring Point)을 설치하는 경우 Spring Line으로 사용하게 되므로 계류각이 허용양각(25°) 이내에 들어오도록 충분한 길이를 확보할 수 있는 위치에 설치하여야 한다.
- 라. 브레스팅 돌핀의 수는 일반적으로 전후부에 각각 1개씩으로 하는데, 대형선과 소형선이 겸용하는 경우는 2개씩 설치할 수 있으며, 그 위치는 일직선상에 있어야 한다.
- 마. 유류돌핀과 같이 특별한 하역기계를 필요로 하는 돌핀에서는 중앙부에 하역기계용의 돌핀을 1기 더 설치하는데 브레스팅 돌핀 보다 조금 육지쪽에 배치하도록 하여서 선박의 충격력이 직접 작용하지 않도록 계획하는 것이 좋다.

② 수심, 풍향, 파향, 조류

돌핀의 배치는 될 수 있는 대로 풍향, 파향, 조류와 평행으로 하는 것이 좋다. 이것은 접안할 때와 이안할 때의 조선을 쉽게 하고, 또 계류중에 돌핀에 작용하는 외력을 작게 하기 위함이다. 바람 등의 방향과 해안선의 방향이 다르고, 또 해안에 가깝게 돌핀을 건설할 경우에는 돌핀의 배치방향이 수역의 이용상으로 보아 해안선에 평행하게 하는 수가 많다. 일반적으로 해안에 가까운 중형 이하의 선박을 대상으로 하는 돌핀은 풍하중이 그다지 크지 않으므로 해안에 평행하게 하여도 무방하다. 또 현지반의 수심으로 계획수심을 확보할 수 있는 위치가 유리하다.

③ 돌핀의 간격

브레스팅돌핀의 간격은 대상선박의 전장과 밀접한 관계가 있다. 도참(10-3)은 브레스팅돌핀 간격과 수심의 관계를 과거의 시공예로부터 조사한 것이다.

④ 기타

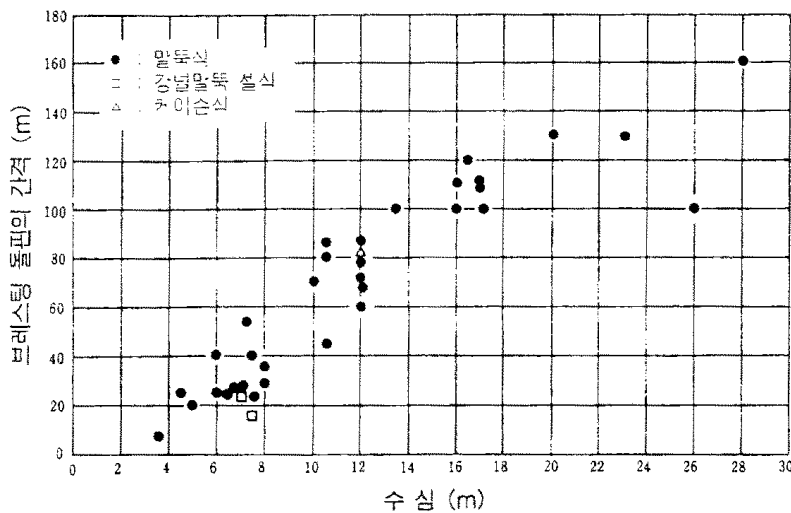
박지에서는 다른 선박의 정박과, 항로에서는 다른 선박의 항행에 지장이 없도록 수역시설 기준에 맞추어 배치할 필요가 있다.

(2) 무어링 돌핀(Mooring Dolphin)의 배치 및 계류 System계획시 다음 사항을 주의해야 한다.

① 돌핀의 배치

가. 접안할 때와 계류할 때, 배를 로우프로 매는 계선주는 해안에 가까운 경우는, 육상에 설치하는 수도 있으나, 일반적으로 무어링 돌핀(Mooring Dolphin)을 축조하여 이것에 계선주를 설치한다.

나. 무어링 돌핀의 수는 대상선박의 크기에 따라 좌우되지만 일반적으로 선수 및 선미부측에 각각 2개씩에서 3개씩 설치하는 것이 좋다.(도참(10-4) 참조)

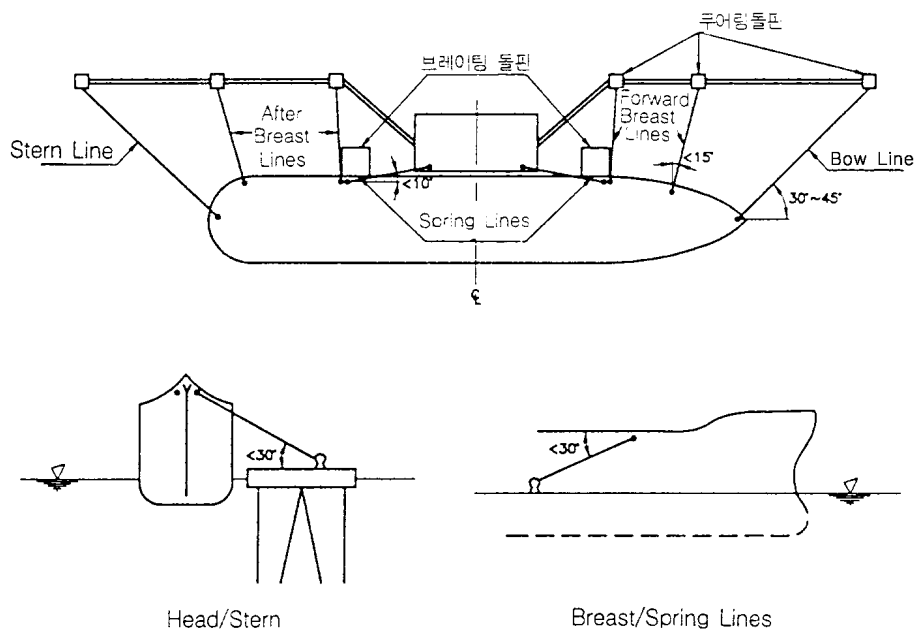


도참(10-3) 브레스팅 돌핀의 간격

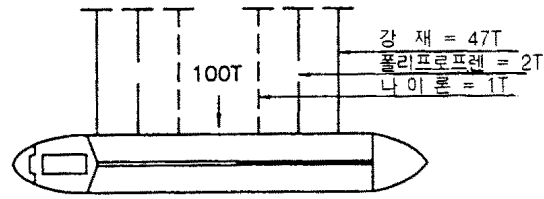
② 계류 System

가. 이상적인 계류 System은 Bow 및 Stern Line과 2개의 Breast line 및 4개의 Mooring Line으로 계획하는 것이나 추천되는 계류 System은 Breast 및 Spring line만 가지고도 선박을 안전하게 계류할 수 있도록 하는 것이 바람직하다. 그 이유는 Bow 및 Stern Line은 계류색이 타 계류색보다 길이가 길어 선박을 계류하는데 비효율적이 되기 때문이다.(선박의 구속능력은 계류색 길이에 비례한다).

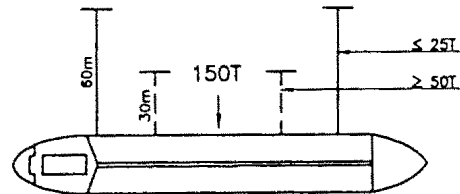
- 나. Breast Line은 선박의 종축과 직각방향으로 계획하되 15° 이상 벗어나지 않도록 하여야 한다.
- 다. Bow 및 Stern Line은 접안선과 $30^\circ \sim 45^\circ$ 이내로 하는 것이 바람직하다.
- 라. Spring Line은 선박의 종축과 평행한 방향으로 계획하되 10° 이내로 하여야 한다.
- 마. 계류 Line의 양각은 25° 이내로 계획하는 것이 바람직하며, 어떠한 경우에도 30° 를 초과해서는 안 된다.
- 바. 계류점은 접안선에서 35~50m 범위내에 위치하는 것이 바람직하며 계류점의 높이는 항시 수상에 노출 될 수 있도록 조석 및 파랑의 영향이 고려된 최고 운영수위보다 1.5m 이상 위에 있어야 한다.
- 사. VLCC(Very Large Crude Carriers)의 계류점에는 Quick Release Hook(QRH)을 사용하여야 하며, 계류력이 가장 크게 작용되는 곳은 3개 Hook의 QRH가 바람직하다. Breast 및 Spring Line으로만 계류하도록 계획한 이상적인 Mooring System에는 4개 Hook의 QRH를 사용 하여야 한다.
- 아. 계류색의 길이가 같은 경우 계류색의 재질에 따라 선박에 의해 분배되는 계류력은 강재, 폴리프로플렌, 나이론 순으로 커지며 같은 재질인 경우의 계류력은 계류색 길이에 비례하여 작아지고, 단면적에 비례하여 커진다.(도참(10-5) 참조)



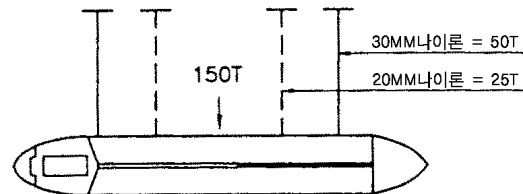
도참(10-4) 돌핀의 표준계류 System



A) 계류색 재질의 영향(같은 길이 및 굵기)



B) 계류색 길이의 영향(같은 재질 및 굵기)



C) 계류색 굵기의 영향(같은 길이 및 재질)

도참(10-5) 계류색 재질, 길이 및 굵기에 따른 계류력 분배 예

10-3 돌핀에 작용하는 외력과 하중

돌핀에 작용하는 외력과 하중은, 아래의 내용을 고려하여야 한다.

- (1) 선박의 충격력(방충공 반력)
- (2) 선박의 견인력
- (3) 자중, 활하중 등에 의한 연직력
- (4) 파력 및 조류력
- (5) 하역기계에 작용하는 풍압력
- (6) 구조물 및 하역기계에 작용하는 지진력
- (7) 지진시 동수압

[참 고]

- (1) 돌핀에 작용하는 외력과 하중은 원칙으로 본문과 같으나, 설계에 불필요하다고 인정되는 것은 제외해도 좋다. 또 이 외에도 특히 필요하다고 인정되는 하중에 대해서는 별도로 고려해야 한다.
- (2) 각각의 외력과 하중의 산정은 다음 장을 참조한다.

① 선박의 충격력

제2편 2-2 선박에 의하여 발생하는 외력 및 본편 15-1 방충설비

② 선박의 견인력

제2편 2-2 선박에 의하여 발생하는 외력

③ 자하중, 활하중 등에 의한 연직력

제2편 제14장 상재하중 및 본편 8-1-3 설계외력과 하중

④ 파력 및 조류력

제5편 5-5 수중부재에 작용하는 파력

조류력은 파력중 항력에 준함

⑤ 하역기계에 작용하는 풍압력

제2편 3-3 풍압력

⑥ 구조물 및 하역기계에 작용하는 지진력

제2편 제12장 지진 및 지진력 및 본편 8-1-3 설계외력과 하중

⑦ 지진시의 동수압

제2편 11-5 토압과 수압

10-4 말뚝식 돌핀

말뚝식 돌핀의 기본설계에서는 원칙으로 다음 사항을 검토한다.

- (1) 말뚝의 응력(수평력, 연직력, 비틀림에 의한 응력)
- (2) 말뚝의 근입깊이
- (3) 돌핀의 횡방향 처짐
- (4) 기초지반의 구성 및 지지력

[참 고]

- (1) 위의 각 항은 본편 제8장 잔교식 안벽에 준한다.
- (2) 일반적으로 말뚝식 돌핀의 경우에는 선박의 접안에너지를 방충재의 변형과 돌핀 본체의 변형에 의하여 흡수하는 것으로 설계하여도 좋다.
- (3) 통상, 대형Tanker는 경사접안을 하나 접안각도에 의해서 방충재의 특성곡선이 변함으로 접안각도에 대한 특성곡선을 사용하는 것이 바람직하다. 또, 경사접안을 하기 위해 1기의 브레스팅 돌핀에 설치된 방충재가 유효접안에너지를 전부 흡수한다고는 생각지 않는다. 따라서 접안각도에 대하여 어느 방충재가 선측에 접촉하나 신중히 검토하는 것이 바람직하다.
- (4) 말뚝식 돌핀의 세부설계에는 말뚝두부결합부, 계선주, 방충공, 사다리 또는 도교 등이 있다.
- (5) 말뚝두부 결합부의 구조는 제4편 7-2 말뚝과 상부공과의 결합부 설계 또는 본편 8-1-5 말뚝의 설계에 준한다. 더욱 강관말뚝을 사용하는 경우는 상부공과의 결합을 강결하게 할뿐 아니라 흘러 내려오는 부유체나 소형선의 충돌에 의한 말뚝의 변형을 피하기 위해 L.W.L 부근 이상을 콘크리트로 속채움하는 것이 바람직하다.
- (6) 계선주, 방충공, 사다리 등의 부대설비에 대해서는 본편 15장 부속설비에 준한다. 연결잔교에 대해서는 본편 4-1 직항식 횡잔교 및 본편 제13장 기타 형식의 안벽에 준한다.
- (7) Trestle, Cat walk 등의 시설에 대해서는 돌핀간격, 토층구성상태, 지지력 등을 감안하여 사용재료 및 구조 형식을 결정하고, 본편 각 장의 재료, 기초, 구조 기준에 준한다.

10-5 강재셀식 돌핀

강재셀식 돌핀의 기본설계에서는 원칙으로 다음 사항을 검토한다.

- (1) 전단변형에 대한 환산벽체폭
- (2) 셀의 근입깊이
- (3) 벽체 전체의 안정(활동, 지지력, 전도)
- (4) 셀의 인장력
- (5) 하역기계, 계선주 등의 기초

[참 고]

- (1) 본문의 항목(1), (2), (3), (4)에 대해서는 본편 제6장 강널말뚝 셀식 안벽, 또는 제7장 강판셀식 안벽, (5)에 대해서는 제4편 제4장 말뚝기초의 지지력, 본편 제17장 하역기계의 기초를 참조한다.
- (2) 원통형 셀식 경우의 환산벽체폭은 식(참10-1)에 의하여 산정해도 좋다.

$$B = \sqrt{3R} \quad (\text{참10-1})$$

여기서,

B : 환산벽체폭(m)

R : 원통형 셀의 반경(m)

- (3) 일반적으로 강재셀식 돌핀의 경우는 두부 전면적에 철근콘크리트 상부공을 시공하고, 강널말뚝 또는 강판의 두부를 이 속에 묻어 넣는 것이 보통이다. 그래서 이 위에 하역기계 등의 중량물을 올려 놓으면 강널말뚝등에 몹시 큰 압축력이 작용하게 된다. 따라서 속채움속에 말뚝을 박아 이 중량을 지지케 하여 경감시키지 않으면 널말뚝의 두부가 좌굴을 일으키게 되므로 주의해야 한다.

10-6 케이슨식 돌핀

케이슨식 돌핀의 기본설계에서는 원칙으로 다음 사항을 검토한다.

- (1) 케이슨의 활동
- (2) 케이슨의 전도
- (3) 지반의 지지력
- (4) 케이슨의 회전
- (5) 각 부재의 강도

[해 설]

케이슨의 회전은 외력이 돌핀에 대하여 편심해서 작용하는 경우 일어나는 현상이며, 본문의 (1), (2), (3)의 조건이 만족되어도 위험한 때가 있으므로 검토해야 한다. 이 경우 저항력은 제5편 1-4-6 완성후의 외력에 의한 저면반력에 비례하는 케이슨 저면마찰력을 생각한다. 또 안전율은 본편 3-3-2 벽체의 활동에 대한 검토에 준한다.

[참 고]

- (1) 본문의 항목(1), (2), (3)에 대해서는 본편 제3장 중력식 안벽을 참조한다.
- (2) 케이슨의 설계에 대해서는 제5편 제1장 케이슨을 참조한다.

제 11 장 선양장(船揚場)

11-1 일 반

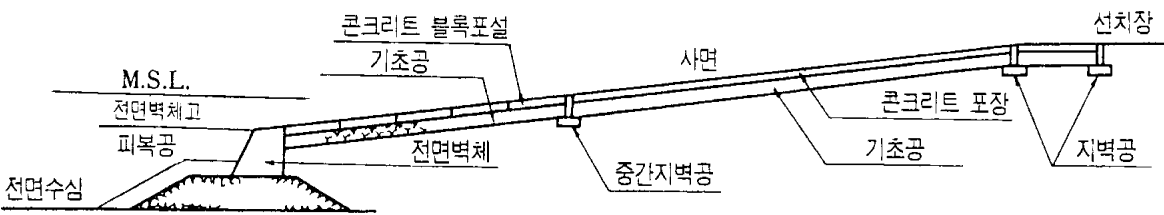
선양장은 구조물의 용도에 따라 이용상, 구조상 지장이 없는 시설이어야 한다.

[해설]

- (1) 선양장은 선박을 육상과 해상 사이에 올리고 내리는 시설이다. 선박을 올리는 이유로는 선박수리, 파랑이나 고조로부터 선박보호, 월동 등이 있다.
- (2) 총톤수 30톤 이상의 선박을 올리고 내리는 데는 케도나 활대 등을 사용하는 경우가 많다. 여기서는 선양장의 사로위로 선박을 직접 올리거나 내리는 30톤 이하의 소형선박의 시설을 대상으로 하였다.

[참고]

- (1) 선양장 각 부의 명칭은 도참(11-1)과 같다.



도참(11-1) 선양장 각부의 명칭

- (2) 30톤 이상의 선박을 올리고 내리는 사로에는 케도에 의한 것이 많으나 그 경우의 사로경사(斜路傾斜)는 2면 및 3면 경사가 많고, 후사면의 경사는 1:12보다도 더 완만한 것이 있다.
- (3) 지벽공
 - ① 일반적으로 중간지벽(中間止壁) 및 단지벽(端止壁)의 폭은 20cm 또는 30cm, 높이는 50cm 또는 70cm로 하는 경우가 많다.
 - ② 기초사석의 기초지반의 특성에 따라 상부공의 침하 및 활동이 발생하지 않도록 하고 두께는 30cm이상으로 한다.
 - ③ 중간지벽은 일반적으로 연장, 세로 다같이 10m 간격으로 설치한다. 콘크리트 블록 포설과 콘크리트 포장과의 경계에는 중간지벽을 설치해야 한다.

11-2 설치위치의 선정

설치위치의 선정에 있어서는 다음 사항을 주의하여야 한다.

- (1) 전면수역이 정온할 것
- (2) 전면수역이 매몰되거나 또 세굴되지 않을 것
- (3) 다른 선박의 항행 및 정박에 지장이 없을 것
- (4) 사로의 배후에 배를 인양해 둘만한 적당한 용지가 있을 것

[해설]

- (1) 선양장은 구조가 사면이기 때문에 파가 쳐오름으로 이용상 장애가 되고, 상당히 재해발생의 위험이 있으므로 그 배치에 대해서는 정온한 장소를 선정하여야 한다.
- (2) 전면수역이 표사 또는 하천유출 토사 등에 의해 매몰되기 쉬운 장소나 조류, 파랑 등에 의해 세굴되기 쉬운 장소는 유지보수 공사가 필요함으로 되도록 피하는 것이 좋다.
- (3) 일반적으로 선양장의 배후에는 권상기, 궤도, 수리시설 등을 설치하거나 어항시설의 임시거치장소로 이용할 뿐 아니라 차량 등의 진출입 등이 있으므로 충분한 용지를 확보하는 것이 바람직하다.
- (4) 선박의 올리고 내리는 작업, 궤도 및 활태 등의 설치에 의해 다른 선박의 항행 및 정박에 지장을 초래하지 않도록 전면수역을 충분히 확보하여야 한다.
- (5) 황천시에 쳐오른 파가 배후지에 유입할 위험이 있는 곳은 사로배후에 세굴방지공을 설치할 필요가 있다.

11-3 제원의 결정

선양장의 각부의 높이, 선양장 연장 또는 배후면적, 전면수심, 사로의 구매, 전면박지의 면적은 대상선박규모 및 이용상의 편리성 등을 고려해서 계획한다.

11-3-1 각 시설의 마루높이

선양장의 각부의 마루높이는 본편 2-2 안벽의 마루높이에 준하여 결정한다.

[참고]

- (1) 선박을 올려놓은 장소(船置場)의 마루높이는 본편 2-2 안벽의 마루높이에 준하여야 한다. 단, 안벽 등과 인접해 있는 경우는 이용상의 편리 등을 고려하여 안벽 등의 마루높이와 같게 하는 수가 있다. 전면수역의 파랑이 큰 경우는 처오름 높이를 고려하여야 한다.
- (2) 양육부 시설의 벽체의 천단고는 삭망평균간조위(L.W.L.)보다 대상선박의 흘수만큼 아래에 있는 것이 바람직하다. 이것은 대조기, 저조시에도 배를 인양하는 것을 전제로 하고 있기 때문이다. 이 경우의 대상선박의 흘수는 수리, 월동, 피난 등의 이용형태의 경우에는 경하흘수로 하고 소형어선이 어획물을 적재한대로 인양하는 경우에는 만재흘수로 한다. 또, 조차가 적은 지방이나 소조기저조시, 파랑이 큰 곳에서의 선박을 인양하는 곳에는 필히 깊게하는 것이 필요하다.

- (3) 배를 끌어올릴 때, 경사가 변하는 점에서는 배의 앞부분이 비탈면을 떠나 전상방으로 돌출한다. 배를 끌어올리기 위해서는 앞쪽을 내려오게 해야 하는데, 이때 상당히 큰 힘이 필요하다. 따라서 사면경사에는 경사의 변화점을 설치하지 않는 것이 바람직하다.
- (4) 수심이 깊은 경우, 용지가 협소한 경우, 사면경사의 변화점의 높이는 다음의 값을 참고로 결정한다.
- ① 비탈면이 2면 구성일 때(변화점 1개소)
MSL 부근~HWL
 - ② 비탈면이 3면 구성일 때(변화점 2개소)
최초의 점 L.W.L 부근
두번째의 점 HWL 부근
- (5) 전면수역의 파랑이 큰 때에는 파랑의 처오름 높이를 고려하여 선치장의 마루높이를 결정한다. 이상조위, 지반의 침하가 예상되는 곳은 이를 감안하여야 한다.
- (6) 사로 중 물에 잠기는 부분의 구조는 보통 콘크리트 블록을 쓰는 경우가 많다. 이 경우 현장타설 콘크리트와 콘크리트 블록의 경계는 MSL 부근으로 하여도 좋다.

11-3-2 선양장 연장 및 배후면적

선양장 사로의 연장 및 배후의 면적은 이용선박에 지장이 없는 적절한 길이와 면적으로 결정하여야 한다.

[해 설]

선양장의 사로의 연장은 선양장의 이용면에서 산정하는 것 외에 항 전체의 시설배치계획을 고려하여 결정해야 한다.

[참 고]

- (1) 배후의 면적은 인양한 선박을 거치하는 장소의 면적으로 벽체 배후의 평평한 면적이 이에 해당되나 선치장 마루높이가 높은 경우에는 사면상부의 일부를 포함하는 것도 있다. 이 경우의 사로길이는 최대이용선박의 전장에 5m 정도의 여유를 취하는 것이 바람직하다.
- (2) 인양한 선박의 간격은 선박길이 방향으로 2m정도, 폭 방향으로 1m정도가 필요하다.

11-3-3 전면수심

전면수심은 설계대상선박의 만재흘수에 적절한 여유를 더한 값으로 결정하여야 한다.

[참 고]

전면수심은 설계대상선박의 만재흘수에 0.5m를 더한 값을 고려하여도 좋다.
이것은 전면에 필요수심은 양육부 벽체의 마루높이, 선박의 승강방법에 따라 다르다. 일반적으로 와이어 로프 등에 의해 조용히 내리는 경우는 흘수보다 깊이 침수되지 않으나 사면상을 자유낙하시켜서 선박을 내리는 경우는 흘수보다 깊이 침수하는 일이 있으므로 주의를 요한다.

11-3-4 사로 경사(斜路 傾斜)

선양장의 사로의 경사는 이용선박의 형상, 지반의 특성, 조위차 등을 감안하여 선박의 인양이 원활하게 되는 적절한 경사로 되어야 한다.

[참 고]

- (1) 사로경사는 배의 형상, 지형조건, 조위차 및 전면수심 등을 고려하고 배를 올리고 내리는 작업이 원활하도록 결정되어야 한다.
- (2) 소형선박을 대상으로 하는 사로는 단일경사로 하는 것이 바람직하다. 단일사면은 인력으로 인양하는 경우나 수심의 얇은 곳에 많이 사용되고 있다. 사로경사는 1:6~1:12로 계획하여도 좋다.
- (3) 수심이 깊고, 용지가 좁은 곳에서는 2면 이상의 사면을 구성하는 곳도 있다. 이 경우, 전면벽체 마루높이가 -2.0m정도의 경우는 2면구성의 사면, -2.0m보다 깊은 경우는 3면구성의 사면으로 해도 좋다. 이 경우의 사로경사는 다음의 값을 참고로 하여도 좋다.
 - ① 사면이 2면구성인 경우
 - 전사면 1 : 6 ~ 1 : 8
 - 후사면 1 : 8 ~ 1 : 12
 - ② 사면이 3면구성인 경우
 - 전사면 1 : 6보다 급한 구배로 한다.
 - 중앙사면 1 : 6 ~ 1 : 8
 - 후사면 1 : 8 ~ 1 : 12
- (4) 수중부는 급한 경사로도 좋으나 감조부는 해초류 등이 부착되어 인양작업시에 발밑이 미끄러지기 쉬우므로 완구배로 하는 것이 바람직하다. 부득이 급한 구배가 되는 경우는 사로의 옆에 미끄럼방지로서 발 걸리는 것이나 그와 유사한 것을 부착시키는 것이 좋다.
- (5) 경사가 변하는 지점에서는 배를 인양할 때에 큰 힘을 필요로 하기 때문에 경사에 큰 차이를 두지 않는 것이 바람직하다. 부득이 경사에 큰 차이를 둘 경우는 큰 곡률반경의 곡선을 양사면에 설치하여야 한다.

11-3-5 전면 박지 면적

전면박지는 선박의 인양작업중 선박에 손상을 주거나, 다른 선박의 항행 등에 지장이 없도록 충분한 넓이를 확보하여야 한다.

[참 고]

- (1) 사면상을 자유낙하시켜서 배를 내리는 경우는 배에 속도가 커지면서 수면에 떨어진다. 이 경우의 이동거리는 사면경사, 사면의 마찰, 낙하거리에 의해서 달라지나 대체로 선박길이의 5배 이상이 된다. 또한, 선박길이의 4~6배이면 조선이 가능하므로 사로 수제선에서 선박길이의 5배정도 거리의 전면박지를 확보하여 두면 바람직하다. 조류가 강한 경우는 더 큰 여유가 필요하다.
- (2) 와이어 로프 등으로 조용히 배를 내리는 경우는 사로 수제선에서 배의 길이의 3배정도 거리를 박지로서 확보하여 두면 좋다.

11-4 양육부 벽체 및 포장

11-4-1 양육부 벽체

- (1) 선양장의 양육부의 벽체의 구조는 이용선박의 주요치수, 양육부의 벽체의 마루높이, 대상선박의 인양방법 등에 대해서 적절히 설정하여야 한다.
- (2) 선양장의 양육부의 벽체는 벽체의 구조에 대해 본편 제3장 중력식 안벽에서 본편 제8장 잔교식 안벽, 또는 본편 제13장 기타의 형식의 안벽의 규정에 준해서 적절히 안정을 확보하여야 한다.

[참 고]

- (1) 양육부 벽체의 구조형식에는 Block, 현장타설 콘크리트, 널말뚝 등이 있다.
- (2) 양육부 벽체 마루높이가 높은 경우는 선박의 중량이 집중적으로 양육부 벽체에 부가되는 위험이 있으므로 기초의 지지력에 특히 주의하여야 한다.
- (3) 양육부에서의 내습과 또는 사면을 쳐오르는 파의 흐름에 의해서 기초가 세굴되면 양육부 벽체뿐 아니라 사면도 파괴되는 경우가 있으므로 파랑이 있는 장소는 양육부 벽체에 충분한 근고공 및 피복공을 설치하는 것이 필요하다.

11-4-2 포장공

포장공 설계에 있어서는 다음 사항에 유의하여야 한다.

- (1) 선박등의 하중에 대하여 안전할 것
- (2) 파랑등에 의하여 파괴되지 않을 것
- (3) 기초의 부등침하에 의하여 파괴되지 않을 것

[참 고]

포장형식 및 설계는 본편 16-2-3 포장형식 選定에 준한다.

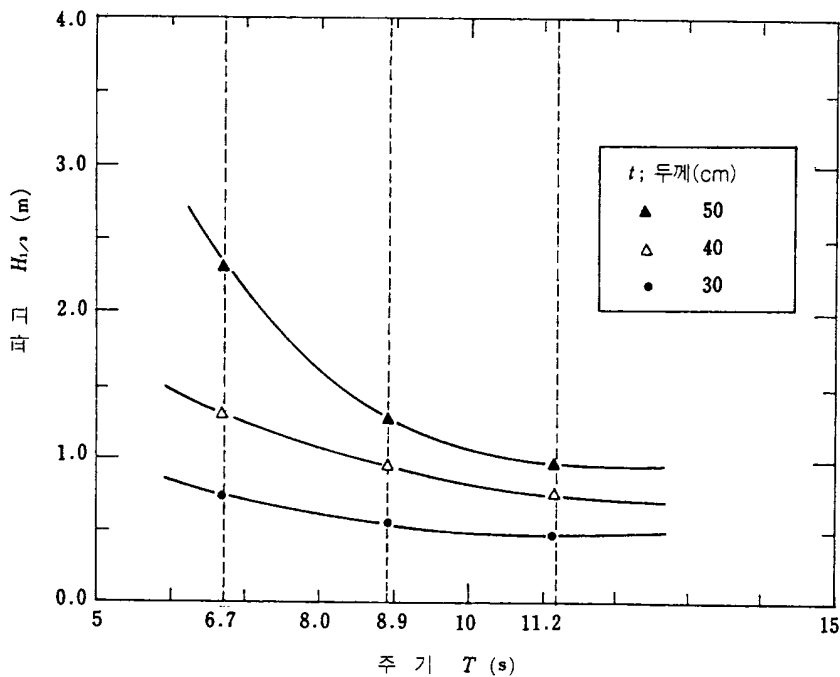
- (1) 포장은 시멘트 콘크리트(Cement Concrete) 포장이 거의 대부분이며, 콘크리트의 두께는 현장타설의 경우 20~35cm정도, Joint간격은 5~10m정도이다. PC 콘크리트 Block의 경우는 크기가 2×2m, 두께는 30cm정도로 하는 것이 많다. 단, 파고가 고려되는 곳이나 재해복구의 경우에는 도참(11-2)에 의해서 Block두께를 정할 수가 있다. 노반은 부등침하가 발생하지 않도록 충분히 다짐을 하고 두께는 30cm정도로 하는 것이 보통이다.
- (2) 특히 파의 쳐오르는 부분의 사면은 흡출이 일어나기 쉬우므로 되도록 현장타설 포장을 시공하는 것이 바람직하다.
- (3) 경사변화점에는 선박의 중량이 집중하는 등 파괴되기 쉬우므로 중간지벽공 및 말뚝 등으로 보강한 예도 있다.
- (4) 연약지반에서 사면이 침하하는 위험이 있는 경우는 기초의 전압, 지반개량 등에 의해 부등沈下를 일으키지 않도록 주의하여야 한다.

11-5 측 벽

측벽의 설계는 각각의 구조양식에 준한다.

[참 고]

- (1) 측벽의 선단부 높이는 전면 근고벽의 근입고와 동등하게 하고, 육측 방향으로는 현지지반에 연하여 1~3단의 계단형으로 경사를 붙인다.
또한, 선양장의 선단부가 안벽 법선보다 돌출하는 경우는 이용성 또는 안전상 측면에서 측벽을 수면 위까지 올리는 편이 좋다.
- (2) 측벽의 육측 종단부가 호안, 계선안 등의 구조물과 접속하는 경우는 이들의 구조물과 구조적으로 안전하게 연결시켜야 한다.
- (3) 측벽의 단면은 「본편 제3장 중력식 안벽」에 준한다.
- (4) 선양장과 호안 혹은 계선안 등의 구조물과의 접속하는 부분은 단차가 있을 때에는 방호책, 차막이 등의 안전대책을 강구할 필요가 있다.



도참(11-2) 긴 블록의 필요두께와 선양장 전면의 파고

제 12 장 계선부표

12-1 설계의 기본방침

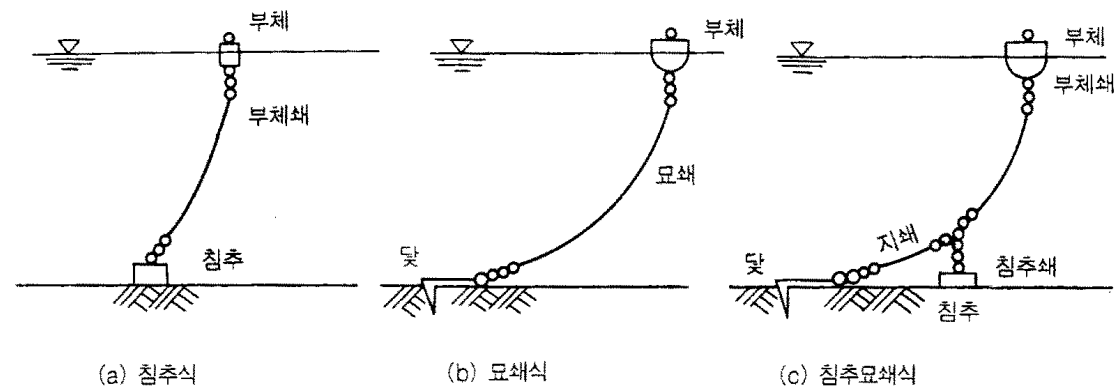
계선부표는 계류방식, 자연상황 및 대상선박의 주요치수 등에 대하여 안정한 구조이어야 한다.

[참 고]

(1) 繫船浮標는 船舶이 바람, 潮流, 波浪등으로 인하여 박지로부터 밀려나가는 것을 막고, 이를 안전하게 박지 안에 繫留시킬 목적으로 만들어지는 시설이다. 구조상으로는 침추식(沈鍾式), 묘쇄식(錨鎖式), 침추묘쇄식(沈鍾錨鎖式)의 3종으로 나눈다.

침추식은 도참(12-1)(a)에 나타낸 바와 같이 부체(Buoy), 부체쇄(Main Chain), 침추(Sinker)로 이루어지고 닻(Anchor)은 쓰이지 않는다.

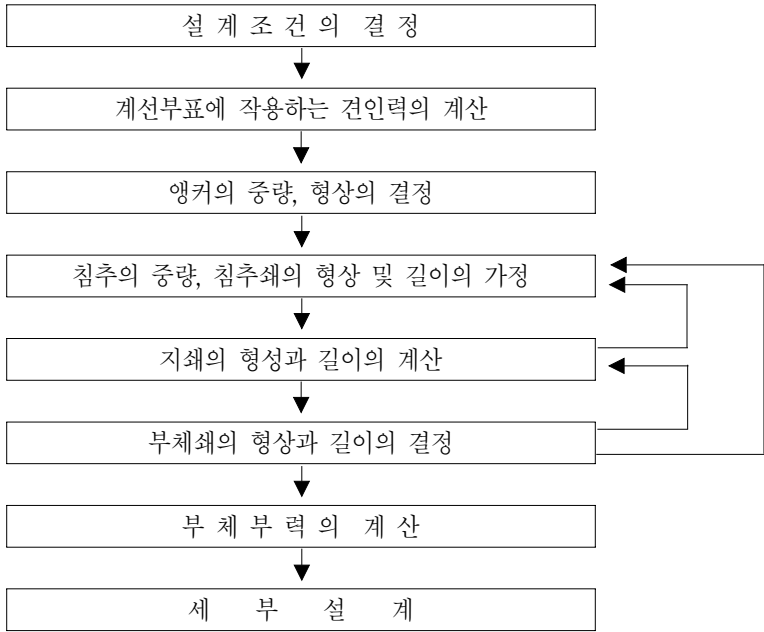
묘쇄식은 도참(12-1)(b)에 나타낸 바와 같이 부체, 묘쇄, 닻(Anchor)으로 이루어지고, 침추는 쓰이지 않는다. 다른 형식에 비하여 공사비가 저렴하지만 선박의 유동반경이 커지므로 박지면적에 제한이 있는 곳에는 적합하지 않다.



도참(12-1) 계선부표의 형식

침추묘쇄식은 도참(12-1)(c)에 나타낸 바와 같이 부체, 부체쇄, 지쇄(Ground Chain), 닻, 침추로 이루어지며 가장 많이 사용된다. 침추를 무겁게 하면 선박의 유동반경이 짧아지므로 좁은 박지에서 이용된다.

(2) 계선부표의 설계는 일반적으로 다음 순서로 하는 것이 좋다.



도참(12-2) 계선부표의 설계순서

(3) 계선부표의 부체쇄와 지쇄의 인장력 등의 각 요소간에 작용하는 내력은 구성요소의 형상과 무게에 따라 정해지는 것으로 이들의 구성요소 가운데 어느 하나의 형상을 바꿔도 모든 내력이 변한다. 따라서 경제적인 부표의 설계는 각 요소의 형상을 미리 가정하여 내력을 계산한 다음에 각 요소의 형상을 점차적으로 수정해 나가면서 가장 알맞은 형상을 결정하는 시산해법을 적용하여야 한다.

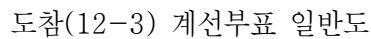
12-2 설계조건

계선부표를 설계할 때에는 계류조건, 자연조건 및 대상선박의 제원을 고려하여야 한다.

[참 고]

계선부표의 설계는 다음의 사항을 참고하는 것이 바람직하다.

- (1) 계류조건
 - ① 계류방법(단부표박, 쌍부표박)
 - ② 선박의 허용이동범위
- (2) 자연조건
 - ① 바 람
 - ② 조 류
 - ③ 파 랑
 - ④ 박지의 토질
 - ⑤ 수 심
 - ⑥ 조 위



- ① 선박의 길이
- ② 흘 수
- ③ 선박의 폭
- ④ 수면에서 호스파이프(Hose Pipe)까지의 높이
- ⑤ 흘수위의 정면 및 측면 투영면적
- ⑥ 흘수아래의 정면 및 측면 투영면적

12-3 계선부표에 작용하는 견인력

– 1018 –

[참 고]

- (1) 계선부표에 작용하는 견인력은 계류된 선박에 작용하는 바람, 조류, 파랑등의 외력에 지배된다. 풍력, 파력 등은 동역학적 하중이어서 이들과 견인력 사이의 관계에는 불분명한 점도 많으며 나불(Swell) 등으로 인하여 견인력이 작용하는 일도 있으므로 견인력은 기존의 같은 종류의 부표에 작용하는 견인력도 참고하면서 신중하게 결정해야 한다.
- (2) 계류부체에 대해서 동적계류해석을 하는 경우에는 파의 주기에 의해서 그 응답특성이 크게 다르므로 일반적으로 단일주기파에 의한 검토에서는 과대 또는 과소한 결과가 되기 때문에 스펙트럼을 갖는 불규칙 파로서 검토할 필요가 있다.
- (3) 최근에 설계된 계선부표의 설계조건과 설계하중은 표참(12-1)과 같다.

표참(12-1) 계선부표의 예

대상선박 (DWT)	계선방법	풍 속 (m/s)	조 류 (m/s)	파 고 (m)	견인력 (kN)
1,000	단부표박	50	0.5	2.0	185
3,000	"	50	0.5	4.0	409
15,000	"	15	0.51	0.7	245
20,000	"	20	1.0	-	589
130,000	"	60	0.67	10.0	1,370
260,000	"	25	0.51	3.0	1,840
30,000	쌍부표박	15	-	-	1,490
100,000	6점 계류	20	-	1.5	1,470

- (4) 단부표박(單浮標泊)인 경우에는 선박이 회진운동(이리저리 왔다 갔다 하는 움직임)을 한다.
이에 관한 어느 모형실험에 의하면, 풍향과 선축사이의 교각인 회진각(回振角)은 최대 30°정도이고, 이것은 錨鎖(닻줄)의 길이와 풍속에 따라 변한다.
- (5) 쌍부표박(雙浮標泊)의 경우에는 선박의 회진운동이 작으므로 견인력을 감소시키기 위하여 풍향과 조류의 방향에 평행이 되도록 부표(浮標)를 배치하는 것이 좋다.
- (6) 이상시의 파고가 큰 경우에는 계선부표에 충격적인 인장력이 작용한다. 충격적인 인장력을 저감하기 위해서는 탄성을 갖는 체인을 계류라인의 일부에 사용하는 것이 바람직하다.

12-4 계선부표 각부의 설계

12-4-1 앵 커

계류앵커, 침추(沈鍾) 및 침추쇄(沈鍾鎖), 지쇄(地鎖), 부체쇄(浮體鎖), 부체(浮體) 등의 각 부의 규모 또는 소요강도 등은 본편 제9장 浮棧橋의 규정에 준하는 船舶의 牽引力, 繫船浮標의 구조, 繫船方法 등에 대해서 적절히 설정하여야 한다.

[참 고]

- (1) 繫船浮標 1기에 보통 3개의 앵커를 배치한다. 그러나 설계에서는 그 중 1개의 앵커만이 水平力에 抵抗하는 것으로 본다.
- (2) 繫船浮標에 작용하는 水平力에 대해서는 원칙으로 앵커만이 抵抗하는 것으로 본다. 앵커의 앵커력에 관해서는 본편 9-4-4 앵커의 설계에 의해서 구한다.
지쇄 가운데 海底에 접하고 있는 부분(본편 12-4-3 지쇄 참조)의 앵커력을 기대할 수도 있으나, 앵커와 지쇄의 공동작용의 힘 분배에 관해서는 불분명한 점이 있고, 또 지쇄의 抵抗력은 앵커에 비하여 상당히 작으므로 앵커만으로 水平力에 抵抗한다고 보아 설계하는 것이 타당하다. 항만용에 일반적으로 사용되고 있는 繫留앵커의 종류는 Single Fluke Stock Anchor이다.(본편 9-4-3 繫留체인인 설계 참조)
- (3) Single Fluke Stock Anchor 대신에 매설앵커를 사용하는 경우도 있다.
- (4) 繫留앵커의 과주력(把駐力)은 海底의 토질, 지형, 繫留앵커 形狀 등에 의해 불규칙성이 크므로 그 安定에 대해서는 실제로 확인하는 것이 바람직하다.

12-4-2 침추(沈錘)와 침추쇄(沈錘鎖)

[참 고]

- (1) 침추쇄의 길이는 보통 3~4m이다. 침추쇄의 길이가 너무 길면 지쇄의 떠오르는 양이 커져서 지쇄가 엉키기 쉬워지며, 이것은 마모나 절단의 원인이 되므로 너무 길게 하지 않는 것이 좋다.
침추쇄는 부체쇄와 같은 직경의 것을 사용한다.
- (2) 침추에 작용하는 연직력 또는 수평력은 본편 12-4-4 부체쇄에 의해서 계산되는 부체쇄 장력 또는 부체의 수평이동 거리에 의해서 계산할 수 있으나, 조류속 또는 파고가 클 경우는 침추쇄에 작용하는 조류력과 파력의 수평, 수직성분을 추가로 합산한다. 이때 파력은 제5편 5-5 수중부재에 작용하는 파력을 참조하며, 조류력은 파력 중 항력에 준하여 산정한다.

$$P_V = T_A \sin \theta_1 = (T_C - w\ell) \sin \theta_1 \quad (\text{참12-1})$$

$$P_H = T_A \cos \theta_1 = (T_C - w\ell) \cos \theta_1$$

여기서,

P_V, P_H : 침추 등에 작용하는 연직력 · 수평력 (kN)

θ_1 : 침추의 연결점으로 부체쇄의 수평이 되는 각(°)

T_A : 침추의 연결점에 있어서 부체쇄의 장력(kN)

T_C : 부체에 연결점에 있어서 부체쇄의 장력(kN)

w : 부체쇄의 단위길이당의 수중중량(kN/m)

ℓ : 부체쇄의 길이(m)

θ_1 는 다음 식을 풀어 구한다.

$$\ell = \frac{T_A \cos \theta_1}{w} (\tan \theta_2 - \tan \theta_1) \quad (\text{참12-2})$$

$$\Delta K = \frac{T_A \cos \theta_1}{w} \{ \sinh^{-1}(\tan \theta_2) - \sinh^{-1}(\tan \theta_1) \}$$

여기에서,

ΔK : 부체의 수평이동거리(m)

θ_2 : 부체와의 연결점에서 부체쇄가 수평이 되는 각(°)

설계條件에 대하여 牽引力이 걸리는 경우, 부체쇄는 근사적으로 직선이 되므로.

$$\theta_2 = \theta_1 = \cos^{-1} \frac{\Delta K}{\ell} \quad (\text{참 12-3})$$

으로 하여도 좋다.

(3) 침추의 무게

침추의 무게는 대형선박 5,000 G.T.에 대하여 5t정도, 10,000 G.T.에 대하여 8t정도가 보통이므로 이 값을 참고로 하여 결정한다. 위의 침추의 무게는 수중중량이다. 침추는 필요한 무게만 있으면 그 형상이나 재질은 관계없으나, 보통은 원반모양의 주강이 사용되며, 저면을 약간 오목한 면으로 해두면 해저면이 연약한 경우에는 지반과의 부착효과를 상당히 기대할 수 있다.

콘크리트를 사용할 수 있으나 해수에 의한 염화 및 충격에 의하여 파손되는 경우가 있다.

- (4) 침추의 목적은 체인에 작용하는 衝擊力을 흡수하는 동시에 부체쇄의 길이를 짧게 하는데 있다. 따라서 船舶의 이동距離를 짧게 하기 위하여 부체쇄를 짧게 하려면 그만큼 침추의 무게를 증가시켜야 한다.

12-4-3 지 쇄(地 鎖)

[참 고]

- (1) 지쇄의 길이는 보통 50m 정도로 하며, 앵커와의 연결점에서 해저면과 이루는 각도가 3°이상이 되면 앵커의 앵커력이 급감하므로 이 각도를 3°이하로 할 필요가 있다. 부표에 牽引力이 작용했을 때에 지쇄가 위의 條件을 滿足시키도록 지쇄의 수중무게를 결정하는 일이 많다. 또 牽引力이 큰 경우에는 지쇄의 길이를 위의 값보다 길게 하여 앵커와 지쇄의 연결각도를 작게 하는 수도 있다.

앵커 연결점에서 지쇄의 경각(傾角)(θ_1)은 본편 9-4-3 繫留체인의 설계의 식(참9-12)를 사용하여 산출할 수 있다. 이 경우 기호의 일부는 다음과 같다. (도참(12-4) 참조)

l : 지쇄의 길이 (도참(12-4)의 ℓ_g) (m)

h : 지쇄의 상단과 해저면 사이의 거리 곧, 침추쇄의 길이와 침추의 높이의 합에 여유를 더한 것(도참(12-4)의 h_g) (m)

P : 부체에 작용하는 견인력의 수평분력(kN)

w : 지쇄의 단위길이당의 수중중량(kN/m)

θ_2 : 지쇄 상단의 경각(°)

단, 계산할 때에는 ℓ_g , w 및 h_g 를 가정하여 θ_1 을 구하고, 이것이 3°이하로 되도록 한다.

- (2) 지쇄의 최대인장력(Tg)은 본편 9-4-3 계류체인의 설계의 식(참9-9)로 부터 구한다. 여기서 P는 부표에 작용하는 선박의 견인력의 수평분력이고 θ_2 는 지쇄 상단에서의 지쇄의 경각이다. 지쇄의 형상은 이 인장력에 견딜 수 있는 것이라야 한다.

- (3) 체인의 허용인장력은 본편 9-4-2 [2] 체인의 직경 [참고] (1)에 따라 결정한다.

그러나 계선부표의 경우에는 체인을 무겁게 하여 충격적으로 가해지는 에너지를 흡수하거나 본편 9-4-3 계류체인의 설계의 식(참9-12)에서 체인의 길이를 짧게 함으로서 선박의 유동범위를 작게 하는 등 단순한 강도의 관점에서만 체인의 굵기를 결정하는 것이 아니라 내력시험하중의 1/5-1/8 정도가 작용하는 최대인장력과 같이 되는 굵기의 체인이 사용되고 있다.

12-4-4 부체쇄(浮體鎖)

[참 고]

- (1) 부체쇄의 길이(ℓ_f)는 수심의 1.4배 정도가 보통이다. 부체쇄가 너무 길면, 엉켜서 마모나 절단의 원인이 되는 일이 있으므로 조심할 필요가 있다.
- (2) 부체쇄의 단위길이당의 수중중량(W_f) (t/m^3)은 본편 9-4-3 계류체인의 설계의 식(참 9-12)로부터 산출할 수 있다.

여기서 ℓ 은 부체쇄의 길이 [도참(12-4)의 ℓ_f] (m)이고, h 는 부체쇄 상하단의 연직거리[도참(12-4)의 h_f] (m)이다. 다시 말하면 h 는 부체와의 연결점과 침추저면이 완전히 해저면으로부터 떨어지도록 잡아올렸을 때의 침추쇄 상단사이의 연직거리이다.

여기서 P 는 부표에 대한 견인력의 수평분력(t), θ_2 , θ_1 은 각각 부체쇄 상하단의 경각(θ_2 , θ_1)이다. θ_1 은 부체쇄 하단의 인장력(T_{fu}), 지쇄 상단의 인장력(T_g) 및 침추쇄 상단의 인장력(T_{su}) 사이의 평행조건으로부터 도참(12-5)에서 산출할 수 있다.

T_{su} 는 침추와 침추쇄의 수중중량에 지나지 않고, T_g 와 그 작용방향은 본편 12-4-3에서 이미 산출되어 있다.

- (3) 부체쇄 상단에서 인장력은 본편 9-4-2 계류체인의 설계의 식(참9-9)에 따라 계산된다.

이때 수평외력은 견인력의 수평분력을 취하면 된다. 또 부체와의 연결점에서 부체쇄가 수평면과 이루는 각(θ'_2)은 이미 산출된 부체쇄의 단위길이당의 수중중량을 사용하여 식(참9-12)로부터 구해진다.

이 인장력에 대하여 부체쇄의 강도를 검토해야 한다.

- (4) 부체의 수평이동량(K)은 본편 9-4-3 계류체인의 설계의 식(참9-13)으로부터 계산한다.

이때 기호의 일부는 다음과 같다.

θ_1 : 부체쇄 하단이 수평면과 이루는 각(도참(12-4)의 θ_1)(°)

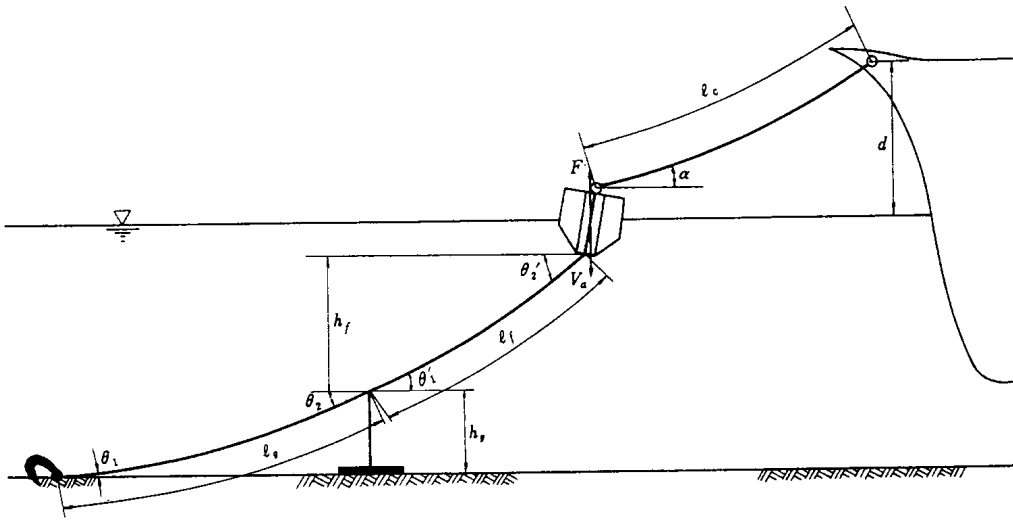
θ_2 : 부체쇄 상단이 수평면과 이루는 각(도참(12-4)의 θ_2)(°)

이 K_h 의 값이 박지의 면적에 대하여 적당한 값인가를 검토하고, 과대한 경우에는 부체쇄를 짧게 하는 동시에 침추의 무게 또는 부체쇄의 단위길이 당의 무게를 증가시킨다.

12-4-5 부체의 설계

[참 고]

계선부표에 설계견인력이 작용하여도 부체가 물속으로 끌려들어가지 않도록 해야 한다. 선박이 계류되어 있지 않는 경우에 부체쇄를 때에 따라서는 침추쇄 및 지쇄의 일부를 현수하고도 부체는 수면상으로 1/2-1/3정도 떠올라 있어야 한다. 이 2가지 조건을 만족시키도록 부력을 결정한다. 전자의 조건을 만족시키는 데 필요한 부체부력은 식(참12-4)로부터 구한다.



도참(12-4) 침추·묘쇄식 계선부표의 형식

$$F = V_a - \frac{P}{\sqrt{\left(\frac{l_c}{d}\right)^2 - 1}} \quad (\text{참12-4})$$

여기서,

F : 부체의 소요부력(kN)

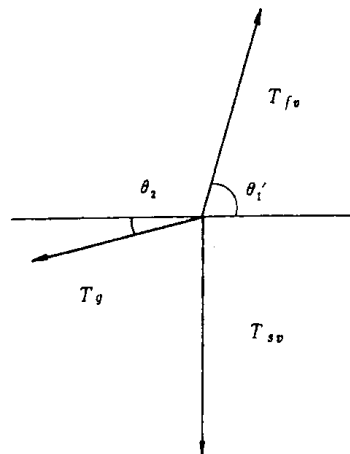
V_a : 부체에 작용하는 연직력(kN) (본편 9-4-3 계류체인의 설계의 식(참9-11)로부터 구해진다)

P : 설계견인력(kN)

l_c : 계류체인의 길이(m)

d : 선박의 파이프 매니홀드에서 수면까지 높이(m)

그러나 실제 필요한 전체의 부력은 견인력에 저항하는데 필요한 부력과 부체의 자중과의 합이다.



도참(12-5) 지쇄의 引張力

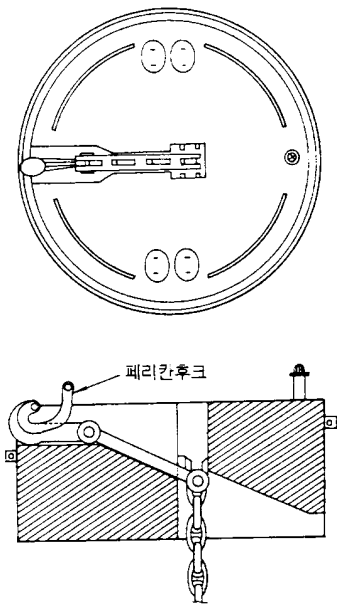
12-5 세부설계

[참 고]

- (1) 부체에는 배(梨)형, 통(桶)형, 원통형, 구형, 원추형, 팽이형 등이 있다. 현재 주로 많이 사용되고 있는 것이 팽이형이다. 부체의 각 부분은 임의의 방향으로 전도하면서 물속으로 끌려 들어간 상태에서 받은 수압에 견딜 수 있도록 설계되어야 한다. 부체내부에 격벽을 설치할 필요가 있는 경우도 있다. 또 부체에는 큰 목재 완충재를 설치하여 선박의 충격에 의한 손상으로부터 보호할 필요가 있다.
- (2) 새클(Shackle), 스위벨(Swivel), 링(Ring), 무어링피스(Mooring Piece) 등의 부속품은 체인의 강도에 대응하는 강도를 가진 것을 사용한다.
- (3) 부체와 부체쇄의 연결부 및 침추쇄와 부체쇄의 연결부에 있는 각종의 Shackle, Swivel 등은 부체의 유동에 의한 마모가 크므로 설계와 관리에 있어서는 이 점에 유의해야 한다.
- (4) 부체쇄, 지쇄 또는 침추쇄는 매년 1~2회 조사하고 당초의 직경의 10%이상의 마모, 부식이 있으면 교환하는 것이 바람직하다. 일반적인 사용 상태로는 4년에 1회 비율로 교환하고 있는 경우가 많다.
- (5) 하프 새클(Half Shackle)의 표준치수는 표참(12-2)와 같으며 하프 새클을 설치하고 해체하는데 간단한 기구를 사용할 수도 있다.

표참(12-2) 하프새클의 표준치수

繫留船舶 (GT)	내 경 (mm)	환의 직경 (mm)
500	200	80
1,000	240	80
2,000	280	100
3,000	320	100
4,000	360	110
5,000	400	110
6,000	440	110
8,000	480	120
10,000	520	130
15,000	520	130
20,000	520	130
25,000	560	140
30,000	600	150



도참(12-6) 부체의 상세도

제 13 장 기타형식의 계류시설

13-1 디태치드 피어(Detached Pier)

13-1-1 적용범위

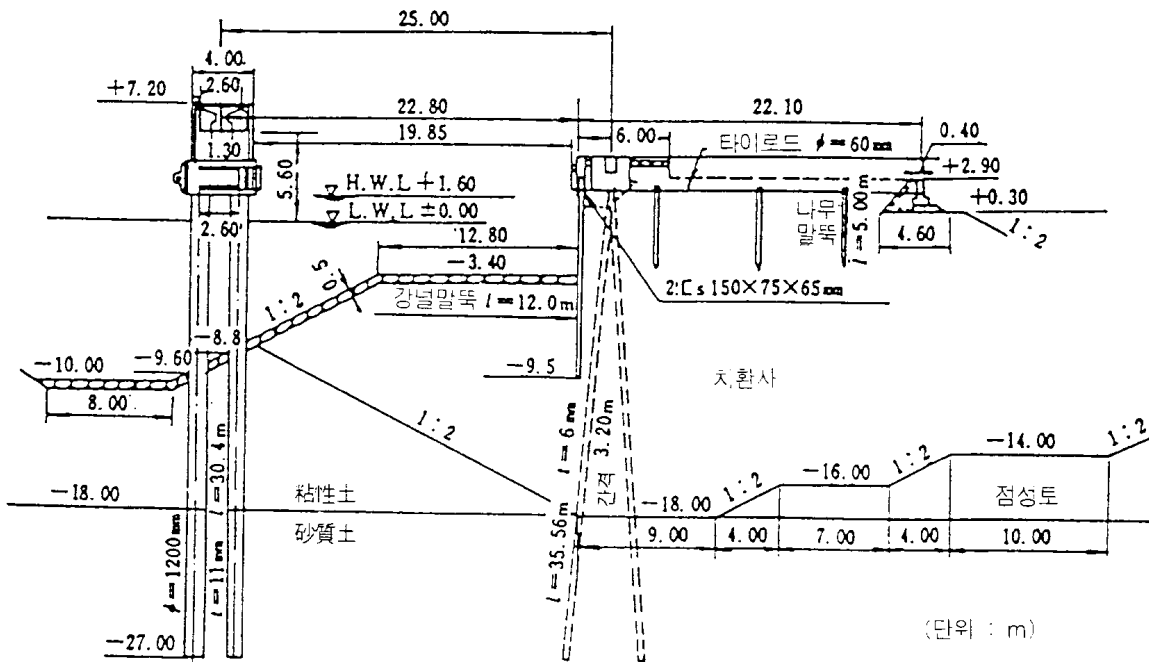
본장은 디태치드 피어 또는 背後의 흙막이부에서 구성되는 디태치드 피어식 안벽의 설계에 적용한다.

[해설]

디태치드 피어는 궤도주행식의 교형기중기 등의 기초를 적당한 수심의 지점에서 설치하고 이들을 안벽으로서 이용하는 것이며, 일반적으로 바닥구조를 필요로 하지 않고 각주부와 그 사이를 연결하는 Girder로 구성된다. 디태치드 안벽은 디태치드 피어 및 배후 흙막이부까지 구성되고 있다.

[참고]

- (1) 각 기둥부분은 직향식, 사조향식, 중력식, 셀식 널말뚝 등이 있으나, 그들의 구조상의 분류 및 그 특징은 본편 제2장 안벽시설의 제원 및 구조양식, 제4장 잔교식 안벽 등을 참조하여 적용한다.
- (2) 디태치드 피어 안벽의 설계 예를 도참(13-1)에서 보여준다.



도참(13-1) 디태치드 피어의 설계 예

13-1-2 설계의 기본

디테치드 피어식 안벽의 설계는 기둥부 및 Girder에 작용하는 하중에 대하여 안정한 구조로 하는 동시에 다리형 크레인의 형상, 치수, 走行性, 設置 後の 沈下 등을 충분히 고려한 구조로 한다.

[해 설]

디테치드 피어식 안벽에는 궤도주행식 크레인이 설치되기 때문에 변위가 적은 구조로 한다.

[참 고]

디테치드 피어식 안벽에는 하역기계의 양쪽 궤도를 디테치드 피어 위에 설치하는 경우와 한쪽만을 디테치드 피어 위에 설치하고 다른 쪽은 흙막이부의 후면에 설치하는 경우가 있다. 후자의 경우 하역기계의 고정기둥 기초는 육지부에 설계하는 것이 바람직하다.

13-1-3 디테치드피어의 설계

[1] 설계순서

[참 고]

설계순서는 본편 제4장 잔교식 안벽에 준한다. 단 교각식구조로 하는 경우 본편 제3장 중력식 안벽 또는 제7장 셀식널말뚝 안벽에 준하여 수행하는 것이 좋다.

[2] 배치와 제원

디테치드 피어의 육안과의 거리, 궤도간격 및 범선방향의 지간길이는 위에 놓을 기중기의 제원, 해저 지반 등을 고려하여 경제성 및 시공상의 난이도를 종합적으로 판단하여 결정하여야 한다.

[3] 설계외력과 하중

디테치드 피어의 설계에 고려할 외력과 하중으로서는 원칙으로 다음의 것을 고려한다.

- (1) 연직력
 - ① 하역기계의 윤하중
 - ② 선박의 견인력
 - ③ 상부구조의 자중
 - ④ 각 기둥부의 자중
- (2) 수평력
 - ① 선박의 견인력
 - ② 선박의 충격력(防衝工 反力)
 - ③ 하역기계에 작용하는 풍하중
 - ④ 하역기계에 작용하는 지진력
 - ⑤ 상부공에 작용하는 지진력
 - ⑥ 각 기둥부에 작용하는 지진력
 - ⑦ 파력 또는 양압력, 조류력

[해 설]

- (1) 디테치드 피어의 설계에 있어서는 기타 필요에 따라서, 파력이나 양압력, 상부공에 작용하는 풍하중을 고려한다.
- (2) 거더의 설계에 있어서는 수평력으로서 하역기계의 제동력을 고려해야 하나, 각 기둥부의 경우는 필요에 따라서 고려하면 좋다.

[참 고]

- (1) 각각의 外力 및 荷重의 산정에는 아래 각 장을 참조할 것
 - ① 상부공 자중, 각 기둥부의 자중 : 제2편 14-2 자중 및 재하하중
 - ② 하역기계 운하중 : 제2편 14-4 활하중
 - ③ 선박의 견인력 : 제2편 2-2-7 계선주에 작용하는 힘
 - ④ 선박의 충격력 : 제2편 2-2-2 선박의 접안시 발생하는 외력, 제2편 2-2-3 계류중 선박의 동요에 의하여 발생하는 외력
 - ⑤ 하역기계, 상부공에 작용하는 풍하중 : 제2편 3-3 풍압력
 - ⑥ 하역기계, 상부공, 각 기둥부에 작용하는 지진력 : 제2편 제12장 지진 및 지진력
 - ⑦ 각 기둥부에 작용하는 파력, 조류력 : 제2편 5-5 (단, 조류력은 항력성분만을 산정)

[4] 각 기둥부의 설계

각 기둥부는 구조형식을 고려하여 구조적으로 안전하게 설계하여야 한다.

[해 설]

각 기둥부의 설계는 본편 제4장 잔교식 안벽에 준한다. 교각식 구조로 할 경우의 설계는 본편 제3장 중력식 안벽 및 제7장 셀식널말뚝 안벽에 준한다.

[5] 거더의 설계

거더의 설계에 있어서는 연직방향과 수평방향의 외력 및 하중에 대해서 안전한 구조로 하여야 한다.

[해 설]

디테치드 피어는 거더 상부에 직접케도를 부설하므로 연직력 또는 수평력을 충분히 받아들일 수 있는 부재를 사용하여야 한다. 연직하중은 하역기계에 작용하는 풍하중 및 지진력에 의한 운하중의 증가를 고려하여야 한다.

[참 고]

- (1) 거더의 설계는 각 기둥의 부등침하를 고려하여 단순보로 생각하는 경우가 많다.
- (2) 수평하중은 하역기계의 양측기둥이 고정기둥으로만 되어 있을 경우는 하역기계 운하중의 비율로 배분한 값으로 하고, Hinge기둥과 고정기둥으로 되었을 경우는 안전을 위해 전하중을 고정기둥측에 부담시킨다. 이때 Hinge기둥에도 양측기둥이 고정기둥인 경우에 작용한다고 예상되는 수평력의 1/2을 작용시킨다.

[6] 흙막이부의 설계

흙막이부의 구조형식에 따라 각각 해당하는 장에 따라 설계한다.

[참 고]

흙막이부의 배후에 하역기계의 한쪽의 궤도를 설치할 경우에는 본편 제17장 하역기계의 기초에 따라 설계한다.

[7] 원호활동에 대한 검토

원호활동에 대한 검토는 본편 4-1-7 사면의 안정에 대한 검토에 준한다.

[8] 부속설비

디테치드 피어의 부속설비로서는 방충공(防衝工), 계선주, 도교 등을 설치한다.

[참 고]

방충공, 계선주에 대해서는 본편 제15장 부속설비를 참조한다. 도교는 1선석에 1~2개소의 비율로 설치할 필요가 있다. 이외에 선박의 접안 및 이안할 때, 밧줄잡기 작업에 충분한 공간이 없는 경우에는 안전 확보를 위한 슬래브를 설치할 필요가 있다. 도교, 슬래브의 활하중은 5 kN/m²로 한다.

[9] 세부설계

(1) 상부공

상부공은 본편 4-1-8 [1] 상부공 설계에 쓰이는 하중의 조합에 의하여 단면을 결정하여야 한다.

(2) 도교

도교는 도로교 표준시방서(건교부) 등에 의하여 검토하여야 한다.

13-2 자립식 널말뚝 안벽

13-2-1 설계의 기본방침

- (1) 본 절은 자립식 널말뚝에 의하여 배후토압을 지탱하는 안벽 설계에 적용한다.
- (2) 본 절의 설계법은 사질토지반에 박힌 자립식 널말뚝을 대상으로 한다.

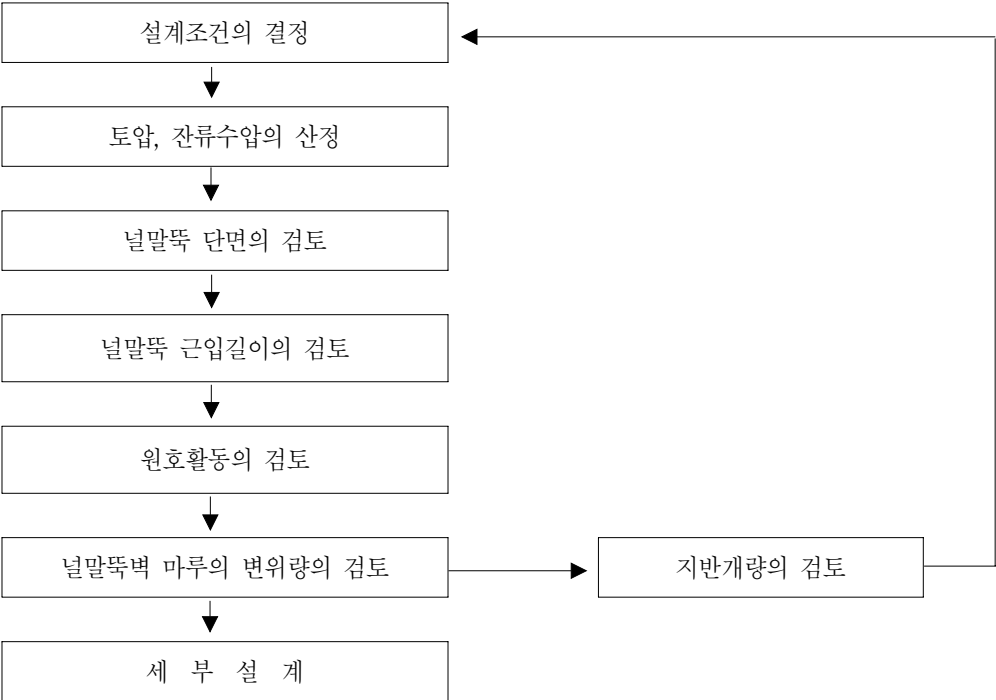
[해 설]

본 절의 설계법은 사질토 지반의 경우를 전제로 하고 있어 점성토 지반의 경우에는 적용되지 않는다. 점성토

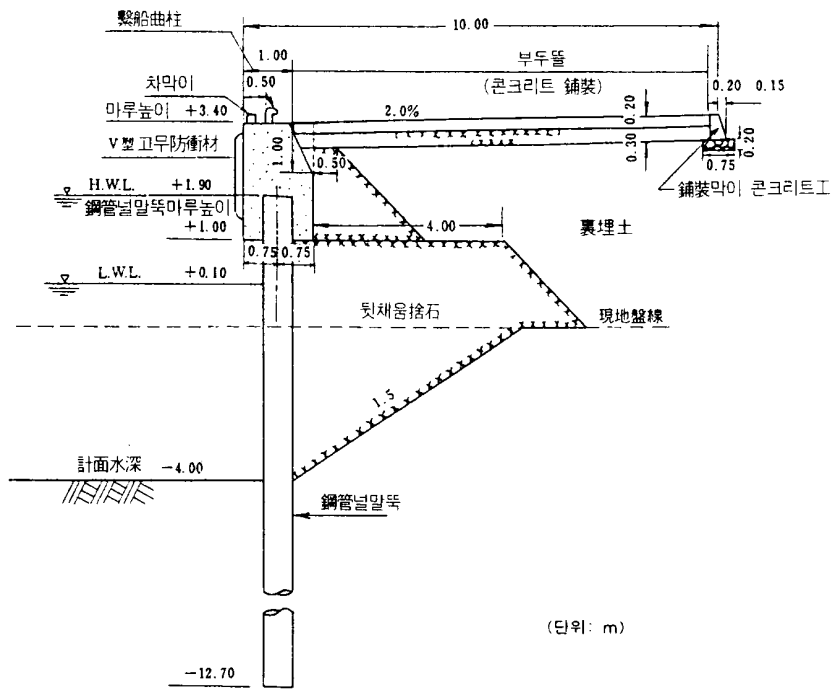
지반의 경우의 자립식널말뚝안벽의 설계법에 대해서는 현재 명확하지 않은 점이 많고, 또 공학적 의미에서도 크리프 등의 영향을 고려해야 하므로 점성토지반의 경우는 되도록 피하는 것이 좋다.

[참 고]

- (1) 자립식 널말뚝 안벽의 설계는 일반적으로 도참(13-2)에 나타나는 순서로 하는 것이 바람직하다. 도참(13-2)는 자립식 널말뚝 안벽설계의 표준적인 검토사항 및 순서를 나타낸 것이다. 실제설계에 있어서는 순서를 변경하는 경우도 있다. 예를 들면 널말뚝의 근입깊이는 말뚝의 횡저항과 동일한 계산으로 구하는데 널말뚝의 강도가 관계된다. 따라서, 널말뚝벽에 발생하는 휨모멘트에 저항하는 단면을 먼저 결정하는 것이 편리하다.
- (2) 자립식 널말뚝은 널말뚝 배면에 작용하는 토압 및 수압에 대하여 근입부의 수평방향의 지반반력으로 저항하는 구조이며, 널말뚝벽에 발생하는 휨모멘트의 산정은 제4편 4-2-2 해석적 방법에 의한 추정에 준한다.



도참 13-2 자립식널말뚝 안벽의 설계순서



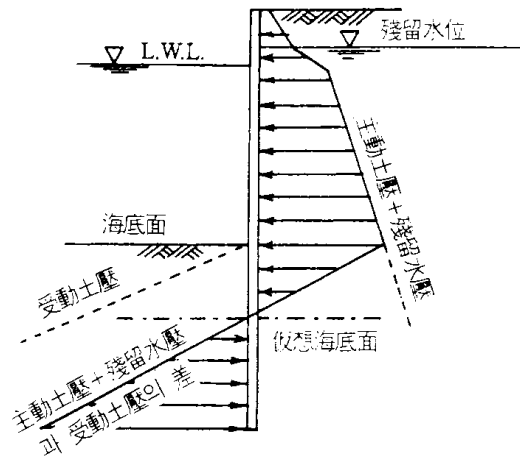
도참(13-3) 자립식 널말뚝안벽의 설계 예

13-2-2 널말뚝벽에 작용하는 외력

자립널말뚝벽에 작용하는 외력은 본편 5-2 널말뚝벽에 작용하는 외력에 의한 것으로 한다.

[참 고]

- (1) 해저지반이 사질토인 경우는 자립널말뚝벽에 작용하는 토압과 잔류수압은 도참(13-4)에 표시된 것과 같이 가상해져면보다 위에 작용하며, 가상해져면보다 아래에는 이 영향이 미치지 않는 것으로 본다.
- (2) 토압과 잔류수압의 계산은 본편 5-2-1 고려해야 할 외력에 준한다.



도참(13-4) 가상해져면

- (3) 해저면의 바로 아래에서는 전면의 수동토압보다 배후의 주동토압과 잔류수압의 합계가 크므로 해저면 부근의 전면의 흙은 소성변형의 가능성이 있기 때문에 수동상태에 있고 탄성적인 토압으로서의 탄력적 반력은 생기지 않는다.

그러므로 벽의 전후면에 작용하는 주동토압과 잔류수압과의 합계와 수동토압이 같아지는 점, 즉, 가상해저면보다 위에서는 주동토압과 잔류수압과의 합계와 수동토압의 차가 벽체에 작용하며 가상해저면 보다 아래에서는 벽체에 작용하는 힘은 지반의 탄력적 반력뿐이라고 보고 배후의 주동토압 등은 무시한다.

13-2-3 널말뚝 단면의 결정

널말뚝에 발생하는 최대 휨모멘트는 널말뚝벽의 역학적 거동특성에 대한 해석방법에 의해 적절히 산정하여야 한다.

[참 고]

- (1) 널말뚝에 발생하는 최대휨모멘트는 제4편 4-2-2 해석적 방법에 의한 추정에 준한다.
- (2) 자립식 널말뚝에 작용하는 하중은 말뚝과 달라서 분포하중이므로 최대 휨모멘트는 간단한 식으로 표시할 수 없다. 그러므로 최대 휨모멘트의 산정에 있어서는 널말뚝 벽에 작용하는 분포하중을 작용력의 중심위치에 작용하는 집중하중으로 바꾸어 계산하여도 좋다.
- (3) 강관널말뚝을 사용하는 경우 토압 및 잔류수압으로 인한 강관단면의 변형(원형이 장방형으로 된다)에 의한 2차 응력이 발생한다. 자립식 널말뚝은 변위가 큰 구조이며 최대 휨모멘트가 발생하는 위치 가까이에 2차 응력이 비교적 크게 되는 염려가 있다. 또 대구경의 강관을 쓰는 경우 2차 응력은 크게 된다. 이러한 경우는 2차 응력에 대하여 검토할 필요가 있다.
- 더욱, 강관의 2차 응력에 대해서는 식(참13-1)에 의해 산정한다.

$$\sigma = p \left(\frac{D}{t} \right)^2 \times 2.1 \times 10^{-4} \quad (\text{참13-1})$$

여기서,

- σ : 2차 응력(N/mm²)
 p : 널말뚝벽에 작용하는 토압 또는 잔류수압(kN/m²)
 D : 말뚝의 직경(mm)
 t : 말뚝의 두께(mm)

13-2-4 널말뚝 근입 깊이의 결정

널말뚝의 근입 깊이는 말뚝의 축직각방향 허용지지력에 의한 말뚝의 유효길이 이상으로 한다.

[참 고]

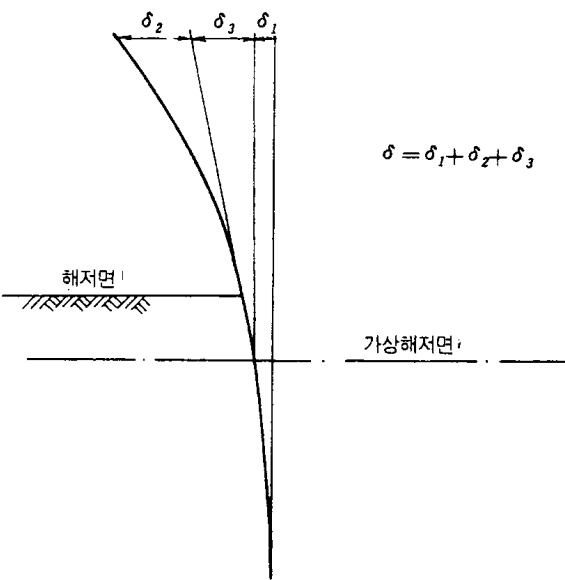
자립널 말뚝벽은 말뚝과 같은 구조로 배후의 토사에 지탱하고 있으므로 널말뚝의 근입깊이는 말뚝의 근입깊이와 같은 방법으로 계산해도 좋다. 말뚝의 횡저항에 관한 일본의 항만기술연구소 방식을 쓴 경우, 필요 근입깊이는 1.5ℓ_{ml}로 해도 좋다. 여기서ℓ_{ml}은 말뚝머리가 자유단인 말뚝의 휨모멘트 제1영점의 깊이이며, 말뚝 근입깊이는 해저면에서가 아니라 가상해저면으로부터 계산하여야 한다.

13-2-5 널말뚝벽 마루의 변위량 검토

자립식 널말뚝 안벽의 경우 널말뚝벽 마루의 변위량이 이용상 지장을 주지 않도록 고려하여야 한다.

[참 고]

- (1) 자립식 널말뚝식 안벽의 널말뚝벽 마루의 허용변위량을 정한 것이 없으므로 이용상 지장이 없는 정도로 한다. 따라서 시설이용조건 등에 의해 적절히 판단할 필요가 있다. 변위량은 평상시 5cm, 지진시 10cm 정도로 하고 있는 경우가 많다.
- (2) 널말뚝벽 두부의 변위량(δ)은 다음 3가지 양의 합으로 한다.(도참 13-4 참조) 즉, 가상해저면에서의 널말뚝의 변위량(δ_1), 가상해저면보다 위의 널말뚝의 변위량(δ_2) 및 가상해저면에서의 널말뚝의 처짐각에 의한 가상해저면 위의 널말뚝 회전으로 인하여 생기는 널말뚝마루의 변위량 δ_3 의 합계이다.
 δ_1, δ_3 은 제4편 4-2-2 해석적 방법에 의한 추정에서 설명한 일본의 항만기술연구소 방식에 의하여 산정한다. 단, δ_2 는 배후의 토압등에 의하여 캔틸레버로 산정한다.
- (3) 널말뚝두부의 변위량은 하중이 없는 상태에서부터 변위량이다. 따라서 안벽 완성후의 상재하중, 지진시 토압 등으로 인한 말뚝두부의 변위량 계산에는 이러한 것들은 포함한 하중으로 산정해야 한다.
- (4) 널말뚝의 캔틸레버보로서의 변위량 δ_2 를 산정할 때, 편의상 토압분포를 도참(13-5)와 같이 토압합력이 같은 3각형 하중으로 가정하고 산정하여도 좋다.



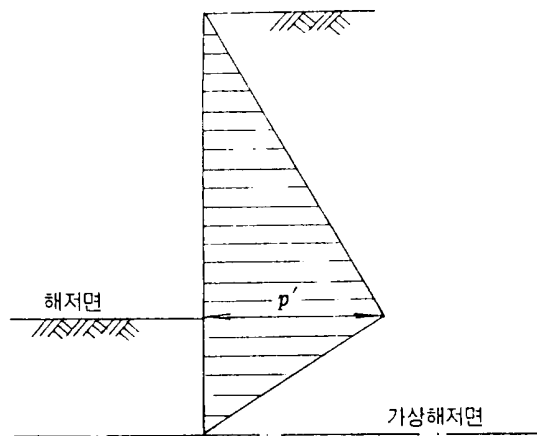
도참(13-5) 널말뚝 두부의 변위량

13-2-6 시공중 외력에 대한 검토

자립식 널말뚝 안벽의 설계시에는 시공 중의 외력에 대해서도 검토하고, 이들 외력에 대해서도 안전하여야 한다.

[해설]

배후에 뒷채움흙이 없는 자립식 널말뚝 안벽은 외력에 약하다. 바다 속에 널말뚝을 타입하여 안벽을 건설할 경우는 시공 중 일시적으로 이러한 불안정한 상태가 생기므로 이때 예상되는 파랑 등의 외력에 대하여 충분히 저항할 수 있는 구조로 설계하여야 한다.



도참(13-6) 토압분포의 가정

13-2-7 세부설계

자립식 널말뚝 안벽의 세부설계는 본편 5-7 세부설계에 준하여 설계한다.

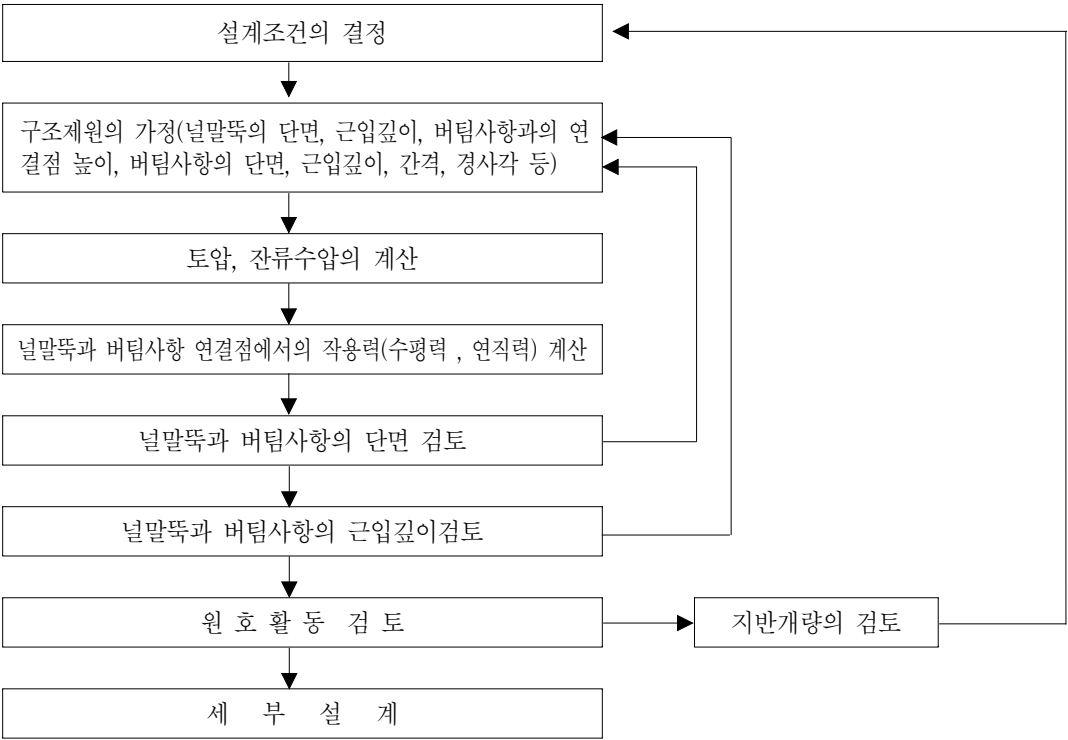
13-3 버팀사향식 널말뚝 안벽

13-3-1 설계의 기본방침

본장 13-3은 널말뚝벽의 배후에 버팀사향을 타입하여 버팀사향 두부와 널말뚝벽 두부를 결합하여 배후 토압을 지탱하는 형식의 안벽설계에 적용한다.

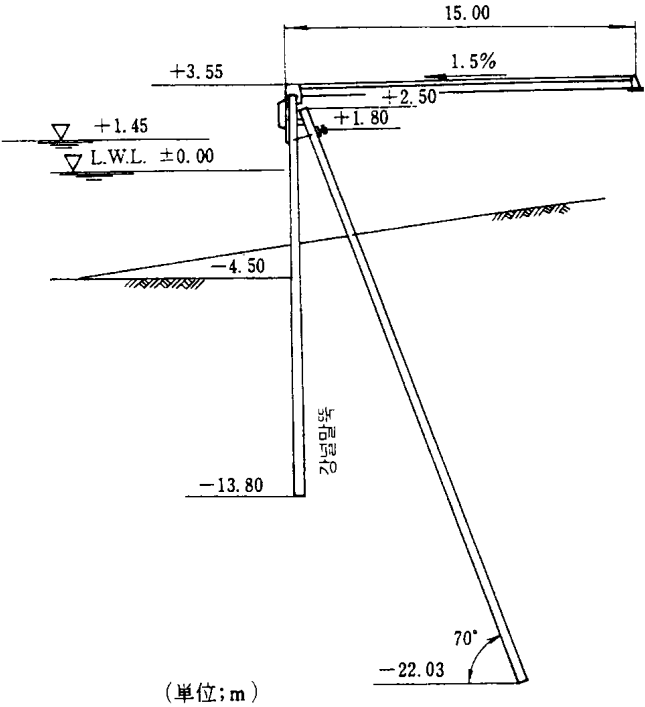
[참고]

(1) 버팀사향식 널말뚝 안벽설계는 일반적으로 다음과 같은 순서로 하는 것이 좋다.



도참(13-7) 버팀사향식 널말뚝 안벽의 설계순서

- (2) 버팀사향식 널말뚝벽의 설계법은 현재 이시구로(石黒)式과 오지마(大島)式の 2가지가 提案되고 있다. 이시구로(石黒)式은 널말뚝벽과 버팀사향의 간격이 불변하는 것으로 가정하고 널말뚝벽, 버팀사향의 근입부를 탄성지승상 빔으로서 이론적인 휨모멘트, 축력 등을 산정한다. 따라서 이 설계법은 복잡하다. 한편 오지마(大島)식은 최초부터 널말뚝벽과 버팀사향과의 토압 분단율을 50%로 가정하고 널말뚝벽, 버팀사향을 지중부의 제1부동점을 고정점으로 한 빔으로서 각각의 최대 휨모멘트, 축력을 산정한다. 이 방법은 이시구로(石黒)式에 비해서 간단하다.
- 또 기설안벽에 있어서 완성시의 널말뚝벽, 버팀사향의 응력 및 각각 움직이는 토압의 측정을 실시하고 그 성과가 발표되고 있다. 널말뚝벽, 버팀사향 모두 응력으로는 실측치와 설계치와는 비교적 비슷하나 널말뚝에 움직이는 토압은 버팀사향에 움직이는 토압에 비해서 상당히 적게 되어 있어 토압의 분배에 대하여 문제가 남아있는 것이 지적되고 있다.
- (3) 버팀사향 널말뚝식 안벽의 예는 도참(13-8)과 같다.



도참(13-8) 버팀사향식 널말뚝 안벽 설계예

13-3-2 버팀사향 널말뚝에 작용하는 외력

버팀사향 널말뚝에 작용하는 외력은 본편 5-2 널말뚝벽에 작용하는 외력에 준한다.

13-3-3 널말뚝과 버팀사향과의 연결부에 작용하는 외력산정

널말뚝과 버팀사향의 연결점에 작용하는 힘은 연결점의 구조특성을 고려해서 적절히 산정하여야 한다.

[참 고]

널말뚝과 버팀사향과의 연결부의 구조는 힌지(Hinge)로 가정하고 연결점에 작용하는 수평력과 연직력을 산정하여도 좋다.

13-3-4 널말뚝과 버팀사향의 단면결정

널말뚝과 버팀사향에 발생하는 최대 휨모멘트는 각각 연결부에 작용하는 수평력, 연직력 등 집중하중 외에 토압 및 잔류수압 등의 분포하중을 받는 보로서 산정하여야 한다. 널말뚝과 버팀사향의 단면은 이 최대 휨모멘트에 의하여 계산된 응력이 허용응력도를 넘지 않도록 결정하여야 한다.

13-3-5 널말뚝과 버팀사향의 근입깊이 결정

널말뚝과 버팀사향의 축방향, 축직각방향에 대한 근입깊이의 산정은 제4편 제4장 말뚝기초에 준한다. 단, 널말뚝과 버팀사향의 축방향지지력에 대하여서는 재하시험, 인발시험을 하여 검토한다.

13-3-6 세부설계

버팀사향식 널말뚝 안벽 세부설계는 본편 5-7 세부설계, 제4편 4-4-4 말뚝과 상부공과의 결합부 설계에 준한다.

13-4 전면 버팀사향식 널말뚝 안벽

13-4-1 설계의 기본방침

본 절은 널말뚝 전면에 사향을 박아서 널말뚝과 사향을 연결하고, 배후의 토사를 지탱하는 안벽의 설계에 적용한다.

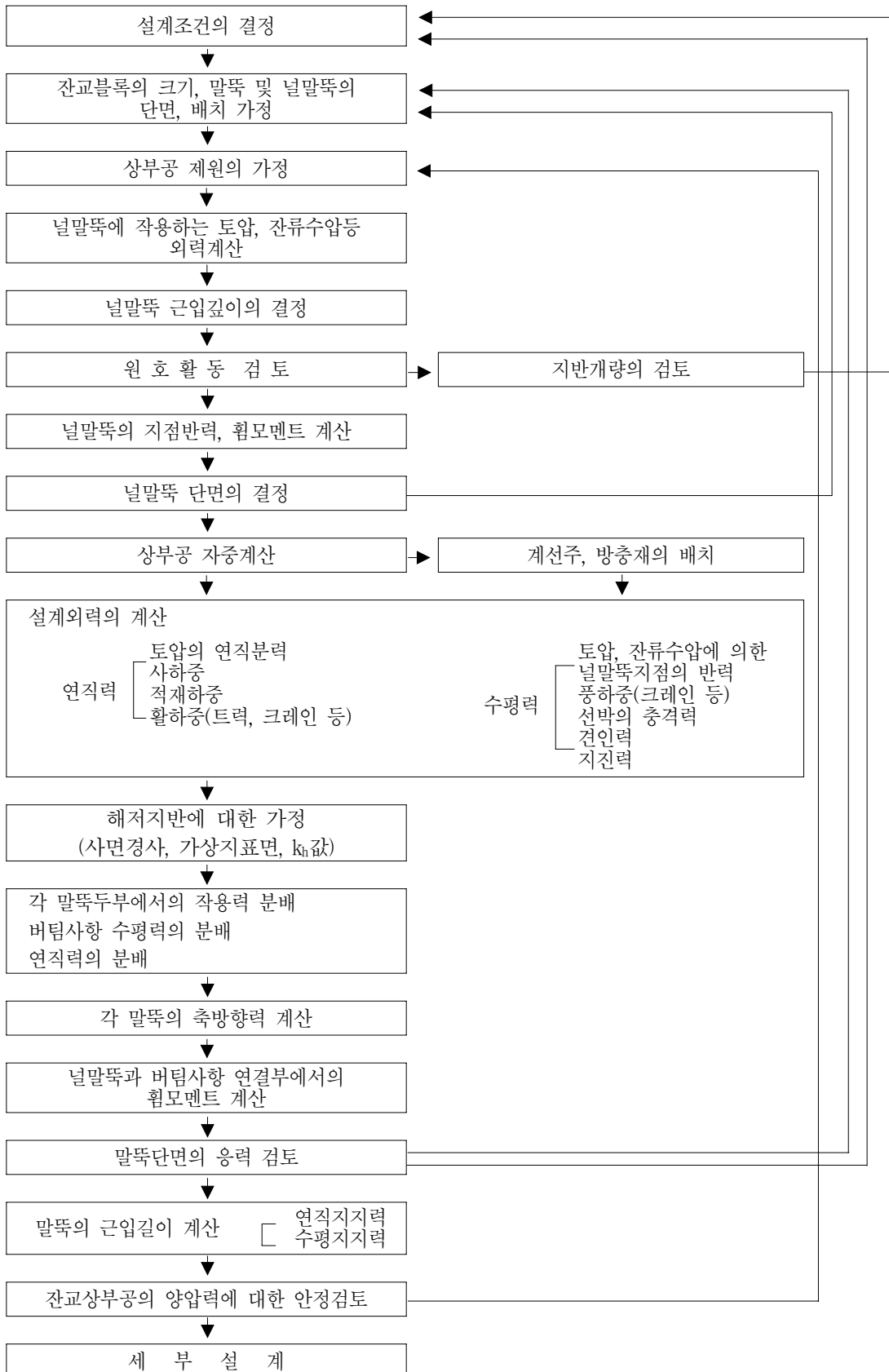
[해설]

- (1) 전면에 버팀사향을 두는 널말뚝 안벽은 일반적으로 널말뚝벽 전면에 횡잔교가 있게 된다. 이 경우 횡잔교를 널말뚝과 일체로 할 경우와 분리하는 경우가 있으나, 본 절에서는 일체로 하는 경우에 적용한다. 분리하는 경우는 본편 제5장 타이로드식 널말뚝 안벽, 제4장 잔교식 안벽 등의 내용을 참조하여 설계한다.
- (2) 본 절의 설계법은 가상보법에 의한 널말뚝의 설계를 기본으로 하고 있다. 따라서 대상토질이 사질지반이거나 단단한 점성토중에 박힌 강널말뚝벽에 한정한다.

[참고]

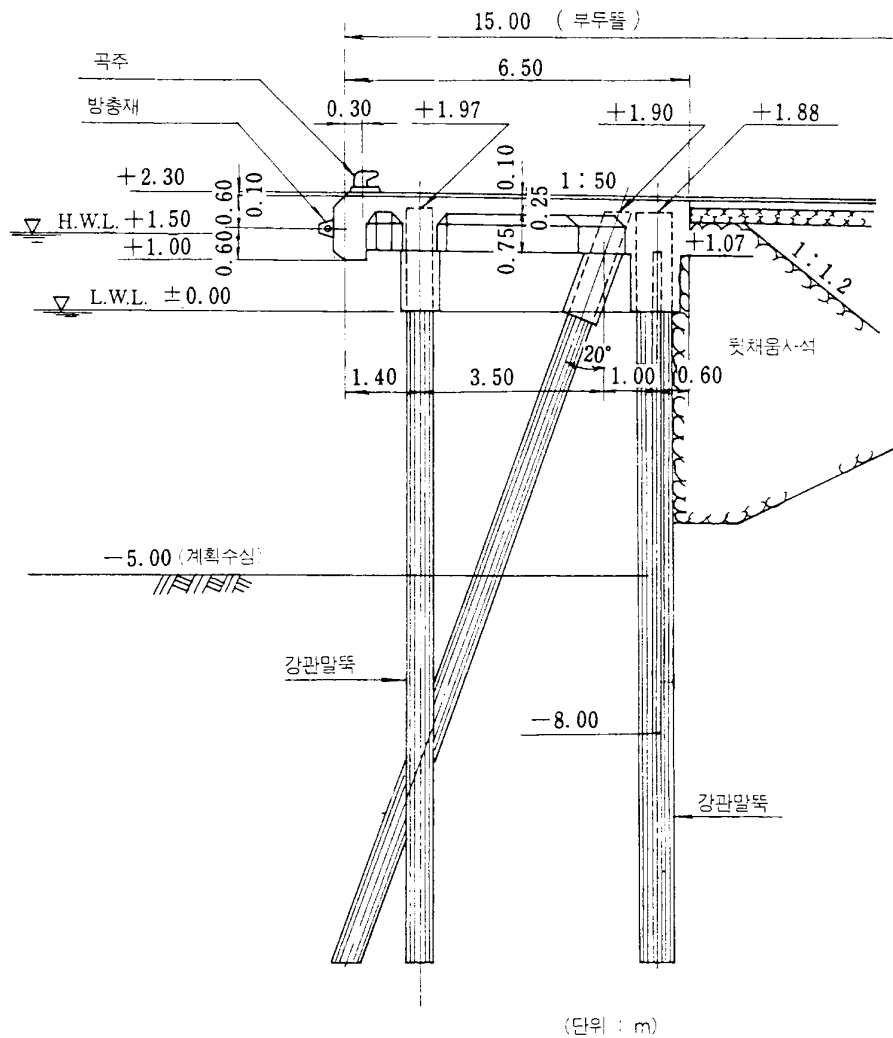
- (1) 전면 버팀사향 널말뚝벽을 가지는 안벽의 설계는 일반으로 도참(13-9)에 의하는 것이 좋다.
- (2) 설계외력 계산시 잔교블록의 회전에 대한 검토가 필요하다고 판단되는 경우는 이를 고려한다.
- (3) 본 절의 설계법으로서는 몇 개의 방법이 있지만 여기서는 널말뚝의 설계와 기타의 말뚝의 설계를 3단계로 나눠서 행하는 방법을 소개한다. 널말뚝의 설계는 버팀사향과 널말뚝의 결합점을 지점으로 생각하고 통상의 널말뚝의 설계법에 준해서 시행한다. 다음에 버팀사향과 널말뚝의 결합점에 있어서 반력을 잔교상부공에 작용하는 수평력으로 생각하고 사조향식 횡잔교의 설계법에 준해서 널말뚝 및 말뚝에 작용하는 축력을 산정한다. 다시 널말뚝과 버팀사향을 假想固定點으로 고정된 라멘으로 생각하고 토압과 기타 수평력에 의해서 발생하는 두부결합점에서의 모멘트를 산정한다.
- (4) 구조물을 몇 개의 기본적인 구조형식으로 분리하여 설계하는 본 절의 방법은 간편하고 안전측이다. 한편 구조물을 일체로 하여 해석하는 방법으로는 널말뚝과 기타 말뚝을 假想固定點으로 고정되어 있다고 가정하고 구조물 전체를 골조구조로서 취급하는 방법이 있다. 이 경우의 해석방법은 FEM계산에 의하나, 복잡한 계산이 필요하다. 또 假想固定點에 있어서 널말뚝에 발생하는 휨모멘트의 취급 등의 문제점이 있으

나 널말뚝 및 직항의 수평변위에 의한 휨모멘트가 계산되는 등의 이점이 있으므로 본 절에 나타난 방법과 공용하는 것은 가능하다.



도참(13-9) 전면 버팀사향 널말뚝식 안벽의 설계순서

(5) 전면 버팀사향식 널말뚝 안벽의 일반도는 도참(13-10)과 같다.



도참(13-10) 전면 버팀사향식 널말뚝 안벽 설계예

13-4-2 배치와 제원

- (1) 잔교블록의 크기와 말뚝의 배치는 본편 4-1-2 [1] 잔교블록의 크기와 말뚝의 배치에 준하여야 한다.

(2) 상부공의 제원은 본편 4-1-2 [2] 상부공의 제원 및 배치에 준하여야 한다.

[참 고]

버팀사향의 배치와 경사는 다른 말뚝과의 위치적인 관계나 항타 등 시공상의 제약을 고려하여 정해야 한다.
버팀사향의 경사는 보통 20°정도로 하는 것이 많다.

13-4-3 널말뚝의 설계

널말뚝의 설계는 본편 제5장 타이로드식 널말뚝 안벽에 준하여야 한다.

[참 고]

널말뚝의 근입깊이는 버팀사향과 널말뚝의 연결부를 지점으로 하여 Free Earth Support법에 의하여 계산하고 널말뚝의 지점反力이나 최대 휨모멘트는 가상보법에 의하여 결정할 수 있다.

13-4-4 잔교부의 설계

잔교부의 설계는 본편 제4장 잔교식 안벽에 준하여야 한다.

[참 고]

- (1) 잔교에 작용하는 외력은 본편 4-1-4 설계외력과 하중에 준한다. 널말뚝에 작용하는 토압, 잔류수압은 버팀말뚝과 널말뚝의 연결부에서의 지점반력으로 취급한다.
- (2) 해저지반에 대한 가정은 본편 4-1-5 해저지반에 관한 가정에 준한다.
- (3) 잔교에 작용하는 수평력은 모두 버팀사향이 받는 것으로 한다. 각 말뚝에 분배되는 연직하중은 잔교 상부 공을 말뚝위치에서 단순 지지된 보로 가정하고 산출한 지점반력으로 한다. 버팀사향이나 널말뚝에 작용하는 축방향력은 잔교에 작용하는 수평력과 말뚝머리에 분배되는 연직하중을 사용하여 제4편 5-4 경사말뚝의 수평지지력에 의하여 계산해도 좋다.
- (4) 버팀사향과 널말뚝 연결부의 휨모멘트는 버팀사향과 널말뚝을 가상고정점에서 고정된 라멘으로 생각하고 토압, 잔류수압 및 기타의 수평력에 대하여 계산한 휨모멘트를 사용할 수 있다.
- (5) 말뚝의 단면응력은 축방향력을 받는 말뚝이거나 축방향력과 휨모멘트를 받는 말뚝으로서 본편 4-1-5 [5] 말뚝단면의 응력의 식(4-14)을 사용하여 산정한다.

13-4-5 말뚝의 근입깊이

널말뚝과 말뚝의 근입깊이는 말뚝기초의 지지력과 횡저항에 대한 검토를 하여 결정한다.

[참 고]

지지력에 대한 근입깊이의 검토는 본편 4-1-5 [6] 지지력에 대한 근입깊이의 검토에 준하고, 횡저항에 대한 근입깊이 검토는 본편 4-1-5 [7]말뚝의 횡저항에 대한 근입깊이의 검토에 준한다.

13-4-6 세부설계

- (1) 전면 버팀사향 널말뚝식 안벽의 세부설계는 본편 5-7 세부설계나 4-1-8 세부설계에 준하여야 한다.

(2) 널말뚝과 버팀사향의 연결부는 하중전달이 충분히 되도록 설계하여야 한다.

(3) 잔교상부공은 널말뚝에서 전달되는 휨모멘트에 충분히 견딜 수 있도록 설계하여야 한다.

[해설]

널말뚝과 버팀사향의 연결부가 파손되면 안벽전체의 파괴에 연결되므로 설계시 충분히 보강할 필요가 있다.
널말뚝 두부에 발생하는 휨모멘트는 잔교 상부공에 전달되므로 잔교상부공은 이 휨모멘트를 고려해서 설계하는 것이 바람직하다.

13-5 이중널말뚝식 안벽

13-5-1 일 반

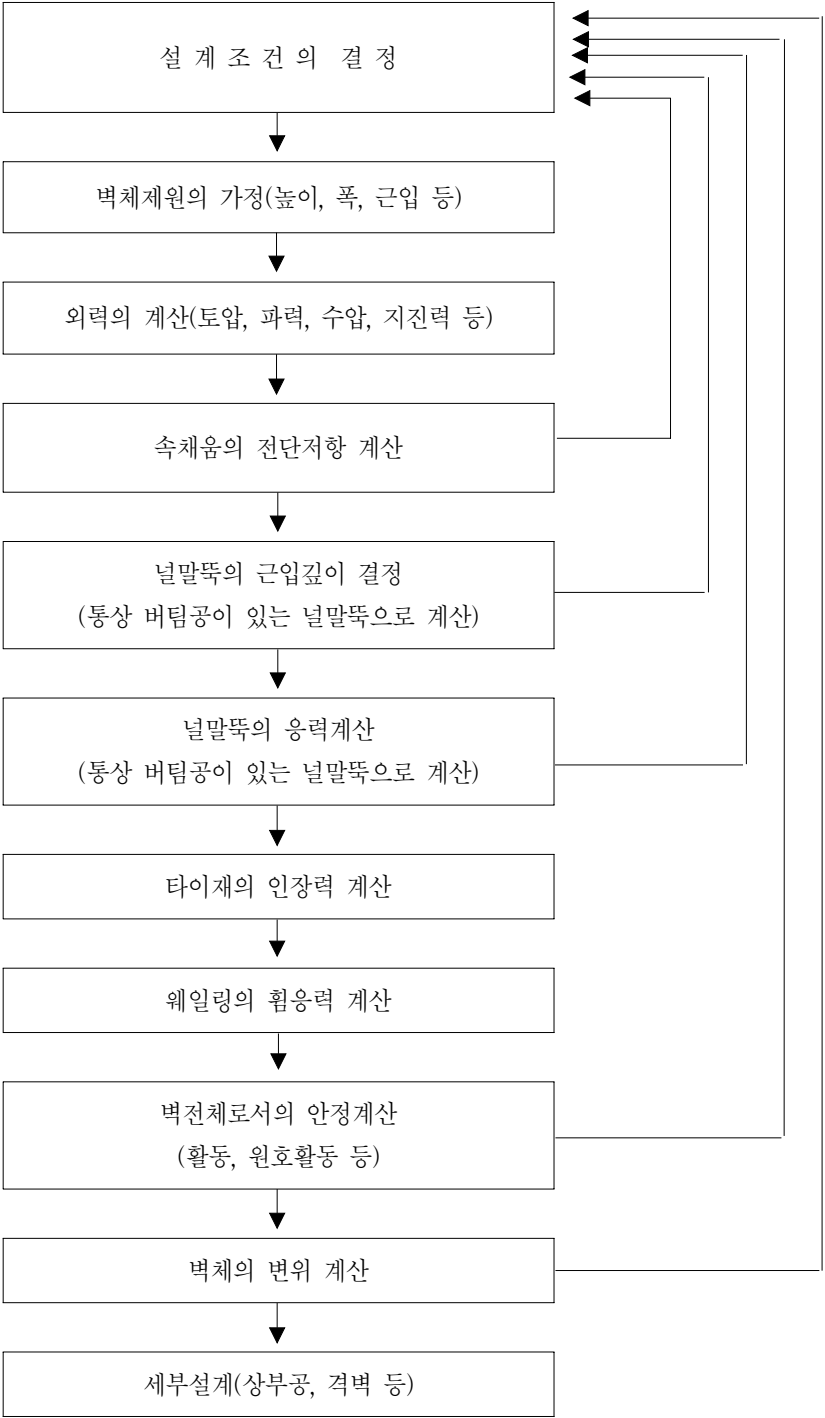
- 본 절은 이중널말뚝식 구조를 가진 안벽의 설계에 적용한다.

[해설]

이중널말뚝식 안벽이란 2열의 널말뚝을 박고 타이재 등으로 결합한 후, 그 사이를 토사로 속채움한 구조를 흙막이벽으로 축조한 안벽을 말한다.

[참고]

- (1) 이중널말뚝식 안벽의 설계에 대해서는 셀식널말뚝 안벽이나 버팀공이 있는 널말뚝식 안벽의 설계법을 준용하는 것이 이제까지 관용적으로 행하여지고 있다.
- (2) 관용법으로 설계할 경우의 기본적인 순서는 다음과 같다.



도참(13-11) 이중널말뚝식 안벽의 설계순서

- (3) 과거의 관용법으로 변위검토를 하지않고 있으나, 최근과 같이 대형의 영구구조물에 이중 널말뚝식 구조를 적용할 경우에는 변위에 대한 검토도 중요하다. 이중 널말뚝식 구조의 변위를 계산하는 방법이 일본의 다구찌(澤口)에 의하여 제안되었으며, 그 후 다구찌(澤口)의 방법을 기본으로 하여 이중 널말뚝식 벽체의 거동을 종합적으로 검토하는 방법이 일본의 오오호리(大堀)에 의하여 제안되고 있다.
- (4) 이중널말뚝식 구조는 셀과 같이 속채움 완료 후에는 구조적인 안정성이 확보되지만 속채움이 없고 널말뚝벽만 있을 때에는 약간의 파랑 등에도 전도할 위험성이 있으므로 널말뚝을 박은 후 가능한 빠르게 속채움을 하는 것이 바람직하다.

그 때문에 2열 널말뚝사이에 현장조건에 맞도록 격벽용 널말뚝을 설치하거나 혹은 타이재와 강성인 보를 조합하여 널말뚝을 지지하는 방법 등이 이용되고 있다.

통상 버팀공이 있는 널말뚝식 안벽도 버팀공으로 사용하는 경우는 완성후의 상태를 비교하면 이중널말뚝식 안벽과 큰 차이가 없는 경우가 있다. 이중널말뚝식 안벽은 속채움을 하기 전에 벽체를 축조하는 것이 보통이므로 일반적으로 2열의 널말뚝은 같은 모양, 같은 치수가 사용되는 것이 많다.

- (5) 이중널말뚝식 벽체를 안벽이 아닌 목적 즉, 체절제 방파제, 호안 등에 사용하는 경우는 각각 관련되는 장에 설계상의 주의사항을 설명하였으므로 설계목적에 따라 참조해야 한다. 예로서, 가설용으로 체절제나 흙막이 벽으로 이용하는 경우에는 근입깊이의 검토후 차수효과를 검토하거나 히빙(Heaving), 파이프(Piping) 등의 검토가 필요하다.
- (6) 지진시에 있어서는 진도법을 써서 설계하면 좋다고 생각되나, 아직 해명되지 않은 점이 많으므로 그 자세한 거동에 대해서는 실험 예 등을 참고로 하는 것이 바람직하다.

13-5-2 이중널말뚝 벽체에 작용하는 외력

이중널말뚝 벽체에 작용하는 외력은 본편 7-2 널말뚝 셀에 작용하는 외력과 하중에 준하여야 한다.

13-5-3 이중널말뚝 벽체의 설계

이중널말뚝 벽체는 설계조건, 벽체의 중요도 등을 고려하여 적절한 방법에 의하여 설계하여야 한다.

[참 고]

- (1) 지금까지 실적이 많은 설계條件의 이중널말뚝식 壁體를 설계할 경우에는 다음의 관용법(慣用法)으로 설계할 수 있다.
 - ① 전단변형에 대한 널말뚝 간격의 계산은 본편 7-3-2 환산壁體폭을 참조하여 적용한다.
 - ② 변형모멘트는 본편 7-3-3 변형모멘트의 계산을 참조하여 적용한다.
 - ③ 저항모멘트의 계산은 본편 7-3-4 저항모멘트의 계산을 참조하여 적용한다. 단, 격벽용 널말뚝의 이음부의 인장력에 의한 저항모멘트는 고려하지 않는 것이 좋다.
 - ④ 널말뚝 근입깊이는 보통 버팀공이 있는 널말뚝의 계산법(본편 5-5-1 널말뚝의 근입깊이 참조)에 따라서 계산한 깊이와 셀의 근입깊이계산법(본편 7-3 벽체의 전단변형에 대한 검토)에 따라 계산한 깊이중 긴쪽을 사용한다. 단 중요한 구조물의 벽체로 변형을 고려하는 경우에는 통상의 버팀공이 있는 널말뚝의 근입깊이 계산법 중에 처짐곡선법에 의해서 검토하거나 오오호리(大堀)등의 방법에 의하여 거동해석을 행한 다음에 결정하는 것이 바람직하다.
 - ⑤ 이중널말뚝식 안벽의 널말뚝의 휨응력은 시공중 속채움전의 파랑 및 조류에 의한 영향, 속채움후에 받는 토압에 의한 영향, 배면매립후의 토압 및 잔류수압 등에 의한 영향등을 종합적으로 검토하여 가장 큰 휨모멘트에 대하여 검토하여야 한다.
 - ⑥ 타이재의 인장력 계산은 본편 5-4-1 타이재의 인장력을 참조하여 적용한다.
 - ⑦ 웨일링의 계산은 본편 5-5 웨일링의 설계를 참조하여 적용한다.
 - ⑧ 이중널말뚝식 벽체도 일종의 중력식 벽체로 생각할 수 있다. 그러므로 셀식과 마찬가지로 활동이나 벽체를

포함한 전체의 사면안정에 대하여 검토할 필요가 있다(본편 3-4 안정계산 참조). 활동계산시의 가상해저면은 해저지반면의 위치와 널말뚝의 선단을 지나는 면 중에 불리한 결과를 주는 편으로 설계하여야 한다. 이 경우 가상해저면 이하에 있는 널말뚝의 저항은 무시한다. 벽체를 포함한 전체의 사면안정의 검토시, 널말뚝의 근입깊이가 버팀공을 갖는 널말뚝으로서 구한 필요 근입깊이 이상이면 필요 근입부분 이하를 지나는 원호활동에 대해서는 널말뚝의 저항을 무시하고 검토하여야 한다.

- ⑨ 상부공의 슬래브나 직립부는 본편 6-6-2 [2] 저판부에 준하여 설계한다. 상부공을 지탱하기 위하여 필요한 경우 말뚝을 박기도 하나, 속채움사석 중에 박힌 말뚝은 상부공에서 전달되는 연직력과 수평력에 안전하도록 설계하여야 한다. 이 경우에는 상부공에서 전달되는 연직력은 모두 말뚝이 지지하는 것으로 하고, 말뚝의 연직지지력 계산시 속채움토사와 접하는 부분의 주변마찰력은 무시한다. 수평력에 대해서는 일부분은 말뚝에 의해서 또 일부분은 이중널말뚝 벽체에 전달되므로 양자의 수평력 분담을 결정하여야 된다.
- (2) 중요한 구조물에 이중널말뚝벽체를 이용하는 경우는 慣用法에 구애받지 않고 다구찌(澤口)의 방법 또는 오오호리(大堀) 등의 방법을 써서 역학적 거동을 검토하는 것이 바람직하다.

다구찌(澤口)의 방법은 속채움 토사를 비압축성 탄성체로 가정하고, 널말뚝과 속채움 토사와의 복합구조물로 풀어 근사적인 변위량을 계산하는 것이다. 오오호리(大堀) 등의 방법은 다구찌(澤口)의 생각을 기초로 속채움 토사를 층분(層分)해서 전단변형해석을 하고, 널말뚝 근입부분의 해석에 창(Chang)의 방법을 적용하는 계산법이다.

이 방법은 전자계산기에 의한 수치계산법이고, 속채움 토사의 전단탄성계수 및 널말뚝근입부의 지반반력계수를 변형계수로 하여 지반의 탄소성이 표현되도록 되어있다.

13-6 직립소파식 안벽

13-6-1 일 반

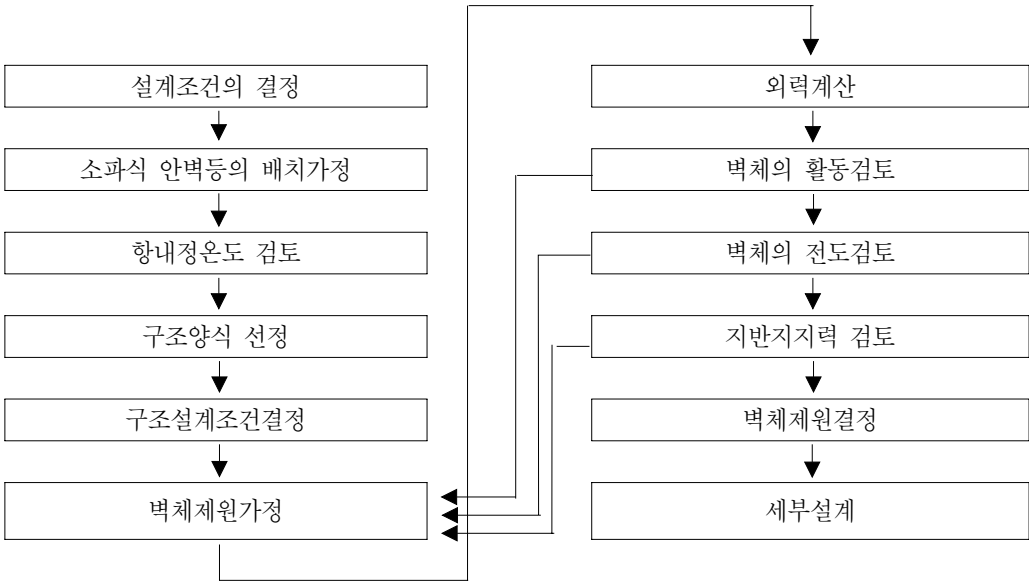
직립소파식 안벽은 항내정온도를 고려하여 효과적인 위치에 배치하고, 소요 소파특성을 갖도록 설계하여야 한다.

[해 설]

항내의 파랑은 항 입구로부터 진입파, 월파에 의한 전달파, 항내발생파 및 그들의 파 반사파가 합성된 것이다. 또, 벽체에서의 반사율은 직립벽의 0.7~1.0에 대해, 소파벽으로는 0.3~0.6정도로 저감시킬 수가 있다. 따라서 항내 정온도를 향상시키는 데는 방파제 등 시설의 법선계획의 검토가 중요하나 항내시설을 소파구조로서 반사파를 저감하는 것도 효과가 있다.

[참 고]

- (1) 직립소파식 안벽의 설계는 일반으로 다음 순서에 의하는 것이 좋다.



도참(13-12) 직립 소파식 안벽의 설계순서

- (2) 일반적으로 항 입구로부터 진입파랑을 직접 받는 반사면이나 여러 방향에서 파랑이 집중하는 반사면을 소파구조로 하는 것이 효과가 있고, 안벽뿐만 아니라 호안이나 방파제의 내측도 소파의 대상이 된다.
 - (3) 소형선 이용시설 등 특히 정온도를 필요로 하는 경우에는 대상안벽이나 수역에 반사파를 생성되는 시설을 반사율이 적은 소파구조로 하면 효과가 있다.
 - (4) 소파효과에 대해서는 수리모형실험에 의하여 검토하는 것이 바람직하다. 이 경우 입사파의 특성(주기, 파고, 입사방향)뿐만 아니라 조위에 따라서도 소파효과가 다른 점에 주의하여야 한다.
- 직립 소파식 안벽에 대해서는 최근에 많은 연구가 되어 있으므로 관계 자료를 적절히 참고하는 것이 좋다.

13-6-2 구조양식의 선정

직립소파식 안벽에는 직립소파 Block식과 직립소파 케이슨식이 있으므로 안벽의 규모나 설계파의 조건에 적합한 구조형식을 선정할 필요가 있다.

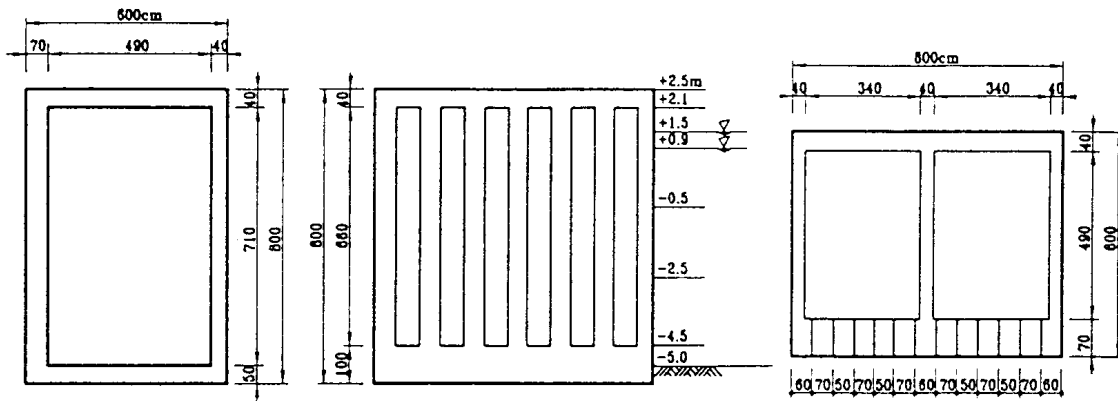
[해설]

직립소파식 안벽은 파의 특성에 따라서 소파효과가 다르므로 설계파의 조건에 적합한 구조양식을 선정하여야 한다.

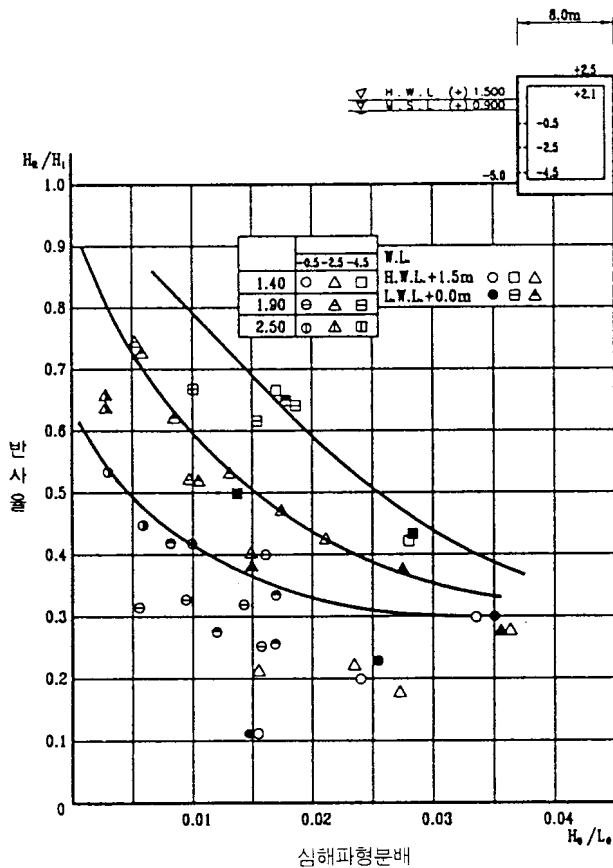
[참고]

- (1) 직립소파식 안벽은 일반적으로 전면벽 투과벽, 유수실, 후면벽(불투과벽)으로 되어 있고, 전면벽 통과시의 수평분류, 구조물내부에서의 粗度抵抗 및 위상차의 발생 등에 의하여 반사율을 저감시켜 항내정온을 도모하게 된다. 설계파랑으로서는 구조계산시는 이상시 파랑에 대해서 검토하고, 소파효과를 검토할 경우는 필요에 따라 평상시 혹은 이상시 파랑을 사용한다.
- (2) 직립소파식 안벽의 종류로서는 직립소파블록을 다단조적하는 방법과 전면에 투과벽이 있고 내부에 유수실이 있는 직립케이슨식이 있다. 전자에는 이글루(Igloo)블록 등 각종 블록이 있고, 후자에는 슬리트(Slit)케이슨과 다공케이슨식 등이 있다. 구조양식의 선정시는 다음 사항을 검토한다.

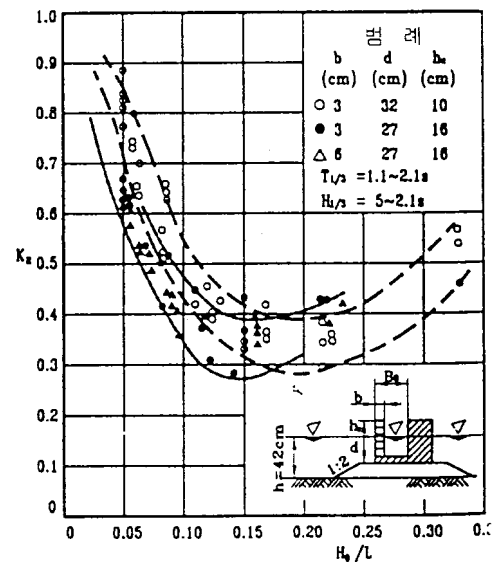
- ① 소요반사율 : 소요 정온도를 확보하기 위한 반사율을 결정한다. 반사율 결정은 제7편 3-2-2 직립소파블록 제, 3-2-3 소파케이슨제 등을 참고한다. 더욱 슬리트 케이슨 또는 원형다공 케이슨의 모형 실험결과와 일예를 도참(13-13)~도참(13-14)에 수록했다.
- ② 소파에 대한 특성 : 소요반사율을 얻을 수 있는 구조를 선정한다. 입사파의 특성, 전면투과벽의 형상, 유수실의 용량 등에 따라 반사율이 변화하며, 구조에 의해서도 반사율은 변화한다.
경우에 따라서는 소파구조 내에 침입한 파랑이 되돌이 흐름이 되어 전면의 수면을 교란하는 경우도 있다.
- ③ 시공시 비교적 큰 파랑을 받는 곳에서는 일체로 된 직립소파케이슨식 안벽이 일반적으로 안정성이 양호하다.
- (3) 직립소파 Block식 안벽의 소파공의 마루높이는 삭망평균만조위상 유의파고의 0.5배 이상, 소파공의 하단 높이는 삭망평균간조위 아래로 유의파고의 2배 이상으로 하는 것이 바람직하다.



도참(13-13)(a) 슬리트형 케이슨식 소파 안벽(모형단면도)



도참(13-13)(b) 슬리트 케이슨식 소파안벽
(반사율과 슬리트장의 관계
(속채움 Block 없는 경우))



도참(13-14) 불규칙파에 대한 원형다공 케이슨의 반사율

13-7 에어쿠션보트(Air Cushion Boat)의 발착시설(發着施設)

13-7-1 설계의 기본방침

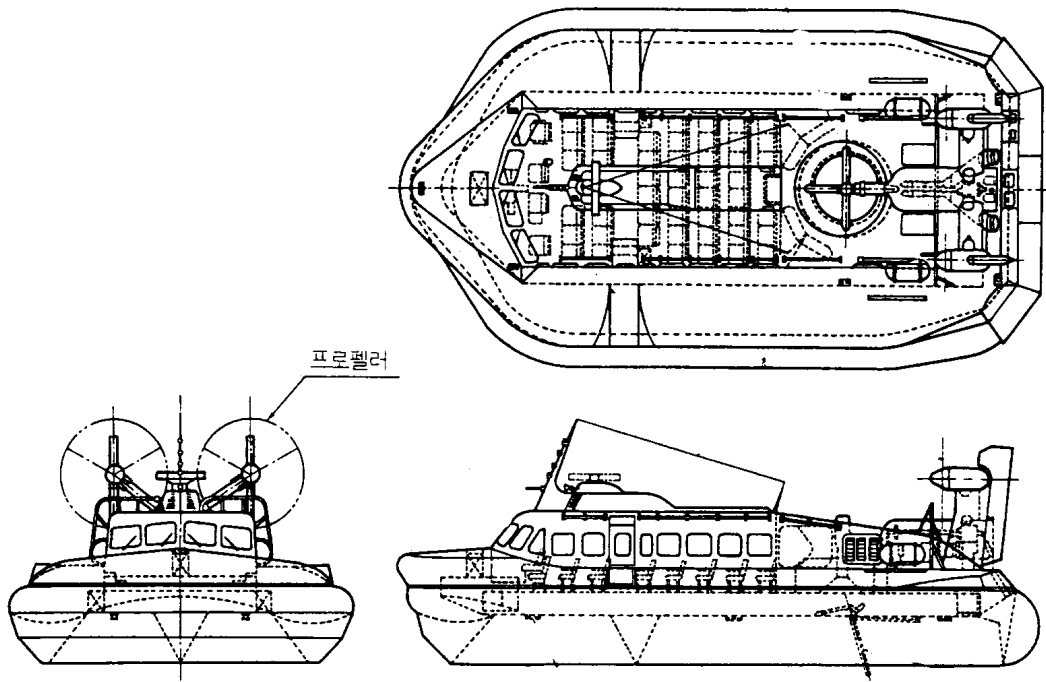
Air Cushion Boat의 발착시설은 승객이 안전하게 승선하고, 또 Boat가 안전하고 원활하게 발착 할 수 있도록 적절히 위치 및 구조를 설계해야 한다.

[해설]

Air Cushion Boat란 Boat의 하면에서 직하에 공기를 방출하고 공중에 있는 추진용 프로펠러로 진행하는 형식의 선박이며, 물의 저항을 받지 않기 때문에 고속항행(최고속도 65kt, 평균운항속도 50kt등)이 가능하고, 수륙양용이며, 다소의 장애물도 타고 넘어갈 수 있는 장점을 갖고 있다. 단점으로는 소음이 비교적 크고, 승차기분이 나쁘며(파랑 위를 주행하면 파형에 순응하여 흔들리는 등), 바람에 약하고 떠내려감 등이다.

[참 고]

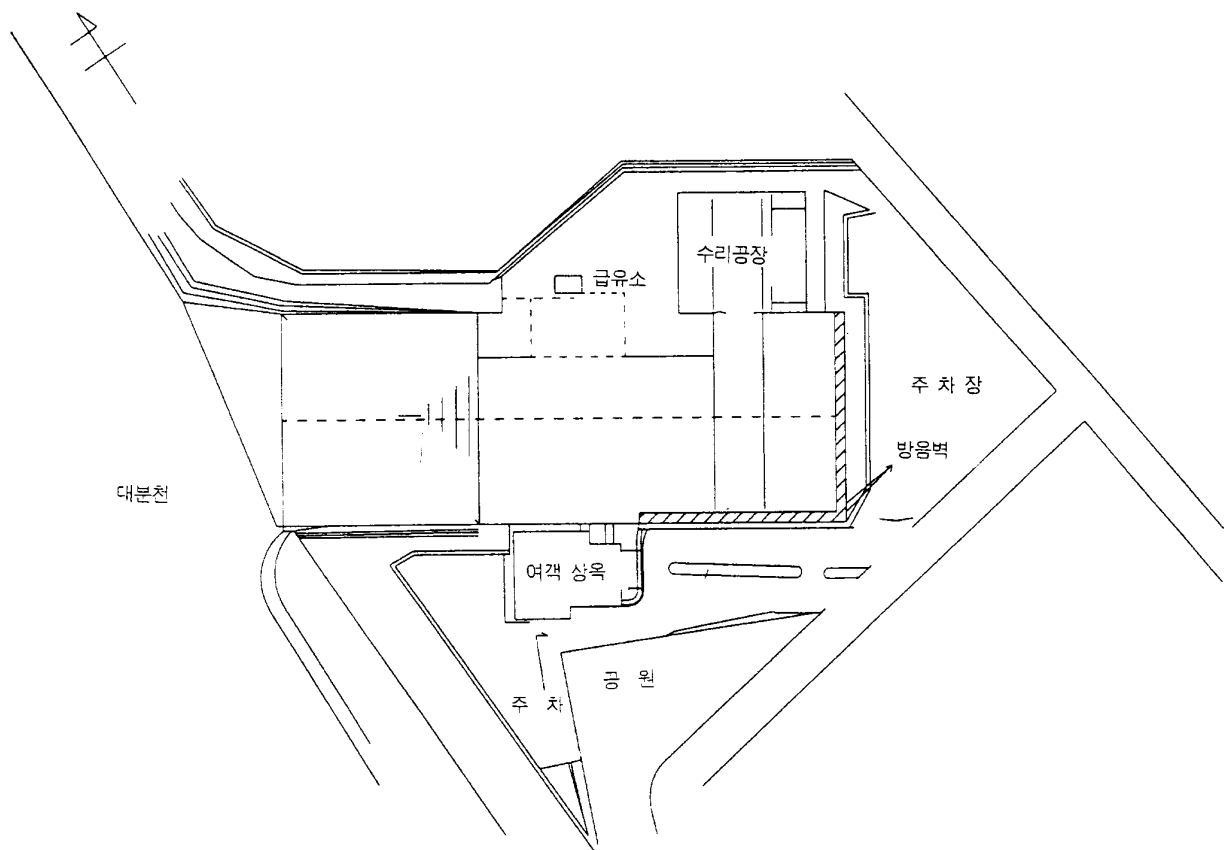
- (1) Air Cushion Boat의 발착시설은 통상, 육상에 설치하고 본편 제11장 선양장과 같은 사면을 이용해서 이발착하고 있다.
- (2) Air Cushion Boat의 예를 도참(13-15)에 나타난다.
- (3) Air Cushion Boat의 주요제원의 예를 표참(13-1)에 나타난다.
- (4) Air Cushion Boat 발착시설의 배치 또는 구조 예를 도참(13-16)에 나타난다.



도참(13-15) Air Cushion Boat의 예(MV-PP5)

표참(13-1) Air Cushion Boat의 제원 예

형식	제조사	전장 (m)	전폭 (m)	높이 (m)	Skirt깊이 (m)	탑재능력	전체질량 (t)	최고속도 (kt)
MV-PP 5	상정조선	18.2	8.6	4.4	1.2	75명	14	45
MV-PP15	"	24.7	12.7	7.9	1.6	115명	50	65
MV-PP10	"	23.1	11.0	6.5	1.2	105명	51	50
SPN6	BHC(英)	14.8	7.0	4.6	1.2	38명	9.1	60



도참(13-16) Air Cushion Boat 접안시설 배치 또는 구조 예(일본)

13-7-2 위치의 선정

위치의 선정에 대해서는 다음의 사항을 고려한다.

(1) 전면수역이 정온할 것.

(2) 강풍, 횡풍의 영향이 되도록 적을 것.

(3) 다른 선박의 항행 또는 정박에 지장이 없을 것.

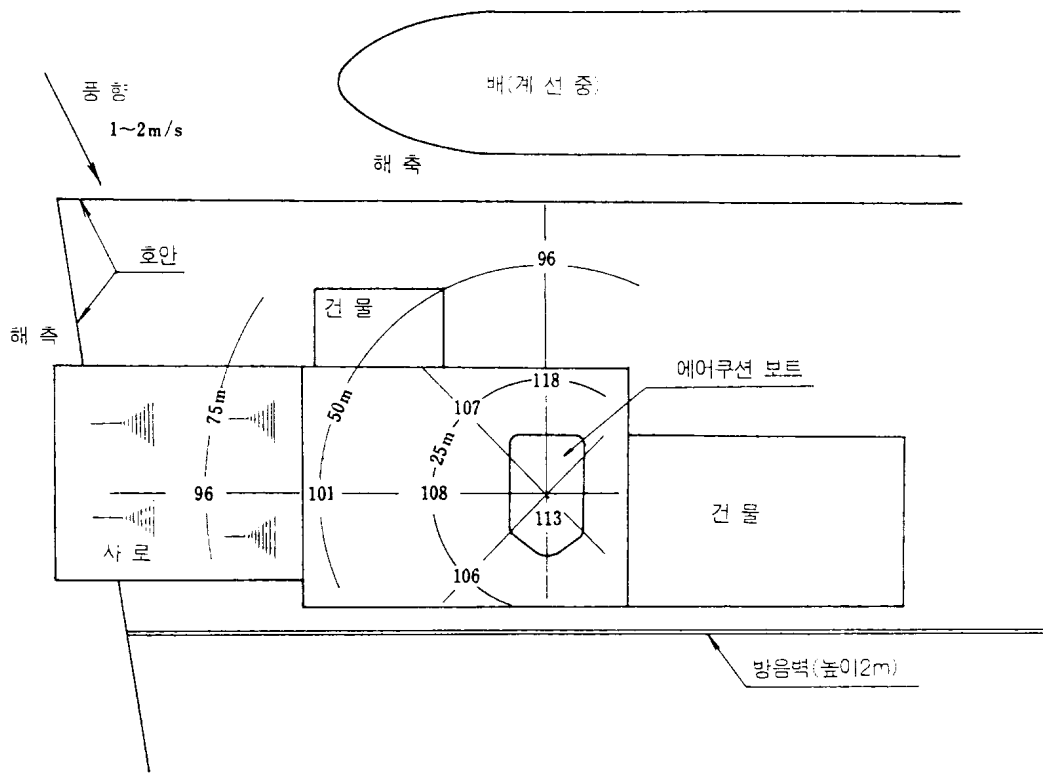
(4) Air Cushion Boat에서 발생하는 소음, 물보라에 의한 항로 및 시설주변에 영향이 적을 것.

[해설]

- (1) Air Cushion Boat는 고속운전시의 안전성은 좋으나 계류시설에서의 출발 및 도착시와 같은 저속시에는 바람의 영향을 크게 받으므로 시설의 위치선정시에는 전면수역의 정온도 및 탁월풍향 등에 대해서 고려할 필요가 있다.
- (2) Air Cushion Boat에서 발생하는 소음레벨은 100dB정도(거리 50m)에 달하기 때문에 주변지역에 대한 영향이 커서 병원, 학교, 주택지역 등지에서 되도록 떨어지거나, 시설주변을 방음벽으로 둘러싸서 소음을 차단하도록 할 필요가 있다.

[참고]

Air Cushion Boat의 소음레벨 분포도의 실 예를 도참(13-17)에 수록했다.



도참(13-17) 소음레벨의 분포(MV-PP15)

13-7-3 Air Cushion Boat 발착시설

Air Cushion Boat의 발착시설에는 경사로, 부두뜰, 여객승강시설을 설치해야 하며, 필요에 따라서 조명설비, 격납고, 방음벽, 급유시설 및 기타시설 등을 설치해야 한다.

[참 고]

Air Cushion Boat의 발착시설의 배치 예를 도참(13-16)에 수록했다.

13-7-4 각 시설의 제원

[참 고]

(1) 경사로

- ① 경사로의 구조는 본편 제11장 선양장에 준한다.
- ② 경사로의 폭은 Boat가 경사로를 오르거나 내려오는 중에 횡풍을 받고 횡이동할 것을 고려하여 결정하여야 하며, 일반적으로 Boat폭의 3배 정도가 많다.
- ③ 경사로의 경사는 여객의 평안감, Boat의 성능 또는 용지의 이용 등을 고려해서 결정한다. 일반적으로 1:10이하가 많다.

(2) 부두뜰

- ① 부두들의 폭은 경사로와 같은 폭, 길이는 Boat의 길이의 2배 정도가 많다. 단, 동시에 2선 이상 이용하는 경우에는 대피 스페이스(Space)를 부두틀 측방에 설치한다.
 - ② 부두틀에 급유설비를 설치하는 경우에는 주위에 측구(側溝)를 설치하는 등, 제9편 제 3장 보관·처리시설의 항을 준용한다.
 - ③ 부두틀은 콘크리트 포장형식이 많다.
 - ④ Boat의 부두틀에서 운전시에는 승객의 안전 때문에 부두틀의 적당한 개소에 계류용 앵커를 설치하는 것이 바람직하다.
- (3) 격납고
- 격납고를 설치하는 경우에는 Boat의 정비, 황천시의 대피를 고려하여 부두틀에 접속하여 설치한다. 격납고의 폭은 일반적으로 선폭의 1.5배, 길이는 선장의 1.2배, 격납고 높이는 Boat의 부상시 높이에 0.5m정도의 여유가 필요하다.

제 14 장 연 결 부

14-1 일 반

연결부의 설계에서는 다음 사항을 고려하여야 한다.

- (1) 연결부 근처의 자연조건
- (2) 연결부 근처의 구조물의 상황
- (3) 시공순서 및 시공기계

[해설]

- (1) 연결부의 설계에 있어서는 연결부 근처의 상황을 충분히 파악하고, 각 경우에 따라 가장 적합한 공법을 구상하도록 할 것이며, 확실적인 표준을 제시하기는 어렵다. 연결부는 다음과 같이 분류할 수 있다.
- ① 전면수심이 변화하는 부분
 - ② 서로 다른 구조물이 접속하는 부분
 - ③ 우각부
 - ④ 방파제 등에 접속하는 부분
- (2) 연결부의 설계시에는 다음 사항에 유의해야 한다.
- ① 자연조건
연결부 부근에서는 지반이 복잡하게 변화하는 일이 많으므로, 특히 토질상태를 잘 파악해야 한다. 또 우각부에서는 파랑이 집중하는 일이 많으므로 조심해야 한다.
 - ② 부등침하
일반으로 연결부 부근에서는 구조양식이 변하는 일이 많고, 특히 연안지반에서의 기존구조물과의 연결부에서는 부등침하를 일으켜 파괴의 원인이 되는 수가 있다.
 - ③ 뒷채움 토사의 유출
구조양식이 변하는 경우 간혹 뒷채움 토사의 유출이 발생하는 수가 있으므로 주의할 필요가 있다.

④ 剛性的 변화

연결부에서는 구조양식이 변하면 구조물 강성의 급격한 변화에 따라 그 변형이 불연속 적으로 되어 파괴의 원인이 되는 일이 많다.

⑤ 인접구조물과의 관계

기존구조물과의 연결부에서는 기존구조물의 설계를 면밀히 조사하여 기존구조물에 나쁜 영향을 주지 않도록 배려해야 한다. 그리고 장차 연장할 것이 예상되는 구조물에 대해서는 그 연장을 쉽게 할 수 있도록 미리 배려할 필요가 있다.

⑥ 시공방법

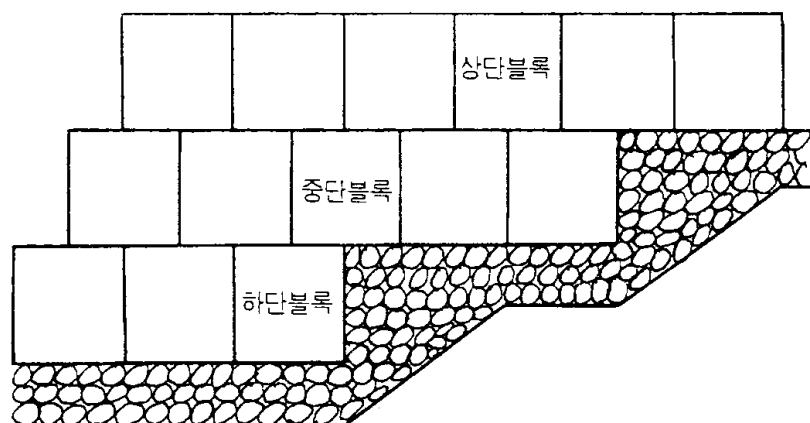
연결부도 본체부와 똑같은 시공기계를 사용할 수 있도록 하는 것이 좋으며, 전혀 다른 종류의 시공기계를 필요로 하는 공법은 피하는 것이 좋다.

14-2 전면수심이 변하는 부분

전면수심이 변하는 부분에서의 구조물의 설계조건은 접속되는 수심이 깊은 쪽의 구조물과 같게 하고, 설계방법이나 안전율은 각각의 구조양식에 준한다.

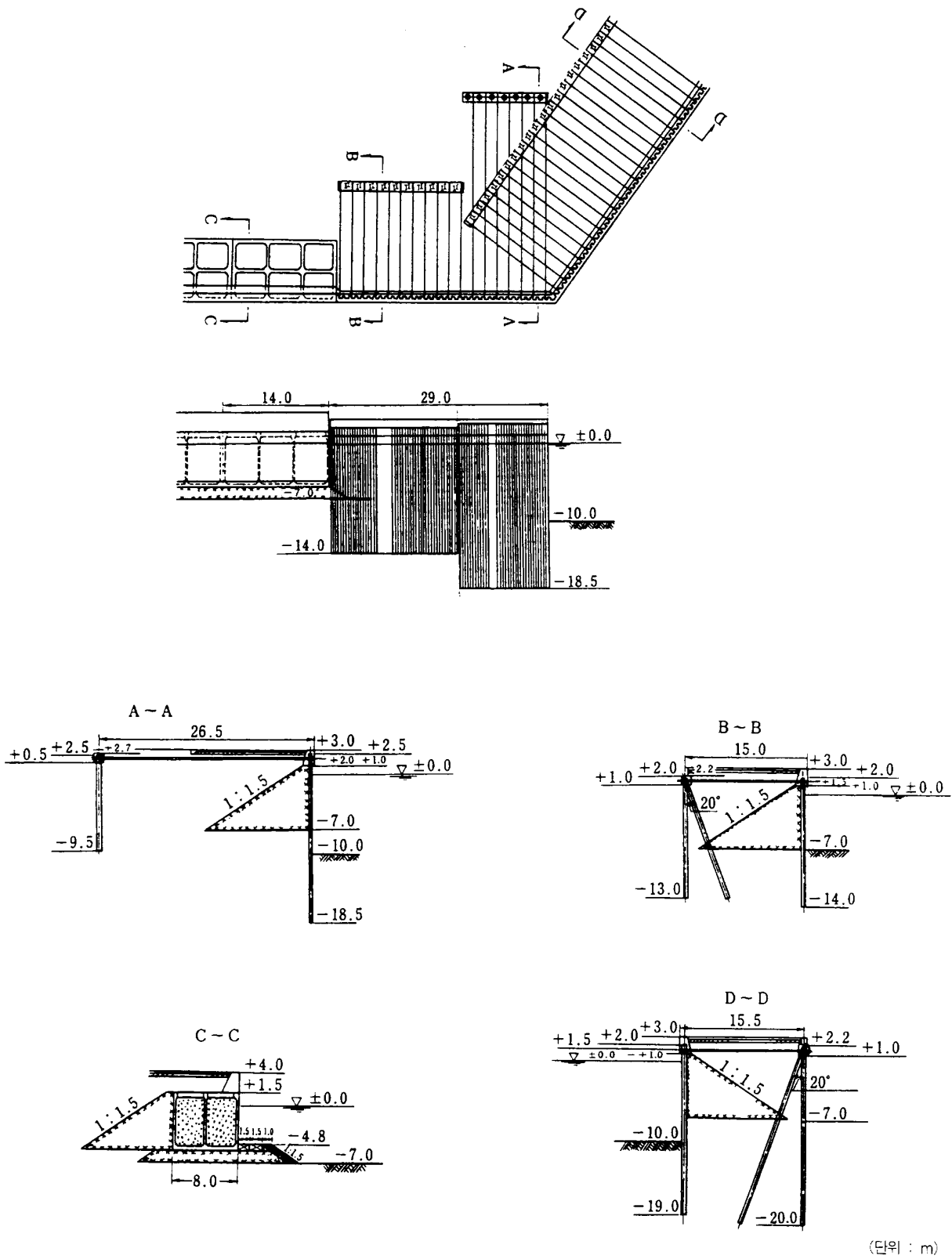
[해설]

- (1) 전면수심이 변하는 부분에서는 설계조건을 정하는 방법과 사면의 안정이 문제로 된다. 특히 연결구간의 해저경사는 이용 면에서나 공사비 면에서도 급경사가 좋지만 토질에 따른 안정경사, 파랑의 영향, 사면의 보호, 준설후의 경사 등을 고려해야 한다. 사질토인 경우는 1:3정도가 보통이다.
- (2) 설계수심에 관해서는 구조물의 강도, 공사비 등을 고려하여 점차로 변화시키는 것이 좋다.
 - ① 블록구조인 경우, 하단블록의 높이를 단위로 하여 단계적으로 변화시키는 것이 좋다.(도참(14-1) 참조)
 - ② 널말뚝구조인 경우, 설계수심은 2~3m정도씩 단계적으로 변화시키는 일이 많다.(도참(14-2) 참조)



정면도

도참(14-1) 블록 쌓기에서 전면수심이 변화하는 경우의 연결 예



도참(14-2) 널말뚝식 구조로 전면수심이 변화하는 경우의 연결 예

14-3 서로 다른 구조물이 접속하는 부분

서로 다른 구조물이 접속하는 부분은 2개의 다른 구조물이 직접 접속하는 경우와 그들 사이에 연결을 위한 구조물을 삽입하는 경우가 있다. 연결문제로 인하여 구조물을 삽입하는 경우 해당부분의 설계조건은 양측구조물의 설계조건 중에서 불리한 측을 따라 설계하는 것을 원칙으로 한다.

14-4 우각부(隅角部)

우각부의 설계조건은 양측 구조물의 설계조건 가운데 중요도가 높은 구조물의 것에 준한다. 우각부의 각도가 예각이 되는 것은 피하는 것이 좋다.

[해설]

여기서 기술하는 우각부라 함은 바다로 향하여 볼록한 것(凸)을 가르키며, 오목한 것(凹)은 문제가 되지 않는다. 우각부가 예각인 경우에는 설계상으로도 시공상으로도 곤란한 점이 많으므로 될 수 있는 대로 예각이 되지 않도록 한다.

[참고]

- (1) 널말뚝구조와 널말뚝구조를 연결하는 경우, 각종의 설계 예를 볼 수 있지만 그때에는 언제나 버팀공을 어떻게 하느냐가 문제가 된다. 버팀板 형식인 경우에는 버팀板이 주동토압의 영역에 들어가거나 또는 수동토압이 서로 겹치는 영역이 생기기도 하여 저항토압의 산정에 문제가 있다. 따라서 이 형식은 피하는 것이 좋다.

다음에 구조상 문제가 없다고 생각되는 버팀구조의 예를 든다.

① 직향의 버팀공을 두는 경우

타이재의 인장력을 직향의 횡저항으로 받게 하는 것이다. 이 경우 타이재와 널말뚝벽이 이루는 각도는 직각으로 하는 것이 좋다(도참(14-5) 참조). 설계방법은 본편 4-6-3 버팀공의 설계를 참조하여 결정한다.

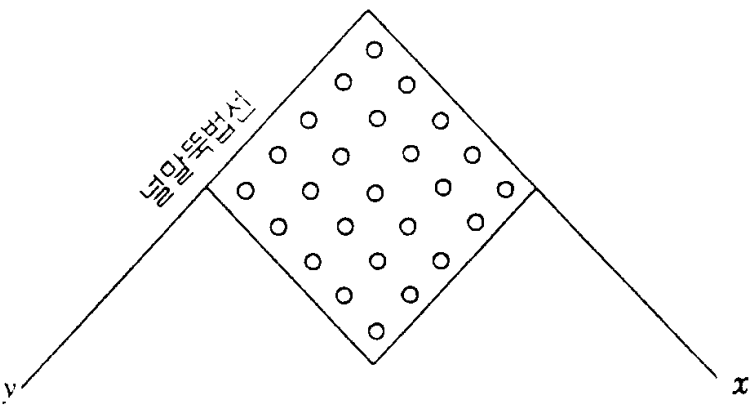
② 선반구조를 우각부에 설치하는 경우

선반구조는 복잡한 버팀공을 필요로 하지 않아 비교적 잘 사용된다. 설계에 대해서는 다음 사항에 주의해야 한다.

가. 휨모멘트 및 축방향력의 검토는 x방향, y방향(도참(14-3) 참조) 및 합력의 방향에 관해서도 해야 한다.

합력방향의 계산은 x방향, y방향에서 구한 값의 벡터의 합으로 구한다.

나. 말뚝의 근입은 가장 위험하게 되는 말뚝의 근입깊이에 맞춘다.



도참(14-3) 우각부에 선반구조를 둔 경우

다. 선반의 계산방법은 본편 제6장 선반식널말뚝 안벽에 준한다. (도참(14-6) 참조)

③ 2중널말뚝식 구조를 설치하는 경우

널말뚝식 구조의 경우, 특히 수심이 얇은 경우에 쓰이는 일이 많다. 이중 널말뚝의 구조설계에 대해서는 본편 13-5 이중널말뚝식 안벽에 준한다.

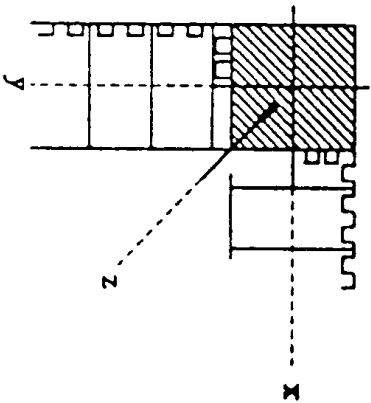
(2) 강널말뚝식 구조와 자립널말뚝식 구조를 연결하는 경우

자립널말뚝식 구조를 연결부에 채용하면 버팀공이 필요치 않으므로 지반이 양호한 경우나 물양장 정도의 수심이 얇은 안벽에 쓰이는 일이 있다.

이 두 가지 구조를 조합할 경우, 일반적으로 자립널말뚝식 구조의 변위가 널말뚝벽보다 크기 때문에 연결부의 타이재에 큰 힘이 작용하는 수가 있다. 따라서 연결점 부근의 자립널말뚝의 편성을 크게 하거나 타이재의 단면을 여유 있게 하는 배려가 필요하다. 설계법에 관해서는 본편 13-2 자립널말뚝식 안벽을 참조한다.(도참(14-8) 참조)

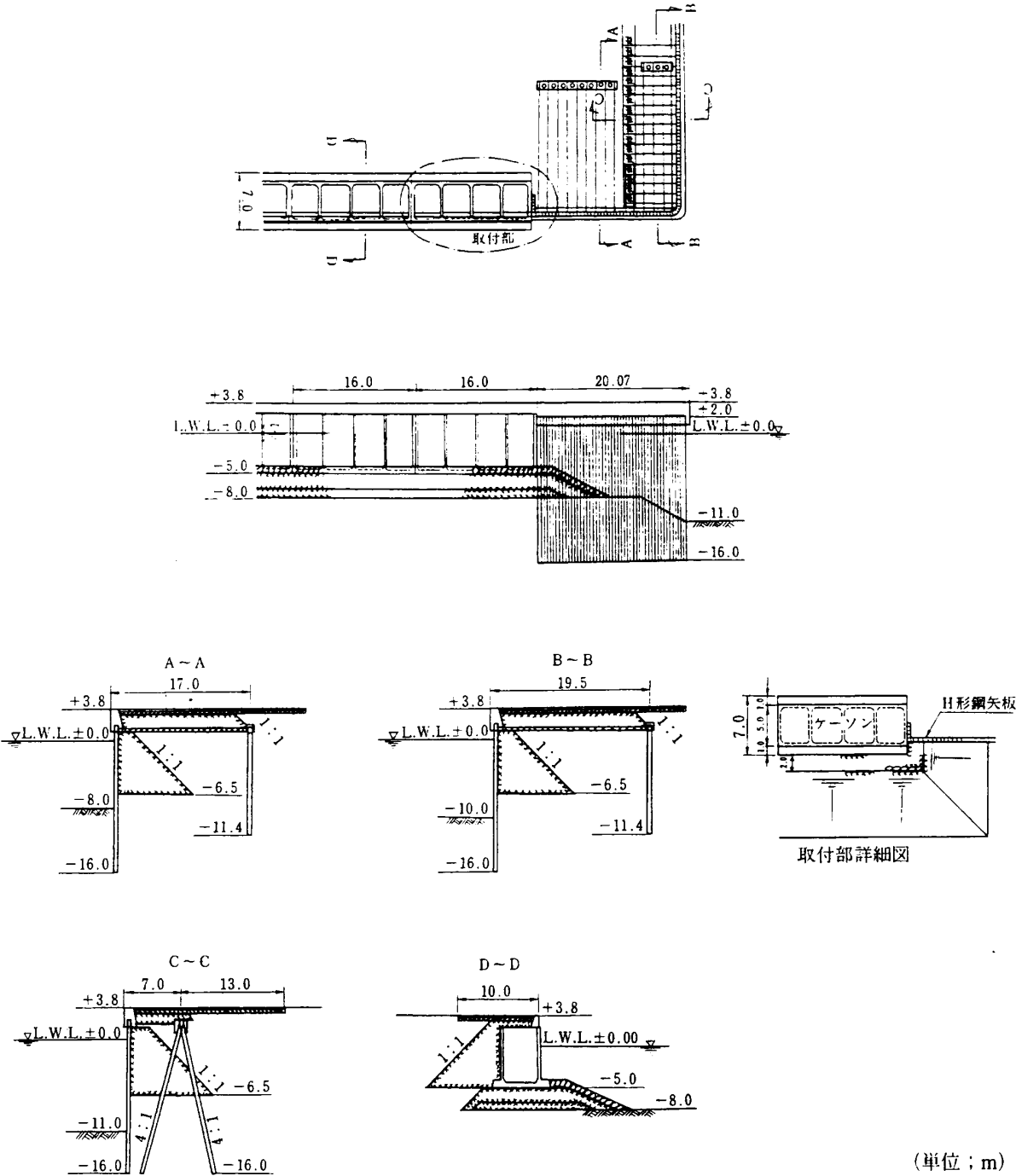
(3) 우각부에 케이슨을 설치하는 경우

x방향, y방향에 관한 안정계산 및 합력방향(z방향)에 관한 안정계산을 해야 한다.(도참(14-4) 참조)

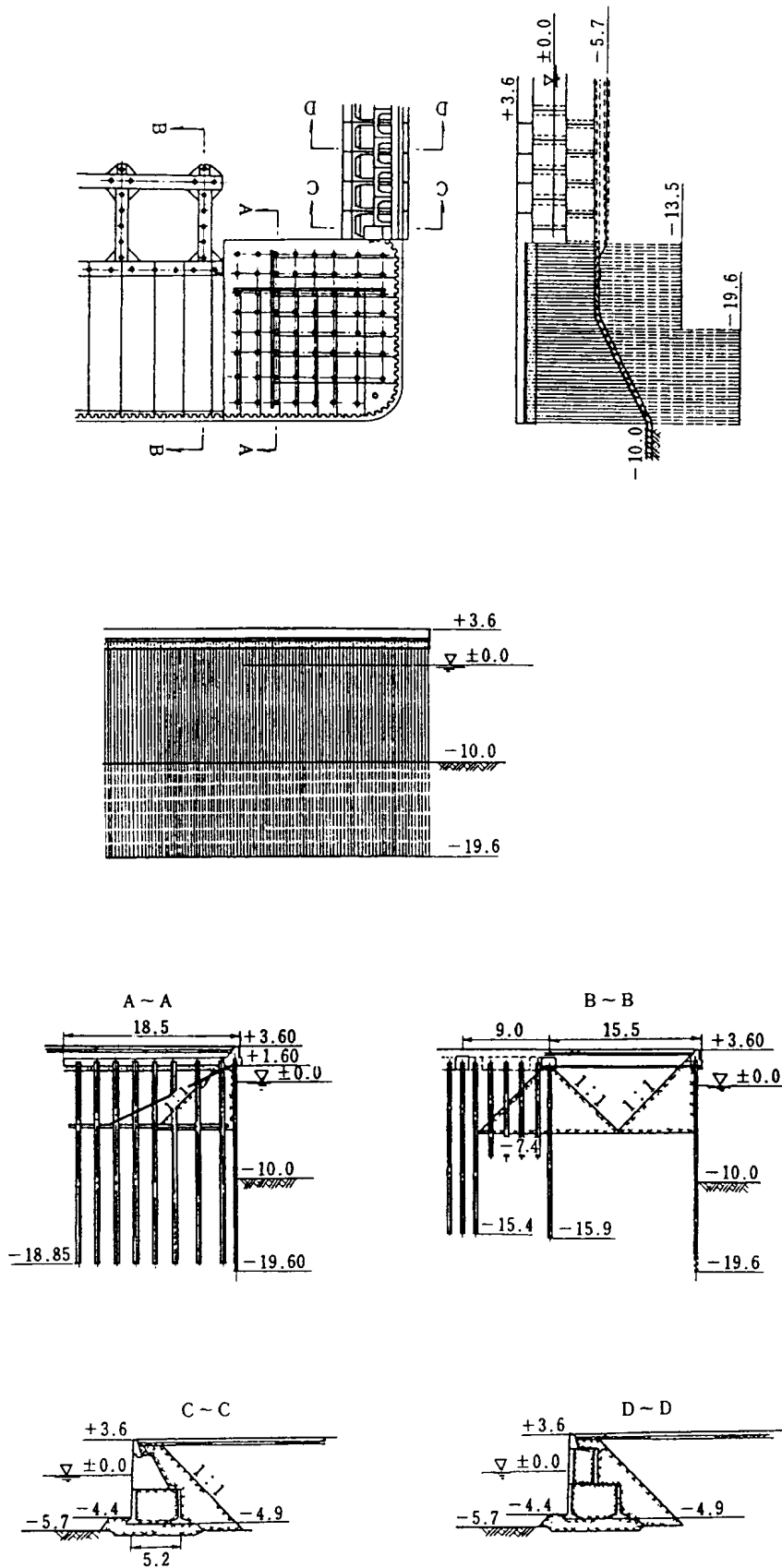


도참(14-4) 우각부에 케이슨 구조를 두는 경우

- (4) 우각부에 셀식 구조를 설치하는 경우
우각부에 셀식 구조나 웰(우물통) 등을 두는 방법도 생각할 수 있지만 일반적으로 공사비가 커지는 경향이 있다.(도참(14-7) 참조)

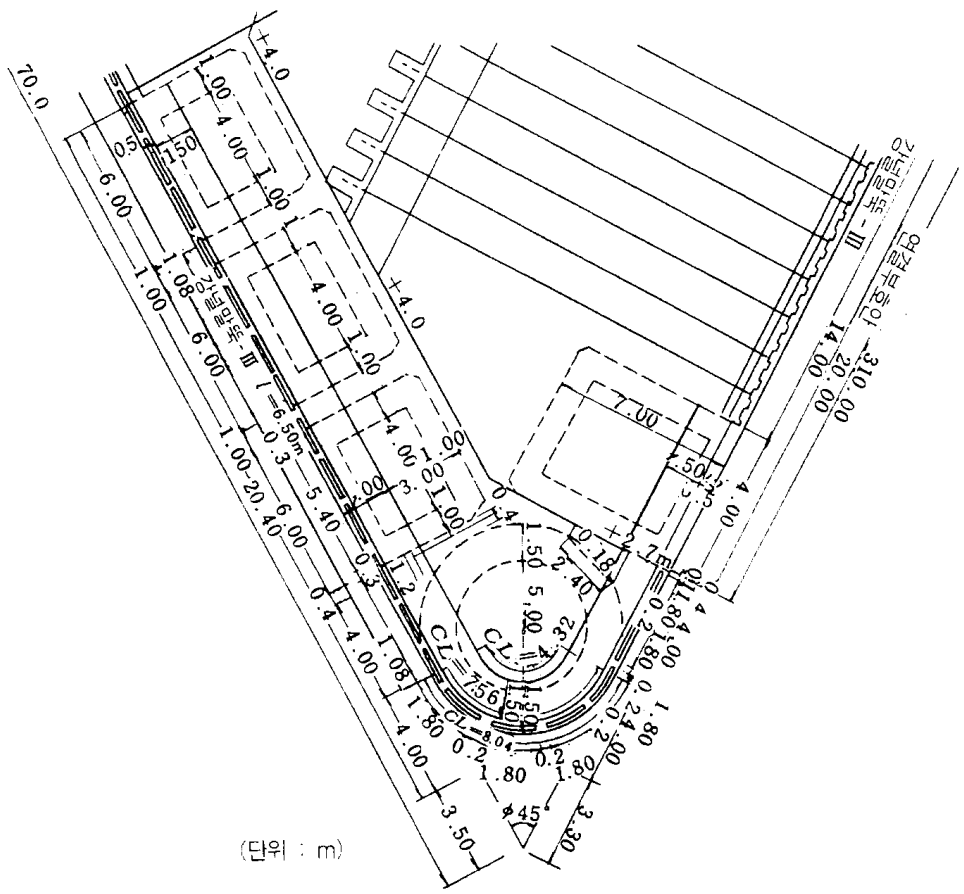


도참(14-5) 직항식의 버팀공을 우각부에 설치하는 경우의 설계 예

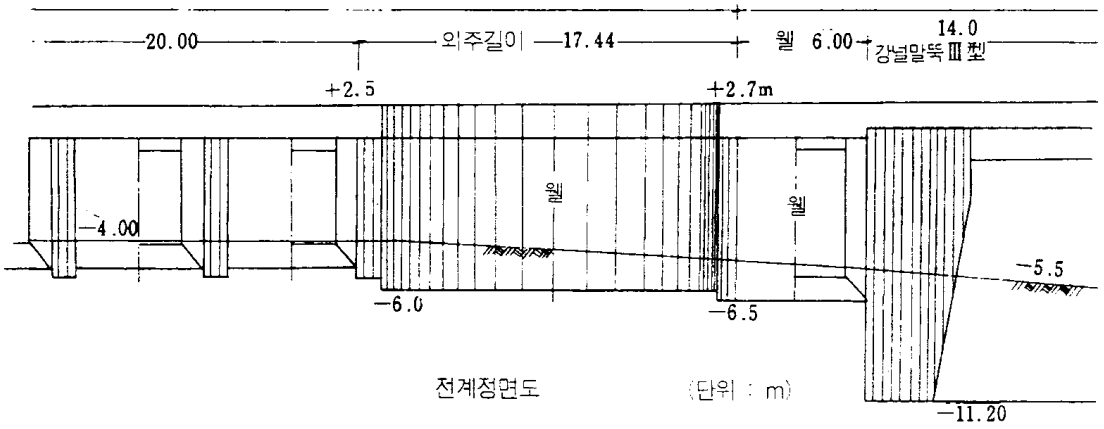


(單位 ; m)

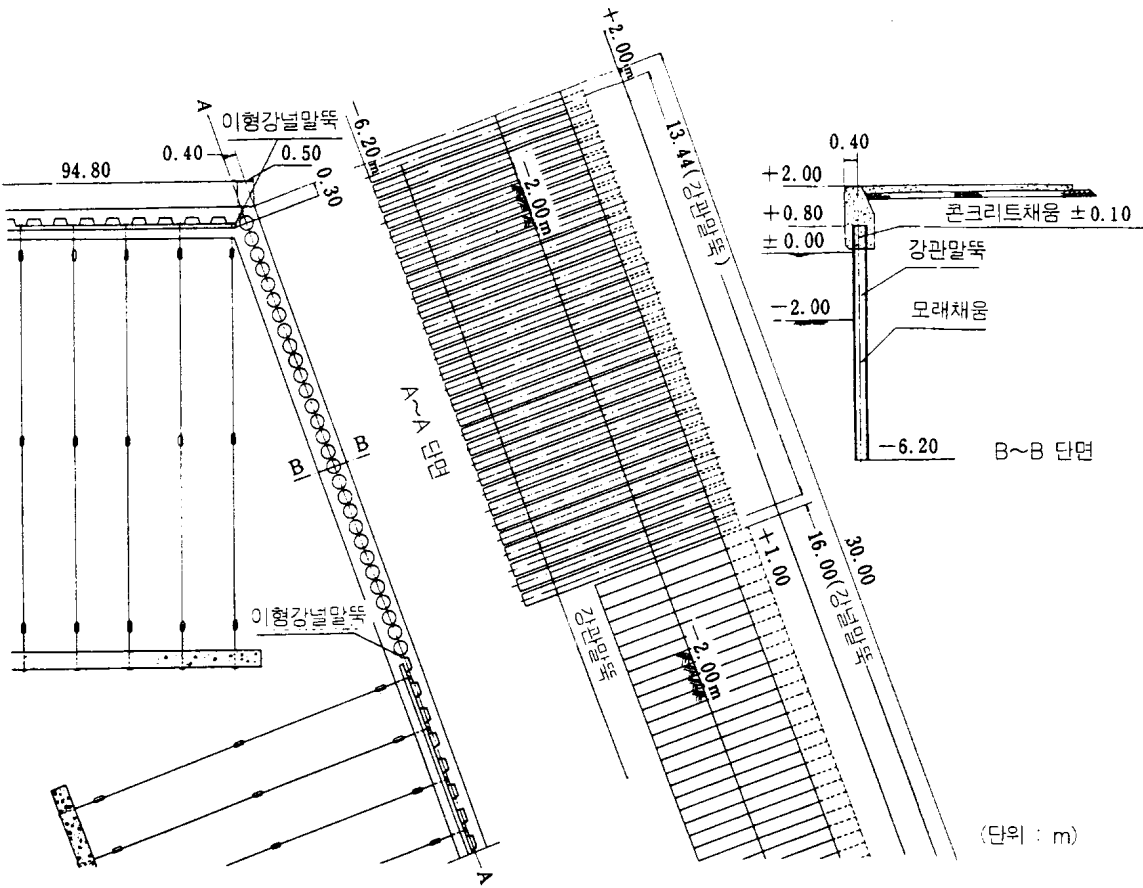
도참(14-6) 선반구조를 우각부에 설치하는 경우의 설계 예



도면 3



도참(14-7) 우각부에 웰(우물통)을 놓는 경우 설계 예



도참(14-8) 강널말뚝 구조와 자립널말뚝 구조의 설계 예

제 15 장 부속설비

15-1 방충설비

15-1-1 일 반

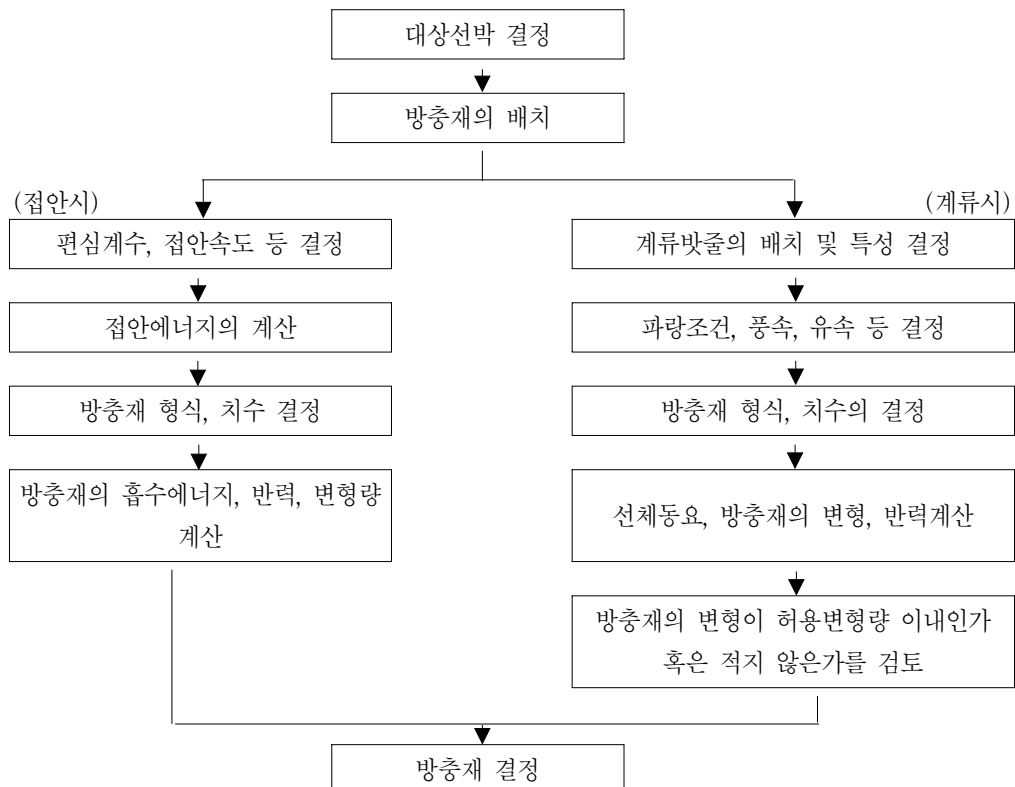
안벽에는 방충설비를 하여야 한다.

[해 설]

선박이 접안할 때 또는 계류 중에 파랑이나 바람으로 동요할 때, 선체와 안벽사이에 충격력이나 마찰력이 작용한다. 이때 선체 및 구조물의 손상을 방지하기 위하여 안벽에 방충설비를 한다. 그러나 소형 선박이나 일부 웨리선박일 경우는 선박자체에 타이어 등의 방충설비를 갖추고 있고, 매우 주의하여 조선하는 경우는 충격력 자체도 비교적 작으므로 반드시 방충설비를 필요로 하지 않는다.

[참 고]

- (1) 방충설비로서는 고무방충재가 일반적이나, 이외에 공기방충재, 거품(Foam)식 방충재, 수압식 방충재, 유압식 방충재, 중력식 방충재, 말뚝식 방충재, 목재방충재 등이 있다.
- (2) 방충설비에는 접안력 등의 반력이 선박에 집중되지 않도록 필요한 경우 방충재에 단위면적당 하중(면압)을 감소시키도록 수충판을 설치하는 경우도 있다. 이때 방충재에 작용하는 전단력을 적게 하기 위하여 수충판 전면에 전단력 감소를 위한 재료(에폭시 수지판 등)를 붙이는 것이 좋다.
- (3) 고무방충재, 공기식 방충재, 말뚝식 방충재의 설계는 일반적으로 다음 순서로 하는 것이 좋다.



도참(15-1) 방충재의 설계순서

15-1-2 방충재의 배치

방충재의 배치는 방충재가 소정의 선박의 접안에너지를 흡수하기 이전에 선박이 직접 안벽에 접촉하는 일이 없도록 정하여야 한다.

[참 고]

- (1) 고무방충재는 일반적으로 5~20m 간격으로 설치되고 있다. 선박이 접안할 때에는 선수부근이나 선미부근이 안벽에 먼저 접촉한다. 접안한 현측은 곡면으로 되어 있어 방충재의 간격이 지나치게 넓으면 방충재가 접안에너지를 충분히 흡수하기 전에 선체의 일부는 방충재가 설치되어 있지 않은 구간에 직접 접촉하게 되므로 주의해야 한다. 보통의 경우 간격이 5m 정도이면 문제는 없으나, 10m이상인 경우에 선체의 일부가 안벽의 방충재가 설치되지 않은 구간에 직접 접촉하게 할 위험이 있으면 방충재 설치부의 상부콘크리트를 다른 부분보다 0.2~0.5m 돌출시킬 필요가 있다. 이외에 고무방충재 앞에 나무 일부를 달아서 다른 면보다 돌출시켜 놓는 것도 한 방법이다.
- (2) 소형선을 접안시키는 대형 안벽에서 방충재 간격을 넓게 하고, 그 중간에 소형선용 방충재를 배치하는 경우에는 소형선용 방충재의 전면을 대형의 방충재보다 어느 정도 뒤에 설치해야 한다. 이 경우 충분히 물리지 않으면 대형선 접안시의 유효에너지를 방충재가 충분히 흡수하기 전에 선박이 저에너지를 흡수하는 소형선용 방충재에 접촉하여, 이 소형선용 방충재의 반력이 의외로 커질 염려가 있다.
- (3) 잔교등과 같이 선박의 접안력이 설계하중이 되는 안벽에서는 특히 배치에 주의해야 한다.(본편 4-1-2 [3]부속설비의 배치 참조)
- (4) 시멘트 운반선 등과 같이 현이 매우 낮은 배가 있고, 카페리선과 같이 현이 대단히 높은 선박이 있으므로 대상선박에 따라 방충재의 설치높이에 주의해야 한다.
- (5) 소형선박이 접안하는 안벽으로 조위차가 큰 곳이나 파랑이 있는 곳에서는 선박의 현이 방충재를 부딪치지 않고 직접 안벽에 부딪히거나 방충재 밑으로 들어가 방충재를 밀어 올리는 등의 위험이 있으므로 방충재 설치높이를 주의하여 결정하여야 한다. 이런 현상을 피하기 위하여서는 방충재를 횡으로 2단 설치하거나 종으로 붙이는 등의 방법이 있다.
- (6) 컨테이너선, PCC선 등 가운데 특히 플레어(Flare)가 큰 선박이 빈번히 이용하는 안벽은 선박의 현이 계선주와 접촉하지 않도록 배려하는 것이 바람직하다.
- (7) 목재방충재는 안벽 전면에 연속해서 설치하는 일이 많다. 그러나 8~13m 간격으로 방충재를 설치하는 집중방식을 취하는 수도 있다.

15-1-3 선박의 접안에너지

선박의 접안에너지 등은 제2편 2-2 선박에 의하여 발생하는 외력에 의하여 산정하여야 한다.

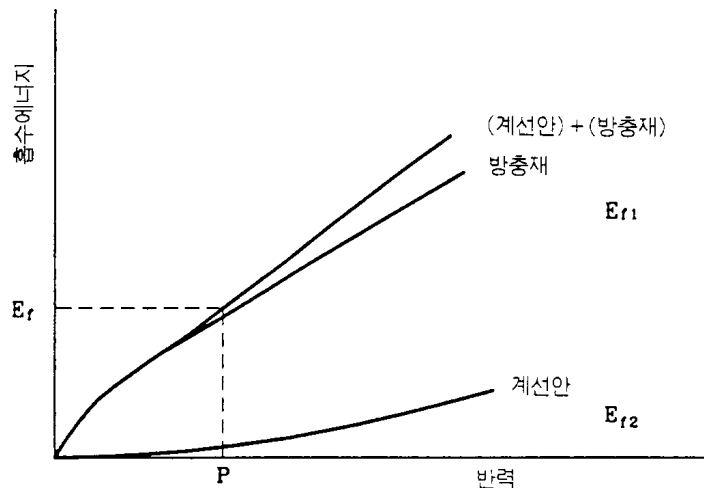
15-1-4 방충재의 선정

방충재의 종류는 다음사항을 고려하여 적절히 선정하는 것을 원칙으로 한다.

- (1) 안벽구조의 특성 및 이용선박
- (2) 파랑의 영향을 받는 안벽에서는 계류 중인 선박의 동요 및 접안각도 등 선박의 접안상황
- (3) 선박의 접안시 발생하는 방충공 반력이 안벽의 구조에 주는 영향
- (4) 제조상 오차, 동적인 특성, 온도특성 등에 의한 방충재의 물리적인 특성치의 변동 폭

[참 고]

- (1) 접안력은 안벽의 하중-흡수에너지 곡선을 구하고, 다음에 1개소의 방충공 전체의 하중-흡수에너지 곡선을 구한다. 이들로부터 도참(15-2)에 나타낸 바와 같이 양자의 합을 나타내는 하중-흡수에너지 곡선을 구해 주어진 유효접안에너지(E')에 대한 접안력(P)을 구하면 된다.



도참(15-2) 접안력의 산정

- (2) 중력식, 널말뚝식, 선반식 안벽 등은 보통의 접안력에 대해서는 충분한 저항력을 갖고 있다. 그러나 횡간교, 디태치드 피어(Detached Pier), 돌핀 등 가요성 구조물, 특히 직항구조인 안벽에서는 수평저항력이 비교적 적으므로, 접안력을 허용수평하중보다 작게 해야 한다. 디태치드 피어, 돌핀, 횡간교의 허용수평하중에 대해서는 본편 제4장 잔교식 안벽, 13-1 디태치드 피어, 제10장 돌핀을 참조하여 적용한다.
- (3) 방충공은 선박의 경사접안에 의해 일어나는 법선방향의 마찰력에 의한 전단력에 대해서도 안전해야 한다. 보통의 경우, 이 힘에 대해서는 바스코·코스타(Vasco·Coasta)의 제안에 의해 계산한다. 즉, 선박이 안벽 법선에 대해 $6^{\circ} \sim 14^{\circ}$ 의 각도로 접안하면 이 힘은 접안력의 10~25%가 된다.
- (4) 파랑의 영향을 받는 안벽에서는 파랑에 의해 선박이 수평방향과 연직방향으로 움직이므로 방충재는 단순히 압축될 뿐만 아니라 상하방향으로 과도한 전단변형을 일으켜 방충재가 파손되는 예도 있다. 또 대형선 외에 소형선도 접안하는 대형 계선안에서 소형선의 난폭한 접안에 의해 방충재가 파손된 예도 있다. 이러한 안벽에서는 전단력을 마찰력으로 간주하면 전단력은 방충재 반력의 0.3~0.4정도가 작용한다고 생각한

다. 너울(Swell)이 큰 항만에서 가동식방충재를 사용하여 성공한 예도 있다. 또 반력형 방충재의 일부는 전단력이 작용하면 압축반력이 저하되는 것이 있으므로 주의해야 한다.

- (5) 방충재의 설계에 영향을 미치는 요인은 많으므로 방충재만의 공사비를 비교하여 선정하는 것은 무의미하다. 방충재 자체의 성능이 안벽의 공사비나 건설후의 유지보수비, 접안효율 등에 큰 영향을 끼치므로 이들을 종합적으로 검토하여 결정해야 한다. 보통 잔교나 돌핀의 경우, 수평충격력의 영향이 크기 때문에 비록 비싸더라도 성능이 좋은 방충재를 쓰는 편이 도리어 안벽 전체의 공사비는 적어지는 경우가 많다. 선박에 의한 수평충격력이 구조상 영향이 없는 중력식 안벽이나 널말뚝식 안벽에서는 방충재의 성능은 안벽의 공사비에 영향을 미치지 않지만 준공후의 방충재의 유지관리를 고려하면 초기의 설비비는 많이 들더라도 설치 후 유지보수가 간단한 형식의 방충재를 사용함이 장기적으로는 유리하게 되는 수도 있다. 또한 성능이 좋은 방충재를 사용해서 해상, 기상조건에 의한 접안의 지연을 적게 해서 하역능률을 높이는 편이 좋은 경우도 있다.

- (6) 유효접안에너지는 선체의 변형 및 계선안의 변형에 의해 흡수된다.

그러나 보통의 경우는 선체의 변형에 의한 에너지의 흡수는 작으므로 고려하지 않는다.

- (7) 계류시설의 변형에 의한 에너지의 흡수는 다음과 같다.

- ① 중력식 안벽, 널말뚝식 안벽, 선반식 안벽 및 셀식 안벽 등 강성이 큰 구조물은 안벽 본체의 변형에 의한 에너지 흡수는 없다고 본다.
- ② 디테치드 피어, 돌핀, 잔교, 횡잔교 등에 있어서도 강한 구조형식을 갖는 것과 유연한 구조형식을 갖는 것으로 구분된다. 전자에 대하여는 그 변형에 의한 에너지 흡수는 없다고 보나 후자에 대하여는 처짐성이 있어 변형에 의한 에너지흡수가 생각되어 일반적으로 식(참 15-1)으로 표시된다.

$$E_1 = \int_0^{Y_1} g(y_1) dy_1 \quad (\text{참15-1})$$

여기서,

E_1 : 안벽본체의 변형에 의한 흡수에너지($J=N \cdot m$)

Y_1 : 안벽본체의 최대 변화량(m)

$g(y_1)$: 안벽의 본체의 변형에 의한 반력특성(N)

가요성 구조물은 보통 강재로 제작되고, 허용하중은 탄성한계 내에 있으므로 이 경우 안벽의 처짐과 반력과의 관계는 직선관계가 된다. 따라서 접안에너지를 안벽과 방충공으로 완전히 흡수했을 때의 계류시설의 흡수에너지는 안벽의 스프링 정수를 C라 하면 식(참 15-2)로 표시된다.

$$E_1 = \frac{1}{2} \cdot C \cdot Y_1^2 \quad (\text{참15-2})$$

말뚝식 방충재의 흡수에너지에 있어서도 같다.

- (8) 방충재에 의한 에너지 흡수

고무방충재는 중공원형, 중공각형, V형 등의 종류가 있고, 각각 반력과 변형과의 관계, 에너지 흡수율이 다르다. 각 방충재 모두 흡수에너지와 변형, 반력과 변형곡선이 카탈로그에 표시되어 있으므로, 이것을 이용하면 편리하다.

V형 방충재 등의 정반력형 방충재는 저반력(低反力), 고에너지 흡수의 방충재이지만, 설계에너지 흡수량의 1/3의 에너지를 흡수했을 때에 이미 최대반력에 가까운 반력을 나타내는 성질이 있으므로, 2~3개의 방충재에 동시에 접안했을 때에는 반력의 합계 값이 크게 되는 것도 있으므로 주의해야 한다.

15-2 계선주와 계선환

15-2-1 일 반

안벽에는 계선주 또는 계선환 등을 설치하여야 한다.

15-2-2 배 치

직주는 폭풍시에 선박을 계류하기 위하여 선석 양끝부분에 수제선에서 되도록 멀리 설치하고, 곡주는 평상시의 선박의 계류나 이·접안에 사용할 수 있도록 선석의 수제선 부근에 배치한다.

[참 고]

- (1) 곡주의 간격과 1선석당 최소설치 개수는 표참(15-1)의 값을 표준으로 한다.
- (2) 연속된 선석의 접속부에는 2개의 곡주를 수m 거리에 설치하는 것이 바람직하다.

표참(15-1) 곡주의 배치

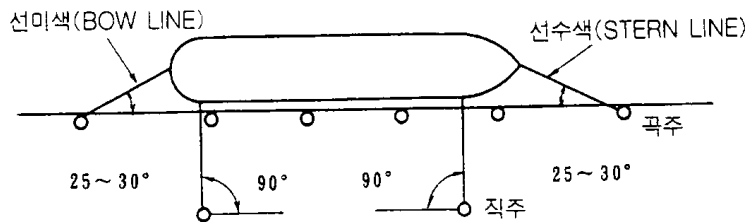
대상선박 총톤수		곡주의 최대간격(m)	1선석당 최저설치개수(개)
2,000미만		10~15	4
2,000이상	5,000미만	20	6
5,000이상	20,000미만	25	6
20,000이상	50,000미만	35	8
50,000이상	100,000미만	45	8

- (3) 소형안벽에 있어서 계류밧줄이 위로 당겨지는 위험이 없는 경우는 직주를 10~20m 간격으로 배치하고 곡주를 설치하지 않아도 좋다. 또 소형안벽에 있어서는 곡주대신에 곡주와 동등한 강도를 갖는 계선환 등을 5~10m 간격으로 배치하여도 좋다.
- (4) 접안시의 선박의 계류밧줄(繫留索)의 배치와 명칭 등은 본편 2-1 선석의 치수를 참조한다.
- (5) 평상시의 계류용이나 이접안시의 조선용으로 사용되는 계선주는 계류밧줄이 부두뜰에 걸쳐지면 하역작업에 장애가 되므로 수제선 가까이에 배치한다.
이 경우 계류밧줄이 위로 끌리는 수가 있으므로 곡주를 쓴다. 그러나 소형선박이 이용하는 안벽에서는 안벽의 마루높이와 선박의 갑판이 거의 같은 높이가 되기 때문에 계류밧줄이 극단으로 위로 끌리지 않으므로 직주를 쓰는 수가 있다.
- (6) 태풍시에도 선박을 계류하는 안벽에서는 선박의 횡방향 힘에 대해서 수제선 가까이에 배치된 계선주만으로는 대처할 수 없으므로 선측과 계류밧줄이 가능한 직각이 되고 하역작업에 지장이 되지 않는 수제선에서 떨어진 위치에 큰 힘에도 안전한 계선주를 배치한다.
이 경우 계류밧줄은 위로 끌리지 않으므로 직주를 쓴다.

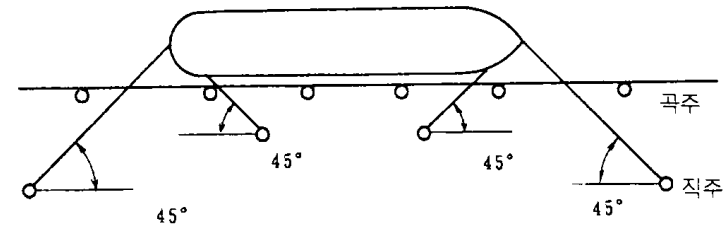
(7) 직주는 선박의 이용형태에 따라 배치하는데, 선체의 횡방향 힘에 대해서 충분히 저항할 수 있도록 선축과 계류밧줄이 이루는 각이 가능한 직각이 되도록 배치하고, 1선석에 2기를 설치하는 것이 보통이다.

선수밧줄(船首索)과 선미밧줄(船尾索)은 선축방향의 선박동요를 방지하기 위하여 선축과 이루는 각을 작게 하는데 이 각이 25~30°이하가 되지 않도록 곡주를 배치할 필요가 있다.

대표적인 직주의 배치에는 도참(15-3)에 나타나 있다.



(a) 직각의 경우



(b) 45°의 경우

선수색(Bow Line) 선미색(Stem Line)

도참(15-3) 직주와 계류밧줄이 이루는 각도

(8) 연속된 선석의 접속부에 설치하는 계선주에는 양측선박의 계류밧줄이 1개의 계선주에 동시에 걸리는 경우가 있다. 그러나 계류밧줄의 방향이 다르고 그 합력이 1선박에서의 견인력보다 그다지 크게 되지 않으므로 선석의 접속부에 설치하는 계선주를 특별히 크게 할 필요는 없다. 그러나 이안시에 밧줄은 푸는 시간이 걸려 사고를 일으킬 위험이 있으므로 이러한 점을 감안하여 수 m의 거리에 2개의 곡주를 설치하는 것이 바람직하다.

(9) 소형안벽 등에는 작은 선박을 고정하기 위하여 계선환을 부치는 수도 있다. 계선환 등은 조위를 감안하여 적당한 높이에 설치해야 한다. 소형선은 선수나 선미에서 계선환등에 계류밧줄을 거는 수가 많으므로 계선환 등의 간격은 5~10m 정도로 한다.

(10) 강풍의 방향이 일정하고 안벽방향에서 강한 바람이 불 염려가 없는 항만에나 강풍시에 계류선박이 없는 항만에서는 직주를 생략하는 경우도 있다.

15-2-3 대상선박의 견인력

대상선박의 견인력은 제2편 2-2-7 계선주에 작용하는 힘에 의하여 선정하여야 한다.

15-2-4 구 조

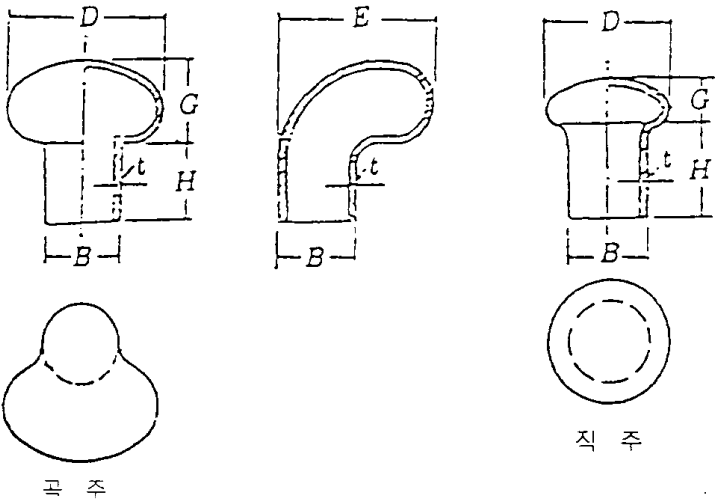
계선주는 대형의 것은 주강이어야 하며, 소형의 것은 주철, 강판, 철근콘크리트 등을 사용할 수 있다.

[참 고]

(1) 선박의 견인력과 주강제 계선주의 직경과의 관계는 표참(15-2)의 값을 사용할 수 있다.

표참(15-2) 견인력과 계선주의 직경과의 관계

기둥직경(m)	15	20	25	30	35	40	45	50	55
견인내력(t)	5	10	20	35	50	70	100	120	150



도참(15-4) 계선주 각 부의 형상

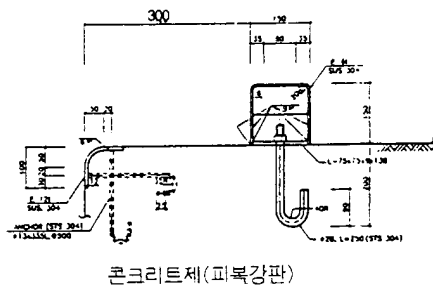
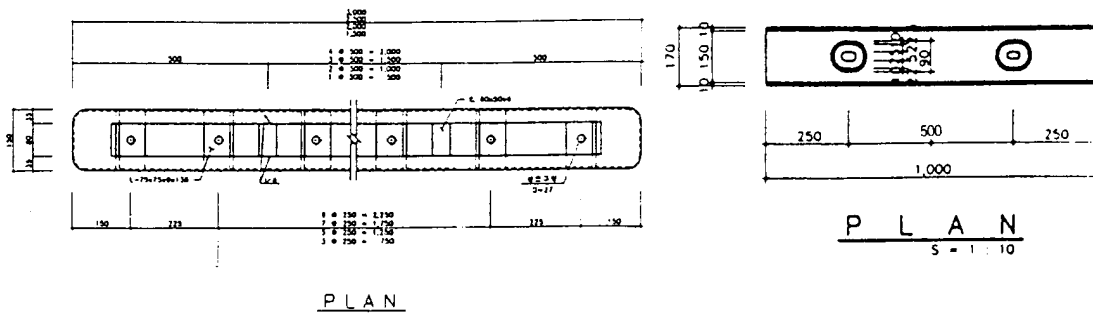
- (2) 도참(15-4)에 나타난 계선주의 각 부분 치수관계는 다음 값을 사용해도 좋다.
- 곡주 $D = 2.0B$, $E=2.0B$, $H=1.0B$, $G=1.0B$, $t=0.1B$
- 직주 $D = 1.5B$, $H=1.2B$, $G=0.5B$, $t=0.1B$
- (3) 안벽 전면의 계선주는 견인력에 대하여 안전하도록 깊게 묻거나 앵커볼트로 정착시켜야 한다.
- (4) 계선환은 내경 10~20cm, 굵기 20mm 정도이다. 계선환에는 해수가 묻는 일이 많으므로 부식에 대해서 안전하도록 굵게 만드는 것이 좋다.
- 또 부식되어 가늘어졌을 때, 바뀌 질 수 있도록 설계시에 고려해 두어야 한다. 계선환은 안벽의 상부콘크리트의 외면으로부터 밖으로 튀어나가지 않도록 오목한 곳에 설치하는 것이 좋다.

15-3 차막이

안벽에는 차막이를 설치하는 것을 원칙으로 한다.

[참 고]

- (1) 차막이의 설치위치는 설치장소의 조건에 따라 안전성과 하역작업의 영향을 고려하여 정한다.
- (2) 차막이의 구조, 형상, 배치, 재질 및 색상에 관하여는 현장조건에 따라 안전성, 내구성, 내식성, 내후성, 하역작업에의 영향 등을 고려하여 선정한다.
- (3) 차막이의 크기는 150×150mm로 하는 것이 좋다. 단 부두뜰에서의 하역작업 등에 있어서 하역기계, 기타 차량의 통행의 안전 확보 등을 위하여 필요한 경우 하역작업에 지장을 주지 않도록 고려하여 크게 설치한다.
- (4) 계류삭을 설치하므로써 차량의 통행을 금지하는 경우 등 차량의 통행이 예상되지 않는 경우에는 차막이를 설치하지 않아도 된다.
- (5) 차막이 구조의 일례를 도참(15-5)에 나타내었다.
- (6) 차막이의 설치위치는 접안선박 등과의 접촉에 의한 파손방지를 위하여 안벽선으로부터 30cm정도 내측에 설치하는 것이 좋다.
- (7) 차막이 설치간격은 에이프런을 이용하는 하역기계나 차량의 차륜간격보다 적게 할 필요가 있으나 에이프런 상의 우수 배제를 위해 표준적으로 30~50cm의 간격을 두도록 하였다.
차막이 1조의 길이는 300~500cm로 하되 계선주를 가운데 두는 차막이의 계선주와의 간격은 150~250cm로 하는 것이 바람직하다.
- (8) 차막이의 높이는 하역작업에 지장을 적게 하기 위하여는 15~20cm정도로 하는 것이 일반적이다. 그러나 안벽의 코너(Corner) 등 차량전락의 위험성이 높은 구획은 위험 Zone으로 구분하여 차막이 높이를 20~30cm정도로 높혀 계획하는 것이 필요하다.
- (9) 차막이의 재질은 설치장소의 환경조건에 따라서 내구성이나 내식성, 내후성, 시공성 및 경제성 등을 종합적으로 비교 검토하여 선택하는 것이 바람직하다.
- (10) 차막이는 차량 등의 충격하중에 대하여 충분한 강도를 갖는 것이어야 한다.
- (11) 차막이의 색채는 안전성을 확보하기 위하여 시인성(視認性)을 배려하여 결정하는데 노란색과 검정색의 띠 모양(띠폭 20cm, 경사각 60°)을 표준으로 한다. 여객선 부두 등에서는 안정성 이외에 달리 경관성도 배려하여 현지에 알맞는 색, 모양을 채용해도 좋다.
- (12) 야간의 안전성을 높일 필요가 있는 장소에서는 반사광, 발광 다이오드(Diode) 등을 설치하거나 줄무늬 도장을 한다.



도참(15-5) 차막이 표준단면의 예

15-4 급배수설비

15-4-1 급수설비

대형안벽 또는 대형잔교에는 급수설비를 하여야 한다. 단, 급수선에 의하여 급수가 원활히 행해지는 경우는 하지 않아도 좋다. 급수설비는 제9편 4-2 급수시설에 의하여야 한다.

15-4-2 배수설비

[해설]

우수나 하수를 배제하기 위해 안벽에는 배수설비를 필요로 하는 수가 있다. 배수구는 될 수 있는 대로 선박의 접안위치를 피한다. 관의 접합개소는 구조물의 침하나 진동으로 파괴되지 않도록 주의한다. 잔교에서는 특히 집중배수를 하지 않아도 포장면의 경사를 이용하여 전면 또는 슬래브 아래로 빼버리는 경우가 많다. 차막이의 배후에는 빗물 등이 오래 고이기 쉬우므로 물빠지에 주의해야 한다.

15-5 조명설비

15-5-1 적용범위

- (1) 이 기준은 야간하역작업, 선박의 이접안 및 여객 등이 이용하는 부두의 조명설비로서 본편 15-5-2 기준조도에서 제시하는 시설의 조명설비의 설치, 개량 또는 유지관리에 적용한다.

(2) 전항에서 제시하는 시설 이외의 시설은 다른 적용기준이나 이 기준에 준해서 적절한 조명을 하여야 한다.

15-5-2 기준조도(照度)

[1] 일 반

기준조도란 평균수평면 조도로서 당해시설이 안전하고 효율적으로 작업하기 위한 최저치 조도를 말한다.

[해 설]

조명설비에서 가장 중요한 것은 조도이다.
여기에서 수평면조도란 슬래브면 또는 지상면의 조도이며, 평균수평면 조도는 그 평균치를 말한다.
조도기준은 다음의 법률, 기준 및 국내외의 부두조명설비의 실태, 기타 참고문헌 등을 감안해서 정하였다.

- (1) 산업안전보건법
- (2) 주차장법
- (3) KSA3011 조도기준
- (4) KSA3701 도로조명기준
- (5) 전기설비기술기준 및 전기공작물(전력설비) 설계 시공표준
- (6) 여객자동차터미널 구조 및 설비에 관한 규칙

[2] 옥외조명

조명설비의 조도는 작업의 종류 및 형태에 따라 한국산업규격 「조도기준」의 규정 또는 이에 유사한 기타규정에 준하여 시설을 안전하게 이용이 원활하도록 적절히 정하여야 한다.

[해 설]

(1) 옥외의 시설 기준조도는 시설에 따라 표해(15-1)의 값으로 한다.
또 보안 조도는 모든 시설에 있어서 5lx 정도로 한다.

표해(15-1) 옥외조명의 기준조도

	시 설		기준조도(lx)
부두	부 두 뜰	여객, 차량, 플레이저 보트의 계류시설 및 일반화물 컨테이너 선석	50
		플레이저 보트의 사로, 파이프라인으로 위험물을 취급하는 부두뜰	30
		파이프라인, 벨트컨베이어에 의한 단순한 작업의 부두뜰	20
	야 적 장	컨테이너, 일반화물의 치장 및 하물적하, 이동 야적장	20
	통 로	여객 및 차량의 승강구	75
		여객 및 차량의 통로	50
		기타 통로	20
	보 안	전 시설	5
도로 공원	도 로	주요도로	20
		기타도로	10
	주 차 장	폐리용	20
		기타	10
	공원녹지	공원로	5

(2) 부두뜰, 야적장, 도로

① 부두뜰

가. 여객 또는 차량을 대상으로 한 부두뜰 및 플리저 보트용 계류시설

이 부두뜰에서 조명은 여객 등 이용자의 복장이나 표정 및 자동차나 화물의 종류, 형상, 색채 등에 대해 비교적 높은 시각정보가 요구될 뿐만 아니라 조명에 의한 쾌적성도 요구되므로 화물을 취급하는 부두뜰에 비해 질량도 수준이 높아야 한다.

따라서 기준조도는 KS A 3011 조도기준 및 시설 조명설비의 실측치 등을 참고로 50lx로 했다. 또한 플리저 보트용 계류시설에 있어서 플리저 보트의 양륙에 필요한 사로 등은 상술한 바와 같이 높은 시각정보가 불필요하여 30lx로 했다.

나. 기타 접안시설의 부두뜰

이 부두뜰에서 조명은 화물을 식별하고, 또 부두뜰면에서 장해물의 유무를 확인하는 등 하역 또는 화물처리소의 복잡한 작업을 완전, 확실하게 하여야 한다.

따라서 기준조도는 KS A 3011 기준조도 및 시설의 조명설비등을 참고로 해서 30lx로 했다.

또한 파이프 라인, 벨트컨베이어 등을 이용하는 하역 및 화물처리작업이 이루어지는 부두뜰에서는 작업내용이 단순하여 20lx로 했다.

그러나 파이프 라인으로 유류 등 위험물을 하역하는 부두뜰에서는 안전성 확보에 충분한 조명이 필요하므로 30lx로 한다.

② 야적장

컨테이너 야드는 스트래들 캐리어, 트랜스퍼 크레인 등에 의해 컨테이너를 이동, 배열 등의 작업이 이루어진다.

또 화물처리소에서 포크리프트 등에 의해 화물의 이동, 트럭에 적재, 적하 등의 작업이 행하여진다. 이들의 작업은 내륙부, 트럭 야드 등과 유사한 작업형태이다.

따라서 기준조도는 KS A 3011 조도기준, 여객자동차터미널 구조 및 설비기준에 관한 규칙 및 기존의 조명설비의 실측치 등을 참고해서 20lx로 했다.

③ 통로

가. 여객 또는 차량 승강용 시설의 통로

여객 또는 카페리는 여객 및 차량이 가동교를 이용해서 승강하므로 이 부분 조명이 필요하다.

자동차의 경우는 전조등에 의한 조명이 있으나, 전조등은 유도작업원이 눈이 부시게 되어 잘못 유도하는 경우 해상으로 추락 등 사고를 초래할 우려가 있다.

따라서 기준조도는 KS A 3011조도기준, 부두들의 조도기준 및 기존의 조명실측치 등을 참고해서 통로를 50lx로 하고 승강구를 75lx로 했다.

나. 기타의 통로

기타의 통로로서는 작업원의 보행용 통로 등이 있다.

이들은 여객 또는 차량 승강용 시설의 통로만큼은 위험성이 없으므로 기준조도를 20lx로 했다.

④ 보안을 위한 조명

야간이용을 하지 않는 시설에 있어서도 방법 및 보안을 위한 조명이 필요하고, 이 경우의 조도는 5lx로 했다.

(3) 도로, 주차장, 공원녹지

① 도로

부두내 및 그 주변도로의 조명은 다음 사항에 유의하여 결정하지 않으면 안된다.

가. 부두에서의 작업 상황(야간작업의 유무, 빈도)

나. 교통의 상황(교통량, 주행속도, 차종)

다. 도로상황(선형, 구조, 포장의 종류)

라. 지리적 조건

마. 경제효과

따라서 이들의 요소를 충족하도록 배려하고 KS A 3011 조도기준, KS A 3701 도로조명기준, 기존의 조명설비 실측치 등을 참고로 하여, 기준조도는 주요 도로를 20lx로 하고, 기타의 도로를 10lx로 했다.

또한, 터널의 조명에 있어서는 KS A 3703 터널조명기준, 터널조명설계지침 및 KS A 3701 도로조명기준 등을 참고했다.

② 주차장

주차장에서 주차통행은 저속이지만 세심한 운전을 필요로 한다. 특히 주차하고 있는 다른 차의 위치를 정확히 알기 위하여 필요한 조명이 요구된다.

또, 방법 상에도 차종, 사람의 차림이 판별되는 정도의 조도가 요구된다.

따라서 기준조도는 주차장법, KS A 3011, 조도기준 및 기존의 조명설비 실측치를 참고로 해서 카페리 부두의 주차장은 20lx로 하고 기타 주차장은 10lx로 했다.

③ 공원녹지

쉬는 장소인 공원의 조명에 요구되는 밝기는

가. 이용자의 보행에 안전성이 확보되는 밝기

나. 이용자가 심리적으로 안심되는 분위기의 밝기

다. 공원 내의 수목, 조형물 등의 아름다움을 강조할 수 있는 국부적인 밝기

라. 방법을 위하여 필요한 밝기 등이다.

따라서 이들의 요건을 고려하여 기준조도로서의 공원로에서만 규정하는 것으로서 KSA 3011 조도기준 및 기존의 조명설비의 실측치를 참고로 해서 3lx로 했다.

(3) 기타

야간에 船舶이 離接岸을 하는 接岸施設에 있어서는 필요에 따라 岸壁의 法線이나 우각부의 위치를 용이하게 식별할 수 있도록 조명등을 岸壁에 設置하는 것이 바람직하다.

[3] 옥내조명

조명설비의 조도는, 작업의 종류 및 형태에 따라 한국공업규격 「조도기준」의 규정 또는 이에 유사한 기타규정에 준하여 시설을 안전하게 이용이 원활하도록 적절히 정하여야 한다.

[해 설]

(1) 옥내시설의 기준조도는 시설에 따라 표해(15-2)의 값으로 한다.

표해(15-2) 여객터미널, 상옥, 창고의 기준조도

시 설		기준조도(lx)
여객터미널	대합실	300
	여객승강용 통로 및 승강구	100
상옥, 창고	어선용 船席의 화물처리소	200
	컨테이너 화물 조작장(C.F.S), 자동차 전용상옥	100
	거치른 작업이 따르는 상옥 및 창고	70
	기타의 상옥 및 창고	50

(2) 대합실

대합실은 편히 쉬는 장소이므로 많은 사람에게 편히 쉬도록 쾌적한 환경이 되어야 한다.

따라서 기준조도는 KSA 3011 조도기준, 전력설비설계施工標準 및 기존의 조명설비의 실측치 등을 참고로 해서 300lx로 했다.

(3) 여객승강용시설의 통로 및 승강구

승강을 위한 통로는 특히 여객의 안전을 도모하여야 한다.

따라서 기준조도는 KSA 3011 조도기준 및 시설의 조명설비의 실측치등을 참고로 해서 100lx로 했다.

(4) 상옥, 창고

화물처리가 이루어지는 상옥, 창고에서는 화물전표의 문자를 읽을 수 있고, 작업의 안전성이 요구된다.

따라서 기준조도는 KSA 3011 조도기준 및 조명설비의 실측치를 참고해서 50lx로 했다. 또 컨테이너 화물 조작장(C.F.S)과 같이 복잡한 화물처리가 행해지는 곳 및 자동차용 상옥과 같이 안전상 특히 중요한 곳에서는 100lx로 했다.

어선 船席의 화물처리소는 생선의 신선도를 식별하지 않으면 안되므로 200lx로 했다.

여객터미널, 상옥, 창고에는 관리사무소등이 부속되는데, 이들의 조명에 있어서는 KSA 3011 조도기준을 참고로 해서 적정하게 결정할 필요가 있다.

15-5-3 광원의 선정

- (1) 부두조명에 사용하는 광원은 백열전구, 형광등, 수은등(조명형, 형광형), 메탈할로젠 등 고압 나트륨 등, 저압나트륨등 중에서 다음의 사항을 고려해서 선택하여야 한다.
- ① 효율이 높고 수명이 길 것

② 주위온도의 변화에 대해 안정되어 있는 것

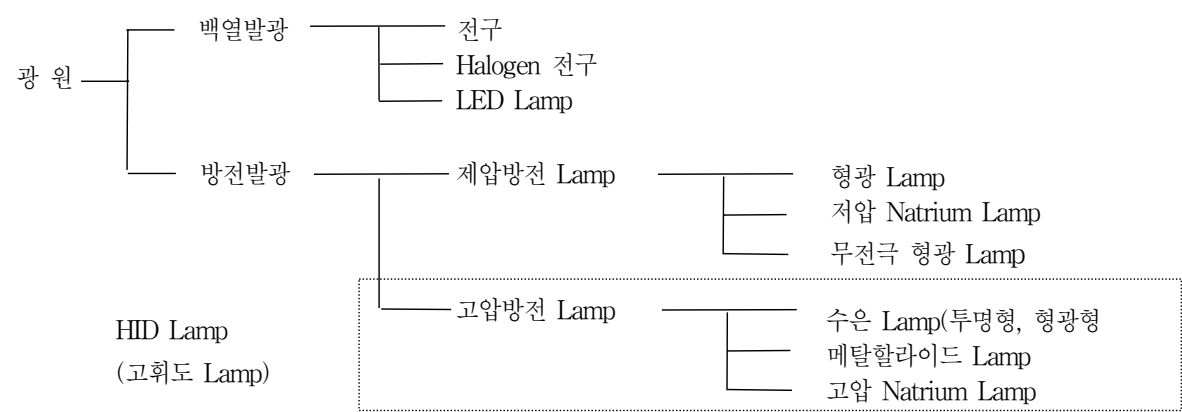
③ 광색과 연색성이 양호한 것

④ 점등한 후 밝기가 안정될 때까지의 시간이 짧을 것
- (2) 자연전구 이외의 광원을 사용할 때에는 적당한 안정기를 조합하여 사용한다.

[해설]

(1) 광원의 종류

광원의 종류를 분류하면 도해(15-1)와 같다.



도해(15-1) 광원의 종류

(2) 효율

효율은 광원효율만 아니라 안정기, 조명기구까지 포함한 종합효율이 높게 되도록 고려할 필요가 있다.

(3) 주변 온도

① 효율에 미치는 영향

형광등 이외의 광원은 거의 주위 온도의 영향을 받지 않으나, 형광등은 주위 온도가 높아지거나 낮아져도 광원의 효율이 저하된다.

이런 경우 조명기구의 구조 등에 의해 다르므로 충분한 검토가 필요하다.

② 시동·재시동 시간에 미치는 영향

자연전구, 고압나트륨등, 저압나트륨등은 주위 온도의 영향을 거의 받지 않으나 형광등, 수은등, 메탈할라이드등은 주위 온도가 저하하면 점등이 어렵게 된다.

따라서 이와 같은 경우의 등은 안전기에 특별한 고려가 필요하다.

(4) 光色과 演色性

光源의 色特性은 光色과 演色性에 의하여 표시할 수 있다. 光色에는 赤色과 青色을 띠는 것이 있고 이것을 수치로 표시한 것을 色溫度라고 한다.

色溫度(K)가 7,000이상이 되면 靑色을 띠고, 2,300이하에서 赤色을 띠기 시작한다.

야적장, 대규모 주차장등 조명하는 범위가 넓은 장소에서 조명방법으로 적합하다. 최근에는 High Pole식이 많다.

이 조명방법의 예 및 그 기초의 예는 도참(15-6)과 같다.

① 상옥에서의 조명방법

조명을 하고자 하는 장소 가까이에 상옥 등의 건축물이 있는 경우에는 이 건축물의 지붕 또는 측벽에 조명기구를 설치하여 조명하는 방법이 있다.

작업의 방해가 되는 폴(Pole), 타워(Tower) 등이 불필요하며, 또 경제적이고 넓은 범위를 다수의 기구로 조명할 수 있으며, 또한 조명기구의 보수가 비교적 용이하므로 부두뜰의 조명방법으로서는 최적이다.

② 현수선 조명방법

넓은 간격(60~90m)으로 세워진 폴 또는 건축물간에 가선을 설치하고 이것에 조명기구를 달아 내려서 (매달림) 조명하는 방법이다.

폴의 수는 폴 조명에 비하여 적어도 된다.

또 조명기구의 간격을 적절하게 좁힐 수 있으므로 조도分布는 좋게 된다.

(5) High Pole式 照明方法의 例는 도참(15-6)과 같다.

(6) 옥외조명 Pole의 피뢰 및 접지설비

피뢰 및 접지설비는 건축, 전기관계 법령에 적합하게 설치하여야 한다.

[참 고]

(1) Lamp에는 제각기 특징이 있으며, 이것을 모은 것이 표참(15-3)와 같다.

표참(15-3) Lamp의 特性

Lamp의 종류	특 징	Lamp효과 (lm/w)	광색 (k)	연색성 (Ra)	수명 (시간)	주위온도 특성	시동·특 성	재시동· 특성	조광
백열전구		낮다 15~20	등백색 2,800	양호 100	짧다 1,000~ 2,000	안정	순시	순시	용역
Harogen Lamp		낮다 17~22	등백색 3,000~ 3,200	양호 100	짧다 1,000~ 2,000	안정	순시	순시	용역
형광 Lamp(백)		보통 80~100	백색 3,000~ 4,000	조금 양호 50~95	길다 6,000~ 12,000	영향이 있다	2~3초	2~3초	가능
저압 Natrium Lamp		아주높다 100~180	등황색 1,700	나쁘다 —	보통 9,000	안정	20분	10초	곤난
수은Lamp		약간낮다 40~60	백색(청) 3,500~ 4,000	보통 40~50	길다 9,000~ 12,000	안정	상온8분	10분이하	50%까지 가능
메탈할라이드 Lamp		보통 70~80	백색 4,000~ 6,500	양호 70~90	보통 6,000~ 9,000	조금 영향이 있다	상온5분	10분이하	곤난
고압 Natrium Lamp		보통 60~120	등백색 2,100	보통 25~80	길다 9,000~ 12,000	안정	5~10분	1~5분	50%까지 가능

(2) 색온도와 온량감(溫涼感)

- ① 색온도(K)는 광색을 수치로 표시한 것이다.
- ② 색온도의 고저는 온량감에 영향을 준다.
- ③ 색온도가 낮을수록 적색을 띤 광색이 되고, 높게 될 수록 청백색이 된다.
- ④ 색온도와 온량감의 관계는 표참(15-4)와 같다.

표참(15-4) 색온도와 온량감

색온도(K)	온량감
3,300이하	暖(Warm)
3,300~5,300	중간(Newtral)
5,300이상	涼(Cool)

(3) 演色性과 平均演色評價數

演色性の 정도를 표시하는 대표적인 지수로써 平均演色 評價數(Ra)를 사용한다.

Ra는 규정된 8개의 試驗色에 대한 演色評價數의 평균치이고, CIE로는 옥외작업장에서 적용범위를 구분하고 있다. 演色分類, 平均演色評價數 및 Lamp의 종류와 작업장에서의 적용은 표참(15-5)과 같다.

표참(15-5) 屋外照明을 위한 演色分類

演色分類 Class	平均演色評價數 (Ra)	Lamp의 種類	適 用
1	80≤Ra 매우 양호	白熱電球	色彩選別이 必要한 경우
2	60≤Ra<80 양호	螢光 Lamp 메탈할라이드 Lamp 演色改善型高壓 Natrium Lamp	
3	40≤Ra<60 滿足된다.	水銀 Lamp	一般作業
4	20≤Ra<40 許容된다.	高壓 Natrium Lamp	
※	Ra<20	低壓 Natrium Lamp	色識別이 重要な 場所에서는 不適當

주 : 추천할 수 없음

15-5-4 기구의 선정

[1] 옥외조명

옥외조명에 사용하는 기구의 선정에 있어서는 다음 사항을 고려하여야 한다.

- (1) 방수구조이고, 또 부근에서 대량의 인화성 위험물을 취급하는 경우에는 방폭형의 구조로 해야 한다.
- (2) 본체, 반대면, 조명 커버(Cover)의 材料는 양질의 제품을 사용하고 耐久性이 뛰어나고, 열화나 부식이 적은 것이어야 한다.
특히, 염해에 의한 부식이 적은 것이어야 한다.
- (3) 소켓(Socket)는 각각의 광원에 적합한 것이어야 한다.
- (4) 안정기의 내부배선 등은 기구의 온도상승에 견딜 수 있는 것이어야 한다.
- (5) 효율이 높은 것을 사용해야 한다.
- (6) 배광은 사용목적에 따라 적절히 제어되어야 한다.

[해 설]

(1) 기구의 종류

埠頭の 옥외시설은 埠頭塹, 야적장, 도로, 주차장, 공원녹지 등 종류가 많으므로 각각의 목적에 따라 기구를 선정하여야 한다.

주된 기구의 종류로서는 다음의 것을 들 수 있다.

(2) 기구의 구조

기구의 구조는 램프(Lamp)의 교환, 보수 및 점검이 용이하고, 개폐하는 부분의 체결방법이 간단, 확실함과 동시에 위험이 없어야 한다.

소켓은 진동에 의해 램프(Lamp)가 탈락 또는 접촉불량을 발생하기 쉬운 구조는 사용해서는 안된다.

또 방수용으로 사용된 패킹(Packing), 내부배선 등은 기구의 온도상승에 견디는 것이어야 한다. 기구의 재질이나 제품은 염해에 대하여 부식이 적은 것이 필요하다. 이것은 기구의 設置에 필요한 폴, 철탑류에 있어서도 동일하다.

또 위험물埠頭 등과 같이 화기에 주의를 하지 않으면 안되는 장소에서는 KSC 0906 일반용 전기기기의 방폭구조통칙에 의한 방폭구조 등의 배려가 필요하다.

여객 및 작업원이나 船舶승무원, 파일럿(Pilot)에 대해 눈이 부시게 되는 경우는 이것을 방지하기 위해 고무(Rubber) 또는 후드(Hood)등을 設置하는 것이 필요하다.

(3) 기구의 방수구조

옥외에서는 기구가 비, 바람에 젖으므로 KSC 0904 전기기계기구 및 배선材料의 방수시험통칙에 의한 방수구조로 하여야 한다.

[참 고]

(1) 屋外照明의 主된 器具로서는 다음과 같다.

① 投光器

軸對稱配光을 갖고 비교적 좁은 각도에 빛을 집중시키는 기구로 철탑이나 폴(Pole)상, 건물의 지붕이나 벽에 設置하여 넓은 장소를 조명하는데 적합하다.

특별히 비대칭배광을 가진 角形의 것도 있다.

② 도로조명기구

주로 8~12m 높이의 폴(Pole)에 設置하여 조명하는 기구다.

③ 기타

상옥의 처마밑 등에 직접 달거나, 또는 달아내리어(매달림) 設置하는 것도 있다.

(2) 옥외조명방법으로는 다음과 같다.

① 도로용 폴 조명방법

도로조명등에서 일반적으로 사용되고 있는 것과 같이 8~12m의 폴에 조명기구를 설치하여 조명하는 방법이다.

야적장, 주차장과 같이 넓은 장소에서의 조명에는 다수의 폴이 필요하며, 하역작업에 지장을 초래할 위험이 있다. 따라서 소규모의 주차장, 화물 승강용 시설 등 하역작업이 따르지 않는 장소에서의 조명방법으로 적합하다.

② 높은 곳에서의 조명방법

폴 조명보다도 큰 구조물로서 조명기구의 설치 높이는 15~40m로 하고, 적은 기수로 넓은 범위의 조명을 하는 조명방법이다.

야적장, 대규모 주차장 등 조명하는 범위가 넓은 장소에서 조명방법으로 적합하다. 최근에는 High Pole 식이 많다.

이 조명방법의 예 및 그 기초의 예는 도참(15-6)과 같다.

③ 상옥에서의 조명방법

조명을 하고자 하는 장소 가까이에 상옥 등의 건축물이 있는 경우에는 이 건축물의 지붕 또는 측벽에 조명기구를 설치하여 조명하는 방법이 있다.

작업의 방해가 되는 폴(Pole), 타워(Tower) 등이 불필요하며, 또 경제적이고 넓은 범위를 다수의 기구로 조명할 수 있으며, 또한 조명기구의 보수가 비교적 용이하므로 부두들의 조명방법으로서는 최적이다.

④ 현수선 조명방법

넓은 간격(60~90m)으로 세워진 폴 또는 건축물간에 가선을 설치하고 이것에 조명기구를 달아내려서(매달림) 조명하는 방법이다.

폴의 수는 폴 조명에 비하여 적어도 된다.

또 조명기구의 간격을 적절하게 좁힐 수 있으므로 조도분포는 좋게 된다.

(3) High Pole식 조명방법의 예는 도참(15-6)과 같다.

[2] 옥내조명

옥내조명에 사용하는 기구의 선정에 있어서는 다음 사항을 고려하여야 한다.

- (1) 배광은 사용목적에 따라서 적절이 제어될 수 있을 것
- (2) 소케트는 각각의 광원에 적합하여야 할 것
- (3) 安定기, 내부배선 등은 온도상승에 견딜 수 있을 것
- (4) 효율이 높을 것

[해설]

(1) 器具의 種類

기구의 종류는 일반적으로 全般조명으로서 천정에 직접 부치는 것, 천정에 매입하는 것, 천정에 달아내리

는 것(매달림)이 있다.

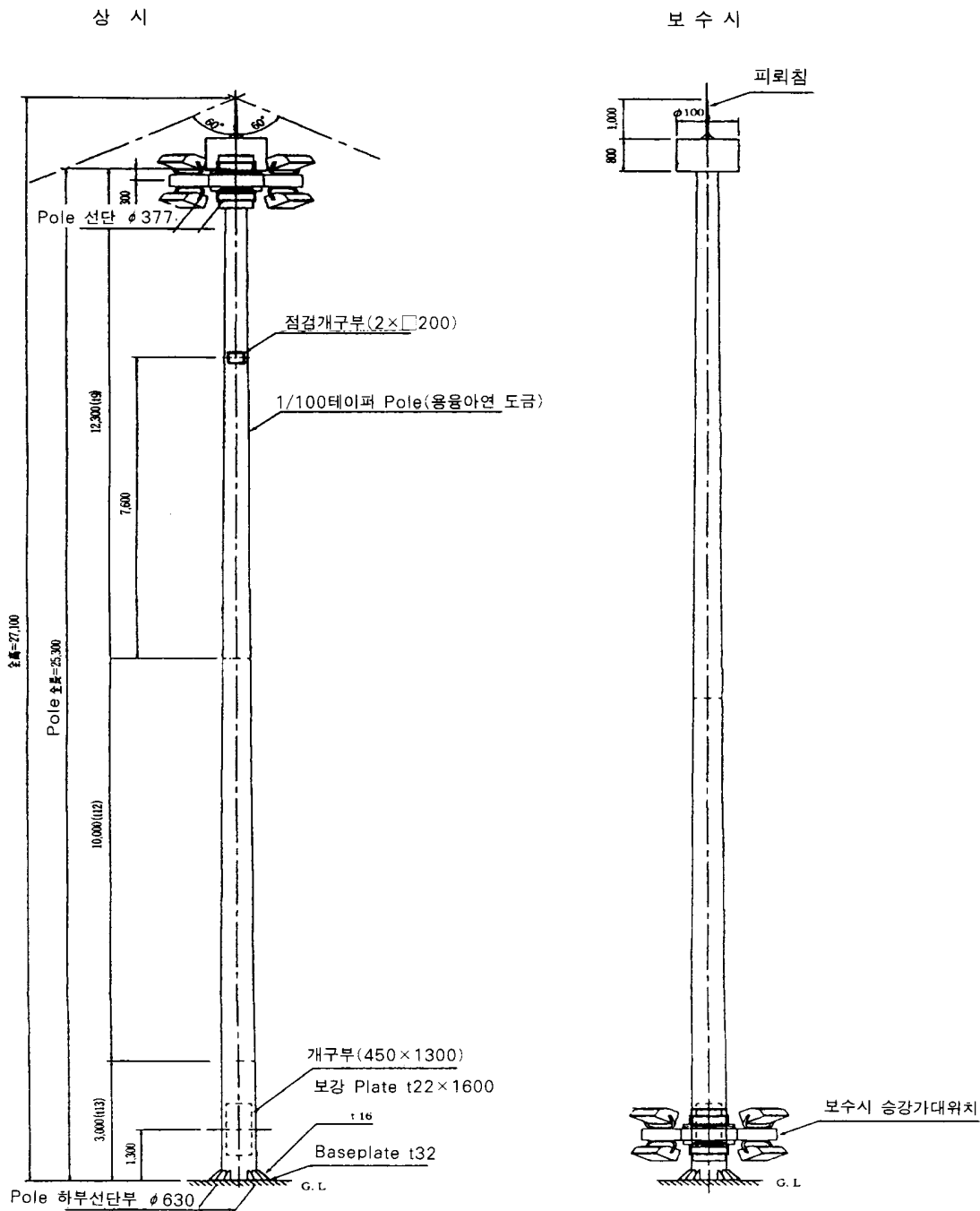
배광은 어느 것이나 축대칭에 가까운 특성을 갖고 있으므로 각각의 목적에 따라서 선정할 필요가 있다.

(2) 기구의 구조

기구의 구조는 램프의 교환, 보수, 점검이 용이하고 위험이 없는 것이어야 하며, 安定기, 내부배선 등은 온도상승에 견디는 것이어야 한다.

대합실 등과 같이 사람이 휴식을 하는 곳에서는 건물에 조화된 구조의 선택도 중요하다.

또 부식 가스발생에 의한 기구의 부식이 고려되는 상옥 등에 있어서는 부식을 고려하여야 한다.



도참(15-6) High Pole式 照明例(昇降式-滑動車付 Balance Weight 方式)

(3) 屋内照明方法

① 천정에서 조명하는 방법

이 방법을 대별하면 다음 3가지가 있다.

가. 천정에 직접 부착하는 방법

나. 천정에 매입하는 방법

다. 천정에 달아 내리는(매달림) 방법

천정에 직접 부착하는 방법은 조명기구를 천정에 직접 부착하는 것으로 다른 방법에 비해 경제적이
며, 또 施工이 용이하다.

천정에 매입하는 방법은 천정에 조명기구를 매입하는 방법으로 천정에 직접 부착하는 방법에 비해
경제적으로는 불리하지만 미관을 중시하는 대합실, 도로 등에 적합하다.

천정에 달아 내리는(매달림)방법은 다른 기구에 의해 천정에서 조명기구를 달아 내리는 것이므로 천
정이 높은 상옥, 창고 등에 적합하다.

② 투광조명방법

일반적인 창고, 상옥에서는 적화물로 그늘이 생겨 작업에 영향을 주므로 적합하지 않다.

(4) 조명제어

에너지 절약과 편리성을 위해 Time, Group, 개별제어 및 감시, 기록 기능이 가능하도록 한다.

15-5-5 조명설계

조명설계에 있어서는 조명설비의 設置장소에 따라서 다음의 사항을 고려하고, 적절한 조명방법, 광원,
기구를 선정하고, 등기구의 배치를 정하여야 한다.

그리고 이들의 설비 중에 해상에 영향을 미치는 것은 부근의 船舶항행에 지장을 주지 않도록 배려하
여야 한다.

(1) 기준조도

(2) 照度分布

(3) 글레어(눈부심)

(4) 光色 및 演色性

(5) 등기구

(6) 조도계산방법

[해 설]

(1) 灯具의 設置

조명설계에 있어서는 조명방법, 조명分布, 조명기구에서의 글레어, 광원의 연색성 등에 대해서 檢討를 하
고 본편 15-5-2의 기준조도를 충분히 滿足할 수 있는 등기구의 배치가 필요하다.

(2) 조도分布

빛을 받는 면의 照度分布가 불량한 경우에는 여객이나 작업원에 불쾌한 인상을 줄 뿐만 아니라 어두워서
보기 어려운 부분이 있다.

이와 같은 경우 작업능률의 저하나 사고가 일어나기 쉽다.

이 때문에 다음사항에 유의해서 조도설계를 해야 한다.

① 조도기구의 設置間격과 높이의 비를 적절히 해서 양호한 照度分布가 되도록 배려한다.

② 조명기구가 생물이나 적화물로 그늘이 되는 경우에는 보조조명을 設置하도록 한다.

(3) 글레어(눈부심)

과잉의 밝기나 과잉의 밝은 것들 때문에 불쾌감이나 시각의 저하를 일으키는 것과 같은 눈부심을 글레어라고 하며, 부두의 조명은 조명범위가 넓고, 휘도 대비가 크다는 특수성을 지니고 있으나 선박, 여객, 작업원의 글레어(눈부심)현상을 최소화하기 위해 설계 및 시공시 조명시물레이션을 통하여 관원, 조명기구 루버, 조명 갓, 설치장소, 빛의 각도 등을 선정한다.

조명설비의 글레어는 「船舶에 영향 주는 글레어」 「여객, 작업원에 영향 주는 글레어」의 두 가지로 나누어진다.

① 船舶에 영향 주는 글레어

船舶승무원이나 파일럿이 글레어를 받으면 선로표식이나 정박하고 있는 船舶을 식별하기 어렵게 되어 조작을 잘못하여 다른 船舶, 岸壁등에 접촉, 충돌 등의 사고를 일으키는 수가 있다.

따라서 船舶항행의 안전을 확보하기 위해 조명기구의 배광, 設置위치 등에 대하여 배려할 필요가 있다.

② 여객, 작업원에 영향 주는 글레어

여객, 작업원등이 글레어를 받으면 화물, 짐꼬리표, 장해물 등이 보기 어렵게 되어 작업효율의 저하, 피로 등의 원인이 된다.

따라서 여객, 작업원의 시선높이와 조명기구와의 상호관계를 충분히 고려해서 빛이 직접 눈에 들어오지 않도록 배려한다.

(4) 光色 및 演色性

물체의 색이 보임을 정하는 것이 연색성이므로, 광원 선정시 설치장소와 업무특성을 고려하여야 하며, 특히 색을 중시하는 장소에는 주광에 근사한 광원을 선정한다.

(5) 등기구

등기구는 사용 장소와 목적에 따라 적합한 것으로 선정하며, 에프론 및 야드 지역은 선박항해사와 작업자에게 광원이 직접 시야에 들어오지 않도록 등기구 선정과 배치를 고려한다.

(6) 照明計算方法

照度を 구하는 계산방법은 光束法과 逐点法이 있다.

光束法은 비교적 간단한 數式으로 표시하고 있기 때문에 필요한 조명기구 대수를 산출하는데 사용되고 있다.

逐点法은 特定点의 照度を 정확히 계산할 수 있다. 따라서 逐点法은 光束法으로 구한 照度が 個個의 点으로 어느 정도의 照度인가를 구할 수 있고, 照度の 均齊度 등을 검토할 경우에 쓰여 지고 있다.

[참 고]

(1) 光束法에 의한 계산방법

光束法에 의한 조명계산은 식(참15-3)에 의해 조명할 구역의 平均照度を 구할 수 있다.

$$\text{平均照度 } E = \frac{N \cdot F \cdot U \cdot M}{A} \quad (\text{참15-3})$$

여기서,

E : 平均照度(lx)

N : 조명기구의 台數(台)

F : 光源 1台當 全光束(lm)
 U : 照明率([참고] (3)을 참조)
 M : 補修率([참고] (4)를 참조)
 A : 被照面의 면적(m²)

(2) 逐点法에 의한 계산방법

조명설계에 있어서 照度の 均齊度를 구하는 데는 逐点法을 사용하여야 한다.

逐点法은 우선 조명할 범위를 矩形的 格子狀으로 분할하고, 각분할범위의 中心에서 照度を 계산한다.

光源L에 의한, 어느 面上의 点 p에 있어서 直射水平面照度 E_h 는 식(참15-4)로 표시한다.(도참(15-7) 참조)

$$E_h = \frac{I_\theta \cdot \cos \theta}{\ell^2} \quad (\text{참15-4})$$

여기서,

E_h : P점에 있어서 直射水平面照度(lx)
 I_θ : θ 방향의 光度(cd)
 ℓ : 광원에서 그 점까지의 거리(m)
 θ : 입사각(°)

분할형상은 정방형에 가까운 편이 바람직해서
 其의 縱橫比는 0.5~2.0으로 한다.

格子 一邊의 最大值(p)는 식(참15-5) 중에 적
 은 편으로 한다.

$$P \leq 0.2 \times 5^{\log d}, \quad P = 10 \quad (\text{참15-5})$$

여기서,

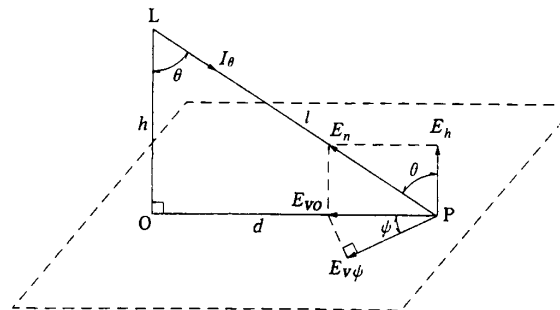
d : 계산범위의 幅(m)
 p : 分割의 最大值(m)

또한, 均齊度(E_{av})는 平均照度에 대한 最小照
 度이고 이 경우의 平均 照度는 식(참15-6)로
 구한다.

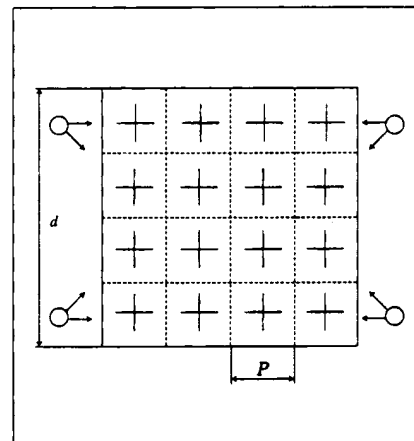
$$E_{av} = \frac{E_1 + E_2 + \dots + E_n}{n} \quad (\text{참15-6})$$

여기서,

n : 計算個所의 數
 E_n : n 번째 분할범위의 中心照度



도참(15-7) P점에 있어서 水平面 照度



도참(15-8) 조명범위의 格子形分割

(3) 照明率

照明率이란 조명기구 중 光源의 全光束 중에 被照面에 도달하는 光束의 率을 말한다.

屋內照明에 있어서 照明率은 조명기구의 효율, 被照面面積, 上屋의 형상, 실내각부의 반사율에 의하여 틀
 리므로 조명계산을 하는 경우 이들을 고려할 필요가 있다.

屋外照明에 있어서 조명율은 조명기구의 효율과 被照面面積에 의해 산출할 수가 있다.

실제상의 값은 0.2~0.5로 보통 0.4를 사용하면 좋다.

(4) 補修率

보수율이란 일정시간을 경과한 조명설비의 照度を 初期照度로 나눈 값을 말한다.

조명기구 내 光源의 全光束은 초기의 단계가 가장 크고, 점등시간의 경과로 차차 적게 된다.

또한 조명기구가 더러워지면서도 적게 된다.

설계에 쓰이는 보수율은 기준조도를 확보하는 照度を 유지하는데 필요한 Lamp의 교환과 조명기구의 청소를 적절히 하는 것을 前提條件으로 하고 결정된다.

보수율(M)은 식(참15-7)에 의하여 산정할 수 있다.

$$M = M_a \cdot M_f \cdot M_d \cdot M_w \quad (\text{참15-7})$$

여기서,

M_a : 光源의 光束維持率

M_f : 光源의 殘存率

M_d : 光源 또는 조명기구의 더러워짐에 의한 부분보수율

M_w : 室内面에 의한 부분보수율

이중에 光源의 光束維持率 M_a 및 光源의 殘存率 M_f 는 光源自身の 特性에 의하여 결정되는 것이므로 이것을 하나로 모아서 「光源의 設計光束 維持率 M_ℓ 」이라고 부르기도 하고, 光源 및 조명기구의 더러워짐에 의한 부분보수율을 「조명기구의 設計光束 維持率 M_d 」라고 부르기도 한다.

옥내에서 실내면의 더러워짐, 退色등에 의하여 실내면의 반사율이 저하되고 相互反射 成分의 照度が 저하된다.

그러나 이에 의한 조도저하의 비율은 光源 또는 조명기구에 기인하는 照度低下의 비율에 비하여 상당히 적으므로 고려하지 않는다.

따라서 보수율(M)은 식(참15-8)에 의해 산정할 수가 있다.

$$M = M_\ell \cdot M_d \quad (\text{참15-8})$$

여기서,

M_ℓ : 光源의 設計光束 維持率

M_d : 조명기구의 設計光束 維持率

光源 및 조명기구의 종류별 청소간격을 1년으로 했을 때의 표준적인 보수율은 표참(15-6)과 같다.

표참(15-6) 標準的補修率

고압 Natrium Lamp(NH) 10,000時間 螢光 Lamp(FL) 8,000時間
형광수은 Lamp(HF)) 10,000時間 백열전구(LW) 1,000時間
메탈하라이드 Lamp(M) 7,000時間
메탈하라이드 Lamp(ML) 6,000時間

정소기간 : 1년, 교환시간

< 屋 内 >

照 明 器 具 の 種 類	光源의 種類	高 壓 ナトリウム(NH)			螢光水銀 램프(HF)			메탈하라이드 램프(M)			螢光 Lamp(FL)			白熱電球(LW)		
		양호	보통	불량	양호	보통	불량	양호	보통	불량	양호	보통	불량	양호	보통	불량
I ₁	노 출 형	0.86	0.83	0.79	0.81	0.78	0.74	0.72	0.69	0.66	0.56	0.54	0.51	0.91	0.88	0.84
		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
I ₂	下面開放形	0.79	0.75	0.66	0.74	0.70	0.62	0.66	0.62	0.55	0.51	0.48	0.43	0.74	0.70	0.70
I ₃	簡易密閉形 (下面커버付)	0.75	0.70	0.66	0.70	0.66	0.625	0.62	0.58	0.55	0.48	0.45	0.43	0.70	0.66	0.70
I ₄	安全密閉形 (백경付)	0.83	0.79	0.75	0.78	0.74	0.70	0.69	0.66	0.62	0.54	0.51	0.48	0.78	0.74	0.79

< 屋 外 >

照 明 器 具 の 種 類	光源의 種類	高 壓 ナトリウム(NH)			螢光水銀 램프(HF)			메탈하라이드 램프(M)			螢光 Lamp(FL)			白熱電球(LW)		
		양호	보통	불량	양호	보통	불량	양호	보통	불량	양호	보통	불량	양호	보통	불량
O ₁	노 출 형	0.86	0.83	0.79	0.81	0.78	0.74	0.72	0.69	0.66	0.56	0.54	0.51	0.81	0.78	0.84
O ₂	下面開放形	0.79	0.75	0.66	0.74	0.70	0.62	0.66	0.62	0.55	0.51	0.48	0.43	0.74	0.70	0.70
O ₃	簡易密閉形 (下面커버付)	0.79	0.75	0.70	0.74	0.70	0.66	0.66	0.62	0.58	0.51	0.48	0.45	-	-	-
		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.70	0.66	0.74
O ₄	安全密閉形 (백경付)	0.83	0.79	0.75	0.78	0.74	0.70	0.69	0.66	0.62	0.54	0.51	0.48	0.78	0.74	0.79

15-5-6 유지관리

[1] 점 검

(1) 조명설비는 다음 사항에 있어서 6개월에 1회 이상 정기점검을 하여야 한다.

- ① 점등상황
- ② 기기류의 손실, 파손상황
- ③ 도장의 박리상황

(2) 조도측정은 각시설의 대표적인 장소에 있어서 측점을 수 개소 선정하고, 년 1회 이상 측정하여야 한다.

[참 고]

(1) 점검의 빈도

점검의 빈도는 조명기구는 종류, 설치장소, 기상 및 해상 등의 조건을 고려하여 설정하나, 점검항목에 의하여 다음과 같은 기간 내에 실시하는 것이 바람직하다.

- ① 점등상황 1월
- ② 기타 점검항목 1년

(2) 조도측정의 측점

기준조도는 평균조도의 최저치로 결정되어 있고, 이것을 확인하는 데는 번잡한 작업이 따르므로 조도측정의 측점을 미리 수 개소 선정하여 두고 이 측점의 조도를 측정하여 조도의 변화를 확인한다.

(3) 조도측정의 빈도

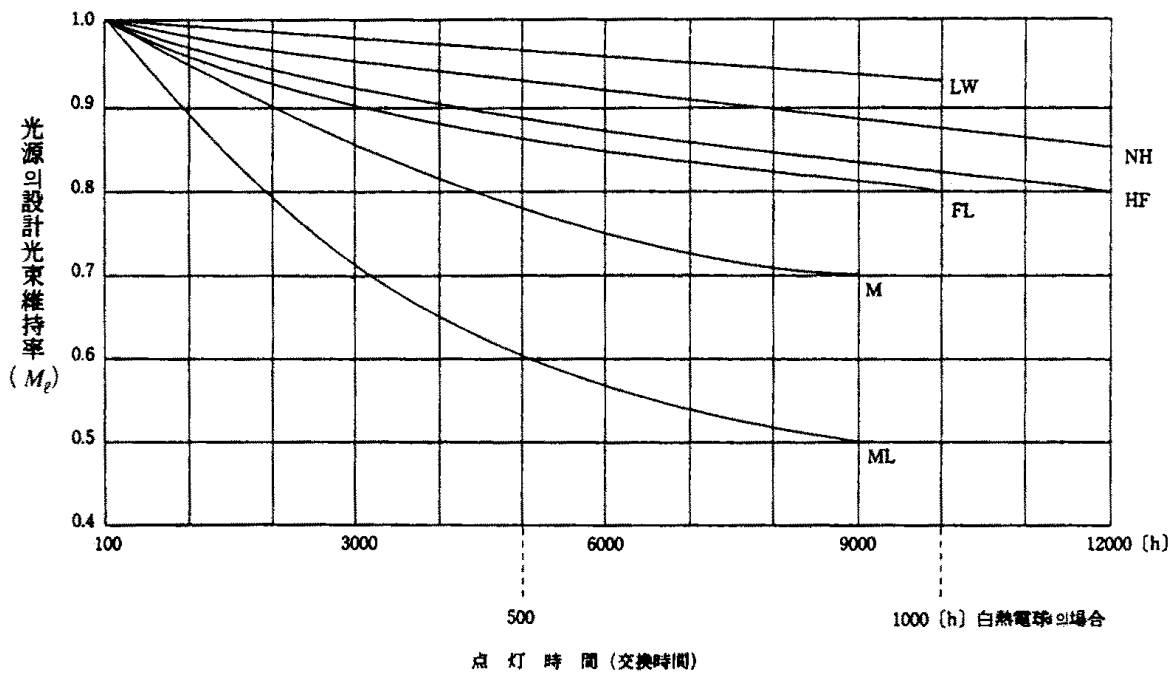
조도측정의 빈도는 시설의 중요성 및 점등 시간의 길이 등에 의하여 나타나는 기간내에 실시하는 것이 바람직하다.

- ① 점등시간이 길고 중요한 시설 6월
- ② 기타의 시설 1년

(4) 光束의 감퇴(減退)

光源은 점등시간이 경과되면서 光束이 減退하므로 光源이 設計光束을 下回하는 경우에는 Lamp를 교환할 필요가 있다.

각 Lamp의 점등시간과 光束의 유지율(점등시간 경과시의 光束값/初光束값, 100시간값)을 나타낸 것이 도참(15-9)이다.



- NH : 고압 Natrium Lamp (外部始動器形 및 始動器內藏形)
- HF : 형광수은 Lamp
- M : 메탈할라이드 Lamp
- ML : 메탈할라이드 Lamp (低始動 전압형)
- FL : 형광 Lamp
- LW : 일반조명용백열전구

도참(15-9) 光源의 設計光束維持率

[2] 청소 및 보수

(1) 청 소

등구 내외면의 오염은 로면의 조도가 떨어지므로 그 목시점검결과, 또는 조도측정 결과에 따라 청소를 행한다.

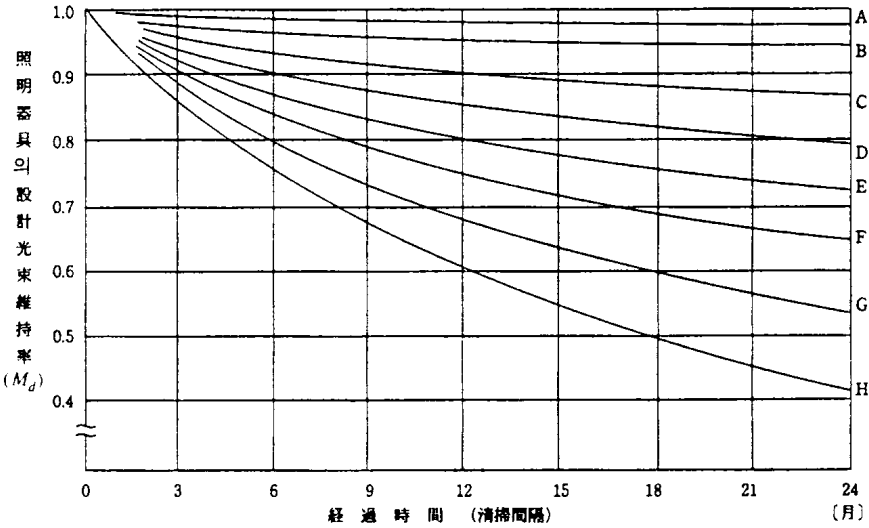
(2) 보 수

점검에서 불량개소를 발견할 경우는 보수를 실시한다.

[참 고]

- (1) 점검에 의해 조명시설의 손상, 불점등, 등구의 오염등을 발견하였을 때는 보수 또는 청소를 실시하여 조명기능을 충분히 발휘할 수 있도록 할 필요가 있다.
- (2) 염해에 의한 부식을 특히 유의하고 도장의 박리(剝離)시에는 보수를 빨리할 필요가 있다.
- (3) 배선의 절연불량 및 배선기기의 제어기능의 불량은 조명등이 켜지지 않기 때문에 그 원인을 규명하여 보수한다.
- (4) 조명설비가 완성되었을 때는 기록대장을 작성하고 등구, 지주, 배전기 등 구조, 또는 支柱의 관리번호 등을 기록하면 장래 유지관리를 하는 경우 중요한 자료가 된다. 청소 및 보수를 할 경우도 기록을 하면 좋다.

(5) 조명기구의 광속은 조명설비를 사용하면서부터 시간이 경과함에 따라 조명기구의 오염에 의해 저하한다. 오염에 의한 光束의 저하가 설계광속 이하로 되지 않도록 기구는 청소할 필요가 있다. 조명기구의 오염에 의한 설계광속의 저하율(설계광속유지율)을 도참(15-10)에 설계광속의 저하에 미치는 조명기구의 종류와 주위환경과의 조합은 표참(15-7)와 같다.



도참(15-10) 조명기구의 설계광속유지율

표참(15-7) 조명기구의 종류와 주위환경과의 조합

照明器具의 種類 周圍環境	露出形		下面開放形		簡易密閉形(下面커버付)			完全密閉形		
	屋 內		屋 外	屋 內	屋 外	屋 內	屋 外		屋 內	屋 外
	 (HD) (電球)	 	 	 	 	  			 	 
좋다	A	C	A	C	C	D	D	C	B	B
보통	B	D	B	D	D	E	E	D	C	C
나쁘다	C	F	C	F	F	F	F	E	D	D

주) (1) 터널등 현저히 오염이 예상되는 장소에는 F~H의 곡선을 사용하는 것이 바람직하다.
(2) 조명기구의 그림은 일례를 나타낸 것이다.

15-6 기타 부속설비

15-6-1 계단과 사다리

안벽에는 소형선에서 승강을 위해, 계단과 사다리를 적절히 설치하여야 한다.

[참 고]

- (1) 부두뜰 위의 본선하역에 장애가 되지 않도록 계단은 될 수 있는 대로 안벽의 선단이나 연결부에 배치한다. 계단은 사다리와 달라서 항만하역과 관계가 적은 사람들의 승강이나 소화물을 싣고 부리는 데도 쓰이므로 안전하게 이용할 수 있는 구조로 해야 한다.
- (2) 계단의 폭은 0.7m이면 충분하다. 1단의 높이는 20cm, 안길이는 30cm를 표준으로 하며, 콘크리트 계단은 표면을 거칠게 하고 모서리는 쇠로 보강한다. 화강암으로 하면 내구성은 크지만 비싸다.
- (3) 계단의 층계소단은 H.W.L 보다 30cm정도 위에 설치하는 것이 좋다. 간만차가 큰 곳에서는 H.W.L보다 아래에도 층계소단이 필요하다. 층계소단의 길이는 보통 1.5m정도이면 된다.
- (4) 사다리를 본선 안벽에 설치할 때에는 선박의 계류에 방해가 되지 않도록 선석과 선석의 접속부의 계선주 설치개소에 배치하는 것이 좋다. 사다리 설치위치의 안벽 상부공은 폭 75cm, 길이 30cm정도 잘라내고, 사다리는 상치콘크리트보다 20cm정도 떨어져서 설치한다. 또 미끄러지지 않게 사다리의 안쪽으로 경사를 붙이고 배수를 위하여 외쪽경사로 물구멍을 둔다.
- (5) 사다리의 단은 폭 45cm, 단간격 30cm를 표준으로 하고, 그 하단은 L.W.L보다 아래에 둔다. 난간은 안벽 마루 위 30cm, 기준선 내측에 45cm까지 연장하는 것이 좋다.
- (6) 사다리의 설계하중으로는 사다리 길이 1m에 대해 연직과 수평방향으로 1N{100kg}을 고려한다. 연결쇠붙이는 특히 튼튼하게 만들어 사다리의 파손, 부식 등의 경우에는 간단히 수리할 수 있도록 해야 한다.
- (7) 계단과 사다리의 내려가는 통로의 부두뜰, 차막이 등에 의해 하역기계 등으로부터 보호되어야 한다. 또 소형선 계류용의 계선주, 계선환을 설치해야 한다.

제 16 장 부두뜰

16-1 설계의 기본방침

- (1) 계류시설의 범선과 그 배후의 상옥 및 야적장 등과의 사이에는 화물을 싣고 내리기 위한 가치, 화물의 반출입, 하역을 위한 차량의 走行 등이 안전하고 원활히 행하여지도록 부두뜰을 설치한다.
- (2) 부두뜰은 하역이 안전하고 원활히 행하여지도록 적절한 면적을 유지하여야 한다.

〔해설〕

안벽, 잔교 또는 물양장의 상면을 부두뜰이라 한다. 또, 부두뜰은 하역 또는 차량의 주행을 안전하고 용이하게 하기 위하여 포장을 한다.

16-2 부두뜰의 형상

16-2-1 폭 원

부두뜰의 폭은 계류시설의 규모, 이용형태, 배후의 상옥 또는 창고의 구조, 이용형태 등에 따라서 안전하고 원활한 하역이 이루어지도록 적절한 폭으로 설계되어야 한다.

〔참고〕

- (1) 현재 일반적인 안벽에는 표준적으로 표참(16-1)의 수치가 쓰여 지고 있다.

표참(16-1) 부두뜰의 폭 표준치

선석 수심(m)	부두뜰 폭원(m)
~4.5 미만	10~20
4.5이상 7.5 미만	15~25
7.5이상~	20~30

- (2) 잡화부두에 있어서는 일반적으로 크레인을 위한 공간, 가치공간, 화물적재공간, 교통로 등을 고려한다. 배후에 상옥이 있고, Forklift를 사용하는 경우는 15~20m이상, 배후가 도로, 야적장에 접하고 부두뜰에 트럭을 타고 들어가 선박과 직접 화물을 싣고 내리는 경우는 10~15m이상으로 하는 것이 바람직하다.

16-2-2 경사

부두뜰의 횡단경사는 강우강도, 또는 배후의 이용상황 등을 감안하여 하역에 지장이 없는 적절한 경사로 하여야 한다.

[해설]

부두뜰은 하역이 행하여지는 곳이고, 배후지의 이용상황 등과도 관계가 깊으므로 횡단경사는 이 점들을 고려해서 결정할 필요가 있다.

[참고]

- (1) 일반적인 예로는 해측에 향해서 1~2%로 내리경사를 붙이나, 물양장에서나 적설이 있는 곳에서는 제설이 용이하도록 비교적 급경사로 하고 있는 경우가 많으며, 특히 부두뜰의 이용상태, 환경측면 등에 의해 역경사로 한 예도 있다.
- (2) 배면 매립지가 침하해서 역구배로 되는 경우도 있으므로 시공시는 세심한 주의를 할 필요가 있다.

16-2-3 포장형식 선정

포장형식은 노상 이하의 토질의 상태, 주변의 포장상황, 하역형식, 경제성, 시공성, 유지관리 등을 고려하여 종합적으로 판단·결정한다.

[해설]

포장구조의 형식은 크게 나누어서 콘크리트 포장, 아스팔트 포장 등이 있으며, 아스팔트 포장에는 일반 밀입도(密粒度) 아스팔트 포장, 구스 아스팔트 포장, 개질 아스팔트 포장 등이 있고, 콘크리트 포장에는 무근 콘크리트 포장, 철근 콘크리트 포장, 연속철근(連續鐵筋) 콘크리트 포장, 프리캐스트 포장, 프리스트레스트 포장, 블록 포장 등이 있다. 그리고 기타 특수기능을 갖는 것으로서 투수 포장, 착색 포장 등이 있다.

[참고]

- (1) 철근콘크리트 포장은 콘크리트 슬래브에 철근을 배근하여 균열(Crack) 및 파손을 예방하고 기초지반이 균등한 하중전달을 하도록 하는 것이다. 철근콘크리트 포장은 무근콘크리트 포장보다도 더큰 강도를 기대할 수는 있으나, 일반적으로 슬래브두께는 감소되지 않는다.
- (2) 연속철근콘크리트 포장은 연속하는 종방향 철근을 사용하여 콘크리트판의 모든 횡방향 균열을 전 구간에 걸쳐 균등하게 분산시켜서 개개의 균열폭을 미세하게 발생토록 한 것으로서 슬래브두께는 무근콘크리트 포장의 80~90%로 하는 것이 많다.
- (3) 프리스트레스트 콘크리트 포장은 콘크리트 슬래브에 미리 프리스트레스를 주어 슬래브에 생기는 인장응력을 경감하고 구조적으로 보강하는 것이다.
- (4) ILB(Inter-Locking Block) 포장은 블록 포장의 일종으로 단형 블록 대신에 고강도콘크리트 제품의 포장용 이형블록을 사용하여 서로 연결 및 결합되어 작용토록 한 것으로서 이 공법은 블록끼리 맞물리게 하여 포장면의 변형을 적게 한다는 특징을 갖고 있고 외국에서는 항만의 부두뜰에도 많이 사용되고 있다.
- (5) 잔교슬래브에는 보통 교통하중에 대한 평탄한 주행면을 확보함과 동시에 하중에 의한 마모에 저항하는 포장을 설계한다. 포장의 구성은 잔교슬래브에 직접 콘크리트 판을 설치하거나 아스팔트 포장의 경우는 표층을 설계한다.
- (6) 콘크리트 포장의 경우 포장부분을 잔교슬래브의 콘크리트와 일체로 타설하고 상면을 마무리하는 1층식과 잔교 슬래브의 콘크리트가 경화한 후에 포장부분의 콘크리트를 시공하는 2층식이 있다.
1층식의 경우는 표면의 마감에 주의하여 시공하고 2층식의 경우는 포장부에 균열의 발생에 주의하여야 한다.

16-3 부두뜰의 침하대책

부두뜰은 하부 매립토의 흡출, 또는 압밀 등에 의한 침하의 발생에 대하여 하역 또는 차량의 주행 등에 지장이 없도록 적절한 대책을 강구하여야 한다.

[해설]

- (1) 부두뜰 포장은 일반적인 경우, 노상이하 심도에 있어서 압밀침하의 위험이 있고, 노상이하의 심도일부를 구성하는 매립토사가 안벽이음에서 흡출되거나 뒷채움 재료가 압축되어 침하를 일으키는 예도 많이 있으며, 포장파괴의 주원인이 이러한 침하라고 생각되는 예도 많이 나타난다. 따라서 이 노상이하 심도의 침하에 대한 흡출방지공이나 뒷채움재의 다짐 등을 고려 할 필요가 있다. 경우에 따라 일시적인 포장을 하고, 침하가 끝나는 것을 기다려 본격적인 포장을 실시하거나 보수 가능한 Block 포장으로 하는 것도 고려 할 수 있다.
- (2) 부두뜰에 침하가 발생하여 하역 또는 차량의 주행에 지장이 발생한 경우는 솟아오른 포장 등을 보수하여야 한다.
- (3) 노상체가 되는 성토부분이 조위의 영향을 받아 침수하는 위험이 있는 경우는 설계 및 시공상의 철저한 주의를 기하여야 한다.

16-4 하중조건

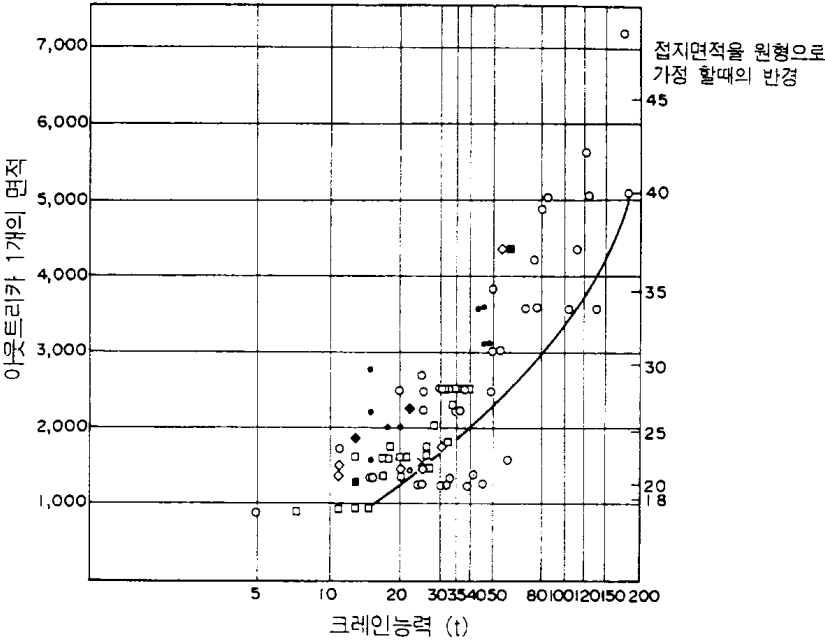
포장의 구조검토에 있어서, 설계하중은 취급화물의 종류, 하역의 형태 등에 따라서 트럭, 트럭크레인, Forklift트럭, 스트래들 캐리어 등의 하중 및 접지면적을 감안하여 포장두께가 최대가 되도록 설정하여야 한다.

[참고]

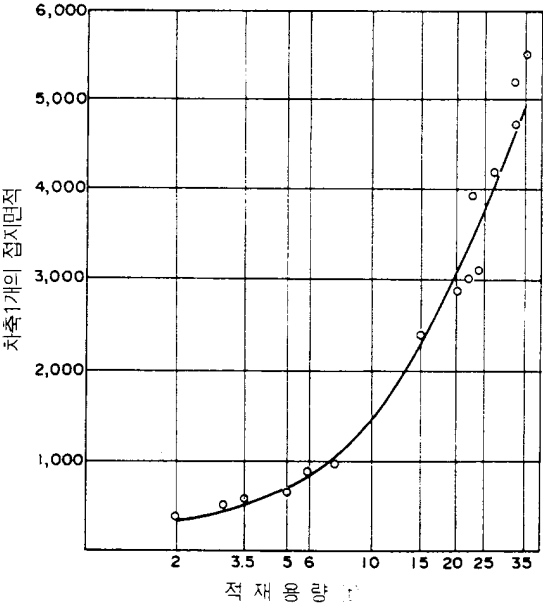
- (1) 부두뜰 포장에 작용하는 하중의 종류는 표참(16-2)에 나타나는 것을 참고로 해도 좋다.
- (2) 부두뜰포장에 작용하는 하중은 안벽 또는 물양장의 취급화물 종류나 하역형식에 따라 달라지며, 일반적으로 부두뜰위를 자동차, 하역기계등의 주행하중외 이동식크레인의 아웃트리거(Outrigger) 하중과 같은 큰 정하중이 작용하므로 시멘트 콘크리트에 의한 포장이 많다.
- (3) 표참(16-2)는 대표적인 하중조건을 표시하였고 설계하중 결정에는 이 표를 이용한다. 또한 아웃트리거는 트럭 크레인일 때 적용되며, 차륜 1개당 단차륜 또는 복차륜(타이어가 횡방향으로 2개 연결된 것)을 의미한다. 최대하중이 표참(16-2)와 맞는 수치가 아닐 때는 가장 가까운 수치로서 최대하중보다 큰 것을 설계하중으로 한다.
- (4) 접지면적은 도참(16-1), 도참(16-2) 및 도참(16-3)에서 구한다. 트럭일 때 보통 인정되는 값은 車輪接地길이 20cm 後輪輪帶幅 50cm이고, 트랙타 트레일러는 트럭과 같이 보며 트랜스퍼 크레인의 접지면적은 차륜 1개의 최대荷重과 접지면적의 관계를 나타내는 도참(16-3)을 사용하고 스트래들 캐리어의 접지면적은 실측치에 기준한다.

표참(16-2) 荷重條件

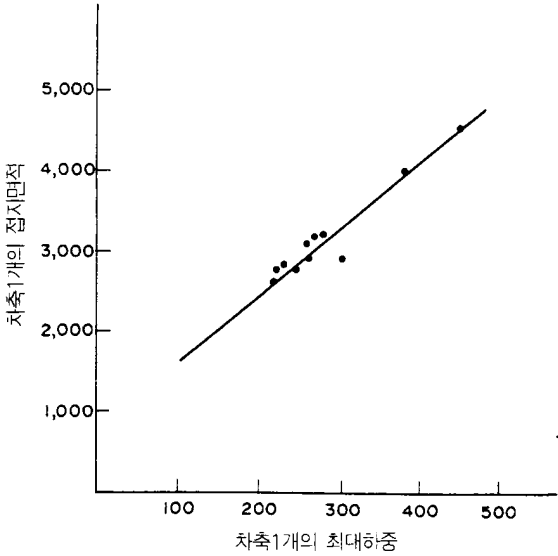
荷重의 종류		outrigger 1개 또는 차륜 1개의 최대荷重 (kN {t})	outrigger 1개 또는 차륜 1개의 접지면적(cm ²)	접 지 압 N/cm ² {kgf/cm ² }
트럭크레인	20형	200 {20}	1,250	160 {16.0}
	25형	250 {25}	1,500	167 {16.7}
	30형	290 {30}	1,700	171 {17.2}
	40형	390 {40}	2,000	195 {20.0}
	50형	490 {50}	2,300	213 {21.7}
	80형	740 {75}	2,850	260 {26.3}
	100형	900 {92}	3,400	265 {27.1}
	120형	1,060 {108}	3,850	275 {28.1}
	150형	1,310 {134}	4,500	291 {29.8}
트럭	T-25	100 {9.8}	1,000	100 {9.8}
트랙타 트레일러	20ft용	50 {5}	1,000	50 {5.0}
	40ft용	50 {5}	1,000	50 {5.0}
	40ft야드전용	70 {7}	1,000	70 {7.0}
Forklift트럭	2t	25 {2.5}	300	83 {8.3}
	3.5t	45 {4.5}	500	90 {9.0}
	6t	70 {7.0}	800	88 {8.8}
	10t	110 {11.0}	1,400	79 {7.9}
	15t	170 {17.5}	2,300	74 {7.6}
	20t	240 {24.5}	3,150	76 {7.8}
	25t	300 {31.0}	3,800	79 {8.2}
	35t	440 {45.0}	5,000	88 {9.0}
트랜스퍼 크레인	20t	200 {20.0}	2,400	83 {8.3}
	25t	250 {25.0}	2,850	88 {8.8}
	30t	290 {30.0}	3,250	89 {9.2}
스트래들 캐리어		110 {11.0}	1,200	92 {9.2}



도참(16-1) 트럭크레인 및 휠(wheel)크레인의
아웃트리거 荷重과 접지면적과의 관계



도참(16-2) 포크리프트 트럭의 적재용량과
접지면적과의 관계



도참(16-3) 트랜스퍼 크레인의 차륜荷重과
접지면적과의 관계

16-5 부두뜰 콘크리트 포장의 설계

16-5-1 설계조건

포장의 설계조건은 다음사항을 고려하여야 한다.

(1) 설계하중

(2) 교통량

(3) 노상의 지지력

(4) 사용재료

(5) 기 타

[해설]

- (1) 설계하중은 대상이 되는 하중중에서 콘크리트 슬래브 두께가 최대로 되는 하중으로 한다.
- (2) 설계의 대상이 되는 포장구역의 노상에 대해서는 설계CBR 및 설계지지력계수 K_{75} 를 구한다.

16-5-2 노상의 조사 및 설계

노상은 포장층의 기초가 되는 흙의 부분으로 노상면 아래의 약 1m 두께의 층을 말하며, 노상의 지지력은 평판재하시험 또는 CBR시험에 의하여 판정한다.

[참고]

- (1) CBR시험
채취한 노상토는 19mm이상의 골재를 제외하고 현장함수비 상태로 CBR몰드에 5층으로 나누어 넣고, 각 층 56회씩 다지고, 4일간 수침 후에 CBR을 구한다. 시험은 KS F 2320(노상토의 CBR시험방법)에 준한다. 다만, 38mm이상의 골재를 제외할 경우는 현장함수비 상태로 3층으로 각층 92회씩 다진다.
- (2) 설계 CBR의 결정
현장조사 및 CBR시험의 결과로부터 균일한 포장두께로 시공할 설계구간을 결정한다. 이 구간 내에 각 지점의 CBR 중 현저히 다른 값을 제외하고, 다음 식으로 각 설계구간의 설계 CBR을 결정한다.

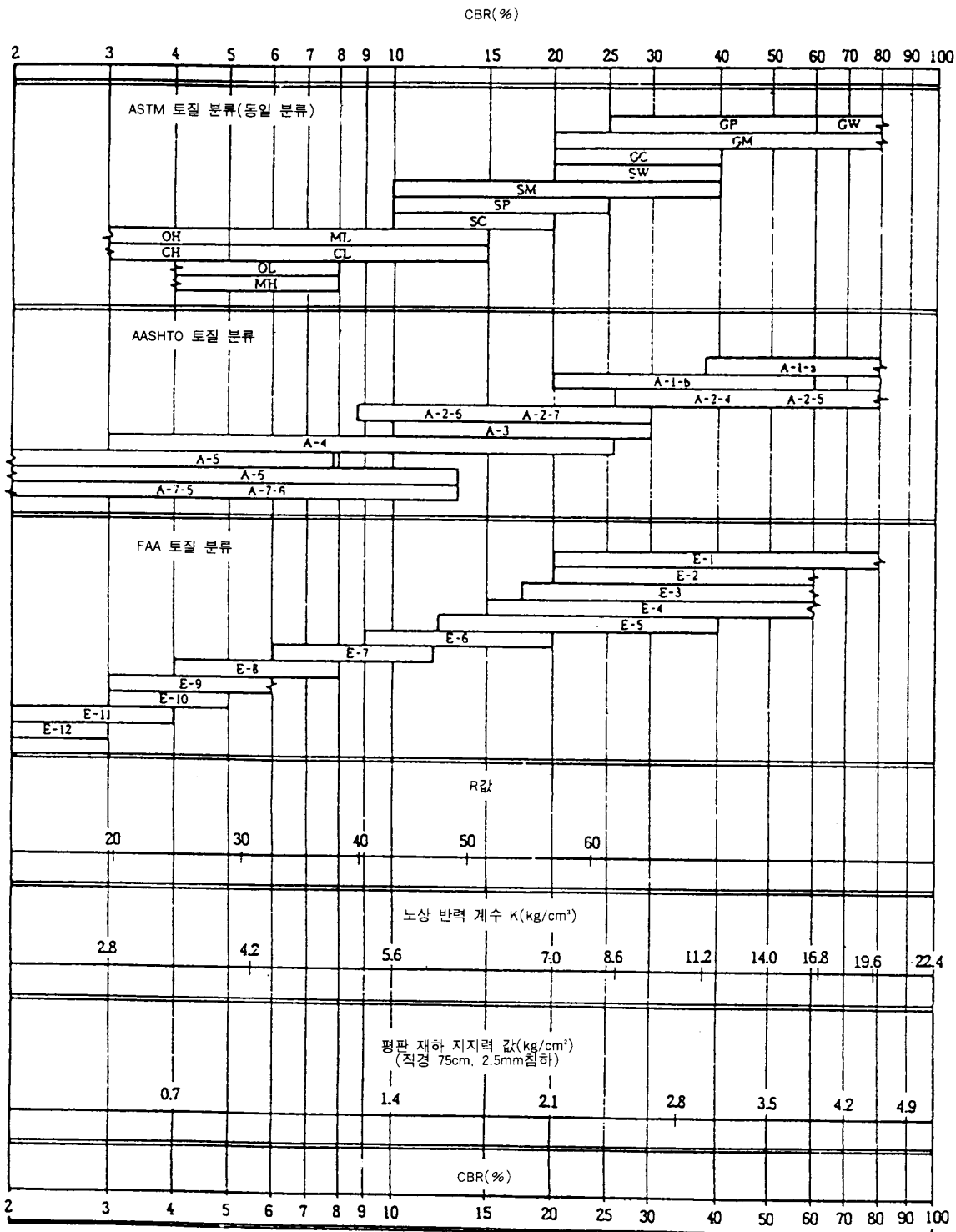
설계 CBR = 각지점의 CBR 평균치 $-(\frac{CBR_{최대치} - CBR_{최소치}}{d_2})$ (참16-1)

표참(16-3) 설계CBR 계산용 계수

개수(n)	2	3	4	5	6	7	8	9	10이상
d_2	1.41	1.91	2.24	2.48	2.67	2.83	2.96	3.08	3.18

(3) 노상토의 설계 CBR이 2 미만인 경우에는 지지력 증가를 위해 연약지반 처리를 위한 별도의 대책을 강구해야 하며, 노상이 깊이방향으로 토질이 다른 몇 개의 층을 이루고 있는 경우에는 노상면에서 깊이 1m까지의 평균 설계 CBR을 구해서 설계 CBR로 한다.

(4) 토질분류기준에 의한 CBR 및 K_{75} 의 상관관계는 다음의 도참(16-4)와 같다.



도참(16-4) 토질 분류와 노상 반력계수 상관 관계

16-5-3 보조기층 두께 설계

보조기층은 표층을 지지하거나 표층에 작용하는 교통하중을 하부로 분산시키는 역할을 수행하며, 충분한 강도와 두께를 가져야 한다. 이러한 보조기층의 두께 산정은 노상면에서의 설계 지지력을 나타내는 노상 설계 CBR 또는 노상 설계 지지력계수를 기준으로 하여 산정한다.

[참 고]

(1) (예 1) 노상의 지지력계수를 6개소에서 측정하였는데 6.8, 6.5, 5.6, 5.2, 4.5 및 4.3이었다.

노 상 의 지 지 력 계 수 $5.5 \frac{6.8 + 4.3}{2.67} = 4.5$

$\frac{\text{보조기층의 지지력계수}}{\text{노상의 지지력계수}} = \frac{20}{4.5} = 4.4$ 이므로,

보조기층 재료로 입상재료를 이용하는 것으로 한다면 도참(16-5)(a)에서 A의 화살표를 따라가면 55cm의 보조기층 두께가 필요하다.

(2) (예 2) (예 1)의 경우에 상층 보조기층에 두께 15cm의 시멘트 안정처리를 채택한다고 하면 시멘트 안정처리 층의 밑면에 필요한 지지력계수는 도참(16-5)(a)에서 세로축의 15cm에서 B의 화살표를 따라가면 $K_1/K_2=2.5$ 를 얻는다.

따라서 시멘트 안정처리층의 밑면에서 필요한 지지력은

$\frac{20}{2.5} = 8\text{kg/cm}^3$ 로 된다.

여기서 하부 보조기층에서의 지지력을,

$\frac{\text{보조기층의 지지력계수}}{\text{노상의 지지력계수}} = \frac{8}{4.5} = 1.8$ 배 하면 된다.

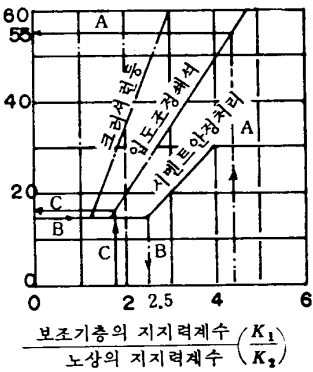
도참(16-5)(a)의 가로축의 1.8배에서 C의 화살표를 따라가면 시멘트 안정처리층의 밑에 사용할 입상 재료의 두께는 약 20cm가 된다. 따라서 입상 재료 20cm, 시멘트 안정처리 재료 15cm, 합계 35cm의 보조기층 두께로 설계하면 된다.

(3) (예 3) 노상의 설계지지력 계수가 5.0이고, 크러셔런(Crusher Run), 입도조정 쇄석, 시멘트 안정처리 보조기층 재료를 사용하여 3층으로 하고, 크러셔런 보조기층의 두께가 15cm 입도조정쇄석 보조기층의 두께를 20cm로 하면 시멘트 안정처리 보조기층은 어느 만큼의 두께가 필요한가?

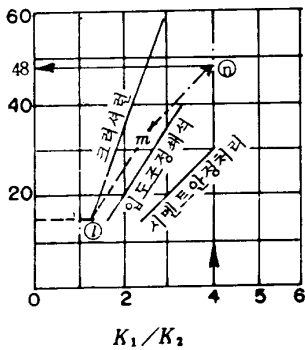
도참(16-5)(b)로 부터,

$\frac{K_1}{K_2} = \frac{2.0}{5} = 0.4$ 로 계산되고,

우선, 도참(16-5)(b)의 세로축의 15cm에서 수평선을 그어서 크러셔런 선과의 교점 ℓ로 한다. ℓ에서부터 입도조정 쇄석선은 평행선을 그어서 20cm의 두께에 해당하는 점을 m으로 한다.



(a)



(b)

도참(16-5) 보조기층 두께의 설계 곡선

다음에, m에서부터 시멘트 안정처리 선에 평행선을 그어서 $K_1 / K_2 =$ 로부터 수직선과의 교점을 n으로 한다.

n에서 수평선을 그어서 세로축과 교차하는 48cm가 구하는 보조기층 두께이다.

그런데 시멘트 안정처리 보조기층의 두께는 $48 - 20 - 15 = 13\text{cm}$ 로 계산되나 최소두께인 15cm를 사용한다.

16-5-4 동결지수(凍結指數) 및 동결심도(凍結深度)

노상토의 동결과 융해는 동결시에 나타나는 동상작용과 해빙기에 나타나는 융해작용으로 포장의 강도를 약화시켜 포장의 서비스 능력을 감소시키므로 노상토의 동상효과를 고려하고 포장층 내로 침투되는 최대 동결관입깊이를 평가하여 포장두께의 결정에 반영한다.

[참 고]

(1) 간편식

테라다(Terada)의 제안식으로 개략적인 동결깊이를 산정할 경우 편리하다. 표참(16-5)의 동결지수를 이용하여 아래 식에 의해 동결깊이를 구한다.

$$Z = C \sqrt{F} \quad (\text{참16-2})$$

여기서, Z : 동결깊이(cm)

C : 정수(표참(16-4)의 값)

F : 동결지수($^{\circ}\text{C} \cdot \text{일}$)

표참(16-4) C 값

F	100	200	300	400	500	600	700
C	3.7	4.1	4.4	4.6	4.7	4.8	4.9

포장의 설계에서 置換깊이는 위 식으로 구한 동결깊이의 70% 또는 경험치로 한다.

(2) 노상 동결관입 허용법

측후소별 지반고와 설계하려고 하는 도로지반고의 標高差에 따라 동결지수를 보정한 후, 이 동결지수로 도참(16-7)에서 동결깊이(a)를 구한다.

표고차에 의한 동결지수의 보정방법은 다음과 같다.

구하고자하는 지역의 동결지수($^{\circ}\text{F} \cdot \text{일}$)=조사 측후소의 동결지수($^{\circ}\text{F} \cdot \text{일}$)이다.

$$\pm 0.9^{\circ}\text{F} \times \text{동 결 기 간 (일)} \times \frac{\text{표 고 차 (m)}}{100} \quad (\text{참16-3})$$

다음 비동상재료 기층과 노상의 함수비 비율(r)에 따라 표층을 제외한 비동상재료층의 두께(c)를 구하고, 여기에서 치환두께를 결정한다.

[예 제]

① 동결지수 보정

서울 측후소 표고 : 85.5m

계획지점의 가장 높은 지점의 표고 : 293.1m

동결지수 : 736°F · 일

동결기간 : 61일

$$\text{보정동결지수} = \text{동결지수} \pm 0.9 \times \text{동결기간} \times \frac{\text{표고차}}{100}$$

$$= 736 + 0.9 \times 61 \times \frac{293.1 - 85.5}{100}$$

$$= 850^\circ\text{F} \cdot \text{일}$$

② 동결깊이 산정

구조설계에 의한 포장단면 : 표층 10cm, 기층 15cm, 보조기층 30cm

노상토의 함수비(W_s) : 15%보조기층의 함수비(W_b) : 7%보조기층재료의 건조단위중량(γ_d) : 2.16t/m³

보정 동결지수 : 850°F · 일(800°F · 일 이상이므로 도참(16-7)(b) 적용)

설계동결지수에 의한 전체 동결깊이(a)는 $\gamma_d=2.16\text{t/m}^3$, $\omega=7\%$ 에 해당하는 도표에서 동결지수 850의 연직선과 해당곡선이 만나는 점을 지나는 수평선상의 좌측 세로축과 만나는 점으로 125cm를 얻는다.

다음에 도참(16-8)에서 $r=W_s/W_b=15/7=2.1$

(중차량 교통량이 많은 곳에서 r값은 2.0보다 큰 경우 2.0을 사용)

노상토 속에 동결관입을 허용하지 않을 경우 필요한 최대 비동결성 입상 재료층 두께 c를 계산한다.

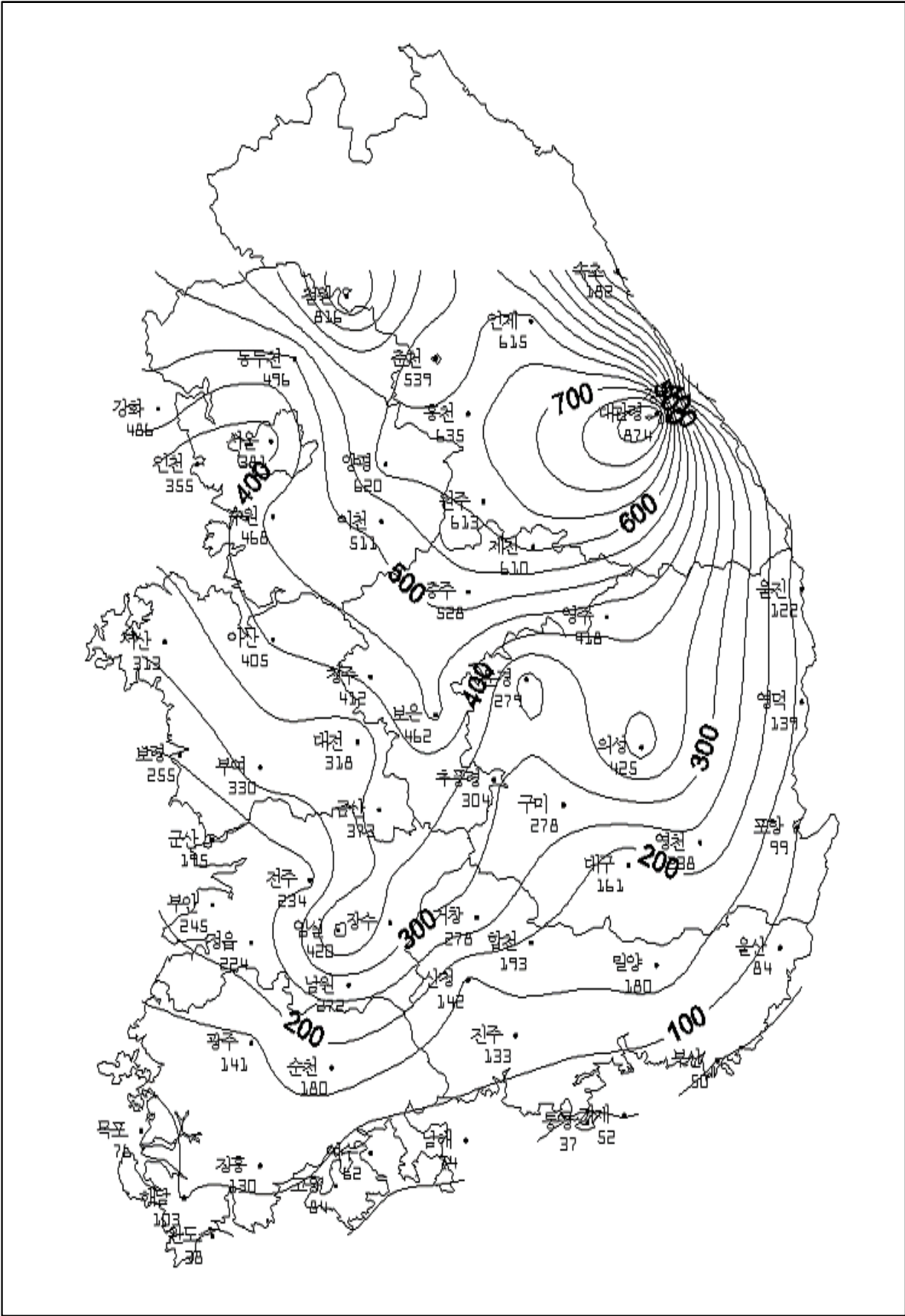
$$c=a-p$$

$$=125-25(\text{표층 } 10\text{cm}, \text{아스팔트 안정처리 기층 } 15\text{cm})$$

$$=100\text{cm}$$

c=100cm의 연직선과 r=2.0선의 만나는 점의 좌측 값 b=66cm를 얻는다.

동상방지층 두께는 비동결재료층의 두께 66cm에서 보조기층의 두께 30cm를 뺀 36cm이다. 따라서 동결 깊이는 91cm($P+b=25+66$)이다.



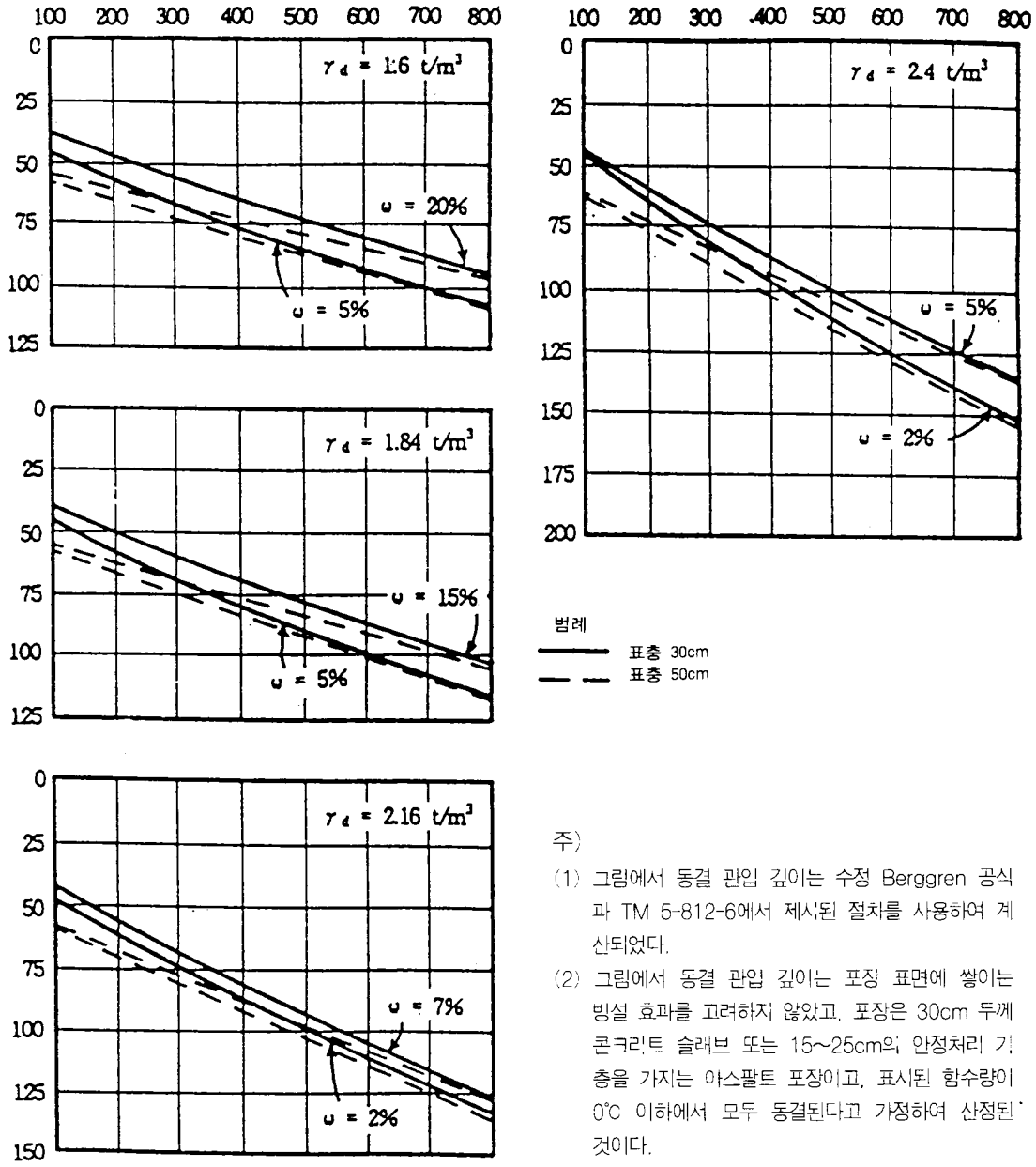
도참(16-6) 전국 동결지수 도표

표참(16-5) 측후소별 동결지수 및 동결시간

지 역	측후소 지반고(m)	동결지수 (℃·일)	동결기간 (일)	지 역	측후소 지반고(m)	동결지수 (℃·일)	동결기간 (일)
속초	17.6	181.6	66	합천	32.1	193.0	62
대관령	842.0	873.8	127	거창	224.9	278.2	74
춘천	74.0	539.0	92	영천	91.3	237.8	64
강릉	26.0	167.2	57	구미	45.5	278.1	76
서울	85.5	380.9	80	의성	73.0	425.2	78
인천	68.9	354.7	78	영덕	40.5	138.8	57
원주	149.8	613.0	94	문경	172.1	279.4	55
울릉도	221.1	129.3	32	영주	208.0	417.8	77
수원	36.9	468.4	79	성산포	17.5	-	-
충주	69.4	528.4	89	고흥	60.0	83.5	49
서산	26.4	313.2	76	해남	22.1	102.6	49
울진	49.5	121.6	57	장흥	43.0	130.1	52
청주	59.0	411.6	78	순천	74.0	179.9	64
대전	67.2	317.7	68	남원	89.6	272.4	67
추풍령	245.9	303.9	78	정읍	40.5	223.9	61
포항	2.5	98.5	52	임실	244.0	420.3	86
군산	26.3	194.9	61	부안	7.0	244.7	61
대구	57.8	160.9	54	금산	170.7	372.5	77
전주	51.2	233.5	61	부여	16.0	330.0	74
울산	31.5	83.6	46	보령	15.1	254.8	76
광주	73.9	141.4	55	아산	24.5	405.4	78
부산	69.2	49.6	27	보은	170.0	461.7	76
통영	25.0	37.4	27	제천	264.4	610.2	91
목포	36.5	75.6	33	홍천	141.0	635.4	98
여수	67.0	62.2	31	인제	199.7	614.5	91
완도	37.5	38.1	26	이천	68.5	511.0	89
제주	22.0	4.1	3	양평	49.0	619.7	91
남해	49.8	74.3	38	강화	46.4	486.2	89
거제	41.5	52.1	39	진주	21.5	132.8	51
산청	141.8	141.8	49	서귀포	51.9	-	-
밀양	12.5	180.2	62	철원	154.9	685.0	109

설 계 동 결 지 수($^{\circ}\text{F} \cdot \text{일}$)설 계 동 결 지 수($^{\circ}\text{F} \cdot \text{일}$)

동 결 관 입 깊 이 (cm)

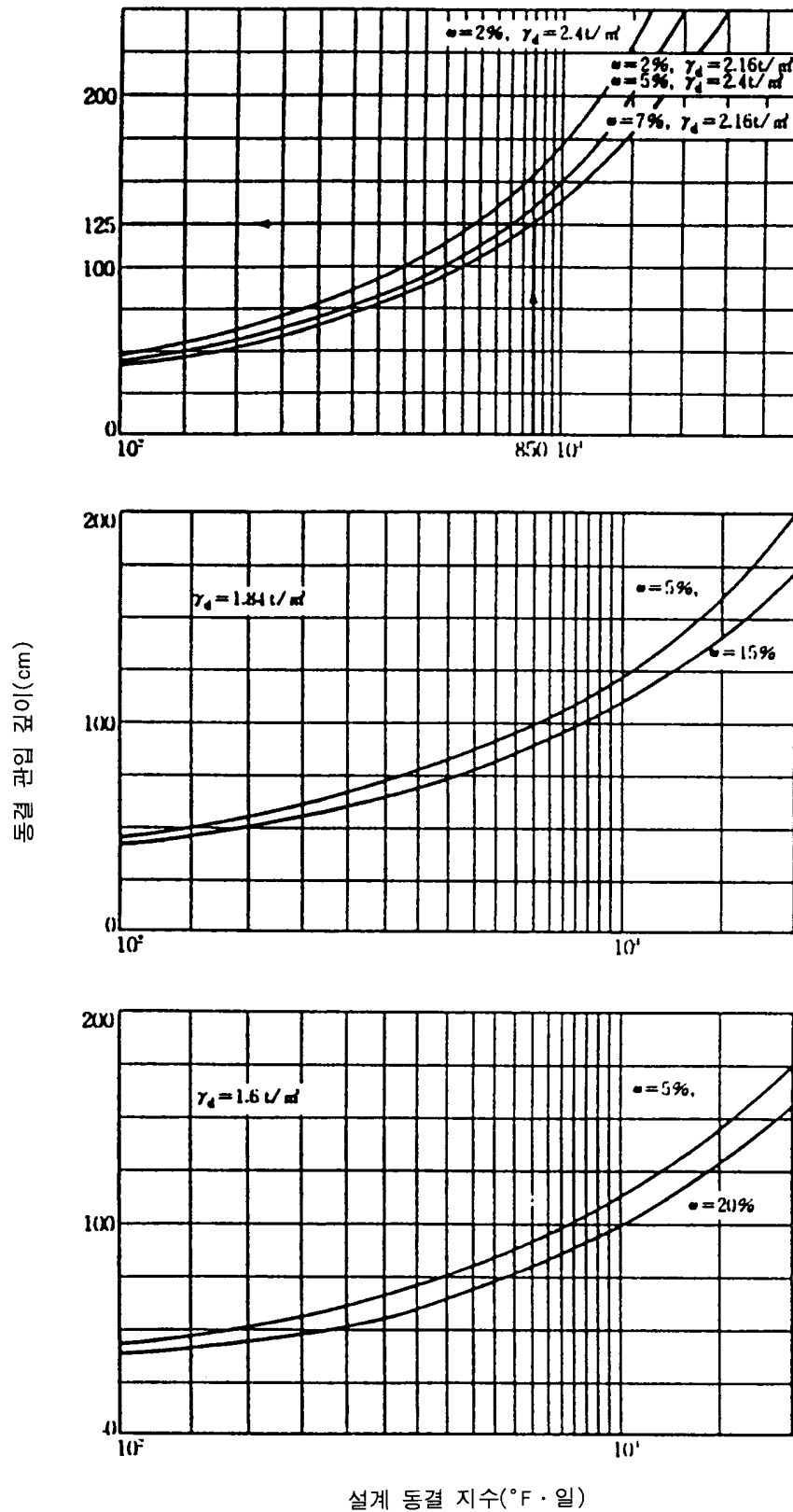


주)

- (1) 그림에서 동결 관입 깊이는 수정 Berggren 공식과 TM 5-812-6에서 제시된 절차를 사용하여 계산되었다.
- (2) 그림에서 동결 관입 깊이는 포장 표면에 쌓이는 빙설 효과를 고려하지 않았고, 포장은 30cm 두께 콘크리트 슬래브 또는 15~25cm의 안정처리 기층을 가지는 아스팔트 포장이고, 표시된 함수량이 0°C 이하에서 모두 동결된다고 가정하여 산정된 것이다.
- (3) 그림에서 동결 관입 깊이는 표시된 단위 건조 중량과 함수비를 가지는 비동결성 입상재료 치환 두께를 의미한다.

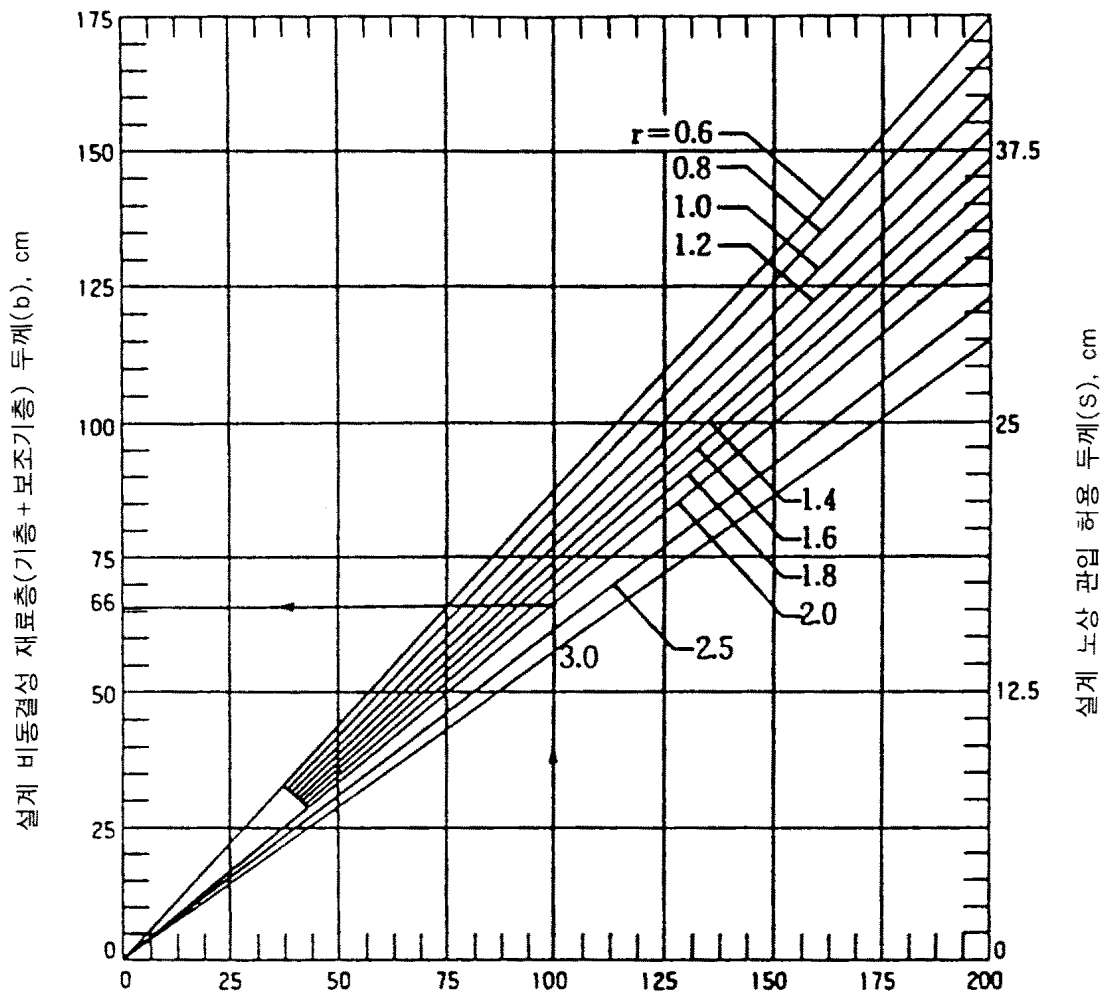
(a) 설계 동결 지수 $800^{\circ}\text{F} \cdot \text{일}$ 이하의 경우

도참(16-7) 동결관입 깊이와 설계동결지수 상관도표(1)

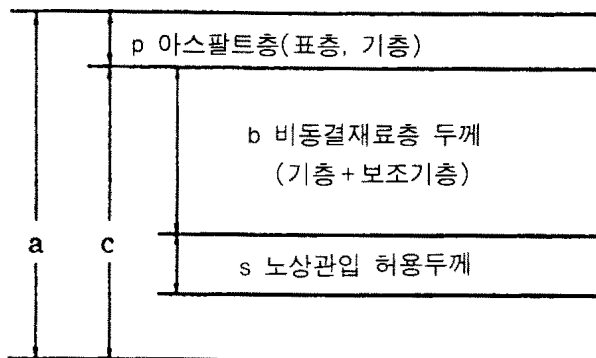


(b) 설계동결지수 $800^{\circ}\text{F} \cdot \text{일}$ 이상의 경우

도참(16-7) 동결관입 깊이와 설계동결지수 상관도표(2)



노상 동결 관입 깊이가 0일대 비동결성 재료층(기층 + 보조기층) 깊이(c), cm



a : 전체 동결깊이
c = a - 0
Wb : 비동결재료층(기층, 보조기층)의 함수비
Ws : 노상토 함수비
$$r = \frac{Wb}{Ws} \quad \begin{array}{l} \text{중교통량지역} \leq 2.0 \\ \text{경교통량지역} \leq 3.0 \end{array}$$

도참(16-8) 설계 비동상 재료층(쇄석기층, 보조기층) 두께 결정 도표

16-5-5 콘크리트 슬래브 설계

[1] 설계방법

포장의 설계두께는 이론적인 방법으로 부터 경제적, 통계적 방법에 이르기까지 많은 설계방법이 제안되고 있으며, 이들 중 사용빈도가 높은 포장설계법은 다음과 같다.	
아스팔트 포장	콘크리트 포장
(1) TA법	(1) TA법
(2) AASHTO Interim Guide Method(1972)	(2) 콘크리트포장요강 설계법
(3) AASHTO Guide(1986)	(3) AASHTO Interim Guide Method(1981)
(4) AI, FAA 설계법	(4) AASHTO Guide(1986)
(5) 본편 제16장 부두뜰	(5) 본편 제16장 부두뜰

[참 고]

상기 방법 중 AASHTO Interim Guide Method가 이론 및 경제적 근거가 풍부하고, 설계가 간편하여 국내에서 보편적으로 사용되어 왔다.

1986년에는 Interim Guide의 설계요소를 추가 또는 변경시킨 개정판이 출간되었는바 포장설계를 보다 확률적, 분석적인 시스템 측면에서 발전시킨 설계법이다.

그러나 개정 AASHTO 설계법의 적용은 노반동탄성계수(MR) 산정을 위한 시험기구 미비, 제반 시험자료의 부족, 정확한 設計係數 적용의 어려움 등 여러 가지 문제점이 있으므로 본편 제16장 부두뜰 포장에 대하여는 도참(16-9)을 이용하여 구한다.

표참(16-6) 부두뜰 포장 설계하중 분류

설계荷重의 분 류	荷重의 종류	荷重(ton)	設置半徑(cm)
CP ₁	포크리프트 트럭 2 ton	2.5	9.8
	트랙터 트레일러 20ft, 40ft 용	5.0	17.8
	포크리프트 트럭 3.5 ton	4.5	12.6
	트럭 T - 14	5.6	17.8
CP ₂	트랙터 트레일러 40 ft 야드 전용	7.0	17.8
	포크리프트 트럭 6 ton	7.0	16.0
	트럭 T - 25	10.0	17.8
CP ₃	포크리프트 트럭 10 ton	11.0	21.1
	스트래들 캐리어	11.0	19.5
	포크리프트 트럭 15 ton	17.5	27.1
CP ₄	트랜스퍼 크레인 20 ton	20.0	27.6
	트럭 크레인 20型	20.0	20.0
	포크리프트 트럭 20 ton	24.5	31.7
	트럭 크레인 25型	25.0	21.6

[2] 부두뿔 콘크리트 슬래브 두께 설계

부두뿔 콘크리트 슬래브의 두께설계는 슬래브에 작용하는 설계하중에 의해 발생하는 슬래브의 응력을 산정하고 안전율을 고려하여 결정한다.

[참 고]

- (1) 부두뿔에 작용하는 設計荷重으로부터 포장체의 응력산정을 위한 Westergaard식인 식(참16-4)에 의해 작용 응력을 산정하여 콘크리트 슬래브의 두께를 결정한다. 안전율은 콘크리트의 허용응력을 산정하는데 사용하며, 하중의 작용이동일한 궤적을 따라 작용하는 경우에는 안전율을 높여 허용응력을 계산한다.

$$\sigma = \frac{3(1+\nu)P}{\pi(3+\nu)h^2} \left[\ln \left(\frac{Eh^3}{100Ka^4} \right) + 1.84 \right. \\ \left. - \frac{4\nu}{3} + \frac{1-\nu}{2} + \frac{1.18(1+2\nu)a}{l} \right] \tag{참16-4}$$

여기서,

σ : 콘크리트 슬래브의 연단부의 최대應力도(N/cm²)

P : 荷重(kN) (표참(16-6)의 표준설계하중작용)

h : 슬래브의 두께(cm)

a : 荷重의 接地半徑(cm)

l : 포장의 剛比半徑(cm)

$$l = 4 \sqrt{\frac{Eh^3}{12(1-\nu^2)K_{75}}}$$

E : 콘크리트의 탄성계수 (N/cm²)

$$E=3,500,000\text{N/cm}^2$$

ν : 콘크리트의 포아송비

$$\nu=0.15$$

K_{75} : 노반의 설계支持力 계수 (N/cm²)

- (2) 콘크리트 슬래브의 허용응력은 표참(16-8)과 같이 안전율 1.4를 통해 산정하며, 특히 중차량 설계하중의 궤적이 일정한 경우에는 1.7로 안전율을 상향하여 계산한다. 단 잔교슬래브상의 경우는 10cm 두께의 콘크리트 슬래브로 설계한다.

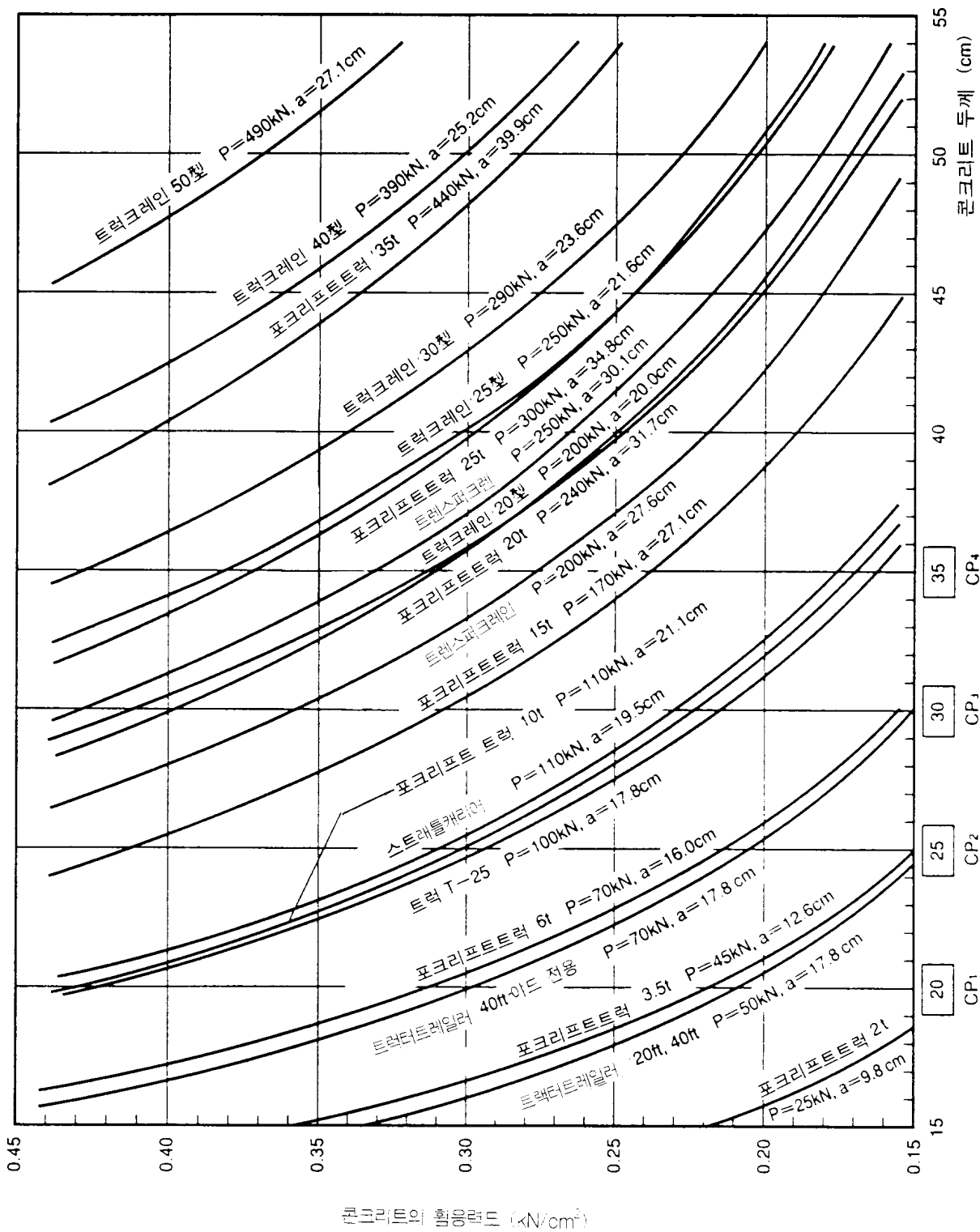
표참(16-7) 콘크리트 포장의 보조기층 표준 노반두께

설계條件	보조기층 두께(cm)				합 계 보조기층두께
노상의 설계 支持力 계수 K ₃₀	상층두께		하층두께		
	시멘트 安定처리	입도조정材料	입도조정材料	크러셔런 등	
5이상 7미만	-	40	-	20	60
	20	-	20	-	40
	25	-	-	30	55
7이상 10미만	-	20	15	-	35
	-	20	-	20	40
	15	-	15	-	30
	15	-	-	15	30
10이상	-	20	-	-	20
	15	-	-	-	15

표참(16-8) 콘크리트 강도의 안전율

구 분	안전율
Wandering 존재	1.4
Wandering 거의 없음	1.7

- (3) 동결융해를 받는 한랭지에 있어서 포장두께는 동결깊이보다 크게 하여야 한다.
- (4) 콘크리트 슬래브는 철망 또는 철근을 설치한다.
- (5) 동결깊이의 결정은 최근에 만들어진 「전국 동결지수도 및 동결지수표」를 이용하여 동결지수를 산정 후 동결깊이를 구한다.



도참(16-9) 콘크리트 슬래브 두께와 휨응력도와의 관계도표

16-5-6 보강철근

- (1) 콘크리트 슬래브는 온도, 습도 등 환경적 변화, 슬래브 저면 마찰, 그리고 시공시 수화작용에 의하여 응력이 발생하고 균열을 수반한다.

이와 같은 발생응력과 균열을 완화시키고 조절하기 위하여 가로·세로 방향의 줄눈부를 설치하여 인위적으로 유도하고, 줄눈부에서 연속성과 하중 전달을 유지하기 위하여 하중 전달장치(다우웰바), 타이바 그리고 줄눈재를 설치하거나(JCP, JRCP), 콘크리트 슬래브 단면 내에 가로·세로 방향으로 보강철망 또는 철근을 설치하여 균열 간격, 균열 폭을 조절하는 기능을 가지도록(CRCP, JRCP) 할 수 있다.

보강 철근, 하중 전달 장치, 그리고 타이바의 품질은 고속도로공사 일반시방서 또는 동등의 규격(KSD 3504)을 만족하는 것이어야 한다.

- (2) 보강 철근

콘크리트 슬래브 내에 사용되는 보강 철근은 충분한 부착력을 발휘할 수 있는 이형표면을 가진 이형 봉강 철근을 사용해야 한다. 보강 철근으로서 철망을 사용하는 경우 원형 철망(Welded Wire Fabric : WWF)에서는 부착력이 용접된 횡방향 철선(Welded Cross Wire)에 의해서 발휘되고, 이형 철망(Deformed Wire Fabric : DWF)에서는 이형표면과 용접 교차점에 의해서 발휘된다. 사용 철망의 품질은 적정의 품질 규격(KSD 7017)에 적합한 것이어야 한다.

[해설]

무근 콘크리트 슬래브에는 원칙으로 철망을 사용하나 슬립폼 페이바로 포설할 경우 철망을 생략할 수도 있다. 철망의 폭은 콘크리트 슬래브의 폭보다 10cm정도 좁게 한다.

철망의 길이는 겹이음을 20cm정도로 하여 수축 줄눈 간격의 사이에 꼭 들어맞도록, 또 운반이 편리하도록 정한다.

철망의 철근량은 1m²당 30N을 표준으로 하며, 보통 6mm의 원형철근 또는 이형철근을 사용한다. 콘크리트 슬래브의 세로방향 가장자리를 보강하기 위하여 세로방향 가장자리에 직경 13mm의 이형철근을 3본 결속하는 것이 좋다.

또한, 콘크리트 슬래브에 사용할 철근량은 종횡 양방향의 철근 종단면적을 대개 같게 되도록 결정하는 것이 좋다.

철망은 가능한 한 용접에 의하여 조립하는 것으로 한다.

철망의 매설깊이는 施工法을 고려하여 정한다. 콘크리트를 2층으로 나누어 깔아 나갈 경우에는 표면에서 콘크리트 슬래브 두께의 1/3의 위치로 하면 좋다.

철망 삽입기(Mesh Installer)를 사용할 경우에는 콘크리트 슬래브의 표면에서 5~7cm로 하는 것이 좋다.

※ 슬래브 두께가 15cm의 경우에는 슬래브 두께의 약 1/2위치에 철망을 놓는다.

16-5-7 줄눈설계

[1] 줄눈의 종류

- (1) 콘크리트포장의 줄눈은 포장의 팽창과 수축을 수용하므로서 온도 및 습도 등 환경변화, 마찰 그리고 시공에 의하여 발생하는 응력을 가능한 한 완화시키거나, 또는 온도변화 등의 피할 수 없는 균열을 규칙적으로 일정한 장소로 유도시키는 목적으로 설치한다.
- (2) 줄눈에는 수축·팽창 및 시공줄눈 등 세 가지 종류가 있다.

[해설]

(1) 수축줄눈

수축줄눈 또는 댐줄눈(Dummy Joint)은 수분, 온도 그리고 마찰에 의해 발생하는 긴장력을 완화시켜 균열을 억제하기 위하여 설치한다. 이러한 수축줄눈을 설치하지 않는다면 포장의 표층에는 불규칙한 균열이 발생할 것이다.

(2) 팽창줄눈

팽창줄눈의 주요기능은 포장이 팽창할 수 있는 공간을 설치하므로서 포장좌굴의 원인이 될 수 있는 압축응력의 발생을 방지하는 것이다.

(3) 시공줄눈

시공줄눈은 시공성을 고려하여 설치하며, 세로줄눈 사이의 간격은 포장장비의 폭과 포장두께에 따라 결정된다.

[2] 줄눈의 구조

줄눈은 가능한 한 적게 설치하고, 또 적정구조로 설치하여 포장공용성과 주행성을 향상시키도록 한다. 일반적 설계측면에서 줄눈의 구조는 줄눈간격, 줄눈의 배치, 줄눈의 규격 등을 고려하여야 하며, 가능한 한 적게 되도록 또 될수록 강한 구조의 것으로 설계한다. 또한 줄눈은 한 횡단선상에서 동일줄눈이 배열되도록 설계한다.

[참고]

(1) 줄눈간격

① 세로줄눈 간격

세로줄눈은 보통 차선을 구분하는 위치에 설치하지만 시공법도 고려하여 결정하는 것이 좋다.

보통 차선을 구분하는 위치(Lane Marking)에 설치하지만 시공법도 고려하여 결정하며, 4.5m이하로 설치한다.

② 가로팽창줄눈 간격

표참(16-9) 가로팽창줄눈 간격의 표준치

施工시기 슬래브두께(cm)	10~5월	6~9월
15, 20	60m~120m	120m~240m
25 이상	120m~240m	240m~480m

③ 가로수축줄눈 간격

가로수축줄눈의 간격은 여러 가지 요소에 따라 다르나, 그 중 가장 중요한 요소는 슬래브의 두께이며, 슬래브의 보강여부, 콘크리트의 온도팽창계수, 콘크리트가 경화시 온도의 슬래브 활동을 구속하는 보조 기층면의 마찰저항 등과 관련된다.

가. 철망을 사용하지 않은 무근 콘크리트 포장에서 가로수축줄눈 간격은 6m이하로 한다.

나. 철근 또는 철망을 사용하는 콘크리트 포장에서 가로수축줄눈의 간격은 슬래브 두께가 25cm미만의 경우 8m, 25cm이상의 경우 10m를 표준으로 한다.

(2) 줄눈의 구조

줄눈의 구조는 외부하중이나 기후변화 등에 의해 발생하는 응력을 감소시키고, 유도된 균열 또는 이음으로 감소된 하중전달 능력의 보강과 단차방지, 경제적이고 시공이 용이하며 주행성을 저하시키지 않는 내구적인 구조이어야 한다.

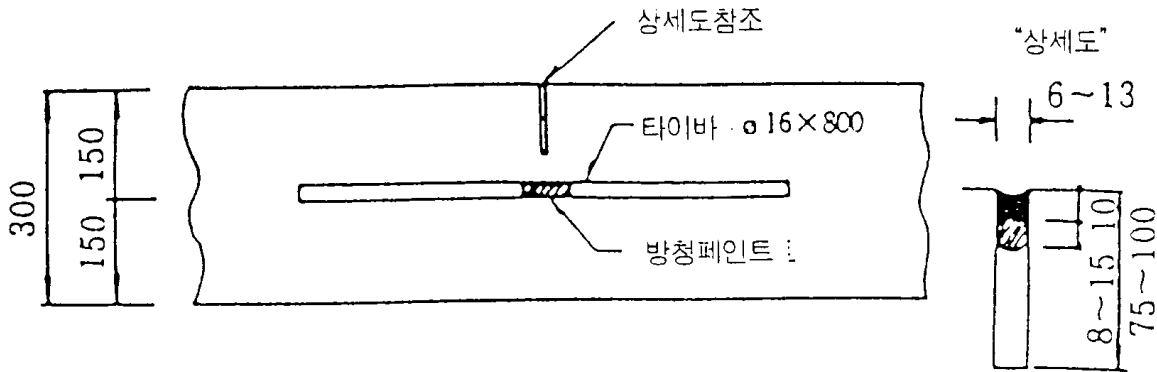
① 세로줄눈 구조

동일횡단구배의 콘크리트 슬래브의 가능한 한 2차선편쪽으로 시공하는 것으로 하며, 도참(16-10)(a)에 표시한 바와 같이 그 중앙에 설치하는 줄눈은 타이바를 사용한 맹줄눈 구조로 한다. 또한 부득이 1차선편 시공할 경우의 세로줄눈은 도참(16-10)(b)에 표시한 바와 같이 타이바를 사용한 맞댄줄눈 구조로 한다.

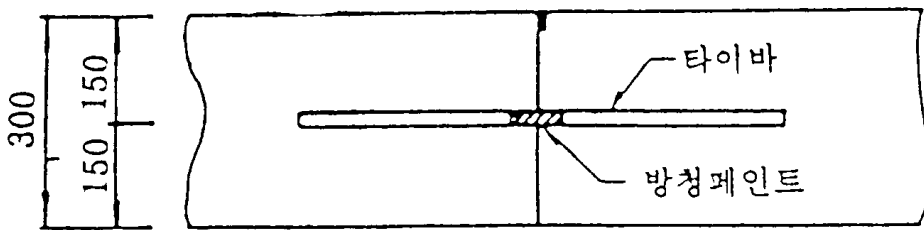
세로줄눈의 폭은 6~13mm깊이는 단면의 1/3이어야 하며, 채움재의 깊이는 채움폭, 채움재의 재질에 따라 다소 차이가 있으나 채움부의 최소깊이는 10mm이상을 원칙으로 한다.

세로줄눈의 저면에 약 50mm의 삼각형 목재 또는 L형 플라스틱제 등을 놓아 콘크리트 슬래브의 단면을 감소시켜 줄눈의 위치에 균열이 생기도록 유도할 수도 있다.

타이바는 이형봉강으로 하며 규격과 배치간격은 포장조건에 따라 다르나(도로포장 설계시공지침(건설부)의 AASHTO 잠정지침, 타이바 간격기준 참조), 일반적으로 직경 16mm, 길이 800mm의 것을 750mm간격으로 사용한다.



(a) 2차선쪽으로 시공하는 경우의 횡단면도(단위 : mm)



(b) 1차선 시공의 경우 횡단면도 (단위 : mm)

도참(16-10) 세로줄눈의 설계 예

② 가로팽창줄눈의 구조

팽창줄눈의 변위량은 경험에 의하여 결정되는 것으로 채움부의 규격은 변위량과 재료의 성능에 따라 결정해야 한다. 일반적으로 팽창줄눈의 규격은 수축줄눈보다 더 크다.

가로팽창줄눈의 구조는 도참(16-11)에 예시한 것을 표준으로 한다.

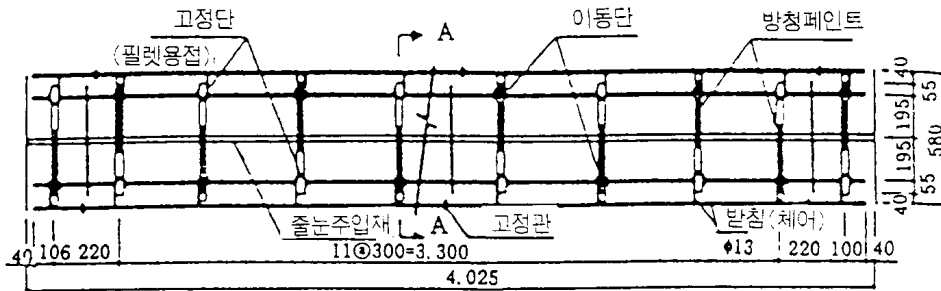
팽창줄눈은 주입줄눈재와 줄눈판을 상하에 병용하는 구조로 한다.

주입줄눈재는 줄눈의 수밀성을 보존하기 위하여 사용하는 것으로 주입깊이는 20~40mm 정도로 한다.

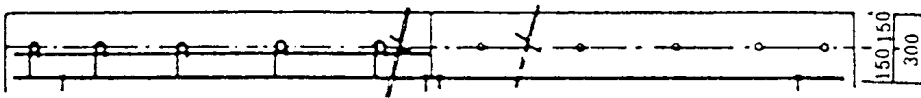
팽창줄눈은 다웰바(Dowel Bar)로 보강하여야 한다. 팽창줄눈의 다웰바는 슬래브 두께에 따라 직경 25~32mm, 길이 500mm의 것을 표참(16-10)의 간격으로 배치한다. 팽창줄눈의 다웰바는 콘크리트 슬래브의 팽창을 허용하도록 고무판을 씌운 다웰바 끝에 철재 캡(Cap)을 씌운다. 도로중심선에 평행한 위치에 바르게 매설할 수 있도록 체어로 지지하여야 한다. 체어는 가로줄눈 연단부의 보강을 겸하여 직경 13mm 정도의 철근을 용접하여 만드는 것으로 施工중에 변형되지 않는 구조로 한다.

표참(16-10) 다웰바 간격의 설계예

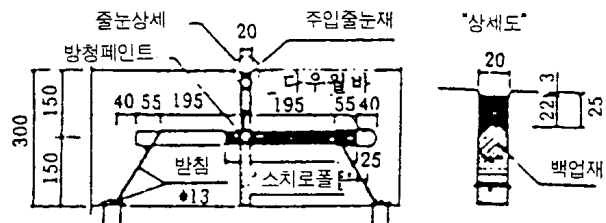
콘크리트 슬래브의 폭(m)	다웰바의 간격(cm)
2.75	(10) + 17.5 + 20 + 5@30 + 20 + 17.5 + (10)
3.00	(10) + 15 + 20 + 7@30 + 20 + 15 + (10)
3.25	(10) + 22.5 + 25 + 7@30 + 25 + 22.5 + (10)
3.75	(10) + 20 + 25 + 8@30 + 25 + 20 + (10)
4.00 (측대포함)	(10) + 17.5 + 25 + 9@30 + 25 + 17.5 + (10)
4.25 (측대포함)	(15) + 15 + 25 + 10@30 + 25 + 17.5 + (15)
4.50 (측대포함)	(15) + 20 + 25 + 11@30 + 25 + 20 + (15)



(a) FBI



(b) 4010



(c) 단면도(A-A)

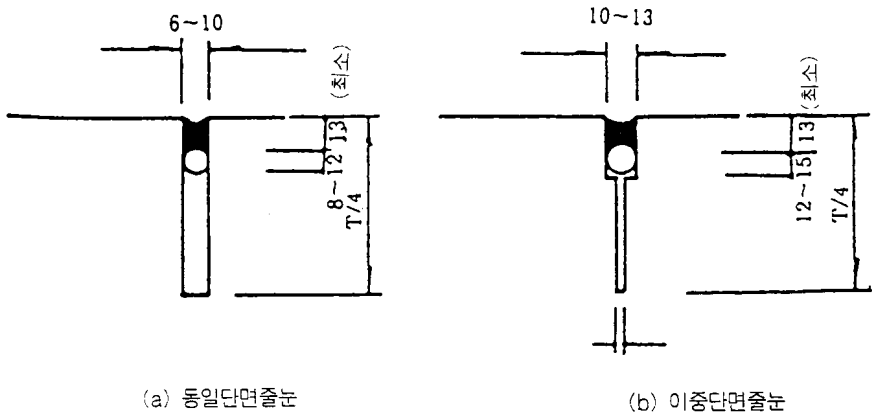
도참(16-11) 가로팽창줄눈의 설계 예(단위 : mm)

③ 가로수축줄눈의 구조

가로수축줄눈은 다웰바를 이용한 맹줄눈구조를 표준으로 하며, 시공 중의 강우 등으로 가로수축줄눈을 시공줄눈으로 할 필요가 생긴 경우에는 다웰바를 사용한 맞댄줄눈으로 한다.

맹줄눈은 콘크리트가 강화한 후에 절단기(cutter)로 홈을 만드는 카터줄눈과 콘크리트가 굳기 전에 상부에 홈을 만들어 판삽입물을 넣는 打設줄눈 등이 있다. 수축줄눈의 구조는 도참(16-12)과 같이 카터줄눈이 일반적이며, 그 종류에는 동일단면 줄눈과 이중단면 줄눈을 들 수 있다.

효과적인 현장 성형상태를 유지하려면 채움부(sealant reservior)가 반드시 적절한 형상계수(폭에 대한 깊이의 비)를 갖추어야 한다.

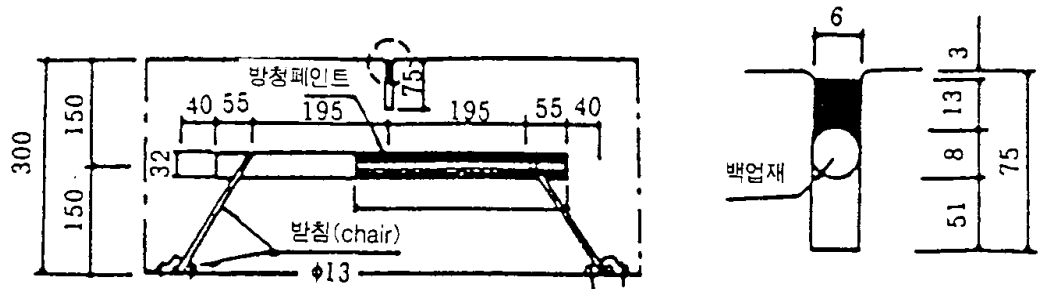


도참(16-12) 카터줄눈에 사용된 백업재

최소줄눈깊이의 실질적인 한계 내에서 채움부는 가능한 한 정방형이어야 하고 줄눈재 상부가 표면으로부터 최소 3mm의 깊이로 오목하게 되도록 한다.

채움부의 최소 깊이는 13mm이다.

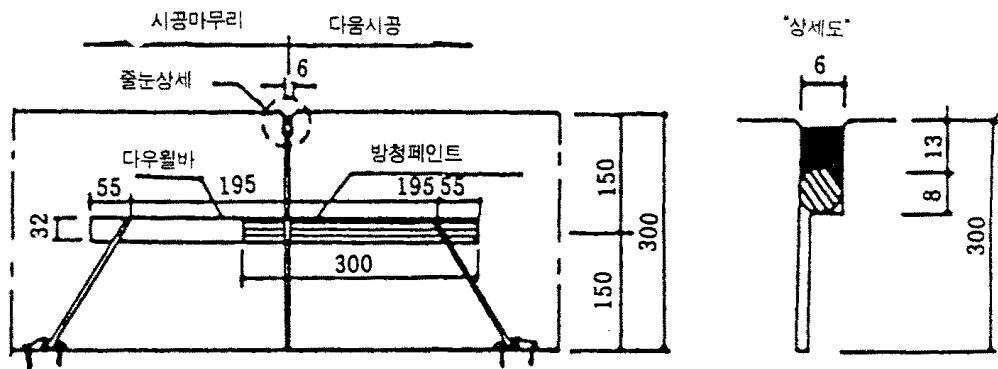
다웰바를 사용할 경우 그 크기와 간격은 각 기관의 방법 및 경험에 의하여 결정한다(도로포장 설계施工 지침(건설부)의 AASHTO잠정지침, 표14-3).



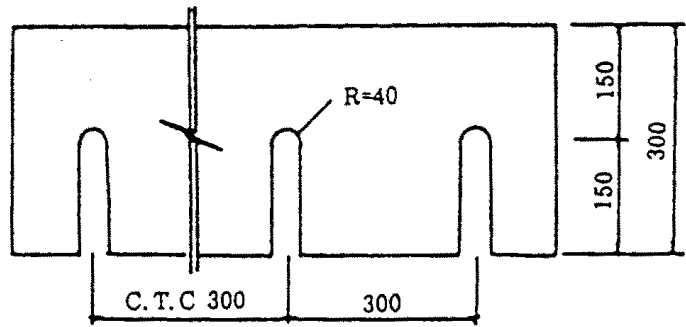
도참(16-13) 가로수축줄눈 구조에

④ 시공줄눈의 구조

1일 포장 종료시나 강우 등에 따라서 시공을 중지할 때 설치하는 줄눈이다.
시공줄눈의 위치는 수축줄눈의 예정위치에 설치하는 것이 좋다. 이 경우에는 맞댄형의 수축줄눈이 된다.
또 팽창줄눈으로 하는 경우도 있다. 강우와 기계고장 등에 따라 시공줄눈에 수축줄눈의 예정위치의 설치하는 것이 불가능할 때는 수축줄눈에서 3m이상 떨어진 위치에 맞댄형의 줄눈구조로 한다.



(a) 단면도



(b) 강제 거푸집 상세도

도참(16-14) 시공줄눈 설계예

16-5-8 타이바, 다웰바

타이바 및 다웰바는 부두틀 포장상에서의 주행하중이 종횡 구별 없이 작용하는 것을 고려하여 적절히 결정하여야 한다.

[참 고]

- (1) 타이바, 다웰바의 제원 및 설치간격은 표참(16-11)에 표시한 값에 준한다.

표참(16-11) 타이바, 다웰바의 제원 및 설치간격

슬래브의 두께(cm)	타 이 바			다 웰 바		
	경(mm)	길이(cm)	간격(cm)	경(mm)	길이(cm)	간격(cm)
20	25	130	45	25	50	45
25	25	130	45	25	50	45
30	32	160	40	32	60	40
35	32	160	40	32	60	40

- (2) 타이바는 KSD 3504 철근콘크리트용 봉강의 규정에 의한 SD30(이형봉강)으로 한다.
 (3) 다웰바는 KSD 3504 철근콘크리트용 봉강의 규정에 의한 SR30(원형봉강)으로 한다.

16-5-9 슬래브 외측보호공

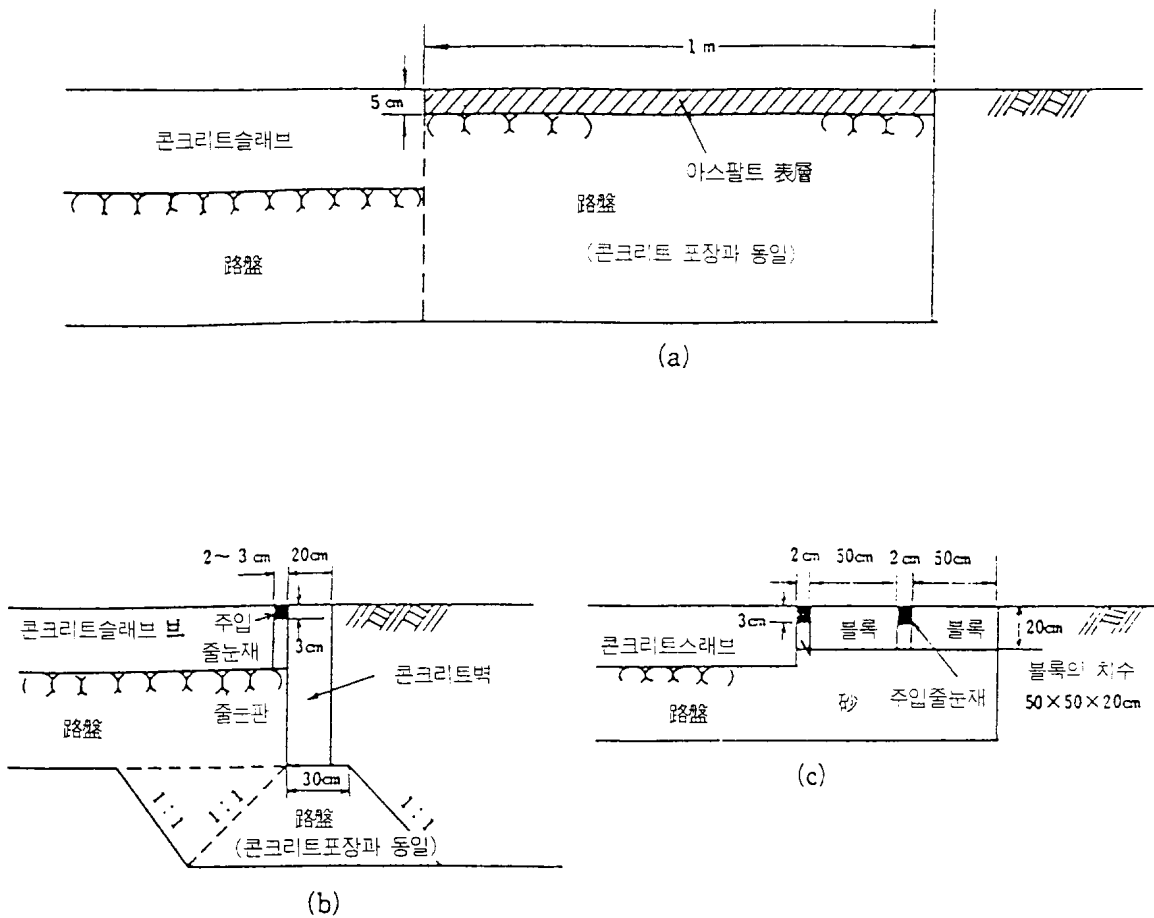
우수의 침투에 의한 노반의 파괴, 또는 하중에 의한 콘크리트 슬래브 및 노반의 파괴가 우려되는 개소에는 보호공을 하여야 한다.

[해 설]

마루틀 배면이 비포장구역일 때나 가까운 장래에 포장계획이 있을 때는 우수의 침수에 의해 노반이 파괴될 우려가 있고, 특히 인접구역이 야적장일 때는 그 부분을 횡단하는 하중에 의해 노반 및 콘크리트 슬래브가 파괴될 염려가 있어 이를 방지하기 위하여 보호공을 하여야 한다.

[참 고]

- (1) 보호공의 일에는 도참(16-15)와 같다.



도참(16-15) 슬래브 외측보호공의 예

16-6 부두뜰 아스팔트 포장의 설계

16-6-1 설계조건

설계하중은 대상이 되는 하중 가운데 포장두께가 최대가 되는 하중으로 한다.
 설계대상이 되는 포장구역의 노반에 대해서는 그 설계 CBR를 구하여야 한다.

[참 고]

CBR시험은 KSF 2320 노상토 支持力비(CBR) 시험방법의 규정에 의해 노상토를 자연함수량을 변화시키지 않도록 하여 4일간 침수 후 CBR를 구한다. 단, 채취한 노상토는 40mm이상의 골재를 제하고 몰드에 3층으로 나누어 넣어 각 층마다 67회씩 다지기를 한다.

노상이 기히 완성되었을 때에는 노상흙이 1년 중 가장 습윤한 시기에 현장 CBR 시험을 하여야 하나, 이와 같은 시기에 시험이 곤란한 경우에는 식(참16-5)에 의해 현장 CBR값을 보정하여도 좋다. CBR은 흐트러지지 않은 흙의 공시체에 대한 것이다.

$$CBR(\text{보정}) = \text{현장 } CBR \times \frac{CBR(4\text{일 간침수})}{CBR(\text{자연함수량})} \quad (\text{참16-5})$$

이 CBR에서 극단으로 다른 값은 제하고 식(참16-6)으로 설계 CBR를 구하며 시료채취는 안벽의 법선방향 50m마다 1~2개소로 완성노상이나 노상토 토취장의 노출면보다 50cm이상 깊은 곳에서 행하는 것을 표준으로 한다.

$$\text{설계 } CBR = (\text{각 지점 } CBR \text{의 평균}) - \frac{(CBR_{\text{최대치}} - CBR_{\text{최소치}})}{d_2} \quad (\text{참16-6})$$

단, d_2 는 콘크리트 포장설계에 준한다.

16-6-2 아스팔트 포장의 구성

부두뜰의 아스팔트 포장의 구성은 적절히 설정된 노상의 지지력을 바탕으로 포장의 종류에 따라 노반 등의 구성 및 사용재료의 특성을 감안해서 설정하여야 한다.

[참 고]

(1) 부두뜰 아스팔트장의 설계하중은 표참(16-12)에 의한다.

표참(16-12) 부두뜰 아스팔트 포장의 설계하중의 분류

AP ₁	트럭 트랙터트레일러	T-14 20 ft, 40 ft, 40 ft야드 전용
AP ₂	포크리프트트럭	2 ton, 3.5 ton, 6 ton
AP ₃	포크리프트 트럭	10 ton, 15 ton
	트럭	T-20
	트랜스퍼크레인	20 ton
	스트레들캐리어	
AP ₄	트럭크레인	20형
	트럭크레인	25형
	트랜스퍼크레인	25 ton

(2) T_A를 구하기 위한 등치환산계수는 표참(16-13)의 값을 참고한다.

표참(16-13) 등치환산계수

사용개소	공법, 재료	조 건	등치환산계수	비 고
표층, 기층	표층, 기층용 가열 아스팔트 혼합물	-	1.00	AC I ~AC IV
보조기층 (상층)	역청安定처리	마샬安定도 3.43kN이상	0.80	A 처리재 II
		마샬安定도 2.45~3.43kN	0.55	A 처리재 I
	입 도 조 정	수정CBR 80이상	0.35	입 조 재
보조기층 (하층)	크리서런, 슬래그, 모래등	수정CBR 30이상	0.25	
		수정CBR 20~30	0.20	입 상 재

(3) 아스팔트 콘크리트 포장의 구성은 표참(16-14)을 표준으로 한다.

표참(16-14) 아스팔트 포장의 표준포장구성

설 계 조 건		포 장 구 성								
설계하중	노상의 설계 CBR (%)	표 층		기 층		상층노반		하층노반	합계 두께	
		종류	h ₁ (cm)	종류	h ₂ (cm)	종류	h ₃ (cm)	h ₄ (cm)	H (cm)	T _A (cm)
AP ₁ 50kN 접지압 70N/cm ² 미만	3이상 5미만	AC I	5	ACⅢ	5	입조제	25	35	70	25.8
		AC I	5	-	-	A처리재 I	25	35	65	25.8
	5이상 8미만	AC I	5	ACⅢ	5	입조제	20	25	55	22.0
		AC I	5	-	-	A처리재 I	20	30	55	22.0
	8이상 12미만	AC I	5	ACⅢ	5	입조제	15	20	45	19.3
		AC I	5	-	-	A처리재 I	15	30	50	19.3
	12이상 20미만	AC I	5	ACⅢ	5	입조제	15	15	40	18.3
		AC I	5	-	-	A처리재 I	15	20	40	17.3
	20이상	AC I	5	ACⅢ	5	입조제	15	15	40	18.3
		AC I	5	-	-	A처리재 I	15	15	35	16.3
	잔 교 슬래브상	AC I	5	ACⅢ	4이상	-	-	-	9이상	-

설 계 조 건		포 장 구 성								
설계하중	노상의 설계 CBR (%)	표 층		기 층		상층노반		하층노반	합계 두께	
		종류	h ₁ (cm)	종류	h ₂ (cm)	종류	h ₃ (cm)	h ₄ (cm)	H (cm)	T _A (cm)
AP ₂ 50kN 접지압 70N/cm ² 이상	3이상	ACII	5	ACIV	5	입조제	25	35	70	25.8
	5미만	ACII	5	-	-	A처리제 I	25	35	65	25.8
	5이상	ACII	5	ACIV	5	입조제	20	25	55	22.0
	8미만	ACII	5	-	-	A처리제 I	20	30	55	22.0
	8이상	ACII	5	ACIV	5	입조제	15	20	45	19.3
	12미만	ACII	5	-	-	A처리제 I	15	30	50	19.3
	12이상	ACII	5	ACIV	5	입조제	15	15	40	18.3
	20미만	ACII	5	-	-	A처리제 I	15	20	40	17.3
	20이상	ACII	5	ACIV	5	입조제	15	15	40	18.3
		ACII	5	-	-	A처리제 I	15	15	35	16.3
	잔 교 슬래브상	ACII	5	ACIV	4이상	-	-	-	9이상	-
AP ₃ 100kN 접지압 70N/cm ² 이상	3이상	ACII	5	ACIV	15	입조제	30	45	95	40.0
	5미만	ACII	5	ACIV	10	A처리제II	20	45	80	40.0
	5이상	ACII	5	ACIV	15	입조제	25	30	75	34.8
	8미만	ACII	5	ACIV	10	A처리제II	20	20	55	35.0
	8이상	ACII	5	ACIV	15	입조제	15	20	55	29.3
	12미만	ACII	5	ACIV	10	A처리제II	15	15	45	30.0
	12이상	ACII	5	ACIV	15	입조제	15	15	50	28.3
	20미만	ACII	5	ACIV	10	A처리제II	15	15	45	30.0
	20이상	ACII	5	ACIV	15	입조제	15	15	50	28.3
		ACII	5	ACIV	10	A처리제II	15	15	45	30.0
	잔 교 슬래브상	ACII	5	ACIV	4이상	-	-	-	9이상	-
AP ₄ 122kN 접지압 70N/cm ² 이상	3이상	ACII	5	ACIV	15	입조제	40	60	120	46.0
	5미만	ACII	5	ACIV	10	A처리제II	20	70	105	45.0
	5이상	ACII	5	ACIV	15	입조제	30	45	95	39.5
	8미만	ACII	5	ACIV	10	A처리제II	20	40	75	39.0
	8이상	ACII	5	ACIV	15	입조제	25	30	75	34.8
	12미만	ACII	5	ACIV	10	A처리제II	15	35	65	34.0
	12이상	ACII	5	ACIV	15	입조제	15	25	60	30.3
	20미만	ACII	5	ACIV	10	A처리제II	15	15	45	30.0
	20이상	ACII	5	ACIV	15	입조제	15	15	50	28.3
		ACII	5	ACIV	10	A처리제II	15	15	45	30.0
	잔 교 슬래브상	ACII	5	ACIV	4이상	-	-	-	9이상	-

(4) 아스팔트 콘크리트의 종류 및 재질은 표참(16-15)와 같다.

표참(16-15) 부두틀 아스팔트 콘크리트의 종류 및 재질

종 류	AC I	ACII	ACIII	ACIV
용 도	표층용		기층용	
마찰안정시험다짐회수	50회	75회	50회	75회
마찰안정도(kN)	4.9이상	8.8이상	4.9이상	8.8이상
후로치(1/100cm)	20~40	20~40	15~40	15~40
공극율(%)	3~5	2~5	3~6	3~6
포화도(%)	75~85	75~85	65~80	65~85

- (5) 잔교슬래브상의 기층의 정의는 아스팔트 콘크리트 뿐만 아니라 기층 및 중간기층재도 포함된다.
- 절토부 노상토의 설계 CBR이 2미만인 경우는 다음의 각종방법을 비교·검토하여 설계한다. 그러나 여기서① 치환공법에 의한 경우
- 노상부에 양질의 흙을 치환하여 설계 CBR이 3이상이 되도록 설계한다.
- 이 경우 치환한 층 아래로부터 20cm의 두께부분은 재래 조상토의 시료에 의한 CBR로 하여 설계한다.
- ② 안정처리공법의 경우
- 노상부를 석회 또는 시멘트로 안정 처리하여 설계 CBR이 3이상이 되도록 한다. 이 경우 안정 처리한 층이 하부로부터 20cm의 두께부분은 안정 처리한 층의 CBR과 재래노상토의 시료에 의한 CBR의 평균치로 설계한다.
- ③ 교통량이 많아 치환공법으로는 굴착깊이가 크게 되어 비경제적이 될 경우 또는 지하수위가 높아 치환토를 충분히 다지기 곤란한 경우에는 15cm정도의 모래층을 두고 그 위에 15~20cm두께로 빈배합 콘크리트 또는 시멘트 안정처리에 의한 층을 설계하여 교통량의 구분에 따라서 두께 30~60cm의 아스팔트 포장을 설계할 경우도 있다.
- 동결융해를 받는 한랭지에 있어서 포장두께는 동결깊이보다 크게 하여야 하며, 동결깊이보다 적을 때는 동상방지층을 설치하여야 한다.
- (6) 본문에 정해지지 않은 사항에 있어서는 도로포장 설계시공지침(건설교통부 발행)에 준한다.

16-7 블록포장의 설계

16-7-1 설계조건

포장의 설계조건으로서는 다음의 사항을 고려하여야 한다.

- (1) 설계하중
- (2) 교통량
- (3) 노상의 지지력
- (4) 사용재료
- (5) 기 타

[참 고]

- (1) 설계하중은 대상이 되는 하중 중에서 블록의 두께가 최대가 되는 하중으로 한다.
- (2) 노반의 지지력계수 K_{30} 은 $200\text{N/cm}^2\{20\text{kgf/cm}^2\}$ 를 표준으로 한다.
- (3) 설계대상이 되는 포장구역의 노상에 있어서는 그 설계지지력계수 K_{30} 을 구하는 것으로 한다.
- (4) 콘크리트의 휨강도는 재령 28일에서 $450\text{N/cm}^2\{45\text{kgf/cm}^2\}$ 를 표준으로 한다.
- (5) 지지력시험의 방법은 KSF 2310 규정의 평판재하시험에 의해 구한다. 단, 지지력계수를 구하는 침하량은 0.25cm 로 한다.

16-7-2 포장의 구성

부두뜰의 포장의 구성은 적절히 설정된 노상의 지지력을 바탕으로 포장의 종류에 따라 노반 등의 구성 및 사용재료의 특성을 감안해서 설정하여야 한다.

[해 설]

- (1) 블록포장은 보통 노반 및 콘크리트 블록으로 이루어지며 노상위에 축조한다.
- (2) 포장의 구성은 하중조건, 교통조건, 노상조건(路床條件), 기상조건 및 경제성 등을 고려하여 적절히 결정한다.

[참 고]

- (1) 블록 포장의 구성은 표참(16-16)를 참고한다.

표참(16-16) 블록 포장의 표준 포장구성

설계條件		블록의 일변길이(m)	포장의 構成			
설계荷重	노상의 설계支持力계수 K ₃₀ (N/cm ²)		블록의 두께 (cm)	상층노반	하층노반	합계두께 (cm)
				粒調材(cm)	粒狀材(cm)	
BP ₁	50이상 70미만	0.9	25	20	30	75
	70이상 100미만	0.9	25	20	15	60
	100이상	0.9	25	20	-	45
BP ₂	50이상 70미만	0.8	25	20	30	75
	70이상 100미만	0.8	25	20	15	60
	100이상	0.8	25	20	-	45
BP ₃	50이상 70미만	1.1	30	20	30	80
	70이상 100미만	1.1	30	20	15	65
	100이상	1.1	30	20	-	50
BP ₄	50이상 70미만	1.2	35	20	30	85
	70이상 100미만	1.2	35	20	15	70
	100이상	1.2	35	20	-	55

(2) 설계荷重은 표참(16-17)에 의한다.

표참(16-17) 設計荷重의 分類

BP ₁	포크리프트 트럭	2 ton, 3.5 ton, 6 ton
	트럭	T-14
	트랙터 트레일러	20 ft, 40 ft
BP ₂	포크리프트 트럭	10 ton
	트럭	T-20
	트랙터 트레일러 스트래들 캐리어	40 ft 야드 전용
BP ₃	포크리프트 트럭	15 ton
	트럭크레인	20형
	트랜스퍼 크레인	25 ton
BP ₄	트럭크레인	25형
	트랜스퍼 크레인	25 ton

- (3) 노반의 설계는 포장의 構成 [해설] 에 의한다.
- (4) 블록의 두께 및 一邊의 길이는 다음과 같이 구한다. 블록의 길이를 $L(\text{cm})$, 블록에 작용하는 단위폭당의 하중을 $P(\text{N/cm})$ 로 하면, 路盤反力分布는 블록剛體라 가정하면 식(참16-7), 식(참16-8)과 같다.

$$\left. \begin{aligned} \frac{M}{P} = e &\leq \frac{L}{6} \text{ 일 때} \\ P_1 &= \frac{P}{L} \left(1 + \frac{6e}{L} \right) \\ P_2 &= \frac{P}{L} \left(1 - \frac{6e}{L} \right) \end{aligned} \right\} \quad (\text{참16-7})$$

$$\left. \begin{aligned} \frac{M}{P} = e &\geq \frac{L}{6} \text{ 일 때} \\ P_1 &= \frac{2P}{3\ell} \\ P_2 &= 0 \end{aligned} \right\} \quad (\text{참16-8})$$

여기서,

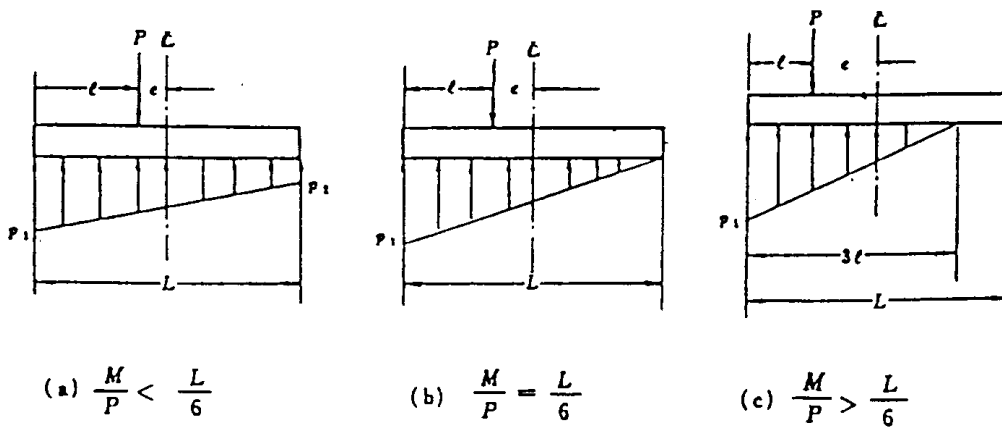
M : 하중 P 에 의한 중심선 회전모멘트($\text{N} \cdot \text{cm/cm}$)

ℓ : 블록의 끝에서 하중의 작용점까지의 거리(cm)

e : 하중의 편심량(cm) $e = \frac{L}{2} - \ell$

P_1, P_2 : 도참(16-12)에 나타나는 노반반력(단위)

도참(16-16)에 있어서 각각의 경우 블록에 작용하는 최대 휨모멘트 $M_{\max}$ 를 구하면 식(참16-9), 식(참16-10)과 같이 된다.



도참(16-16) 路盤反力分布

$$(a)의\ 경우\quad M_{max} = \frac{PL}{8} \quad (\ell = \frac{L}{2} \text{ 일 때 }) \quad (\text{참16-9})$$

$$(b) \text{ 및 } (c)의\ 경우\quad M_{max} = \frac{8PL}{81} \quad (\ell = \frac{L}{3} \text{ 일 때 }) \quad (\text{참16-10})$$

따라서 블록의 중심선상에 재하된 경우 블록에 최대모멘트가 생기는 것을 알 수 있다.

그러나 실제의 하중은 집중하중이 아니고 표참(16-2)에 나타나는 면적이 분포하고 있으므로 도참(16-13)와 같이 하면 상기의 최대 휨모멘트는 식(참16-11)와 같이 수정하여야 한다.

$$M_{max} = \frac{P}{8} (L - B) \quad (\text{참16-11})$$

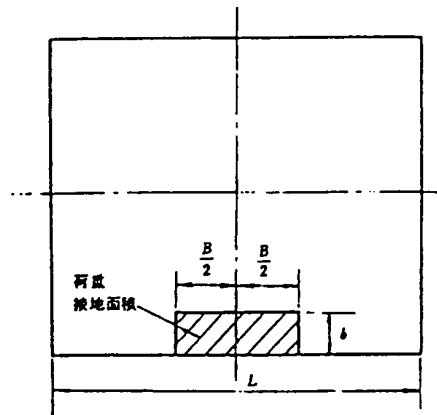
따라서 블록의 두께를 $h(\text{cm})$ 로 하면 블록에 생기는 최대응력은 식(참16-12)에 의해서 구할 수 있다.

$$\sigma_{max} = \frac{3}{4} \frac{P}{h^2} (L - B) \quad (\text{참16-12})$$

또한 도참(16-17)과 같은 상태의 경우 b , B 및 P 의 값은 표참(16-18)과 같다.

한편 路盤支持力 係數를 $K_{75}=70\text{N}/\text{cm}^3$, 노반의 許容沈下量을 2.5mm 로 할 때 路盤上의 垂直壓力 즉 路盤反力の 허용치는 $17.2\text{N}/\text{cm}^2$ 가 된다. 지금 블록의 형상을 정방형, 블록에 작용하는 하중을 $W(\text{N})$ 로 하고 노반의 위의 수직압력 $P(\text{N}/\text{cm}^2)$ 를 식(참16-13)에 의해서 구하면 주어진 노반의 침하를 허용응력 범위내로 하기 위해서는 $P_{max}=17.2\text{N}/\text{cm}^2$ 로 하고 각 W 에 대한 L 의 최소치를 계산할 수가 있다.

$$PL^2 = W \quad (\text{참16-13})$$



도참(16-17) 블록에 작용하는 하중

표참(16-18) b, B, P의 値

荷重의 種類		b(cm)	B(cm)	P(kN/cm)
트럭크레인	20型	35	35	6
	25型	38	38	7
	30型	41	41	7
	40型	45	45	9
	50型	48	48	11
	80型	53	53	14
	100型	58	58	16
	120型	62	62	18
	150型	67	67	20
트럭	T-25	20	50	5
트랙터트레일러	26ft用	20	50	3
	40ft用	20	50	3
	400ft야드 專用	20	50	4
포크리프트트럭	2t	14	21	2
	3.5t	17	29	3
	6t	25	32	3
	10t	33	42	4
	15t	42	55	5
	20t	50	63	5
	25t	55	69	6
	35t	63	79	7
트랜스퍼크레인	20t	38	63	6
	25t	41	70	6
	30t	44	74	7
스트래들캐리어		34	35	4

표참(16-22)은 대상 하중마다 식(참16-12)을 써서 콘크리트의 허용응력도에서 결정되는 블록의 길이 및 식(참16-13)을 써서 노반의 支持力에서 결정되는 필요한 블록의 길이를 산정하는 결과를 나타냈다.

표참(16-19) 콘크리트의 安全率(F), 路盤의 支持力(K_{75})에서 결정되는 블록의 길이

荷重의 種類		블록의 두께 (cm)	一輪의 荷重 (kN)	線荷重 (kN/cm)	$K_{75}=70\text{N}\cdot\text{cm}^2$ 에서 결정되는 블록의 길이	콘크리트의 許容應力度에서 결정되는 블록의 길이(cm)			
						F=2.0	F=1.75	F=1.5	F=1.25
트럭크레인	20型	30	200	6	110cm 이상	80	85	95	105
"	25型	35	250	7	120 "	90	95	105	120
트럭	T-25	30	100	5	80 "	100	110	120	135
트랙터트레일러	20ft用	25	50	3	60 "	110	120	130	150
"	40ft用	25	50	3	60 "	110	120	130	150
"	40ft야드 專用	25	70	4	70 "	95	100	110	125
포크리프트트럭	2t	25	25	2	40 "	110	125	145	170
"	3.5t	25	45	3	50 "	90	100	110	130
"	6.0t	25	70	3	70 "	90	100	110	130
"	10t	25	110	4	80 "	85	95	105	115
"	15t	30	170	5	100 "	105	115	125	140
트랜스퍼크레인	20t	30	200	6	110 "	105	110	120	135
"	25t	30	250	6	120 "	115	120	130	140
스트래들캐리어		25	110	4	80 "	80	85	95	110

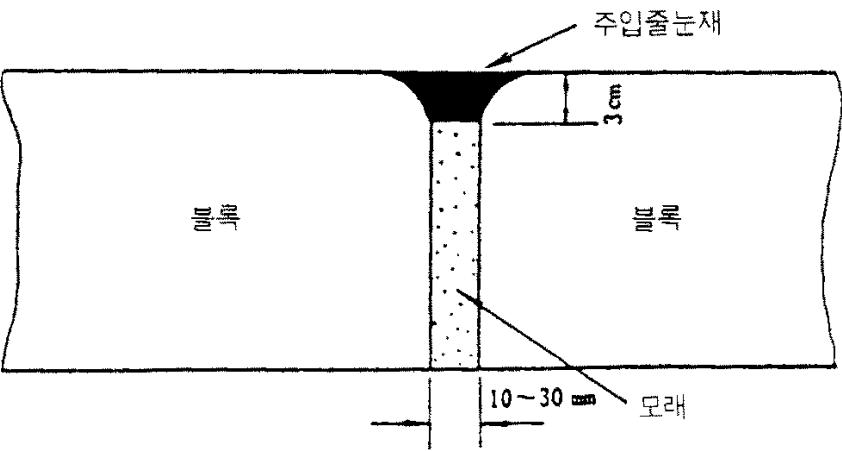
- (5) 設計荷重이 이 기준에 나온 것 이외의 경우나, 블록 일변의 길이를 이 기준에 나온 것 보다 크게 하는 경우 등은 별도 포장의 구성을 검토하여야 한다.
- (6) 블록의 각각 중량은 다음과 같다.
 - BP₁의 경우 4.6kN/개
 - BP₂의 경우 3.6kN/개
 - BP₃의 경우 8.2kN/개
 - BP₄의 경우 11.4kN/개
- (7) 콘크리트 블록에는 모따기를 한다.

16-7-3 줄 눈

블록 포장의 줄눈은 블록의 부등침하 등에 대처할 수 있는 구조이어야 한다.

[참 고]

줄눈의 구조는 도참(16-18)을 참고하여도 좋다.



도참(16-18) 줄눈의 구조

제 17 장 하역기계의 기초

17-1 일 반

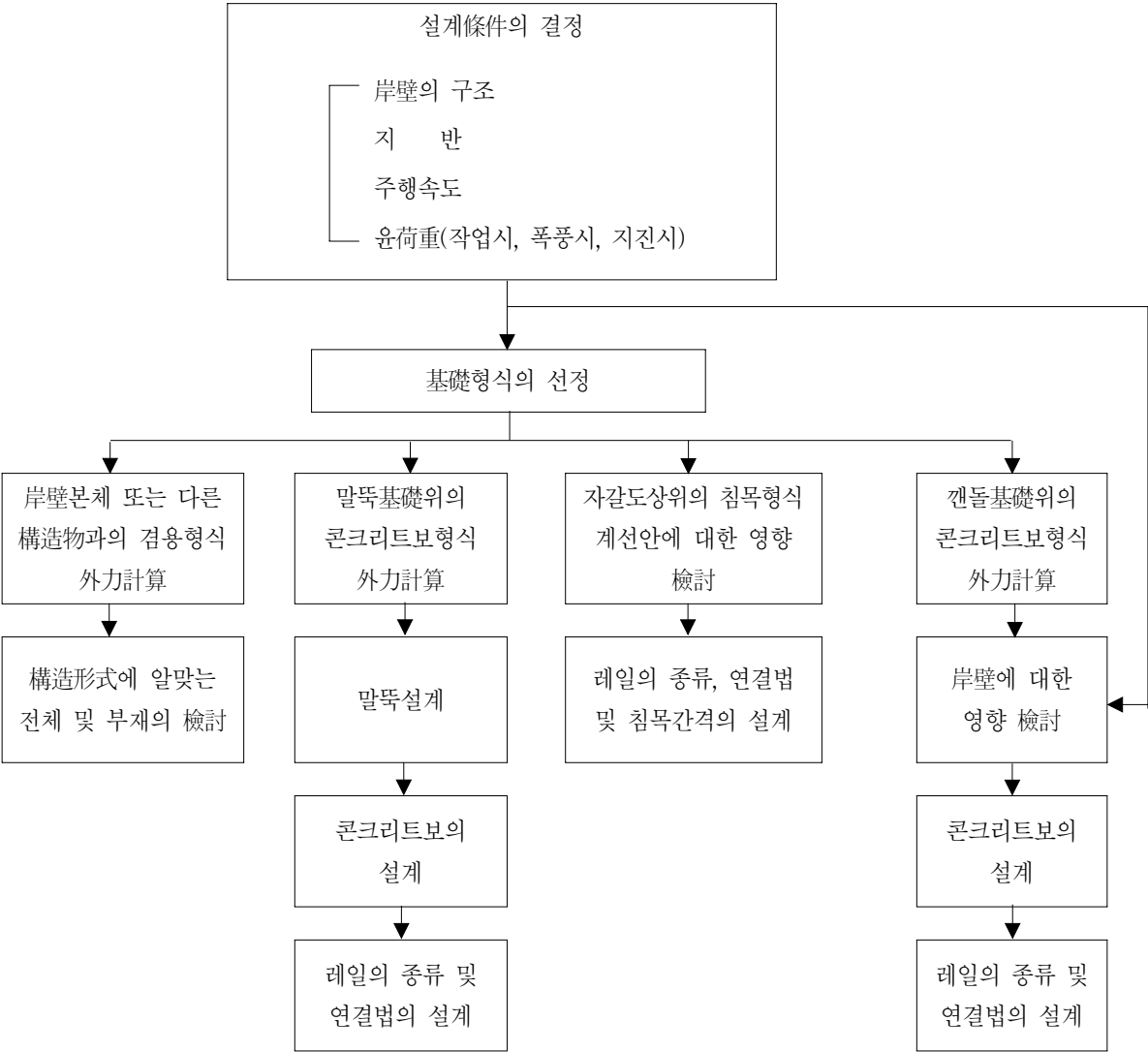
하역기계의 기초는 기초에 작용하는 외력, 기초의 허용침하량, 보수의 난이, 안벽 본체에 미치는 영향, 경제성 등을 고려하여 결정한다.

[해 설]

- (1) 본 장에서 하역기계의 기초라 함은 궤도주행식 하역기계의 기초를 말한다. 모빌 크레인, 포크리프트 등의 하중에 대해서는 제2편 11-7 토압과 수압, 제4편 제8장 기초의 침하 등을 참고로 안벽에 대한 영향을 검토해야 한다.
- (2) 주행궤도의 기초형식의 종류
 - ① 말뚝기초 위에 철근콘크리트보로 각 말뚝을 연결한 형식
연약한 지반으로 부등침하가 예상되는 장소나 대형의 하역기계인 경우는 양질의 모래지반에서도 사용된다.
 - ② 안벽의 본체 등 다른 구조물을 이용하는 형식
잔교의 철근콘크리트보, 케이슨식 안벽의 상부공 등과 같은 안벽 본체나, 널말뚝식 안벽의 버팀공 등을 하역기계의 기초로 이용하는 방법으로서 사전에 하역기계의 하중을 구조물 설계에 반영하여야 한다.
구조물 전체로서는 경제적으로 되는 경우가 많다.
잔교식 안벽의 경우 잔교상에 기중기의 한쪽 다리를 두고 흙막이공이나 호안 등에 다른 한쪽 다리를 두는 것은 부등침하 등의 악영향을 받기 쉬우므로 기초말뚝을 박는 등 충분한 기초공을 설치해야 한다.
돌출식 잔교의 경우 선단부는 선박의 접안력이나 견인력에 대해 약점이 되므로 특별히 보강할 필요가 있다.
 - ③ 깎돌기초 위의 콘크리트 보 형식
지반이 비교적 양호하고 침하의 위험이 적은 곳에 쓰인다.
 - ④ 자갈도상 기초 위의 침목형식
이는 철도궤도와 똑같은 것으로 지반의 침하가 많은 장소의 윤하중이 작은 소형 기중기에 많이 사용된다. 콘크리트 기초와 비교하면 설비비는 훨씬 싸지만 때때로 자갈을 다져넣어 레일의 부등침하를 수정할 필요가 있다. 또 궤간도 변화하기 쉬워 보수에 비용이 들고, 부두뜰 위의 교통도 불편해지기 때문에 임시적인 공사용 하역기계의 기초에 쓰이는 정도이다.
- (3) 허용변위량
 - ① 하역기계 기초 레일의 허용변위량에 대해서는 하역기계의 허용변위량과 제작비의 관계, 하역기계기초의 시공정밀성이나 하역기계 운전시의 안전성·능률 등을 충분히 검토하여 결정하여야 한다.
 - ② 종래 기계제작사의 기초에 대한 허용변위량은 상당히 엄격하여 그 정도로 시공하는 것이 곤란하였다. 최근에 허용변위량은 각 기계제작사나 구조 및 형식에 따라 차이가 많은데 기초의 시공정도와 거의 같은 정도의 변위량을 허용하고 있다. 그러나 기초의 설계·시공에 있어서는 기계제작사의 허용변위량을 조사하고 가능한 부등침하가 발생할 우려가 없는 구조를 선정하고 시공의 정밀성을 높이는 것이 바람직하다.

[참 고]

(1) 하역기계 기초의 설계는 일반적으로 다음 순서로 하는 것이 좋다.



도참(17-1) 荷役기계 基礎의 설계순서

더욱, 기초의 형식은 앞에서 기술한 것 외에 철도도상과 같은 형식의 것으로 지반의 침하가 많은 곳이나 소형의 크레인으로 운하중이 적은 곳은 자갈기초 위의 침목을 놓은 형식이 있다.

(2) 레일(Rail)의 변위량은 건설시는 적으나 시간의 경과함에 따라 크게 된다. 따라서 건설시의 시공오차는 되도록 적게 하는 것이 일반적이다. 허용변위량은 각 기계 특성에 따라 차이가 있으나 평균적인 설치기준 및 관리기준을 표참(17-1)에 나타낸다.

표참(17-1) 주행레일(Rail) 부설기준

항 목	설 치 기 준	관 리 기 준(사용한도)
스팬(Span)	레일전장(全長)에 걸쳐서 : $\pm 10\text{mm}$ 이하	레일전장에 걸쳐서 : $\pm 15\text{mm}$ 이하
레일 좌우 또는 상 하 의 휨	레일10m에 대해 5mm이하	레일10m에 대해 10mm이하
양측레일 고저차	(스팬) $\times 1/1000$ 이하	(스팬) $\times 1/500$ 이하
주행방향 傾斜	1/500이하	1/250이하
진 직 도	레일전장에 걸쳐서 : $\pm 50\text{mm}$ 이하	레일전장에 걸쳐서 : $\pm 80\text{mm}$ 이하
레 일 이 음 부	어긋남(상하, 측면) : 0.5mm이하	어긋남(상하, 측면) : 1mm이하
	레일간격 : 5mm이하	레일간격 : 5mm이하
레일 頭部의 마모	-	기준치수의 10%이하

(3) 통상 잡화를 대상으로 하는 부두크레인이나 기타, 소형의 크레인의 궤도구조로서는 37kg레일 또는 50kg레일을 또 컨테이너 또는 광석을 대상으로 하는 대형 하역기계레일로는 73kg크레인용 레일을 레일클립으로 기초구조물에 체결하는 방법으로 설치한다.

윤하중이 크고, 콘크리트와 레일, 또는 부판이 직접 접촉하고 있을 때는 크레인의 주행에 의한 충격으로 콘크리트에 균열이 생기기 쉬우므로 고무패드 등의 완충재를 넣은 것이 바람직하다.

(4) 지진 진동이 클 경우에는 주행식 크레인에 Knock 진동이 발생하고, 크레인각(脚)이 손상하는 수가 있으므로 내진성에 주의할 필요가 있다.

17-2 기초에 작용하는 외력

하역기계의 기초에 작용하는 외력은 크레인의 형식, 사용상황 등을 고려하여 적절히 정하여야 한다.

[참 고]

(1) 하역기계의 기초에 작용하는 외력과 하중은 다음과 같다.

① 연직하중

가. 작업시 윤하중 : 최대하중을 달아 올릴 때

나. 폭풍시 윤하중 : 무부하

작업시 윤하중에는 기중기의 최대차륜압의 20%를 가산한 것을 이동하중으로 고려한다.

단, 주행속도가 60m/sec 이하인 경우에는 10% 가산한 것으로 한다.

② 수평하중

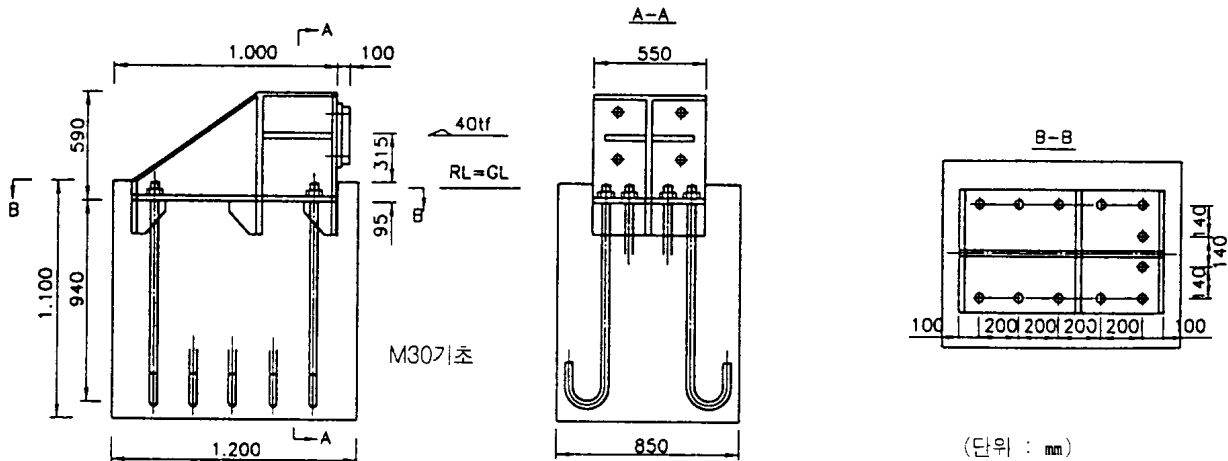
가. 작업시 : 최대하중을 달아 올릴 때

나. 폭풍시 : 무부하

작업시는 주행방향의 직각방향으로 기중기 차륜압의 10%의 수평력을 받는 것으로 한다.

고정 기둥측 기초에는 전수평력을 한지 기둥측의 기초에는 전 수평력의 50%를 작용시키는 것으로 한다.

- (2) 소형 기중기는 폭풍시의 값이 가장 큰데 이에 대해서는 미리 기중기의 정지장소를 정하여 그 지점을 특별히 보강하고 스토퍼를 둔다.(도참(17-2) 참조)



도참(17-2) 스토퍼(Stopper)

- (3) 옥외에서 운전되는 크레인 작업도중 풍하중에 대한 충분한 전동기를 비치하여 크레인을 앵커(Anchor) 위치에 옮길 수가 있던가 임의 위치에서 돌풍에 대해 충분히 저항할 수 있는 레일 클램프(Rail Clamp)를 비치하여야 한다.

앵커나 레일클램프는 다음의 조건을 만족하여야 한다.

- ① 풍하중 앵커 : 정지시 풍하중
레일 클램프 : 정지시 풍하중의 40%
- ② 이탈에 대한 안전율 : 1.5이상
- ③ 레일과 레일 클램프사이의 마찰계수 : $\mu = 0.25$
- ④ 크레인의 주행저항은 고려하여도 좋다.
- ⑤ 앵커와 레일 클램프를 둘 다 비치할 경우에도 각각 독립적으로 상기조건을 만족해야 한다.

17-3 기초말뚝을 쓰는 경우의 설계

17-3-1 콘크리트 보

- (1) 말뚝기초 위의 콘크리트 보는 말뚝머리를 지점으로 한 연속보로 본다. 보가 지반에 접하고 있는 영향은 무시한다.
- (2) 콘크리트보는 레일과 콘크리트간의 접촉면압, 레일의 응력 등에 대해서 안전하여야 한다.

[참 고]

- (1) 말뚝이 축력 때문에 탄성침하를 일으킬 때는 보의 支点下側이 引張側이 된다.

일반적으로 지점침하가 일어나지 않는 것으로 보를 해석하고, 배근의 면에서 탄성침하의 영향을 고려하는 것이나, 큰 윤하중을 받는 경우는 지점침하의 영향을 계산할 필요가 있다.

제4편 4-1-11 말뚝의 침하량에 대한 검토를 참조한다.

- (2) 설계상 탄성침하를 피하고자 할 때, 또는 적게 하고자 할 때는 강말뚝에 콘크리트를 속채움 하거나 대구경관의 강말뚝을 쓰는 것이 좋다.

- (3) 軌道應力の 산출방법으로는 彈性基礎위의 無限보로써 解析하는 방법도 쓰고 있다.

특히 기초콘크리트의 손상을 방지하기 위하여 레일(Rail)과 콘크리트의 사이에 Rubber Pad와 같은 彈壓材를 삽입하고 하중의 분산을 도모하는 경우의 계산에 사용되고 있다.

① 탄성지面上的의 無限連續보로서의 계산법

본편 17-4-2의 콘크리트보(참고)와 동일하게 레일(Rail) 응력 및 레일과 콘크리트 사이의 接觸壓力을 구할 수 있다.

이 경우는 식(참17-1)의 記號를 다음과 같이 읽으면 좋다.

E_c 는 레일의 탄성계수

- ② 레일과 기초와의 締結力에 대하여는 彈性床上 보의 理論을 사용하여 구하는 것이 되나, 충격의 영향도 있으므로 충분한 여유를 가질 필요가 있다.

二重彈性締結方法을 쓰는 경우의 계산에 대하여는 일본 峰村의 연구자료를 참고하고 보통 직경 22mm 정도의 볼트를 간격 50cm 간격 정도로 사용하는 경우가 많다.

17-3-2 말뚝의 支持力

- (1) 말뚝에 작용하는 힘은 본편 17-4-2 콘크리트 보를 계산한 지점反力으로 한다.

- (2) 말뚝의 支持力 계산은 제4편 제4장 말뚝기초에 의한다.

- (3) 말뚝이 主動土壓의 붕괴면의 영향을 받는 경우에는 본편 6-6-3 선반말뚝의 설계에 준한다.

[해 설]

말뚝이 主動土壓의 붕괴면의 영향을 받는 경우는 바다쪽의 말뚝길이가 육지쪽의 말뚝길이가 다른 경우인데 地盤이 지지층에 달한 경우를 제외하고는 基礎의 부등沈下를 피하기 위해 基礎말뚝의 길이는 육지쪽과 바다쪽을 같은 길이로 하는 것이 보통이다

17-4 기초말뚝을 사용하지 않는 경우

17-4-1 안벽에 대한 영향검토

하역기계 및 기초의 하중이 안벽 본체에 미치는 영향을 검토하여야 한다.

[해설]

- (1) 중력식 구조물의 배후에 하중이 실리면 토압이 증대하여 벽체가 앞으로 미끄러져 나올 위험이 있다. 집중 하중의 토압에 대한 영향은 표면부근에서는 재하점(載荷點) 부근에 집중하고 밑으로 내려감에 따라 분산된다. 벽의 높이가 낮고 길이(기준선방향의 길이)가 짧은 경우에는 영향이 크므로 주의해야 한다.
- 또, 구조물 위에 하중을 직접 실으면 지반반력은 증대한다. 특히 구조물의 앞쪽 끝에 실으면 전면 전지의 지반반력은 상당히 커진다. 벽체의 폭이 좁고, 길이가 짧은 경우에는 이 경향이 크게 나타나므로 주의해야 한다.
- (2) 보통 널말뚝에서는 널말뚝벽의 최대응력은 타이재 연결점과 해저면과의 중간에 일어나지만 널말뚝벽 배후에 집중하중이 작용할 때에는 타이재 연결점에 최대응력이 일어나는 수도 있으므로 주의해야 한다. 그러나 널말뚝의 밑 부분에 대해서는 나쁜 영향을 미치는 일이 적다. 타이재에 나쁜 영향을 미치지 않게 하기 위해서는 흙 두께가 2m 이상인 것이 좋다.

17-4-2 콘크리트 보

원지반에 사석기초를 하고 그 위에 설치한 콘크리트 보는 휨모멘트, 전단력 및 처짐에 대하여 안전하고, 침하량이 허용 침하량보다 적어야 한다.

[참고]

- (1) 원지반에 사석기초를 하고, 그 위에 설치한 철근콘크리트 보의 휨모멘트, 전단력 및 처짐은 식(참17-1)~식(참17-6)에 의해 구하여야 한다.

① 하중이 보의 중앙부근에 작용하는 경우

$$M = 4 \sqrt{\frac{E_c I_c}{64K}} \sum W_i e^{-\beta \chi_i} (\cos \beta \chi_i - \sin \beta \chi_i) \quad (\text{참17-1})$$

$$S = \frac{1}{2} \sum W_i e^{-\beta \chi_i} \cos \beta \chi_i \quad (\text{참17-2})$$

$$M = 4 \sqrt{\frac{1}{64E_c I_c K^3}} \sum W_i e^{-\beta \chi_i} (\cos \beta \chi_i - \sin \beta \chi_i) \quad (\text{참17-3})$$

② 하중이 보의 끝 또는 이음에 작용하는 경우

$$M = \sum \frac{W_i}{\beta} e^{-\beta \chi_i} \sin \beta \chi_i \quad (\text{참17-4})$$

$$S = \sum W_i e^{-\beta \chi_i} (\sin \beta \chi_i - \cos \beta \chi_i) \quad (\text{참17-5})$$

$$y = \sum \frac{2W_i \beta}{K} e^{-\beta \chi_i} \cos \beta \chi_i \quad (\text{참17-6})$$

여기서,

M : 검토단면에서의 휨모멘트(kg · cm)

S : 검토단면에서의 전단력(kg)

y : 검토단면에서의 처짐(cm)

$$\beta = \sqrt[4]{\frac{K}{4E_c I_c}}$$

E_c : 콘크리트의 탄성계수(kg/cm²)

W_i : 차륜하중(kg)

I_c : 콘크리트 기초의 단면2차모멘트(cm⁴)

K : 지반의 탄성계수, $K = Cb$

C : 단위면적의 지반을 단위깊이만큼 침하시키는데 필요한 압력(kg/cm³)

b : 콘크리트 보의 저면폭(cm)

x_i : 윤하중 위치에서 검토단면까지의 거리(mm)

(2) 할석(割石)기초 위에 놓인 철근콘크리트보는 일정한 단면으로 전장에 걸쳐서 연속의 탄성기초로 지지하고 있는 것으로 가정한다. 요컨대 재하된 보의 반력은 연속해서 분포하고, 반력의 강함은 각점의 처짐에 정비례한다고 가정한다.

주행차륜에서 x 가 떨어진 점에 생기는 휨모멘트를 M , 처짐을 y 로 하면 M 및 y 는 탄성이론에서 식(참17-7), 식(참17-8)로 표시한다.

$$M = W^4 \sqrt{\frac{E_c I_c}{64K}} e^{-\beta x} (\cos \beta x - \sin \beta x) = W^4 \sqrt{\frac{E_c I_c}{64K}} \phi_1 \quad (\text{참17-7})$$

$$y = \frac{W}{\sqrt[4]{64E_c I_c K^3}} e^{-\beta x} (\cos \beta x + \sin \beta x) = \frac{W}{\sqrt[4]{64E_c I_c K^3}} \phi_2 \quad (\text{참17-8})$$

식(참17-1)~식(참17-6)으로 계산하는 경우에는 도참(17-3)을 이용하면 편리하다. 그 룬 또는 그 이상의 차륜이 접근하고 있을 때, 임의의 룬의 바로 밑에서의 휨모멘트는 도참(17-1)에 의해 $\phi_1=1$ 이 되며 참(17-9)로 구한다.

$$M_1 = W_1^4 \sqrt{\frac{EI}{64K}} \quad (\text{참17-9})$$

또 하나의 차륜과의 거리를 x_2 로 하고 도참(17-1)에서 βx_2 에 대한 ϕ_1 를 ϕ_2 로 하면 휨모멘트는 식(참17-10)으로 구한다.

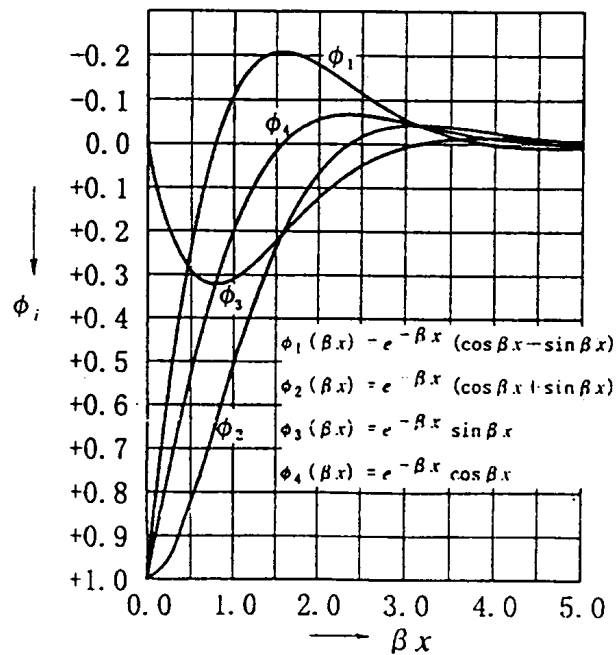
$$M_2 = W_2^4 \sqrt{\frac{EI}{64K}} \phi_{12} \quad (\text{참17-10})$$

따라서 제1輪의 바로 밑에 있어서 합성모멘트는 $M = M_1 + M_2$ 로써 구하여진다.

여기에서 식(참17-1)이 유도된다.

처짐도 같은 모양으로 구한다. 더욱 C 의 값은 다음 값을 써도 좋다.

$$C = 5.0 \times 10^{-2} \sim 0.15 \text{ N/mm}^3$$

도참(17-3) βx 및 ϕ 의 값

(3) 콘크리트 보의 수평력에 대한 활동은 식(참17-11)로 계산한다. 활동에 대한 안전율은 1.2이상이어야 한다.

$$F_s = \frac{\leq P + (LW_c + \sum W_i)f}{P + E_A L} \quad (\text{참17-11})$$

여기서,

- F_s : 활동에 대한 안전율
- P : 수평력 (지진력, 풍압력)(kN)
- E_P : 수동토압(kN/m)
- E_A : 주동토압(kN/m)
- W_c : 콘크리트 보의 중량(kN/m)
- $\sum W_i$: 계산구간에 실린 차륜하중의 합계(kN)
- f : 사석과 콘크리트의 마찰계수, $f = 0.6$
- L : 1블록의 길이 또는 10m중에 짧은 것(m)

(4) 콘크리트 보의 레일(Rail)과 콘크리트 사이의 지압응력, 레일의 응력 등에 대한 검토는 본편 17-3-1 콘크리트 보 참고에 준한다.

(5) 지반반력에 관해서는 1블록의 길이 또는 10m중에 짧은 구간의 보에 관하여 하중이 등분포로 작용하는 것으로 하여, 제4편 2-1 사질토 지반에 의해 검토하여야 한다.

제 18 장 어항 계류시설

18-1 일 반

어항법에서 규정한 계류시설은 안벽, 물양장, 계선부표, 계선말뚝, 잔교, 부잔교, 선착장 및 선양장 등으로 어선이 접안하여 양육, 휴식, 보급 등 어업활동을 원활히 하도록 바다와 육지를 연결하는 시설을 말한다. 그 외에 어항구역 내에 시설되는 여객선, 관리선, 해양 위락용 유람선 등을 위한 계류시설도 이에 속한다.

[해설]

계류시설을 설계하는데 있어서 그 기능을 충분히 발휘할 수 있도록 다음 사항을 고려하여야 한다.

- (1) 자연상황, 어선의 항행 및 정박 등 주변 수역 및 육역의 이용 현황
- (2) 자연조건, 이용조건, 경제여건 등을 감안한 적절한 구조 및 형식의 선정과 배치계획
- (3)自重, 잔류수압, 토압, 파력, 상재하중, 양압력, 어선에 의한 충격력 및 견인력 등에 대한 구조상의 안정성
- (4) 어선의 계류, 어획물의 양육, 자재의 하역, 축양(畜養), 증·양식 등 작업의 원활화와 안정성
- (5) 해양 위락 및 관광객의 안전 수송을 위한 보트, 유람선, 낚시배 등 안전한 수송 설비 및 부대공
- (6) 어업관련 작업 등으로 발생하는 오수, 폐수 등의 항내 유입 및 항내 수질오염방지

18-2 안벽 및 물양장

어선의 접안시설 중에서 전면수심이 기준면(약최저저조위 ($\pm$)0.00m)이하 4.5m이상의 수심에 시설되는 접안시설은 안벽(Quaywall)이라 하고 4.5m미만의 수심에 시설된 접안시설은 물양장(Lighter's Wharf)이라고 한다. 어선이 이용하는 접안시설은 원양선 같은 대형어선이 아니면 거의가 기준면 이하 4.5m보다 얇게 축조되므로 물양장이 주류를 이루며 따라서 물양장 구조가 대부분이다. 물양장 계획수심은 (-)2.0m 물양장, (-)2.5m 물양장 등으로 호칭되어 일반적으로 0.5m의 수심으로 구분되고 있다.

[해설]

물양장을 기능(이용 목적)에 따라 분류하면 다음과 같다.

- (1) 양육용 물양장
주로 어획물을 양육할 때 사용되는 물양장을 말한다.
- (2) 준비용 물양장
출어준비를 위해 어선을 계류하는 물양장을 말한다.
- (3) 휴식용 물양장
휴식할 경우 어선을 계류하는 물양장을 말한다.
- (4) 보급용 물양장
얼음, 연료, 급수의 선적을 위해 사용되는 물양장을 말한다.
- (5) 특정 목적용 물양장
여객선, 관공선 등의 특정목적용 선박이 계류하는 물양장을 말한다. 그러나 실제 어선의 이용형태를 보면 출어 준비를 위한 어구, 식량 등의 선적은 휴식용 물양장을 이용하는 경우가 많다.

[참 고]

(1) 船席길이 및 船席수심

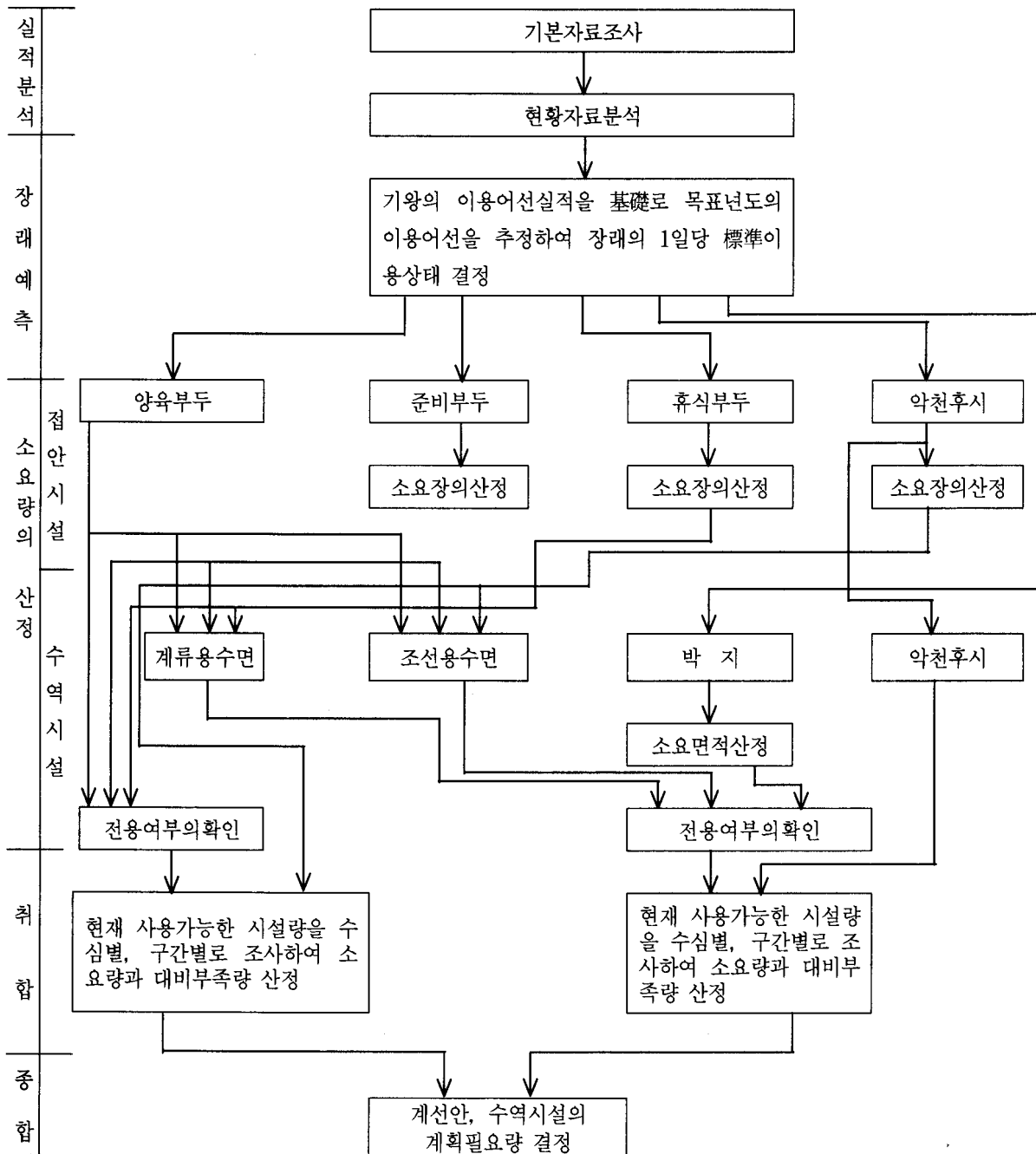
어선의 船席길이 및 船席수심은 이용어선현황을 조사하여 이용어선이 안전하고 원활하게 이용할 수 있도록 정하여야 하며, 특정의 대상어선이 없을 경우에는 제2편 2-1 대상선박의 주요치수 표참(2-3) 어선의 표준선형을 참조해도 좋다.

(2) 계류시설의 소요량 산출

① 계류시설 소요량 산출 순서

계류시설의 소요량을 산출하려면 항내의 물양장을 이용하는 어선수, 톤급별 어선제원, 물양장 이용시간 등을 조사하여 계산에 고려한다. 물양장의 소요 연장은 물양장을 이용하는 어선의 어업형태, 어선의 계류방법에 따라 달라지며 특히 200톤이상의 어선들은 항상 횡접안을 하므로 소요연장 산정시 이를 감안하여야 한다. 또한 물양장 소요연장 계산시 결정적인 영향을 미치는 이용 어선수는 실적치를 근거로 하여 장래 이용어선 척수를 예측하되 관리청의 수산정책을 충분히 감안하여야 한다.

어항시설의 소요량산정은 다음의 도참(18-1)을 참고로 한다.



도참(18-1) 어항시설의 소요량 산정 순서

② 계류시설 소요연장 산정

가. 양육용 물양장

양육용 물양장은 주로 어획물을 양육할 때 사용되는 물양장으로서 어선의 조업형태와 하역형태(하역 방법, 하역시간) 등을 고려하여 소요연장을 산정한다. 어선의 집안방법은 통상 횡집안이며, 소요연장의 산정은 수심별로 행하여야 한다.

각각의 수심마다 소요연장을 다음 식으로 산정한다.

○ 부두연장 산정

$$\text{소요선석수} = \frac{\text{양육척수} \times \text{척당荷役시간}}{\text{1일荷役가능시간} \times \text{1항차소요일수}}$$

$$\text{埠頭연장} = \text{소요선석수} \times \text{선석연장(1.2L)} \quad L : \text{대상 어선 船長}$$

척당 양육시간은 어업형태에 따라 상당히 다르므로 각 어항의 이용실태를 충분히 조사하여 결정하여야 하며, 선단을 구성하여 조업하는 어선일 경우는 양육용 물양장을 이용하는 운반선만 고려한다.

나. 휴식용 물양장

휴식시 어선의 계류를 위하여 사용되는 물양장으로서 어구, 식료품 등의 선적도 행한다. 어선의 계류 방법은 종렬계류(縱列繫留)이며, 소요연장의 산정은 수심별로 행하고 다음 식으로 산정한다.

○ 부두연장 산정

－ 계류방법 : 종렬계류(박지 폭 등 항내여건에 따라 종렬계류의 중첩수를 결정한다.)

$$\text{부두연장} : \frac{\text{接岸척수} \times 1.15B}{\text{중接岸수}} \quad B : \text{대상어선 선평}$$

다. 보급용 물양장(준비용 물양장)

보급용 물양장은 주로 전용시설을 이용하여 얼음, 연료, 급수의 선적을 위해 사용되는 부두로서 급유·급빙·급수부두를 구분하여 산정하며, 어선의 계류방법은 횡렬계류(橫列繫留)이다.

○ 부두연장 산정

－ 계류방법 : 횡렬계류

$$\text{소요선석수} = \frac{\text{보급척수} \times \text{월보급회수}}{\text{회전율} \times 30\text{일}}$$

$$\text{부두연장} = \text{소요선석수} \times \text{선석연장(1.2L)}$$

$$\text{회전율} = \frac{\text{계선안 사용가능시간}}{\text{적당 계선안 사용시간}}$$

라. 특정목적용 물양장

특정목적용 물양장이란 관공선, 정기여객선과 같이 순수한 어업활동 이외의 목적으로 이용되는 계류 시설로서 그 어항의 이용실태를 조사하여 소요 연장을 산정한다. 일반적으로 선박이 어선보다는 대형일 경우가 많아 횡렬로 계류하는 경우가 대부분이나 낙도를 운항하는 카페리와 같이 이용상 종렬계류하는 경우가 있으므로 유의하여야 한다.

마. 대피용 물양장(악천후시)

악천후시에는 물양장의 계류방법이 평상시와 달라지므로 주변에 있는 항의 이용실태를 잘 파악할 필요가 있다. 계류방법은 황천시의 특수사정을 고려할 때 종렬계류가 원칙이며, 양육용, 휴식용 등의 기능구분은 고려할 필요가 없다. 항내 정온이 완전하지 않은 어항에서는 어선 상호간의 충돌로 인한 어선의 파손 등이 발생하지 않도록 충분한 여유를 갖도록 고려하여 산정한다.

소요연장은 다음 식에 의해 산정된다.

○ 부두연장 산정

－ 계류방법 : 종렬계류(박지폭 등 항내여건에 따라 종렬계류 수를 결정한다.)

$$\text{부두연장} : \frac{\text{接岸척수} \times 1.35B}{\text{중接岸수}}$$

18-3 조선과 계류시설의 배치

계류안벽의 배치는 어선이 이안과 접안이 용이하도록 하여야 한다. 각종 기상, 해상현상이 어선의 조선과 계류에 크게 영향을 미치므로 이러한 것을 충분히 고려하여 배치할 필요가 있다.

〔해설〕

- (1) 어항내에서는 통상 종렬 계류가 많으므로 바람으로 인하여 어선끼리 충돌하여 파손되는 것을 방지하기 위하여 항풍(恒風)방향과 어선이 평행하게 계류할 수 있도록 계류시설 법선과 항풍 방향은 직각이 되도록 배치하되 지역에 따라 계류 여건이 다를 수 있으므로 이를 감안하여 배치한다.
- (2) 횡 방향의 바람이나 물의 흐름 등이 있을 경우 또는 직선으로 길게 계선안이 연속되는 경우는 중간에 돌제 등을 배치하되 돌제로 인한 물의 흐름 장애로 해저지형 변화가 발생하지 않도록 배치한다.
- (3) 연속되는 계류시설의 중간에 선양장은 설치하지 않는다.(안벽선·배후지가 분단되어 이용효율이 저하됨)
- (4) 수심은 항구부근에 수심이 깊은 계류시설을 항 내측으로 갈수록 수심이 얕은 계류시설을 배치한다.
- (5) 돌제식 계류시설을 계획하는 경우는 돌제의 길이, 폭에 있어서는 이용어선의 길이와의 관계를 충분히 고려한다.
- (6) 돌제를 2개 이상 설치할 경우 전면의 법선은 가급적 일치시키고, 간격은 어선의 조선방법을 충분히 고려하여 결정한다.
- (7) 어선은 스크류(Screw)의 회전관계로 우측회전은 용이하나 좌측회전은 곤란하며, 항로통행 방법도 우측통행임에 유의할 필요가 있다.
- (8) 물양장의 배치는 양육용 물양장, 휴식용 물양장, 보급용 물양장 등 그 용도에 따라 시설이 유기적으로 활용될 수 있도록 배치한다.
 - ① 양육용 물양장은 배후에 위판장, 창고가 위치할 수 있도록 배치되어야 하며, 배후의 진입도로와의 연결에도 유의하여 배치한다.
 - ② 휴식용 물양장은 가능한 한 주거지와 가까워야 하며, 배후에 어구손질 등의 출어 준비를 할 수 있는 공간이 확보되어야 한다.
 - ③ 급유용 물양장은 외측으로 배치하여 일반 물양장과 어느 정도 분리되도록 배치하는 것이 좋다.
 - ④ 특히 여객선용 물양장일 경우는 배후의 주차장 및 여객청사 등 관련시설 부지 확보에 유의한다.

18-4 계류시설의 설계

- (1) 어항의 접안시설(안벽, 물양장, 잔교, 부잔교)은 일반적으로 시기적 또는 시간적으로 이용이 집중되는 일이 많고, 또 크고 작은 어선이 폭주하는 경우가 많으므로 이러한 특성을 고려하여 어선이 안전할 뿐만 아니라 원활하게 이용할 수 있도록 계획하여야 한다.
- (2) 계선안의 구조 및 형식의 선정에 있어서는 설치위치의 토질, 수심, 파랑 등의 자연조건, 해당시설을 이용하는 어선의 특성 등을 충분히 조사하고, 공사비, 공사기간, 시공의 난이 등에 대해서 비교·검토한 후에 목적에 적합한 특성을 갖는 구조형식으로 결정한다. 조위차가 심한 지역에 있어서 구조 및 형식의 선정에 있어서는 이용상 지장이 없도록 특히 유의한다.

- (3) 계선안의 구조는 다음 사항에 대한 적합성을 고려하여야 한다.

 - ① 전면 벽체는 어선의 접·이안시 적절한 방충구조로 시설한다.
 - ② 전면 수심은 대상어선의 선석수심 이상이 유지되도록 하고 전면의 지질이 어선의 프로펠라 등에 의한 토사의 부양, 조류 등에 의한 세굴이 되지 않도록 조치를 강구한다.
 - ③ 마루높이 결정은 설계조위를 결정하고 대상선박을 고려하여 기왕의 조위자료를 참고로 하고 하구인 경우 홍수위 등도 감안하여야 하며 서·남해안에서의 조위상승 현황을 면밀히 검토하여 적절한 방법으로 마루높이를 정해야 한다.
 - ④ 부두뜰(Apron)은 어획물의 양육, 출어준비 등 어업활동에 지장이 없도록 충분한 폭을 유지하고 차량 등의 이용시 안전하고 신속하게 소통이 되도록 포장을 하는 것을 원칙으로 한다.
 - ⑤ 잔교 및 강널말뚝 구조는 지반조건, 외력에 안전하도록 적절하게 설계되어야 한다.
 - ⑥ 부잔교의 경우 간만의 차에 의하여 적절히 가동이 되고 차량 등이 원활히 통행할 수 있도록 시설하며, 필요시 조절탑을 설치하는 등 적절한 방법을 고려한다.

(4) 부속설비인 방충재, 계선주, 계선환, 계선말뚝 등은 대상선박에 따라 배치, 치수, 수량 및 형식 등을 적절히 정한다.

(5) 안전 관리상 필요로 하는 차막이, 조명, 계단 또는 사다리, 울타리 등의 부속설비도 적절히 고려한다.

[해설]

- (1) 계류시설 설계는 그 기능상 육상시설 설치와 관련하여 다음 사항을 고려하여야 한다.
- ① 물양장의 설계에 있어서는 표해(18-1)의 부속설비를 고려하여 하중의 결정, 세부설계 등을 시행한다.
 - ② 널말뚝식 계선안의 타이로드상에는 구조물의 설치를 피하여야 한다.
 - ③ 마루뜰상에 급수·급유설비를 설치할 경우는 물양장 이용상 지장이 생기지 않도록 설계한다.
 - ④ 안벽에 배수구를 설치할 경우는 되도록 어선의 계류장소를 피한다.
 - ⑤ 마루뜰상에 조명설비의 전주 등을 설치할 경우는 계류시설을 공사할 때 기초를 동시에 시공하도록 배려한다.
- (2) 어선의 계류시설에는 그 기능상 필요한 표해(18-1)와 같은 지상 시설물들이 설치되어야 하므로 설계 시에 시설물의 위치, 하중 등 계류시설에 미치는 영향을 검토하여야 한다.

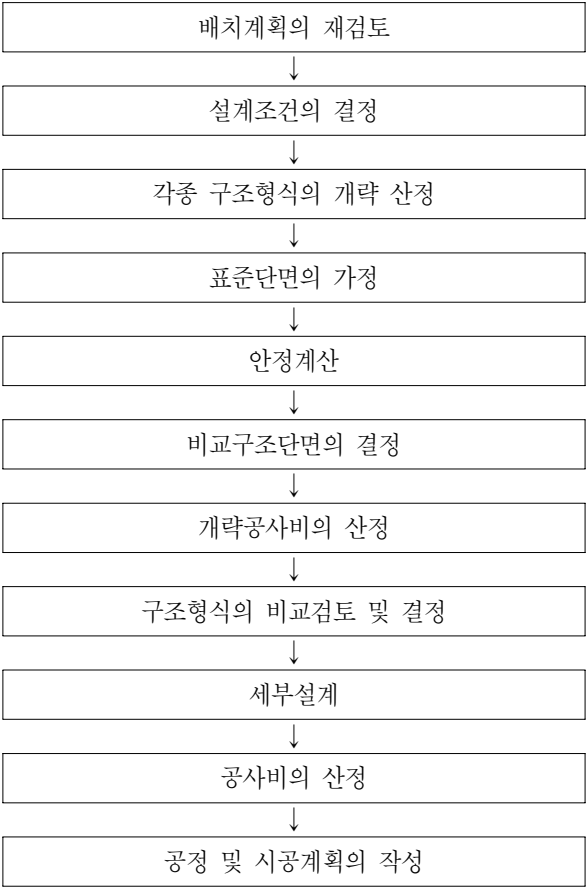
표해(18-1) 부속설비

분 류	부 속 설 비
양육용 물양장	위판장 양육설비(크레인, 포크리프트, 벨트컨베이어) 급·배수설비(수도, 펌프, 에프론상의 오수처리) 조명설비 소화설비
보급용 물양장	급·배수설비 급빙설비 급유설비 급전설비 조명설비 소화설비
휴식용 물양장	조명설비

[참 고]

(1) 계류시설의 설계 순서

계류시설의 설계는 일반적으로 다음 순서에 의한다.



도참(18-2) 계류시설의 설계순서

18-5 계류시설의 제원

18-5-1 축조한계

계선 안벽의 벽면 및 토우(Toe) 부분의 형상은 어선의 접·이안 시 어선과 접촉하지 않도록 적절히 정하여야 한다.

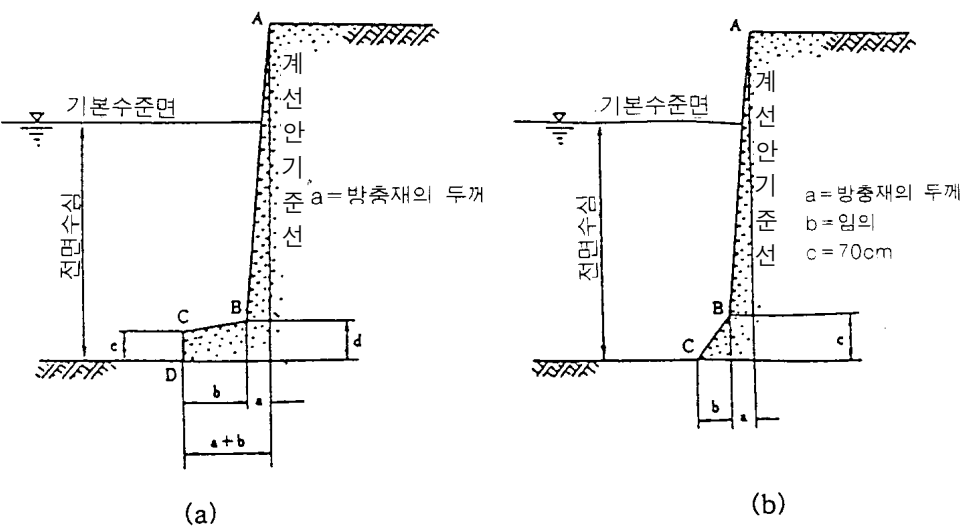
[해 설]

계선 안벽의 벽면 형상은 이용어선의 형상, 접안 방법 등을 감안하여 어선이 안벽에 접·이안시 어선이 벽면에 접촉하여 손상되는 일이 없도록 정하여야 한다.

[참 고]

계선 안벽의 기준선에서 부터의 축조한계는 다음과 같이 한다.

계획수심이 (-)5m 이하의 계선안은 도참(18-3)(a)의 절선 ABCD, 또 (-) 6m 이상의 계선안은 도참(18-3)(b)의 절선 ABC를 계선안의 축조한계로 해도 좋다.



도참(18-3) 축조한계

도참(18-3)(a)의 bcd와 전면수심의 관계는 표참(18-1)에 표시한 값을 표준으로 한다.

표참(18-1) 축조한계 값

전면수심	(-)3.0	(-)3.5	(-)4.0	(-)4.5	(-)5.0
b(m)	1.3	1.5	1.8	2.0	2.4
c(cm)	30	30	35	40	45
d(cm)	50	50	55	60	65

18-5-2 설계수심

본편 2-5 설계수심의 해당사항에 준한다.

[참 고]

계획수심은 계류시설을 이용하는 어선 중 최대어선의 만재흘수에 다음의 여유 값을 더한 것이 일반적이다.

- 해저의 지반이 경질지반일 경우 0.5m 이상
- 해저지반이 연질지반일 경우 0.5m

휴식용 물양장은 공선흘수를 사용하여도 무방하며, 장래계획 대상선박의 형식, 치수 등이 명확하지 않을 때는 표참(18-1)의 어선의 제원을 참조한다. 또한 항내 정온이 유지되지 않고 해저지반이 경질지반일 경우에는 상기의 여유수심보다 크게 할 필요가 있다.

18-5-3 마루높이

본편 2-2 안벽의 마루높이의 해당사항에 준한다.

[참 고]

장래계획시 입항선의 형식, 치수 등을 명확히 정하기 곤란한 경우 계류시설의 마루높이는 식망평균만조위(H.W.L)상 표참(18-2)을 더한 것을 참고로 해도 좋다. 또 휴식용 물양장에 대해서는 표참(18-2)의 여유치 범위 내의 수치를 한번 더 더한다.

- 양육용 물양장, 준비용 물양장 마루높이 : H.W.L + (표참(18-2)의 값)
- 휴식용 물양장 마루높이 : H.W.L + (표참(18-2)의 값) + (표참(18-2)의 여유치)

표참(18-2) 접안시설 마루높이

조위차 (H.W.L-L.W.L)	대상어선(G.T)			
	0~20톤	20~150톤	150~500톤	500톤 이상
0 ~ 1.0 (m)	0.7(m)	1.0(m)	1.3(m)	1.5(m)
1.0 ~ 1.5	0.7	1.0	1.2	1.4
1.5 ~ 2.0	0.6	0.9	1.1	1.3
2.0 ~ 2.4	0.6	0.8	1.0	1.2
2.4 ~ 2.8	0.5	0.7	0.9	1.1
2.8 ~ 3.0	0.4	0.6	0.8	1.0
3.0 ~ 3.2	0.3	0.5	0.7	0.9
3.2 ~ 3.4	0.2	0.4	0.6	0.8
3.4 ~ 3.6	0.2	0.3	0.5	0.7
3.6 이 상	0.2	0.2	0.4	0.6
휴식용 물양장 여유치	0(m)	0~0.5(m)	0.5~1.0(m)	1.0(m)

18-5-4 부두뜰(Apron)

(1) 부두뜰 폭

부두뜰의 폭은 물양장 이용방법이나 배후지의 상황 및 물양장 구조 등에 따라서 적절한 값을 정한다.

(2) 부두뜰의 경사

부두뜰의 횡단경사는 강우강도나 배후지의 이용상황을 충분히 고려하여 이용 지장이 없도록 결정한다.

[참 고]

- (1) 부두뜰 폭의 표준치로서 일본의 「어항구조물 표준 설계법」에서는 표참(18-3)의 값을 제시하고 있다. 그러나 근래 어항의 부두뜰의 기능이 증대하고 있으므로 10m 이상을 확보하는 것이 바람직하다.

표참(18-3) 부두뜰

분 류		에프론 폭(m)
양육용 물양장	어획물을 전부 헛간에 반입	3.0
	에프론 상에서 자동차에 의해 직송	10.0
보급용 물양장		10.0
휴식용 물양장		6.0

(2) 횡단경사는 1/30~1/50을 표준으로 하나 조위나 이용 상황에 따라 다르게 결정할 수 있다. 위판시설이 있는 어항의 경우는 汚水가 발생하므로 오수처리를 위하여 해측 높이는 역경사를 사용하는 것이 바람직하다.

18-5-5 세굴방지공

본편 제2장 2-5 세굴방지공의 해당사항에 준한다.

18-6 계류시설의 구조형식

본편 2-6 구조형식의 선정의 해당사항에 준한다.

[참 고]

어항에 많이 있는 계류시설의 주요 구조형식과 형식별 특성은 다음과 같다.

표참(18-4) 계류시설 구조형식별 특성

조건	중력식 안벽	널말뚝식 안벽	잔교식 안벽	계단식 안벽	부잔교식 안벽
자연조건	- 연약지반의 경우 및 내진구조로서 부적당한 것이 많다. - 수심이 깊으면 벽체의 자중이 증대하므로써 비경제적이 된다.	- 경질지반 또는 전석층의 경우는 널말뚝의 타입이 곤란하다. - 지질이 극히 연약하여 널말뚝의 저항토압이 부족한 경우는 적용이 불가능하다.	- 연약지반의 경우 또는 내진구조에 적합하다. - 경질지반 또는 전석층의 경우는 말뚝 타입이 곤란하다. - 파의 충격을 받는 곳에는 상판이 재해를 입는 일이 있다.	- 구조 특성은 중력식과 동일하다. - 간만의 차가 큰 곳에서 통상의 형식으로는 어선의 접안, 어획물의 양육에 지장을 초래하는 경우에 사용한다.	- 파랑이 있는 경우에는 부적당하다. - 파력에 대한 저항력이 약하다 - 조위차가 큰 곳, 수심이 깊은 곳에 사용한다.
시공조건	시공이 간단하고 경험이 많다.	시공장비가 비교적 간단해서 공사를 신속하게 할 수 있다.	시공이 간단하고 경험이 많다.	중력식 계선안과 동일하다.	신설, 이설이 비교적 간단하다.
이용조건	비교적 견고하기 때문에 어선의 충격에 강하다.	유지관리가 필요하다.	수평하중에 대해서 비교적 약하다.	소형어선을 대상으로 하고, 대형어선의 이용 및 대량 양육을 필요로 하는 곳에서는 부적합하다.	- 어선 등의 충격, 견인력에 대한 저항력이 작다. - 재하력이 적다. - 조위차가 큰 곳에는 소형선의 계류가 용이하다.

18-7 중력식 안벽

18-7-1 일 반

어항에 주로 사용되는 중력식 안벽의 구조형식은 콘크리트 블록식(Concrete Block Type), 콘크리트 셀 블록식(Concrete Cellular Block Type), 현장타설 콘크리트식, L형 블록식, 케이슨식(Caisson Type), 소파블록식 등이 있으며 본 장에서 설명하는 설계법은 이들 모든 중력식 안벽에 적용된다.

[참 고]

중력식 안벽의 구조형식상의 특성은 표참(18-5)과 같으며, 구조형식의 선정은 이런 특성 및 경제성을 충분히 검토하여 가장 합리적인 것을 선정한다.

표참(18-5) 중력식 안벽의 구조형식별 특성

구 조	자 연 조 건	재 료 조 건	시 공 조 건	구 조 조 건
콘 크 리 트 블 록 식	◎ 양질의 사력층에 적합하다.	◎ 재료의 구득이 용이하다.	◎ 시공이 용이하다 ◎ 제작설비가 간단하다. ◎ 블록제작장을 필요로 한다.	◎ 배후의 강력한 토압에 견딜 수 있다.
셀블록식	◎ 양질의 사력층에 적합하다.	◎ 제체의 속채움 재료에 의해서 공사비가 절약되는 점이 유리하다.	◎ 시공도 빠르고 시공 설비도 대규모의 것을 필요로 하지 않는다. ◎ 대용량에 비해 경량이다.	◎ 대형 물양장에 콘크리트 블록식보다 유리하다.
현 장 타 설 콘 크 리 트 식	◎ 지반이 암반같은 경우에 적합하다 ◎ 정온한 장소가 아니면 시공이 곤란하다.	◎ 제작장이 필요치 않다.	◎ 현장에서 직접 시공할 수 있기 때문에 복잡한 시공설비를 요하지 않는다.	◎ 암반의 경우는 저면의 마찰계수를 크게 하는 것이 가능하여 단면을 축소할 수 있다.
L-형 블록식	◎ 다른 형식에 비해 지반이 불량한 곳에는 사용이 불가능하다.		◎ 거치시 대형 기중기선을 필요로 한다.	◎ 토압에 저항하는 중량으로 토사 또는 사석을 이용할 수 있다.
케 이 슨 식	◎ 설치수심이 깊은 경우에 사용된다.	◎ 속채움 재료를 싼값으로 구입할 수 있는 곳에는 공사비를 절약할 수 있는 점이 유리하다.	◎ 해상작업일수를 단축할 수 있다. ◎ 대규모의 제작설비를 요한다.	◎ 대형 단일구조로 할 수 있다.
소파블록식	◎ 진입파, 반사파 등의 영향으로 보통의 직립 벽으로는 항내 정온도를 기대할 수 없는 경우에 적합하다. ◎ 부진동 등 주기가 긴 수면 변동에 대해서는 효과가 적다.		◎ 제작설비를 요한다.	◎ 마루높이가 고정되어 있는 경우에 H.W.L 보다 위의 소파부가 적으면 만조시에는 소파효과를 별로 기대할 수 없다.

18-7-2 벽체에 작용하는 외력과 하중

본편 제3장 중력식 안벽의 해당사항에 준한다. 단 지진력이나 지진시의 동수압에 대해서는 제2편 제12장 지진 및 지진력의 해당규정에 따른다.

18-7-3 안정계산

본편 제3장 중력식 안벽의 해당사항에 준한다.

18-7-4 기초공

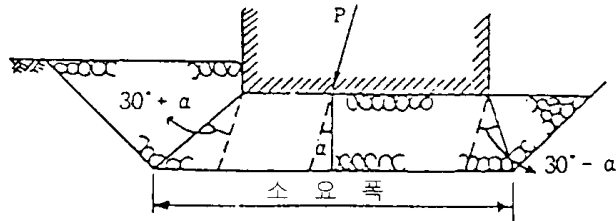
제4편 2-4 편심경사하중에 대한 지지력 및 본편 3-3-3 기초지지력에 대한 검토의 규정에 준하여 계산한다. 또 기초말뚝을 사용할 경우 제4편 제4장 말뚝기초의 지지력의 규정에 준한다.

[참 고]

얕은 기초일 경우 벽체 저면에 작용하는 힘은 수직하중과 수평하중의 합력이 작용하게 되므로 제4편 2-4 편심·경사하중에 대한 지지력에 의해 검토하는 것이 일반적이다. 얕은기초로 설계할 경우 다음 사항을 고려하는 것이 좋다.

(1) 기초가 사질지반일 경우

- ① 기초사석의 폭은 제체의 양단으로부터 합력의 작용선 방향에서 30° 의 바깥쪽으로 그은 선이 기초지반과 교차한 점을 잇는 부분을 소요폭으로 한다.
- ② 기존 지반상에 사석으로 기초를 설치할 경우는 사석내부의 활동을 고려하여 단면을 결정한다.



도참(18-4) 기초사석의 소요 폭

(2) 기초 지반이 암반일 경우

- ① 벽체가 수중 또는 주입 콘크리트의 경우는 암반의 표면을 좌우로 잘 고르고 벽체 콘크리트를 타설한다.(이런 경우는 잔류수위가 빠질 수 있는 별도의 조치를 하거나 잔류수위를 H.W.L까지로 하여 제체의 안정을 검토한다.)
- ② 연암의 경우는 암반을 0.3m정도 파서 벽체 콘크리트를 타설하고, 필요한 경우는 전면에 밀다짐공을 시공한다.
- ③ 암반의 일부를 벽체로 이용하는 경우는 충분한 강도가 있는 양질의 암반만으로 한다. 이 경우 콘크리트의 두께는 0.5m 이상으로 하고, 암반에 충분히 밀착시키도록 시공한다.

18-7-5 뒷채움공

중력식 계선안은 양질의 재료로 뒷채움을 시공하여 벽체에 대한 토압을 감소시킬 수 있다. 토압 감소 효과에 대해서는 본편 3-4 뒷채움의 효과에 준한다.

[참 고]

뒷채움공의 재료로는 주로 부순 골재, 막자갈, 호박돌 등이 사용된다. 뒤채움공의 설계에 있어서는 다음사항들을 고려한다.

- (1) 사석은 부순 골재로 될 수 있는 한 면이 거칠은 것을 사용한다.
- (2) 뒤채움의 배면에는 매립토의 유출방지를 위하여 필터층을 두거나 필터 매트를 부설한다.
- (3) 제체 배후를 펌프 준설로 매립하는 경우는 필터 매트를 부설하고 내외 수위 차에 의한 매트(Mat)의 고정을 위하여 토사 또는 사석으로 성토를 하는 것이 좋다.

18-7-6 상부공

상부공의 구조는 부대설비를 설치해야 하므로 부대설비 설치에 적합한 형상으로 설계하여야 한다. 상부공은 본편 3-5 세부설계의 해당 규정을 적용한다.

[참 고]

상치콘크리트의 설계에는 다음 사항들을 고려한다.

- (1) 상부콘크리트의 마루폭은 1.0m이상, 배면의 경사는 1:0.5로 표준으로 하고 방충재, 계선주, 차막이, 계단 등의 부대설비 설치를 고려하여 단면을 결정한다.
- (2) 상부콘크리트의 이음부는 균열조절을 위해 10~15m 간격으로 정하되 현장여건을 고려하여 간격을 조정한다.
- (3) 벽체의 침하가 예상되면 침하가 안정되기를 기다려 상치 콘크리트를 시공한다.

18-7-7 부두뜰 포장

부두뜰 포장은 본편 16-2-3 포장형식 선정에 해당 규정에 준한다.

[해 설]

부두뜰 포장은 본편 제16장 부두뜰의 규정을 적용하는 것을 원칙으로 한다. 다만, 구조물의 형식이나 규모 및 시공조건이 열악하여 동 규정을 적용하기 어렵다고 판단될 경우는 다음과 같은 사항을 고려하여 설계한다.

(1) 포장형식

부두뜰의 포장은 노상이하의 토질상태, 시공성, 유지관리 등을 종합적으로 검토하여 결정하나, 일반적으로 콘크리트 포장으로 한다.

(2) 포장의 구성

- ① 콘크리트 포장의 두께는 20cm이상을 표준으로 한다.
- ② 포장의 기초는 기층 및 보조기층을 합해 30cm두께 이상으로 하고, 기층재는 1개 10kg정도 이하의 부순 골재 또는 막자갈을 사용하는 것이 좋다.
- ③ 포장은 원칙적으로 매립 완료 후 1년 이상 경과하여 매립토의 침하가 안정된 후 시공하는 것이 좋다.

18-8 널말뚝식 안벽

18-8-1 일 반

(1) 어항에 주로 이용되는 널말뚝식 계선안의 주된 구조형식은 다음과 같다.

- ① 보통 널말뚝식 계선안
- ② 자립식 널말뚝(강관) 계선안
- ③ 경사말뚝식 널말뚝 계선안
- ④ 선반식 널말뚝 계선안

(2) 구조형식 및 설계방법은 본편 제5장 타이로드식 안벽의 해당사항에 준한다.

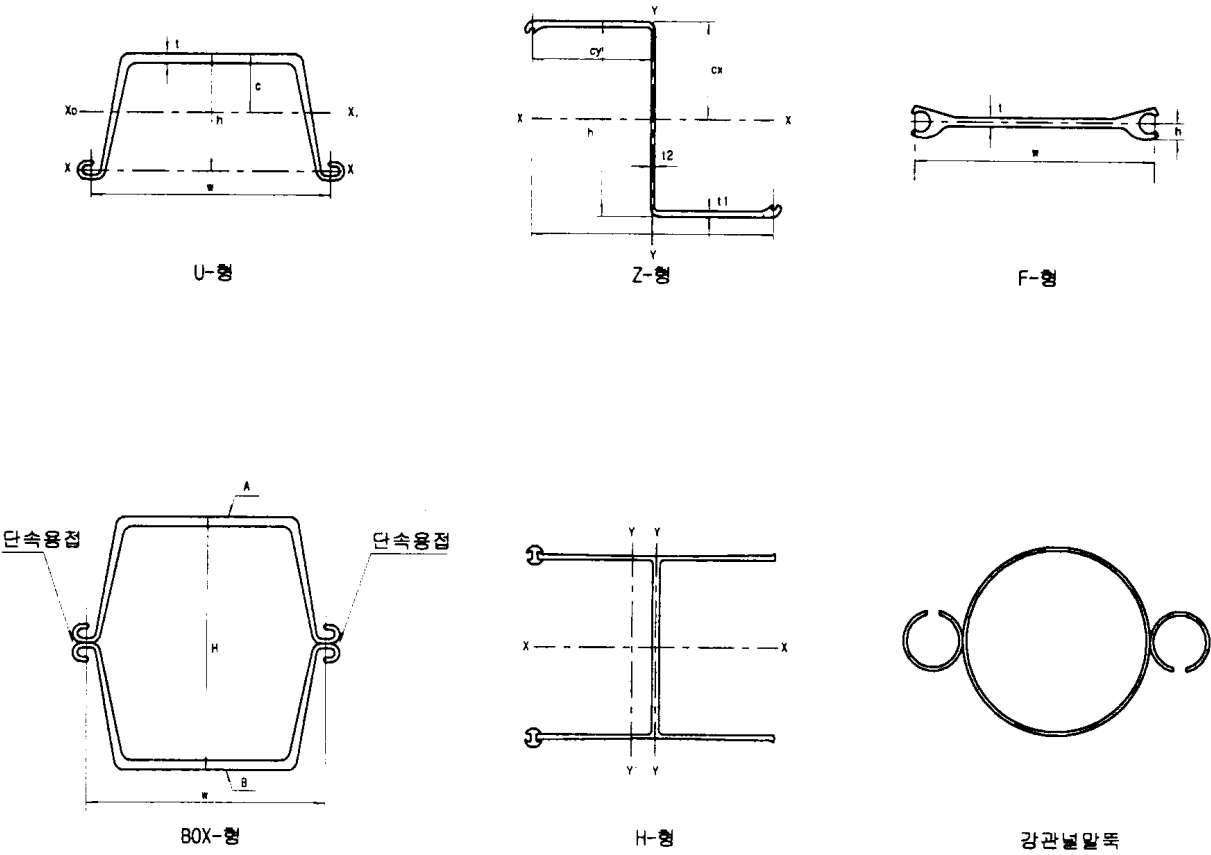
[참 고]

(1) 널말뚝의 종류

널말뚝은 콘크리트 널말뚝과 강재널말뚝이 있으나 어항에서 주로 사용되고 있는 강재널말뚝은 모양에 따라 U-형, Z-형, F-형이 일반적으로 사용되고, 단면계수를 높이기 위한 박스형, H-형, 강관말뚝 등이 다양하게 개발되어 있다.

① 강널말뚝의 종류와 특성

강널말뚝을 형상에 따라 분류하면 도참(18-5)과 같은 것들이 있다.
종류별 특성은 표참(18-6)과 같다.



도참(18-5) 형상에 의한 강널말뚝의 종류

표참(18-6) 강널말뚝 종류와 특성

종 류	특 성	비 고
U형 널말뚝	단면이 U형으로 현재 국산널말뚝의 단면계수(Z)는 874~3,150cm ² /m의 범위이다.	국내생산
Z형 널말뚝	단면이 Z형으로 전단력 최대의 단면에 이음이 되고, Z/W가 U형에 비해 크다는 특색이 있으며, 단면계수는 2,510~4,550cm ² /m의 범위이다.	
직선형 널말뚝	단면이 직선형으로 셀(cell)에 사용된다.	
경량 널말뚝	단면계수가 작고 소형계선 또는 가설공사에 사용된다. 단면계수는 27.2~5.8cm ² /m의 범위이다.	
강관 널말뚝	강관에 이음쇠를 붙인 것으로 보통 강널말뚝보다 큰 단면계수(2,230~36,500cm ² /m)의 것이 있다.	국내생산
조합한 강널말뚝 (박스형)	U형 강널말뚝을 2장씩 맞붙여 조합한 것으로 그 합친 이음쇠를 용접한 다음에 차례차례로 맞물려 타입함으로서 강도를 크게 한 것이다. 단면계수는 1,520~7,240cm ² /m의 범위이다.	국내생산
H형 널말뚝	단면이 H형으로 단면계수가 상당히 크고, 단면계수는 498~7,420cm ² /m 것이다.	

② 콘크리트 널말뚝

어항의 소형 물양장 설계에 이용되는 콘크리트 널말뚝의 종류와 특성은 다음 표참(18-7)과 같다.

표참(18-7) 콘크리트 널말뚝의 종류와 특성

종 류	내 용	비 고
T형 벽체말뚝	단면이 T형으로 내구성 및 수밀성이 양호하며 편심프리스트레스의 도입으로 저항모멘트가 크다. 단면계수는 3,785~18,996m ² /EA의 범위이다.	국내생산
π형 벽체말뚝	단면이 π형으로 T형과 특성이 같으며, 단면계수가 5,120~32,234 m ² /EA의 범위이다.	국내생산

18-9 잔교식 안벽

잔교식 안벽의 설계는 본편 제4장 잔교식 안벽의 해당 규정에 준한다.
설계하중과 외력 중에 지진 및 지진력에 관한 사항은 제2편 제12장 지진 및 지진력의 해당 규정에 따른다.

18-10 계단식구조 안벽

18-10-1 일 반

계단식구조 안벽의 구조특성은 일반 중력식 안벽과 동일하나 조위차가 큰 어항에서 조위차로 인한 어선의 계류, 어획물 등의 양육을 조위의 영향을 받지 않게 구조물 상부, 또는 일정구간을 계단구조로 시설하는 것을 말하며, 계류시설의 법선 방향과 계단의 설치 방향에 따라 횡계단, 종계단으로 구분한다.

구조물의 설계는 벽체부와 계단부의 설계로 구분하여 시행하며 벽체부의 설계는 본편 제3장 중력식 안벽, 제5장 타이로드식 안벽의 해당규정에 따른다.

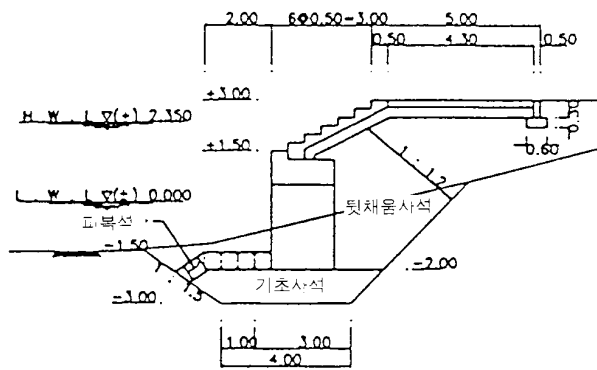
[참 고]

계단식구조 안벽은 우리나라의 경우 남해안 일부 어항과 서해안의 대부분의 어항에서 시설하고 있으며, 조위차가 3.5~4.0m 이상이 되면 계단식 구조의 적용을 검토해야 한다.

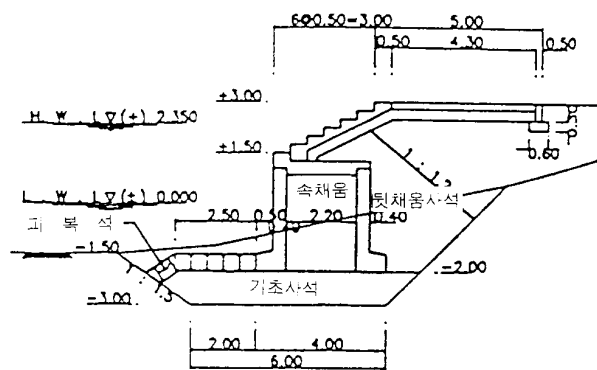
(1) 계단식 구조안벽의 종류

계단의 설치방법에 따라 다음 4가지로 대별되며, 각 어항의 자연조건 및 이용조건에 따라 적합한 구조를 선택하여야 한다.

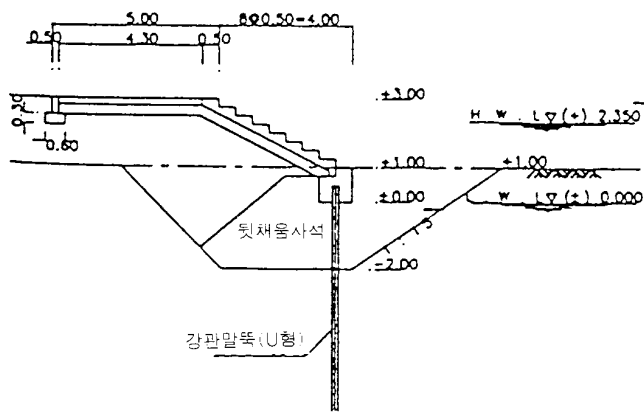
- ① 물양장 전 구간에 횡계단을 설치하는 경우
- ② 물양장 일부 구간에만 횡계단을 설치하는 경우



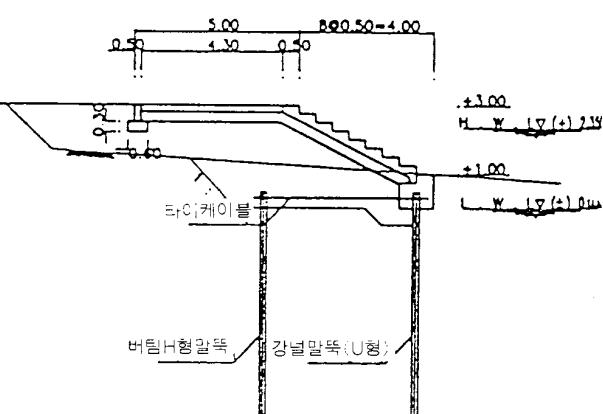
(a) 블록식 물양장 횡계단



(b) 셀블록식 물양장 횡계단



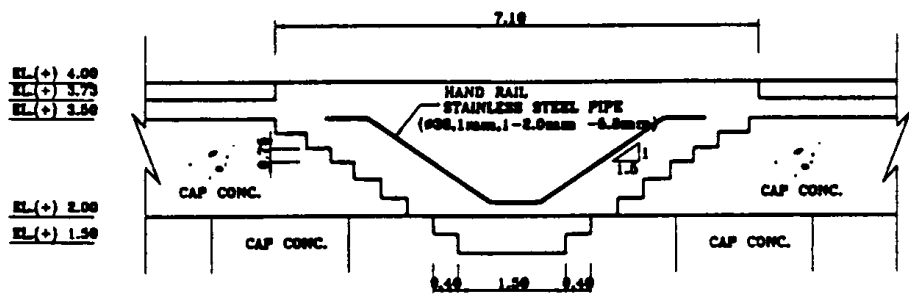
(c) 자립식 강널말뚝 물양장



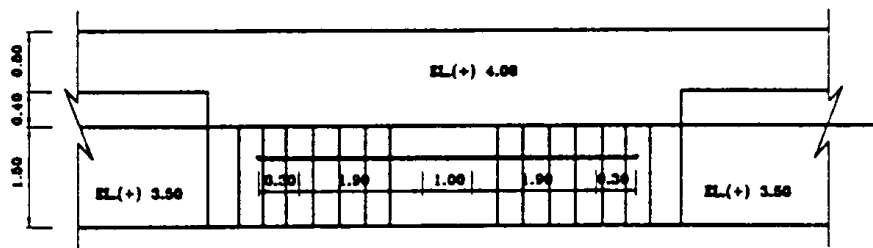
(d) 타이식 강널말뚝 물양장

도참(18-6) 횡계단 설명도

- ③ 물양장 일부에 종계단을 설치하는 경우
- ④ 물양장 일부에 횡계단을 설치하고 그 중간 일정구간에 종계단을 설치하는 경우

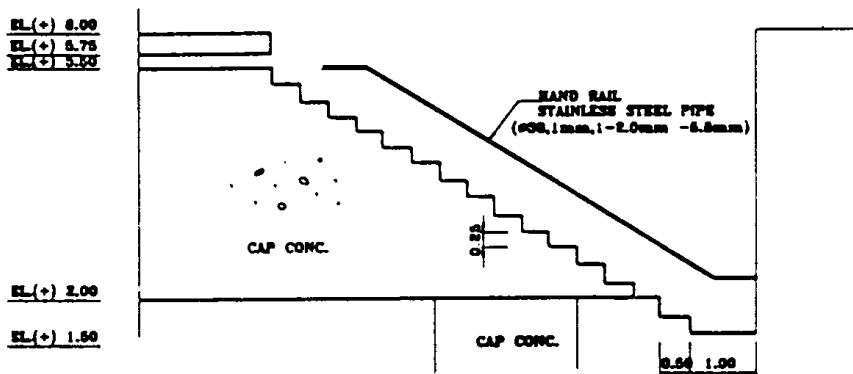


정 면 도



평 면 도

(a) 양쪽 종계단도



(b) 조차가 큰 해안의 한쪽 종계단도

도참(18-7) 종계단 설명도

도참(18-7)의 종계단 설명도는 종계단을 설치할 때 조위차가 큰 경우 양쪽 종계단을 두면 계단 폭이 넓어져 양육 등의 작업을 하는 어선이 종계단에 얹힐 염려가 있어 한쪽 종계단을 설치하는 것이다.

(2) 벽체의 마루높이

벽체의 마루높이는 설치장소의 평균해면 이하로 하되 조위, 이용어선의 크기, 어획물 양육 형태 등의 조건을 감안하여 결정한다.

(3) 안정계산

안정계산은 본편 제3장 중력식 안벽, 제5장 타이로드식 안벽 등과 동일하나 설계 외력 중 토압 및 잔류수압에 대해서만 계단부의 설치를 고려하여 다음과 같이 적용시킨다.

① 토압

계단부가 짧아서 벽체의 일부로 간주될 경우에는 계단부를 벽체로 보고 계산한다(도참(18-8) 참조).

② 계단부가 충분히 길 경우에는 지표면 경사의 토압을 취한다(도참(18-9) 참조).

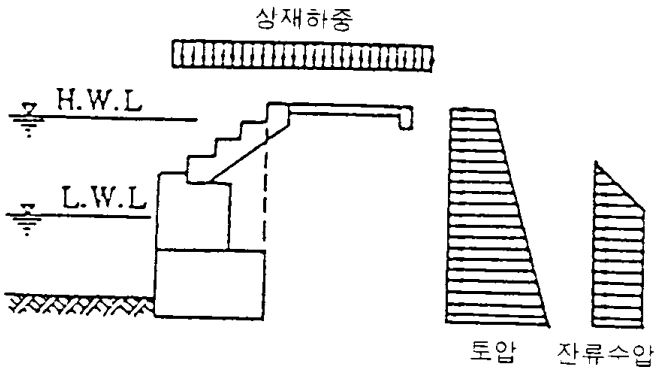
지표면 경사의 토압계수는 표참(18-8)과 같다. 또 토압 외에 계단부의 활동으로 인한 수평력, 수직력은 벽체 상부에 가산한다.

표면이 경사져 있을 경우의 주동토압은 다음 식으로 계산한다.

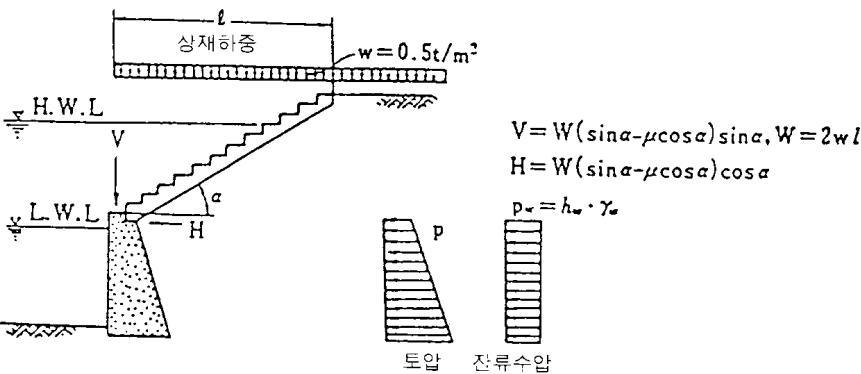
$$P_A = K_A \left(rh + \frac{200}{\cos \alpha} \right)$$

여기서, α : 계단의 경사각(°)

K_A :主 動 土 壓 係 數



도참(18-8) 계단부가 낮은 경우의 토압



도참(18-9) 계단부가 높은 경우의 토압

표참(18-8) 지표면이 경사되어 있을 때의 주동토압 계수

$\cot \alpha \backslash \Psi$	25°	30°	35°	40°
2.5	0.60	0.46	0.36	0.28
2.0		0.55	0.40	0.30
1.5			0.56	0.34

③ 잔류수압

전항의 계단부가 짧은 경우의 잔류수압은 통상의 잔류수압으로 하고, 계단부가 긴 경우 도참(18-9)와 같은 조건을 적용한다.

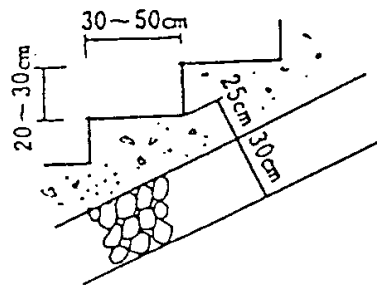
④ 상재하중

계단 및 부두뜰(Apron) 부분에 $0.5t/m^2$ 의 상재하중을 작용시키고, 계단부의 하중은 고려하지 않아도 좋다.

(4) 계단의 설계

계단의 표준치수는 도참(18-10)를 참조한다.

무근콘크리트의 경우에는 높이를 최소 25cm로 하고 더 얇은 경우 철근으로 보강한다.



도참(18-10)계단부의 표준치수

18-11 부잔교

18-11-1 부잔교의 형식

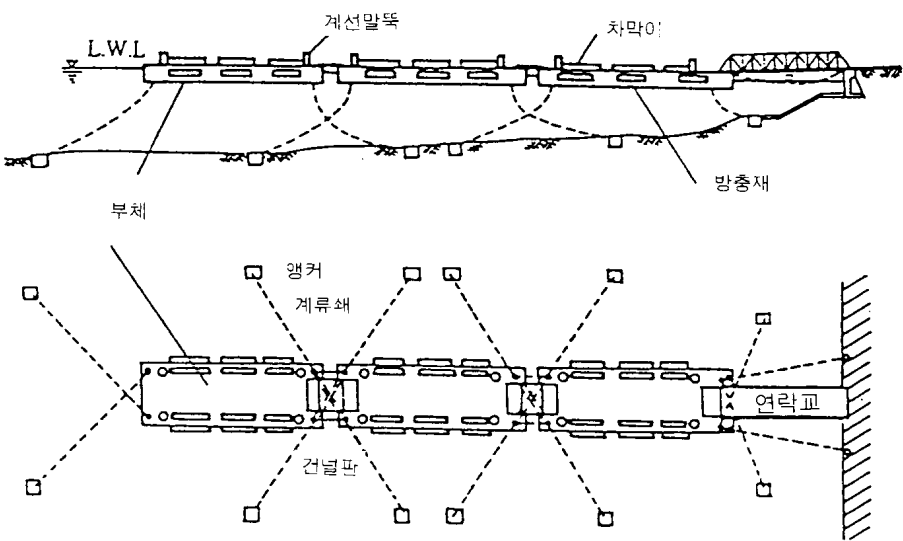
부잔교는 조위차가 큰 곳에 적합하며, 파도나 조류의 유속이 적은 곳에 적합한 구조이다. 부잔교는 부함(浮函・Pontoon)의 계류방식에 따라 계류쇄(繫留鎖/Chain) 방식과 계류말뚝방식으로 대별할 수 있다. 구조형식은 분류 방법에 따라 여러 가지가 있다. 구조형식의 선정은 설치조건, 이용의 편의성, 경제성 등을 검토하여 신중히 하여야 한다.

[참 고]

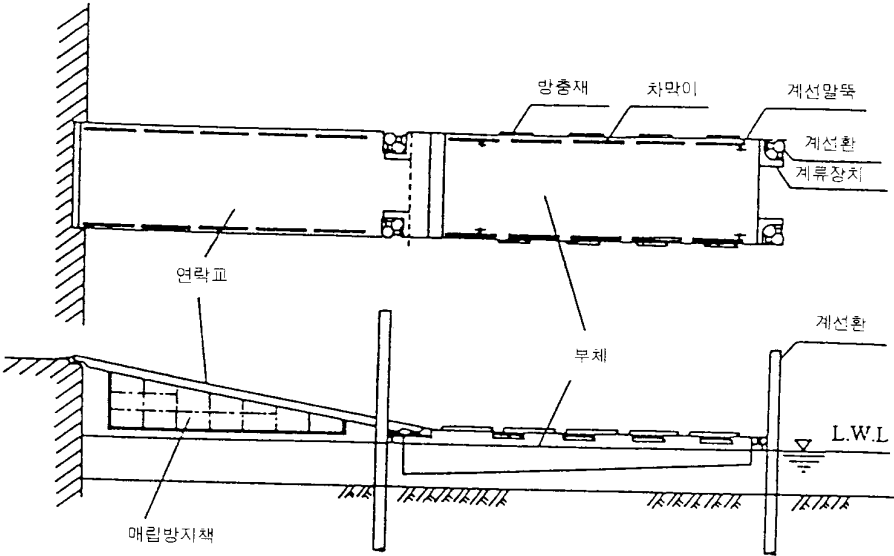
부잔교는 수면에 떠 있기 때문에 파도와 흐름을 고려하여야 하며, 보통 흐름은 $0.5m/sec$ 이하, 파고는 $1.0m$ 이하가 되는 곳에 설치하는 일이 많다. 그러나 어항 내에 비교적 주기가 긴 파랑이 발생한 경우에는 주의하여 설치를 검토하여야 한다. 부잔교는 계류방식, 안벽과의 배치나 연락방법 등에 의해 여러 가지로 분류된다.

(1) 계류방식에 의한 분류

繫留鎖(Chain)에 의해 부함을 계류하는 繫留鎖 방식과 계류말뚝에 계류하는 계류말뚝 방식이 있다. 계류쇄 대신 繫留索(Wire)을 사용하는 방법, 계류말뚝 대신 돌핀을 사용하는 방법도 있으나 여러 가지 사유로 어항에서는 사용 예가 없으므로 이에 대한 설명은 생략한다.



도참(18-11) 繫留鎖 繫留방식



도참(18-12) 말뚝 繫留방식

(2) 안벽과의 배치에 의한 분류

- ① 횡접안식 ——— 부안벽식
 안벽보조식
- ② 종접안식 ——— 돌제식 ————— 계선연락교 부설 돌제식
 부가가치형 돌제식 ——— 활어조 부설 돌제식

(3) 연락교 형식에 의한 분류

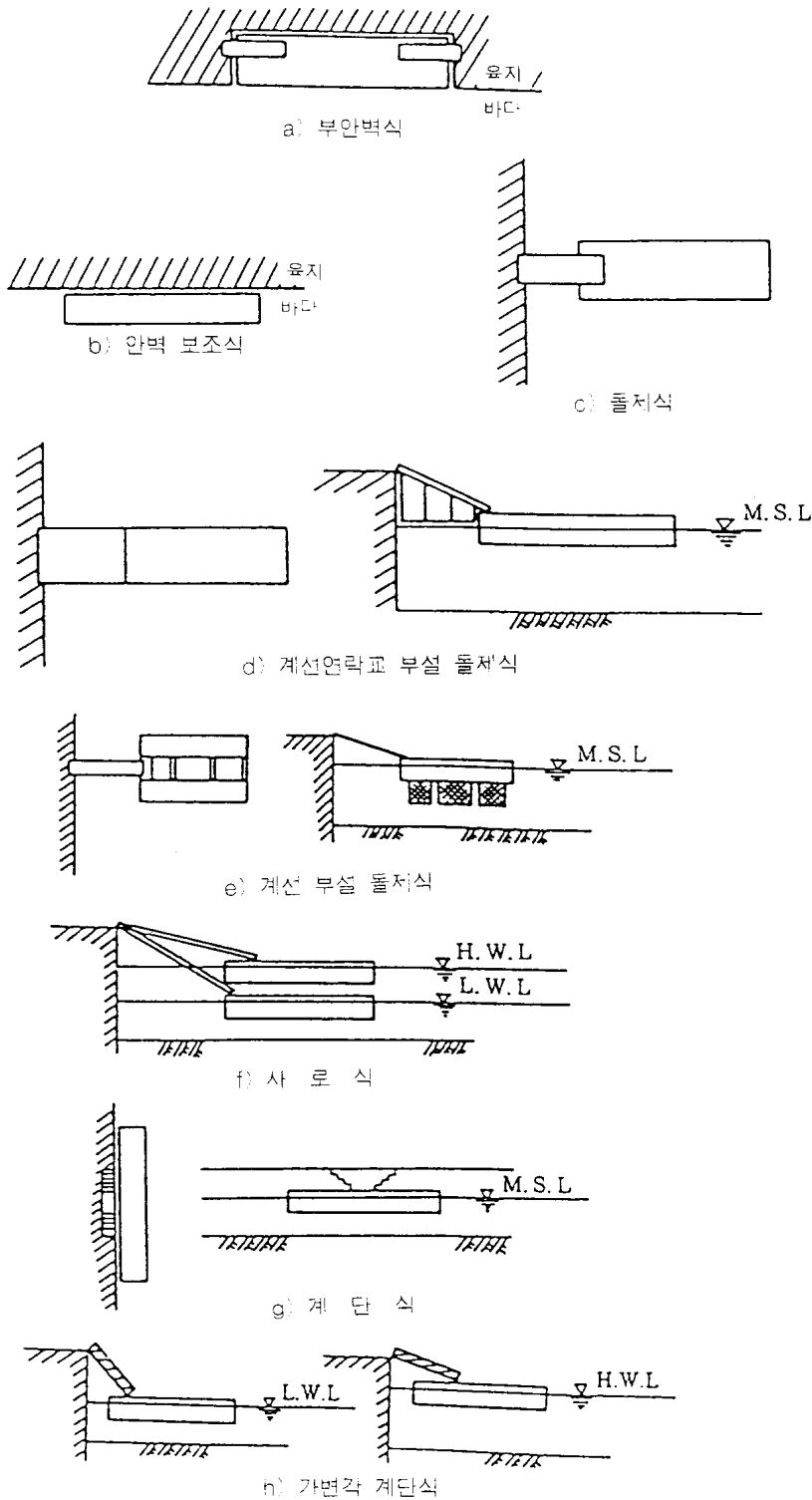
- ① 사로식
- ② 계단식

③ 가변각 계단식

(4) 기타

① 부함의 재질에 의한 분류

② 부함과 계선말뚝과의 연결방식에 의한 분류



도참(18-13) 부잔교 형식의 예

18-11-2 연락교 및 도교

연락교와 도교의 설계는 본편 9-5 연락교와 도교의 설계의 해당사항에 준한다.

18-11-3 폰툰(Pontoon)의 설계

부함의 설계는 본편 9-3 폰툰의 설계의 해당사항에 준한다.

[참 고]

어항에서 사용되고 있는 폰툰은 일반적으로 길이는 10~30m, 폭은 5~10m와 폰툰 높이는 2~4m인 것이 많다.

18-11-4 계류쇄와 앵커의 설계

계류쇄와 앵커의 설계는 본편 9-4 계류시스템의 설계에 준한다.

[참 고]

말뚝 계류 방식을 채택할 경우 다음 사항을 참고한다.

- (1) 계류말뚝에 걸리는 하중은 계류장치의 구조에 따라 말뚝 개수로 분담한다.
- (2) 부함과 말뚝을 연결하는 계류장치는 부함으로부터 말뚝에 전달되는 하중에 견디는 구조로 되어야 한다.
또 조위차나 부함과 말뚝의 고정부분이 조위차에 대응할 수 있도록 할 필요가 있다. 계류장치의 설치위치는 이용상 지장이 없고 점검이 용이한 장소가 바람직하다.

18-12 선양장

18-12-1 일 반

선양장의 설계는 본편 제11장 선양장 및 제15장 부속설비의 해당사항에 준한다.

[참 고]

선양장은 인양방식에 따라 경사면으로 끌어올리는 방법과 기중기 또는 승강기시설을 이용하여 들어 올리는 방법이 있다.

18-12-2 선양장의 배치

선양장의 위치를 정하는 경우 본편 제11장 11-2 설치위치의 선정의 해당사항에 준한다.

[해설]

선양장의 배치계획을 수립하는데 있어서는 본편 제11장 선양장의 해당사항을 검토한다. 또한 선양장은 형상적 특성상 계선안의 교통흐름을 차단하게 되는 경우가 생긴다. 따라서 선양장의 위치는 어항 전체의 수제선을 고려할 때 계선안의 기능을 저하시키지 않는 위치를 선정하여야 한다. 또 파랑이 선양장의 경사면을 타고 쳐 올라 옴으로 파랑이 직접 내습하는 위치는 피하는 것이 좋다.

18-12-3 소요연장 및 면적산정

선양장의 소요연장, 소요면적을 구할 때에는 평상시용, 기상악화시의 대피용과 월동용의 이용목적별로 각각의 소요 규모를 계산한다. 선저의 청소나 도장 등의 간단한 수리를 선양장에서 행하는 경우는 평상시용에 포함시킨다.

[참고]

선양장 및 선치장의 소요 면적은 다음과 같은 방법으로 산정한다.

(1) 상시용

① 선양장 연장

선양장 이용 어선 척수를 근거로 하여 어선을 세로로 1열 설치한다고 보고 다음 식으로 계산한다.

$$L = \frac{\text{SIGMA } B + b(n+1)}{m}$$

여기서, L : 선양장 연장

B : 선폭

b : 어선사이의 여유 폭(어선선형에 따라 다르나 선박과 선박사이에 도구를 갖고 다닐 필요가 있어 0.5~1.0m정도로 한다)

n : 평상시 선양장 이용어선 척수

m : 어선을 세로로 늘어놓은 열 수

평상시 선양장 이용어선 척수는 각 어항의 외곽시설 완비정도, 이용습관 등에 따라 달라지므로 인근 어항의 조사를 통해 통상 재적어선의 몇%로 결정하는 수가 많다.

② 선치장(船置場) 소요면적

선치장의 소요면적은 최대 이용어선 선장에 여유를 더한 길이에 위의 연장을 곱한 것으로 한다. 다만, 이 면적은 H.W.L에 파도가 올라오는 높이보다 높은 곳에 확보되어야 한다.

(2) 악천후시 대피용, 월동용

어선을 태풍이나 파랑으로부터 안전하게 대피시키거나 조업을 일시 중단하는 목적으로 선양장이 이용되므로 선치장의 확보가 요구된다.

소요면적 = 이용어선척수×1척당 점유면적

악천후시는 어업활동이 중지되는 것이 상례이므로 평상시 야적장 용지나 어구 건조장 용지 등의 부지로 선치장 이용부지 활용이 가능하므로 이들을 선치장 소요면적에 포함시켜 배치계획을 수립하면 효율적인 배후지 이용계획이 가능하다.

18-12-4 선양장 제원의 결정 및 설계

선양장 각 부의 제원은 본편 11-3 제원의 결정, 11-4 양육부벽체 및 포장, 11-5 측벽의 해당사항에 따른다.

18-13 기타 계류시설

18-13-1 선착장 및 경사식 물양장

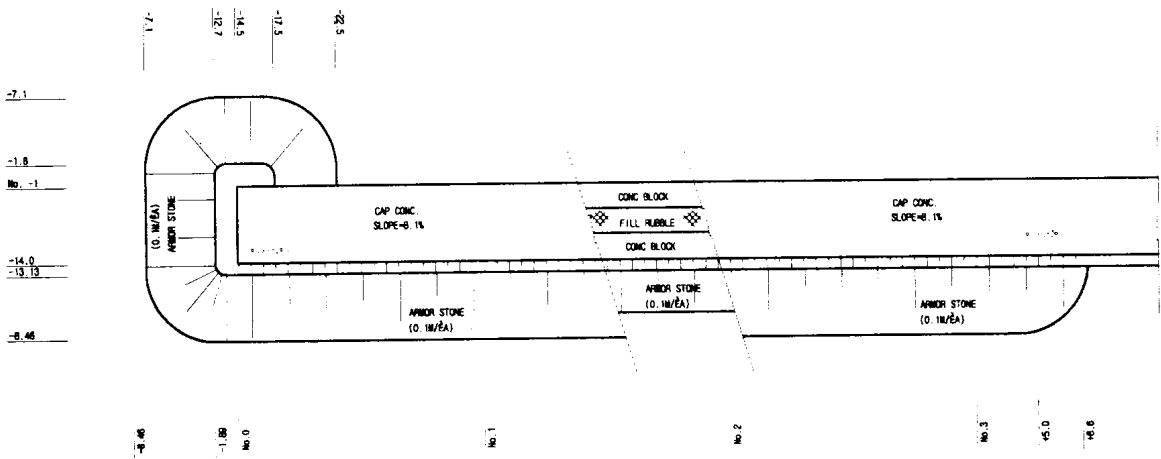
선착장은 조위차가 크고, 수심이 얇은 곳에 해변 쪽으로 경사지게 만든 돌제형식의 계류시설이다. 경사식 물양장은 조위구간을 계단 대신 완만한 경사(보통 1:6 이상)로 처리한 구조이다. 경사식 물양장의 설계는 본편 18-10 계단식구조 안벽에 준한다.

[해설]

조위차가 큰 해역에 수심이 얇고(대부분의 경우 간사지) 외곽시설도 없는 곳에 육지 쪽에서 깊은 바다 쪽으로 경사지게 접안시설을 하여 조위차에 따라 승선·하선을 용이하게 할 수 있도록 시설한 것이 선착장이다. 제체 양측에 모두 계선하는 경우도 있고, 외측은 내파구조로 하여 어느 정도의 파랑에 견딜 수 있게 하고 내측에만 계선하는 경우가 있다. 이러한 구조의 선정은 현지의 자연조건을 잘 검토하여 결정하여야 한다. 경사식 물양장은 계단식 물양장의 횡계단 대신 경사(비탈)로 처리한 구조이므로 설계의 순서나 적용 규정은 계단식 물양장에 준한다.

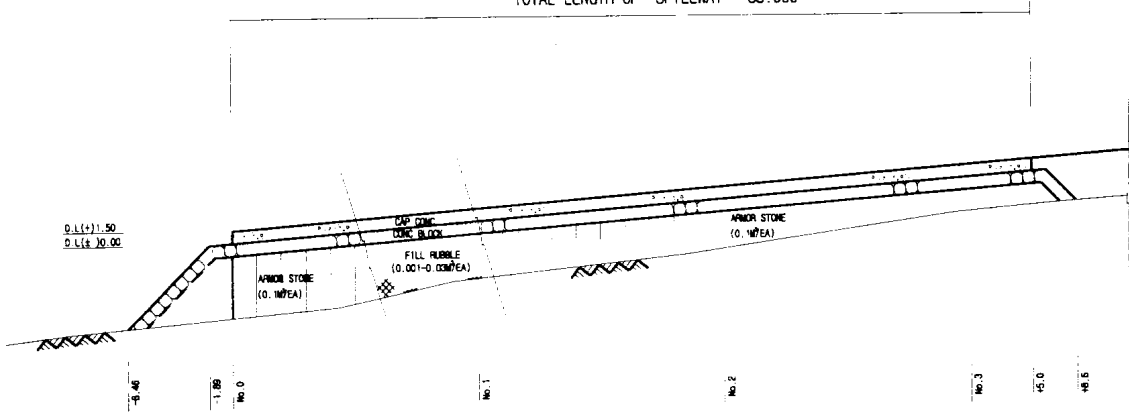
[참고]

- (1) 서남해안의 수심이 얇은 해안이나 도서지방의 소규모 어항에 어선 및 여객선(카페리포함)의 입출항을 위하여 조위차가 큰 곳에 수심에 따라 접안이 가능하도록 시설한 예가 많다. 선착장 측면(내측)이나 선단부는 접안을 할 수 있도록 직립부가 시설되어야 하므로 간이식으로 돌쌓기, 또는 직립 벽체(콘크리트블록)식으로 시공하고 있으며, 상부콘크리트, 계선주(계선고리 등)를 시설하고 외측은 사석제로 시공하는데 돌쌓기 및 피복석 쌓기로 시공하고 있다.
- (2) 선착장의 설계와 시공은 중력식 접안시설에 준하여 설계하고 파도를 고려해야 할 외측은 방파제에 준하여 설계하게 된다. 선착장은 간이구조물에 속하므로 설계는 설계자가 이용자의 편의성을 고려하여 현지 여건에 맞게 설계하면 된다.



(A) 선착장 평면도

TOTAL LENGTH OF SPILLWAY = 65.000



(B) 선착장 종단면

도참(18-15) 선착장도

18-13-2 계선부표와 계선말뚝

계선부표의 설계는 본편 제12장 계선부표, 계선말뚝은 제4장 잔교식 안벽의 해당규정에 준한다.

[해설]

계선부표와 계선말뚝은 주로 박지나 수로(하천수로 포함)에서 어선이나 소형선이 바람, 조류, 파도 등에 대해 안전하게 계류할 목적으로 시설하는 시설물이다. 계선부표나 계선말뚝은 접안시설로서의 기능보다는 계류만을 목적으로 하기 때문에 육지와 가까운 수역이나 박지에 주로 시설한다.

[참고]

(1) 구조

계선부표의 구조는 부체, 繫留環(Harp Shackle), 쇠(Chain), 침추(Sinker), 묘(닻 : Anchor) 등으로 구성되어 있고, 계선말뚝은 계류 또는 정박시키고자 하는 위치에 말뚝(나무, 강재 등)을 한본 또는 수본을 박아 하나로 묶고 그 위에 계선주 또는 계선회 등을 설치하는 구조로 되어 있다.

18-14 부속설비

18-14-1 일 반

계류시설에는 필요에 따라 부속설비를 설치한다.

부속설비는 계류시설의 효율적인 운영을 꾀하고 위험방지 등을 목적으로 설치하는 것이다. 어항에서의 부속설비는 방충재, 계선주, 계선고리, 차막이, 조명설비, 급수설비, 배수설비, 급유 및 급전설비, 사다리, 계단, 난간 등이다. 이외에 경우에 따라 울타리, 승강설비, 소방설비 등이 필요 할 때도 있다. 부속 설비의 설계는 본편 제15장 부속설비의 해당규정에 따른다.

18-14-2 방충재

어선이 접안할 때나 계류중 파도나 바람 등의 영향으로 동요할 때 선체와 계선안 사이에 충격력이나 마찰력이 작용한다.

방충재는 이러한 충격력이나 마찰력을 감소시켜 계류시설의 파손을 방지하고 시설의 경제적인 설계를 가능토록 함과 동시에 어선의 파손을 방지하는 기능을 갖추어야 한다.

방충재의 배치, 형식 및 규모를 결정할 때에는 방충재의 공사비 뿐 아니라 계류시설 전체의 건설비, 방충재의 내용연수, 어선의 접안방법 등을 종합적으로 검토하여야 한다.

방충재 설계는 본편 15-1 방충설비의 해당사항에 준한다.

[참 고]

(1) 방충재의 선정

어항에 사용하는 방충재는 고무방충재가 일반적이나 목재나 페타이어 등이 사용되기도 한다. 고무 방충재의 모양도 여러 가지가 있으므로 시설물 조건에 가장 적합한 형식을 선정하여야 한다. 부체식 접안시설과 같이 유연한 구조형식에서는 반력이 큰 방충재는 적합하지 않으므로 방충재 선정시 주의가 필요하다.

(2) 방충재의 설치 및 설치위치

① 일 반

방충재의 배치는 방충재가 어선의 접안 에너지를 흡수하기 전에 선체가 직접 접안시설에 접촉하는 일이 없도록 해야 한다. 특히 대형어선, 소형어선을 겸용하는 물양장에는 소형어선 접안을 충분히 감안하여 설치간격과 높이를 결정한다. 어선이 종접안하는 일이 많을 때에는 어선의 용골(Keel)부분이 안벽 모서리에 부딪쳐 손상되므로 안벽모서리에 방충재를 부착할 필요가 있다.

② 배 치

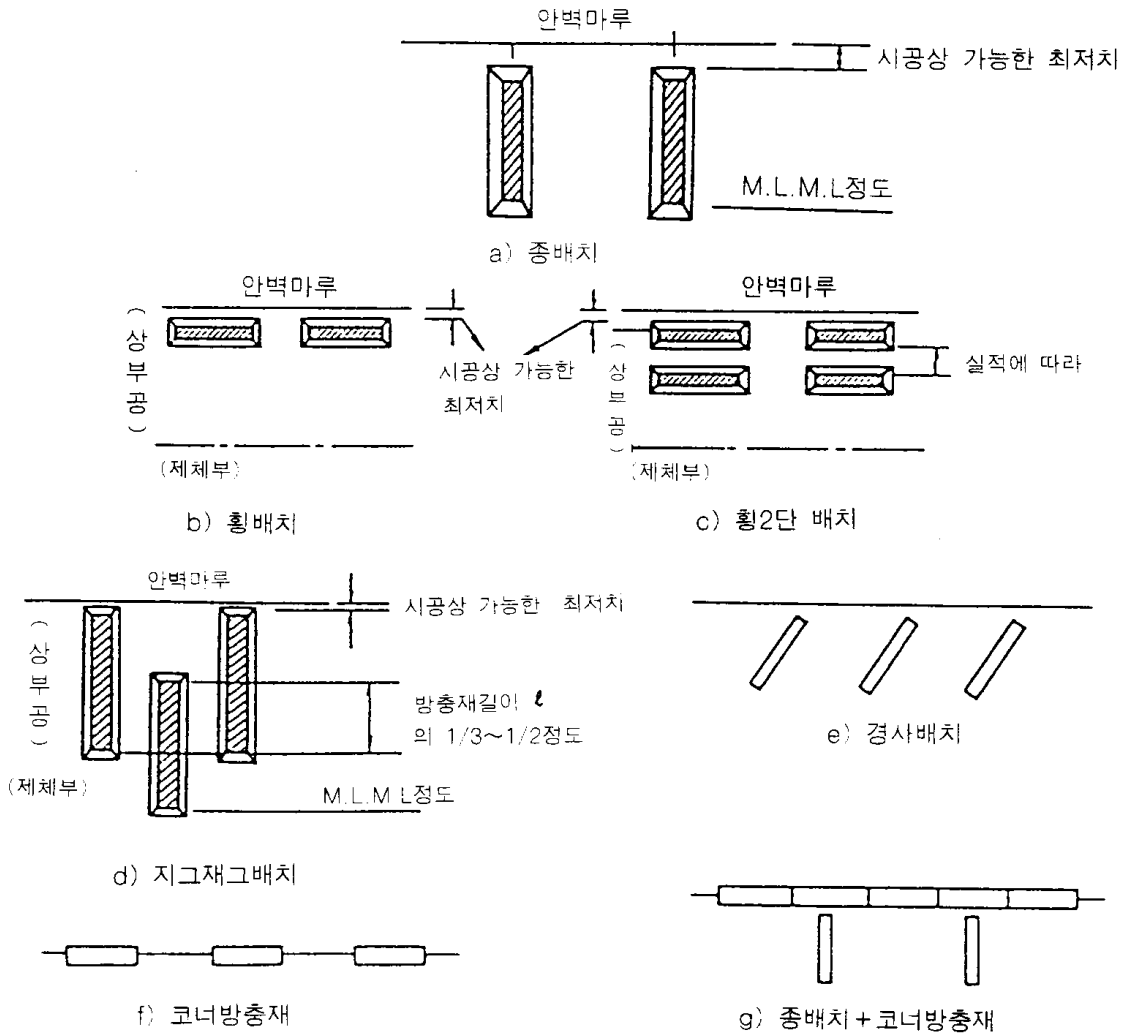
방충재의 배치는 이용어선의 선형, 조위차, 접안방법 등을 고려하여 적절한 배치위치를 선정하며, 일반적으로 종배치를 표준으로 한다. 단, 필요에 따라 경사방향배치 횡배치(2단 횡배치 포함), 지그재그 배치, 모서리방충재 등과 이들의 상호 조합배열을 검토한다.

가. 조위차가 크기 때문에 종배치가 비경제적일 경우 지그재그배치를 검토할 필요가 있다.

나. 방충재 설치 볼트는 방충재 및 접안시설 내용연수와 같은 재질을 선정해야 하며, 교체가 가능한 구조로 하는 것이 좋다.

③ 설치위치

방충재의 설치상단이 접안시설 마루높이, 하단은 소조평균저조위(L.W.O.N.T) 정도를 표준으로 한다. 단, 상부공과의 제약이 있는 경우나 횡배치 등의 경우에는 이 제한을 받지 않는다.



도참(18-16) 방충재의 배치 및 위치 예

18-14-3 계선주와 계선고리

계류시설에는 계선주 또는 계선고리를 설치한다. 계선주와 계선환의 설치는 어선의 계류 및 어획물 양육 등이 안전하고 원활하게 이루어질 수 있는 위치에 설치하여야 한다. 계선주 및 계선고리에 대해서는 본편 15-2 계선주와 계선환의 해당사항에 준한다.

[해설]

(1) 계선주와 계선고리의 선정

계선주에는 곡주와 직주가 있고 이들의 선정은 다음에 의한다.

- ① 곡주 : 소형어선의 경우는 곡주를 주로 사용한다. 소형 직주는 곡주와 같이 사용하여도 좋다
- ② 직주 : 대형어선을 대상으로 하여 특히 필요한 경우는 직주를 설치해야 한다.
직주는 폭풍시에 어선 등을 계류하기 위하여 수제선보다 육지 쪽으로 떨어지게 설치한다.
소형어선을 대상으로 하는 경우 계선고리를 사용하는 경우도 있다.
계선고리의 표준치는 표해(18-2)와 같다.
계선주와 계선고리의 종류, 재질, 규격 등의 선정은 어항의 계선 상황, 편리성, 내구성 및 경제성을 감안하여 결정한다.

표해(18-2) 계선환의 표준 치수

굵 기	$\phi = 25\text{mm}$
고리지름	$D = 200\text{mm}$

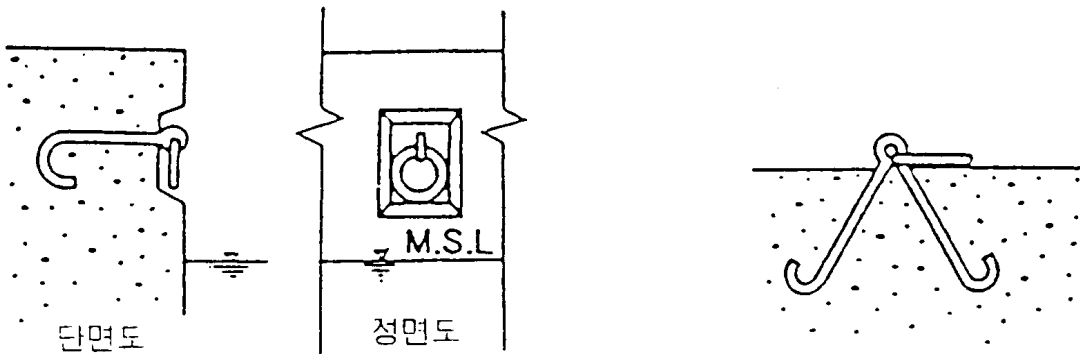
(2) 계선주와 계선고리의 배치

- ① 배치 간격
계선주와 계선고리는 대형어선일 경우 원칙적으로 1선석당 2개 이상 배치한다.
소형어선에서는 계선주 간격은 표해(18-3)의 값을 표준으로 한다.

표해(18-3) 계선주의 배치 간격

계류시설 수심	계선주의 배치 간격
(-)3m이하	5.0m
(-)3m~(-)5m미만	7.5m
(-)5m이상	10.0m

- ② 법선에서의 거리
일반적으로 계선주는 계류시설의 법선에 가까우면 어선의 계류시나 이안시 조작이 편리하다. 법선에서 계선주 중심까지의 거리는 0.5~1.0m정도가 적당하다.
가. 물양장의 이용형태 등에 따라 표해(18-3)의 값을 적용할 수 없을 경우에는 별도로 적당하게 정한다.
나. 계선고리의 부착방법을 도해(18-17) 및 도해(18-18)과 같다.



도해(18-17) 계선고리 설치방법

도해(18-18) 상치콘크리트 위에 설치 예

18-14-4 차막이와 모서리 보호공

(1) 차막이

자동차 등이 직접 접안시설을 이용하는 장소에는 차막이 시설을 해야 하며, 차막이 설계는 본편 15-3 차막이의 해당사항에 준한다.

(2) 모서리 보호공

어항에서는 어선이 종접안하는 경우 충격으로 상치콘크리트의 모서리가 자주 파손된다. 모서리 보강 용으로 모서리에 목재, 갯돌, 철재나 주강 등을 사용하여 모서리를 보호하는 것이 좋다.

18-14-5 조명설비

야간에 어선의 접·이안, 어획물의 양육, 여객의 출입 등이 행해지는 경우 부두의 용도나 특성에 따라 작업이 안전하고 원활하게 이루어지도록 조명설비를 하여야 한다. 조명설비의 설계는 본편 15-5 조명설비의 해당사항에 준한다.

[참 고]

부두뜰이나, 선양장, 임항 도로에는 야간의 어획물의 양육, 어선의 이·접안, 교통 등을 위한 조명설비를 시설하는 것이 좋다.

계선안 등의 조도는 표참(18-9)의 값을 표준으로 한다.

표참(18-9) 계류시설 등의 표준 조도

장 소		조도(lx)
부두뜰	어획물의 양육 등을 행하는 경우	25
	어선의 접·이안(接·離岸)만의 경우	15
	낙도항로 등의 여객 및 차량 승강구	25
선 양 장		15
도 로		10

18-14-6 계단과 사다리

계단 및 사다리 설계는 본편 15-6-1 계단과 사다리의 해당사항에 준한다.

18-14-7 난간, 울타리 등

계류시설에서 차량통행이나 사람의 통행을 금지나 제한할 필요가 있는 경우 울타리 등을 시설하고 위험한 장소에는 필요에 따라 난간을 설치해야 한다.

[참고문헌]

1) 일본항만협회 : 항만시설의 기술상의 기준·동해설 제8편 계류시설, 1999.
2) Gregory P. Tsinker : Handbook of Port and Harbor Engineering, 1997, p845~846
3) Carl A. Thoresen : Port Design Guidelines and Recommendation, 1988, p191~194
4) Ch.7 Piled Waterfront Structure : Handbook of Port and Harbor Engineering(1997)
5) 아스팔트 포장 설계·시공요령(1997, 한국도로교통협회)
6) 도로포장 설계施工지침(건설부)의 AASHTO잠정지침