

KDS 64 14 20 : 2023

프리캐스트 콘크리트 부재

2023년 01월 개정

건설기준 제·개정에 따른 경과 조치

이 기준은 발간 시점부터 사용하며, 이미 시행 중에 있는 설계용역이나 건설 공사는 발주기관의 장이 필요하다고 인정하는 경우 종전에 적용하고 있는 기준을 그대로 사용할 수 있습니다.

건설기준 제·개정 연혁

- 이 기준은 건설기준 코드체계 전환에 따라 기존 건설기준(설계기준, 표준시방서)간 중복·상충을 비교, 검토하여 코드로 통합 정비하였다.
- 이 기준은 기존의 항만 및 어항 설계기준에 해당되는 부분을 통합 정비하여 기준으로 제정한 것으로 제·개정 연혁은 다음과 같다.

건설기준	주요내용	제·개정 (년.월)
항만설계기준	• 항만설계기준 제정 • 설계조건, 수역시설, 외곽시설, 계류시설, 기타시설, 준설 및 매립 등 기타항만공사에 관계되는 설계의 일반방침과 기준을 수록	제정 (1971.12)
항만설계기준	• 조사연구가 진전됨에 따라 국내기술향상에 도움이 되도록 개정	개정 (1979.12)
항만시설물 설계기준서	• 항만의 재개발, 워터프런트 개발사업 추진 전망에 따라 항만법 제26조에 근거하여 기술의 체계화, 표준화의 기준 수립 및 시설물의 안정성과 경제성을 고려하여 개정	개정 (1993.12)
항만 및 어항 설계기준	• 해양수산부가 새로 발족되어 항만 및 어항 설계기준·해설 및 항만시설의 기준에 관한 규칙과 어항관련 법규에서 정하는 어항시설에 대한 설계기준을 통합하고, 설계 및 시공과정과 시공이후 건설관리 및 시설물 유지관리 관련내용 신설하여 개정	개정 (1999.12)
항만 및 어항 설계기준	• 연안정비시설물을 포함하고 관련법령 및 최신기술 변화요인 반영, 항만시설장비의 안전성 제고를 위한 설계풍속 및 하중 계수 상향, 재추산 심해파의 적용근거 마련 등 개정	개정 (2005.12)
항만 및 어항 설계기준·해설	• 변화된 항만건설여건 반영과 태풍, 이상파랑 등 해양외력의 기후변화 대응, 선박 및 장비의 대형화, 저탄소 녹색성장, 항만재해 저감을 고려하고 해외 건설사업 진출에 도움이 될 수 있도록 국제 설계기준과 연계성 향상하여 개정	개정 (2014.04)
항만 및 어항 설계기준 KDS 64 14 20 프리캐스트 콘크리트 부재	• 국가건설기준 KDS 콘크리트 설계기준 개정에 따른 콘크리트 관련 내용 정비	개정 (2023.01)

제 정 : 2017년 8월 16일	개 정 : 2023년 01월 30일
심 의 : 중앙항만정책심의회	자 문 검 토 : 국가건설기준센터 건설기준위원회
소 관 부 서 : 해양수산부 항만기술안전과	
관련단체 (작성기관) : 한국항만협회	

- 해양수산부장관은 「훈령·예규 등의 발령 및 관리에 관한 규정」에 따라 고시일 기준으로 매 3년이 되는 시점마다 그 타당성을 검토하여 개선 등의 조치를 해야 한다.

목차

contents

1. 일반사항	1
1.1 목적	1
1.2 적용범위	1
1.3 참고기준	1
1.4 용어의 정의	1
1.5 기호의 정의	2
1.6 시설물의 구성	2
1.7 해석과 설계원칙	2
2. 조사 및 계획	3
3. 재료	3
4. 설계	3
4.1 케이슨	3
4.2 직립소파 케이슨	34
4.3 하이브리드 케이슨	46
4.4 L형 블록	52
4.5 셀룰러 블록	61
부 록	73



KDS 64 14 20 프리캐스트 콘크리트 부재

1. 일반사항

1.1 목적

이 기준은 항만 및 주변해안 시설에 사용되는 프리캐스트 콘크리트 부재에 대한 설계, 시공 및 유지관리 단계에서 필요한 기술적 사항을 기술함으로써 구조물의 안전성, 사용성 및 내구성을 확보하는 것을 그 목적으로 한다.

1.2 적용범위

- (1) 이 기준의 규정은 프리캐스트 콘크리트 구조물의 설계, 시공 및 유지관리 단계에서 필요한 일반적이고 기본적인 요구사항을 규정한 것이다.
- (2) 설계는 이 기준에서 제시한 강도설계법을 적용하는 것을 원칙으로 한다.

1.3 참고기준

KDS 11 44 00 공동구
 KDS 14 20 10 콘크리트구조 해석과 설계 원칙
 KDS 14 20 54 콘크리트용 앵커 설계기준
 KDS 14 20 62 프리캐스트 콘크리트 구조설계 기준
 KDS 24 12 10 교량 설계하중조합(일반설계법)
 KDS 41 10 15 건축구조기준 설계하중

1.4 용어의 정의

- 들고리(Lifting bar) : 케이슨, 콘크리트블록 등을 기중기로 인양하기 위해 강봉이나 케이블 등으로 만든 고리를 말한다.
- 반사율 : 입사파고에 대한 반사파고의 비를 말한다.
- 방충재 : 선박 계류시 구조물 및 선체 손상을 방지하기 위해 설치하는 목재, 고무 등의 완충설비를 말한다.

프리캐스트 콘크리트 부재

- 밸러스트(Ballast) : 부유체의 운항시 안정성을 위해 내부에 적재하는 물, 골재 등의 중량물을 말한다.
- 소파블록 : 주로 파력의 감쇠나 반사파의 저감을 목적으로 한 T.T.P와 같은 이형 콘크리트블록을 말한다.
- 슬릿(Slit) : 반사파 저감을 위해 케이슨 벽체에 일정부분 파랑이 통과할 수 있도록 뚫어놓은 개구부를 말한다.
- 유수실 : 소파케이슨의 Slit(개구부)을 통해 해수 및 파랑의 출입이 가능한 격실중 속채움재가 없는 공간을 말한다.
- 흘수(Draft) : 부유체의 정수면에서 부유체 저면까지 물에 잠긴 연직높이를 말한다.
- 기타 용어의 정의는 KDS 14 20 62 프리캐스트 콘크리트구조 설계기준(1.3 용어의 정의)을 따른다.

1.5 기호의 정의

내용 없음

1.6 시설물의 구성

- (1) 케이슨
- (2) 직립소파 케이슨
- (3) 하이브리드 케이슨
- (4) L형블록
- (5) 셀룰러블록

1.7 해석과 설계원칙

- (1) 강도설계법에 의한 프리캐스트 콘크리트의 해석과 설계원칙은 KDS 14 20 10 콘크리트구조 해석과 설계원칙을 따른다.
- (2) 그 밖의 프리캐스트 콘크리트 부재에 대한 일반적인 설계는 KDS 14 20 62 프리캐스트 콘크리트구조 설계기준을 따른다.

[해설]

- (1) 강도설계법을 적용하는 프리캐스트 콘크리트의 주요 하중조합은 KDS 14 20 10 콘크리트구조 해석과 설계원칙 (4.2.2 소요강도)에 제시되어 있다.

- (2) 강도설계법으로 프리캐스트 콘크리트 부재를 설계할 때 강도감소계수는 KDS 14 20 10 콘크리트구조 해석과 설계원칙 (4.2.3 설계강도)에 제시되어 있다.
- (3) KDS 14 20 10에서 다루지 않는 프리캐스트 콘크리트 부재에 대한 일반적인 설계 원칙은 KDS 14 20 62 프리캐스트 콘크리트구조 설계기준 (4.1.1 설계원칙)에 제시되어 있다.

2. 조사 및 계획

내용 없음

3. 재료

KDS 14 20 01 콘크리트 구조설계(강도설계법) 일반사항, KDS 64 10 20 재료를 따른다.

4. 설계

4.1 케이스

4.1.1 케이스 설계일반

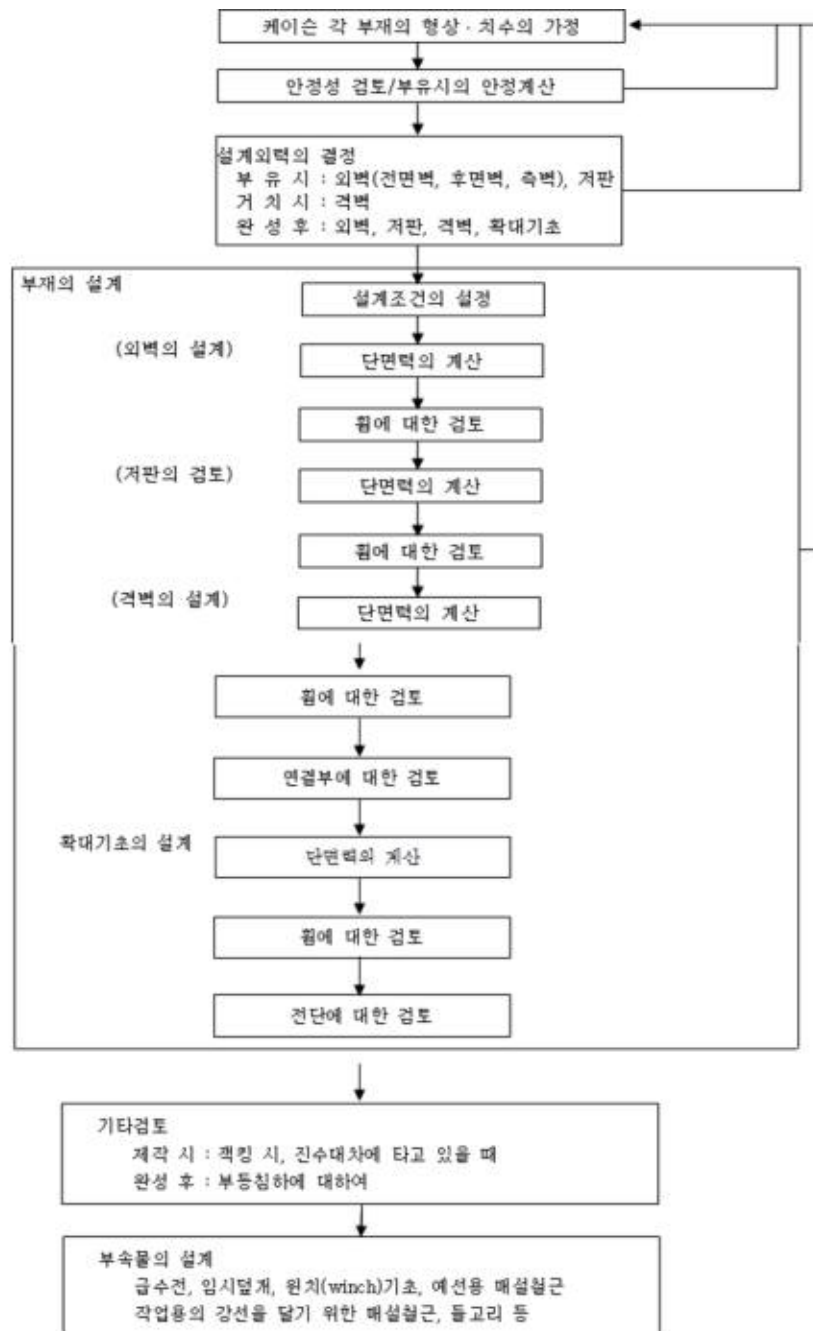
- (1) 이 기준은 통상의 철근콘크리트 케이스의 설계에 적용한다.
- (2) 설계는 강도설계법에 따르는 것을 표준으로 한다.

[참 고]

- (1) 한계상태설계법이 강도설계법에 비해 합리적인 설계법이나 국내 항만구조물에 적용하기에는 아직 미흡한 부분이 있어 한계상태설계법을 근간으로 하는 콘크리트구조기준이 제정될 때까지는 현행 강도설계법을 따른다. 추가로 한계상태 설계법으로 검토가 필요한 경우에는 설계원칙 및 하중의 조합에 대하여 일본 항만 설계기준(2007)에 제시된 한계상태설계법을 참고할 수 있다.

프리캐스트 콘크리트 부재

(2) 케이슨의 설계는 일반적으로 참고 그림 (4.1-1)의 순서에 따라 하는 것이 좋다.



참고 그림 (4.1-1) 케이슨의 설계순서

4.1.2 제원의 결정

케이슨 각 부재의 형상, 치수는 다음 사항을 고려하여 설계한다.

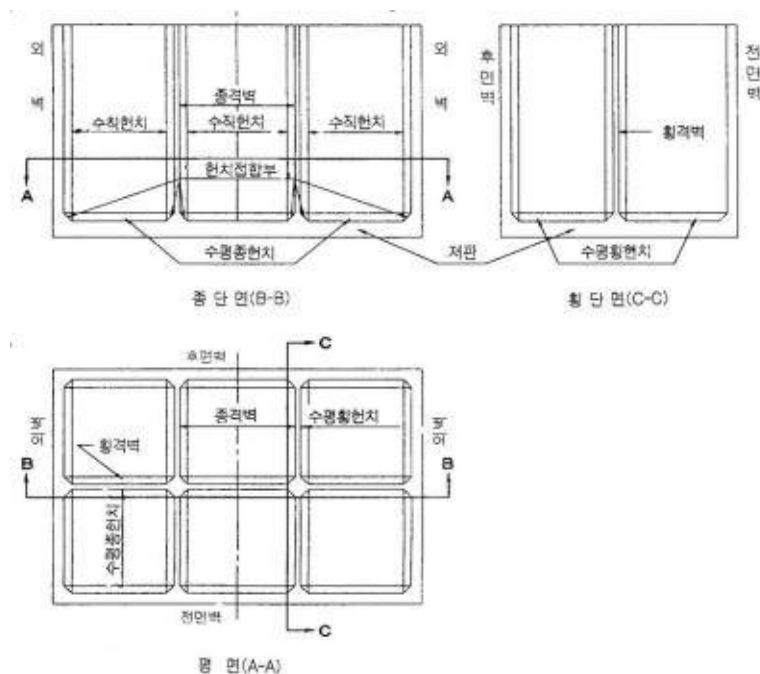
- (1) 케이슨을 제작하는 시설의 능력
- (2) 케이슨의 흡수와 거치장소의 수심[마운드(Mound)마루의 수심]
- (3) 자력으로 부유하는 케이슨의 경우에는 부유시의 안정
- (4) 예항 및 거치시의 작업조건 : 조류, 파랑, 바람 등
- (5) 케이슨 거치후의 작업조건 : 속채움 및 상부공의 시공
- (6) 부등침하의 검토
- (7) 케이슨이 받는 휨, 비틀림의 검토

[해설]

- (1) 설계 시는 KDS 64 10 20의 4.1.2 설계계산에 사용하는 강재의 선정, 4.1.3 강재의 허용응력, 4.2 콘크리트 및 이 기준 4.1.4 설계외력 및 4.1.5 부재의 설계에 규정된 사항을 고려한다.
- (2) 케이슨의 길이가 길어지면 잭업(Jack up)이나 부등침하의 경우에 케이슨이 받는 휨, 비틀림 등의 영향이 커지므로 이들에 대하여 검토할 필요가 있다.

[참고]

- (1) 케이슨 각부의 명칭을 참고 그림 (4.1-2)에 보여준다. 외벽의 두께는 30~60cm(격벽 간격 5m 이내), 저판 40~80cm, 격벽은 20~30cm정도로 하는 경우가 많다.



참고 그림 (4.1-2) 케이슨 각부의 명칭

프리캐스트 콘크리트 부재

- (2) 케이슨의 길이는 길수록 경제적이거나 너무 장대한 케이슨이 되면 조류, 파랑 등이 큰 곳에서는 예항 및 거치가 곤란하고 또 속채움을 단시일에 완료할 수 없어 재해를 입기 쉬우므로 주의를 요한다.
- (3) 거치시의 여유수심은 통상 케이슨의 홀수와 마운드(Mound) 마루와의 차를 0.5m이상으로 하고 있다. 이것은 케이슨의 기울어짐, 요동, 작은 파랑, 홀수 계산상의 오차 등을 반영한 것이다. 이때의 조위는 조수대기에 의한 야간작업 등을 가급적 피하여 시공 시간의 제한을 없애기 위하여 M.S.L 정도로 하는 것이 보통이다.

4.1.3 부유시의 안정

자력으로 부유하는 케이슨에 대하여는 전복 또는 기울어지지 않도록 부유시의 안정을 계산한다.

$$\frac{I}{V} - \overline{CG} = \overline{GM} > 0 \quad \text{식 (4.1-1)}$$

여기서, V : 배수용적(m^3)

I : 홀수면의 장축에 대한 단면 2차 모멘트 (m^4)

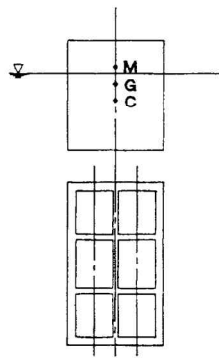
C : 부심

G : 중심

M : 경심

[참 고]

안전을 위하여 $\overline{GM}$ 은 홀수(吃水)의 5% 이상으로 한다.



참고 그림 (4.1-3) 케이슨의 안정

- (1) 식 (4.1-1)은 케이슨 단면이 대략 좌우 대칭이고 케이슨에 비교적 작은 기울임 밖에 일어나지 않는다고 생각되는 경우에 적용되는 것이다.
- (2) 카운터 밸러스트(Counter ballast)를 사용하여 예방하는 경우에는 참고 식 (4.1-1)을 따른다.

- ① 카운터 밸러스트(Counter ballast)로 물을 사용할 때

$$\frac{1}{V'}(I' - \sum i) - \overline{C'G'} > 0 \quad \text{참고 식 (4.1-1)}$$

- ② 카운터 밸러스트(Counter ballast)에 모래, 돌, 콘크리트 등을 사용할 때

$$\frac{I'}{V'} - \overline{C'G'} > 0$$

여기서, i : 각 격실내의 수면에서 케이슨의 회전축에 평행한 중심선에 관한 단면 2차 모멘트 (m^4)

V', I', C', G' : 카운터 밸러스트(Counter ballast)시에 각각의 값, 또는 위치

- (3) 한쪽에 확대기초가 있고 밸러스트(Ballast)를 넣어서 평행을 유지하는 경우의 계산식은
참고 식 (4.1-2)에 따른다. (참고 그림 (4.1-4) 참조)

$$W_1 \ell_1 + W \ell_w = F \ell_f \quad \text{참고 식 (4.1-2)}$$

여기서, W_1 : 밸러스트(Ballast)중량 (kN)

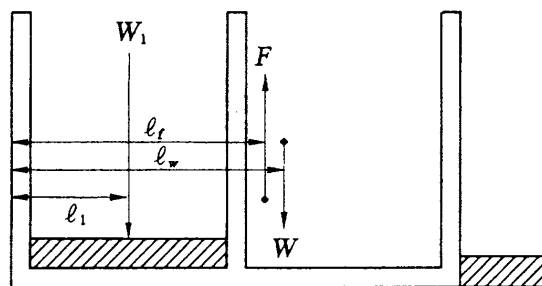
W : 케이슨중량(확대기초 중량포함)(kN)

F : 케이슨(확대기초포함)에 작용하는 부력 (kN)

ℓ_1 : 케이슨 외벽 외측으로부터 W_1 의 작용점까지의 거리 (m)

ℓ_w : 케이슨 외벽 외측으로부터 W 의 작용점까지의 거리 (m)

ℓ_f : 케이슨 외벽 외측으로부터 F 의 작용점까지의 거리 (m)



참고 그림 (4.1-4) 카운터 밸러스트(Counter ballast)를 넣은 경우의 안정

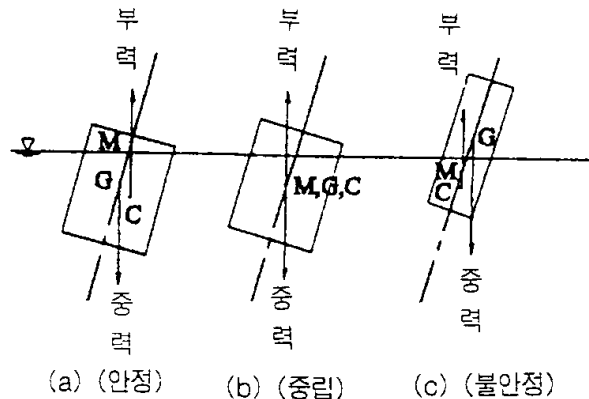
- (4) 일반적으로 이 기준에 기술한 바와 같은 조건을 만족시키는 부체의 평형에는 다음의 3가지 상태가 있다. 참고 식 (4.1-1)은 ①의 안정의 경우에 해당하는 식이다.

① $\frac{I}{V} - \overline{CG} = \overline{GM} > 0$ 안정 [참고 그림 (4.1-5)(a) 참조]

② $\frac{I}{V} - \overline{CG} = \overline{GM} = 0$ 중립 [참고 그림 (4.1-5)(b) 참조]

③ $\frac{I}{V} - \overline{CG} = \overline{GM} < 0$ 불안정 [참고 그림 (4.1-5)(c) 참조]

프리캐스트 콘크리트 부재



참고 그림 (4.1-5) 부재의 평형

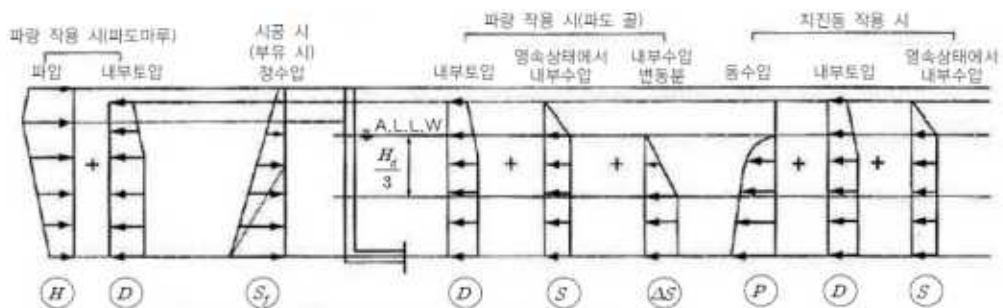
4.1.4 설계외력

4.1.4.1 하중의 조합

- (1) 하중의 조합은 방파제에 있어서는 평상시, 파력작용 시, 지진 시, 시공 시에 대하여, 그리고 안벽에서는 평상시, 지진 시, 시공 시에 대하여 검토한다.
- (2) 강도설계법에 대한 강도감소계수(부재계수) 값은 기준 KDS 14 20 10을 따른다.
- (3) 하중조합에서 하중계수값은 이 기준 1.7 해석과 설계원칙을 따른다.

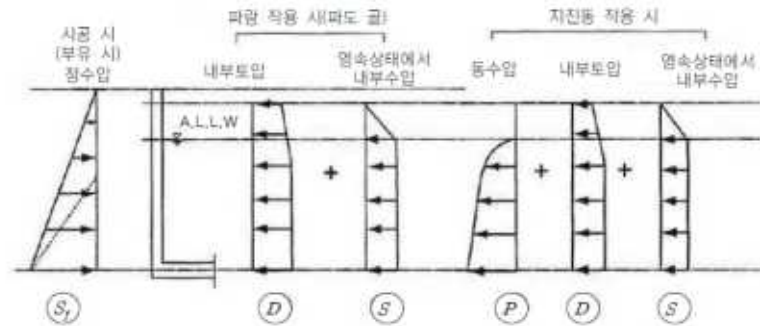
[참고]

- (1) 설계에 있어서 고려할 하중의 조합은 참고 그림 (4.1-6)~(4.1-11)과 같다.
확대기초에 대하여는 저판과 같이 취급해도 좋다.
- (2) 방파제용 케이슨 외벽의 설계하중을 참고 그림 (4.1-6)~(4.1-8)에 나타낸다.
 - ① 전면벽(기준선평행방향 향의 측)



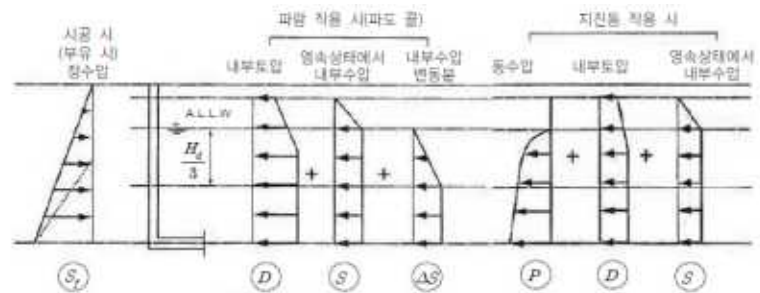
참고 그림 (4.1-6) 전면벽의 설계하중(방파제)

② 후면벽(기준선평행방향 향내 측)



참고 그림 (4.1-7) 후면벽의 설계하중(방파제)

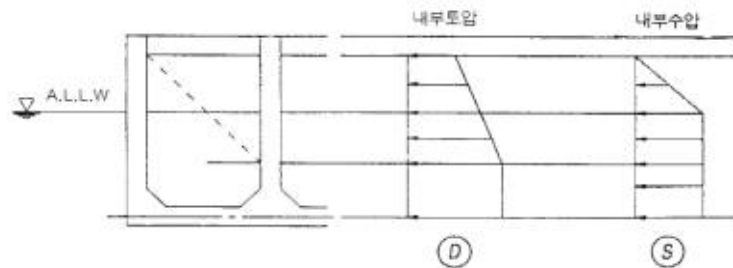
③ 측벽(기준선직각방향)

여기서, H_d : 설계파고

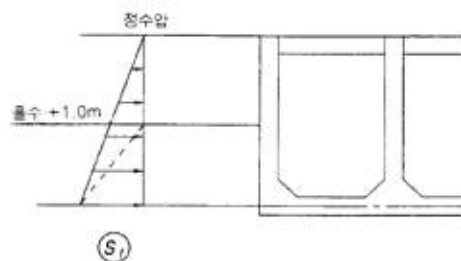
참고 그림 (4.1-8) 측벽의 설계하중(방파제)

(3) 안벽용 케이슨의 외벽의 설계하중을 참고 그림 (4.1-9)에 나타낸다.

① 평상시(내부로부터의 하중)

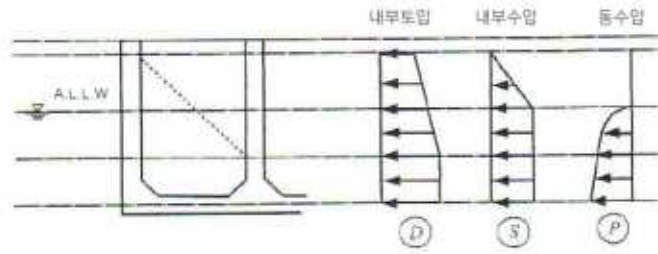


② 부유 시(외부로부터의 하중)



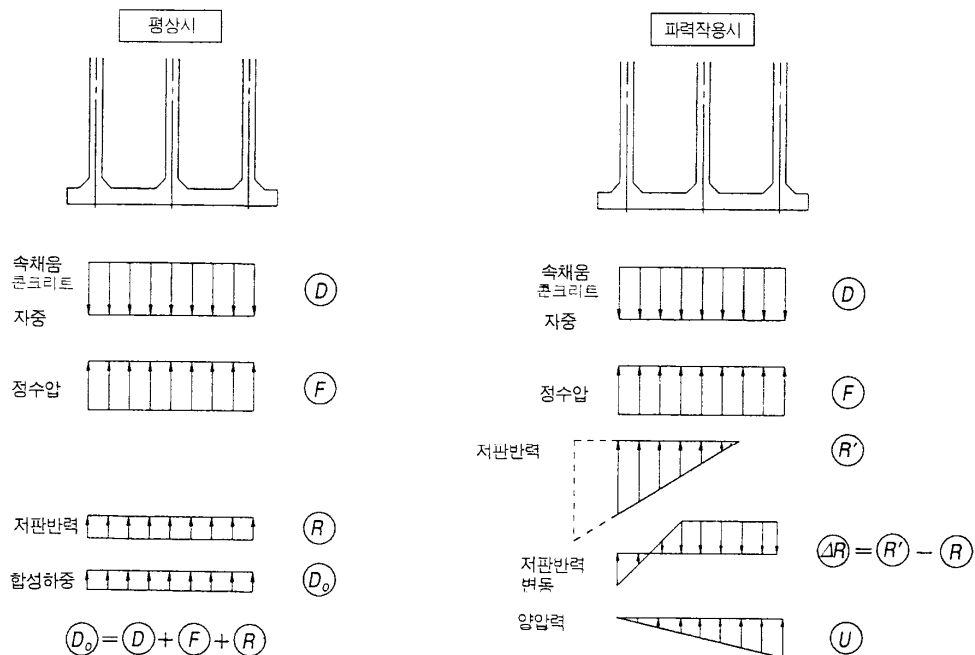
프리캐스트 콘크리트 부재

③ 지진 시(바다 쪽으로의 작용)



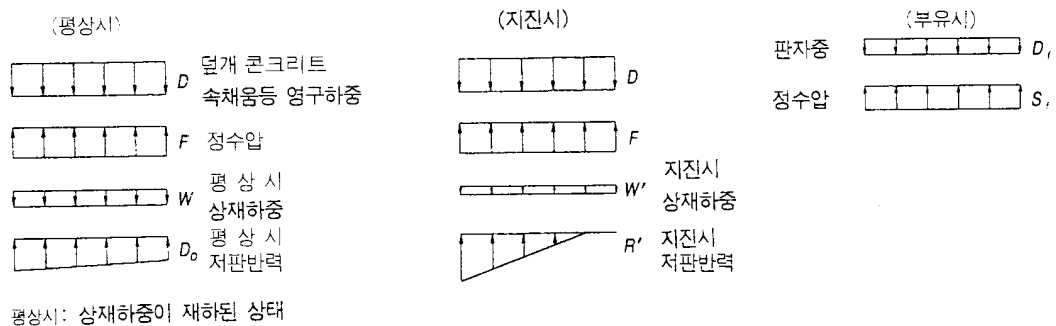
참고 그림 (4.1-9) 외벽의 설계하중(안벽)

(4) 방파제용 케이슨의 저판설계하중을 참고 그림 (4.1-10)에 나타낸다.



참고 그림 (4.1-10) 저판의 설계하중(방파제)

(5) 안벽용 케이슨의 저판의 설계하중을 참고 그림 (4.1-11)에 나타낸다.



참고 그림 (4.1-11) 저판의 설계하중(안벽)

4.1.4.2 제작시의 외력

건선거(Dry dock), 부선거(Floating dock)등에서 제작할 경우에는 특별히 제작시의 외력에 대하여 검토할 필요는 없다. 그러나 사로, 케이슨 제작장에서 이동하기 위하여 작업하거나 진수대차에 케이슨을 태우는 경우에는 하중은 집중하중으로 작용시킨다.

[참 고]

케이슨 전체를 보로 생각하여 제작시의 검토를 한다. 검토방법에 대하여는 이 기준 4.1.5.5 기타 설계를 참조한다.

4.1.4.3 진수 및 부유시의 외력

건선거(Dry dock), 부선거(Floating dock), 통상의 사로(활로 및 대차)의 경우에는 진수 및 부유시의 외력으로서 계산상의 흘수에 여유를 본 정수압을 사용한다. 일시적으로 이 이상의 정수압이 걸릴 염려가 있는 경우에는 별도로 검토한다.

[참 고]

- (1) 케이슨을 사로등에서 활주(Slide)시켜 진수하는 경우에는 정수압 외에 동수압이 작용한다. 윈치(Winch) 또는 제동 위치(Post)에 의하여 진수대차에 실은 케이슨을 진수시키는 경우에는 통상 그 속도는 3~5m/min이며 이 정도이면 큰 동수압은 작용하지 않는다. 그러나 케이슨의 앞측은 사로의 경사에 따라서 1~1.5m정도 흘수보다 깊은 정수압을 단시간이지만 받는다.

활로에 의한 진수의 경우는 동수압이 걸리지만 그 값에 대하여는 실측한 예가 없고 일시적 하중이므로 흘수에 1.0m정도의 여유를 보는 것으로 대처한다.

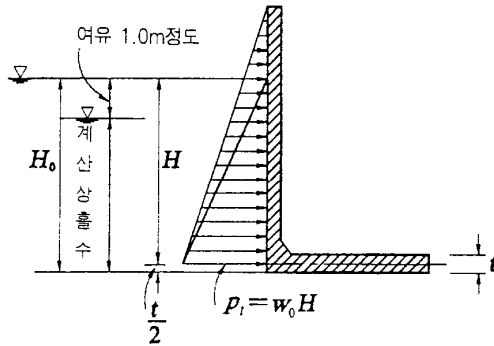
건선거(Dry dock), 부선거(Floating dock)등에서 진수하는 경우에는 함대로부터 저판이 분리될 때 여분의 정수압이 걸린다. 이 양은 통상 10~40cm이다.

또, 케이슨의 콘크리트 타설 중에 거푸집의 팽창으로 인한 흘수의 증대, 철근 콘크리트의 단위체적중량의 계산과 실제 간의 차이에 의한 흘수의 증감도 20~30cm정도이다. 이상을 종합하여 흘수의 여유를 1.0m로 하였다.

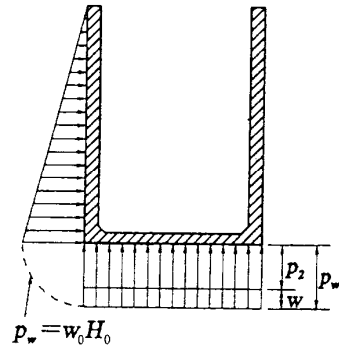
- (2) 외 벽

외벽에 작용하는 수압은 저판중심선에서 상기 정수압을 높이로 하고 마루까지의 거리를 저면으로 하는 삼각형 하중으로 볼 수 있다.(참고 그림 (4.1-12) 참조)

프리카스트 콘크리트 부재



참고 그림 (4.1-12) 외벽에 작용하는 수압



참고 그림 (4.1-13) 저판에 작용하는 외력

외벽계산 시 3변 고정 1변 자유의 계산수표를 사용하거나 프로그램(Program)을 사용하며 이때 부분하중의 계산은 편의상 삼각형하중으로 하였다.

(3) 저 판

저판에 작용하는 외력은 저판하단에 상기 정수압에서 저판의 자중을 뺀 값을 사용한다 [참고 그림 (4.1-13) 참조].

$$P_2 = P_w - w = w_o H_o - w \quad \text{참고 식 (4.1-3)}$$

여기서, P_2 : 저판에 작용하는 외력(kN/m²)

P_w : 계산상의 홀수에 1.0m정도의 여유를 볼 때에 저판에 작용하는 정수압(kN/m²)

w : 저판자중(카운터 밸러스트(Counter ballast)용 속채움 토사 등이 있는 경우 그 중량 포함)(kN/m²)

w_o : 해수의 단위체적중량(kN/m³)

H_o : 계산상의 홀수에 1.0m정도의 여유를 본 길이(m)

(4) 격 벽

통상, 격벽의 두께가 20cm이상이면 기둥으로서의 지압에 충분히 견딜 수 있으므로 검토를 생략한다.

(5) 활로(滑路)에 의한 진수의 경우 사로의 최종경사가 큰 경우에는 케이슨 전체가 수중에 침몰하므로 임시 뚜껑을 설치할 필요가 있는 경우도 있다.

(6) 기중기로 케이슨을 들어 올려 진수시키는 경우에는 조금구(Lifting device)의 유무에 따라 케이슨 외벽에 걸리는 외력의 상황이 달라지므로 각 경우에 따라 하중에 대하여 검토할 필요가 있다.

4.1.4.4 예항시(曳航時)의 외력

케이슨 예항시의 인장력을 고려한다.

[참 고]

(1) 정수압, 동수압, 파압에 대하여는 검토를 생략할 수 있다.

(2) 예항시의 인장력

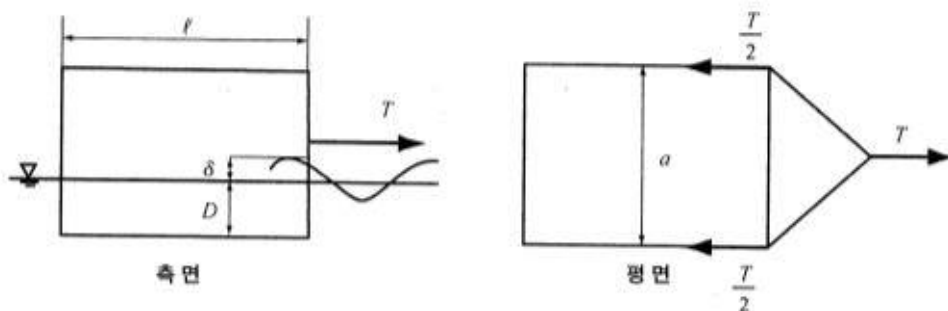
- ① 케이슨 예항시의 인장력은 참고 식 (4.1-4)에 의하여 계산할 수 있다.(참고 그림 (4.1-14) 참조)

$$T = \frac{1}{2g} \rho_0 C_D V^2 A$$

참고 식 (4.1-4)

여기서, T : 견인력(牽引力)(kN) C_D : 저항계수 V : 예항속도(曳航速度)(m/s) A : 케이슨의 전진방향의 침수면적(浸水面積)(m²)

$$A = a \times (D + \delta)$$

 D : 흘수(吃水)(m) δ : 전면수위(m) ℓ : 케이슨 길이(m) a : 케이슨 폭(m) ρ_0 : 해수의 밀도(kN/m³)

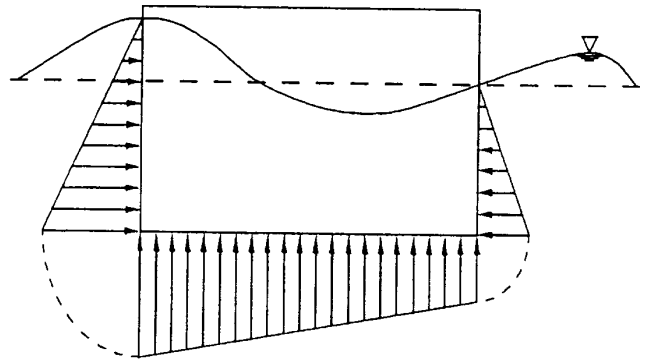
참고 그림 (4.1-14) 예항시의 인장력

- ② 케이슨은 선박과 같은 상부구조가 없고 또, 바람이 극단적으로 강한 경우에는 예항을 하지 않으므로 바람의 저항은 무시하고 유체저항만을 고려한다.
- ③ 항력계수는 흐름에 직각인 면적의 형상에 따라 변동하나 구형판에 대한 것을 채용한다.
- ④ 예항속도는 2~3knot의 경우가 많다.

프리캐스트 콘크리트 부재

(3) 예항시의 수압

일반적으로 압력저항 및 조파저항을 받으나 상당한 파가 있을 때는 예항하지 않으므로 이 기준 4.1.4.3 진수 및 부유시의 외력에서 흘수에 1.0m의 여유를 본 것으로 충분하다고 생각되므로 특별히 검토하지 않기로 한다.(참고 그림 (4.1-15) 참조)



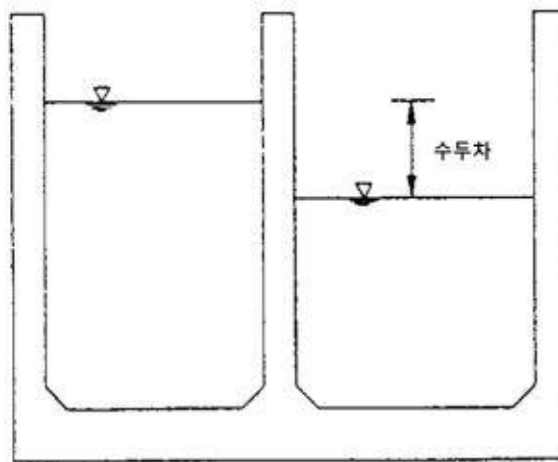
참고 그림 (4.1-15) 예항시의 수압

4.1.4.5 거치시의 외력

케이슨 격벽에 대해서는 시공조건을 고려하여 외력을 산정하며 외벽 및 저판에 대한 검토는 생략한다.

[참 고]

- (1) 외벽 및 저판에 대하여는 거치 시의 외력보다는 부유 시 및 거치 후의 외력 쪽이 더 큰 하중이 되므로 거치 시의 외벽 및 저판의 검토를 생략한다.
- (2) 격벽에 대하여는 시공조건을 고려하여 각 격실간 수두차를 하중으로 한다[참고 그림 (4.1-16) 참조].



참고 그림 (4.1-16) 격실간의 수두차

- (3) 케이슨 침설(沈設)에는 사이폰(Syphon) 또는 펌프로 물을 넣는 방법, 밸브로 물을 넣는 방법이 있으나 밸브로 물을 넣는 경우에는 수두차 1.0m를 보면 충분하다. 사이폰 또는 펌프로 주수하는 경우에도 자주 호스를 이동시키는 등 시공관리를 해서 수두차를 1.0m 이내로 하여야 한다.
- (4) 케이슨 거치는 우선 물을 주수하면서 침설하며 케이슨의 모든 격실의 마루까지 물이 가득 찬 후 속채움재를 투입한다. 이 때 속채움재의 투입 시는 토압차가 생기지 않도록 시공에 배려할 필요가 있다.
더구나 속채움재는 부력을 받고 있으므로 거치 시의 속채움재에 의하여 격벽에 작용하는 하중으로는 속채움재에 의한 수두차가 주수 시의 수두차의 약 1.6배 이내이면 고려할 필요는 없다.

4.1.4.6 완성후의 외력

(1) 외 벽

- ① 외벽에 작용하는 외력에는 속채움 토압과 내부수압을 고려한다.
- ② 방파제용 케이슨의 전면벽에는 파력을 추가로 고려한다.

[참 고]

(1) 속채움 토압(土壓)

- ① 합계하중 분포는 불규칙한 형상이 되는 경우가 많으므로 설계 시는 이 분포를 등분포하중 및 3각형 분포하중으로 환산하여 계산한다.

- ② 모래의 정지토압계수는 0.6으로 한다.

단 속채움이 블록, 콘크리트 채움인 때는 고려하지 않는다. 속채움이 슬래그 및 쇄석인 경우 지금까지의 연구결과 토압계수가 반드시 저하된다고만 볼 수 없으므로 슬래그 및 쇄석의 경우에도 0.6으로 한다.

- ③ 토압은 벽 안쪽 폭 b 만큼의 깊이까지는 증가하나 그 아래에서는 증가하지 않는다고 본다.[참고 그림 (4.1-17) 참조].

속채움 토압의 증가를 벽의 안쪽 폭과 같은 깊이까지로 한 것은 이전에 토압을 고려하지 않고 설계해 온 사례로부터 속채움 토압을 그대로 적용하는 것은 좋은 방법이 아니라는 생각에서 정한 것이다.

단, 참고 그림 (4.1-17)에서의 기호는 다음과 같다.

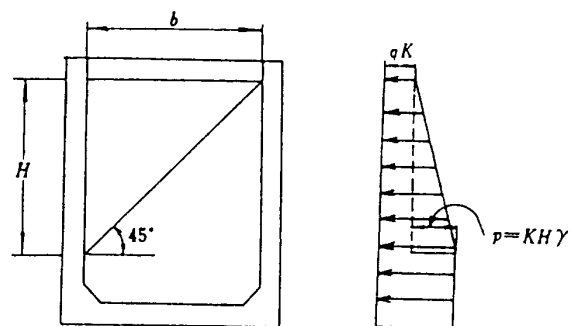
q : 위에서 속채움에 전달되는 상재하중(kN/m^2)

γ' : 속채움재의 수중 단위체적중량(kN/m^3)

일반적으로 γ' 의 설계치는 10kN/m^3 로 해도 좋다.

K : 속채움 토압계수 $K=0.6$

b : 벽의 내면 폭(m)



참고 그림 (4.1-17) 속채움 토압의 계산 방법

- ④ 케이슨위에 견고한 현장타설 콘크리트 등이 있어 케이슨내부에 재하하중의 영향이 미치지 않는다고 볼 경우에는 재하하중은 고려하지 않는다. 단 현장타설콘크리트의 자중은 고려한다.

(2) 내부수압

내부수압은 케이슨내의 수위와 약최저저조위(A.L.L.W)시의 수두차를 취한다.

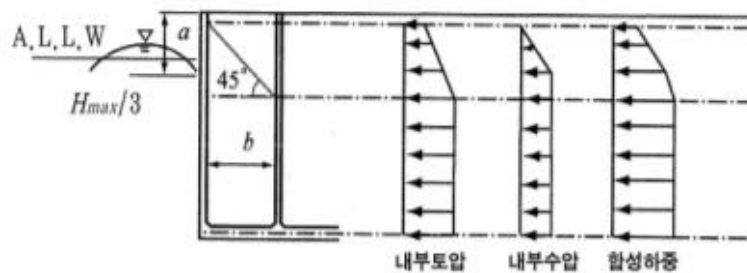
단 방파제에서 기준선평행방향 항외 측 및 기준선 직각방향의 측벽의 벽면에 파곡이 있는 경우에는 외부수위를 A.L.L.W- $(H_{max})/3$ 로 한다. 기준선평행방향 항외 측의 측벽의 벽면에 파봉이 있는 경우에는 내부수압은 고려하지 않는다. 기준선 평행방향 항내 측의 측벽에 대하여는 외부수위를 A.L.L.W로 한다.

- (3) 방파제 케이슨의 기준선 평행방향 항외측의 측벽에 대하여는 벽면에 파봉이 있는 경우에는 파력을 고려한다.

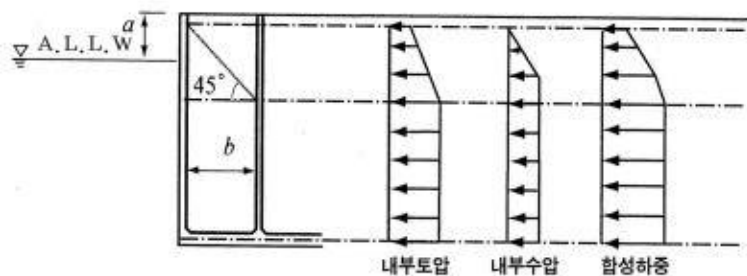
(4) 일 반

구조형식별 내부토압과 내부수압을 취하는 방법은 참고 그림 (4.1-18)에 나타난 바와 같다. 또한 파압 외에 소파블록 피복제에 있어서는 소파블록의 외벽에 대한 충돌, 지역에 따라서는 유빙, 유목 등의 충격력 및 결빙의 영향을 받으나 이들에 대하여는 속채움한 케이슨에 대한 영향이 분명치 않으므로 배근 시 두부를 보강하는 것으로 대처한다.

① 방파제(기준선 평행방향 및 기준선 직각방향)



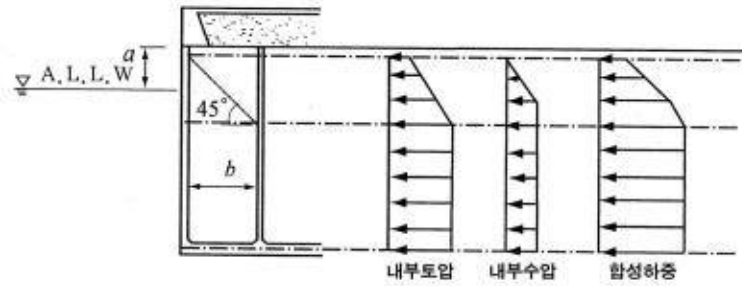
② 방파제(기준선 평행방향 항내 측)



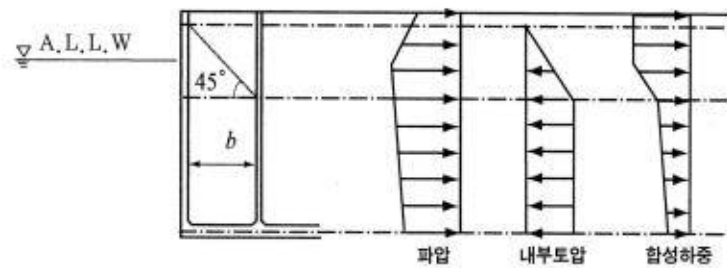
참고 그림 (4.1-18) 내부토압과 내부수압의 취하는 방법

프리캐스트 콘크리트 부재

③ 안벽(기준선 평행 및 직각방향)



④ 파력에 의한 외력



참고 그림 (4.1-18) 내부토압과 내부수압의 취하는 방법 (계속)

(2) 저판

- ① 외벽, 격벽으로 둘러싸인 고정부에는 저면반력, 정수압, 양압력, 속채움재 중량, 덮개 콘크리트 중량, 저판중량 및 재하하중을 고려한다.
- ② 확대기초에 작용하는 하중에는 저면반력, 확대기초중량(부력을 고려) 및 확대 기초상의 재하하중을 고려한다.

[참 고]

(1) 저 판

- ① 합계 하중 분포는 불규칙한 형상이 되는 경우가 많으므로 설계 시는 이 분포를 등 분포 하중 및 3각형 분포하중으로 환산하여 계산할 수 있다.
- ② 저면반력
제체 또는 벽체에 작용하는 저면반력은 참고 식 (4.1-5), 참고 식 (4.1-6)에 의하여 산정한다[참고 그림 (4.1-19) 참조].

가. $e \leq \frac{1}{6}b$ 의 경우

$$\left. \begin{aligned} P_1 &= \left(\frac{1+6e}{b} \right) \frac{V}{b} \\ P_2 &= \left(\frac{1-6e}{b} \right) \frac{V}{b} \end{aligned} \right\}$$

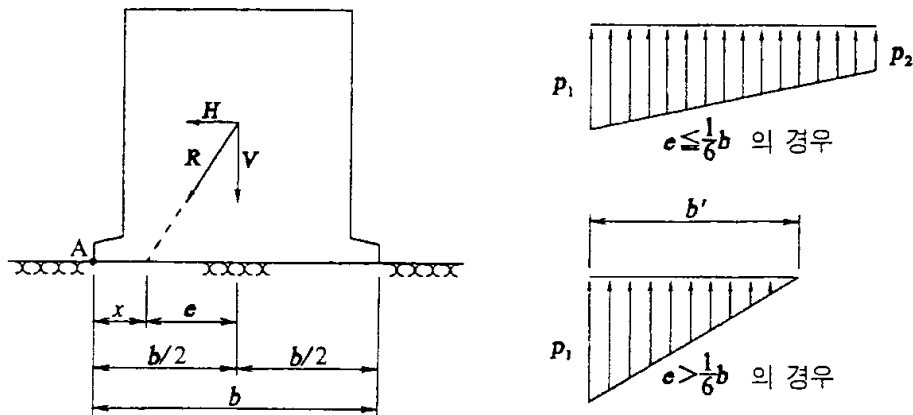
참고 식 (4.1-5)

나. $e > \frac{1}{6}b$ 의 경우

$$\left. \begin{aligned} P_1 &= \frac{2}{3} \frac{V}{\left(\frac{b}{2} - e\right)} \\ b' &= 3\left(\frac{b}{2} - e\right) \end{aligned} \right\} \quad \text{참고 식 (4.1-6)}$$

e 는 참고 식 (4.1-7)에 의해 구한다.

$$\left. \begin{aligned} e &= \frac{b}{2} - x \\ x &= \frac{M_w - M_h}{V} \end{aligned} \right\} \quad \text{참고 식 (4.1-7)}$$



참고 그림 (4.1-19) 저판 반력

여기서,	P_1	: 앞굽(Toe)에서의 반력의 특성값(kN/m ²)
	P_2	: 힐(Heel)에서의 반력의 특성값(kN/m ²)
	V	: 케이슨 기준선방향 단위길이당의 연직합력 (kN/m)
	H	: 케이슨 기준선방향 단위길이당의 수평합력 (kN/m)
	e	: 전합력의 편심량(m)
	b	: 저부의 폭(m)
	b'	: $e > \frac{1}{6}b$ 경우의 저면반력의 작용폭(m)
	M_w	: 연직합력에 의한 A점 주위의 모멘트 (kN.m/m)
	M_h	: 수평합력에 의한 A점 주위의 모멘트 (kN.m/m)

③ 정수압

설계조위에 의하여 케이슨저판에 작용하는 정수압으로 한다.

④ 양압력

제체 또는 벽체에 파력이 작용하는 경우에는 양압력을 고려한다. 양압력의 계산에는 KDS 64 10 10 설계조건(4.3 파랑 및 파력)을 참조한다.

프리캐스트 콘크리트 부재

⑤ 속채움재 중량

속채움재의 단위체적중량은 사용하는 재료를 시험에 의하여 구한 값을 사용하는 것이 일반적이다.

⑥ 덮개 콘크리트 중량

덮개 콘크리트 중량은 부력이 작용하지 않는 대기중량으로 한다.

⑦ 저판중량

저판중량은 부력이 작용하지 않는 대기중량으로 한다.

⑧ 재하하중

저판에 작용하는 재하하중으로는 케이슨상의 토피중량, 적재하중 등을 고려한다.

단 케이슨위에 현장타설 콘크리트가 있어 케이슨내부에 재하하중의 영향이 미치지 않는다고 생각되는 경우에는 재하하중은 고려하지 않는다.

(2) 확대기초

① 확대기초에 작용하는 설계하중은 참고 그림 (4.1-20)에 나타난 바와 같은 하중분포를 참고한다.

② 저면반력

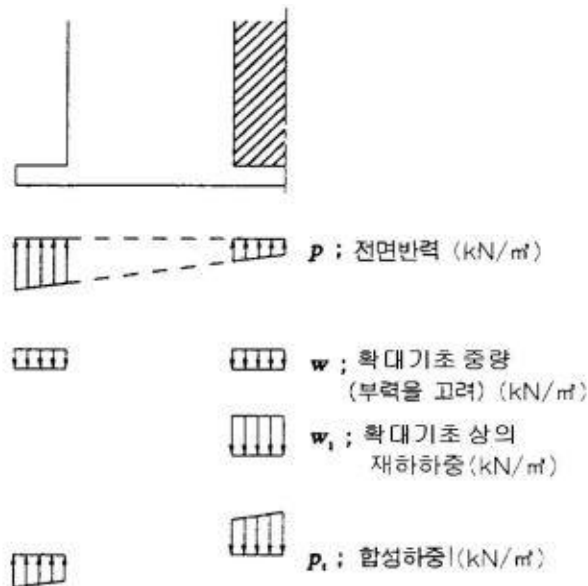
확대기초부에 작용하는 저면반력은 참고 식 (4.1-5) 또는 참고 식 (4.1-6)으로 산출한 확대기초부의 값을 사용한다.

③ 확대기초 중량

확대기초의 중량에는 부력을 고려한 수중 중량을 사용한다.

④ 재하하중

확대기초상에 작용하는 재하하중으로는 설계수위 이하의 부력을 고려한 방파제 등의 소파블록중량, 안벽 육지 측의 토피중량, 적재하중 등을 고려한다.



참고 그림 (4.1-20) 확대기초에 작용하는 설계하중

(3) 격벽 및 기타

① 격 벽

가. 외벽이 격벽으로부터 떨어져 나가는 것을 방지하기 위한 검토에서 외벽에 작용하는 속채움 토압 및 내부수압을 고려하고 이들이 격벽과 외벽의 접합부에 작용하는 것으로 한다.

나. 저판이 격벽으로부터 떨어져 나가는 것을 방지하기 위한 검토를 할 때 하중으로는 저판에 작용하는 속채움 중량, 재하중, 저판중량, 덮개 콘크리트 중량, 저면반력, 양압력 및 정수압을 고려하며 이들의 격벽과 저판의 접합부에 작용하는 것으로 한다.

② 지반 지지력의 불균형에 의한 하중이 작용할 우려가 있는 경우에는 이에 대한 검토를 한다.

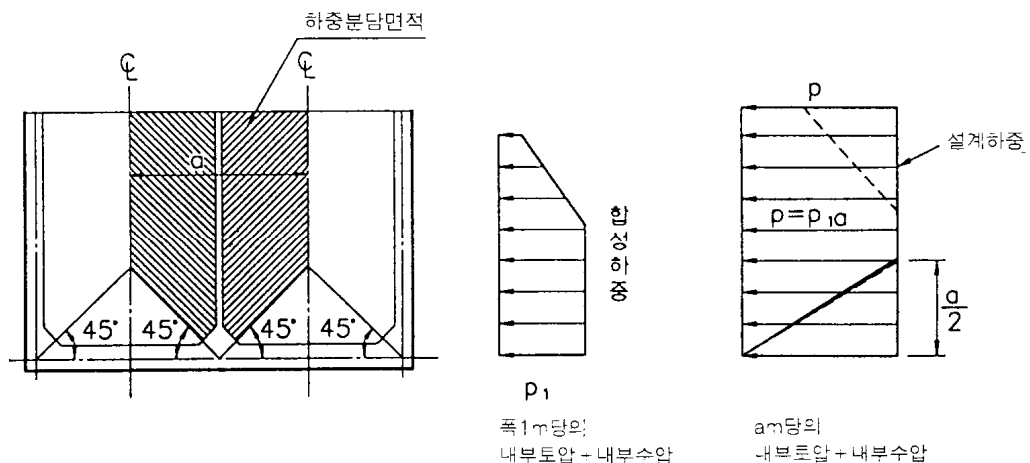
[참 고]

(1) 외벽이 격벽으로부터 떨어져 나가는 것을 방지하기 위한 검토를 할 때 하중으로는 참고 그림 (4.1-21)에 나타난 바와 같은 하중분포를 참고한다.

(2) 저판의 격벽으로부터 떨어져 나가는 것을 방지하기 위한 검토를 할 때 하중은 참고 그림 (4.1-22)에 나타난 바와 같은 하중분포를 참고한다.

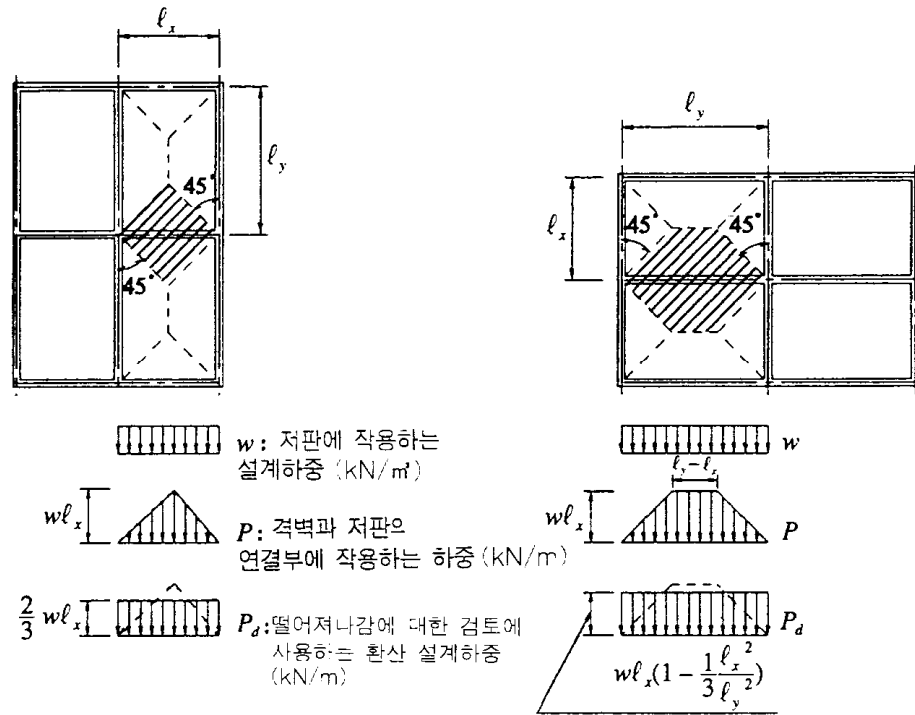
(3) 격 벽

하중분담 구분은 통상의 보를 갖는 상판의 하중분담 구분에 따른다.



참고 그림 (4.1-21) 외벽의 격벽으로부터의 떨어져 나가는 것에 대한 검토시의 설계하중

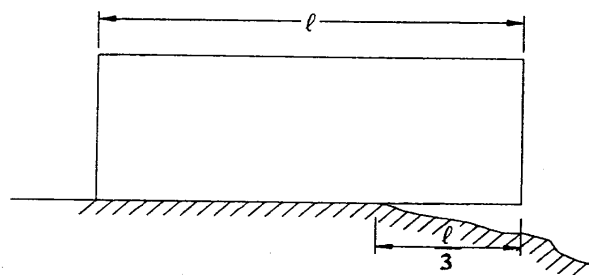
프리캐스트 콘크리트 부재



참고 그림 (4.1-22) 저판의 벽으로부터의 떨어져 나가는 것에 대한 검토시의 설계하중

(4) 지반지지력의 불균형에 의한 하중이 작용할 경우의 검토

이 경우에는 케이슨의 길이 또는 폭의 1/3을 캔틸레버로 보고 케이슨 자체의 보의 일체성에 대하여 검토한다. 또한, 지반지지를 기대할 수 있는 부분만을 용수철로 치환하여 구조해석 모델로 적용하여도 된다[참고 그림 (4.1-23) 참조].



참고 그림 (4.1-23) 지반지지력의 불균등에 의한 하중이 작용하는 경우의 검토

지반지지력의 불균등에 의한 하중상태는 여러 가지 경우를 생각할 수 있다. 지반지지력이 불균등한 경우에 있어서의 케이슨의 응력해석이 시도되고 있으나 아직 설계법이 확립되어 있지 않으므로 여기서는 관용적 설계법을 참고로 보여준다.

4.1.5 부재의 설계

4.1.5.1 부재의 설계일반

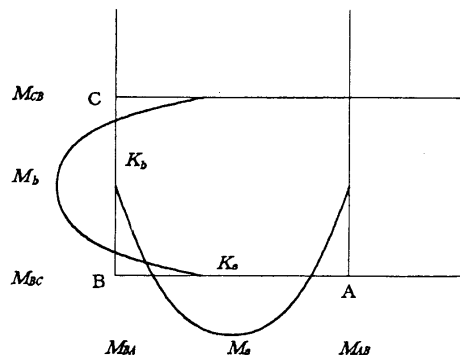
- (1) 부재의 작용모멘트를 구할 경우 케이스 전체를 모델화하여 유한요소법 등에 의한 구조해석 수법을 적용하는 것을 표준으로 한다.
- (2) 단, 부재별 검토가 필요할 경우 휨모멘트 계산표에 의하여 구할 수 있다.
- (3) 설계방법은 강도설계법에 따르는 것을 표준으로 한다.
- (4) 판의 휨모멘트 계산표 이용 시 4.1.5.2 외벽설계, 4.1.5.3 격벽설계, 4.1.5.4 저판설계, 4.1.5.5 기타설계 기준을 적용한다.

4.1.5.2 외벽 설계

외벽의 설계는 3변 고정 1변 자유판으로 계산한다. 단, 접합부에 충분한 철근을 배치하고 덮개콘크리트와의 사이에 단면력 전달이 원활하게 이루어질 수 있는 경우에는 4변 고정판으로 계산할 수 있다.

[참 고]

- (1) 길이의 비가 1 : 5 이상의 외벽에 대해서는 1 : 5의 판의 값을 사용할 수 있다.
- (2) 외벽과 저판간의 불균형 모멘트는 분배하지 않고 그대로의 값을 사용할 수 있다.
- (3) 계산에 사용하는 지간은 격벽간의 중심 간격으로 한다.
- (4) 외벽간에 고정부로 본 개소에 생기는 불균형 모멘트가 현저하게 큰 경우에는 외벽단부는 판의 강비의 비율로 휨 모멘트를 분배하고 다시 지간 모멘트에 대하여도 분배한 모멘트의 0.5배를 더하여 보정하여야 한다. 또한, 내부의 지점 및 제 1경간 이외에 대하여는 불균형 모멘트분배의 영향이 적으므로 특별히 분배할 필요가 없다[참고 그림 (4.1-24) 참조].
- (5) 외벽간에 생긴 불균형 모멘트의 분배 예
외벽의 휨 모멘트를 참고 그림 (4.1-24)와 같은 경우 분배후의 모멘트는 참고 식 (4.1-8)과 같이 된다.



참고 그림 (4.1-24) 불균형 모멘트의 분배

프리캐스트 콘크리트 부재

$$\left. \begin{aligned} M'_{BA} &= M_{BA} - (M_{BA} - M_{BC}) \frac{K_a}{K_a + K_b} \\ M'_{BC} &= M_{BC} - (M_{BA} - M_{BC}) \frac{K_b}{K_a + K_b} \\ M'_a &= M_a - \frac{1}{2} (M_{BA} - M_{BC}) \frac{K_a}{K_a + K_b} \\ M'_b &= M_b + \frac{1}{2} (M_{BA} - M_{BC}) \frac{K_b}{K_a + K_b} \\ M'_{AB} &= M_{AB} \\ M'_{CB} &= M_{CB} \end{aligned} \right\} \quad \text{참고 식 (4.1-8)}$$

여기서, M'_{AB} , M'_{BA} , M'_{BC} , M'_{CB} , M'_a , M'_b : 불균형 모멘트 분배후의 휨 모멘트

M_{AB} , M_{BA} , M_{BC} , M_{CB} , M_a , M_b : 불균형 모멘트 분배전의 휨 모멘트

K_a , K_b : 외벽의 강도(강성, $K = E \cdot I$)

단, 모멘트는 (+)(-)의 부호를 갖고 있다.

4.1.5.3 격벽 설계

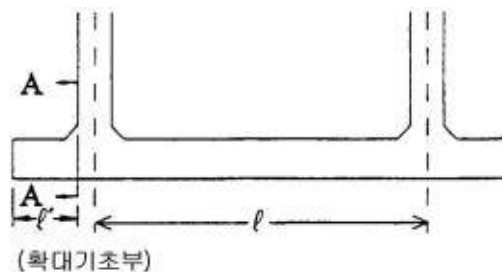
- (1) 거치 시에는 3변 고정 1변 자유판으로 계산한다.
- (2) 거치 후에는 외벽 및 저판의 부재돌출에 대하여 인장하중에 대한 안전성을 확인한다.
- (3) 계산시의 지간은 격벽의 중심간격으로 한다.

4.1.5.4 저판 설계

- (1) 외벽, 격벽으로 둘러싸인 부분은 4변 고정판으로 계산한다.
- (2) 확대기초부는 캔틸레버로 계산한다.

[참 고]

- (1) 4변 고정부의 계산에 쓰이는 지간은 중심간격으로 한다[참고 그림 (4.1-25) 참조].



참고 그림 (4.1-25) 저판의 설계의 사용하는 지간(Span)

- (2) 확대기초부의 휨 및 전단에 관한 계산에 이용하는 단면은 벽 전면(全面)으로 한다.
단 사인장형 전단파괴의 검토 단면은 벽 전면이 붙어있는 부분을 단면으로 해도 된다.
이 경우, 벽 전면에서 부재고의 산정은 현치 부분의 1 : 3보다 완만한 부분을 유효하다고 본다.
- (3) 일반적인 형상의 철근콘크리트 확대 기초의 경우에는 케이슨 본체를 강체로 보아서 확대기초에 걸리는 모멘트의 영향은 본체부에는 미치지 않는 것으로 한다.

4.1.5.5 기타 설계

케이슨을 이동시키기 위하여 잭 등으로 들어 올리는 경우 또는, 거치 후의 부등침하 등에 대하여는 케이슨 전체를 보로 보고 검토 한다.

[참 고]

- (1) 이 경우에는 다음의 방법 중 하나를 써서 검토할 수 있다.
- ① 철근을 고려한 유효환산 단면적을 기본으로 하며 철근 콘크리트의 응력을 검토하는 방법
 - ② 콘크리트도 인장하중을 받는 것으로 하여 검토하는 방법 또한, 저판에 대하여는 편칭전단에 대하여 검토.
- (2) (1), ①의 방법
유효환산 단면의 중립축의 위치 및 중립축에 대한 유효환산단면의 단면 2차 모멘트를 도식적으로 구하여 균등질 재료의 보, 휨 응력계산에 사용하는 참고 식 (4.1-9)에 의하여 검토한다.

$$\sigma = \frac{M}{I} y$$

참고 식 (4.1-9)

여기서, σ : 휨 응력(N/mm²)

M : 휨 모멘트(N·mm)

I : 중립축에 대한 유효환산 단면의 단면 2차 모멘트(mm⁴)

y : 중립축으로부터의 거리(mm)

4.1.5.6 판의 휨모멘트 계산표

판의 휨 모멘트 계산수표에 대하여는 이 기준 부록을 참조한다.

4.1.6 리프팅(Lifting)부의 설계

4.1.6.1 리프팅(Lifting)부에 작용하는 하중

들고리(Lifting bar)에 작용하는 하중은 케이슨의 중량, 저면에 작용하는 부착력 등을 고려하여 정한다.

[참 고]

- (1) 조금구(Lifting frame)를 사용하여 진수하는 경우의 리프팅부의 설계에 사용하는 하중은 참고 식 (4.1-10)에 의하여 구한다.

$$P = \frac{(W + W' + F)}{N \sin \theta} k \quad \text{참고 식 (4.1-10)}$$

여기서, P : 들고리에 작용하는 하중(kN/본)

W : 케이슨의 중량(kN)

W' : 케이슨 1함당의 부가중량(kN)

F : 케이슨 1함당 저면부착력(kN)

k : 불균등계수

N : 들고리 수

θ : 들고리와 케이슨 상부면이 이루는 각도. 단, 들고리 매입길이 산정에 이용하는 경우 또는 조금구를 설치하는 경우에는 $\theta=90^\circ$ 로 할 수 있다.

단, W , W' , F 은 참고 식 (4.1-11) ~ 참고 식 (4.1-13)에 의하여 구한다.

$$W = 24 V \quad \text{참고 식 (4.1-11)}$$

$$W' = 0.05 W \quad \text{참고 식 (4.1-12)}$$

$$F = 3.0 A F \quad \text{참고 식 (4.1-13)}$$

여기서, V : 케이슨 콘크리트의 설계체적(m^3)

A : 케이슨의 저면적(m^2)

- (2) 들고리에 발생하는 하중산정은 일반적으로 사용되고 있는 방법을 나타냈다. 실제 케이슨을 올릴 때 발생하는 하중의 측정결과에 따르면, 불균등계수, 케이슨의 부가중량, 저면 부착력 등 개개의 값에서는 문제가 있지만, 전체적으로는 거의 타당한 값이 실측되고 있기 때문에 참고 식(4.1-11,12,13)으로 산정할 수 있다.
- (3) 불균등계수 k 는 1.8을 표준으로 한다. 실물 케이슨의 리프팅시의 하중측정 결과에 의하면 3,300kN형(8점 리프팅), 9,800kN형(16점 리프팅)의 케이슨에서 최대 불균등계수가 각기 1.24, 1.56으로서 전체의 평균은 1.36이었다.

또한 채용치 1.8은 이것을 초과할 확률이 0.3%정도인 경우의 값이다. 리프팅 개소수가 적은 경우에는 큰 값을 나타내므로 리프팅 시험으로 판단하고 감소시킬 수가 있다. 실제 측정결과에 따르면 케이슨의 팽창과 내부의 유수(留水)로 케이슨 중량은 설계치보다 약간 크나, 저면부착력이 설계치보다 약간 작기 때문에 전체적으로는 실측된 하중과 설계치는 거의 일치하고 있다.

- ① 케이슨의 단위체적중량을 24.0kN/m^3 으로 보고 여기에 다시 케이슨 내의 유수를 고려한 경우 케이슨의 팽창량은 3300kN형에서 평균 4.5%, 9800kN형에서 평균 5.8%, 표준편차 2.2%, 전체적으로는 평균 5.5%, 표준편차 2.1%였다. 그래서 케이슨의 부가중량을 케이슨 중량 설계치의 5%로 했다.
- ② 케이슨 저면에 모래를 깔고 거기에 노반지(Underlay)를 부설한 상태에서 저면부착력은 $0\sim 1.2\text{kN/m}^2$ 이고, 평균 450N/m^2 , 표준편차 470N/m^2 이었다. 그러나 실제로는 저면의 표면형상이나 재료의 영향을 크게 받을 것으로 예상되기 때문에 저면부착력의 설계치를 3.0kN/m^2 로 했다.

4.1.6.2 일반 강봉(Round bar)을 사용하는 경우

들고리(Lifting bar)에 작용하는 하중은 들고리의 허용전단강도, 매입부 부착강도 등을 고려하여 정한다.

[참고]

- (1) 들고리 설계는 참고 그림 (4.1-26)의 들고리 하중 모식도와 참고 식 (4.1-14)를 따라 실시할 수 있다. 들고리 설계는 허용전단강도 및 들고리의 매입부 부착강도 중에 작은 쪽의 값을 적용한다.

$$\gamma_i \frac{P_d}{\min(T_{1d}, T_{2d})} \leq 1.0$$

참고 식 (4.1-14)

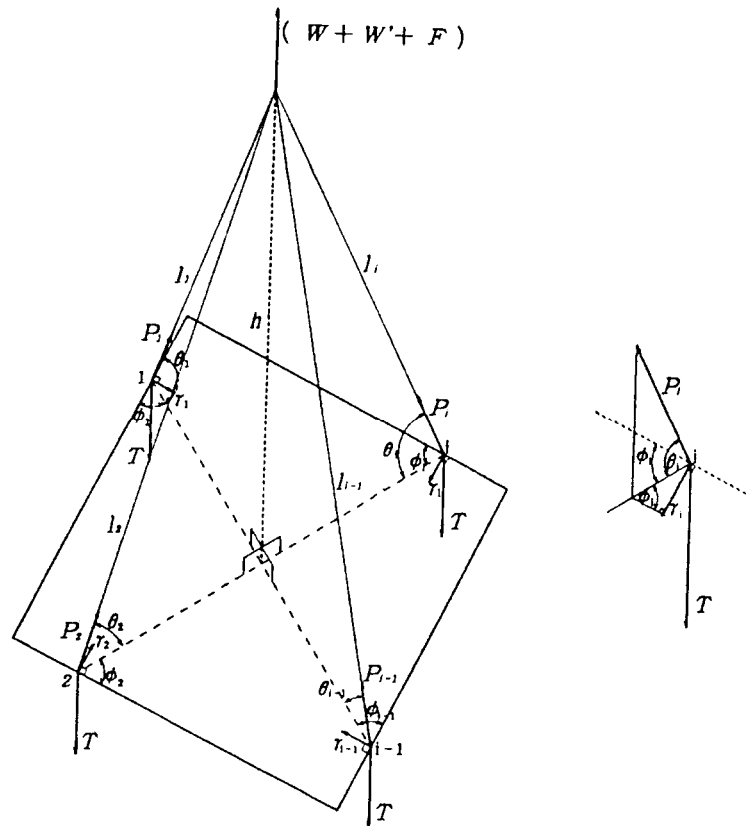
$$T_{1d} = \frac{\pi D^2 f_{vyd}}{2 \times 10^3 \gamma_b}$$

$$T_{2d} = \frac{2\pi D^2 f_{bod} m \alpha l}{10^3 \gamma_b}$$

여기서, γ_i : 구조물계수
 T_{1d} : 들고리의 허용전단강도(kN)
 T_{2d} : 들고리의 부착강도(kN)
 P_d : 들고리 1개당 작용하중(kN)

프리캐스트 콘크리트 부재

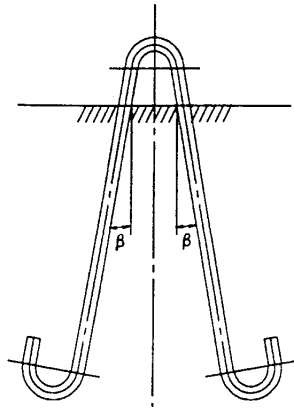
D	: 들고리의 지름(mm)
f_{vyd}	: 들고리의 전단항복강도(N/mm ²)
f_{bod}	: 콘크리트의 부착강도(N/mm ²)
m	: 후크(Hook) 효과(=1.5)
α	: 일반 강봉에 의한 부착 강도를 고려한 계수(=1.1)
γ_b	: 부재계수(=1.1)



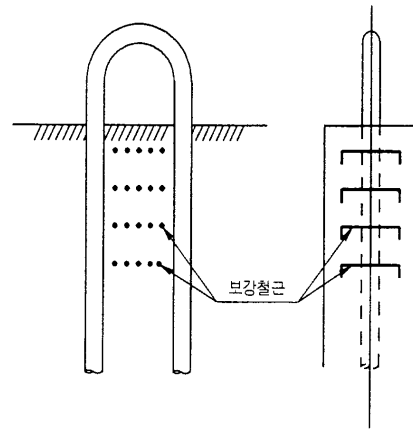
참고 그림 (4.1-26) 직접 매달아 들어 올릴 경우 들고리에 작용하는 하중

- (2) 케이슨의 들고리의 실험대과과실험에 의하면 케이슨벽에는 파괴하중에 달할 때까지 여러 가지의 균열의 발생이 확인되었다. 그러나 설계하중의 범위에서는 충분히 안전하다는 것이 판명되었으므로 케이슨벽의 파괴에 대한 검토는 생략할 수 있다. 다만, 리프팅(Lifting)부 들고리를 장기간 영구적인 구조 요소로 보아야 하는 경우 구조 상세 검토는 KDS 14 20 54 콘크리트용 앵커 설계기준을 참조할 수 있다.
- (3) 들고리에 작용하는 하중은 들고리의 직선부와 콘크리트와의 부착력 및 고리(Hook) 정착효과에 의하여 하중이 전달된다. 또, 실험결과로부터 고리시점 하중의 3배가 들고리에 작용하는 하중이 되며 이는 거의 설계하중과 일치한다. 또한 설계하중은 최종적 파괴 하중의 40~60% 정도의 하중이었다. 또, 실험결과에 의하면 파괴하중은 들고리와 콘크리트와의 부착에 의하는 것이 아니라 고리부근 콘크리트의 인장강도에 의하여 지

- 배되고 있었다. 이와 같은 극한 파괴의 메커니즘과 파괴하중의 결과로부터 고리효과로서 하중의 1/3을 분담한다고 해도 충분히 안전이 확보된다고 판단하였다.
- (4) 케이슨의 리프팅시의 부착강도에 관한 실험결과에 의하면 압축강도가 24.0N/mm^2 최대 부착강도는 11일 강도가 $1.2\sim 1.4\text{N/mm}^2$ 이었다.
- (5) 들고리의 강도는 실험결과에 의하면 인장력 외에 휨 모멘트와 전단력의 영향이 크고 상당히 적은 하중에서 항복점에 달하고 있으나 들고리는 일시적으로 사용하는 것이며 또 설계하중의 범위에서는 들고리 파괴의 원인이 되지 않는다는 것이 판명되었으므로 f_{ydb} , f_{vyd} 의 계산에 의하여 들고리의 직경을 선정하여도 된다.
- (6) 조금구를 사용한 경우 균열을 방지하기 위해서는 참고 그림 (4.1-27)에 나타난 바와 같이 구조상 발생하는 수평력을 감하는 들고리 형상으로 하는 방법, 및 참고 그림 (4.1-28)에 나타난 바와 같이 들고리 사이를 보강근으로 보강하여 균열(Crack)의 성장을 억제하는 방법을 취하면 균열의 발생하중은 $880\sim 980\text{kN}$ 으로 되어 효과가 있다.

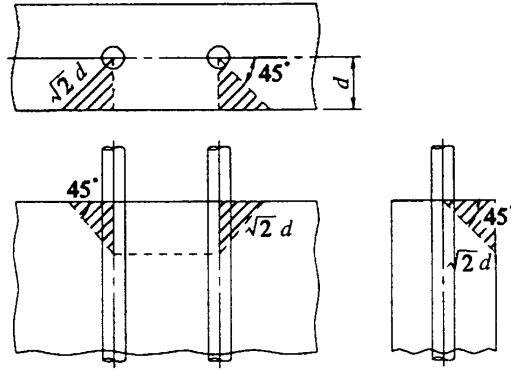


참고 그림 (4.1-27) 들고리의 형상



참고 그림 (4.1-28) 들고리간의 보강방법

- (7) 직접 매달아 들어 올릴 경우에는 들고리 매입부에서 측벽 두부의 전단파괴에 대한 안전성을 검토한다. 측벽 두부의 파괴는 참고 그림 (4.1-29)에 나타난 형상으로 된다고 보고, 측벽 두부의 전단파괴에 대한 안전성 검토는 참고 식 (4.1-15)으로 할 수 있다.



참고 그림 (4.1-29) 외벽의 파괴상황

$$\gamma_i \frac{R_d}{V_{cd}} \leq 1.0$$

참고 식 (4.1-15)

$$R_d = P_d \cos \theta \sin \phi$$

$$V_{cd} = f_{V_{cd}} A_r$$

여기서, γ_i : 구조물계수

R_d : 들고리에 작용하는 측벽 직각방향의 수평력(kN)

V_{cd} : 설계 전단내력(kN)

θ : 들고리와 케이슨 상부면이 이루는 각도

ϕ : 들고리와 케이슨 상부면에 대한 투영선과 외벽이 이루는 각도

$$f_{V_{cd}} : \frac{0.20 \beta_d \beta_p \beta_r \sqrt{f'_{cd}}}{\gamma_b}$$

$$\beta_d : \sqrt[4]{1000/d} \leq 1.5$$

$$\beta_p : \sqrt[3]{100/p} \leq 1.5, p = \frac{A_s}{b \sqrt{2} d}$$

$$\beta_r : 1.0$$

f_{cd} : 콘크리트의 압축강도(N/mm²)

d : 들고리 중심부터 수평방향 철근까지의 거리(mm)

A_s : 전단면 내 수평방향 철근의 양(mm²)

b : 들고리 간격에 d 를 더한 길이(mm). 단, 들고리 간격은 일반적으로 5D를 넘지 않도록 한다.

D : 들고리의 직경(mm)

A_r : 전단저항면적(mm²), $A_r = b \sqrt{2} d$

γ_b : 부재계수(=1.3)

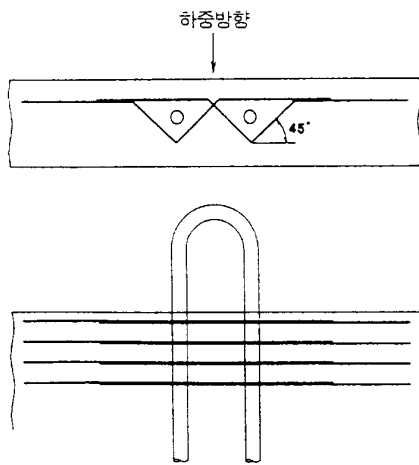
- (8) 참고 식 (4.1-15)에 의한 설계전단강도가 설계수평하중에 못 미치는 경우에는 외벽두부의 철근량을 증가시키거나 또는 참고 그림 (4.1-30)과 같은 보강방법에 의하여 필요한 전단내력을 확보한다.

들고리가 수평력을 받는 경우 실험결과에 의하면 케이슨벽의 상면으로부터 들고리의

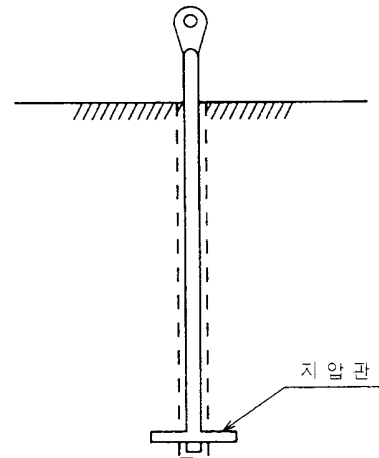
직경의 3~4배 밑으로 내려간 범위까지 들고리에 휜 응력이 생기므로 보강철근도 이 범위에 2~3단 배근한다.

- (9) 현재 사용되고 있는 참고 그림 (4.1-27)과 같은 들고리는 케이슨 리프팅시(약 15분)에만 필요한 것임에도 불구하고 철거가 불가능하여 비경제적이라 생각되므로 리프팅 후 철거가 가능한 구조의 것이 고안되어 있다.

너트형(참고 그림 (4.1-31) 참조) 및 비너형 고정방법 등 부착력에 의하지 않는 들고리(개량 들고리)의 인장실험에 의하면 시험벽의 두께 40cm, 콘크리트 압축강도 24N/mm², 들고리(재질 SV70, 직경 80mm 및 70mm, 콘크리트 양생일 수 10~11일, 들고리 매입길이 2m의 조건하에서 균열발생 하중은 780~1,200kN, 최대하중은 2,200~2,800kN이며 시험 후 철거가능하고 충분히 사용가능하다는 결과를 얻고 있다.



참고 그림 (4.1-30) 외벽두부의 보강방법



참고 그림 (4.1-31) 개량 들고리의 형상(너트형)

4.1.6.3 고장력 이형강봉을 사용하는 경우

들고리(Lifting bar)에 작용하는 하중은 들고리의 인장항복강도, 매입부 부착정착강도 등을 고려하여 정한다.

[참 고]

- (1) 최근 케이슨 등의 들고리에 고장력 이형강봉(異形鋼棒)을 사용하는 경우가 있다. 이런 경우에는 다음과 같은 방법에 의하여 들고리의 계산을 행한다.
- (2) 고장력 이형강봉의 계산은 들고리의 인장항복강도 및 들고리 매입부 부착정착강도 중에 작은 쪽의 값을 이용해서 참고 식 (4.1-16)에 따라 구한다.

프리캐스트 콘크리트 부재

$$\gamma_i \frac{P_d}{\min(T_{1d}, T_{2d})} \leq 1.0$$

참고 식 (4.1-16)

$$T_{1d} = \frac{\pi D^2 f_{yd}}{4 \times 10^3 \gamma_b}$$

$$T_{2d} = \frac{\pi D f_{bod} \alpha l}{10^3 \gamma_b}$$

여기서, γ_i : 구조물계수

T_{1d} : 들고리의 허용전단강도(kN)

T_{2d} : 들고리의 부착강도(kN)

P_d : 들고리 1본당 작용하중(kN)

D : 들고리의 직경(mm)

f_{yd} : 들고리의 전단항복강도(N/mm²)

f_{bod} : 콘크리트의 부착강도(N/mm²)

α : 이형봉강에 의한 부착 강도를 고려한 계수(=0.9)

γ_b : 부재계수(=1.1)

(3) 들고리의 매입깊이는 일반적으로 참고 식 (4.1-17)에 따라 구한 길이 이상으로 한다.

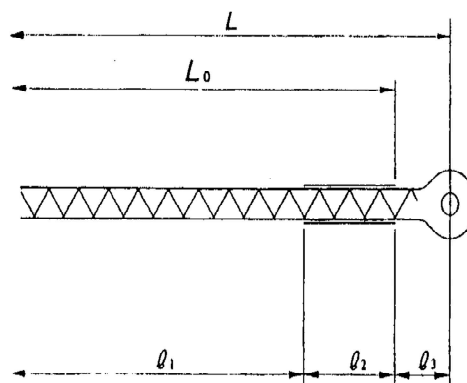
$$L = l_1 + l_2 + l_3$$

참고 식 (4.1-17)

여기서, l_1 : 들고리의 부착 길이(mm)

l_2 : 비접착부의 길이 $\geq 6D$ (mm)

l_3 : 돌출부 길이(2D~200mm)



참고 그림 (4.1-32) 들고리 매입길이

(4) 들고리의 힌지(Hinge)부에서의 인장항복강도 및 전단강도의 검토를 참고 식 (4.1-18)에 따라 행한다[참고 그림 (4.1-33) 참조].

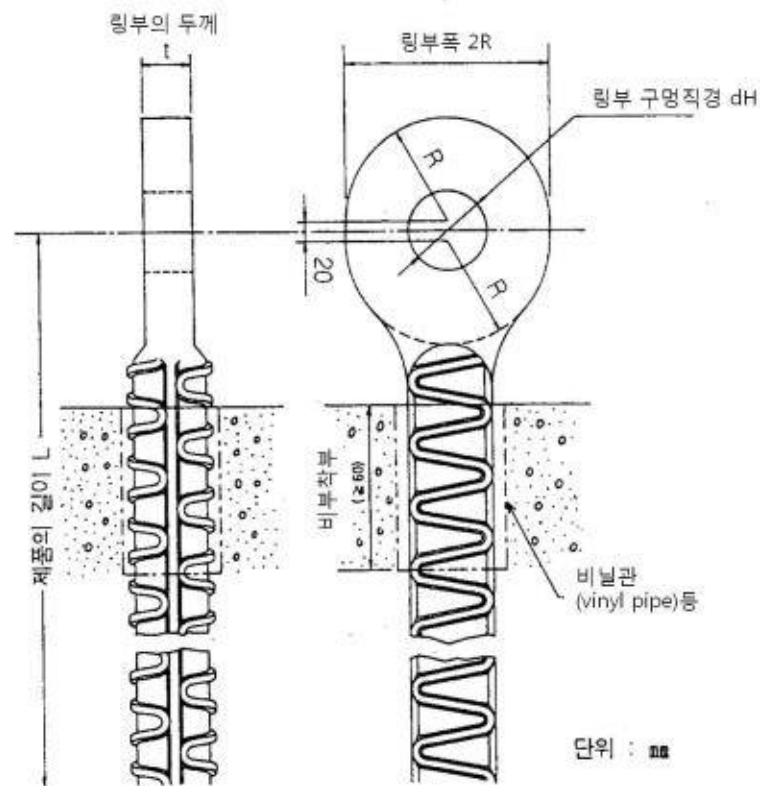
$$\gamma_i \frac{P_d}{T_{3d}} \leq 1.0\gamma_i, \quad \frac{P_d}{V_{1d}} \leq 1.0$$

참고 식 (4.1-18)

$$T_{3d} = \frac{f_{yd}(2R - dH)t}{10^3\gamma_b}$$

$$V_{1d} = \frac{2f_{vyd}\{10 + \sqrt{R^2 - (\frac{dH}{2})^2}\}}{10^3\gamma_b}$$

- 여기서, γ_1 : 구조물계수
 P_d : 들고리 1본당에 작용하는 하중(N)
 T_{3d} : 들고리 힌지(hinge)부의 인장항복강도
 V_{1d} : 들고리 힌지(hinge)부의 전단강도
 R : 링(Ring)부 반경(mm)
 dH : 링(Ring)부 구멍직경(mm)
 t : 링(Ring)부 두께(mm)
 f_{yd} : 들고리의 인장항복강도(N/mm²)
 f_{vyd} : 들고리의 전단항복강도(N/mm²)
 γ_b : 부재계수(=1.1)



참고 그림 (4.1-33) 들고리 상세도

4.2 직립소파 케이스

4.2.1 직립소파 케이스 설계일반

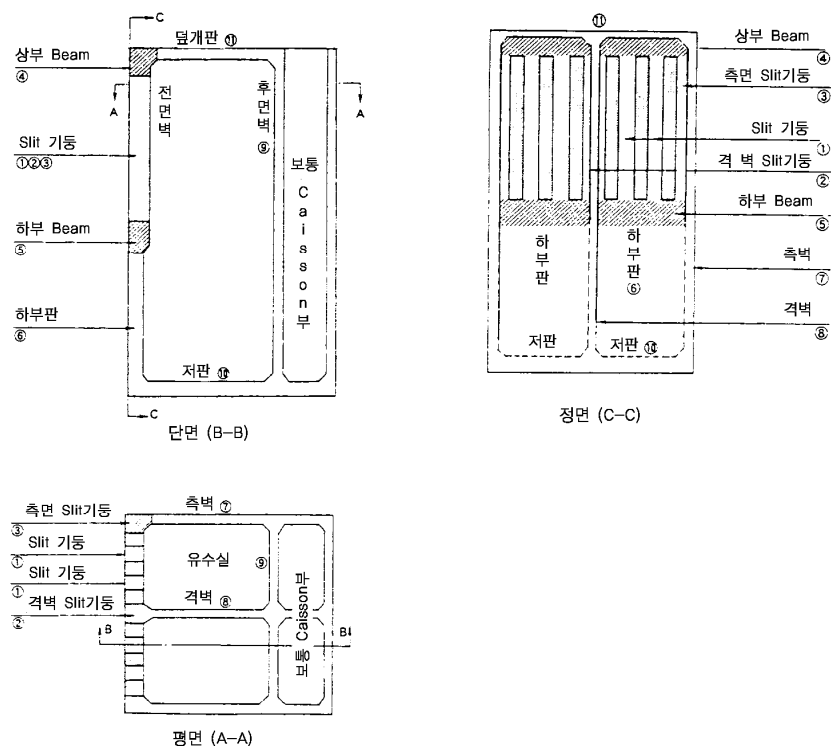
- (1) 이 기준은 안벽, 방파제 및 호안 등에 사용되는 직립소파 케이스의 설계에 적용한다.
- (2) 설계는 이 기준의 4.1 케이스에서 제시된 설계법에 의한 내용을 따른다.

[해설]

전면이 슬릿(Slit)형 벽이고 내부에 유수실을 갖고 있어 이에 의하여 소파기능을 갖는 직립소파 케이스가 안벽 및 방파제에 사용되고 있다. 직립소파 케이스의 형상은 현재 여러 가지 구조가 고안되고 있으나 불투과형, 투과형으로 대별되며 슬릿(Slit)의 형상으로는 종 슬릿(Slit)형이 가장 많이 사용되고 있다. 이 이외에도 횡 슬릿(Slit)형, 다공벽형 등의 실시 예가 있다. 부재의 설계 시에는 각종 구조물의 특성을 충분히 조사하여 조건에 부합되는 수리모형실험 등을 한 뒤에 설계를 하여야 한다.

[참고]

- (1) 직립소파 케이스의 설계수준은 이 기준 4.1.1 케이스 일반사항 [참고](1)에 준한다.
- (2) 비교적 실시 예가 많은 종 슬릿(Slit) 케이스의 부재 명칭을 참고 그림 (4.2-1)에 보여준다.



참고 그림 (4.2-1) 종 슬릿(Slit) 케이스 각부의 명칭

- (3) 종 슬릿 폭(개구부)은 40~50cm정도가 많다. 슬릿(Slit)폭은 반사율을 극소화하는 개구율을 구하여 정하지만 조개, 조류 등이 부착하여 개구율이 감소하는 일이 있으므로 부근의 기설구조물 등을 사전에 충분히 조사하여 이들 부착물의 두께를 감안하여 슬릿(Slit)폭을 결정해야 한다.
- (4) 일반적으로 슬릿(Slit) 케이슨의 단면은 비대칭이 되고 중심이 편심되는 것이 많기 때문에 크레인에 의한 리프팅(Lifting)시 및 부유 시에 미리 밸러스트(Ballast)를 넣어서 평형을 유지하도록 검토해야 한다. 또 자력으로 케이슨을 부유시키기 위하여 슬릿(Slit)부에 지수관을 설치하는 경우에는 지수효과가 충분히 얻어지도록 지수공의 검토를 해둘 필요가 있다.

4.2.2 부재에 작용하는 외력

- (1) 부재에 작용하는 외력은 상시, 이상 시에 대하여 필요에 따라 다음 것을 고려한다.
- ① 토 압
 - ② 속채움토압
 - ③ 잔류수압
 - ④ 파 력
 - ⑤ 양압력
 - ⑥ 표류물(漂流物)의 충돌력
 - ⑦ 케이슨 및 속채움의 중량
 - ⑧ 상부구조의 중량
 - ⑨ 재하하중
 - ⑩ 방충공반력
 - ⑪ 저면반력
 - ⑫ 시공시의 하중
- (2) 이중 속채움 토압, 파력, 양압력, 방충공반력 및 시공시의 외력에 대하여는 지진의 영향은 고려하지 않아도 된다.

[해설]

직립소파 케이슨 부재에 작용하는 파력은 유수실 덮개 판의 유무, 구조에 따라 현저하게 달라진다. 따라서 실제의 설계에 있어서는 과거의 실시 예를 참고하여 검토하는 외에 필요에 따라서 각각의 조건에 대응하는 적절한 모형실험을 행하여 검토하여야 한다.

[참고]

- (1) 하중의 조합과 하중계수는 이 기준 4.1.4.1 하중의 조합에 준한다.
- (2) 부재에 작용하는 외력은 KDS 64 10 10 설계조건 4.3 파랑 및 파력을 참조한다.

프리캐스트 콘크리트 부재

- (3) 직립소파 케이슨 부재에 작용하는 파력을 모형실험에 의하여 구한 예를 참고 그림 (4.2-2)에 보여준다.

$$\left. \begin{aligned} P_H &= 1.0 w_0 H_{\max} \\ P'_H &= 1.5 w_0 H_{\max} \\ P_V &= 1.5 w_0 H_{\max} \\ P_U &= 2.0 w_0 H_{\max} \\ P_{H_1} &= 2.0 w_0 H_{\max} \\ P_{H_2} &= 1.0 w_0 H_{\max} \end{aligned} \right\}$$

참고 식 (4.2-1)

P_H : 전면벽에 작용하는 파압강도(kN/m^2)

P'_H : 상부 파라펫(Parapet)에 작용하는 파압강도(kN/m^2)

P_V : 덮개 판의 하향으로 작용하는 파압강도(kN/m^2)

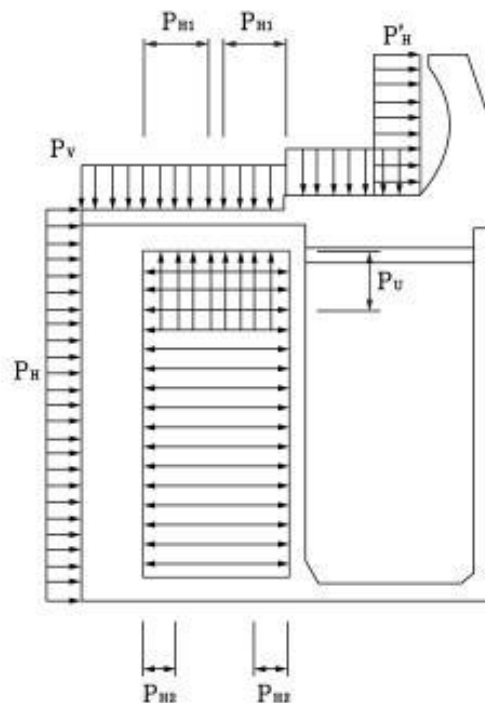
P_U : 덮개 판의 상향으로 작용하는 파압강도(kN/m^2)

P_{H_1} : 유수실 상부에 작용하는 파압강도(kN/m^2)

P_{H_2} : 유수실 하부에 작용하는 파압강도(kN/m^2)

$H_{\max}$: 최대파고(m)

w_0 : 해수의 단위체적중량(kN/m^3)

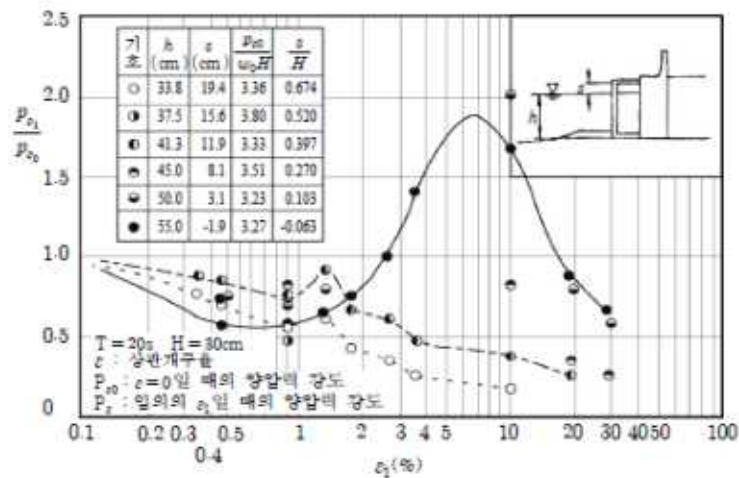


참고 그림 (4.2-2) 부재설계파력 분포의 예

- (4) 유수실 천정부가 상판에 의하여 완전히 폐합된 경우에는 파에 의하여 상부에 공기층이 압축되는 경우가 많고 그 순간에 충격압이 작용한다.

한편 공기압축에 의한 충격압은 덮개 판에 개구율의 공기구멍을 설치함으로써 저감시킬 수가 있다. 그러나 이 개구율의 크기에 따라서는 상상판에 파면이 직접 충돌하게 되어 무공상판의 경우보다 큰 충격 양압력이 작용하는 일도 있으므로 주의를 요한다. 또한, 이에 대한 상세한 내용은 참고문헌을 참조한다.

- (5) 참고 그림 (4.2-3)은 모형실험에서 상판의 개구율 ϵ_1 을 변화시켰을 때의 양압력 강도의 실험치 P_{ϵ_1} 의 변화의 예를 나타낸 것이다. 일반적으로 0.5~1.0% 정도의 공기구멍을 설치하면 덮개 판에 작용하는 공기압은 무공상판의 경우의 공기압의 50%~70%로 저감된다.



참고 그림 (4.2-3) 상판 개구율에 의한 압력강도의 변화 실험 예

- (6) 전벽 슬릿(Slit)기둥은 70×70cm 정도의 세장한 기둥이고 슬릿(Slit)기둥의 중앙부에 표류물(漂流物)등이 충돌하여 집중하중이 작용하면 지점부에는 큰 단면력이 발생하므로 주의를 요한다. 표류물의 충돌력은 실시 예에서 78.4kN정도를 고려하여 이상시 하중으로 취급한 예가 많다.

또한, 표류물의 충격하중 78.4kN은 슬릿(Slit)기둥을 탄성지지판으로 보아 다음과 같이 가정하여 해석하였다.

- ① 표류물의 형상 : 길이 10m, 직경 0.5m, 비중 0.75
- ② 충돌 시 속도 : 0.5m/s(약 1kt)
- ③ 슬릿(Slit) 기둥의 형상 : 길이 4m, 단면형 0.5×0.7m

- (7) 직립소파 케이슨 안벽의 경우에는 고무 방충재 등의 방충공을 케이슨 중앙부의 격벽 슬릿(Slit)기둥의 전면에 설치하는 일이 많고 이 경우에는 선박접안력을 격벽 부재에 작용시켜서 격벽의 부재응력을 검토해야 한다.

- (8) 직립소파 케이슨의 유수실 각 부재의 설계에 고려할 외력을 참고 표 (4.2-1)에 보여 준다. 이들 외력은 다음에 기술하는 방법으로 각 부재에 작용시킨다.

프리캐스트 콘크리트 부재

참고 표 (4.2-1) 직립소파 케이스 유수실 부재에 고려할 외력

부 재		부재번호	계 산 하 중	비 고
전 면 벽	슬릿기둥	①	유수 시 수압 파압(기준선직각방향, 평행방향) 표류물에 의한 충격력 전면벽 상부로부터 전달하는 축력	
	격벽 슬릿기둥	②	파압(격벽으로부터 전달되는 파력포함)	
	측벽 슬릿기둥	③	유수 시 수압(측벽으로부터 전달되는 파력포함) 파압(상동)	
	상부 보	④	상측 및 하측으로부터의 연직하중 부유 시 수압(슬릿 기둥으로부터 전달되는 반력) 파압(보 자체에 작용하는 파력, 슬릿 기둥반력)	측벽슬릿기둥의 파압 시 반력이 작용한 경우의 인발을 검토한다.
	하부 보	⑤	부유 시 수압(슬릿기둥 및 하부 판의 반력, 보자체에 작용하는 하중) 파 압(상동)	상동
	하 부 판	⑥	부유 시 수압 파 압	
측 벽		⑦	부유 시 수압 파 압	
격 벽		⑧	설계파압의 기준선방향으로 각각 작용 방충재 반력	내부파압이 슬릿 기둥에 작용하는 경우의 인발을 검토한다.
후 면 벽		⑨	파압 토압, 잔류수압	상동
저 판		⑩	각하중 경우의 저면반력과 저판자중, 수압차, 부유 시 수압	
덮 개 판		⑪	파 압(상방향, 하방향) 상재하중 자 중	

주) 부재번호는 참고 그림 (4.2-1)에 따른다.

① 슬릿(Slit) 기둥

가. 슬릿(Slit) 기둥의 단면력을 검토하는 하중은 (i) 부유 시 수압, (ii) 파압, (iii) 표류물 등에 의한 충격력을 고려한다. 부재에 작용하는 설계하중은 참고 그림 4.2-4(a)~(c)에 나타난 하중분포를 참고한다.

(가) 부유 시 수압[참고 그림 (4.2-4)(a) 및 참고 식 (4.2-2) 참조]

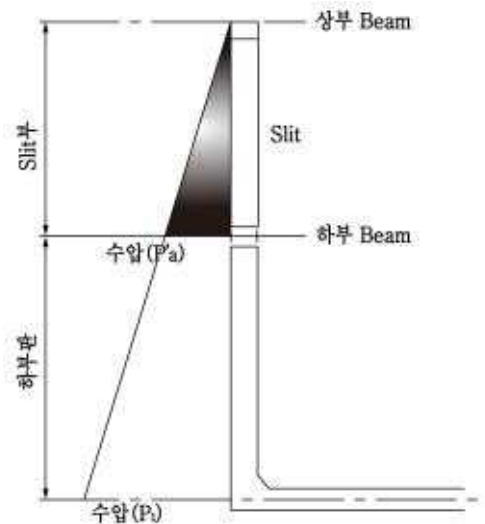
$$P_a = P'_a \ell$$

참고 식 (4.2-2)

여기서, P_a : 슬릿(Slit)기둥 1분당 작용하는 하중(kN/m)

P'_a : 부유 시에 작용하는 수압(kN/m²)

ℓ : 슬릿(Slit)기둥의 중심선 간격(m)



참고 그림 (4.2-4)(a) 슬릿(Slit) 기둥에 작용하는 부유 시 수압하중

(나) 파압[참고 그림 (4.2-4)(b), 참고 식 (4.2-3) 및 참고 식 (4.2-4) 참조]

㉠ 기준선직각방향으로 파압이 작용하는 경우

$$P_{H1} = P_{H1}' B_1$$

참고 식 (4.2-3)

여기서, P_{H1} : 슬릿기둥(기준선직각방향) 1분당에 작용하는 하중(kN/m)

P_{H1}' : 기준선직각방향에 작용하는 파압강도(kN/m²)

B_1 : 기준선평행방향의 슬릿(Slit)기둥 폭(m)

㉡ 기준선평행방향으로 파압이 작용하는 경우

$$P_{H2} = P_{H2}' B_2$$

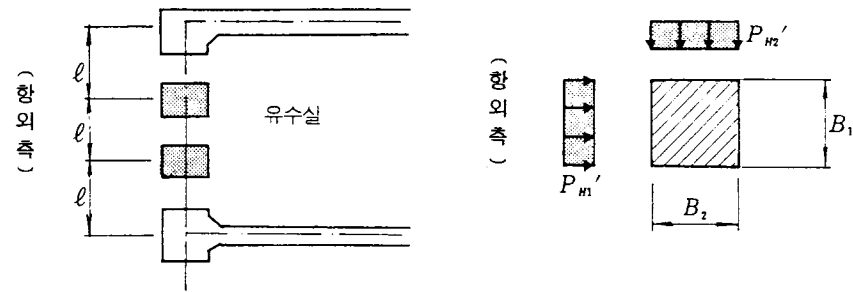
참고 식 (4.2-4)

여기서, P_{H2} : 슬릿(Slit)기둥 1분당에 작용하는 하중(kN/m)

P_{H2}' : 작용파압(kN/m²)

B_2 : 슬릿(Slit)기둥 폭(m)

프리캐스트 콘크리트 부재



참고 그림 (4.2-4)(b) 슬릿(Slit) 기둥에 작용하는 파압하중

나. 표류물에 의한 충격하중[참고 그림 (4.2-4)(c) 참조]

표류물 등에 의한 충격하중의 크기에 대하여는 불명확한 점이 많으나 다음과 같은 검토를 한 예도 있다.

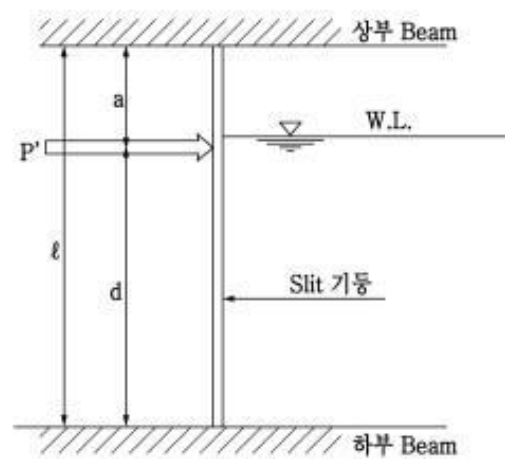
$$P = 78.4(\text{kN/분}) \text{ (이상시 하중)} \quad \text{참고 식 (4.2-5)}$$

여기서, P : 표류물이 전면 슬릿(Slit)기둥에 미치는 충격력에 의한 기둥 1분당 작용하는 하중

상시하중으로 환산하면 참고 식 (4.1-6)과 같이 된다.

$$P' = \frac{P}{F} = \frac{78.4}{1.5} = 52.3 \text{ (kN/분)} \quad \text{참고 식 (4.2-6)}$$

또한, 하중의 작용위치는 A.L.L.W 시 및 A.H.H.W 시 두 경우에 대하여 검토해야 한다.



참고 그림 (4.2-4)(c) 표류물 등에 의한 충격하중

다. 슬릿(Slit)기둥의 축방향력은 참고 식 (4.2-7), 참고 식 (4.2-8)을 참고하여 구한다.

$$P_C = P_V + w_1 + w_2 \quad \text{참고 식 (4.2-7)}$$

$$P_t = P_U - w_1 - w_2 \quad \text{참고 식 (4.2-8)}$$

여기서, P_C : 슬릿(Slit)기둥에 작용하는 축방향 압축력(kN)

P_t : 슬릿(Slit)기둥에 작용하는 축방향 인장력(kN)

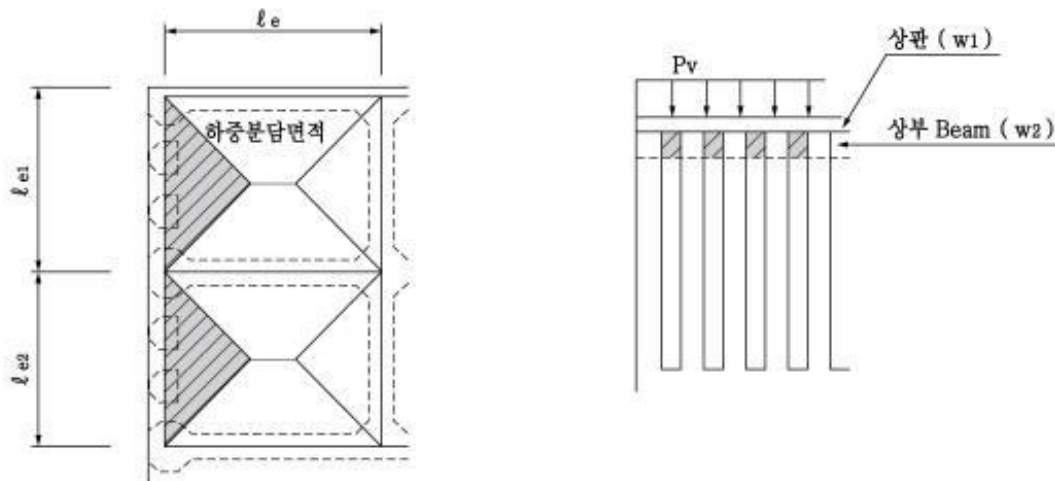
P_V : 상판에 작용하는 하향파력중 상부보가 부담하는 하중(kN)

P_U : 상판에 작용하는 양압력중 상부보가 부담하는 하중(kN)

w_1 : 상판 자중(kN)

w_2 : 상부보 자중(kN)

또, 상부 보에 작용하는 연직하중은 참고 그림 (4.2-5)를 참고한다.



참고 그림 (4.2-5) 슬릿(Slit)기둥에 작용하는 축방향 하중

② 격벽 슬릿(Slit)기둥

격벽 슬릿(Slit)기둥의 단면력을 검토하는 하중은 유수실(遊水室)내부에 작용하는 파압을 고려한다. 설계하중에 대하여는 참고 그림 (4.2-6)의 하중분포를 참고하여 참고 식 (4.2-9)에 의하여 구한다.

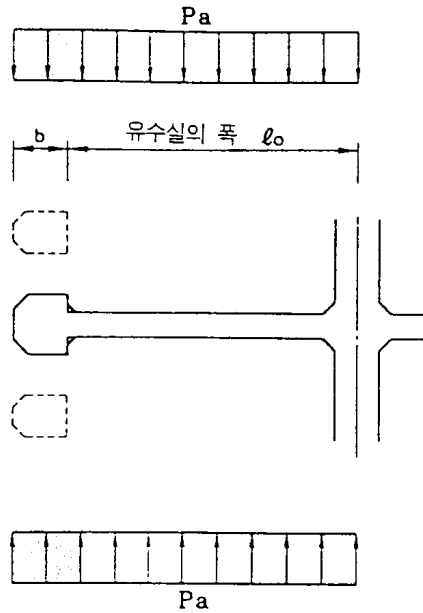
$$P_p = P_a (b + \ell_0 / 2) \quad \text{참고 식 (4.2-9)}$$

여기서, P_p : 격벽 슬릿(Slit)기둥에 작용하는 하중(kN/m)

P_a : 파압(kN/m²)

b : 슬릿(Slit) 기둥의 폭(m)

ℓ_0 : 유수실의 폭(m)



참고 그림 (4.2-6) 격벽 슬릿(Slit)기둥에 작용하는 하중

③ 측벽 슬릿(Slit)기둥

측벽 슬릿(Slit)기둥의 단면력을 검토하는 하중은 부유시의 수압 및 유수실내부에 작용하는 파압을 고려한다. 설계하중에 대하여는 참고 그림 (4.2-7)의 하중분포를 참고하여 참고 식 (4.2-10)에 의하여 구한다.

$$P_s = P_a (b + \ell_0/2)$$

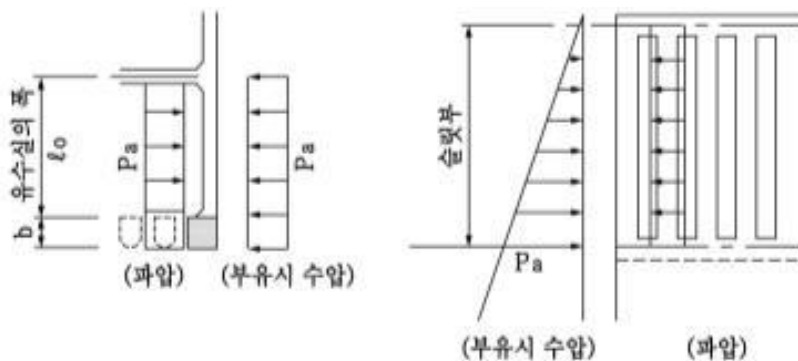
참고 식 (4.2-10)

여기서, P_s : 측벽 슬릿(Slit)기둥에 작용하는 하중(kN/m)

P_a : 수압 또는 파압(kN/m²)

b : 슬릿(Slit) 기둥의 폭(m)

ℓ_0 : 유수실의 폭(m)



참고 그림 (4.2-7) 측벽 슬릿(Slit)기둥에 작용하는 파압

④ 상부 보

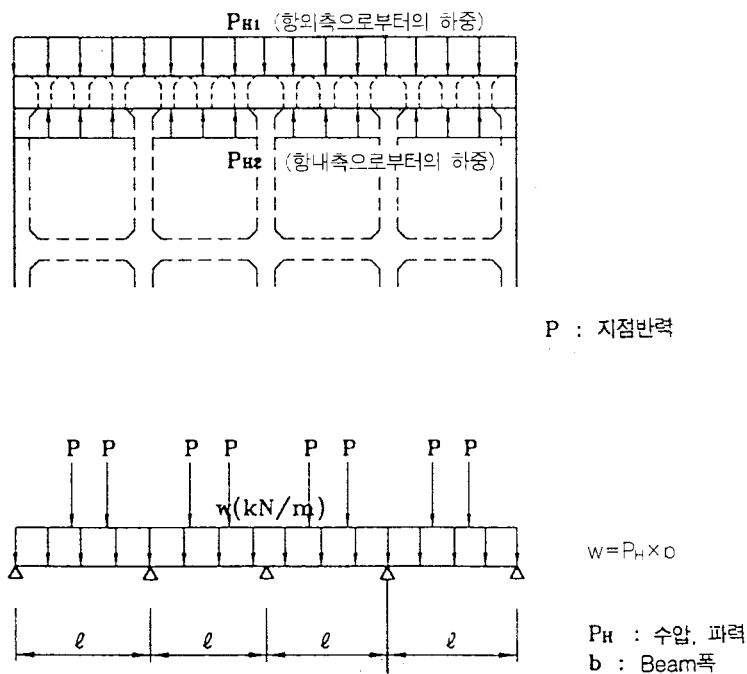
가. 수평하중

상부 보의 단면력을 검토하는 수평하중으로는 슬릿(Slit)기둥으로부터 전달되는 지점반력 및 보 자체에 직접 작용하는 하중으로 하고 그 하중 외력으로는 부유시의 수압 및 파압을 고려한다. 설계하중에 대하여는 참고 그림 (4.2-8)의 하중분포를 참고한다.

또한, 상부 보에 대하여는 측벽 및 격실에 지지된 연속보로 하고 단면력이 최대가 되는 하중경우를 고려한다.

나. 연직하중

상부 보에 작용하는 연직하중은 상판에 작용하는 파압, 상판 및 상부 보의 자중을 고려한다. 단면력의 검토에 있어서는 슬릿(Slit)기둥의 중심간격을 지간으로 하는 고정 보로 생각하고 슬릿(Slit)기둥의 축방향력과 동일한 방법으로 연직방향의 하중을 구한다.



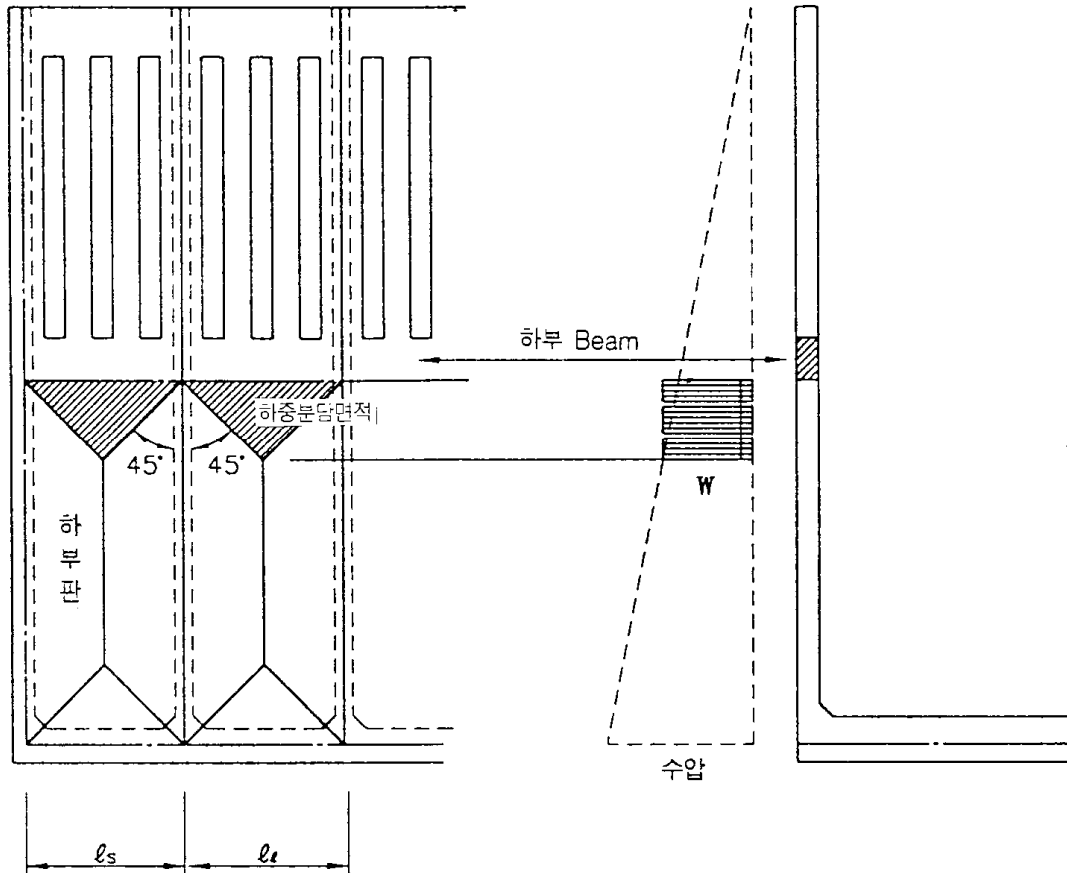
참고 그림 (4.2-8) 상부 보에 작용하는 하중

⑤ 하부 보

하부 보의 단면력을 검토하는 하중으로는 슬릿(Slit)기둥 및 하부 판으로부터 전달되는 지점반력 및 보 자체에 직접 작용하는 하중에 의한 것으로 보고 그 하중 외력으로는 부유시의 수압 및 파력을 고려한다. 하부 판으로부터 전달되는 설계하중에 대하여는 참고 그림 (4.2-9)의 하중분포를 참고한다.

프리카스트 콘크리트 부재

또한, 슬릿(Slit)기둥으로부터 전달되는 지점반력 및 보 자체에 작용하는 하중에 대하여는 상부 보와 같은 방법으로 설계하중을 구한다.



참고 그림 (4.2-9) 하부 판으로 하부 보에 작용하는 하중

- (9) 기타부재에 작용하는 외력과 설계하중에 대하여는 이 기준 4.1 케이슨 및 유사한 구조에 대하여 규정한 부분을 참조한다.

4.2.3 부재의 설계

슬릿(Slit) 케이슨 각 부재별 해법에 따라 단면력을 산정한다.

[참 고]

- (1) 계산에 사용하는 부재 길이는 지지부재의 중심간격으로 한다.
- (2) 유수실 각 부재의 단면력의 계산법을 참고 표 (4.2-2)에 보여준다.

참고 표 (4.2-2) 슬릿(Slit) 케이스 유수실 부재의 해법

부 재		부재번호	해 법	비 고
전 면 벽	Slit 기둥	①	양단고정 보	축방향력에 대해서도 검토
	격벽 Slit기둥	②	양단고정 보	
	측벽 Slit기둥	③	양단고정 보	
	상부 보	④	연속 보 양단고정 보	중간보가 있는 경우에는 중간보도 포함해서 성능의 경시변화에 대한 검토도 실시한다.
	하부 보	⑤	연속 보 양단고정 보	혹독한 해양환경에 노출될 가능성이 있는 하부 보는 성능의 경시변화에 대한 검토도 실시한다.
	하 부 판	⑥	4변 고정판	
측 벽		⑦	3변 고정 1변 자유판 4변 고정판	상상판과 일체인 경우
격 벽		⑧	3변 고정 1변 자유판 4변 고정판	상상판과 일체인 경우
후 벽		⑨	3변 고정 1변 자유판 4변 고정판	상상판과 일체인 경우
저 판		⑩	4변 고정판	
유수실덮개판		⑪	4변 자유판 4변 고정판 3변 고정 1변 자유판	상상판구조와 지지조건체 따른다.

주) 부재번호는 참고 그림 (4.1-1)에 따른다.

4.3 하이브리드 케이슨

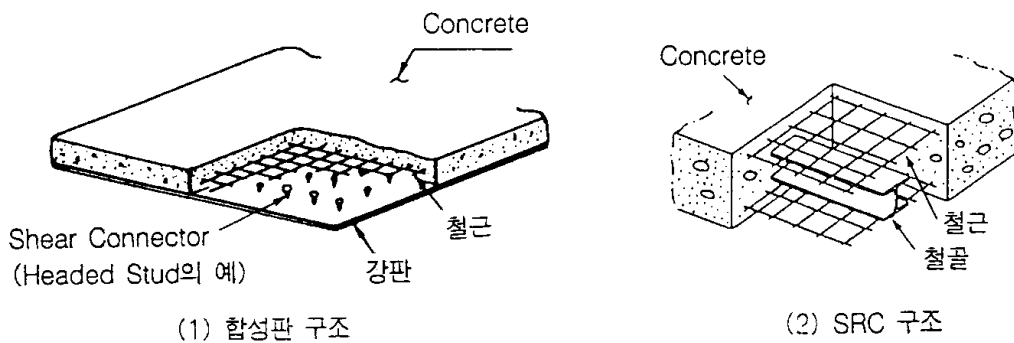
4.3.1 하이브리드 케이슨 설계일반

이 기준은 강판과 콘크리트의 합성구조인 하이브리드 케이슨의 설계에 적용한다.

[해설]

본 장에서는 강, 콘크리트 복합구조의 일종인 강판과 콘크리트의 합성구조 형식의 케이슨을 하이브리드 케이슨이라 정의한다. 복합구조란, 복수의 다른 종류의 재료를 합성함으로써 단일 재료만으로는 얻기 어려운 우수한 역학특성을 지닌 구조를 말하며, 합성구조란 부재 단면이 종류가 다른 재료의 조합으로 구성되어 있고 이것이 일체화되어 기능하는 구조를 말한다.

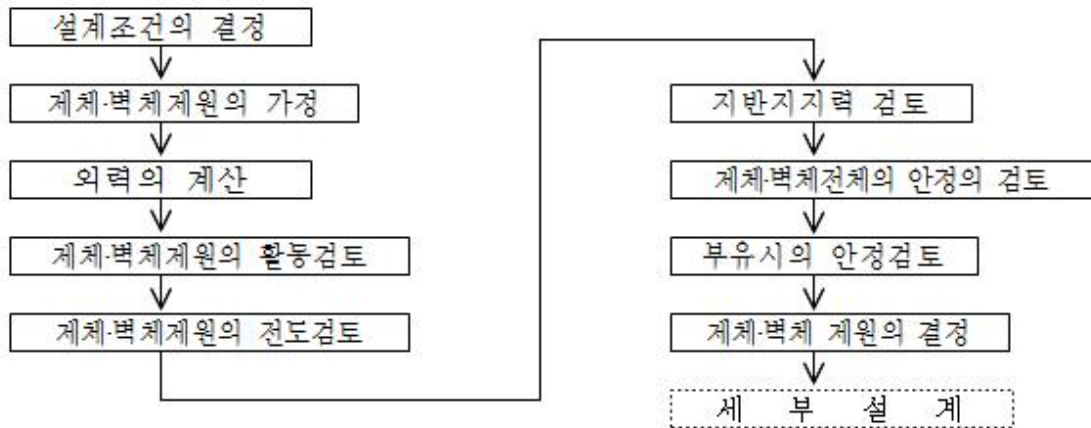
하이브리드 케이슨은 재래의 철근 콘크리트 케이슨등과 같이 방파제, 안벽, 호안 등에서 사용되는 것이다. 이를 항만구조물에 사용되는 하이브리드 케이슨은 해설 그림 (4.3-1)에 나타낸 바와 같이 강판을 한쪽에 배치한 합성판 구조와 H형강을 내부에 매설한 철골철근 콘크리트(Steel framed reinforced concrete-SRC) 구조의 2종류가 사용되는 것이 일반적이며 본장의 하이브리드 케이슨이란 이 양자의 구조형식을 사용한 케이슨의 총칭으로 사용된다. 이 이외에 이종재료로 이루어지는 부재를 조합한 구조형식인 혼합구조에 대하여도 복합구조의 하나이므로 광의의 하이브리드 구조로서 취급하는 일이 있으므로 유의할 필요가 있다.



해설 그림 (4.3-1) 하이브리드 구조부재

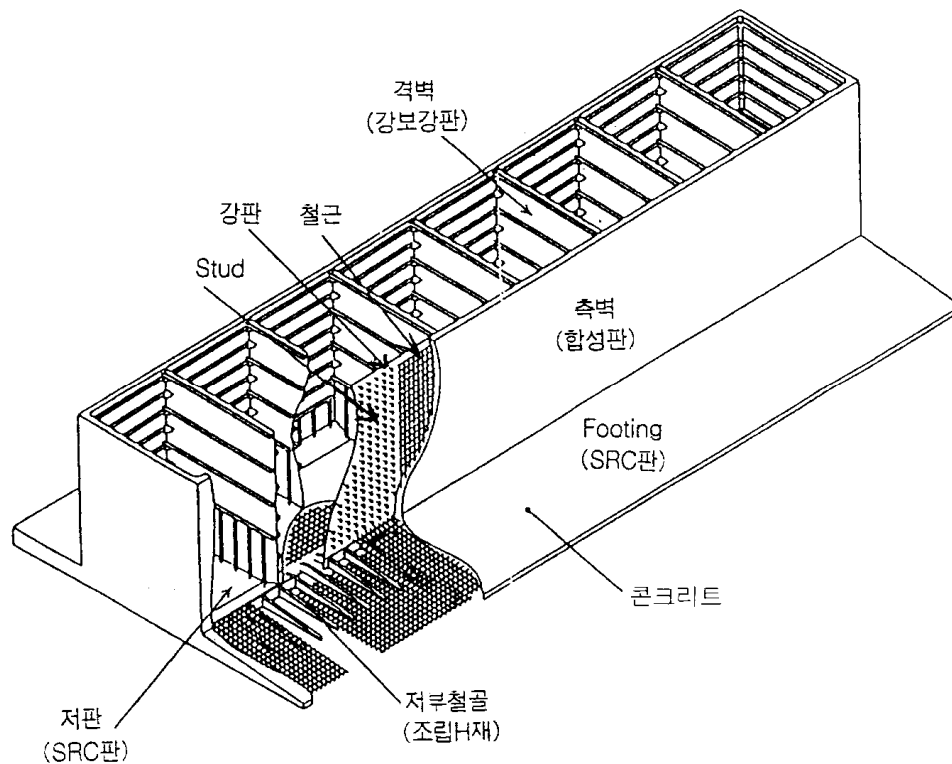
[참고]

- (1) 하이브리드 케이슨의 설계에 있어서는 하이브리드 케이슨 설계매뉴얼 등 각종자료를 참고할 수 있다.
- (2) 하이브리드 케이슨의 설계는 일반적으로 참고 그림 (4.3-1)의 순서로 하여야 한다.



참고 그림 (4.3-1) 하이브리드 케이슨의 설계순서

(3) 하이브리드 케이슨의 구조 예를 참고 그림 (4.3-2)에 보여준다.



참고 그림 (4.3-2) 하이브리드 케이슨의 구조 예

(4) 하이브리드 케이슨에 대하여는 다음과 같은 구조기능상의 특징이 있으므로 충분히 유의하여 검토해야 한다.

① 사용재료

가. 강판, 형강, 전단연결재, 철근 및 콘크리트를 사용하는 일이 많다.

프리캐스트 콘크리트 부재

나. 강판 방식(防蝕)에 대한 고려가 필요하다.

다. 철근 대신에 강판이 2차원적으로 배치되므로 역학적 성능이 향상되고 부재가 얇아도 소정의 내하력이나 변형성능(變形性能, Ductility)을 가질 수 있어 구조의 자유도를 증가시킬 수 있다.

② 단면형상

일반적으로 재래의 철근 콘크리트와 비교하여 확대기초를 크게 벌릴 수 있으므로 확대기초를 넓혀서 케이슨 저면에 생기는 지반반력(地盤反力)을 적게 할 수가 있다.

③ 케이슨 자중

합성부재와 강재의 격벽으로 구성되어 있으므로 합체는 경량이고 흡수를 적게 할 수가 있다.

④ 기타

가. 강판의 존재에 의하여 콘크리트의 균열 발생 후에도 충분한 수밀성이 보증된다.

나. 공장에서 자동용접의 방법에 의하여 배근작업이 완화된과 동시에 강판을 콘크리트 타설 시의 거푸집으로 활용할 수 있고, 지보, 거푸집공사 및 콘크리트 타설 조인트(Joint)의 처리작업이 축소된다.

다. 구조물의 경량화가 달성되어 시공성을 향상시킨다.

4.3.2 제원의 결정

제원을 결정할 때에는 이 기준의 4.1.2를 따른다.

4.3.3 설계외력

설계외력은 이 기준의 4.1.4를 따른다.

[참 고]

하이브리드 케이슨의 격벽이 강격벽인 경우 격벽의 설계하중에는 부유 시 및 거치 시에 케이슨 내외 수압차에 의한 하중, 파압 등의 수평하중 및 저판, 확대기초의 저면반력에 의한 하중을 고려해야 한다.

4.3.4 부재의 설계

4.3.4.1 단면력

부재의 설계에 사용하는 단면력은 이 기준의 4.1.5를 따른다.

[참 고]

- (1) 단면력의 검토는 확대기초, 저판, 외벽, 격벽, 오목부 등에 대하여 실시한다.
- (2) 확대기초를 크게 돌출시키는 경우 확대기초기부의 휨 모멘트가 큰 경우에는 이 휨 모멘트의 저판 및 외벽에 대한 영향을 고려하는 것이 일반적이다.
- (3) 케이슨의 격벽은 탄성체이므로 하중을 받으면 약간 면내변형이 일어난다. 이 면내변형에 의하여 발생하는 단면력의 영향은 외벽에 고정판으로서의 휨 모멘트뿐 아니라 격벽의 변형에 의하여 외벽-외벽오목부에 부가 휨 모멘트가 발생한다는 사실이다. 그러나 통상의 하이브리드 케이슨의 합체 치수제원이라면 이 영향은 설계상 고려하지 않아도 된다. 합체의 치수나 하중의 크기에 따라서는 이 영향을 무시할 수 없는 경우도 있으며 이런 경우에는 하이브리드 케이슨 설계매뉴얼에 제시한 방법으로 검토하는 것이 좋다.
- (4) 압축응력을 받는 강판에 대하여는 좌굴에 대한 검토가 중요하므로 사용하는 전단연결재의 강도(剛度)등에 따른 좌굴장의 취하는 방법이나 경계조건의 설정에 유의하여야 한다.
- (5) 케이슨의 대형화를 꾀하는 경우에는 비틀림의 검토를 하여야 한다.

4.3.4.2 합성판의 설계

합성판의 다음사항을 고려하여 설계한다.

- (1) 휨 모멘트
- (2) 전단력
- (3) 강(鋼)·콘크리트의 일체성

[참 고]

- (1) 휨 모멘트
합성판의 휨 모멘트는 강판, 인장 또는 압축철근으로 이루어진 복철근 단면으로 계산할 수가 있다.
- (2) 전단력
합성판의 전단력은 철근 콘크리트판과 같이 계산할 수가 있다.
- (3) 강·콘크리트의 일체화
전단연결재는 하이브리드구조에서 재료의 일체성에 특별히 중요한 구조 요소이다. 합성판에서는 전단연결재로서 볼트형 스타드(Headed stud)나 형강이 일반적으로 사용되거나 강판과 콘크리트의 경계면에 발생하는 수평 전단력의 전달 및 강판의 콘크리트면으로부터 면외방향으로 박리방지(특히 압축응력 작용 시)에 대하여 충분히 기능하도록 필요한 전단연결재량과 그 배치를 설계해야 한다.

4.3.4.3 철골철근콘크리트(Steel framed reinforced concrete-SRC) 부재의 설계

SRC 부재는 철골의 구조형식의 종류에 따른 역학적 특성을 충분히 고려하여 휨모멘트 및 전단에 대하여 설계한다.

[참 고]

- (1) 철골철근콘크리트(SRC) 부재는 일반적으로 철골의 구조형식에 따라 다음과 같이 분류한다.
 - ① 복부가 충복형(充腹形)인 경우
 - ② 복부가 트러스(Truss) 형식인 경우
- (2) 휨 모멘트에 대하여는 철골을 철근으로 환산하여 철근 콘크리트 부재로 보고 단면계산을 할 수가 있다. 단, 복부가 충복형이고 철골단부가 정착이 불충분한 경우에는 독립된 철골부분과 철근 콘크리트 부분의 합으로 계산할 필요가 있다.
- (3) 전단력에 대하여 복부가 트러스 형식인 경우에는 철골을 철근으로 환산하여 철근 콘크리트 부재로 보고 단면계산을 할 수가 있다. 또, 복부가 충복형인 경우에는 철골자신으로 전단력에 저항하므로 이것을 고려한 설계가 가능하다.

4.3.4.4 격벽의 설계

격벽은 격벽에 작용하는 외력에 대하여 충분히 안전하고 또 외벽,저판을 지지하는 부재로서 기능을 발휘하도록 설계한다.

[해 설]

격벽은 외벽,저판의 지지변으로써 기능이 있으므로 격벽의 단면은 이들의 지지변에 작용하는 하중으로부터 계산되는 단면력에 대하여 충분히 안전하게 설계한다.

[참 고]

격벽의 설계 수순은 일반적으로 부유 시 및 거치 시로 설계하고 그 결과를 완성 시에 대하여 조사해야 한다.

- (1) 부유 시에는 부재의 좌굴에 대하여 설계해야 한다.
- (2) 거치 시에는 부재의 좌굴 및 면의 휨에 대하여 설계해야 한다.
- (3) 완성 시에는 부재의 면내응력에 대하여 격벽을 조사해야 한다.

4.3.4.5 오목부·접합부의 설계

오목부·접합부는 단면력을 원활하고 확실하게 전달할 수 있고 시공이 용이한 구조로 한다.

[참 고]

오목부나 접합부에서 충분한 강도를 확보하기 위하여 인장 측의 강재를 압축 측의 강재에 확실히 정착시키고 또, 접합부내에 생기는 콘크리트의 인장응력에 대한 전단보강재(Haunch)를 부여해야 한다.

4.3.4.6 피로파괴에 대한 안정성

하이브리드 케이슨은 피로파괴에 대하여 안전하게 하여야 한다.

[참 고]

하이브리드 케이슨에서는 강판간의 접합이나 전단연결재, 전단보강재 등의 설치에 용접접합을 많이 쓰므로 부재가 반복하중을 많이 받는 구조의 경우 그 용접부에서의 부재의 피로강도를 조사할 필요가 있다.

호안·안벽에서는 이와 같은 반복하중의 영향은 적으나 방파제의 설계에는 반복하중으로서 파랑에 대한 부재응력의 변동 폭이 큰 경우 하이브리드 케이슨의 피로강도에 대한 안정성의 검토를 할 필요가 있다.

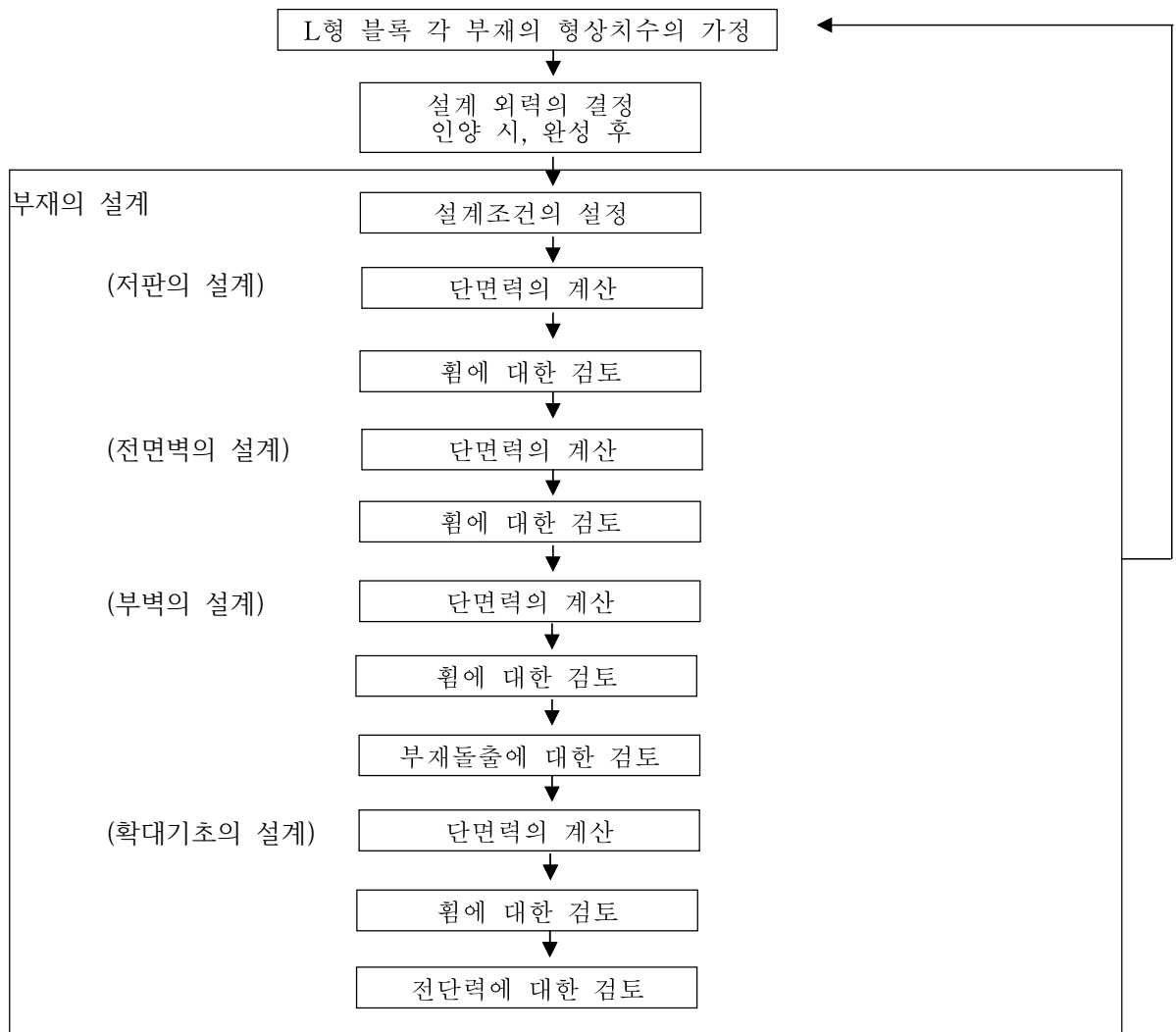
4.4 L형 블록

4.4.1 L형 블록 설계일반

- (1) 이 기준은 통상의 철근콘크리트 L형 블록의 설계에 적용한다.
- (2) 설계는 강도설계법에 따르는 것을 표준으로 한다.

[참 고]

L형 블록설계는 일반적으로 참고 그림 (4.4-1)의 순서로 하는 것이 좋다.



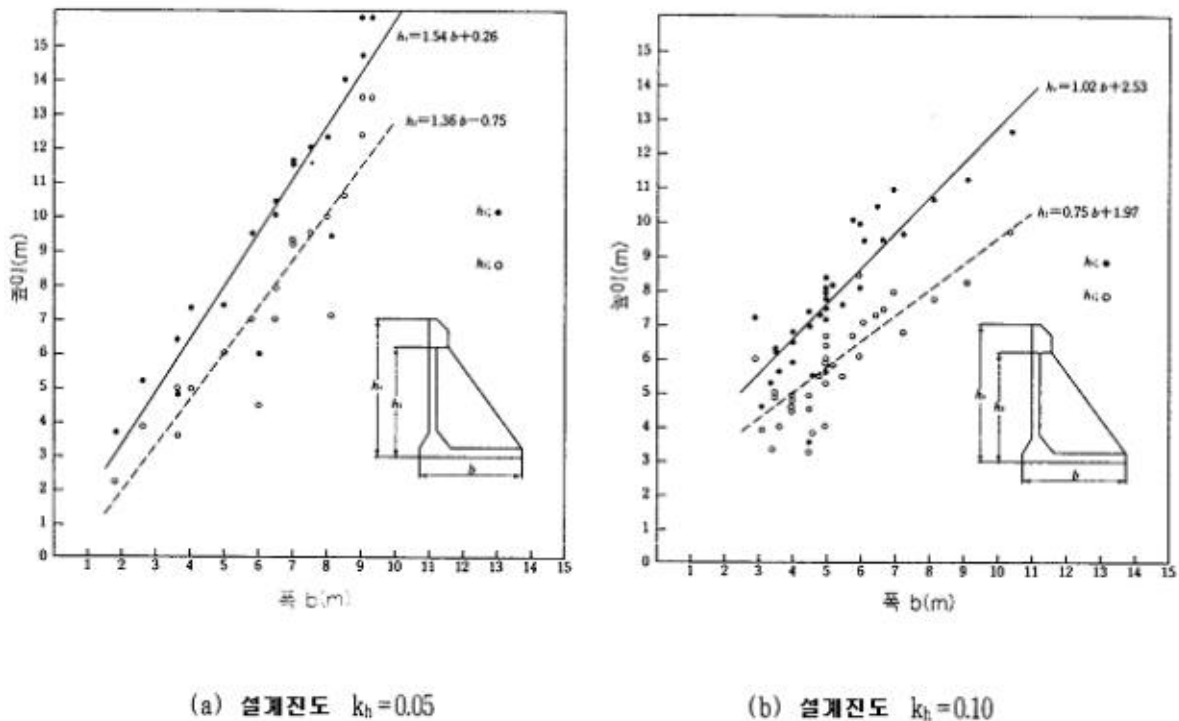
참고 그림 (4.4-1) L형 블록의 설계순서

4.4.2 제원의 결정

- (1) L형 블록의 각 부재의 형상, 치수는 다음 사항을 고려하여 결정한다.
- ① L형 블록을 제작하는 시설의 능력
 - ② 기중기의 인양 능력
 - ③ 벽체로서 전면의 수심
 - ④ 조위차
 - ⑤ L형블록의 설치 후의 작업조건(뒤채움, 상부공 시공)
- (2) L형 블록의 벽체고는 L형 블록이 벽체가 된 경우의 전면수심과 조차를 고려하여 상부공의 시공이 용이하도록 결정한다.

[참 고]

참고 그림 (4.4-2)는 시공 예로부터 L형 블록 폭에 대한 블록높이와 벽높이의 관계를 나타낸 것으로, 설계진도 0.05와 0.10의 경우이다. 설계진도가 증대되면 높이에 비하여 폭이 크게 된다.



참고 그림 (4.4-2) L형 블록의 폭과 높이와의 관계

4.4.3 부재에 작용하는 하중

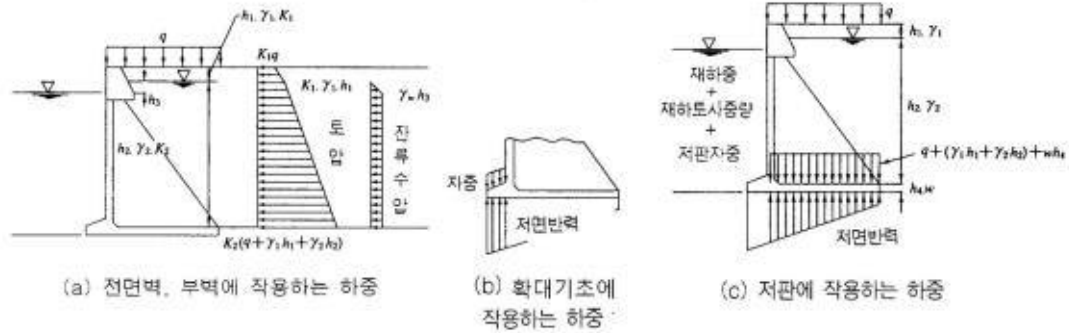
4.4.3.1 부재하중 설계일반

L형 블록에 작용하중으로는 다음의 것을 고려한다.

- (1) 전면벽체
 - ① 재하하중 및 뒤채움사석 또는 토사에 의한 토압
 - ② 잔류수압
- (2) 확대기초
 - ① 저면반력
 - ② 확대기초의 자중
- (3) 저 판
 - ① 재하하중
 - ② 재하(뒤채움) 토사중량
 - ③ 저판자중
 - ④ 저면반력
- (4) 부 벽
 - ① 전면벽체의 지지부로서의 반력
 - ② 저판의 지지부로서의 반력
 - ③ 부벽 배면에 작용하는 토압, 잔류수압또, 시공 시 작용하는 하중으로서 다음 하중을 고려한다.
 - ④ 인양하중
 - ⑤ 거치시의 하중

[참 고]

- (1) 하중의 조합은 이 기준 4.1.4.1 하중의 조합에 준한다.
- (2) L형 블록의 각 부재에 작용하는 하중은 참고 그림 (4.4-3)과 같다.
- (3) L형 블록의 각 부재에 작용하는 토압의 계산은 KDS 64 11 00 지반을 참조한다.
- (4) 저면 반력의 계산은 이 기준 4.1.4.6 완성후의 외력을 참조한다.
- (5) L형 블록제작의 콘크리트 타설법에는 종타공법(縱打工法)과 횡타공법(橫打工法)이 있으나 횡타공법의 경우에는 거치공사까지 블록을 일으켜 세우는 작업이 따르므로 설계에서는 이때의 하중에 대하여 검토할 필요가 있다.



- 여기서, q : 상재하중(kN/m²)
 γ_1 : 잔류수위면상의 흙의 단위체적중량(kN/m³)
 γ_2 : 잔류수위면하의 흙의 단위체적중량(kN/m³)
 γ_w : 해수의 단위체적중량(kN/m³)
 h_1 : 잔류수위면상의 흙의 토층두께(m)
 h_2 : 잔류수위면하의 흙의 토층두께(m)
 h_3 : 조차(m)
 h_4 : 저판두께(m)
 K_1 : 잔류수위면상의 흙의 토압계수
 K_2 : 잔류수위면하의 흙의 토압계수
 w : 저판자중(kN/m²)

참고 그림 (4.4-3) L형 블록에 작용하는 하중

4.4.3.2 부재에 작용하는 토압

부재에 작용하는 토압으로는 벽체의 안정계산에 사용한 토압을 사용한다.

[해설]

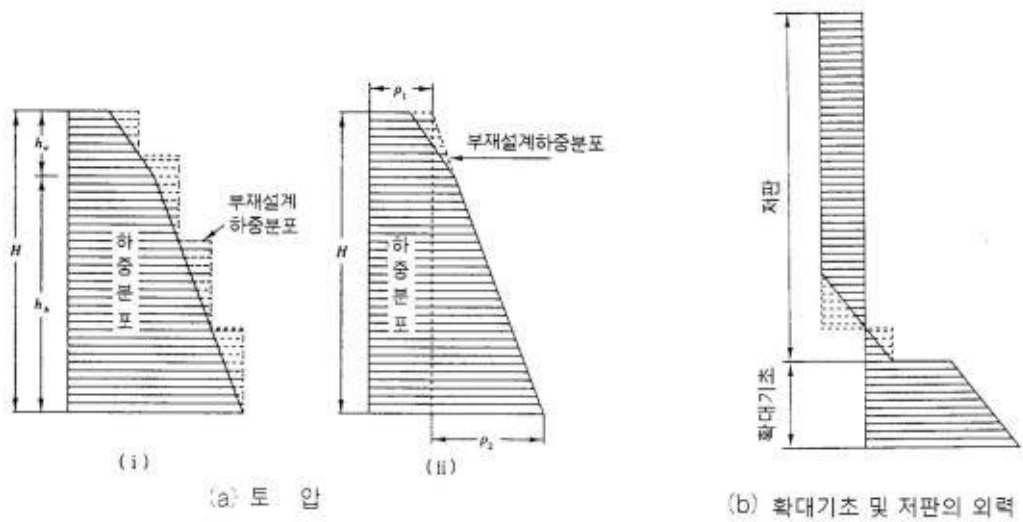
L형 블록은 벽체에 미소변위를 일으켜도 저판이 있기 때문에 전면벽과 뒤채움재 간에 상대적 변위가 생기기 어렵고 따라서 벽면마찰각은 0°로 볼 수 있으며 오히려 정지토압에 가까운 토압이 작용한다는 생각도 있다. 또, 뒤채움을 한 경우에는 뒤채움재와 배후매립 토사의 내부마찰각이 다른 경우도 있으나 L형 벽체에 작용하는 외력의 현장측정 결과와 종래의 설계 예에서의 실적을 고려하여 부재에 작용하는 토압으로는 벽체의 안정계산에 사용한 토압을 사용하도록 하였다.

4.4.3.3 하중의 분할방법

L형 블록에 작용하는 하중은 계산의 편의상 이를 적당히 분할할 수가 있다. 하중을 분할하는 경우에는 부재설계상의 안전성을 고려한다.

[참 고]

L형 블록에 작용하는 하중은 일반적으로 등분포로 되지는 않는다. 이대로는 부재설계상 불편하므로 이를 적당히 분할하여 등분포 하중으로 해도 좋다. 이 경우에도 부재강도상으로 약점이 생기지 않도록 해야 한다. 하중분할의 일예를 참고 그림 (4.4-4)에 보여준다.



참고 그림 (4.4-4) 하중분할의 방법

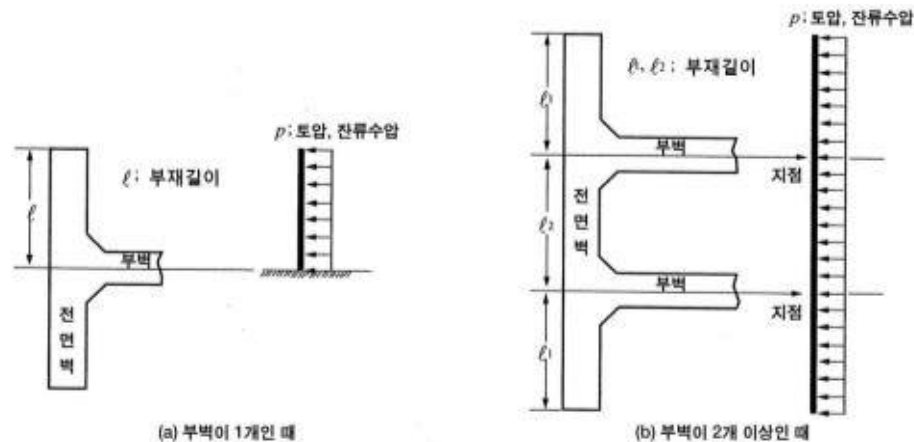
4.4.4 부재의 설계

4.4.4.1 부재의 설계일반

- (1) 전면벽은 부벽에 의하여 지지된 판으로 설계한다.
- (2) 부벽이 하나인 경우에는 부벽부에서 지지된 캔틸레버판, 2개인 경우에는 연속판으로 설계하는 것을 표준으로 한다.

[참 고]

- (1) 전면벽의 부재 길이는 부벽 중심으로부터의 거리로 한다.
- (2) 전면벽 배후로부터의 하중은 부재 전 길이에 작용하는 것으로 한다.
- (3) 전면벽의 부재 길이 및 하중은 참고 그림 (4.4-5)와 같이 하면 된다.



참고 그림 (4.4-5) 전면벽의 부재 길이 및 하중

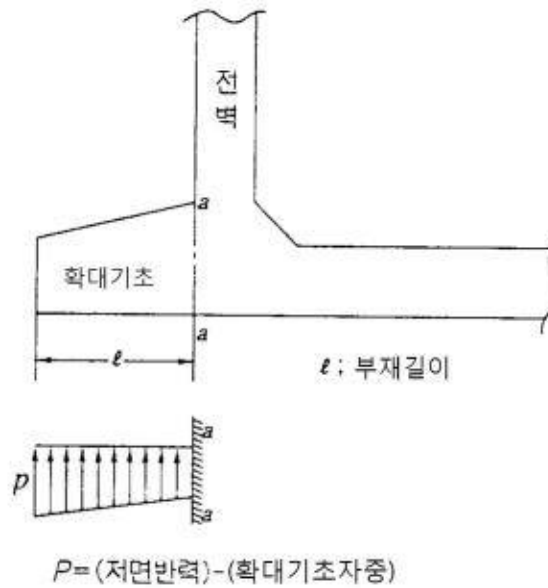
- (4) 전면벽은 부벽에 의하여 지지되는 외에 구조상 저판에 의하여도 지지되어 있다. 이 때문에 전면벽은 2번 또는 3번에 지지된 판으로 봐도 좋지만 일반적으로 높은 L형 블록에서는 저판에 지지된 부분의 영향이 적고 저판 연결부의 배근이 복잡해지는 것을 배려하여 캔틸레버판 또는 연속판으로 설계한다. 따라서 2번 또는 3번 지지판으로 본 쪽이 설계상 유리한 경우에는 본문에 따르지 않아도 된다.

4.4.4.2 확대기초(Footing)

확대기초는 전면벽의 위치에 의하여 지지된 캔틸레버와 판으로 설계한다.

[참 고]

- (1) 확대기초의 부재 길이는 이 기준 4.1.5.4 저판설계에 준한다.
- (2) 확대기초의 부재 길이 및 하중은 참고 그림 (4.4-6)과 같이 하면 된다.



참고 그림 (4.4-6) 확대기초(Footing)의 부재 길이 및 하중

4.4.4.3 저 판

- (1) 저판은 부벽부에 의하여 지지된 판으로 설계한다.
- (2) 부벽이 한 개인 경우는 부벽부에 지지된 캔틸레버판, 2개 이상의 경우는 연속판으로 설계하는 것을 표준으로 한다.

[참 고]

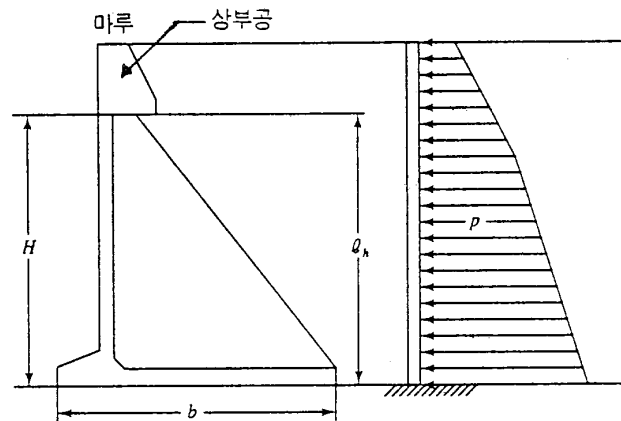
- (1) 저판의 부재길이는 부벽 중심으로부터의 거리로 한다.
- (2) 저판 상면으로부터의 하중은 부재 전길이에 작용한다고 본다.
- (3) 저판의 주철근의 덮개는 다음 값 이상으로 부벽에 의하여 지지되는 외에 전면벽부에 의하여도 지지되어 있는 구조로 생각할 수가 있다. 이 때문에 저판은 2번 또는 3번 지지판으로 설계할 수 있으나 이 기준 4.3.1 일반 [참고] (5)에 기술한 이유와 같이 캔틸레버판 또는 연속판으로 설계한다. 따라서 2번 또는 3번 지지판으로 생각하는 편이 설계상 유리한 경우에는 (1)에 따르지 않아도 된다.
- (4) 저판에 작용하는 하중 중에 저면반력은 전 부재 길이에 대하여 작용하나 뒤채움에 의하여 전달되는 저판상면으로부터의 하중은 저판의 순경간(Net span)에 대하여 작용한다. 그러나 이렇게 계산하는 것은 번잡하고 또 부재설계상 큰 영향이 없으므로 이것도 전 부재 길이에 대하여 작용시킨다.

4.4.4.4 부 벽

- (1) 부벽은 전면벽과 일체가 된 T형 보로 설계한다.
- (2) 부벽은 전면벽으로부터의 반력에 대하여 저판부에서 지지된 캔틸레버 보로 설계한다.

[참 고]

- (1) 부벽의 설계는 저판에 평행인 단면에 대하여 검토한다.
- (2) 부벽, 전면벽 및 저판은 튼튼히 연결하는 것으로 하고 이를 위하여 철근은 전단력에 대하여 스티럽(Stirrup)과는 별도로 소요량을 계산한다.
- (3) 전면벽과 저판의 설계를 본장에 따라서 하는 경우에는 부벽 배후로부터의 하중은 고려할 필요가 없다.
- (4) 부벽의 부재장은 참고 그림 (4.4-7)에 나타난 바와 같이 저판을 포함하는 전체높이를 취한다. 단, 작용하는 하중은 상부구조를 포함한 것까지 고려한다.
- (5) 부벽을 T형-보로 보고 단면을 산정함에 있어서는 중립축의 위치가 전면벽과 부벽 중 어느 쪽에 있는지 주의하여 시행하여야 한다.



여기서, p : 토압강도와 잔류수압의 합 (kN/m^2)

l_h : 부벽의 부재 길이(m)

b : 블록 폭(m)

H : 블록 높이(m)

참고 그림 (4.4-7) 부벽의 부재 길이 및 하중

4.4.5 리프팅(Lifting)부의 설계

리프팅부의 설계는 이 기준의 4.1.6을 따른다.

[참 고]

- (1) 이 기준 4.1.6 리프팅부의 설계에 나타난 불균등계수 1.8은 다점 리프팅의 경우이다. 리프팅 개소(Lifting point)가 적은 경우에는 이보다 적은 값을 취할 수가 있다. 리프팅 개소가 적은 경우의 실측치는 없으나 5점 리프팅이상에서는 1.8, 4점 리프팅이상에서는 1.33, 3점 리프팅과 2점 리프팅에서는 1.2정도 보면 된다.
- (2) 대형 케이슨과 같은 경우에는 기중기선도 대형이고 정온한 때에 리프팅 하는 일이 많으므로 충격력을 고려하지 않지만 다소 파가 있을 때 리프팅하는 경우나 소형 L형 블록이나 기타 소형 블록 등을 소형 기중기선으로 리프팅하는 경우에는 선체 동요도 크므로 충격력을 고려할 필요가 있다. 기중기선에 의한 경우의 충격력은 블록 중량의 20%정도를 보면 된다. 이 경우, 저면부착력과 충격력은 동시에 작용하지 않는다고 봐도 된다.

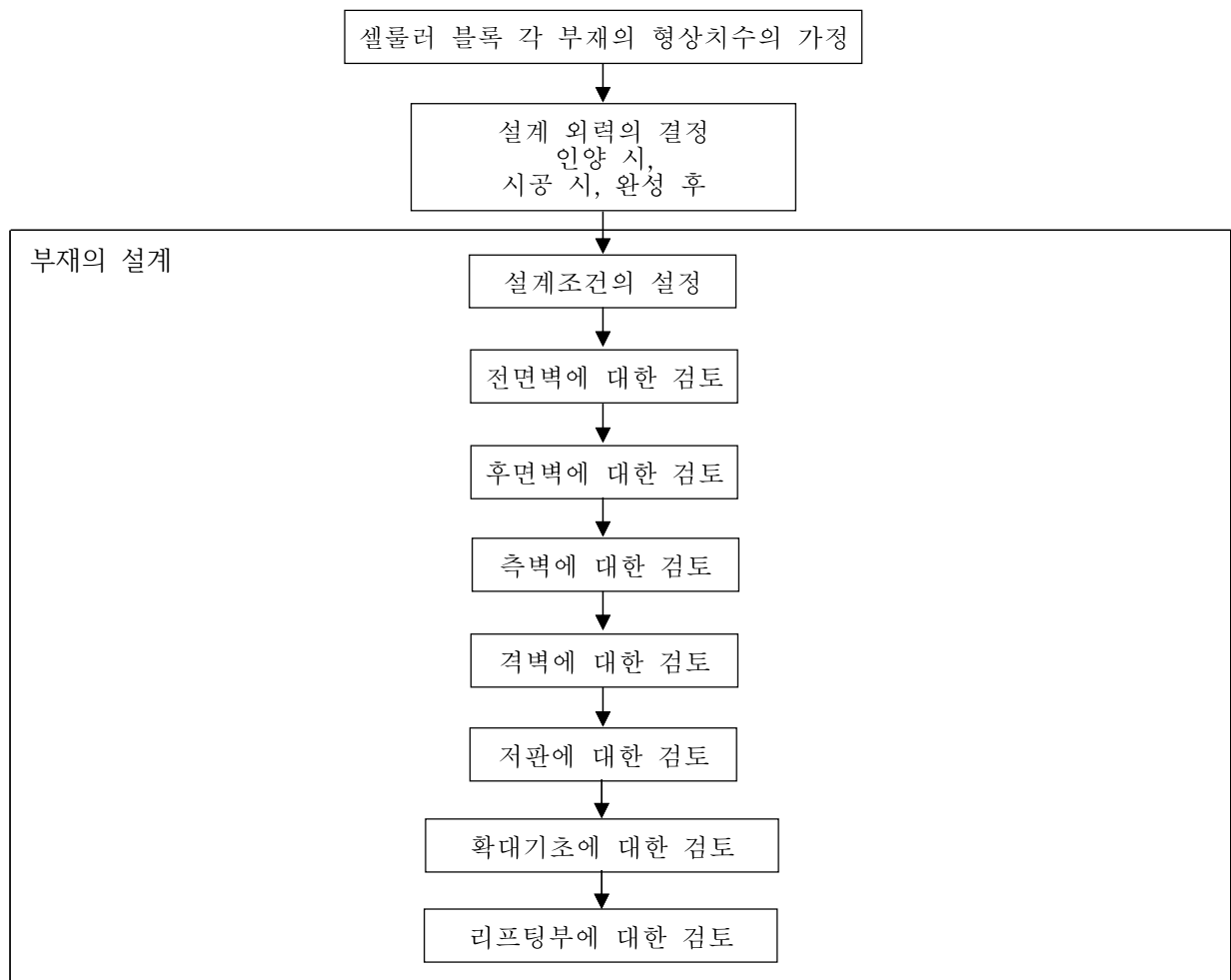
4.5 셀룰러 블록

4.5.1 셀룰러 블록 설계일반

- (1) 이 기준은 통상의 철근콘크리트 셀룰러 블록의 설계에 적용한다.
- (2) 설계는 강도설계법에 따르는 것을 표준으로 한다.
- (3) 셀룰러 블록에는 여러 가지 형태가 있으므로 개개의 부재설계에 있어서는 형태에 따라서 이 기준의 4.1 케이스, 4.4 L형 블록을 참조하여 결정한다.

[참 고]

셀룰러 블록의 설계는 일반적으로 다음의 순서로 하는 것이 좋다.



참고 그림 (4.5-1) 셀룰러 블록의 설계순서

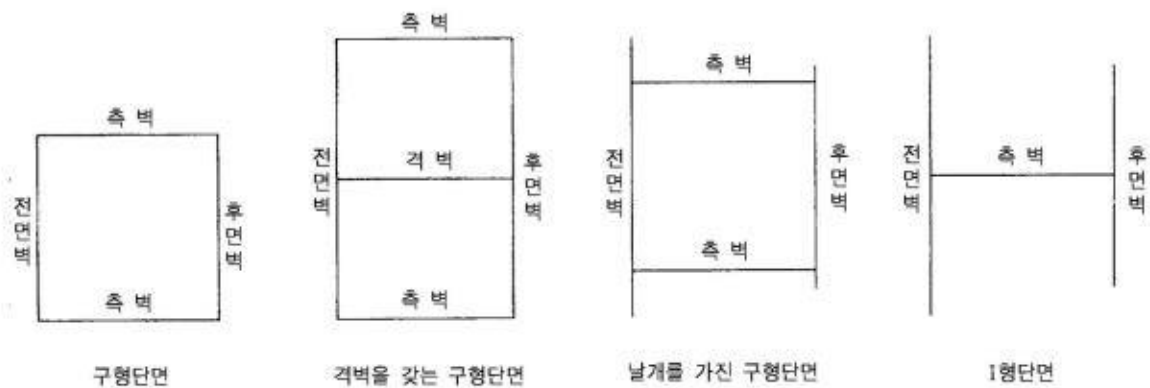
4.5.2 제원의 결정

4.5.2.1 셀룰러 블록(Cellular block)의 단면형상

- (1) 셀룰러 블록의 형상은 일반적으로 측벽 등으로 구성된 저판이 없는 블록을 말한다.
- (2) 단체 또는 복수의 블록을 쌓아 올려서 벽체를 이루는 기능을 가진다.
- (3) 특수한 형태로서 저판이 있는 것도 있다.
- (4) 실제 설계에 있어서는 블록의 형상의 특징을 파악하여 설계법을 채용하여야 한다.

[참 고]

셀룰러 블록의 단면형상은 여러 가지가 있으나 비교적 사용 예가 많은 블록의 단면형상은 참고 그림 (4.5-2)와 같다.



참고 그림 (4.5-2) 셀룰러 블록의 단면형상 예 (모식도)

4.5.2.2 제원의 결정

셀룰러 블록의 각 부재의 형상, 치수는 다음사항을 고려하여 설계한다.

- (1) 셀룰러 블록을 제작하는 시설의 능력
- (2) 기중기의 인양능력
- (3) 벽체의 전면수심
- (4) 조위차
- (5) 셀룰러 블록 설치 후 작업조건(뒤채움, 상부공 시공)
- (6) 다단 쌓기의 경우 블록 상호의 일체화

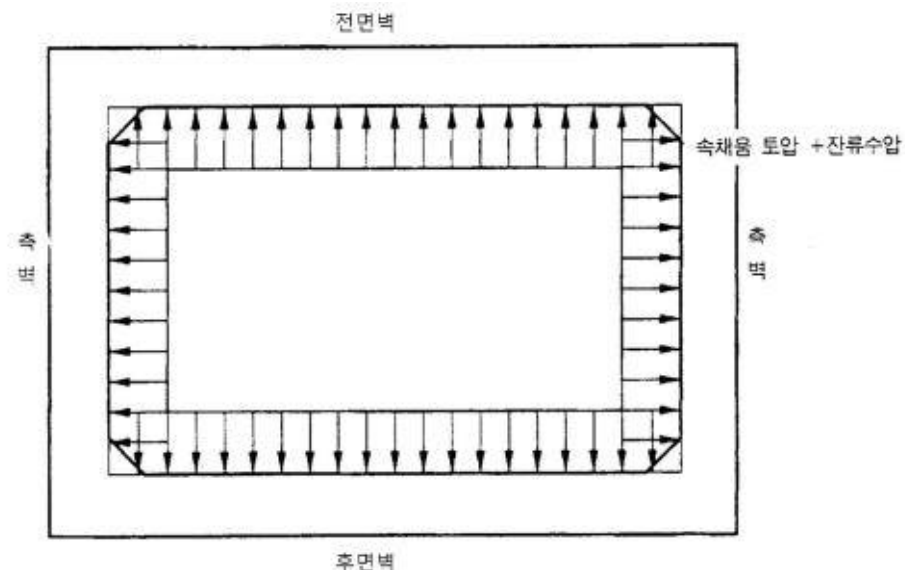
4.5.3 부재에 작용하는 하중

4.5.3.1 부재하중 설계일반

- (1) 셀룰러 블록에 작용하는 하중은 다음 것을 고려한다.
- ① 속채움 토압
 - ② 잔류수압
 - ③ 블록자중
 - ④ 상부구조의 중량
 - ⑤ 재하하중
 - ⑥ 저면반력
 - ⑦ 시공 시 하중
 - ⑧ 파력
- (2) 단 속채움토압, 시공 시 하중에 대하여는 상시 및 시공 시에 대한 안전성을 확인하는 것을 표준으로 한다.

[참 고]

- (1) 후면벽에는 뒤채움토압, 잔류수압 등이 외측으로부터 작용하나 속채움 토압과 상쇄되므로 일반적인 경우 이런 하중에 대하여는 검토하지 않아도 된다.
- (2) 셀룰러 블록에 작용하는 속채움 토압, 잔류수압은 참고 그림 (4.5-3)과 같이 고려한다. 벽체로서 뒤채움이 있는 경우에는 뒤채움 공사 종료 후 주동토압, 잔류수압 등에 의하여 측벽과 후벽의 속채움에 의한 응력은 상당히 경감되지만 시공 도중에 속채움이 선행되는 경우가 많으므로 부재의 설계는 이 상태에서 행하면 된다.



참고 그림 (4.5-3) 셀룰러 블록에 작용하는 하중

프리캐스트 콘크리트 부재

- (3) 파력은 일반적으로 고려하지 않지만 특히 강한 충격과압이 작용하는 경우에는 이를 고려한다.
- (4) 시공시의 하중에 대하여는 L형 블록과 공통되는 부분이 많으므로 이 기준 4.4 L형 블록을 참조한다.
- (5) 설계에서 고려하는 일반적인 하중의 조합 및 각 하중의 특성값에 곱할 하중계수는 이 기준 4.1.4.1 하중의 조합에 준한다.

4.5.3.2 속채움 토압과 잔류수압

(1) 전면벽, 후면벽 및 측벽

- ① 전면벽, 후면벽 및 측벽에 작용하는 외력은 속채움 토압과 잔류수압을 고려한다.
- ② 단 셀룰러(Cellular) 블록 내부에 대하여 재하영향을 주지 않을 정도의 현장타설 콘크리트가 셀룰러 블록 상에 있는 경우에는 현장타설 콘크리트위에 있는 하중은 재하하중으로 보지 않는다.

(2) 격벽

격벽은 속채움 토압 및 잔류수압에 의하여 측벽이 안전하도록 검토한다.

[참 고]

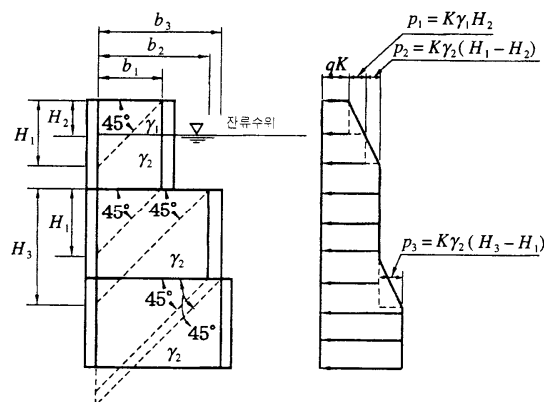
(1) 전면벽, 후면벽 및 측벽

① 속채움 토압

가. 토압계수는 0.6으로 한다. 단, 속채움이 블록 또는 콘크리트인 경우에는 속채움 토압을 고려하지 않는다.

나. 토압은 벽의 마루로부터 벽의 안쪽 b_1 의 높이만큼은 증가하나 그 이하에서는 증가하지 않는다고 본다.

다. 다단 쌓기 셀룰러 블록의 토압은 참고 그림 (4.5-4)에 나타낸 바와 같다. 단, 상단 블록보다 하단 블록의 벽내 폭이 작은 경우(격벽으로 나누어진 경우)에는 상단 블록에서 구한 토압을 증가시키지 않고 연장하면 된다.



참고 그림 (4.5-4) 속채움 토압을 구하는 방법

참고 그림 (4.5-4)에서의 기호는 다음과 같다.

q : 재하하중(kN/m^2)

γ_1 : 속채움의 잔류수위상의 단위체적중량(kN/m^3)

γ_2 : 속채움의 잔류수위하의 단위체적중량(kN/m^3)

일반적으로 $\gamma_1=18.0\text{kN/m}^3$, $\gamma_2=10.0\text{kN/m}^3$ 로 하면 된다.

K : 속채움 토압계수, $K=0.6$

b_1 : 벽의 안폭(m), $b_1 = H_1$

② 셀룰러 블록의 속채움 토압은 틀 안에 구속되어 케이슨의 속채움과 비슷한 메커니즘이라고 생각되므로 케이슨의 경우에 준한다.

③ 잔류수압

가. 안벽의 경우

잔류수압은 잔류수위와 A.L.L.W시의 수위의 수두차로 한다.

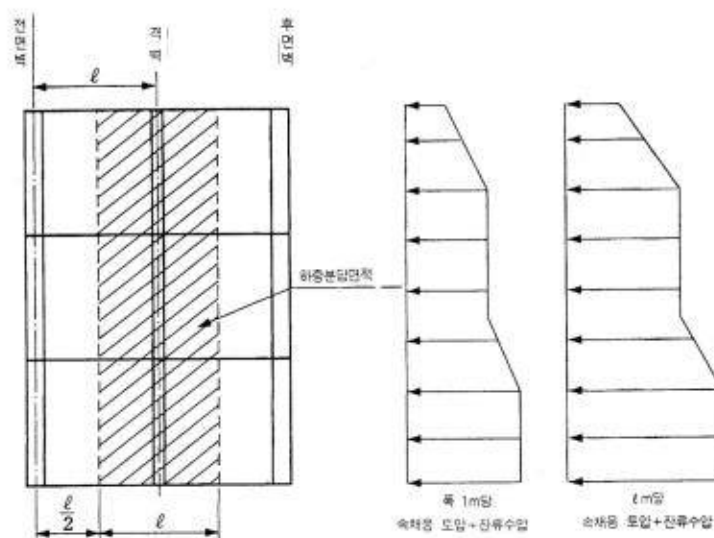
나. 방파제의 경우

잔류수압(셀룰러 블록 내부의 수압)은 블록 내 수위와 A.L.L.W와의 수두차를 취한다. 단, 방파제 전면에 파곡이 있을 때 내부수압이 커지므로 상황에 따라 그것을 고려한다.

④ 방파제, 방파호안 등에 사용한 경우 블록전면에 파곡이 온 경우에는 잔류수위차가 증가하므로 그에 대하여 검토할 필요가 있다. 이 경우의 수압의 계산에 대하여는 KDS 64 10 10 (4.3 파랑 및 파력)을 참조한다.

(2) 격벽

격벽과 측벽의 부재돌출에 대한 하중은 참고 그림 (4.5-5)에 나타난 사선부에 작용하는 토압을 고려한다.



참고 그림 (4.5-5) 격벽과 측벽의 부재돌출에 대한 하중을 구하는 방법

4.5.3.3 하중의 분할방법

셀룰러 블록의 부재에 작용하는 하중의 계산의 편의상 분할하는 경우에는 이 기준 4.4.3.3 하중의 분할 방법에 준한다.

4.5.4 부재의 설계

4.5.4.1 장방향 셀룰러 블록(Cellular block)

- (1) 장방향 셀룰러 블록 각 부재는 구조형식을 고려하여 설계한다.
- (2) 측벽의 계산은 하중을 단계별로 나누어 벽면의 단위 폭에 대하여 상자형라멘으로 해석할 수 있다. 상자형라멘의 해법에는 처짐각법, 모멘트 분배법 등이 있다.
- (3) 격벽에 작용하는 부재력은 측벽에 준하면 된다.
- (4) 확대기초는 측벽에 의하여 지지된 캔틸레버판으로 설계한다.

[참 고]

(1) 측 벽

- ① 계산에 사용하는 지간은 중심 간격으로 한다.
- ② 참고 그림 (4.5-6)과 같은 상자형 라멘의 경우 축선위치에서의 모멘트 특성 값은 참고 식 (4.5-1)에 의하여 구할 수가 있다.

$$\left. \begin{aligned}
 M_{CB} &= 2E K_3 (\theta_B) + \frac{w_3 \ell_1^2}{12} \\
 M_{BC} &= 2E K_3 (2\theta_B) - \frac{w_3 \ell_1^2}{12} \\
 M_{BA} &= 2E K_2 (2\theta_B + \theta_A) + \frac{w_2 \ell_2^2}{12} \\
 M_{AB} &= 2E K_2 (\theta_B + 2\theta_A) - \frac{w_2 \ell_2^2}{12} \\
 M_{AD} &= 2E K_1 (2\theta_A) + \frac{w_1 \ell_1^2}{12} \\
 M_{DA} &= 2E K_1 (\theta_A) - \frac{w_1 \ell_1^2}{12} \\
 K_1 &= \frac{I_1}{\ell_1} \\
 K_2 &= \frac{I_2}{\ell_2} \\
 K_3 &= \frac{I_3}{\ell_1}
 \end{aligned} \right\} \text{참고 식 (4.5-1)}$$

단, θ_A , θ_B 는 참고 식 (4.5-2)에 의하여 구한다.

$$M_{BC} + M_{BA} = 0$$

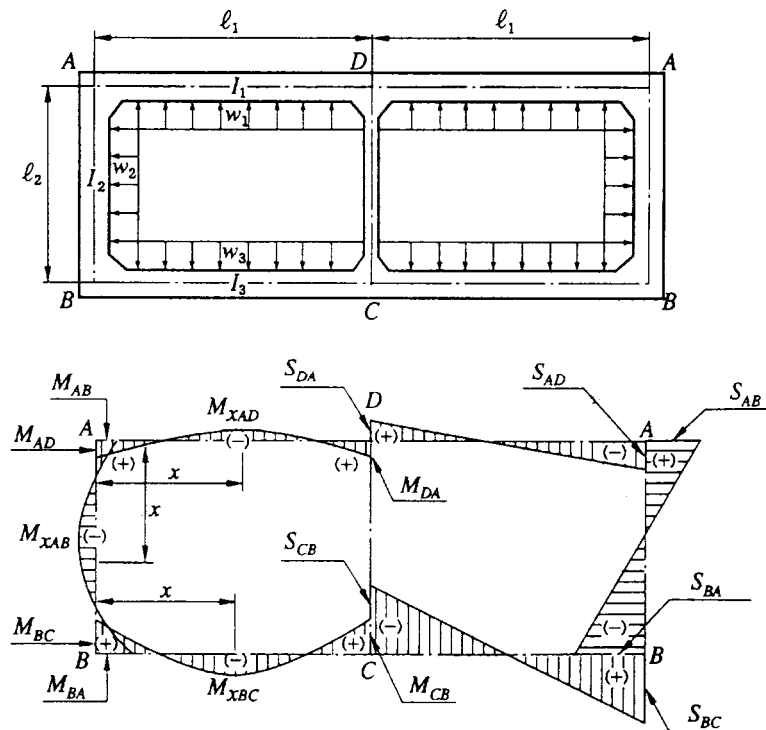
참고 식 (4.5-2)

$$M_{AB} + M_{AD} = 0$$

부재단부의 전단력은 참고 식 (4.5-3)에 의하여 구한다.

$$\left. \begin{aligned} S_{AD} &= -\frac{w_1 \ell_1}{2} - \frac{M_{AD} + M_{DA}}{\ell_1} \\ S_{AB} &= -\frac{w_2 \ell_2}{2} - \frac{M_{AB} + M_{BA}}{\ell_2} \\ S_{BA} &= -\frac{w_2 \ell_2}{2} - \frac{M_{BA} + M_{AB}}{\ell_2} \\ S_{BC} &= -\frac{w_3 \ell_1}{2} - \frac{M_{BC} + M_{CB}}{\ell_1} \\ S_{CB} &= -\frac{w_3 \ell_1}{2} - \frac{M_{CB} + M_{BC}}{\ell_1} \\ S_{DA} &= -\frac{w_1 \ell_1}{2} - \frac{M_{DA} + M_{AD}}{\ell_1} \end{aligned} \right\}$$

참고 식 (4.5-3)



참고 그림 (4.5-6) 상자형 라멘의 하중 적용방법 및 응력도

프리캐스트 콘크리트 부재

각 부재의 임의 점에서의 휨 모멘트는 참고 식 (4.5-4)에 의하여 구한다.

$$\left. \begin{aligned}
 &\text{BC부재의 휨 모멘트 (B점으로부터 } x \text{의} \\
 &\text{거리의 점의 휨모멘트 } M_{xBC} \text{)} \\
 &M_{xBC} = M_{BC} + S_{BC}x + \frac{w_3}{2}x^2 \\
 &\text{AB부재의 휨 모멘트 (A점으로부터 } x \text{의} \\
 &\text{거리의 점의 휨 모멘트 } M_{xAB} \text{)} \\
 &M_{xAB} = M_{AB} + S_{AB}x + \frac{w_2}{2}x^2 \\
 &\text{AD부재의 휨 모멘트 (A점으로부터 } x \text{의} \\
 &\text{거리의 점의 휨 모멘트 } M_{xAD} \text{)} \\
 &M_{xAD} = M_{AD} + S_{AD}x + \frac{w_1}{2}x^2
 \end{aligned} \right\} \quad \text{참고 식 (4.5-4)}$$

또한, 참고 그림 (4.5-6) 및 참고 식 (4.5-1)~참고 식 (4.5-4)에서 기호는 다음과 같다.

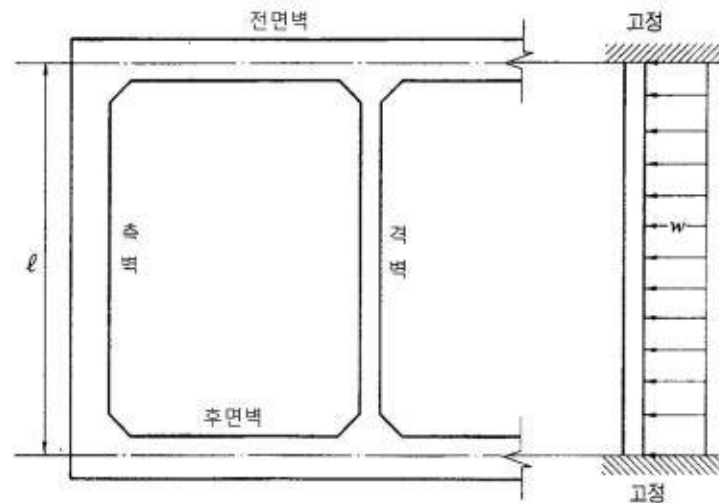
M_i : 부재단부 모멘트(kN.m)
 S_i : 부재단부 전단력(kN)
 M_{xi} : 지점간의 x 점에서의 휨 모멘트(kN.m)
 E : 탄성계수(kN.m²)
 K_i : 강비(m³)
 I_i : 단면 2차 모멘트(m⁴)
 ℓ_i : 지점간거리(m)
 w_i : 하중강도(kN/m)
 θ_i : 부재단부의 편향각(Deflectionangle)(rad)

(2) 격 벽

- ① 시공도중의 속채움 높이차에 의하여 토압이 생기는 경우에는 그것에 대하여 격벽의 강도를 검토한다. 이 때 부재 길이 및 하중 적용방법은 참고 그림 (4.5-7)과 같다. 휨 모멘트는 양단고정 보로 보고 해석할 수 있다[참고 식 (4.5-5) 참조].

$$\left. \begin{aligned}
 M_C &= -\frac{w\ell^2}{12} \\
 M_B &= \frac{w\ell^2}{24}
 \end{aligned} \right\} \quad \text{참고 식 (4.5-5)}$$

여기서, M_C : 단부의 모멘트 특성값(kN.m)
 M_B : 중앙의 모멘트 특성값(kN.m)
 w : 하중강도(kN/m)
 ℓ : 지점간 거리(m)



참고 그림 (4.5-7) 적벽의 부재 길이 및 하중 적용방법

② 계산에 사용하는 지간은 벽체간의 중심 간격으로 한다.

(3) 확대기초

확대기초 부재길이는 앞굽(Toe)선단으로 부터 측벽전면까지로 한다.

4.5.4.2 기타 셀룰러 블록(Cellular block)

기타 셀룰러 블록의 각 부재는 구조형식을 고려하여 설계한다.

[참 고]

(1) 전면벽

① 전면벽은 측벽에 의하여 지지된 판으로 설계해도 좋다.

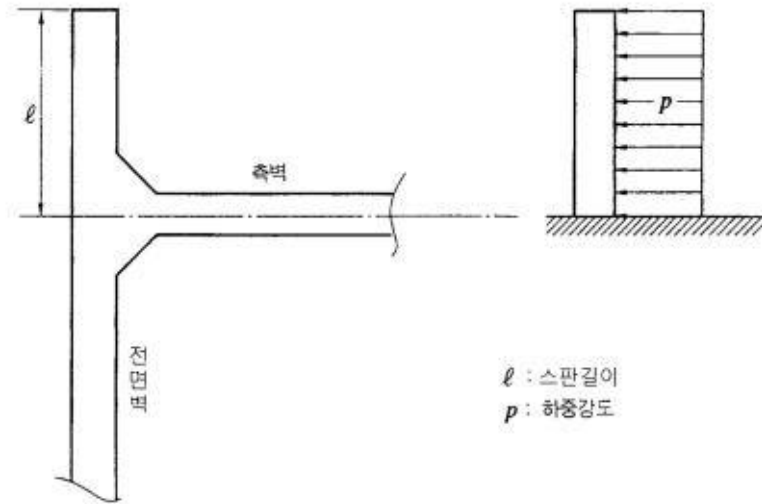
전면벽이 틀의 좌우로 돌출되어 있는 경우 지점의 불균형 모멘트는 측벽으로 전달된다고 본다.

② 전면벽의 부재 길이는 측벽의 중심 간격으로 한다.

③ 전면벽 배후로부터의 하중의 작용방법은 참고 그림 (4.5-8)과 같이 한다.

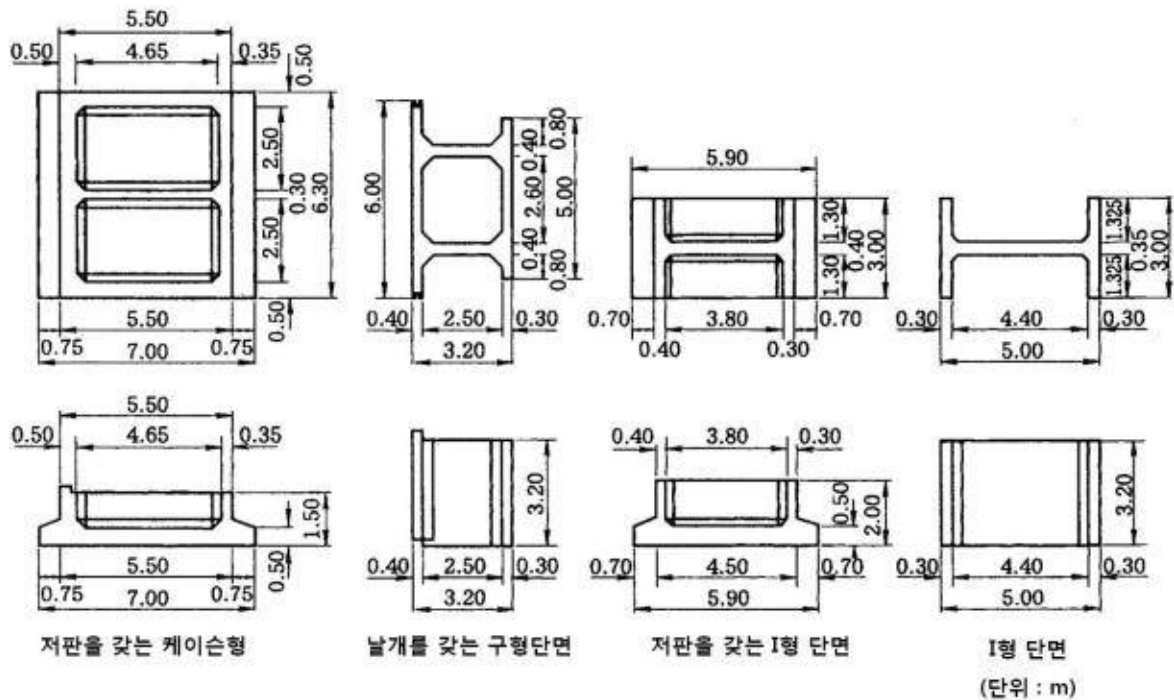
하중은 연직방향에도 등분포 하중으로 계산해도 좋다.

프리캐스트 콘크리트 부재



참고 그림 (4.5-8) 날개를 갖는 단면에서 전면벽의 부재 길이 및 하중 적용방법

- ④ 기타 셀룰러 블록의 실시 예로서 참고 그림 (4.5-9)에 나타난 것과 같은 형상이 있다.



참고 그림 (4.5-9) 셀룰러 블록의 실시 예

(2) 후면벽

- ① 셀룰러 블록을 안벽이나 호안으로서 사용하는 경우에 후면벽이 전면벽과 다른 점은 전면벽의 전면이 노출상태로 있는데 반하여 후면벽 벽면에 배후토사에 의한 토압이

작용한다는 것이다. 그러나 시공 도중에 속채움의 선행하는 경우가 보통이므로 전면벽과 동일한 조건이 되기 때문에 후면벽의 설계는 전면벽에 준하여도 된다.

② 외력은 속채움에 의한 토압으로 하고 배후의 주동토압은 고려하지 않는다.

(3) 측벽

① 측벽은 전면벽 및 후면벽의 반력 및 전달 모멘트에 대하여 설계한다. 측벽의 부재 길이 및 하중 적용방법은 참고 그림 (4.5-10)과 같다.

참고 그림 (4.5-10)의 기호는 다음과 같다.

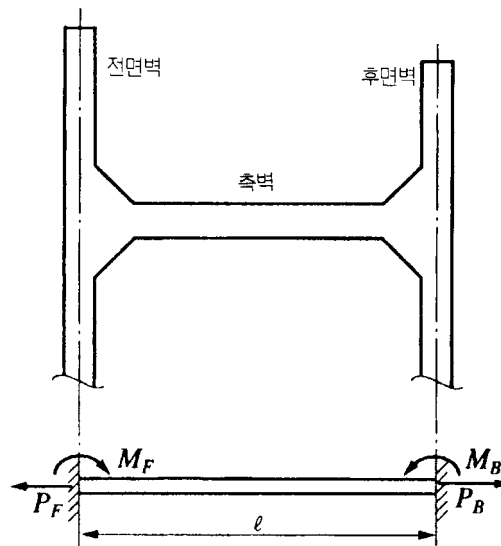
P_F : 전벽으로부터의 반력 특성값(kN)

M_F : 전벽에서 전달되는 모멘트 특성값(kN·m)

P_B : 후벽으로부터의 반력 특성값(kN)

M_B : 후벽에서 전달되는 모멘트 특성값(kN·m)

ℓ : 지점간 거리(m)



참고 그림 (4.5-10) 날개를 가진 단면에서 측벽부재의 길이 및 하중 적용방법

② 측벽의 부재 길이는 전면벽과 후면벽의 중심간거리로 한다.

③ 시공도중의 속채움 높이의 차에 의하여 토압이 발생하는 경우에는 그에 대하여 측벽의 강도를 검토한다.

(4) 저판

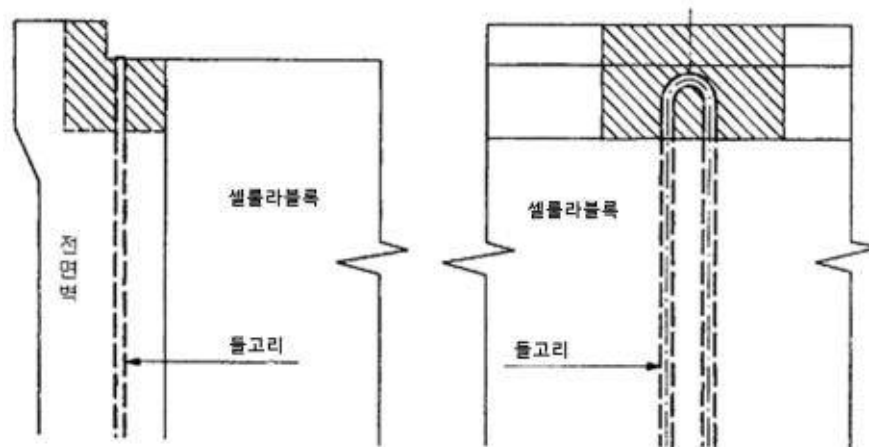
셀룰러 블록의 최하면에 저판이 있는 경우에는 저판 상면에 상재하는 하중, 저판의 자중 및 하면에 작용하는 저면반력에 대하여 설계하면 된다.

4.5.5 리프팅(Lifting)부의 설계

리프팅부의 설계는 이 기준의 4.4.5를 따른다.

[참 고]

- (1) 리프팅부는 케이슨과 공통되므로 그것을 준용하나 경우에 따라서는 L형 블록(이 기준 4.5.5 리프팅부의 설계)를 준용한다. 셀룰러 블록의 경우에는 특별히 리프팅부의 배치에 주의하여 부재의 중앙부분을 가급적 피하도록 해야 한다.
- (2) 다단계로 셀룰러 블록을 쌓아올리는 경우 들고리가 쌓는데 장애가 되지 않도록 미리 들고리의 매설면을 낮춰 놓은 등의 처치를 하여야 한다. 참고 그림 (4.5-11)에 그 예를 보여준다.



참고 그림 (4.5-11) 매설면을 낮춘 들고리의 예

[참고문헌]

- 1) 국토해양부(2001), 항만 구조물의 내진성능 평가 지침서
- 2) 국토해양부(2012), 도로교 설계기준
- 3) 한국콘크리트학회(2007), 콘크리트 구조설계기준
- 4) 日本港湾協會(1999), 港湾の施設の技術上の基準.同解説
- 5) 日本港湾協會(2007), 港湾の施設の技術上の基準.同解説

부 록

1. 판의 휨 모멘트 계산수표

(1) 설계일반

판의 휨모멘트 계산수표는 등분포하중 또는 3각형 분포하중을 받는 3변 고정 1변자유 판 및 4변고정판의 휨모멘트를 구하기 위한 것이다.

계산법은 부록 식 (1-1)에 의한 얇은 판의 기초방정식을 해석적으로 푼 것이다. 즉, 수 종류의 Levy형의 해를 종합하여 소요 지지조건을 만족하도록 적분정수를 정하는 방법이다. 적분정수는 조건식을 후리에 급수로 전개하여 구하였다.

$$\frac{\partial^4 w}{\partial x^4} + 2\frac{\partial^4 w}{\partial x^2 \partial y^2} + \frac{\partial^4 w}{\partial y^4} = \frac{P}{D} \quad \text{부록 식 (1-1)}$$

여기서, w : 변위(Deflection) (m)

P : 하중강도 (kN/m²)

D : 판의강도 (kN.m)

$$D = \frac{E_t^3}{12(1-\nu^2)}$$

E : 판의 탄성계수

t : 판 두께 (m)

ν : 포아송(Poisson)비 $\nu = \frac{1}{6}$

(2) 3변고정 1변자유판의 계산수표

계산수표는 부록 그림 (1-1)(a)~(b)와 같이 자유변의 방향을 y좌표, 이에 직각인 방향을 x좌표로 하고 y방향의 변을 4등분, x방향의 변을 6등분 및 8등분하고 있다.

각 격자점에서의 휨모멘트는 부록 식 (1-2), 부록 식 (1-3)에 의하여 구한다.

① $\lambda \leq 1$ 의 경우

$$M_x = Xq\ell_x^2 \quad \text{부록 식 (1-2)}$$

$$M_y = Yq\ell_x^2$$

② $\lambda > 1$ 의 경우

$$M_x = Xq\ell_y^2 \quad \text{부록 식 (1-3)}$$

$$M_y = Yq\ell_y^2$$

프리카스트 콘크리트 부재

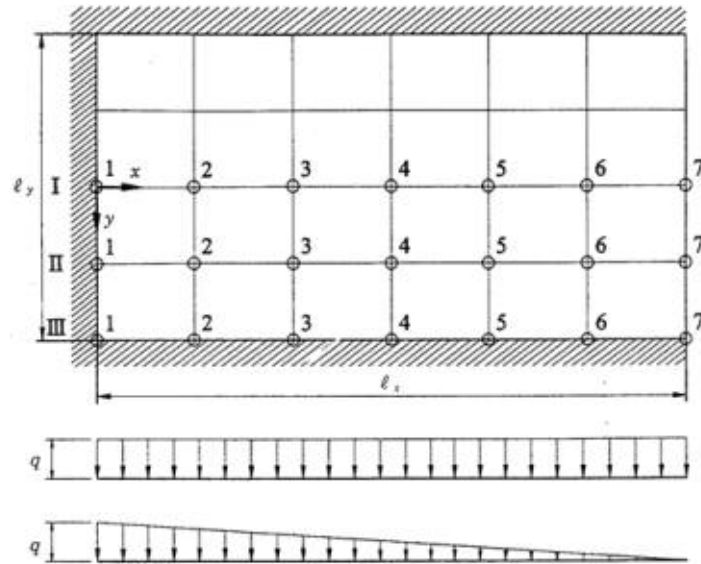
여기서, λ : 변장비 $\lambda = \ell_x / \ell_y$

M_x, M_y : 구하는 점에서 x방향, y방향의 휨모멘트 (kN.m/m)

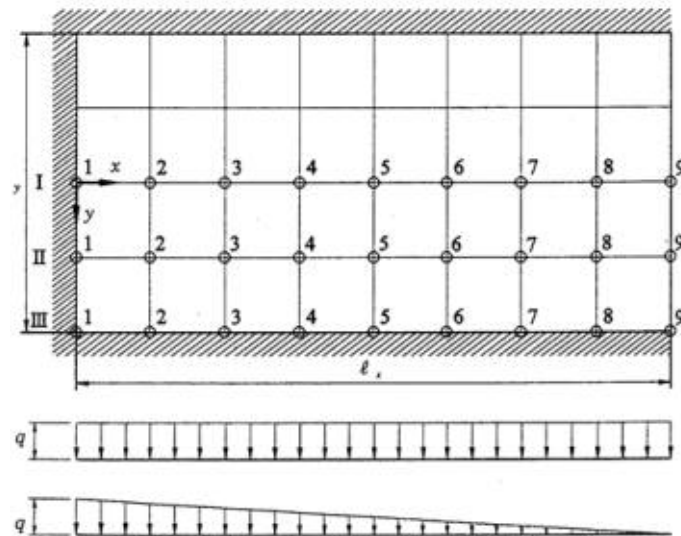
X, Y : 구하는 점에서 x방향, y방향의 휨모멘트 계수

ℓ_x, ℓ_y : x방향, y방향의 길이

q : 등분포하중의 경우는 하중강도, 3각형 분포하중의 경우는 최대하중강도



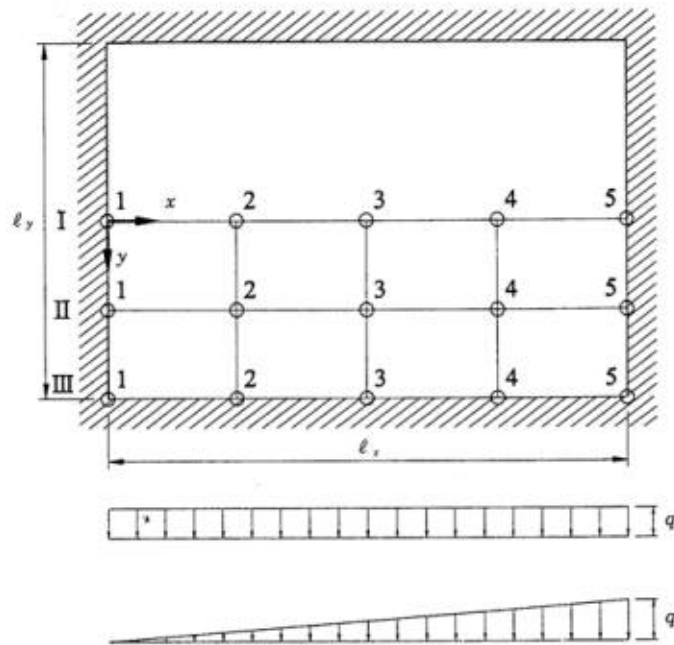
부록 그림 (1-1)(a) 3변고정1변자유판



부록 그림 (1-1)(b) 3변고정1변자유판

(3) 4변고정판의 계산수표

계산수표는 부록 그림 (1-2)와 같이 x방향, y방향을 정하고 격자는 일변을 4등분하고 있다. 각 격자점에서의 휨모멘트는 부록 식 (1-2), 부록 식 (1-3)에 의하여 구한다.



부록 그림 (1-2) 4변고정판

(4) 계산수표

3변고정1변자유판의 휨모멘트계수에 대하여는 x방향변을 6등분한 경우는 부록 표 (1-1) ①~⑦을, 8등분한 경우는 부록 표 (1-2)①~⑦을 참조할 것.
또, 4변고정판에 대하여는 부록 표 (1-3)①~⑤를 참조할 것.

프리캐스트 콘크리트 부재

부록 표 (1-1) 3번고정 1번자유판의 계산수표(x방향 6등분, y방향 4등분)

① $\lambda=0.30, 0.40, 0.50$

λ	하중	휨모멘트 계수	좌표	1	2	3	4	5	6	7
0.30	등분포하중	X	I	-0.3819	-0.2308	-0.1193	-0.0434	0.0002	0.0143	0
			II	-0.2656	-0.1504	-0.0723	-0.0230	0.0035	0.0108	0
			III	0	-0.0031	-0.0128	-0.0249	-0.0379	-0.0533	0
		Y	I	-0.0636	-0.0347	-0.0061	0.0204	0.0436	0.0625	0.0762
			II	-0.0443	-0.0206	0.0024	0.0226	0.0391	0.0519	0.0614
			III	0	-0.0186	-0.0770	-0.1495	-0.2277	-0.3196	-0.4201
	삼각형분포하중	X	I	-0.1353	-0.0654	-0.0219	0.0009	0.0086	0.0067	0
			II	-0.1021	-0.0427	-0.0095	0.0053	0.0082	0.0049	0
			III	0	-0.0023	-0.0061	-0.0092	-0.0116	-0.0141	0
		Y	I	-0.0225	-0.0098	0.0002	0.0078	0.0134	0.0175	0.0207
0.40	등분포하중	X	I	-0.2840	-0.1497	-0.0596	-0.0051	0.0207	0.0220	0
			II	-0.1819	-0.0908	-0.0342	-0.0024	0.0111	0.0113	0
			III	0	-0.0033	-0.0127	-0.0236	-0.0346	-0.0468	0
		Y	I	-0.0473	-0.0188	0.0112	0.0397	0.0645	0.0848	0.1004
			II	-0.0303	-0.0109	0.0074	0.0229	0.0353	0.0448	0.0523
			III	0	-0.0195	-0.0761	-0.1419	-0.2078	-0.2811	-0.3553
	삼각형분포하중	X	I	-0.1084	-0.0431	-0.0058	0.0109	0.0136	0.0084	0
			II	-0.0770	-0.0257	0.0002	0.0094	0.0090	0.0044	0
			III	0	-0.0023	-0.0061	-0.0089	-0.0107	-0.0124	0
		Y	I	-0.0181	-0.0054	0.0052	0.0135	0.0196	0.0239	0.0274
0.50	등분포하중	X	I	-0.2053	-0.0916	-0.0229	0.0136	0.0269	0.0220	0
			II	-0.1269	-0.0538	-0.0124	0.0075	0.0131	0.0098	0
			III	0	-0.0034	-0.0122	-0.0216	-0.0301	-0.0389	0
		Y	I	-0.0342	-0.0079	0.0203	0.0465	0.0688	0.0866	0.1005
			II	-0.0212	-0.0051	0.0093	0.0207	0.0293	0.0356	0.0410
			III	0	-0.0205	-0.0733	-0.1294	-0.1806	-0.2334	-0.2818
	삼각형분포하중	X	I	-0.0858	-0.0267	0.0040	0.0151	0.0144	0.0078	0
			II	-0.0594	-0.0149	0.0051	0.0106	0.0084	0.0035	0
			III	0	-0.0024	-0.0059	-0.0083	-0.0095	-0.0102	0
		Y	I	-0.0143	-0.0021	0.0082	0.0160	0.0212	0.0246	0.0273
0.50	등분포하중	X	I	-0.0143	-0.0021	0.0082	0.0160	0.0212	0.0246	0.0273
			II	-0.0099	-0.0006	0.0059	0.0091	0.0100	0.0097	0.0098
			III	0	-0.0143	-0.0356	-0.0499	-0.0570	-0.0615	-0.0613
		Y	I	-0.0143	-0.0021	0.0082	0.0160	0.0212	0.0246	0.0273
			II	-0.0099	-0.0006	0.0059	0.0091	0.0100	0.0097	0.0098
			III	0	-0.0143	-0.0356	-0.0499	-0.0570	-0.0615	-0.0613
	삼각형분포하중	X	I	-0.0143	-0.0021	0.0082	0.0160	0.0212	0.0246	0.0273
			II	-0.0099	-0.0006	0.0059	0.0091	0.0100	0.0097	0.0098
			III	0	-0.0143	-0.0356	-0.0499	-0.0570	-0.0615	-0.0613
		Y	I	-0.0143	-0.0021	0.0082	0.0160	0.0212	0.0246	0.0273

부록 표 (1-1) 3번고정 1변자유판의 계산수표(x방향 6등분, y방향 4등분) (계속)

② $\lambda=0.75, 1.00, 1.25$

λ	하중	힘모멘트 계수	좌표	1	2	3	4	5	6	7
0.75	등분포 하중	X	I	-0.0990	-0.0258	0.0080	0.0197	0.0198	0.0132	0
			II	-0.0602	-0.0145	0.0049	0.0103	0.0088	0.0048	0
			III	0	-0.0035	-0.0101	-0.0156	-0.0195	-0.0227	0
		Y	I	-0.0165	0.0032	0.0236	0.0406	0.0531	0.0619	0.0688
			II	-0.0100	0.0009	0.0093	0.0144	0.0173	0.0189	0.0205
			III	0	-0.0209	-0.0606	-0.0939	-0.1172	-0.1361	-0.1477
	삼각형분포 하중	X	I	-0.0519	-0.0067	0.0110	0.0137	0.0095	0.0038	0
			II	-0.0348	-0.0030	0.0075	0.0080	0.0048	0.0013	0
III	0		-0.0024	-0.0053	-0.0066	-0.0065	-0.0058	0		
1.00	등분포 하중	X	I	-0.0565	-0.0063	0.0106	0.0133	0.0110	0.0069	0
			II	-0.0343	-0.0034	0.0058	0.0064	0.0044	0.0020	0
			III	0	-0.0032	-0.0080	-0.0111	-0.0127	-0.0137	0
		Y	I	-0.0094	0.0059	0.0203	0.0304	0.0364	0.0398	0.0428
			II	-0.0057	0.0023	0.0075	0.0098	0.0105	0.0108	0.0111
			III	0	-0.0195	-0.0478	-0.0655	-0.0763	-0.0822	-0.0838
	삼각형분포 하중	X	I	-0.0350	-0.0001	0.0097	0.0089	0.0049	0.0013	0
			II	-0.0229	0.0006	0.0058	0.0047	0.0022	0.0002	0
III	0		-0.0023	-0.0045	-0.0050	-0.0044	-0.0033	0		
1.25	등분포 하중	X	I	-0.0567	0	0.0133	0.0128	0.0096	0.0061	0
			II	-0.0344	0.0003	0.0069	0.0056	0.0033	0.0014	0
			III	0	-0.0046	-0.0098	-0.0125	-0.0135	-0.0139	0
		Y	I	-0.0095	0.0098	0.0261	0.0354	0.0395	0.0413	0.0435
			II	-0.0057	0.0039	0.0090	0.0106	0.0107	0.0106	0.0107
			III	0	-0.0273	-0.0587	-0.0749	-0.0810	-0.0835	-0.0833
	삼각형분포 하중	X	I	-0.0391	0.0035	0.0112	0.0083	0.0038	0.0005	0
			II	-0.0251	0.0026	0.0063	0.0041	0.0014	-0.0002	0
III	0		-0.0033	-0.0059	-0.0059	-0.0047	-0.0030	0		
삼각형분포 하중	Y	I	-0.0065	0.0064	0.0146	0.0162	0.0137	0.0101	0.0079	
		II	-0.0042	0.0033	0.0060	0.0054	0.0038	0.0021	0.0008	
		III	0	-0.0199	-0.0352	-0.0356	-0.0279	-0.0183	-0.0078	

프리캐스트 콘크리트 부재

부록 표 (1-1) 3번고정 1번자유판의 계산수표(x방향 6등분, y방향 4등분) (계속)

③ $\lambda = 1.50, 1.75, 2.00$

λ	하중	힘모멘트 계수	좌표	1	2	3	4	5	6	7
1.50	등분포하중	X	I	-0.0568	0.0048	0.0139	0.0113	0.0083	0.0058	0
			II	-0.0344	0.0029	0.0068	0.0045	0.0025	0.0011	0
			III	0	-0.0058	-0.0112	-0.0133	-0.0138	-0.0139	0
		Y	I	-0.0095	0.0136	0.0307	0.0384	0.0409	0.0416	0.0434
			II	-0.0057	0.0053	0.0100	0.0108	0.0106	0.0104	0.0105
			III	0	-0.0350	-0.0669	-0.0797	-0.0829	-0.0835	-0.0834
	삼각형분포하중	X	I	-0.0420	0.0065	0.0114	0.0071	0.0029	0.0001	0
			II	-0.0266	0.0042	0.0060	0.0031	0.0009	-0.0004	0
			III	0	-0.0044	-0.0070	-0.0065	-0.0047	-0.0028	0
		Y	I	-0.0070	0.0094	0.0183	0.0184	0.0142	0.0094	0.0065
			II	-0.0044	0.0045	0.0067	0.0056	0.0037	0.0019	0.0006
			III	0	-0.0263	-0.0419	-0.0390	-0.0284	-0.0168	-0.0060
1.75	등분포하중	X	I	-0.0568	0.0082	0.0135	0.0099	0.0075	0.0058	0
			II	-0.0344	0.0047	0.0062	0.0035	0.0020	0.0010	0
			III	0	-0.0070	-0.0122	-0.0137	-0.0139	-0.0139	0
		Y	I	-0.0095	0.0172	0.0342	0.0402	0.0414	0.0415	0.0433
			II	-0.0057	0.0065	0.0105	0.0108	0.0105	0.0104	0.0104
			III	0	-0.0421	-0.0730	-0.0823	-0.0836	-0.0833	-0.0840
	삼각형분포하중	X	I	-0.0441	0.0088	0.0108	0.0059	0.0024	0.0001	0
			II	-0.0277	0.0053	0.0053	0.0023	0.0006	-0.0004	0
			III	0	-0.0054	-0.0078	-0.0068	-0.0047	-0.0026	0
		Y	I	-0.0074	0.0124	0.0212	0.0197	0.0142	0.0087	0.0055
			II	-0.0046	0.0054	0.0071	0.0055	0.0036	0.0018	0.0004
			III	0	-0.0324	-0.0470	-0.0410	-0.0283	-0.0155	-0.0049
2.00	등분포하중	X	I	-0.0568	0.0107	0.0125	0.0087	0.0071	0.0060	0
			II	-0.0344	0.0058	0.0054	0.0028	0.0018	0.0011	0
			III	0	-0.0081	-0.0129	-0.0139	-0.0140	-0.0139	0
		Y	I	-0.0095	0.0205	0.0367	0.0411	0.0416	0.0415	0.0432
			II	-0.0057	0.0076	0.0107	0.0107	0.0105	0.0103	0.0104
			III	0	-0.0487	-0.0773	-0.0836	-0.0838	-0.0833	-0.0846
	삼각형분포하중	X	I	-0.0457	0.0105	0.0099	0.0050	0.0022	-0.0002	0
			II	-0.0285	0.0060	0.0045	0.0017	0.0004	-0.0003	0
			III	0	-0.0064	-0.0085	-0.0070	-0.0047	-0.0024	0
		Y	I	-0.0076	0.0153	0.0234	0.0204	0.0142	0.0082	0.0047
			II	-0.0048	0.0063	0.0073	0.0055	0.0035	0.0017	0.0004
			III	0	-0.0382	-0.0508	-0.0420	-0.0280	-0.0145	-0.0041

부록 표 (1-1) 3번고정 1변자유판의 계산수표(x방향 6등분, y방향 4등분) (계속)

④ $\lambda = 2.25, 2.50, 2.75$

λ	하중	힘모멘트 계수	좌표	1	2	3	4	5	6	7
2.25	등분포 하중	X	I	-0.0567	0.0122	0.0114	0.0080	0.0070	0.0062	0
			II	-0.0343	0.0065	0.0046	0.0023	0.0017	0.0012	0
			III	0	-0.0091	-0.0134	-0.0140	-0.0140	-0.0139	0
	삼각형분포 하중	Y	I	-0.0095	0.0235	0.0386	0.0416	0.0416	0.0414	0.0432
			II	-0.0057	0.0084	0.0108	0.0106	0.0104	0.0103	0.0105
			III	0	-0.0546	-0.0802	-0.0842	-0.0839	-0.0834	-0.0852
	삼각형분포 하중	X	I	-0.0469	0.0117	0.0089	0.0043	0.0021	0.0003	0
			II	-0.0291	0.0064	0.0038	0.0013	0.0004	-0.0002	0
			III	0	-0.0072	-0.0089	-0.0071	-0.0046	-0.0023	0
2.50	등분포 하중	X	I	-0.0567	0.0132	0.0104	0.0075	0.0069	0.0063	0
			II	-0.0342	0.0067	0.0039	0.0020	0.0017	0.0013	0
			III	0	-0.0100	-0.0137	-0.0141	-0.0140	-0.0139	0
	삼각형분포 하중	Y	I	-0.0094	0.0262	0.0398	0.0417	0.0416	0.0414	0.0432
			II	-0.0057	0.0090	0.0109	0.0106	0.0104	0.0103	0.0105
			III	0	-0.0598	-0.0822	-0.0844	-0.0840	-0.0837	-0.0858
	삼각형분포 하중	X	I	-0.0478	0.0123	0.0079	0.0039	0.0021	0.0005	0
			II	-0.0296	0.0065	0.0031	0.0011	0.0004	-0.0001	0
			III	0	-0.0080	-0.0092	-0.0071	-0.0046	-0.0022	0
2.75	등분포 하중	X	I	-0.0566	0.0136	0.0096	0.0072	0.0069	0.0065	0
			II	-0.0341	0.0067	0.0033	0.0018	0.0016	0.0014	0
			III	0	-0.0107	-0.0139	-0.0141	-0.0140	-0.0140	0
	삼각형분포 하중	Y	I	-0.0094	0.0286	0.0407	0.0418	0.0416	0.0414	0.0432
			II	-0.0057	0.0096	0.0108	0.0105	0.0104	0.0103	0.0105
			III	0	-0.0644	-0.0836	-0.0845	-0.0841	-0.0840	-0.0863
	삼각형분포 하중	X	I	-0.0486	0.0126	0.0071	0.0037	0.0021	0.0006	0
			II	-0.0299	0.0064	0.0026	0.0009	0.0005	0	0
			III	0	-0.0087	-0.0094	-0.0071	-0.0046	-0.0021	0
2.75	삼각형분포 하중	Y	I	-0.0081	0.0226	0.0269	0.0209	0.0139	0.0074	0.0034
			II	-0.0050	0.0080	0.0073	0.0053	0.0034	0.0017	0.0003
			III	0	-0.0524	-0.0566	-0.0427	-0.0273	-0.0126	-0.0021

프리캐스트 콘크리트 부재

부록 표 (1-1) 3번고정 1번자유판의 계산수표(x방향 6등분, y방향 4등분) (계속)

⑤ $\lambda=3.00, 3.25, 3.50$

λ	하중	힘모멘트 계수	좌표	1	2	3	4	5	6	7
3.00	등분 포하중	X	I	-0.0565	0.0137	0.0089	0.0070	0.0069	0.0066	0
			II	-0.0339	0.0065	0.0028	0.0017	0.0016	0.0015	0
			III	0	-0.0114	-0.0141	-0.0141	-0.0140	-0.141	0
	Y		I	-0.0094	0.0308	0.0412	0.0418	0.0416	0.0414	0.0432
			II	-0.0057	0.0100	0.0108	0.0105	0.0104	0.0103	0.0105
			III	0	-0.0685	-0.0845	-0.0845	-0.0843	-0.0843	-0.0868
	삼각 형분 포하중	X	I	-0.0492	0.0126	0.0064	0.0036	0.0021	0.0007	0
			II	-0.0301	0.0062	0.0021	0.0009	0.0005	0.0001	0
			III	0	-0.0094	-0.0096	-0.0071	-0.0045	-0.0020	0
3.25	등분 포하중	X	I	-0.0565	0.0136	0.0083	0.0070	0.0068	0.0067	0
			II	-0.0338	0.0062	0.0025	0.0017	0.0015	0.0015	0
			III	0	-0.0120	-0.0142	-0.0141	-0.0141	-0.0141	0
	Y		I	-0.0094	0.0326	0.0415	0.0418	0.0416	0.0414	0.0432
			II	-0.0056	0.0103	0.0107	0.0105	0.0104	0.0104	0.0105
			III	0	-0.0720	-0.0851	-0.0846	-0.0845	-0.0847	-0.0872
	삼각 형분 포하중	X	I	-0.0496	0.0123	0.0059	0.0035	0.0022	0.0008	0
			II	-0.0302	0.0058	0.0018	0.0008	0.0005	0.0002	0
			III	0	-0.0099	-0.0097	-0.0071	-0.0045	-0.0019	0
3.50	등분 포하중	X	I	-0.0564	0.0132	0.0079	0.0069	0.0068	0.0067	0
			II	-0.0335	0.0058	0.0022	0.0016	0.0015	0.0015	0
			III	0	-0.0125	-0.0143	-0.0141	-0.0141	-0.0142	0
	Y		I	-0.0094	0.0343	0.0417	0.0417	0.0416	0.0415	0.0432
			II	-0.0056	0.0105	0.0107	0.0104	0.0104	0.0104	0.0105
			III	0	-0.0750	-0.0855	-0.0846	-0.0847	-0.0851	-0.0877
	삼각 형분 포하중	X	I	-0.0500	0.0119	0.0055	0.0035	0.0022	0.0009	0
			II	-0.0303	0.0054	0.0015	0.0008	0.0005	0.0003	0
			III	0	-0.0104	-0.0098	-0.0072	-0.0045	-0.0019	0
3.50	등분 포하중	X	I	-0.0564	0.0132	0.0079	0.0069	0.0068	0.0067	0
			II	-0.0335	0.0058	0.0022	0.0016	0.0015	0.0015	0
			III	0	-0.0125	-0.0143	-0.0141	-0.0141	-0.0142	0
	Y		I	-0.0094	0.0343	0.0417	0.0417	0.0416	0.0415	0.0432
			II	-0.0056	0.0105	0.0107	0.0104	0.0104	0.0104	0.0105
			III	0	-0.0750	-0.0855	-0.0846	-0.0847	-0.0851	-0.0877
	삼각 형분 포하중	X	I	-0.0500	0.0119	0.0055	0.0035	0.0022	0.0009	0
			II	-0.0303	0.0054	0.0015	0.0008	0.0005	0.0003	0
			III	0	-0.0104	-0.0098	-0.0072	-0.0045	-0.0019	0

부록 표 (1-1) 3번고정 1변자유판의 계산수표(x방향 6등분, y방향 4등분) (계속)

⑥ $\lambda=3.75, 4.00, 4.25$

λ	하중	힘모멘트 계수	좌표	1	2	3	4	5	6	7
3.75	등분포 하중	X	I	-0.0564	0.0127	0.0076	0.0069	0.0068	0.0068	0
			II	-0.0331	0.0053	0.0020	0.0016	0.0014	0.0014	0
			III	0	-0.0129	-0.0143	-0.0141	-0.0141	-0.0143	0
	Y		I	-0.0094	0.0356	0.0418	0.0417	0.0416	0.0415	0.0434
			II	-0.0055	0.0106	0.0106	0.0104	0.0104	0.0104	0.0104
			III	0	-0.0775	-0.0859	-0.0848	-0.0848	-0.0856	-0.0881
	삼각형 분포 하중	X	I	-0.0505	0.0114	0.0052	0.0034	0.0022	0.0010	0
			II	-0.0302	0.0049	0.0013	0.0008	0.0005	0.0004	0
			III	0	-0.0108	-0.0099	-0.0072	-0.0045	-0.0018	0
4.00	등분포 하중	X	I	-0.0568	0.0121	0.0075	0.0069	0.0067	0.0068	0
			II	-0.0324	0.0048	0.0019	0.0016	0.0014	0.0014	0
			III	0	-0.0133	-0.0144	-0.0142	-0.0142	-0.0143	0
	Y		I	-0.0095	0.0368	0.0419	0.0417	0.0417	0.0415	0.0433
			II	-0.0054	0.0107	0.0106	0.0104	0.0104	0.0104	0.0105
			III	0	-0.0797	-0.0862	-0.0850	-0.0850	-0.0860	-0.0886
	삼각형 분포 하중	X	I	-0.0505	0.0108	0.0050	0.0034	0.0022	0.0011	0
			II	-0.0302	0.0044	0.0011	0.0007	0.0005	0.0005	0
			III	0	-0.0111	-0.0100	-0.0072	-0.0044	-0.0017	0
4.25	등분포 하중	X	I	-0.0560	0.0115	0.0073	0.0069	0.0067	0.0068	0
			II	-0.0325	0.0044	0.0018	0.0015	0.0013	0.0013	0
			III	0	-0.0136	-0.0144	-0.0142	-0.0142	-0.0144	0
	Y		I	-0.0093	0.0378	0.0419	0.0417	0.0417	0.0416	0.0433
			II	-0.0054	0.0108	0.0106	0.0104	0.0104	0.0104	0.0105
			III	0	-0.0816	-0.0866	-0.0852	-0.0852	-0.0865	-0.0891
	삼각형 분포 하중	X	I	-0.0507	0.0102	0.0049	0.0034	0.0021	0.0012	0
			II	-0.0301	0.0039	0.0010	0.0007	0.0005	0.0007	0
			III	0	-0.0114	-0.0100	-0.0072	-0.0044	-0.0016	0
4.25	삼각형 분포 하중	Y	I	-0.0085	0.0311	0.0280	0.0209	0.0138	0.0069	0.0022
			II	-0.0050	0.0090	0.0070	0.0052	0.0034	0.0017	0.0004
			III	0	-0.0687	-0.0603	-0.0434	-0.0265	-0.0098	0.0018

프리캐스트 콘크리트 부재

부록 표 (1-1) 3번고정 1번자유판의 계산수표(x방향 6등분, y방향 4등분) (계속)

⑦ $\lambda=4.50, 4.75, 5.00$

λ	하중	힘모멘트 계수	좌표	1	2	3	4	5	6	7
4.50	등분포하중	X	I	-0.0560	0.0109	0.0072	0.0068	0.0066	0.0067	0
			II	-0.0322	0.0039	0.0017	0.0015	0.0013	0.0013	0
			III	0	-0.0139	-0.0145	-0.0142	-0.0142	-0.0145	0
	삼각형분포하중	Y	I	-0.0093	0.0387	0.0419	0.0417	0.0417	0.0416	0.0435
			II	-0.0054	0.0108	0.0105	0.0104	0.0103	0.0104	0.0106
			III	0	-0.0832	-0.0869	-0.0854	-0.0854	-0.0869	-0.0896
	삼각형분포하중	X	I	-0.0510	0.0096	0.0048	0.0034	0.0021	0.0012	0
			II	-0.0300	0.0034	0.0009	0.0006	0.0005	0.0008	0
			III	0	-0.0117	-0.0101	-0.0073	-0.0044	-0.0016	0
4.75	등분포하중	X	I	-0.0555	0.0103	0.0072	0.0068	0.0065	0.0067	0
			II	-0.0315	0.0034	0.0016	0.0014	0.0012	0.0012	0
			III	0	-0.0141	-0.0146	-0.0143	-0.0143	-0.0146	0
	삼각형분포하중	Y	I	-0.0092	0.0394	0.0419	0.0417	0.0417	0.0417	0.0433
			II	-0.0052	0.0107	0.0105	0.0104	0.0103	0.0103	0.0104
			III	0	-0.0846	-0.0873	-0.0856	-0.0856	-0.0874	-0.0901
	삼각형분포하중	X	I	-0.0508	0.0090	0.0047	0.0034	0.0021	0.0014	0
			II	-0.0296	0.0029	0.0007	0.0006	0.0006	0.0009	0
			III	0	-0.0120	-0.0102	-0.0073	-0.0044	-0.0015	0
5.00	등분포하중	X	I	-0.0552	0.0097	0.0071	0.0068	0.0065	0.0066	0
			II	-0.0309	0.0030	0.0015	0.0014	0.0011	0.0011	0
			III	0	-0.0143	-0.0146	-0.0143	-0.0143	-0.0147	0
	삼각형분포하중	Y	I	-0.0092	0.0399	0.0419	0.0417	0.0417	0.0417	0.0433
			II	-0.0052	0.0107	0.0105	0.0103	0.0103	0.0103	0.0103
			III	0	-0.0858	-0.0877	-0.0858	-0.0858	-0.0879	-0.0906
	삼각형분포하중	X	I	-0.0508	0.0084	0.0046	0.0033	0.0021	0.0015	0
			II	-0.0292	0.0025	0.0006	0.0006	0.0006	0.0010	0
			III	0	-0.0122	-0.0103	-0.0073	-0.0043	-0.0014	0
5.00	삼각형분포하중	Y	I	-0.0085	0.0331	0.0281	0.0209	0.0138	0.0068	0.0019
			II	-0.0049	0.0090	0.0069	0.0052	0.0034	0.0018	0.0007
			III	0	-0.0729	-0.0619	-0.0440	-0.0259	-0.0083	0.0039

부록 표 (1-2) 3번고정 1변자유판의 계산수표(x방향 8등분, y방향 4등분)

① $\lambda = 0.30, 0.40, 0.50$

λ	하중	힘모멘트 계수	좌표	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0.30	등분포 하중	X	I	-0.3819	-0.2648	-0.1704	-0.0972	-0.0434	-0.0078	0.0109	0.0133	0
			II	0.2656	-0.1754	-0.1074	-0.0576	-0.0230	-0.0012	0.0094	0.0098	0
			III	0	-0.0014	-0.0075	-0.0157	-0.0249	-0.0346	-0.0451	-0.0582	0
		Y	I	-0.0636	-0.0419	-0.0202	0.0007	0.0204	0.0382	0.0536	0.0665	0.0762
	II		-0.0443	-0.0266	-0.0089	0.0077	0.0226	0.0353	0.0459	0.0545	0.0614	
	III		0	-0.0086	-0.0447	-0.0945	-0.1495	-0.2074	-0.2708	-0.3493	-0.4201	
	삼각형분포 하중	X	I	-0.1353	-0.0802	-0.0407	-0.0145	0.0009	0.0078	0.0086	0.0053	0
			II	-0.1021	-0.0548	-0.0233	-0.0043	0.0053	0.0083	0.0071	0.0037	0
III			0	-0.0014	-0.0042	-0.0069	-0.0092	-0.0111	-0.0129	-0.0151	0	
Y		I	-0.0225	-0.0128	-0.0045	0.0023	0.0078	0.0122	0.0156	0.0184	0.0207	
	II	-0.0170	-0.0082	-0.0009	0.0049	0.0091	0.0120	0.0139	0.0152	0.0164		
	III	0	-0.0083	-0.0251	-0.0416	-0.0554	-0.0666	-0.0773	-0.0907	-0.0981		
0.40	등분포 하중	X	I	-0.2840	-0.1787	-0.0997	-0.0430	-0.0051	0.0167	0.0243	0.0187	0
			II	-0.1819	-0.1099	-0.0589	-0.0242	-0.0024	0.0091	0.0127	0.0096	0
			III	0	-0.0016	-0.0076	-0.0154	-0.0236	-0.0319	-0.0406	-0.0511	0
		Y	I	-0.0473	-0.0262	-0.0037	0.0186	0.0397	0.0587	0.0752	0.0892	0.1004
	II		-0.0303	-0.0157	-0.0014	0.0115	0.0229	0.0325	0.0404	0.0468	0.0523	
	III		0	-0.0097	-0.0457	-0.0925	-0.1419	-0.1914	-0.2434	-0.3064	-0.3553	
	삼각형분포 하중	X	I	-0.1084	-0.0566	-0.0215	0	0.0109	0.0139	0.0117	0.0064	0
			II	-0.0770	-0.0357	-0.0102	0.0037	0.0094	0.0097	0.0070	0.0031	0
III			0	-0.0014	-0.0042	-0.0068	-0.0089	-0.0104	-0.0117	-0.0132	0	
Y		I	-0.0181	-0.0084	0.0002	0.0075	0.0135	0.0182	0.0219	0.0249	0.0274	
	II	-0.0128	-0.0049	0.0017	0.0065	0.0096	0.0114	0.0122	0.0127	0.0133		
	III	0	-0.0085	-0.0253	-0.0411	-0.0533	-0.0623	-0.0700	-0.0793	-0.0810		
0.50	등분포 하중	X	I	-0.2053	-0.1153	-0.0526	-0.0112	0.0136	0.0254	0.0265	0.0181	0
			II	-0.1269	-0.0686	-0.0299	-0.0058	0.0075	0.0127	0.0123	0.0080	0
			III	0	-0.0018	-0.0076	-0.0146	-0.0216	-0.0281	-0.0345	-0.0421	0
		Y	I	-0.0342	-0.0149	0.0062	0.0271	0.0465	0.0637	0.0782	0.0904	0.1005
	II		-0.0212	-0.0090	0.0024	0.0124	0.0207	0.0273	0.0327	0.0370	0.0410	
	III		0	-0.108	-0.0457	-0.0878	-0.1294	-0.1684	-0.2072	-0.2527	-0.2818	
	삼각형분포 하중	X	I	-0.0858	-0.0385	-0.0084	0.0083	0.0151	0.0153	0.0115	0.0058	0
			II	-0.0594	-0.0233	-0.0026	0.0075	0.0106	0.0094	0.0060	0.0024	0
III			0	-0.0015	-0.0042	-0.0066	-0.0083	-0.0093	-0.0100	-0.0108	0	
Y		I	-0.0143	-0.0050	0.0033	0.0104	0.0160	0.0201	0.0231	0.0253	0.0273	
	II	-0.0099	-0.0027	0.0031	0.0070	0.0091	0.0099	0.0099	0.0097	0.0098		
	III	0	-0.0088	-0.0253	-0.0398	-0.0499	-0.0561	-0.0602	-0.0648	-0.0613		

프리캐스트 콘크리트 부재

부록 표 (1-2) 3번고정 1번자유판의 계산수표(x방향 8등분, y방향 4등분) (계속)

② $\lambda=0.75, 1.00, 1.25$

λ	하중	힘모멘트 계수	좌표	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0.75	등분포하중	X	I	-0.0990	-0.0395	-0.0053	0.0124	0.0197	0.0205	0.0172	0.0106	0
			II	-0.0602	0.0229	-0.0025	0.0071	0.0103	0.0096	0.0070	0.0037	0
			III	0	-0.0020	-0.0068	-0.0117	-0.0156	-0.0187	-0.0213	-0.0240	0
		Y	I	-0.0165	-0.0020	0.0137	0.0283	0.0406	0.0504	0.0578	0.0637	0.0688
			II	-0.0100	-0.0017	0.0055	0.0109	0.0144	0.0167	0.0182	0.0192	0.0205
			III	0	-0.0121	-0.0410	-0.0700	-0.0939	-0.1123	-0.1276	-0.1442	-0.1477
	삼각형분포하중	X	I	-0.0519	-0.0149	0.0047	0.0127	0.0137	0.0109	0.0066	0.0025	0
			II	-0.0348	-0.0083	0.0040	0.0082	0.0080	0.0058	0.0030	0.0007	0
			III	0	-0.0015	-0.0040	-0.0057	-0.0066	-0.0066	-0.0063	-0.0059	0
		Y	I	-0.0087	-0.0006	0.0066	0.0121	0.0155	0.0171	0.0175	0.0173	0.0175
			II	-0.0058	0	0.0042	0.0064	0.0070	0.0065	0.0054	0.0044	0.0037
			III	0	-0.0091	-0.0238	-0.0344	-0.0394	-0.0399	-0.0378	-0.0351	-0.0260
1.00	등분포하중	X	I	-0.0565	-0.0147	0.0048	0.0121	0.0133	0.0118	0.0092	0.0056	0
			II	-0.0343	-0.0083	0.0029	0.0064	0.0064	0.0050	0.0032	0.0015	0
			III	0	-0.0020	-0.0058	-0.0089	-0.0111	-0.0124	-0.0133	-0.0143	0
		Y	I	-0.0094	0.0018	0.0135	0.0233	0.0304	0.0352	0.0383	0.0405	0.0428
			II	-0.0057	0.0005	0.0053	0.0083	0.0098	0.0104	0.0107	0.0108	0.0111
			III	0	-0.0119	-0.0345	-0.0535	-0.0665	-0.0745	-0.0799	-0.0856	-0.0838
	삼각형분포하중	X	I	-0.0350	-0.0057	0.0068	0.0101	0.0089	0.0060	0.0030	0.0006	0
			II	-0.0229	-0.0029	0.0045	0.0058	0.0047	0.0029	0.0011	0.0001	0
			III	0	-0.0015	-0.0036	-0.0047	-0.0050	-0.0046	-0.0039	-0.0032	0
		Y	I	-0.0058	0.0013	0.0074	0.0113	0.0129	0.0127	0.0115	0.0102	0.0094
			II	-0.0038	0.0009	0.0039	0.0051	0.0049	0.0041	0.0031	0.0020	0.0013
			III	0	-0.0090	-0.0213	-0.0284	-0.0300	-0.0277	-0.0236	-0.0191	-0.0108
1.25	등분포하중	X	I	-0.0567	-0.0083	0.0096	0.0138	0.0128	0.0104	0.0080	0.0051	0
			II	-0.0344	-0.0045	0.0054	0.0069	0.0056	0.0039	0.0023	0.0010	0
			III	0	-0.0029	-0.0075	-0.107	-0.0125	-0.0133	-0.0138	-0.0143	0
		Y	I	-0.0095	0.0049	0.0188	0.0290	0.0354	0.0388	0.0406	0.0417	0.0435
			II	-0.0057	0.0019	0.0071	0.0096	0.0106	0.0107	0.0106	0.0106	0.0107
			III	0	-0.0174	-0.0447	-0.0641	-0.0749	-0.0799	-0.0826	-0.0859	-0.0833
	삼각형분포하중	X	I	-0.0391	-0.0025	0.0097	0.0109	0.0083	0.0049	0.0020	0	0
			II	-0.0251	-0.0009	0.0058	0.0059	0.0041	0.0021	0.0005	-0.0004	0
			III	0	-0.0022	-0.0048	-0.0060	-0.0059	-0.0051	-0.0040	-0.0029	0
		Y	I	-0.0065	0.0033	0.0114	0.0155	0.0162	0.0145	0.0119	0.0094	0.0079
			II	-0.0042	0.0019	0.0052	0.0060	0.0054	0.0042	0.0029	0.0017	0.0008
			III	0	-0.0135	-0.0291	-0.0361	-0.0356	-0.0305	-0.0239	-0.0172	-0.0078

부록 표 (1-2) 3번고정 1변자유판의 계산수표(x방향 8등분, y방향 4등분) (계속)

③ $\lambda=1.50, 1.75, 2.00$

λ	하중	힘모멘트 계수	좌표	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1.50	등분포하중	X	I	-0.0568	-0.0030	0.0123	0.0136	0.0113	0.0090	0.0071	0.0050	0
			II	-0.0344	-0.0015	0.0065	0.0063	0.0045	0.0030	0.0018	0.0008	0
			III	0	-0.0038	-0.0089	-0.0119	-0.0133	-0.0137	-0.0139	-0.0142	0
	Y		I	-0.0095	0.0079	0.0235	0.0333	0.0384	0.0406	0.0413	0.0418	0.0434
			II	-0.0057	0.0031	0.0084	0.0104	0.0108	0.0107	0.0105	0.0104	0.0105
			III	0	-0.0231	-0.0534	-0.0716	-0.0797	-0.0823	-0.0831	-0.0852	-0.0834
	삼각형분포하중	X	I	-0.0420	0.0007	0.0114	0.0106	0.0071	0.0039	0.0014	-0.0003	0
			II	-0.0266	0.0009	0.0064	0.0053	0.0031	0.0014	0.0001	-0.0005	0
			III	0	-0.0030	-0.0060	-0.0070	-0.0065	-0.0053	-0.0039	-0.0026	0
1.75	등분포하중	X	I	-0.0568	0.0013	0.0135	0.0126	0.0099	0.0080	0.0068	0.0051	0
			II	-0.0344	0.0009	0.0069	0.0054	0.0035	0.0024	0.0016	0.0008	0
			III	0	-0.0048	-0.0101	-0.0128	-0.0137	-0.0138	-0.0138	-0.0141	0
	Y		I	-0.0095	0.0108	0.0274	0.0364	0.0402	0.0413	0.0415	0.0416	0.0433
			II	-0.0057	0.0043	0.0093	0.0107	0.0108	0.0106	0.0104	0.0104	0.0104
			III	0	-0.0287	-0.0605	-0.0767	-0.0823	-0.0831	-0.0830	-0.0845	-0.0840
	삼각형분포하중	X	I	-0.0441	0.0035	0.0120	0.0096	0.0059	0.0032	0.0012	-0.0003	0
			II	-0.0277	0.0025	0.0064	0.0045	0.0023	0.0010	0	-0.0005	0
			III	0	-0.0039	-0.0070	-0.0077	-0.0068	-0.0054	-0.0038	-0.0024	0
2.00	등분포하중	X	I	-0.0568	0.0047	0.0138	0.0113	0.0087	0.0075	0.0067	0.0054	0
			II	-0.0344	0.0028	0.0067	0.0045	0.0028	0.0020	0.0016	0.0009	0
			III	01	-0.0057	-0.0110	-0.0133	-0.0139	-0.0139	-0.0138	-0.0140	0
	Y		I	-0.0095	0.0137	0.0307	0.0385	0.0411	0.0416	0.0415	0.0415	0.0432
			II	-0.0057	0.0053	0.0099	0.0108	0.0107	0.0105	0.0104	0.0103	0.0104
			III	0	-0.0340	-0.0662	-0.0800	-0.0836	-0.0832	-0.0827	-0.0841	-0.0846
	삼각형분포하중	X	I	-0.0457	0.0060	0.0120	0.0084	0.0050	0.0028	0.0012	-0.0002	0
			II	-0.0285	0.0038	0.0061	0.0036	0.0017	0.0007	0.0001	-0.0005	0
			III	0	-0.0046	-0.0078	-0.0081	-0.0070	-0.0054	-0.0037	-0.0022	0
2.00	삼각형분포하중	Y	I	-0.0076	0.0105	0.0214	0.0233	0.0204	0.0158	0.0110	0.0070	0.0047
			II	-0.0048	0.0047	0.0075	0.0069	0.0055	0.0040	0.0026	0.0013	0.0004
			III	0	-0.0279	-0.0468	-0.0486	-0.0420	-0.0322	-0.0223	-0.0132	-0.0041

프리캐스트 콘크리트 부재

부록 표 (1-2) 3번고정 1번자유판의 계산수표(x방향 8등분, y방향 4등분) (계속)

④ $\lambda = 2.25, 2.50, 2.75$

λ	하중	힘모멘트 계수	좌표	1	2	3	4	5	6	7	8	9
2.25	등분포하중	X	I	-0.0567	0.0074	0.0135	0.0102	0.0080	0.0072	0.0068	0.0056	0
			II	-0.0343	0.0042	0.0062	0.0037	0.0023	0.0019	0.0017	0.0010	0
			III	0	-0.0065	-0.0118	-0.0137	-0.0140	-0.0138	-0.0137	-0.0140	0
		Y	I	-0.0095	0.0163	0.0334	0.0399	0.0416	0.0417	0.0415	0.0414	0.0432
			II	-0.0057	0.0062	0.0104	0.0108	0.0106	0.0105	0.0104	0.0103	0.0105
			III	0	-0.0390	-0.0706	-0.0820	-0.0842	-0.0831	-0.0824	-0.0838	-0.0852
	삼각형분포하중	X	I	-0.0469	0.0080	0.0116	0.0073	0.0043	0.0026	0.0013	-0.0001	0
			II	-0.0291	0.0048	0.0056	0.0029	0.0013	0.0007	0.0002	-0.0004	0
			III	0	-0.0054	-0.0084	-0.0084	-0.0071	-0.0054	-0.0037	0.0021	0
		Y	I	-0.0078	0.0128	0.0238	0.0245	0.0208	0.0158	0.0108	0.0065	0.0042
II	-0.0049	0.0055	0.0078	0.0069	0.0054	0.0039	0.0026	0.0013	0.0003			
III	0	-0.0325	-0.0506	-0.0502	-0.0424	-0.0322	-0.0221	-0.0125	-0.0034			
2.50	등분포하중	X	I	-0.0567	0.0094	0.0128	0.0092	0.0075	0.0071	0.0069	0.0059	0
			II	-0.0342	0.0052	0.0056	0.0030	0.0020	0.0018	0.0017	0.0011	0
			III	0	-0.0073	-0.0123	-0.0139	-0.0141	-0.0138	-0.0137	-0.0139	0
		Y	I	-0.0094	0.0189	0.0356	0.0408	0.0417	0.0417	0.0415	0.0414	0.0432
			II	-0.0057	0.0070	0.0106	0.0108	0.0106	0.0104	0.0104	0.0103	0.0105
			III	0	-0.0437	-0.0739	-0.0832	-0.0844	-0.0829	-0.0822	-0.0836	-0.0858
	삼각형분포하중	X	I	-0.0478	0.0096	0.0109	0.0064	0.0039	0.0026	0.0014	0.0001	0
			II	-0.0296	0.0055	0.0051	0.0023	0.0011	0.0006	0.0002	-0.0003	0
			III	0	-0.0061	-0.0089	-0.0085	-0.0071	-0.0054	-0.0037	-0.0020	0
		Y	I	-0.0080	0.0151	0.0257	0.0253	0.0209	0.0157	0.0106	0.0062	0.0038
II	-0.0049	0.0062	0.0080	0.0068	0.0053	0.0039	0.0026	0.0013	0.0003			
III	0	-0.0368	-0.0534	-0.0511	-0.0426	-0.0322	-0.0220	-0.0120	-0.0027			
2.75	등분포하중	X	I	-0.0566	0.0110	0.0121	0.0084	0.0072	0.0070	0.0069	0.0061	0
			II	-0.0341	0.0059	0.0050	0.0025	0.0018	0.0018	0.0018	0.0012	0
			III	0	-0.0080	-0.0127	-0.0140	-0.0141	-0.0138	-0.0137	-0.0139	0
		Y	I	-0.0094	0.0213	0.0373	0.0413	0.0418	0.0417	0.0415	0.0414	0.0432
			II	-0.0057	0.0077	0.0107	0.0107	0.0105	0.0104	0.0104	0.0403	0.0105
			III	0	-0.0480	-0.0763	-0.0839	-0.0845	-0.0827	-0.0820	-0.0836	-0.0863
	삼각형분포하중	X	I	-0.0486	0.0108	0.0101	0.0057	0.0037	0.0026	0.0015	0.0002	0
			II	-0.0299	0.0060	0.0045	0.0019	0.0009	0.0006	0.0003	-0.0002	0
			III	0	-0.0068	-0.0093	-0.0086	-0.0071	-0.0054	-0.0037	-0.0019	0
		Y	I	-0.0081	0.0173	0.0272	0.0257	0.0209	0.0157	0.0105	0.0060	0.0034
II	-0.0050	0.0068	0.0081	0.0068	0.0053	0.0039	0.0026	0.0013	0.0003			
III	0	-0.0409	-0.0555	-0.0515	-0.0427	-0.0322	-0.0220	-0.0117	-0.0021			

부록 표 (1-2) 3변고정 1변자유판의 계산수표(x방향 8등분, y방향 4등분) (계속)

⑤ $\lambda=3.00, 3.25, 3.50$

λ	하 중	휨모멘트 계수	좌 표	1	2	3	4	5	6	7	8	9
3.00	등 분 포 하 중	X	I	-0.0565	0.0121	0.0112	0.0079	0.0070	0.0070	0.0070	0.0063	0
			II	-0.0339	0.0064	0.0044	0.0022	0.0017	0.0018	0.0019	0.0013	0
			III	0	-0.0086	-0.0130	-0.0140	-0.0141	-0.0138	-0.0136	-0.0139	0
		Y	I	-0.0094	0.0235	0.0386	0.0416	0.0418	0.0417	0.0415	0.0414	0.0432
			II	-0.0057	0.0083	0.0108	0.0106	0.0105	0.0104	0.0104	0.0103	0.0105
			III	0	-0.0518	-0.0780	-0.0843	-0.0845	-0.0825	-0.0818	-0.0836	-0.0868
	삼 각 형 분 포 하 중	X	I	-0.0492	0.0116	0.0093	0.0052	0.0036	0.0026	0.0016	0.0003	0
			II	-0.0301	0.0063	0.0039	0.0016	0.0009	0.0006	0.0003	-0.0002	0
			III	0	-0.0074	-0.0095	-0.0086	-0.0071	-0.0054	-0.0037	-0.0019	0
		Y	I	-0.0082	0.0193	0.0284	0.0260	0.0209	0.0157	0.0105	0.0058	0.0031
			II	-0.0050	0.0073	0.0082	0.0067	0.0053	0.0039	0.0026	0.0013	0.0003
			III	0	-0.0446	-0.0569	-0.0516	-0.0428	-0.0323	0.0222	-0.0114	-0.0015
3.25	등 분 포 하 중	X	I	-0.0565	0.0128	0.0104	0.0075	0.0070	0.0070	0.0071	0.0064	0
			II	-0.0338	0.0067	0.0039	0.0019	0.0017	0.0019	0.0019	0.0014	0
			III	0	-0.0092	-0.0132	-0.0141	-0.0141	-0.0137	-0.0136	-0.0140	0
		Y	I	-0.0094	0.0256	0.0395	0.0417	0.0418	0.0417	0.0416	0.0414	0.0432
			II	-0.0056	0.0088	0.0108	0.0106	0.0105	0.0104	0.0104	0.0103	0.0105
			III	0	-0.0553	-0.0791	-0.0845	-0.0846	-0.0823	-0.0816	-0.0837	-0.0872
	삼 각 형 분 포 하 중	X	I	-0.0496	0.0122	0.0085	0.0048	0.0035	0.0026	0.0017	0.0004	0
			II	-0.0302	0.0064	0.0034	0.0014	0.0008	0.0006	0.0004	-0.0001	0
			III	0	-0.0080	-0.0096	-0.0086	-0.0071	-0.0054	-0.0037	-0.0019	0
		Y	I	-0.0083	0.0212	0.0293	0.0261	0.0209	0.0156	0.0105	0.0057	0.0029
			II	0.0050	0.0077	0.0082	0.0066	0.0052	0.0039	0.0026	0.0013	0.0003
			III	0	-0.0479	-0.0578	-0.0516	-0.0428	-0.0325	-0.0224	-0.0112	-0.0008
3.50	등 분 포 하 중	X	I	-0.0564	0.0133	0.0097	0.0072	0.0069	0.0070	0.0071	0.0065	0
			II	0.0335	0.0068	0.0035	0.0018	0.0016	0.0019	0.0020	0.0015	0
			III	0	-0.0097	-0.0133	-0.0141	-0.141	-0.0137	-0.0136	-0.0140	0
		Y	I	-0.0094	0.0275	0.0402	0.0418	0.0417	0.0417	0.0416	0.0414	0.0432
			II	-0.0056	0.0092	0.0107	0.0105	0.0104	0.0104	0.0104	0.0104	0.0105
			III	0	-0.0583	-0.0798	-0.0846	-0.0847	-0.0821	-0.0814	-0.0838	-0.0877
	삼 각 형 분 포 하 중	X	I	-0.0500	0.0125	0.0079	0.0046	0.0035	0.0026	0.0017	0.0004	0
			II	-0.0303	0.0064	0.0030	0.0012	0.0008	0.0006	0.0004	-0.0001	0
			III	0	-0.0085	-0.0097	-0.0086	-0.0072	-0.0054	-0.0038	-0.0018	0
		Y	I	-0.0083	0.0230	0.0299	0.0261	0.0209	0.0156	0.0104	0.0056	0.0027
			II	-0.0050	0.0081	0.0081	0.0066	0.0052	0.0039	0.0026	0.0013	0.0003
			III	0	-0.0509	-0.0583	-0.0514	-0.0429	-0.0327	-0.0226	-0.0111	-0.0002

프리캐스트 콘크리트 부재

부록 표 (1-2) 3번고정 1번자유판의 계산수표(x방향 8등분, y방향 4등분) (계속)

⑥ $\lambda=3.75, 4.00, 4.25$

λ	하중	힘모멘트 계수	좌표	1	2	3	4	5	6	7	8	9
3.75	등분포하중	X	I	-0.0564	0.0135	0.0091	0.0070	0.0069	0.0071	0.0071	0.0066	0
			II	-0.0331	0.0068	0.0031	0.0016	0.0016	0.0019	0.0021	0.0015	0
			III	0	-0.0102	-0.0134	-0.0141	-0.0141	-0.0137	-0.0135	-0.0140	0
		Y	I	-0.0094	0.0292	0.0407	0.0418	0.0417	0.0417	0.0416	0.0414	0.0434
			II	-0.0055	0.0096	0.0107	0.0105	0.0104	0.0104	0.0104	0.0104	0.0104
			III	0	-0.0609	-0.0802	-0.0847	-0.0848	-0.0820	-0.0812	-0.0840	-0.0881
	삼각형분포하중	X	I	-0.0505	0.0126	0.0073	0.0045	0.0034	0.0027	0.0018	0.0005	0
			II	-0.0302	0.0063	0.0027	0.0012	0.0008	0.0006	0.0004	0	0
			III	0	-0.0089	-0.0097	-0.0085	-0.0072	-0.0055	-0.0038	-0.0018	0
		Y	I	-0.0084	0.0246	0.0304	0.0261	0.0209	0.0156	0.0104	0.0055	0.0025
			II	-0.0050	0.0084	0.0081	0.0065	0.0052	0.0039	0.0027	-0.0012	0.0003
			III	0	-0.0536	-0.0584	-0.0512	-0.0431	-0.0329	-0.0228	-0.0110	0.0005
4.00	등분포하중	X	I	-0.0568	0.0135	0.0086	0.0069	0.0069	0.0071	0.0072	0.0067	0
			II	0.0324	0.0067	0.0028	0.0015	0.0016	0.0020	0.0021	0.0016	0
			III	0	-0.0105	-0.0134	-0.0141	-0.0142	-0.0136	-0.0136	-0.0140	0
		Y	I	-0.0095	0.0307	0.0411	0.0418	0.0417	0.0417	0.0416	0.0415	0.0433
			II	-0.0054	0.0099	0.0106	0.0104	0.0104	0.0104	0.0104	0.0104	0.0105
			III	0	-0.0632	-0.0802	-0.0847	-0.0850	-0.0818	-0.0810	-0.0842	-0.0886
	삼각형분포하중	X	I	-0.0505	0.0125	0.0068	0.0044	0.0034	0.0027	0.0018	0.0005	0
			II	-0.0302	0.0061	0.0025	0.0011	0.0007	0.0006	0.0003	0	0
			III	0	-0.0093	-0.0097	-0.0085	-0.0072	-0.0055	-0.0039	-0.0018	0
		Y	I	-0.0084	0.0261	0.0307	0.0261	0.0209	0.0156	0.0105	0.0054	0.0023
			II	-0.0050	0.0086	0.0080	0.0065	0.0052	0.0039	0.0027	0.0012	0.0003
			III	0	-0.0560	-0.0583	-0.0510	-0.0432	-0.0331	-0.0231	-0.0109	0.0012
4.25	등분포하중	X	I	-0.0560	0.0134	0.0081	0.0068	0.0069	0.0071	0.0072	0.0068	0
			II	-0.0325	0.0065	0.0026	0.0015	0.0015	0.0020	0.0022	0.0016	0
			III	0	-0.0108	-0.0133	-0.0141	-0.0142	-0.0136	-0.0135	-0.0141	0
		Y	I	-0.0093	0.0321	0.0413	0.0418	0.0417	0.0417	0.0416	0.0415	0.0433
			II	-0.0054	0.0101	0.0106	0.0104	0.0104	0.0104	0.0105	0.0104	0.0105
			III	0	-0.0651	-0.0801	-0.0848	-0.0852	-0.0816	-0.0807	-0.0844	-0.0891
	삼각형분포하중	X	I	-0.0507	0.0123	0.0064	0.0043	0.0034	0.0027	0.0018	0.0066	0
			II	-0.0301	0.0059	0.0023	0.0011	0.0007	0.0005	0.0003	0	0
			III	0	-0.0097	-0.0097	-0.0085	-0.0852	-0.0056	-0.0039	-0.0018	0
		Y	I	-0.0085	0.0274	0.0309	0.0261	0.0209	0.0157	0.0105	0.0054	0.0022
			II	-0.0050	0.0088	0.0080	0.0065	0.0052	0.0039	0.0027	0.0012	0.0004
			III	0	-0.0580	-0.0580	-0.0507	-0.0434	-0.0334	-0.0234	-0.0108	0.0018

부록 표 (1-2) 3번고정 1변자유판의 계산수표(x방향 8등분, y방향 4등분) (계속)

⑦ $\lambda=4.50, 4.75, 5.00$

λ	하중	힘모멘트 계수	좌표	1	2	3	4	5	6	7	8	9
4.50	등분포 하중	X	I	-0.0560	0.0132	0.0078	0.0067	0.0068	0.0071	0.0073	0.0069	0
			II	-0.0322	0.0063	0.0025	0.0014	0.0015	0.0021	0.0023	0.0016	0
			III	0	-0.0111	-0.0133	-0.0141	-0.0142	-0.0136	-0.0134	-0.0141	0
		Y	I	-0.0093	0.0334	0.0415	0.0418	0.0417	0.0416	0.0416	0.0415	0.0435
			II	-0.0054	0.0103	0.0106	0.0104	0.0104	0.0105	0.0105	0.0104	0.0106
			III	0	-0.0667	-0.0798	-0.0849	-0.0854	-0.0814	-0.0804	-0.0847	-0.0896
	삼각형분포 하중	X	I	-0.0510	0.0120	0.0061	0.0043	0.0034	0.0026	0.0018	0.0006	0
			II	-0.0300	0.0056	0.0022	0.0012	0.0006	0.0005	0.0002	0.0001	0
			III	0	-0.0100	-0.0096	-0.0084	-0.0073	-0.0056	-0.0040	-0.0018	0
		Y	I	-0.0085	0.0286	0.0311	0.0261	0.0209	0.0157	0.0105	0.0053	0.0021
4.75	등분포 하중	X	I	-0.0555	0.0129	0.0076	0.0067	0.0068	0.0072	0.0073	0.0069	0
			II	-0.0315	0.0061	0.0024	0.0014	0.0014	0.0021	0.0023	0.0016	0
			III	0	-0.0113	-0.0132	-0.0142	-0.0143	-0.0135	-0.0134	-0.0142	0
		Y	I	-0.0092	0.0345	0.0416	0.0417	0.0417	0.0416	0.0416	0.0415	0.0433
			II	-0.0052	0.0105	0.0105	0.0103	0.0104	0.0105	0.0105	0.0104	0.0104
			III	0	-0.0679	-0.0794	-0.0850	-0.0856	-0.0811	-0.0801	-0.0849	-0.0901
	삼각형분포 하중	X	I	-0.0508	0.0117	0.0059	0.0043	0.0034	0.0026	0.0018	0.0007	0
			II	-0.0296	0.0053	0.0022	0.0012	0.0006	0.0005	0.0002	0.0001	0
			III	0	-0.0102	-0.0095	-0.0084	-0.0073	-0.0056	-0.0040	-0.0018	0
		Y	I	-0.0085	0.0297	0.0311	0.0260	0.0209	0.0157	0.0105	0.0053	0.0020
5.00	등분포 하중	X	I	-0.0552	0.0126	0.0074	0.0066	0.0068	0.0072	0.0074	0.0069	0
			II	-0.0309	0.0059	0.0023	0.0013	0.0014	0.0022	0.0024	0.0016	0
			III	0	-0.0115	-0.0132	-0.0142	-0.0143	-0.0135	-0.0133	-0.0142	0
		Y	I	-0.0092	0.0355	0.0416	0.0417	0.0417	0.0416	0.0416	0.0416	0.0433
			II	-0.0052	0.0106	0.0105	0.0103	0.0103	0.0105	0.0106	0.0104	0.0103
			III	0	-0.0689	-0.0790	-0.0851	-0.0858	-0.0809	-0.0798	-0.0852	-0.0906
	삼각형분포 하중	X	I	-0.0508	0.0113	0.0058	0.0043	0.0033	0.0026	0.0017	0.0007	0
			II	-0.0292	0.0050	0.0022	0.0012	0.0006	0.0004	0.0001	0.0001	0
			III	0	-0.0104	-0.0094	-0.0083	-0.0073	-0.0057	-0.0041	-0.0018	0
		Y	I	-0.0085	0.0306	0.0311	0.0260	0.0209	0.0157	0.0105	0.0053	0.0019
5.00	등분포 하중	X	I	-0.0552	0.0126	0.0074	0.0066	0.0068	0.0072	0.0074	0.0069	0
			II	-0.0309	0.0059	0.0023	0.0013	0.0014	0.0022	0.0024	0.0016	0
			III	0	-0.0115	-0.0132	-0.0142	-0.0143	-0.0135	-0.0133	-0.0142	0
		Y	I	-0.0092	0.0355	0.0416	0.0417	0.0417	0.0416	0.0416	0.0416	0.0433
			II	-0.0052	0.0106	0.0105	0.0103	0.0103	0.0105	0.0106	0.0104	0.0103
			III	0	-0.0689	-0.0790	-0.0851	-0.0858	-0.0809	-0.0798	-0.0852	-0.0906
	삼각형분포 하중	X	I	-0.0508	0.0113	0.0058	0.0043	0.0033	0.0026	0.0017	0.0007	0
			II	-0.0292	0.0050	0.0022	0.0012	0.0006	0.0004	0.0001	0.0001	0
			III	0	-0.0104	-0.0094	-0.0083	-0.0073	-0.0057	-0.0041	-0.0018	0
		Y	I	-0.0085	0.0306	0.0311	0.0260	0.0209	0.0157	0.0105	0.0053	0.0019
5.00	등분포 하중	X	I	-0.0552	0.0126	0.0074	0.0066	0.0068	0.0072	0.0074	0.0069	0
			II	-0.0309	0.0059	0.0023	0.0013	0.0014	0.0022	0.0024	0.0016	0
			III	0	-0.0115	-0.0132	-0.0142	-0.0143	-0.0135	-0.0133	-0.0142	0
		Y	I	-0.0092	0.0355	0.0416	0.0417	0.0417	0.0416	0.0416	0.0416	0.0433
			II	-0.0052	0.0106	0.0105	0.0103	0.0103	0.0105	0.0106	0.0104	0.0103
			III	0	-0.0689	-0.0790	-0.0851	-0.0858	-0.0809	-0.0798	-0.0852	-0.0906
	삼각형분포 하중	X	I	-0.0508	0.0113	0.0058	0.0043	0.0033	0.0026	0.0017	0.0007	0
			II	-0.0292	0.0050	0.0022	0.0012	0.0006	0.0004	0.0001	0.0001	0
			III	0	-0.0104	-0.0094	-0.0083	-0.0073	-0.0057	-0.0041	-0.0018	0
		Y	I	-0.0085	0.0306	0.0311	0.0260	0.0209	0.0157	0.0105	0.0053	0.0019
5.00	등분포 하중	X	I	-0.0552	0.0126	0.0074	0.0066	0.0068	0.0072	0.0074	0.0069	0
			II	-0.0309	0.0059	0.0023	0.0013	0.0014	0.0022	0.0024	0.0016	0
			III	0	-0.0115	-0.0132	-0.0142	-0.0143	-0.0135	-0.0133	-0.0142	0
		Y	I	-0.0092	0.0355	0.0416	0.0417	0.0417	0.0416	0.0416	0.0416	0.0433
			II	-0.0052	0.0106	0.0105	0.0103	0.0103	0.0105	0.0106	0.0104	0.0103
			III	0	-0.0689	-0.0790	-0.0851	-0.0858	-0.0809	-0.0798	-0.0852	-0.0906
	삼각형분포 하중	X	I	-0.0508	0.0113	0.0058	0.0043	0.0033	0.0026	0.0017	0.0007	0
			II	-0.0292	0.0050	0.0022	0.0012	0.0006	0.0004	0.0001	0.0001	0
			III	0	-0.0104	-0.0094	-0.0083	-0.0073	-0.0057	-0.0041	-0.0018	0
		Y	I	-0.0085	0.0306	0.0311	0.0260	0.0209	0.0157	0.0105	0.0053	0.0019

프리캐스트 콘크리트 부재

부록 표 (1-3) 4변고정판의 계산수표(x, y방향 4등분)

① $\lambda=0.30, 0.40, 0.50$

λ	하중	휨모멘트 계수	좌표	1	2	3	4	5
0.30	등분포하중	X	I	-0.0835	0.0104	0.0418	0.0104	-0.0835
			II	-0.0813	0.0108	0.0398	0.0108	-0.0813
			III	0	-0.0058	-0.0095	-0.0058	0
	삼각형분포하중	Y	I	-0.0139	0.0017	0.0070	0.0017	-0.0139
			II	-0.0136	0.0038	0.0103	0.0038	-0.0136
			III	0	-0.0345	-0.0569	-0.0345	0
	삼각형분포하중	X	I	-0.0334	0.0016	0.0209	0.0089	-0.0501
			II	-0.0323	0.0018	0.0199	0.0091	-0.0490
			III	0	-0.0021	-0.0047	-0.0036	0
0.40	등분포하중	X	I	-0.0839	0.0107	0.0418	0.0107	-0.0839
			II	-0.0749	0.0106	0.0356	0.0106	-0.0749
			III	0	-0.0058	-0.0095	-0.0058	0
	삼각형분포하중	Y	I	-0.0140	0.0023	0.0080	0.0023	-0.0140
			II	-0.0125	0.0057	0.0129	0.0057	-0.0125
			III	0	-0.0345	-0.0569	-0.0345	0
	삼각형분포하중	X	I	-0.0336	0.0017	0.0209	0.0090	-0.0503
			II	-0.0292	0.0017	0.0178	0.0089	-0.0457
			III	0	-0.0021	-0.0048	-0.0036	0
0.50	등분포하중	X	I	-0.0828	0.0110	0.0407	0.0110	-0.0828
			II	-0.0669	0.0100	0.0308	0.0100	-0.0669
			III	0	-0.0058	-0.0095	-0.0058	0
	삼각형분포하중	Y	I	-0.0138	0.0038	0.0105	0.0038	-0.0138
			II	-0.0112	0.0068	0.0139	0.0068	-0.0112
			III	0	-0.0345	-0.0570	-0.0345	0
	삼각형분포하중	X	I	-0.0331	0.0019	0.0203	0.0092	-0.0497
			II	-0.0254	0.0015	0.0154	0.0084	-0.0415
			III	0	-0.0021	-0.0048	-0.0037	0
0.50	삼각형분포하중	Y	I	-0.0055	0.0013	0.0052	0.0025	-0.0083
			II	-0.0042	0.0025	0.0070	0.0042	-0.0069
			III	0	-0.0127	-0.0285	-0.0219	0

부록 표 (1-3) 4변고정판의 계산수표(x, y방향 4등분) (계속)

② $\lambda=0.75, 1.00, 1.25$

λ	하 중	휨모멘트 계수	좌 표	1	2	3	4	5
0.75	등 분 포 하 중	X	I	-0.0701	0.0110	0.0318	0.0110	-0.0701
			II	-0.0477	0.0078	0.0200	0.0078	-0.0477
			III	0	-0.0058	-0.0094	-0.0058	0
	Y	Y	I	-0.0117	0.0089	0.0179	0.0089	-0.0117
			II	-0.0080	0.0069	0.0125	0.0069	-0.0080
			III	0	-0.0345	-0.0565	-0.0345	0
	삼 각 형 분 포 하 중	X	I	-0.0268	0.0020	0.0159	0.0091	-0.0433
			II	-0.0167	0.0010	0.0100	0.0068	-0.0310
			III	0	-0.0021	-0.0047	-0.0036	0
1.00	등 분 포 하 중	X	I	-0.0513	0.0096	0.0206	0.0096	-0.0513
			II	-0.0324	0.0059	-0.0116	0.0059	-0.0324
			III	0	-0.0324	-0.0086	-0.0054	0
	Y	Y	I	-0.0086	0.0116	0.0206	0.0116	-0.0086
			II	-0.0054	0.0059	0.0096	0.0059	-0.0054
			III	0	-0.0324	-0.0513	-0.0324	0
	삼 각 형 분 포 하 중	X	I	-0.0179	0.0015	0.0103	0.0080	-0.0334
			II	-0.0101	0.0006	0.0058	0.0052	-0.0223
			III	0	-0.0019	-0.0043	-0.0036	0
1.25	등 분 포 하 중	X	I	-0.0559	0.0119	0.0189	0.0119	-0.0559
			II	-0.0343	0.0067	0.0097	0.0067	-0.0343
			III	0	-0.0074	-0.0111	-0.0074	0
	Y	Y	I	-0.0093	0.0181	0.0295	0.0181	-0.0093
			II	-0.0057	0.0074	0.0108	0.0074	-0.0057
			III	0	-0.0442	-0.0664	-0.0442	0
	삼 각 형 분 포 하 중	X	I	-0.0171	0.0017	0.0095	0.0102	-0.0389
			II	-0.0092	0.0006	0.0048	0.0061	-0.0251
			III	0	-0.0025	-0.0055	-0.0049	0
1.25	삼 각 형 분 포 하 중	Y	I	-0.0029	0.0069	0.0147	0.0111	-0.0065
			II	-0.0015	0.0021	0.0054	0.0053	-0.0042
			III	0	-0.0151	-0.0332	-0.0291	0

프리캐스트 콘크리트 부재

부록 표 (1-3) 4변고정판의 계산수표(x, y방향 4등분) (계속)

③ $\lambda=1.50$ 1.75, 2.00

λ	하중	휨모멘트 계수	좌표	1	2	3	4	5
1.50	등분포하중	X	I	-0.0570	0.0133	0.0158	0.0133	-0.0570
			II	-0.0346	0.0071	0.0073	0.0071	-0.0346
			III	0	-0.0090	-0.0126	-0.0090	0
	삼각형분포하중	Y	I	-0.0095	0.0234	0.0354	0.0234	-0.0095
			II	-0.0058	0.0086	0.0112	0.0086	-0.0058
			III	0	-0.0538	-0.0756	-0.0538	0
	삼각형분포하중	X	I	-0.0149	0.0017	0.0079	0.0116	-0.0421
			II	-0.0079	0.0006	0.0036	0.0065	-0.0267
			III	0	-0.0029	-0.0063	-0.0061	0
1.75	등분포하중	X	I	-0.0571	0.0139	0.0128	0.0139	-0.0571
			II	-0.0346	0.0071	0.0052	0.0071	-0.0346
			III	0	-0.0102	-0.0135	-0.0102	0
	삼각형분포하중	Y	I	-0.0095	0.0275	0.0389	0.0275	-0.0095
			II	-0.0058	0.0094	0.0112	0.0094	-0.0058
			III	0	-0.0611	-0.0805	-0.0611	0
	삼각형분포하중	X	I	-0.0128	0.0018	0.0064	0.0121	-0.0442
			II	-0.0068	0.0006	0.0026	0.0065	-0.0278
			III	0	-0.0031	-0.0067	-0.0071	0
2.00	등분포하중	X	I	-0.0570	0.0139	0.0105	0.0139	-0.0570
			II	-0.0345	0.0068	0.0038	0.0068	-0.0345
			III	0	-0.0112	-0.0138	-0.0112	0
	삼각형분포하중	Y	I	-0.0095	0.0308	0.0407	0.0308	-0.0095
			II	-0.0058	0.0100	0.0110	0.0100	-0.0058
			III	0	-0.0669	-0.0828	-0.0699	0
	삼각형분포하중	X	I	-0.0112	0.0018	0.0052	0.0121	-0.0458
			II	-0.0059	0.0006	0.0019	0.0062	-0.0287
			III	0	-0.0032	-0.0069	-0.0080	0
2.00	삼각형분포하중	Y	I	-0.0019	0.0094	0.0203	0.0214	-0.0077
			II	-0.0010	0.0025	0.0055	0.0075	-0.0048
			III	0	-0.0192	-0.0414	-0.0477	0

부록 표 (1-3) 4변고정판의 계산수표(x, y방향 4등분) (계속)

④ $\lambda = 2.25, 2.50, 2.75$

λ	하 중	힘모멘트 계수	좌 표	1	2	3	4	5
2.25	등 분 포 하 중	X	I	-0.0569	0.0136	0.0089	0.0136	-0.0569
			II	-0.0345	0.0063	0.0028	0.0063	-0.0345
			III	0	-0.0119	-0.0140	-0.0119	0
	Y	Y	I	-0.0095	0.0335	0.0415	0.0335	-0.0095
			II	-0.0058	0.0104	0.0108	0.0104	-0.0058
			III	0	-0.0714	-0.0837	-0.0714	0
	삼 각 형 분 포 하 중	X	I	-0.0099	0.0019	0.0045	0.0117	-0.0470
			II	-0.0052	0.0006	0.0014	0.0057	-0.0293
			III	0	-0.0033	-0.0070	-0.0086	0
2.50	등 분 포 하 중	X	I	-0.0569	0.0129	0.0080	0.0129	-0.0569
			II	-0.0345	0.0057	0.0023	0.0057	-0.0345
			III	0	-0.0125	-0.0140	-0.0125	0
	Y	Y	I	-0.0095	0.0356	0.0418	0.0356	-0.0095
			II	-0.0058	0.0106	0.0107	0.0106	-0.0058
			III	0	-0.0749	-0.0839	-0.0749	0
	삼 각 형 분 포 하 중	X	I	-0.0089	0.0019	0.0040	0.0110	-0.0480
			II	-0.0047	0.0006	0.0011	0.0051	-0.0298
			III	0	-0.0033	-0.0070	-0.0092	0
2.75	등 분 포 하 중	X	I	-0.0568	0.0122	0.0074	0.0122	-0.0568
			II	-0.0344	0.0051	0.0020	0.0051	-0.0344
			III	0	-0.0130	-0.0140	-0.0130	0
	Y	Y	I	-0.0095	0.0373	0.0419	0.0373	-0.0095
			II	-0.0058	0.0108	0.0106	0.0108	-0.0058
			III	0	-0.0775	-0.0839	-0.0775	0
	삼 각 형 분 포 하 중	X	I	-0.0080	0.0019	0.0037	0.0102	-0.0488
			II	-0.0042	0.0006	0.0010	0.0045	-0.0302
			III	0	-0.0034	-0.0070	-0.0096	0
2.75	삼 각 형 분 포 하 중	Y	I	-0.0013	0.0100	0.0210	0.0272	-0.0081
			II	-0.0007	0.0026	0.0053	0.0082	-0.0050
			III	0	-0.0202	-0.0419	-0.0573	0

프리캐스트 콘크리트 부재

부록 표 (1-3) 4변고정판의 계산수표(x, y방향 4등분) (계속)

⑤ $\lambda = 3.00$

λ	하중	휨모멘트 계수	좌표	1	2	3	4	5
3.00	등분포하중	X	I	-0.0568	0.0113	0.0071	0.0113	-0.0568
			II	-0.0344	0.0045	0.0018	0.0045	-0.0344
			III	0	-0.0133	-0.0140	-0.0133	0
		Y	I	-0.0095	0.0386	0.0419	0.0386	-0.0095
			II	-0.0058	0.0108	0.0105	0.0108	-0.0058
			III	0	-0.0795	-0.0837	-0.0795	0
	삼각형분포하중	X	I	-0.0074	0.0019	0.0036	0.0094	-0.0495
			II	-0.0039	0.0006	0.0009	0.0039	-0.0306
			III	0	-0.0034	-0.0070	-0.0099	0
		Y	I	-0.0012	0.0102	0.0209	0.0284	-0.0083
			II	-0.0006	0.0026	0.0052	0.0082	-0.0051
			III	0	-0.0204	-0.0419	-0.0591	0

집필위원	분야	성명	소속	직급
(2017년 개정)	총괄	류혁근	(주)삼영기술	부회장
	총괄	안익성	(주)항도엔지니어링	사장
	과랑및과력	이종인	전남대학교	교수
	조석	김태인	(주)지오시스템리서치	부사장
	수역시설	이홍훈	목포해양대학교	교수
	준설및매립	박남홍	(주)도화엔지니어링	전문무
	지반	유남재	강원대학교	교수
	지반	이충호	(주)알지오이엔씨	대표이사
	콘크리트	이재훈	영남대학교	교수
	콘크리트	최정욱	한국콘크리트학회	책임연구원
	방식	배일용	한국화학융합시험연구원	책임연구원
	도장	이창근	도로교통연구원	책임연구원
	외곽시설	고덕형	(주)한국항만기술단	부사장
	표사, 연안보전시설	강윤구	(주)세광종합기술단	기술연구소장
	연안보전시설	박원경	(주)대영엔지니어링	사무
	재료, 콘크리트부재	김광태	(주)항도엔지니어링	부사장
	계류시설	구본수	(주)건화	전문무
	계류시설	이육한	(주)건일	부사장
	부두포장	문성호	서울과학기술대학교	교수
	내진	최재순	서경대학교	교수
	전문및타부두	이화수	(주)한국항만기술단	전문무
	어항	강석형	(주)세일종합기술공사	부사장
	마리나	정현	(주)오션스페이스	대표이사
	항로표지시설	김민철	(주)아이플러스원	연구소장
	항만하역시설	심영석	코리아테크인스펙션(주)	부사장
	항만전기설비	김홍인	(주)한양케엔이	대표이사

심의위원	분야	성명	소속	직급
(2017년 개정)	총괄	주재욱	(주)평화엔지니어링	고문
	파랑및파력	오세범	(주)세광종합기술단	부회장
	조석	강석구	한국해양과학기술원	책임연구원
	수역시설· 준설및매립	이윤한	(주)도화엔지니어링	부회장
	지반	임종철	부산대학교	교수
	콘크리트	김우	전남대학교	교수
	방식·도장	라윤강	(주)한국국토안전연구원	원장
	외곽시설	전인식	건국대학교	교수
	표사·연안보전시설	김효섭	국민대학교	교수
	표사·연안보전시설	전인식	건국대학교	교수
	재료·계류시설	이진용	(주)세광종합기술단	사장
	재료·계류시설	정대연	(주)대영엔지니어링	대표이사
	부두포장	정진훈	인하대학교	교수
	내진	박두희	한양대학교	교수
	전문맞기·타부두	오세범	(주)세광종합기술단	부회장
	어항	이상기	(주)건일	부사장
	마리나	지삼엽	부경대학교	교수
	항로표지시설	이승재	대기해양(주)	상임고문
	항만하역시설	함성진	(사)인천항시설관리센터	소장
	항만전기설비	김세동	두원공과대학교	교수

집필위원	분야	성명	소속	직급
(2023년 콘크리트편 개정)	콘 크 리 트	이 재 하	한 국 해 양 대 학 교	교 수
	콘 크 리 트	이 종 석	한국건설기술연구원	연 구 위 원
	콘 크 리 트	최 익 창	목 포 해 양 대 학 교	교 수
	콘 크 리 트	최 정 욱	한 국 콘 크 리 트 학 회	책임연구원
	토 목 구 조	나 석 현	(주) 건 일	부 사 장
	항 만 및 해 안	이 화 수	(주) 한국항만기술단	부 사 장
	항만기술기준 전문기관	강 윤 구	한 국 항 만 협 회	팀 장
	항만기술기준 전문기관	지 창 환	한 국 항 만 협 회	부 장
	항만기술기준 전문기관	노 태 윤	한 국 항 만 협 회	차 장

심의위원	분야	성명	소속	직급
(2023년 콘크리트편 개정)	항 만 및 해 안	고 장 희	S K 에 코 플 랜 트 (주)	프 로
	항 만 및 해 안	조 충 현	인 천 항 만 공 사	실 장
	토 목 구 조	원 덕 희	한 라 대 학 교	교 수
	토 목 구 조	한 택 희	한국해양과학기술원	책임연구원
	토 목 시 공	문 성 현	(주) 건 화	이 사
	토 목 시 공	허 정 석	여수광양항만공사	실 장

기술자문위원회	분야	성명	소속	직급
(2017년 개정)	총론	송인철	(주)헤인이엔씨	부사장
	파랑·조석	김규한	가톨릭관동대학교	교수
	파랑·조석	이달수	(주)헤인이엔씨	기술고문
	수역시설· 준설및매립	한명식	(주)유신	부사장
	지반·내진	권오순	한국해양과학기술원	책임연구원
	내진	김동수	한국과학기술원	교수
	크리트· 부두포장	김제인	(주)건일	부사장
	외곽시설	홍근	(주)삼영기술	사장
	표사·연안보전시설	김인호	강원대학교	교수
	계류시설	유병화	(주)대영엔지니어링	부사장
	계류시설	소준영	(주)세일종합기술공사	부사장
	전문맞기타부두	김태유	(주)아산이엔지	부사장
	전문맞기타부두	김홍석	(주)수성엔지니어링	부사장
	방식·도장	송종현	(주)고려안전연구원	회장
	항로표지시설	이승영	인천지방해양수산청	항로표지과장
	항만하역시설	최광학	인천지방해양수산청	항만개발과장
	항만전기설비	이충환	(주)세종기술단	전문

중앙항만정책심의회	분야	성명	소속	직급
(2023년 콘크리트편 개정)	의 장	이 수 호	해 양 수 산 부	국 장
	항 만 개 발	이 종 인	전 남 대 학 교	교 수
	항 만 개 발	우 수 한	중 앙 대 학 교	교 수
	항 만 시 설 기 술 기 준	김 영 택	한국건설기술연구원	연 구 위 원
	항 만 시 설 기 술 기 준	김 인 호	강 원 대 학 교	교 수
	항 만 시 설 기 술 기 준	정 민 영	(주) 유 신	부 사 장
	항 만 시 설 기 술 기 준	조 미 라	인 덕 대 학 교	교 수
	항 만 시 설 기 술 기 준	송 정 화	부 산 항 만 공 사	부 장

해양수산부	성명	소속	직책
	이 수 호	항 만 국	국 장
	전 충 남	항 만 기 술 안 전 과	과 장
	이 귀 섭	항 만 기 술 안 전 과	시설사무관
	김 슬 기	항 만 기 술 안 전 과	시 설 주 사

설계기준
KDS 64 14 20 : 2023

프리캐스트 콘크리트 부재

2017년 08월 16일 제정
2023년 01월 30일 개정

(관련단체)

한국항만협회

07271 서울시 영등포구 양산로 53(양평동 3가)

월드메르디앙 비즈센터 707호

☎ 02-2165-0091~3 E-mail : kpha@koreaports.or.kr

<https://www.koreaports.or.kr>

항만기술기준센터

07271 서울시 영등포구 양산로 53, 707호

(양평동 3가, 월드메르디앙비즈센터)

☎ 02-2165-0084~7 E-mail : kpcs@koreaports.or.kr

<https://kpcs.portcals.go.kr>

해양수산부

30110 세종특별자치시 다솜2로 94 (어진동)

정부세종청사 5동 항만기술안전과

☎ 044-200-5951, 5952

<https://www.mof.go.kr>