

제 7 편 외곽시설(外廓施設)

제 1 장 총 설

1-1 일 반

외곽시설의 설계에 있어서는 시설의 안정성과 기능성을 평가하여 최적의 구조형식을 채택하여 배치계획을 수립하며, 당해 항만의 발전계획, 구역시설, 계류시설 및 기타 시설과의 연계기능, 외곽시설 건설 후 발생 가능한 태풍, 해일, 풍랑 등으로 인한 자연재해와 부근의 구역, 시설, 지형, 해수유동, 침수 및 배수, 기타 환경에 미치는 영향을 충분히 고려한다.

[해 설]

- (1) 외곽시설이란 방파제, 방사제, 도류제, 갑문, 호안, 제방, 돌제 및 홍벽 등을 말한다. 또한 폭풍 및 지진 해일대책 시설로서 제방, 호안, 수문 및 통문 등 침수 및 월파제어구조물과 관련 배수시스템이 있으며, 침식 및 매물 대책 등 표사제어 시설로서 호안, 돌제, 이안제, 잠제 등이 있다.
- (2) 외곽시설의 기능성 평가의 주요 내용으로는 항내의 정온도, 항로수심의 유지, 해안의 흠괴(欠壞)방지, 폭풍해일 및 쓰나미에 의한 항내 및 배후지의 수위상승의 제어기능을 들 수 있다. 그리고 항만시설 및 배후지의 고파랑, 장주기 파동(폭풍해일, 쓰나미 등)에 대한 방어능력 등 1차적인 기능과 함께 바다의 경관이나 항만의 매력을 제고하는 친수성, 친환경성 등 2차적인 기능의 평가 역시 중요한 기능평가의 대상이 된다. 일반적으로 외곽시설은 이들 기능을 복합적으로 만족할 수 있도록 설치하여야 하는 경우가 많으며, 시설의 복합적 기능을 충분히 발휘하도록 설계에 적극적으로 반영할 필요가 있다.
- (3) 외곽시설을 건설함에 있어서는 부근의 구역, 시설, 지형, 해수유동 및 환경에 미치는 영향을 충분히 고려하여 그 배치 및 구조형식을 결정할 수 있다. 외곽시설의 구조형식과 배치계획에 따라 다음과 같은 주요 수리현상 및 환경영향이 나타날 수 있으므로 충분한 주의를 기울이고 악영향을 개선하거나 최소화할 수 있도록 대책을 강구할 필요가 있다.
 - ① 모래 해안 및 표사이동이 활발한 해역에 외곽시설을 설치하면 항내는 물론 그 주변 해안에 토사의 퇴적 또는 침식이 발생하는 등 우려할 만한 지형변화를 유발할 수 있다.
 - ② 외곽시설의 건설에 따라 반사파가 발생되며, 이로 인한 파랑환경의 변화가 주변해역의 자연환경 및 시설의 이용기능을 악화시킬 수 있다.
 - ③ 외곽시설에 의한 다중반사, 또는 항내수역 형상의 변화에 따른 부진동의 유발 등으로 인하여 항내의 정온도가 악화되는 경우도 있다.
 - ④ 외곽시설의 건설에 의하여 주변해역의 조류 또는 하천류의 유출특성 등 해수유동의 특성을 변화시켜, 국소적인 수질 및 저질 환경의 변화가 초래되는 경우도 있다.
- (4) 외곽시설의 배치계획 및 구조형식의 결정 등에 있어서는 1차적으로 파랑제어기능과 수리환경특성을 평가·고려하여야 하며, 필요한 경우 2차적으로 어패류, 해조류 등 해양생물의 생육장 기능을 고도화할 수 있도록 생태환경기능을 적극적으로 고려하고 반영할 수 있다.
- (5) 자연공원구역이나 문화시설 등에 접근하여 외곽시설을 설치하는 경우에는 시설의 1차적 기능 외에 형상, 색채 등의 경관과 친수성 기능에 대하여도 배려하는 것이 바람직하다.

- 친수기능을 부가하는 경우에는 쾌적성, 편리성, 안전성 등은 물론 경관에 대한 검토가 필요하다.
- (6) 외곽시설의 손상은 항내선박, 계류시설 및 배후시설의 안전에 중대한 영향을 미치게 되므로 외곽시설의 설계 및 시공 시에는 그 안정성에 대하여 충분히 검토함은 물론 그 유지관리에 대하여도 충분히 고려할 필요가 있다.
- (7) 자연재해대책법 관련규정에 의한 대상시설(방파제, 방사제, 파제제, 호안 등)은 수해내구성 강화기준과 관련, 시설물의 제반사항을 충분히 검토하여 적용하는 것이 바람직하다.

1-2 외곽시설의 유지관리

외곽시설은 자연환경조건 및 당해시설의 구조특성을 감안하여 필요한 기능이 발휘될 수 있도록 적절한 기준에 따라서 유지관리 하는 것을 원칙으로 한다.

[참 고]

외곽시설의 안정성, 기능성 및 손상도에 대한 점검, 평가, 보수 등에 대하여는 제1편 제4장 항만시설의 유지관리를 참고한다.

제 2 장 방파제

2-1 설계의 기본방침

방파제의 설계에 있어서는 필요에 따라 다음 사항을 검토한다.

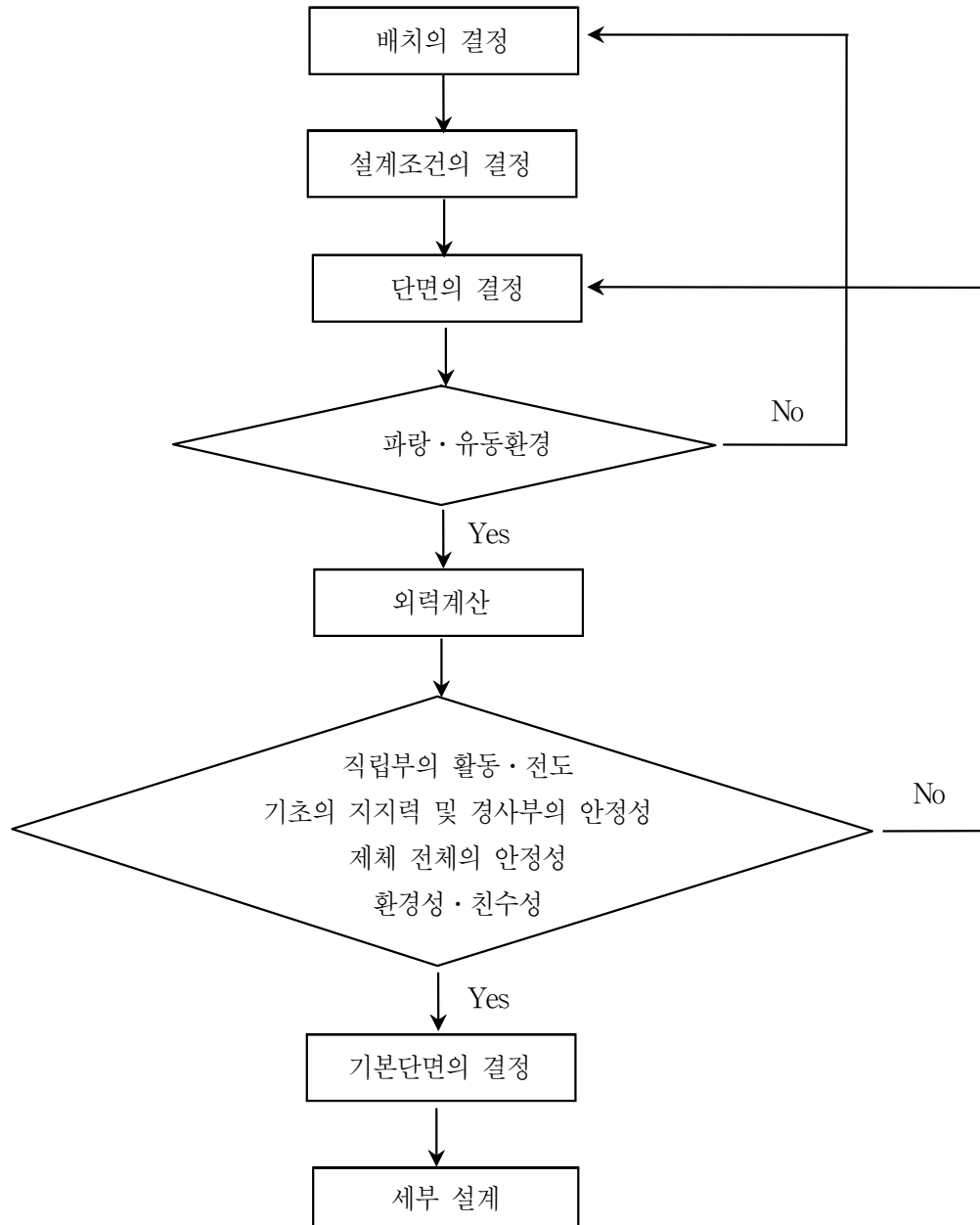
- (1) 방파제의 배치
- (2) 주변 지형에의 영향
- (3) 주변 환경과의 조화
- (4) 설계조건
- (5) 구조형식
- (6) 다목적사용의 유무
- (7) 설계법
- (8) 시공법
- (9) 경제성

[해 설]

본 장에서는 직립제, 혼성제, 경사제, 소파블록피복제 등 기본형식의 방파제에 대하여 기술한다. 여타 구조형식의 방파제를 설계할 경우에도 방파제 설계의 기본흐름에 따라 목표로 하는 성능을 확보할 수 있는 방법으로 시행할 수 있다.

[참 고]

- (1) 방파제의 설계는 일반적으로 다음과 같은 순서에 따라 행하는 것이 좋다(도참(2-1) 참조).



도참(2-1) 방파제의 설계순서

- (2) 방파제에 친수 및 친환경기능을 도입하여 다목적 다기능시설로 설계할 경우에는 각각의 기능 및 복합적 기능을 발휘할 수 있도록 하며, 방파제의 구조형식 및 다기능성 등 특성에 따라 안정성과 기능성 등 성능에 대한 목표치를 마련하여 시행하는 것을 권장한다.
- (3) 직립제 및 혼성제와 같이 실험 및 이론해석의 신뢰도가 인정된 구조형식에 대하여는 최종적인 검증차원의 수리모형실험 또는 적절한 산정식으로 안정성 및 수리특성을 검토할 수 있다.
- (4) 경사제 등 구조형식과 재료, 수리특성의 변화가 매우 다양하여 기존의 해석결과 및 산정식으로 안정성 및 수리특성 등을 신뢰도 높게 해석할 수 없을 경우에는 각종 특이조건에 대한 수리모형실험이 필요하다.

2-2 방파제의 배치

방파제는 제6편 1-2-6 항로의 정온도 및 제6편 1-4-4 박지 정온도를 만족시키도록 적절히 배치하여야 하며, 친수성 및 친환경성 등의 기능을 복합적으로 고려하여야 한다.

[해설]

- (1) 방파제는 항내 정온을 유지하여 하역효율을 높이고, 항내 항행 및 정박 중인 선박의 안전을 확보하고, 항 내시설을 보전하기 위하여 설치하는 것으로서 다음과 같은 사항이 기본적으로 요구된다.
 - ① 항 입구는 주 파향을 향하지 않도록 배치하는 것이 원칙이며, 방파제 배치는 항내침입파가 가장 작도록 한다.
 - ② 방파제의 배치 법선은 확률적으로 발생빈도가 높은 주 방향별 파랑 및 가장 큰 파고 즉 설계파의 방향에 대하여 효율적으로 차단할 수 있도록 할 것. 가장 빈도가 높은 파랑(평상파) 및 고파랑(설계파) 등을 고려하여 항내 정온도를 극대화할 수 있도록 한다.
 - ③ 항 입구는 장래의 계획을 참고하여 이용 선박의 항행에 지장이 없는 유효 항 입구 폭을 갖고, 안전항행 조건을 극대화하도록 방향을 잡는다.
 - ④ 항 입구 부근의 조류의 속도는 가급적 작게 하여 선박의 안전 입-출항에 유리하도록 한다. 그리고 주변 해역의 유동환경 변화에 의해 발생 가능한 수질환경 및 생태환경에 미치는 악영향을 최소화 한다.
 - ⑤ 제체에 의한 반사파가 항내의 항로 및 박지의 정온도에 영향을 주거나, 주변의 연안해역에 파랑에너지의 집중현상을 유발시키는 등 파랑환경 변화에 의한 악영향을 최소화 한다.
 - ⑥ 선박의 접안, 하역, 정박 등에 지장을 주지 않도록 충분한 수역을 확보한다.

그러나 이들 목적 중 서로 모순되는 것도 있다. 예를 들면 항내의 정온도를 높이기 위해서는 항입구폭은 좁을수록 좋으나 항행에는 불편하다. 또, 최다 방향의 파랑과 최고파랑의 방향이 반드시 일치하지 않는 경우가 많이 있다.

이와 같은 경우에는 선박의 이용조건, 공사비, 시공, 유지의 난이도 등을 종합적으로 검토하여 결정한다. 항내정온도의 추정 방법에 대하여는 제2편 4-4 파랑의 변형 및 제2편 4-6-3 전달파고를 참고한다. 또 항만의 입구 폭 및 방향에 대하여는 제6편 1-2 항로, 항내의 수면적에 대하여는 제6편 1-4 박지를 참조한다.
- (2) 항내의 수질 악화 등이 우려되는 경우에는 항내 해수가 정체하지 않도록 해수교환을 위한 대책을 수립하여 설계에 반영할 것을 권장한다.
- (3) 방파제의 건설에 있어서는 자연조건, 시공조건은 물론 유지관리를 포함한 경제성에 대하여 충분히 검토하여야 하며 특히 다음 사항에 유의할 필요가 있다.
 - ① 파랑 에너지의 집중을 일으킬 형상을 피한다.
 - ② 지반이 특별히 나쁜 곳은 피하고 가급적 시공하기 쉬운 위치를 택한다.
 - ③ 콧(갑)이나 섬 등 이용 가능한 자연지형을 최대한 이용한다.
 - ④ 모래질 해안에서는 항내에 표사가 유입하지 않도록 배치한다.
 - ⑤ 방파제 설치 후 인접해역에 대한 환경적 영향에 대하여 충분히 고려한다.

파랑 에너지의 집중에 대하여는 제2편 4-4-6 [2] 우각부, 방파제 두부 부근 및 도제 주변의 파랑, 그리고 모래해안에 건설하는 방파제에 대하여는 제2편 제10장 표사, 본 편 제5장 매몰대책 시설을 참조한다.
- (4) 유효 항입구 폭은 단지 항 입구 폭의 직선거리가 아니라 소정의 수심을 가진 항로 폭을 말하며 항 입구

를 횡단하는 조류의 속도는 일반적으로 2~3노트(Knot) 이하가 바람직하다.

- (5) 얕은 여울(淺瀨) 주변에서는 굴절의 영향을 받아 파고가 증대하고 급사면상의 방파제에는 충격적인 쇄파 파력이 작용할 수 있다. 따라서 방파제를 얕은 여울 위어나 그 바로 뒤에 배치하면 오히려 과대한 구조를 필요로 하는 경우가 있으므로 파랑환경의 공간적 특성을 충분히 고려할 수 있도록 주의를 요한다.
- (6) 개방된 외해역에 고립되어 건설되는 防波堤(島堤)는 방파제의 연장길이가 입사파 파장의 수배 이하가 되면 양단으로부터 일어나는 파랑의 회절에 의한 영향으로 방파제 배후의 파고가 상당히 커질 수 있다. 이러한 파고 증대는 안정성에도 영향을 미치므로 주의를 요한다.
회절파의 영향에 대하여는 제2편 4-4-3 회절변형, 제2편 4-4-6 [2] 우각부, 방파제 두부부근 및 도제(島堤) 주변에서의 파랑을 참조한다.
- (7) 항내의 필요 정온도에 대하여는 하역가동율과 안전정박 한계파고의 관점에서 검토할 필요가 있다. 하역가동율과 관련한 안벽전면의 정온도는 파고분포 특성뿐만 아니라 파랑의 주기특성과 관련한 선체동요특성 및 하역한계를 기준으로 한 한계정온도 개념의 도입을 전제로 한 정온도 평가 및 정온도 향상 대책에 대하여 검토하는 것을 권장한다. 박지의 정온도에 대하여는 제6편 1-4-4 박지 정온도를 참조한다.

2-3 설계조건의 결정

방파제의 설계조건으로는 다음 사항을 고려한다.

- (1) 항내 정온도
- (2) 바람
- (3) 조위
- (4) 파랑
- (5) 수심 및 지반조건
- (6) 친수성 및 친환경성 등

[해설]

- (1) 설계조건으로서 항내정온도는 하역효율 제고, 항내시설의 보전 및 해역 이용목적에 의하여 결정되는 조건이며, 바람, 조위, 파랑, 수심 및 지반 등은 기본적 설계조건이다. 기타 계산에 따르는 설계조건으로는 마찰계수, 부재의 허용응력도, 단위체적중량 등이 있다.
- (2) 정온도는 항내파고 또는 계류선박의 동요특성으로 나타난다. 하역가능한 한계조건(파고 또는 계류선박의 동요조건) 및 港内通船에 지장이 없는 파랑조건을 만족시켜야 한다. 따라서 설계대상 항만에서 필요한 하역일수를 만족하는 한계파랑(파고 또는 선체동요를 고려한 파랑조건) 이하로 유지하도록 월파에 의한 전달파(방파제의 형상, 마루높이, 조도, 투과성 등), 방파제의 위치와 수역시설과의 관계, 입사파조건(항구의 위치와 방향)을 검토하여야 한다.
또, 태풍 등 악천후 시에도 배후의 항만시설이 보전되도록 하고 선박의 피박에 충분히 안전한 정온도를 확보하거나 선박안전대책이 있어야 한다.
정온도에 대하여는 제6편 1-2-6 항로의 정온도, 제6편 1-4-4 박지 정온도를 참조한다.
- (3) 바람 자료는 파랑의 추산에 주로 사용할 수 있는 광역적 해상풍 자료와 등대 등 항만시설 설계시의 풍압 계산에 필요한 국지적 극치풍의 특성으로 나누어 해석하고 응용할 수 있다. 상세한 내용은 제2편 제3장 바람과 풍압력 등을 참조한다.

- (4) 防波堤 단면과 기본수준면, 삭망평균만(간)조위, 평균해면, 기왕의 최고(저)조위, 고조시의 고조위, 인천만 평균해면 등의 관계를 명확히 해두지 않으면 안 된다. 기본수준면과 공사용 기준면이 다른 경우에는 그 관계도 확실히 해두어야 한다. 또, 폭풍해일(이상고조)의 계속시간, 발생빈도 등 확률론적 특성을 파악하여 확률론적 설계(신뢰성 설계)가 필요한 경우에 응용할 수 있도록 하며, 기존의 설계법을 사용할 경우에도 이들 극치특성을 고려할 필요가 있다. 조위에 대한 상세한 사항은 제 2편 제6장 조석을 참조한다.
- 파력 계산시의 설계조위는 이상고조의 영향을 고려할 필요가 없는 항만에서는 삭망평균 만·간조면을 이상고조의 영향을 고려할 필요가 있는 항만에서는 삭망평균 만·간조면에 이상고조 등 조위 편차를 가감한 기준해면을 취하는 등, 구조물이 가장 불안정한 조건을 대상으로 설정하되, 확률론적으로 극치조건을 검토하는 것을 권장한다. 원호활동에 대하여는 삭망평균 간조면, 침하의 계산에는 일반적으로 평균수면을 사용할 수 있으나, 극한 수위변동 조건에 대한 안정도 또는 위험도(신뢰도)를 검토하여 문제가 있는 지역에 대하여는 별도의 대책을 수립할 수 있도록 할 것을 권장한다.
- (5) 설계에 필요한 입사파랑의 특성은 파고, 파향, 파장(주기), 극한 파랑환경의 지속시간과 시계열 특성 등으로 나타낼 수 있으며, 현지 조건 및 구조물의 종류에 따라 다양하게 적용할 수 있고, 달라질 수 있음을 주의하여야 한다. 이들 제원의 결정에 대하여는 제2편 제4장 파랑, 제2편 제5장 파력을 참조한다.
- (6) 방파제의 설치 수심은 구조물의 형식과 규모, 시공성, 경제성에 크게 영향을 미친다. 지반-구조물-파랑의 상호작용과 관련한 문제에서는 제체의 안정에 필요한 지반의 강도와 제체의 침하량을 산정하는 압밀특성 문제가 된다. 설계에 있어서는 해저 지층의 깊이, 지층단면, 각층의 단위체적중량, 내부마찰각, 점착력, 선행압밀하중, 체적 압축계수, 압밀계수 등의 값을 토질시험에 의하여 결정한다. 지층이 복잡한 경우 설계조건을 잘못 판단하는 일이 없도록 boring의 위치와 간격(개소) 및 심도를 적합하게 설정하여 조사할 필요가 있다. 상세한 사항은 제2편 제11장 지반을 참조한다.
- (7) 풍압력, 토압, 지진력, 선박충격력, 표류물의 충돌에 의한 외력, 급격한 해수유동에 의한 영향 등은 필요에 따라 고려할 수 있도록 점검한다. 설계조건을 고려한 각종 계산에 필요한 마찰계수, 밀도 등에 대하여는 제 2편 제15장 마찰계수, 제3편 재료를 참조한다.
- (8) 방파제 건설 후 해수유동의 변화, 파랑환경의 변화, 표사문제와 관련한 침식, 퇴적, 세굴, 지형변화 등 급격한 환경의 변화가 예상되는 경우에는 그 영향을 개선할 수 있는 설계, 또는 최소화하거나 방지할 수 있는 대책을 고려할 수 있어야 한다.

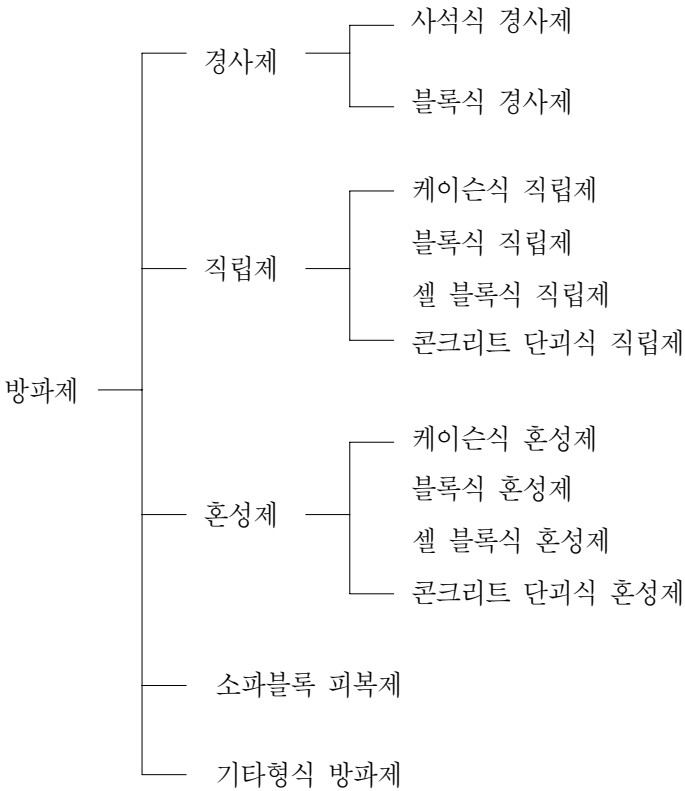
2-4 구조형식의 선정

방파제의 구조형식은 각 구조형식의 특성과 다음의 주요 사항을 충분히 비교·검토하여 선정한다.

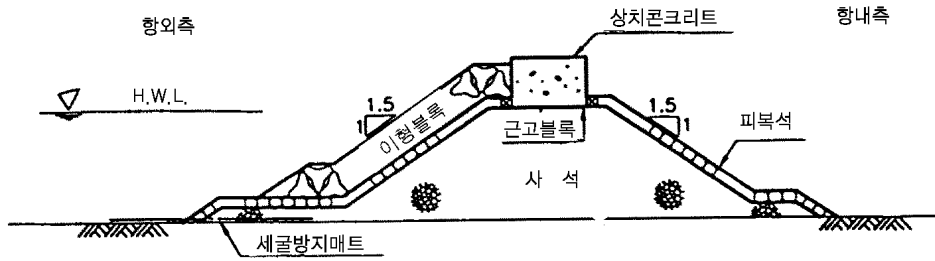
- (1) 자연조건
- (2) 이용조건
- (3) 배치조건
- (4) 시공조건
- (5) 경제성
- (6) 공 기
- (7) 중요성
- (8) 재료입수의 난이도
- (9) 유지관리의 난이도

[참 고]

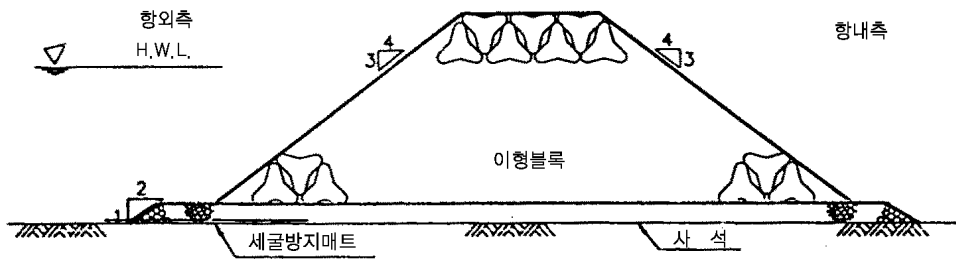
- (1) 방파제는 구조형식에 따라 일반적으로 다음과 같이 분류된다.
(도참(2-2)(a)~(i) 참조)



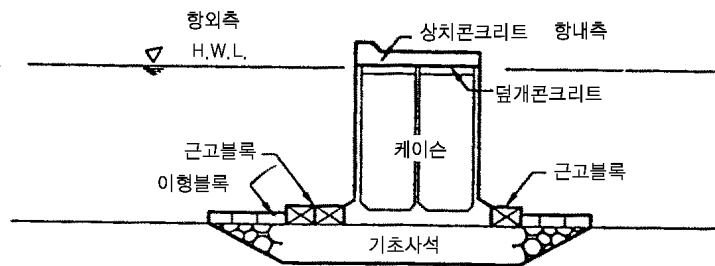
- (2) 경사제는 암석이나 콘크리트 소파블록을 사다리꼴 형상으로 쌓아올린 것으로서 주로 사면상의 쇄파 및 투수성과 조도에 의하여 파랑의 에너지를 소산시키거나 반사시켜 파랑의 항내진입을 차단한다.
- (3) 직립제는 전면이 연직인 벽체를 수중에 설치한 구조물로서 주로 파랑의 에너지를 반사시켜 파랑의 항내진입을 차단한다.



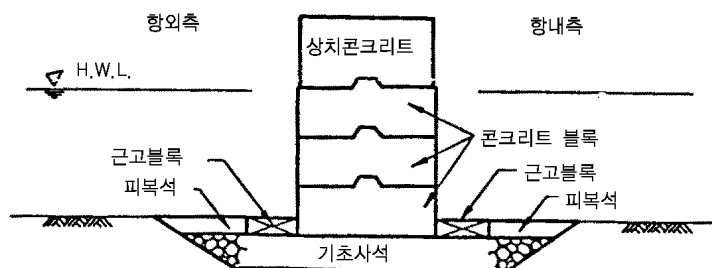
(a) 사석식 경사제



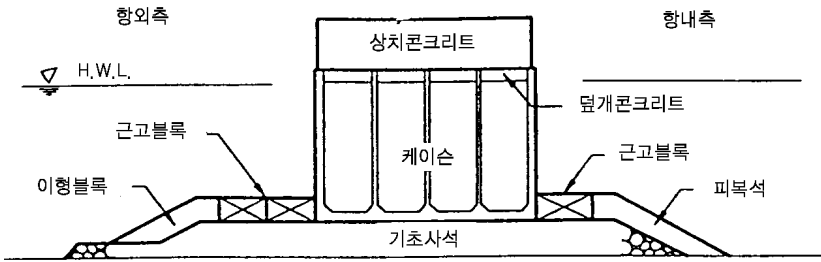
(b) Block식 경사제



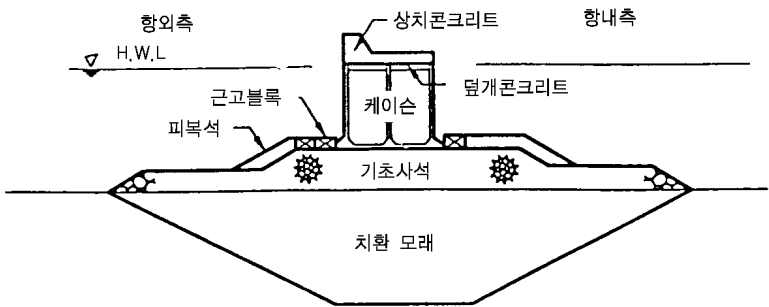
(c) Caisson식 직립제



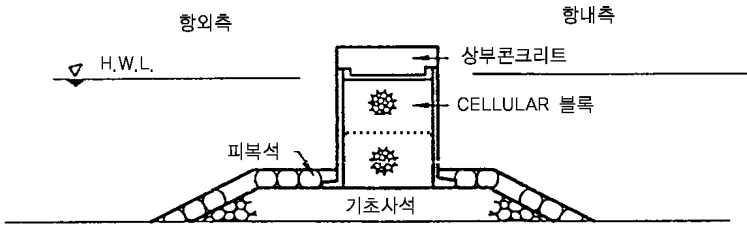
(d) Block식 직립제



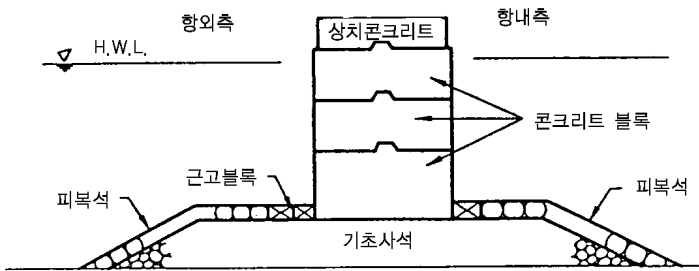
(e) Caisson식 혼성제



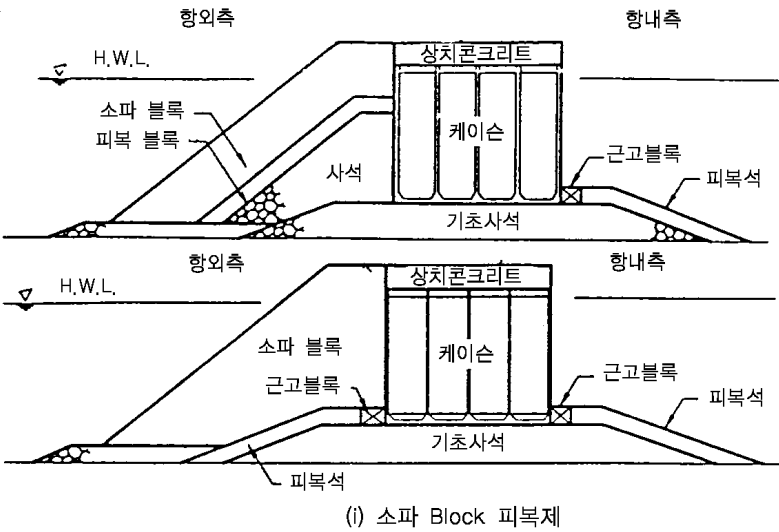
(f) Caisson식 혼성제(연약지반)



(g) Cellular Block식 혼성제



(h) Block식 혼성제



도참(2-2) 방파제의 형식

- (4) 혼성제는 기초 사석부 위에 직립벽을 설치한 것으로 파고에 비하여 사석부 마루가 높은 경우에는 경사제에 가깝고 낮은 경우에는 직립제의 기능에 가깝다.
- (5) 소파블록 피복제는 직립제 또는 혼성제의 전면에 소파블록을 설치한 것으로 소파블록으로 파랑의 에너지를 소산시키며, 직립부는 파랑의 투과를 억제하는 기능을 가진다.
- (6) 방파제의 구조에 따라서는 반사파가 크기 때문에 항외 항행선박의 안전항해에 장애를 주는 경우가 있다. 특히 소형선박에 미치는 영향이 크므로 항행형태에 따라서는 방파제를 저반사구조로 하는 것이 바람직하다.
- (7) 항내 수질의 개선 및 청정 수역환경을 확보하기위하여 해수교환을 촉진할 수 있는 통수기능을 가지는 방파제 구조형식을 채택할 수 있다. 이 경우 표사의 유입, 투과파의 증대에 의한 항만기능의 저하를 충분히 고려하여야 한다.
- (8) 방파제의 배치 법선이 우각부를 이루고 있는 경우에는 우각부 부근의 파고가 증대된다. 방파제의 선형변화나 지역적 특성에 따라 파랑에너지가 집중하는 곳은 저반사 구조 또는 소파기능을 추가하는 구조형식을 취하는 것이 바람직하다.
- (9) 기타 형식의 방파제에 대하여는 본편 제3장 기타 형식의 방파제를 참조한다.

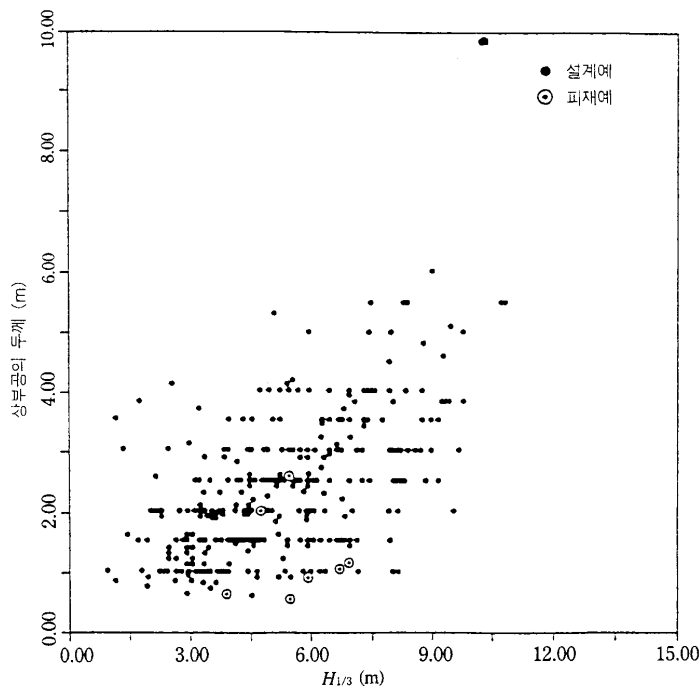
2-5 기본단면의 설정

2-5-1 직립제

- (1) 방파제의 마루높이는 설계조위에 안정성 검토를 위한 설계 유의파고($H_{1/3}$)의 0.6배 이상의 적절한 높이로 하는 것이 표준이다. 이 경우 적절한 높이란 항내 수역의 정온도, 항만시설의 보전 등을 감안하여 설정한다.
- (2) 방파제 배후 박지에 정착하는 선박이 소형이고 또 박지 면적이 좁아서 월파를 극력 억제하고 싶은 항만의 방파제에 있어서는 마루높이를 설계조위상 $1.25H_{1/3}$ 로 결정할 수 있다.
- (3) 제체의 폭은 충분한 안정성을 확보할 수 있도록 결정하여야 하며, 제체 폭이 파랑제어효과에 영향을 줄 경우에는 이를 고려한 최적 폭을 결정할 수 있다.
- (4) 단면의 형상은 불투과성 직립벽을 기본으로 하나, 직립벽의 형상에 변화를 주거나, 투수성을 확보하면서 파랑제어기능을 부가할 경우에는 이들 특성을 고려하여 결정할 수 있다.

[해설]

- (1) 폭풍해일(이상고조), 쓰나미 등의 영향을 고려할 필요가 없는 항만에서는 삭망평균만조면을 마루높이 결정의 설계조위로 하며, 폭풍해일(이상고조), 쓰나미 등의 영향을 고려할 필요가 있는 항만에서는 삭망평균만조위에 과거의 기록과 수치모의기법 등을 종합적으로 이용하여 구한 확률론적 편차를 더한 潮位를 설계조위로 한다.
- (2) 고파랑의 발생빈도가 높은 항만에서는 목표로 하는 항만가동률 또는 항내정온도를 고려하여 설계조위상 $0.6H_{1/3}$ 보다 더 높게 마루높이를 결정할 필요가 있다. 방파제의 단면구조특성과 방파제의 배치에 따른 파랑의 공간적 변화를 고려하여 월파의 영향으로 항만활동이 제한을 받는 경우가 없도록 하는 것이 바람직하다.
- (3) 직립제체의 상부공의 두께는 너무 얇으면 재해를 입게 되므로 설계파고 2m이상의 경우에는 1m이상으로 하고 파고 2m미만의 경우라도 최소 두께는 50cm이상으로 하는 것이 바람직하다. 또, 제체가 블록식인 경우 상부 콘크리트는 제체 전체의 다짐이 되며 블록의 활동을 막는데 유효하므로 충분한 무게가 있는 것이 바람직하다. 사례로 상부공의 두께와 설계파고와의 관계를 도해(2-1)에 보여준다.
- (4) 케이슨 상면의 높이가 낮으면 케이슨의 거치, 속 채움 모래의 투입 및 덮개 콘크리트 상부의 상치콘크리트 타설 작업에 제약을 받게 되므로 케이슨 상면의 높이는 삭망평균 만조면 이상으로 하는 것이 일반적이다.
- (5) 블록식 직립제의 최상단의 블록 및 셀 블록의 상면 높이는 상부공을 시공하기 쉽도록 적어도 평균해면(M.S.L)이상 가급적이면 삭망평균 만조면 이상으로 하는 것이 바람직하다.
- (6) 친수성 방파제의 마루높이에 대하여는 비말이나 월파량 등을 고려하여 시민의 이용성, 안전성은 물론 경관성에 대한 별도의 검토가 필요하다.
- (7) 수심이 얕은 곳에서는 월파에 포함된 모래에 의하여 항내가 매몰되는 일도 있으므로 얕은 모래 해안의 방파제 설계에 있어서는 이 점까지를 고려하여 마루높이를 높게 할 필요가 있다.
- (8) 해수욕장을 보전하는 방파제나 취수 등 특수한 용도의 시설보호와 관련된 방파제 등에 관해서는 방파제 설치의 목적과 기능을 충분히 이해한 후 마루높이를 결정할 필요가 있다.



도해(2-1) 상부공의 시공사례

2-5-2 혼성제

직립부의 마루높이는 본편 2-5-1 직립제에 준하나 지반이 연약하여 침하가 예상 될 때는 미리 여유고를 고려하거나, 마루높이를 추가적으로 높이기 쉬운 구조로 하는 것이 바람직하다.

[해설]

- (1) 상부공의 두께, 케이슨의 상부 높이 및 체체의 최종 마루높이는 직립제에 준한다.
- (2) 사석부의 마루는 충격쇄파력의 작용을 피하기 위하여 될수록 깊은 수심을 유지하도록 하는 것이 바람직하다. 단, 직립부가 케이슨인 경우에는 케이슨의 높이와 연계하여 거치가 가능한 심도로 한다. 또 사석부의 어깨 폭은 항외 측의 경우 파고(파장)에 따라 충분한 넓이로 한다. 단, 입사파의 조건에 따라 어깨 폭의 영향에 의한 충격적인 쇄파파력의 발생 여부를 수리모형실험 등을 통해 검토하고 대책을 수립할 필요가 있다.

- (3) 방파제의 침하의 원인으로는 다음과 같은 것이 있다.

- ① 기초지반의 압밀침하
- ② 지반의 외측부로의 용기
- ③ 지반의 측방유동
- ④ 사석, 블록의 무게에 의한 지반내 함몰
- ⑤ 사석자체의 압축, 모래지반의 압축
- ⑥ 지진 또는 고파랑에 의한 사질지반의 액상화, 파랑에 의한 구조물 기부의 세굴

이 중 ①에 대하여는 제4편 5-4 지반침하를 참조하여 구한다. ②, ③, ④, ⑤에 대하여는 직립부의 무게,

사석층의 두께 등에 따라 변화하므로 일률적 기준을 제시할 수는 없지만 과거의 시공 예로부터 개략의 값을 구할 수 있다. 여성의 방법으로는 사석층을 두껍게 하는 방법과 상부공을 두껍게 하는 방법 등이 있으며 경제성을 충분히 고려하여 설계하여야 한다.

- (4) 직립부의 활동저항을 증가시키기 위하여 배면에 사석을 높이는 경우가 있다. 이 경우에는 단면이 월파에 의해 변형되기 쉬우므로 충분히 짜물릴 필요가 있다. 필요한 경우 방파 또는 콘크리트 블록 등으로 피복한다.
- (5) 기초지반이 연약하여 심한 침하나 사석의 함몰이 예상되는 경우에는 지반을 개량하거나 사석부의 하부에 매트(mat)를 설치하여 제체 하중의 분산을 시도하는 등 연약지반 대책공법을 채택하여야 한다.

[참 고]

- (1) 사석부는 직립부의 하중을 널리 분포시키고, 직립부의 거치를 위하여 지반을 잘 고르고 수평으로 하며, 파랑에 의한 세굴을 방지하는 등의 효과가 있으므로 1.5m이상의 두께로 하는 것이 바람직하다.
- (2) 사석부의 어깨 폭은 제체의 원호활동, 편심경사하중에 대한 소요안전율이 확보되도록 하며 파랑의 영향이 큰 곳에서는 항외측으로 적어도 5m이상 두는 것이 보통이다. 또, 항내측은 항외측의 2/3정도의 어깨 폭으로 하는 경우가 많다.
- (3) 사석부의 비탈경사는 안정성을 검토하여 결정하나 파랑의 영향을 고려하여 일반적으로 항외측 사면을 1:1.5~1:2 정도로 하는 경우가 많다.

2-5-3 경사제

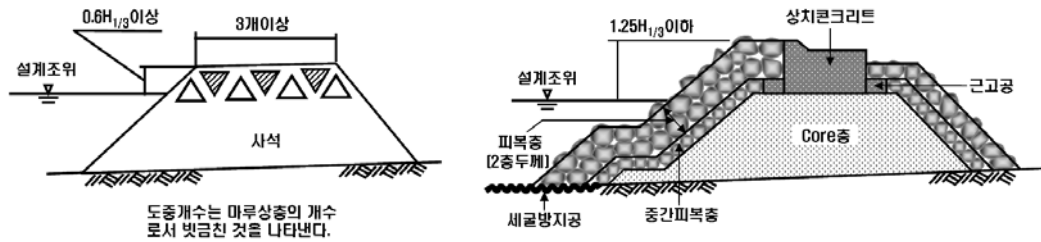
- (1) 마루높이는 본편 2-5-1 직립제에 준하여 검토하며, 경사제의 구조특성에 따른 처오름높이, 월파특성을 고려하여 결정한다. 단 경사제에 있어서는 마루높이가 설계조위상 $1.25H_{1/3}$ 을 더한 높이로 결정할 수 있다.
- (2) 마루폭, 사면경사 및 단면형상(복합단면 등)은 층별 재료의 조도, 공극율(투수계수)과 관련한 반사파, 월파 등 수리특성과 안정성의 허용범위를 고려하여 결정한다.

[해 설]

- (1) 경사제의 마루폭, 사면경사 및 단면형상(복합단면 등)은 반사파, 월파 등 수리특성과 안정성에 직접적으로 영향을 주며, 사석 방파제 등으로 대표되는 경사제는 평형단면을 형성하는 파괴기구를 가짐으로 이를 응용하는 안정성 해석 및 파랑제어기능 해석을 통한 최적설계시스템을 응용할 필요가 있다.
- (2) 경사제의 피복층, 중간피복층 및 내부층(Core층) 등 각층의 투수성, 조도, 각 층간 및 사석간의 마찰특성의 변화도 피복재의 안정성과 파랑제어기능에 영향을 미치므로 주의하여 그 특성을 고려하여야 한다.
- (3) 경사제의 파괴요인은 주로 직접적인 사면상의 파랑작용에 의한 피복재의 이탈, 상처 콘크리트와 사석부의 수리적 불안정성에 기인한 국부 세굴 및 상처구조물의 손상에 기인한 파괴, 월파에 기인한 배후면의 손상, 기부 세굴에 의한 침하 및 사면붕괴에 의한 손상의 전파를 들 수 있으므로 각 손상 요인에 따른 안정성의 점검 및 대책을 강구하고 실험적으로 확인할 필요가 있다.
- (4) 신뢰성 설계법을 사용하는 경우에는 사석구조물의 안정성 및 파랑제어기능 점검에 있어서 설계외력의 불확정성을 확률론적으로 고려하고 파랑의 불규칙성을 스펙트럼 특성 및 시계열 특성(파군특성)과 고파랑의 지속시간 및 평형단면 형성과정을 고려한 손상한계를 검토할 수 있다. 여기서 설계조위, 극치조건

의 파랑 등의 불확정성과 불규칙 외력의 시계열 특성에 따른 손상의 진행과정을 고려한 유지보수개념의 적용을 통한 최적설계개념을 응용하고, 신뢰성설계의 기본개념을 확대하여 적용할 것을 권장한다.

- (5) 경사제는 투수성 제체를 통한 투과파가 있으므로 허용 월파량을 직립제와 같이 한 마루높이를 결정하더라도 항내파고가 커지는 경우가 있으므로 주의가 필요하다. 월파 및 전달파에 대하여는 제2편 4-6 처오름 높이, 월파 및 전달파를 참조할 수 있으며, 이들 특성이 사면의 단면형상(경사, 복합단면 등), 투수성, 조도(재료특성), 마루높이 등 구조특성과 해양파의 불규칙성에 따라 많은 차이를 보일 수 있으므로 이에 대한 확률론적 검토가 필요하며, 이를 검증할 수 있는 수리모형실험과정을 거쳐야 한다.
- (6) 越波를 허용할 경우, 제체상부 피복재가 불안정해지므로 충분한 마루폭을 갖도록 할 필요가 있다. 또한 이형 소파블록을 사용하는 경우 마루높이가 설계조위(삭망평균만조위+이상고조위)상 $0.6H_{\frac{1}{10}}$ 정도이면 마루폭은 도해(2-2)에 보여준 바와 같이 3개를 설치한 폭 이상을 권장한다. 그러나 제체상부의 안정성은 마루높이, 피복재의 특성, 파랑조건 등에 따라 다르므로 적절한 모형실험에 의하여 검증하는 것이 바람직하다. 이때 해역특성에 따른 설계조위는 물론, 조차 및 이상고조를 고려한 수면 변동폭에 따른 사면의 국부적 안정성과 파랑제어기능에 대한 실험적 검토가 필요하다. 즉, 극단적 외력환경의 발생조건과 구조물의 응력상태를 고려한 안정성 및 파랑수리특성에 대한 확률론적 논의가 바람직하다.
- (7) 해안으로부터 돌출되는 防波堤로 육지로부터 밀고 나오면서 단계적으로 시공하는 防波堤의 마루폭은 안정계산상, 충분한 폭을 갖도록 함과 아울러 사석운반 시공의 용이성을 고려하여 결정할 수 있다.
- (8) 비탈경사는 안정계산에 의하여 적절히 결정하며 비탈경사는 사석제의 실패에서 항외측 1 : 2 전후, 항내측 1:1.5 전후가 많다. 또, 항외측에서 비탈면의 상부와 하부의 경사와 피복재의 중량을 달리하는 경우에는 경사와 피복재의 중량이 바뀌는 지점을 설계기준 수면하 $2.0H_{\frac{1}{10}}$ 보다 깊은 곳으로 하는 것이 일반적이거나, 조위변화특성 및 파랑특성을 고려하여 최적의 단면을 결정하여 안정성과 파랑제어기능을 극대화하도록 한다. 복합단면 및 평단부를 가지는 구조 형식으로 파랑제어기능을 극대화하고자 하는 경우에는 안정성과 수리특성(반사파, 월파 등)에 대한 수리실험 및 불규칙파의 불확정성과 불규칙성을 고려한 확률론적 검토가 필요하다. 한편 현지의 사석 등 피복재의 조달 한계 등에 따라서는 피복재 중량을 고정하고 안정계산에 의해 사면경사를 결정할 수도 있다.
- (9) 사석제의 피복을 위한 재료(석재, 블록류)의 중량은 재료의 특성, 해양파의 불규칙성과 불확정성, 극단적 수위변동(이상고조)에 의한 영향, 단면형상 및 상치구조물 유무와 구조제원에 따른 안정성과 파랑제어기능을 해석적으로 또는 실험적으로 상세히 검토할 필요가 있다. 이를 위한 극한조건, 평상조건, 설계조건에 대한 수리실험 등의 과정이 필요하며, 확률론적 안정성 및 파랑제어기능 평가를 통한 설계를 권장하며, 손상확률 및 유지관리 대책을 제시할 수 있는 최적설계가 바람직하다.
- (10) 연약지반에 대한 마루높이 및 공법결정에 대하여는 본편 2-5-2 混成堤에 준한다.
- (11) 도해(2-2)(b)와 같이 많은 경사제에서 도입하는 상치콘크리트부설형 경사제의 피해사례에 의하면, 상치구조물과 근고공 및 코아층의 연결부에서 세립재료의 흡출, 공동화 등에 의한 저항력 저하 등이 해일에 의한 수면상승과 연계하여 복잡하게 나타난다. 복합단면, 기부세굴저감대책 등과 연계한 실험적 검증을 통해 대책을 검토할 필요가 있다.
- (12) 기초사석부와 직립부, 사석부와 피복재, 직립부와 피복재 등의 구조적 재질 및 수리특성이 다른 구조연결부의 마찰력 감소, 수리특성의 유연한 대응을 고려한 설계 및 시공 대책이 수립되어야 하며, 특히 이 부분의 사석유실, 기부 세굴 등에 의한 치명적 한계조건을 실험적으로 점검하는 것을 권장함. 이러한 현상은 조위의 변동, 설계과 이외의 극치 파랑조건을 결합하여 검토하는 것이 바람직하다.



(a) 마루폭

(b) 전형적인 사석제 형상

도참(2-2) 경사제의 마루폭 및 천단고

2-5-4 소파블록(Block) 피복제

- (1) 직립부의 마루높이는 본편 2-5-1 직립제를 참고로 하여 안정성 및 파랑제어기능을 만족시키는 높이로 한다.
- (2) 소파공의 마루높이는 직립부의 마루높이와 같게 하는 것이 바람직하다.
- (3) 상부공의 두께 및 케이슨 등의 마루높이는 직립제에 준한다. 사석부의 두께는 혼성제에 준한다.

[해설]

- (1) 소파블록 피복제는 직립제·혼성제에 비하여 월파 및 전달파가 적게 된다. 월파 및 전달파에 대하여는 제 2편 4-6 처오름 높이, 월파 및 전달파를 참조하여, 월파 및 전달파(향내정온도)의 확률론적 특성을 검토할 것.
- (2) 소파공은 파압감소효과, 월파에 의한 전달파의 감소효과 및 반사파 제어기능을 가진다. 이들 기능을 정확하게 파악하기 위한 모형실험 및 불규칙파의 불확정성과 불규칙성(방향성, 고파랑)을 고려한 확률론적 평가과정을 거치는 것이 바람직하다.
- (3) 소파공의 마루높이가 직립부 마루높이에 비하여 너무 낮으면 직립부에 충격적인 쇄파파력이 작용할 위험이 있고 반대로 직립부 마루높이보다 너무 높으면 마루의 블록이 불안정하다. 직립부에 충격적인 쇄파파력이 작용할 가능성이 큰 경우에는 수리모형실험으로 직립부에 작용하는 파압의 크기를 검토함을 권장하며, 이때 파압자료의 독취 시간간격은 1/400초보다 크지 않게 함을 권장한다.
- (4) 소파공의 마루폭은 충분한 소파효과를 얻기 위해서는 소파블록 2개를 설치한 폭 이상으로 할 필요가 있으며, 소파공의 단면은 일양단면 또는 복합단면으로 구성할 수 있다. 이는 사석 경사제의 외해쪽 단면에 관한 설계과정을 준용할 수 있다.

2-6 외력계산

2-6-1 일 반

방파제의 안정계산에 있어서는 파력, 정수압, 부력, 자중 등의 외력을 고려한다.

[해설]

- (1) 외력으로서 필요에 따라 풍압력, 지진력, 표류물의 충돌력, 토압 등을 추가로 고려할 수 있다.
- (2) 블록의 자중에 의한 편심방향 하중은 파랑 작용을 대상으로 하는 통상의 경우에는 고려하지 않는다. 고려할 경우에는 제2편 5-2-4 소파Block으로 피복된 직립벽에 작용하는 파력을 참조한다.

2-6-2 파 력

- (1) 파력의 계산은 제2편 제5장 波力에 따른다.
 - (2) 파력계산에 사용할 조위는 구조물이 가장 불안정하게 되는 조위로 한다. 조위의 결정은 제2편 제6장 조석에 따른다.

[해설]

- (1) 파력의 계산에는 제2편 제5장 파력을 참조하고, 단면형상, 구조특성 등에 따라서 적절한 계산법을 채택하여야 한다. 제2편 5-2-3의 충격 쇄파력을 고려할 수 있도록 충분한 주의를 기울여야 한다.
- (2) 안정계산에 있어서는 직립부가 가장 위험한 상태의 조위조건 및 파랑조건과 피복재가 가장 위험한 상태의 조위조건 및 파랑조건 등이 같지 않은 경우가 있으므로 주의를 요한다.
- (3) 기초사석부(mound)의 어깨마루가 높고 어깨폭이 적당히 넓으면 충격쇄파압을 유발하는 경우가 있다. 또, 방파제의 마루높이를 높게 하면 극한 상태의 파압강도가 증대되는 경향이 있으므로 주의를 요한다.

2-6-3 정수압

제체 내외의 정수면에 차이가 있는 경우에는 그 수위차에 상당하는 정수압을 고려한다.

2-6-4 부 력

정수면 이하의 제체에는 부력을 고려한다. 또, 제체 내외의 정수면에 차이가 있을 경우에는 양측 수위를 연결한 수면이하의 제체에 대하여도 부력을 고려한다.

2-6-5 자 중

제체의 자중은 제체를 구성하는 각 재료의 밀도를 써서 계산할 수 있다.

[해설]

재료의 밀도에 대하여는 제2편 14-2 자중 및 재하하중을 참조한다.

2-6-6 지진시의 검토

지진시의 안정에 대하여는 방파제의 구조 특성을 고려하여 검토를 생략할 수 있다.

[해설]

- (1) 제체의 단면이 활동안전성에 의하여 결정되는 방파제의 경우 지진에 의하여 안정성이 나빠지는 일은 거의 없으므로 지진시의 안정계산을 생략할 수 있다.
- (2) 설치 수심이 깊고 또 설계파고가 적어 세장(slender) 한 구조가 되는 경우에는 지진시의 동수압에 의한 전도에 대하여 안정계산을 할 필요가 있다. 또, 쓰나미 방파제의 경우 지진에 의하여 제체가 변형한 후에 쓰나미가 내습할 가능성이 높으므로 지진시의 안정성이 중요할 경우가 있다. 따라서 지진시의 동수압에 의한 활동 및 전도에 대한 안정 계산이 필요하다. 지진시의 동수압에 대하여는 제2편 11-6-4 [2] 지진시의 동수압을 참조한다.

2-7 안정계산

2-7-1 직립부의 안정계산

- (1) 중력식 방파제 직립부의 안정성 검토는 파괴 안전율에 근거한 설계법을 표준으로 한다.
 - (2) 파괴 안전율에 근거한 설계법을 사용할 경우, 직립체의 제체, 혼성체의 직립부, 경사체의 상부공, 소파블록 피복제 등의 직립부의 안정성 검토는 다음에 열거한 ①~③에 따르는 것을 표준으로 한다.
- ① 활동에 대한 안정성의 검토는 다음 식에 의하여 행한다. 이 경우, 안전율은 구조물의 특성에 따라서 적절한 값을 취하여야 한다.

$$F_s \leq \frac{\mu(W_o - U)}{P} \quad (2-1)$$

이 식에서 F_s , μ , W_o , U 및 P 는 각각 다음과 같은 물리량을 나타낸다.

- F_s : 직립부의 활동에 대한 안전율
 μ : 직립부와 기초사석부의 마찰 계수
 W_o : 직립부의 중량 (kN/m)
 U : 직립부에 작용하는 양압력 (kN/m)
 P : 직립부에 작용하는 수평파력 (kN/m)

- ② 전도에 대한 안정성의 검토는 다음 식에 의하여 행한다. 이 경우에 있어서 안전율은 구조물의 특성에 따라 적절한 수치를 취한다.

$$F_s \leq \frac{(W_o \cdot t - M_u)}{M_p} \quad (2-2)$$

이 식에서 F_s , t , M_u 및 M_p 는 각각 다음과 같은 물리량을 나타낸다.

- F_s : 직립부의 전도에 대한 안전율

t : 직립부의 중력의 작용점으로부터 직립부 제체의 전도지지점(후미하단)까지의 거리 (m)

M_u : 양압력에 의한 직립부의 후미하단(heel)주위의 회전모멘트 (kN.m/m)

M_p : 수평파력에 의한 직립부의 후미하단 주위의 회전모멘트 (kN.m/m)

- ③ 신뢰성 설계법을 사용하는 경우에는 당해시설에 요구되는 기능 및 구조물의 특성에 따라서 기대 활동량등의 필요한 수치를 적절히 설정하여 소요되는 구조물의 안정성을 검토하는 것으로 한다. 이때 파력계산시 고려할 수 있는 수위 및 파랑의 확률론적 특성을 동시에 고려할 수 있도록 할 필요가 있다.

[해설]

- (1) 파력을 계산할 때는 제2편 5-2 직립벽에 작용하는 파력을 참조하고 안전율은 ①~③를 참고하여 적절히 설정한다.
 - ① 활동에 대한 안전율은 설계파압 작용시를 기준으로 1.2 이상이 되도록 한다. 단, 모형실험에 의하여 제체의 안정성을 확인한 경우에는 안전율이 1.2 이하로 설계할 수 있으나 1.0 이하로 되어서는 안 된다.
 - ② 전도에 대한 안전율은 파압에 대하여 1.2 이상, 지진에 대하여 1.1 이상으로 하는 것을 표준으로 한다.
 - ③ 지지력에 대한 안전율은 파압에 대하여 1.0 이상으로 하는 것을 표준으로 한다.
- (2) 직립부와 기초사석상부의 마찰계수를 증대시키기 위하여 직립부 저면에 마찰증대용 mat를 부설하는 등 마찰력 증대를 위한 대책을 강구할 경우도 있다. 마찰력 증대 mat 등 마찰력 증대 대책에 대하여는 제2편 제15장 마찰계수를 참조한다.
- (3) 전체의 안정성의 검토에 대하여는 내용기간 중에 예상되는 모든 파랑을 확률적으로 계산하고 이들에 대한 안정성을 검토하는 신뢰성 설계법을 사용할 수 있으며, 이 경우에는 전술한 안전율 개념을 유연하게 적용하면서 해석하고 응용할 수 있다. 단 설계 결과에 대한 비교 검토를 권장한다.
- (4) 지반 지지력 검토에서도 신뢰성 설계법을 써서 기대침하량을 계산할 수 있다.

[참고]

- (1) 파괴안전율에 근거한 설계법에서는 원칙적으로 제체가 활동하지 않는다고 전제하고 있고 그 때문에 설계 파에 대한 활동안전율을 파압시 1.2 이상으로 하여 여유를 두고 있다. 그렇지만 이와 같이 설계된 단면이라도 확률론적으로 보면 활동이 발생할 확률은 영(zero)이 아니고 같은 안전율로 설계 되었다더라도 조건에 따라서 활동 발생확률이나 기대활동량의 값은 다르다.

한편, 제체의 활동 안정성에 관한 신뢰성설계법으로는 내용기간 중의 활동 발생확률을 계산하는 방법이나 방파제로서의 기능을 잃지 않는 한 다소의 활동을 허용한다고 하는 설계개념에 근거를 두고 활동량의 기대치(기대활동량)를 계산하는 방법 등이 있다. 이 경우 활동발생확률이나 기대활동량이 적절한 허용치 이하가 되도록 설계한다.

파괴 안전율에 근거한 종래의 설계법과 비교 검토하여 활동 안전율이 1.0 이하가 되면 안 된다. 또한, 기대활동량은 어디까지나 평균치이고 계산치 보다도 큰 활동이 발생할 가능성도 있다는 점에 주의하면서 실험적 검토 등을 통해 보완할 필요가 있다.

기능에 영향을 주지 않는 제체의 변형을 허용하는 신뢰성설계법을 사용하면 파괴안전율에 근거한 설계법을 적용하는 경우에 비하여 경제적인 설계가 가능한 경우가 많다. 신뢰성설계법의 적용에 있어서 아래에 열거하는 주요 영향인자 또는 고려할 항목에 대하여 신중하게 검토하고 적용하여야 한다.

① 심해파고의 出現確率

極値分布函數를 써서 산출하는 확률론적 심해파고에 대하여 正規分布를 가정하여 신뢰구간을 고려한 深海波高의 출현 확률을 구한다. 이때 불규칙파의 파향특성, 파군특성(에너지스펙트럼의 형상), 고파랑의 지속시간 특성 등이 파악되어 적용될 수 있는 조사 및 해석 과정을 권장한다. 이에 대해서는 제2편의 파랑특성을 참조한다.

② 조위의 발생확률 분포

주요 4대 분조를 써서 조위를 계산하고 耐用期間中에 발생 가능한 천문조위의 발생확률 분포를 구하고, 전술한 설계조위의 발생확률분포를 고려한다.

③ 波浪變形의 計算

제2편 4-4 波浪의 變形에 따라 深海波高로부터 防波堤 전면의 波高를 구한다. 이때 파향분산성을 고려한 불규칙파의 변형특성이나, 고파랑 등 해양파의 불규칙성의 변형특성 등의 변동을 고려한다. 이 때 연안지형의 특성에 따라서는 방파제 설치 전 후의 방파제 전면(방파제 설치전의 파랑변형계산에 의한 방파제설치위치상 전면의 파랑특성과 방파제 설치후의 지형변화에 의한 방파제 전면의 입사파랑) 파랑 환경의 차이가 발생할 수 있으므로 주의하여 계산하고 실험할 필요가 있다.

④ 파력의 계산

제2편 제5장 파력에 따라 계산한다. 단, 불규칙파의 극치분포특성 및 신뢰구간을 고려한 고파랑의 특성을 고려한다.

⑤ 자 중

정규분포를 가정한 변동을 고려한다.

⑥ 마찰계수

제2편 제15장 마찰계수에 따라 결정한다. 단, 마찰계수의 분산특성 등은 정규분포를 가정한 변동을 고려한다. 엄밀하게는 설치후의 경시변화나 활동이력의 유무 등에 따라서도 변화한다고 생각되나 이점에 대하여는 불분명한 점이 많아 여기서는 고려하지 않는다.

⑦ 활동의 판정

활동에 대한 안전율이 1.0미만이 되었을 때 체체가 활동한다고 가정하고 ①~⑥의 모든 요소의 변동을 고려하여 수치적분 또는 수치모의방법으로 1회의 이상파랑에 대한 활동발생확률 및 구조물 수명을 고려한 활동발생 확률을 계산한다. 각종 활동모델(예: 하박 등의 Monte Carlo법)을 써서 기대활동량을 계산하고 비교 검토한다.

예를 들면, 기대활동량의 허용치를 30cm 또는 50cm로 하여 신뢰성 설계법을 쓰는 경우, 같은 조건에서 파괴 안전율(활동안전율=1.2)에 근거한 설계법을 쓰는 경우와 비교하면 소요체체 폭이 작아지고 더 경제적인 단면이 되는 경우가 많다. 단, 그 구체적인 경제성의 평가는 현지 조건에 따라 크게 다르며 경우에 따라서는 오히려 큰 단면이 될 수도 있다. 일반적으로 파고의 상한 값이 수심에 의하여 결정되는 쇄파 영역에서는 신뢰성 설계법을 사용하는 것이 경제적 효과가 크다. 더구나, 실제 설계에 적용하는 경우에는 상기 각 항목의 변동을 적절히 고려할 필요가 있고 또, 방파제의 중요도나 내용기간 등에 따라서 활동발생 확률이나 기대활동량의 허용치를 적절히 설정하는 것이 중요하다.

(2) 지반의 지지력은 안전율을 1.0으로 한 경우에 대한 초기 단면을 대상으로 하여 신뢰성설계법을 써서 내용기간 중에 발생가능한 지지력 부족에 기인한 기대 침하량을 계산할 수 있다. 이런 방법을 응용하여 기대 침하량을 고려한 설계를 할 수도 있다.

(3) 직립부의 항내측을 쇄석 또는 콘크리트 블록으로 보강하는 경우 다음 사항을 유의하여야 한다.

- ① 항내의 선박항행, 피박계류 등의 지장 유무
 - ② 제체배후의 보강체의 지지력 증대 효과를 고려하지 않은 상태에서 직립부의 파력에 대한 활동 및 전도 안전율을 1.0 이상으로 하지 않으면 안 된다. 안전율이 1.0보다 작으면 직립부의 흔들림의 격화, 직립부 하단 기부압력(heel pressure)의 증대현상이 일어나거나 파랑에 의한 부압력이 작용할 때 직립부가 항외 측으로 활동하거나 전도할 위험이 있다.
 - ③ 월파나 연파(stem wave)등에 의하여 보강체가 손상되지 않도록 충분히 피복할 것.
 - ④ 보강체의 높이 h는 직립부 높이의 1/3이상, 마루폭 b는 높이 h와 같은 정도 이상으로 하는 것이 바람직하고, 지역 특성 및 항만 이용실태에 따라 변형할 수 있으나 실험적인 검증이 필요하다.
 - ⑤ 콘크리트 블록을 사용할 경우 직립부와 간격을 두지 말고 구조적 일체성을 유지하도록 시공할 것.
- (4) 직립부의 항내측을 쇄석 또는 콘크리트 블록으로 보강할 경우의 활동저항은 식(참2-2)을 만족하여야 한다.

$$\frac{\mu_1 W_1 + R}{P} \geq 1.2 \quad (\text{참2-1})$$

여기서,

- P : 直立部に 작용하는 수평력 (kN/m)
 W₁ : 直立部の 정수중의 수중중량 - 揚壓力 (kN/m)
 μ₁ : 直立부와 사석기초부의 摩擦係數
 R : 보강재 쇄석 또는 콘크리트 블록의 滑動抵抗力 (kN/m)

滑動抵抗力은 아래와 같은 방법으로 구할 수 있다.

- ① 쇄석의 滑動抵抗力(도참(2-5) 참조)

$$R = W_s \tan(\theta + \phi) \quad (\text{참2-2})$$

여기서,

- W_s : 최상단 피복층을 제외한 활동면 상부 사석의 수중중량 (kN/m)
 θ : 활동면 경사각 (°)
 φ : φ = tan⁻¹ μ₂ (μ₂는 사석층 내부의 쇄석과 쇄석간의 摩擦係數, μ₂ = 0.8)(°)

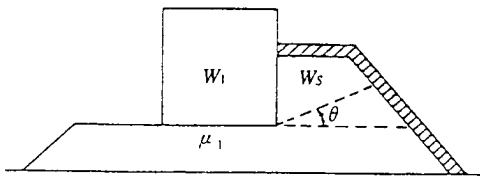
식(참2-2)는 사석부의 힘의 평형식으로부터 얻어지는 것이며 θ를 시행착오법으로 변화시켜 구한 R의 최소치가 滑動抵抗力이다.

- ② 콘크리트 블록의 滑動抵抗力(도참(2-6) 참조)

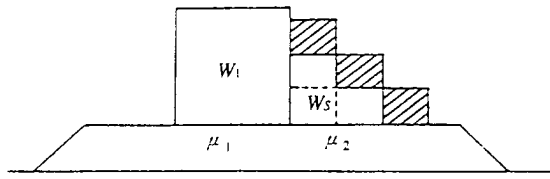
$$R = \mu_2 W_s \quad (\text{참2-3})$$

여기서,

- W_s : 최상단의 콘크리트 블록을 제외한 수중중량 (kN/m)
 μ₂ : 콘크리트 블록과 쇄석기초간의 摩擦係數



도참(2-3) 쇄석의 활동저항면



도참(2-4) 콘크리트 Block의 활동저항면

- ③ 저항력 R은 파고와 제체 설치수심의 비의 함수로 나타낼 수 있으며, Dakeda 등이 제안한 식(참2-4)은 실험결과를 제시한 예이며 이를 참고할 수 있다. 여기서 재료에 따라 $\alpha=0.4\sim1.0$ 의 범주에서 변화하는 성질을 알 수 있다(도참(2-7) 참조).

$$R = \alpha W_s \quad (\text{참2-4})$$

$\alpha=0.9 + 0.2 (H/h' - 0.5)$: 쇄석의 경우

$\alpha=0.4 + 0.2 (H/h' - 0.5)$: 콘크리트 블록의 경우

단, $H/h' \leq 0.5$ 일 때 $H/h' = 0.5$ 로 본다.

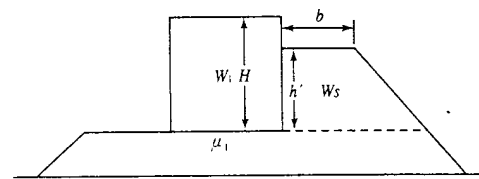
여기서,

W_s : 쇄석 또는 콘크리트 블록의 수중중량 (kN/m)

α : 저항계수

H : 파고 (m)

h' : 제체설치수심 (m)



도참(2-5) 보강체의 활동저항면

2-7-2 경사제의 안정계산

혼성제 및 경사제에서는 사석부의 활동 및 재료의 중량을 검토한다.

(1) 활 동

활동에 대하여는 편심경사 하중에 의한 활동을 검토한다.

(2) 피복재의 소요중량 및 층두께

피복재는 파력에 대하여 충분한 중량을 갖는 한편 내부의 재료가 흡출되지 않을 두께를 가져야 하며, 보조피복층 등 피복층과 내부층의 마찰력 증대 및 흡출방지 등의 기능을 보강하기 위하여 이들 기능이 탁월한 중간층 블록을 사용할 수 있다.

[해설]

(1) 편심경사 하중에 의한 활동에 대하여는 제4편 2-4 편심경사하중에 대한 지지력을 참조한다.

(2) 경사제, 소파블록피복제의 소요중량은 제2편 5-3-1 경사면의 피복석 및 블록의 안정중량에 따라 계산한다.

단, 피복석 등 피복재의 소요중량은 경사제의 파괴특성 등을 고려한 허용파괴율, 고파랑 특성 및 파군특성, 파랑의 지속시간효과, 재료의 형상 및 재질, 경사제의 피복방법에 따라(난적, 정적, 돌붙임 등) 안정계수 및 소요중량이 달라질 수 있다. 이에 관한 극한 조건 등에 대한 수리실험결과를 토대로 책임기술자의

판단에 의하여 허용범위의 소요중량을 결정할 수 있다. 난적의 피복층은 2층의 두께 이상을 표준으로 한다.

- (3) 보조피복층 등 중간층의 투수기능과 조도를 확보하면서 내부사석의 흡출을 효율적으로 방지할 수 있는 크기의 사석재료가 부족할 경우에는 이들 특수한 기능을 보강한 중간층용 블록을 사용할 수 있다.
- (4) 混成堤의 피복 재료의 소요중량은 제2편 5-3-2 混成堤사석부의 피복석 및 블록의 소요중량에 따라 계산한다.

[참 고]

- (1) 피복재 밑의 보조피복재(사석 및 중간 블록)의 소요중량은 피복재 중량의 1/20 이상을 원칙으로 하나 경사제의 경우 1/10~1/15 정도 이상으로 하는 등 층간의 재질 및 수리특성의 이질성을 적게 하는 투수성과 마찰특성을 확보하는 것이 바람직하다. 그 하부 층의 사석의 개체중량은 다시 그의 약 1/20 이상을 원칙으로 한다.
- (2) 보조피복층은 적정규모의 사석층 또는 중간층용 블록의 사용하되, 투수계수와 상하부층간의 마찰계수, 하부층 재질의 흡출을 방지할 수 있는 공극률을 확보할 수 있어야 하며, 이에 따라 피복재의 안정성과 전면의 수리특성(반사파, 처오름 높이, 월파 등)이 예민하게 반응하므로 이에 대한 종합적인 검토, 수리실험적인 확인을 거쳐 설계하여야 한다. 특히 상부공을 상치콘크리트 등으로 구축하기 위하여 사석기초부를 고조위 부근까지 기초가 높아지게 구조형식을 취한 경사제일 경우에는 이에 대한 대책을 별도의 수리실험 등을 거쳐 검증하여야 한다. 이는 상치콘크리트부와 사석경사부의 접합부에서 수리특성의 현저한 변화가 발생하며, 이는 조위변화 및 이상고조시에 심각한 위험을 초래할 수 있으므로 이를 조건으로 한 수리실험이 필요하다.
- (3) 콘크리트 등 특수공법으로 법면을 피복하는 경우 또는 특수하게 짜 맞춘 사석제 및 특수 블록사면으로 투수성 또는 조도가 현저히 달라지는 경우에 대하여는 과거의 시공사례 등을 참고하고 투수성 등의 고려여부에 따른 실험적 검토를 거쳐 신중히 설계한다.
- (4) 경사제의 파괴기구 및 평형단면 형성 기구를 고려한 허용파괴율 설계개념과 유지보수개념을 적용한 최적 설계시스템을 응용하면 가장 경제적인 설계가 가능한 구조적 장점이 있다. 신뢰성 설계개념과 함께 최적 설계개념을 응용한 이들 설계개념을 활용할 수 있는 설계를 권장하나, 이 경우에는 유지보수대책을 명기하여야 한다.

2-7-3 제체전체의 안정계산

중력식 방파제에 있어서는 지반의 특성 및 구조의 특성에 따라서 제4편 6-2 안정계산법에 규정한 원호활동에 대한 안정성을 검토하여야 하며, 침하를 검토하여 방파제의 구조 전체와 지반과의 상호작용에 의한 안정성을 확보하도록 한다. 이 때 구조물 전체에 작용하는 파압특성 등이 고려되어야 하며, 이에 대한 이론적 해석 또는 실험적 검토를 필요로 한다.

[해 설]

- (1) 원호활동에 대하여는 제4편 6-2-1 원호활동면에 의한 안정해석, 침하에 대하여는 제4편 제5장 기초의 침하, 지반개량공법에 대하여는 제4편 제7장 지반개량 공법에 따른다.
- (2) 구조물 전체에 작용하는 파압의 계산은 제2편 파압계산편을 따른다.

- (3) 체체전체의 안정계산에 사용하는 조위는 가장 위험한 조건의 조위 즉 안전율이 가장 작은 조위조건을 대상으로 한다. 설계조위의 결정은 제2편 6-1 설계조위를 참조하되, 가장 위험한 조위조건은 설계고조위와 무관할 수도 있으므로 조위변동과 이상고조를 고려한 수면변동의 극치를 대상으로 가장 위험한 조건을 검토하여야 한다.

2-7-4 두부, 우각부의 안정계산

- (1) 두부의 피복석 및 피복 블록은 간부의 피복재의 중량보다 크게 하는 것을 표준으로 한다.
- (2) 연약지반의 경우에는 방파제 법선 방향의 활동에 대하여도 검토한다. 이 경우 측면마찰 저항을 고려해도 좋다.
- (3) 두부에 등대를 설치하는 경우에는 이에 작용하는 지진력, 파력 및 풍압력을 고려하여 안정계산을 한다.
- (4) 우각부의 설계에는 파고의 증대효과를 고려한다.

[해설]

- (1) 경사제나 혼성제의 두부는 간부에 비하여 기부의 세굴이나 작용외력에 불명한 점이 있으므로 피복재의 중량을 간부보다 크게 해두는 것이 바람직하다. 혼성제 기초사석부의 두부구조물에 대하여는 제2편 5-3-2 혼성제 사석부 피복석 또는 블록의 소요중량을 참조하여 적당히 크게 해 둘 필요가 있다. 또 경사제나 소파블록 피복재의 두부는 간부의 1.5배 이상의 중량을 가지는 피복재를 사용하여 원형으로 구축하는 것이 바람직하다. 경사제의 사석 및 소파블록의 중량계산은 제2편 5-3-1 경사면의 피복석 또는 블록의 안정중량을 참조한다.
- 이 때, 상치콘크리트 구조의 유무, 및 설계조위 등 수면변화에 따른 상치부 또는 혼성제 직립부와 사석경사부 접합부의 위치변화, 불규칙파의 파향 변화, 쇄파수심, 사석기초부 두부기부의 세굴 및 혼성제 직립부 기부세굴 등에 따른 피해사례가 다양하게 나타나므로 이들 조건을 현장에 따라 고려한 수리실험이 필요하다. 이 실험결과를 토대로 두부의 구조형식, 투수성, 세굴대책, 통항성, 상치구조와의 연계를 고려한 두부구조물 안정성 검토 및 이를 고려한 설계가 필요하다.
- (2) 방파제 기초부의 안정성 해석의 문제와 기부세굴에 의한 손상특성을 검토할 필요가 있으며 이에 대한 대책을 마련하여야 한다. 한편, 파향에 따라서는 제두부 후면에 강한 쇄파파력을 동반한 배후파괴가 주요 원인이 되는 제두부손상사례가 현장파괴사례보고 및 실험적으로 확인되고 있으므로 이에 대한 점검과 대책을 실험적으로 충분히 검토할 것을 권장하며 주의를 요한다.
- (3) 우각부를 갖는 직립제, 혼성제의 법선형에 있어서 우각부 자체에서의 파의 집중 외에 파향특성과 연계한 법선각부로부터의 반사파의 중복 및 연파(stem wave)에 의한 파고의 증대 및 분포특성의 차가 법면을 따라 발생할 수 있다. 이에 기인한다고 믿어지는 피해사례도 있으므로 법선의 결정 및 안정계산등에 있어서는 제2편 4-4-6 [2] 우각부, 방파제 두부 부근 및 도제 주변에서의 파랑의 변형, 제2편 5-2-5 구조물 반사파랑에 의한 파력의 계산에 따라 검토하고 3차원 수리실험 등에 의하여 극한 조건의 불규칙성과 방향성의 영향에 대한 검토를 권장한다.
- (4) 방파제의 법선방향의 활동에 대하여는 제4편 6-2-1 원호활동면에 의한 안정해석을 참조한다.
- (5) 등대가 설치되는 두부는 등대가 건설되어도 안전하도록 설계 되어야 한다. 또, 등대의 기능을 유지하는데

필요한 부속시설 등을 설치하도록 배려할 필요가 있다. 등대에 작용하는 풍압력에 대하여는 제2편 3-3 풍압력을 참조한다.

2-8 구조세목

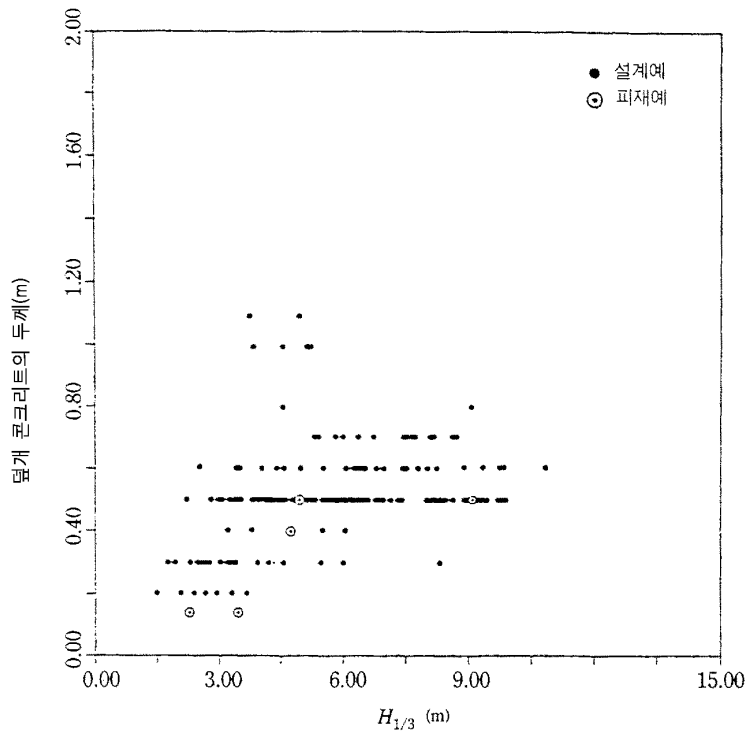
2-8-1 직립제

- (1) 케이슨(Caisson) 및 셀블록(Cellular Block)식 제체의 덮개 콘크리트의 두께는 파랑조건, 시공조건을 고려하여 신중히 결정한다.
- (2) 상부 콘크리트는 제체와의 일체성을 고려할 것. 또 범선방향에 대하여는 적절한 간격(케이슨의 경우 각 케이슨마다) 으로 연결조인트를 설치한다.
- (3) 블록제의 블록은 가급적 크게 하고, 특히 최하단의 블록은 연결조인트(Joint) 없이 한 개로 하는 것이 바람직하다.
- (4) 셀블록의 최하단에는 저판(Footing)을 붙이는 것이 안정성의 확보측면에서 바람직하다.

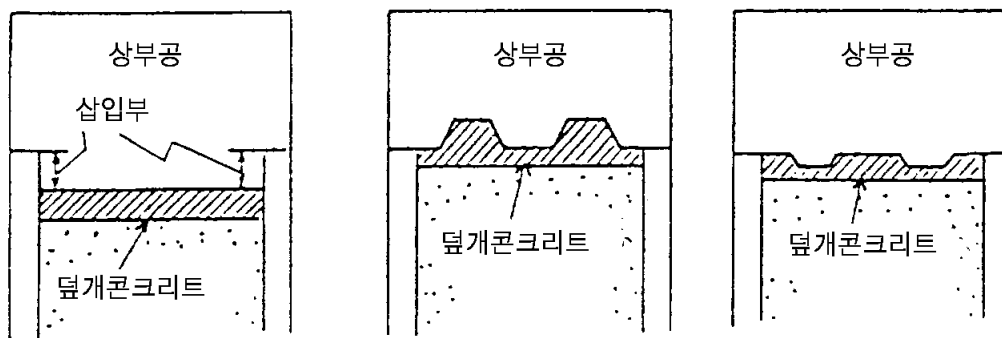
[참 고]

(1) 케이슨식 직립제

- ① 케이슨의 속채움에는 빈배합 콘크리트 블록, 돌, 자갈, 모래, 슬래그 등이 쓰이며 그 선택에는 공사비, 시공조건, 자연조건을 고려한다. 일반적으로 모래가 널리 쓰이고 있으나 모래, 자갈 등을 속채움재로 사용하는 경우 표면을 덮개 콘크리트 또는 블록으로 완전히 피복하지 않으면 안 된다. 슬래그는 그 종류에 따라 물을 흡수하여 팽창하는 것이 있다. 따라서 슬래그를 사용할 경우에는 슬래그 처리 방법을 포함하여 속 채움재의 재질에 주의를 요한다.
- ② 덮개 콘크리트의 두께는 통상 30cm이상, 파랑환경이 험한 곳에서는 50cm이상으로 한다. 파랑조건이 험하고 덮개 콘크리트의 상태로 장기간 방치하는 경우 1.0m이상으로 시공한 예도 있다.(도참(2-6) 참조) 波浪이 험한 곳에서 precast 덮개 콘크리트를 사용하면 precast와 케이슨 간의 간격에 타설한 현장타설 콘크리트가 파랑에 의하여 분리되어 속채움 모래가 빠져나오는 경우가 있으므로 이 경우에는 덮개 콘크리트 밑에 쇠석을 30~50cm 부설하는 경우도 있다. 또, 波浪이 험한 곳에서 덮개 콘크리트에 파랑의 충격으로 균열이 발생하면 속채움 모래가 빠져나올 수 있으므로 그 대책으로서 덮개 콘크리트와 속채움 모래 사이에 부직포를 덮을 수도 있다.
- ③ 상부 콘크리트에 작용하는 파력에 대하여는 불명확한 점이 많기 때문에 제체와 일치되도록 시공한다. construction joint의 시공은 콘크리트표준시방서에 따른다. 더욱 일체화를 증진하기 위하여 케이슨 속으로 상부 콘크리트가 들어가도록 타설하는 방법, 덮개 콘크리트에 요철을 붙이는 방법(precast인 경우가 많다), 철근이나 형강을 삽입하는 방법 등이 있다.(도참(2-7) 참조)
또, 파라펫(parapet)과 상부 콘크리트가 일체가 되도록 construction joint에 홈을 설치하거나 철근이나 형강을 삽입시키는 등의 방법이 바람직하다.
- ④ 직립제는 기부가 세굴되기 쉬우므로 암반이 아닌 장소에서는 근고공을 충분히 시공한다. 또, 암반기초는 수평이 되어야 하지만 포대 콘크리트로 요철을 고르는 일이 많다. 포대 콘크리트의 배합은 단위 시멘트량을 3kN/m^3 이상으로 한다.



도참(2-6) 덮개 콘크리트의 시공 예

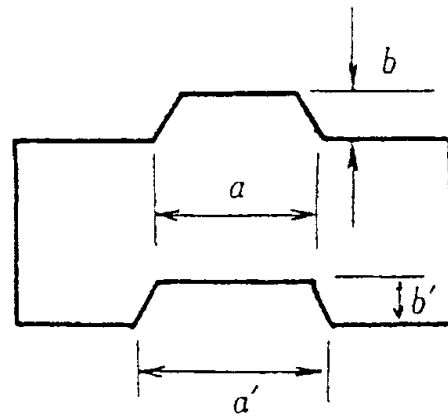


도참(2-7) 상부 콘크리트 타설면

(2) 콘크리트 블록式 直立堤

- ① 블록의 쌓기 법에는 수평쌓기 경사쌓기가 있으나 일반적으로 시공이 쉬운 수평쌓기가 많다. 침식작용이 심한 장소 또는 침하가 심한 장소에서 비교적 수심이 얇은 곳에서는 경사쌓기로 하는 경우도 있다. 이때에는 블록이 충분히 침하한 후에 상부 콘크리트를 시공한다. 상부 콘크리트는 법선 방향으로 10~20m의 간격으로 연결조인트를 둔다. 수평쌓기의 경우에는 일체성이 유지되도록 방파제 법선방향과 직각인 단면(횡단면)의 종방향 연결부(joint)는 위에서 밑에까지 통하지 않도록 엇갈려 배치한다. 경사쌓기의 경우, 횡단면은 한 개의 블록으로 구성하는 것이 바람직하다. 경사의 각도는 보통 수평에 대하여 50~80°이다.
- ② 방파제 법선방향의 단면(종단면)에 있어서도 가급적 종방향 연결부는 연속되지 않도록 한다.

③ 콘크리트 블록은 활동을 방지하기 위하여 도참(2-8)과 같은 요철을 만들어 서로 맞물리도록 하는 방법이 일반적으로 사용된다. 철(凸)부의 폭 a 는 50cm정도, 높이 b 는 20cm 정도, 또는, 요(凹)부의 폭 a' , 높이 b' 는 각기 a , b 보다 5cm 정도 크게 하는 경우가 많다. 더욱 콘크리트 블록의 활동을 방지하는 방법으로 미리 콘크리트 블록에 구멍을 뚫어놓아 콘크리트 블록을 쌓아 올린다음 콘크리트를 채우거나 또는 50~70mm의 철봉 또는 현 Rail을 넣고 그 주위에 모르타르를 주입하는 방법도 있으나 구멍이 너무 작으면 효과는 적고 너무 크면 콘크리트 블록이 파괴될 위험이 있다. 또, 콘크리트 블록을 맞물리게 하여 활동을 방지하는 방법도 있고 거북등 모양이나 북모양 등 이형 블록의 예도 있다. 그러나 통상의 설계에서는 이들의 효과는 무시하고 설계한다.



도참(2-8) 방파 Joint

(3) 셀블록(Cellular Block) 직립제

- ① 셀블록의 속채움은 빈배합 콘크리트 또는 돌을 사용한다. 속채움에 콘크리트를 쓰면 셀블록 직립제의 일체성을 확보할 수 있다.
- ② 셀블록을 2단쌓기로 하면 일체성이 떨어지므로 가급적 1개로 하는 것이 바람직하다. 부득이 단쌓기로 할 경우에는 본편 2-4 구조형식의 선정 [해설] 도해(2-4-1)(g)와 같이 셀블록 벽면의 상하에 요철을 붙여 상하의 셀블록을 맞물려 일체성을 높일 수 있다.
- ③ 속채움을 돌로 하는 경우 돌이 빠져나옴을 방지하기 위하여 셀블록에 저판을 붙이는 경우가 있다.
- ④ 상부 콘크리트는 법선방향으로 10~20m 간격으로 연결조인트를 둔다.

(4) 콘크리트 단괴식 직립제

- ① 콘크리트 단괴식 직립제에서는 수축 또는 부등침하에 의한 균열을 방지하기 위하여 1 블록을 5~10개로 한다.
- ② 콘크리트의 타설은 수중 콘크리트 공법, Prepacked 콘크리트 공법, 또는 Dry Work 공법으로 한다.
- ③ 기초에는 다소 요철이 있어도 지장은 없으나 암반상의 모래, 암편, 또는 해초 등을 잘 제거하여 콘크리트와의 밀착을 좋게 하고 거푸집에 접하는 부분은 다듬어서 접착을 좋게 할 필요가 있다. 기초의 요철이 크고 지반이 단단하여 평평하게 다듬기가 어려운 경우에는 지반의 요철에 맞추어 거푸집을 잘라내어 거치시 접합을 좋게 한다.
- ④ 상부 콘크리트는 법선방향으로 10~20m 간격으로 연결조인트를 설치한다.

2-8-2 혼성제

사석기초부의 수심이 매우 깊은 경우나 파랑이 작아 사석기초부의 문제가 특별히 없는 경우 이외에는 근고블록을 설치하여 사석부의 세굴을 방지하는 것이 바람직하다. 근고블록은 직립부에 밀착시킨다.

[해설]

- (1) 직립부에 대하여는 본편 2-8-1 직립부에 준한다.

- (2) 혼성제의 사석기초부는 직립부의 안정성을 확보하기 위하여 극히 중요하고 특히, 직립부 하부가 세굴 또는 흡출되면 직립부가 경사되거나 활동하기 쉬워지고 또, 경우에 따라서는 직립부 부재의 파괴에 이르는 일도 있다.
- (3) 근고 블록의 전면에는 mound 피복재가 설치되지만 근고 블록의 안정성면에서 피복재와 콘크리트 블록의 단차는 가급적 적은 것이 좋다.
- (4) 근고 블록에 구멍을 뚫어 투수성을 확보하여 재료간의 이질성을 줄이고, 급격한 극한수리특성의 발생을 저감하여 기초부의 세굴과 흡출을 방지하며, 콘크리트블록에 작용하는 양압력은 저감하고 내파안정성은 크게 향상시킬 수 있다. 이와 유사한 수리특성을 고려한 근고공의 다양한 구조특성을 고려할 수 있다.

[참 고]

- (1) 근고 블록을 설치하는 경우에는 직립부의 외해측에 2개 이상 내해측에 1개 이상 설치하는 것을 권장한다.
- (2) 근고 블록의 구멍이 너무 크면 세굴·흡출방지 효과가 저하하기 때문에 개구율은 10%정도가 좋으나, 이러한 문제가 없다면 기초부의 재질특성에 따라 다양하게 변화시킬 수 있다.
- (3) 근고방괴의 소요두께는 식(참2-5)에 의하여 초기 설계치를 구할 수 있다.

$$t/H_{1/3} = d_f (h'/h)^{-0.787} \quad (\text{참2-5})$$

여기서, t : 근고 Block의 소요두께 (m)
 d_f : 간부에서는 0.18, 두부에서는 0.21 (m)
 h : 설계수심 (m)
 h' : 블록을 포함하지 않은 기초mound부의 마루수심 (m)

적용범위는 $h'/h = 0.4 \sim 1.0$ 으로 한다.

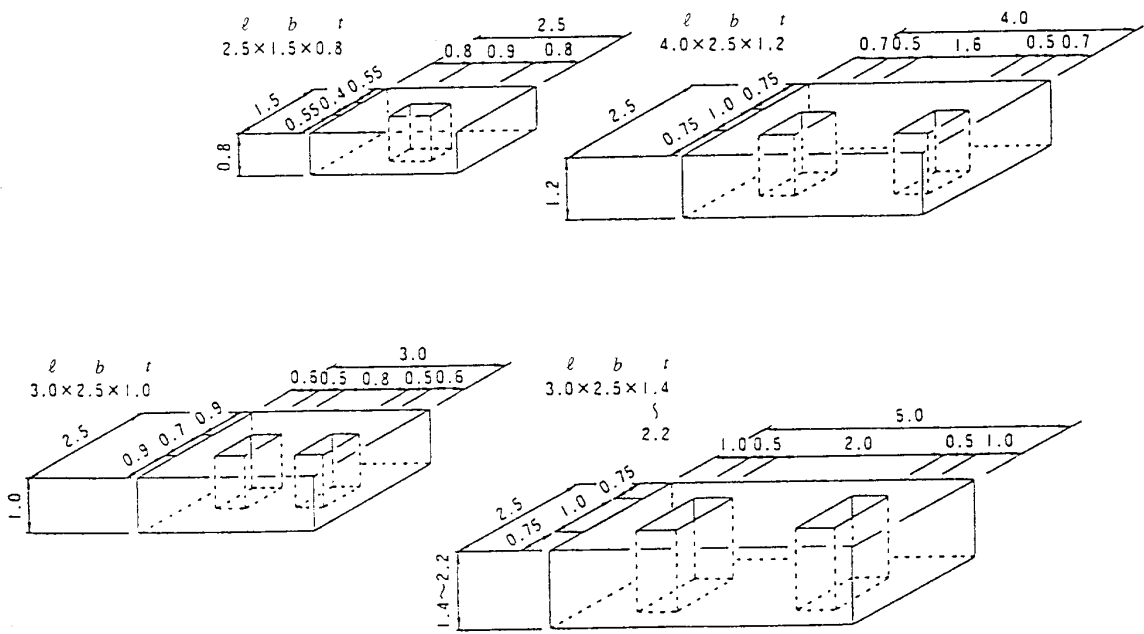
근고 블록 제원의 계산은 식(참2-5)에 의하여 소요두께를 정하고 표참(2-1)에 의하여 블록의 제원을 구하여 설계치로 사용할 수 있다. 근고 블록의 설치수심이 설계파고의 2배 이내에 위치할 수 있는 조건이 발생 가능할 경우에는 수리모형실험 등을 통하여 그 기능과 안정성을 확인할 필요가 있다. 도참(2-9)에 Block형상에 따른 제원의 예를 나타낸다.

- (4) 항내측의 근고블록에 대하여는 항내파랑, 시공시파랑 및 월파의 영향을 고려하여 설계할 필요가 있다. 항내측의 근고블록은 항외측의 근고블록 중량보다 가벼운 중량을 사용해도 좋다. 종래의 설계에서는 항외측의 1/2정도의 중량을 채택한 한 예가 많다. 단, 항내 파랑이나 시공시의 파랑에 의한 소요중량 보다 작아서는 안 된다. 특히, 시공단계에 따라 두부가 되는 장소에 대하여는 주의가 필요하다.
- (5) 소파 블록 피복재의 항외측의 근고블록에 대하여도 소파공 없이 방지하는 기간 등을 고려하여 시공시 파랑에 대하여 식(참2-5)을 써서 근고블록의 제원을 구할 수가 있다.
- (6) 사석기초부는 다짐효과를 얻기 위하여 한 계열동안 방지하는 것이 좋으며 이렇게 하면 직립부 거치후의 침하도 적다.
- (7) 세굴 및 세립자의 흡출 등이 우려되는 경우에는 세굴·세립자 흡출 방지공을 설치한다. 세굴방지 공으로는 소단모양으로 사석을 투하하거나 버림 블록, 아스팔트 매트, 합성수지 매트 등에 의하여 비탈면 하단을 보호하는 방법이 있다. 이러한 세립자의 흡출, 세굴, 그에 의한 기초부의 침하 등을 저감 또는 방지하기 위한 방법을 다양하게 검토 적용할 수 있으며, 적용성에 대하여는 극한 조건을 대상으로 하여 실험적으로 검증할 필요가 있다.
- (8) 직립부를 똑바로 거치하기 위하여 사석상부는 공극을 메우는 등 수평으로 요철이 없이 사석이 충분히 맞물리도록 하여야 한다. 요철이 심하면 케이슨의 경우 케이슨이 뒤틀림 힘을 받거나 저판에 집중력이 작용

하는 등 악영향을 받는다. 고르기 폭은 직립부의 양측에 적당한 여유를 고려할 필요가 있다. 근고 블록이 나 피복석이 있는 경우에는 이 부분도 고르기를 하여야 한다.

표참(2-1) 근고 Block의 소요두께와 제원

근고 Block소요두께 t(m)	규 격 ℓ(m)×b(m)×t(m)	무 게 (t/개)	
		유공형	무공형
0.8이하	2.5×1.5×0.8	6.23	6.90
1.0이하	3.0×2.5×1.0	15.64	17.25
1.2이하	4.0×2.5×1.2	24.84	27.60
1.4이하	5.0×2.5×1.4	37.03	40.25
1.6이하	5.0×2.5×1.6	42.32	46.00
1.8이하	5.0×2.5×1.8	47.61	51.75
2.0이하	5.0×2.5×2.0	52.90	57.50
2.2이하	5.0×2.5×2.2	58.19	63.25



도참(2-9) 근고 Block의 형상

2-8-3 경사제

- (1) 경사제의 기부에는 저질특성 등 필요에 따라서 세굴 및 세립자 유출방지공을 설치한다.
- (2) 난적의 블록제나 사석제에 상부공을 설치할 때에는 상부공의 기초석이나 작은 버림 블록으로 고르기를 한다.
- (3) 표사의 영향이 있는 곳에서는 파랑과 함께 모래도 투과하여 항내의 매물이 예상되므로 표사제어구조물 또는 모래막이공 등을 설치하는 것이 바람직하다.

[해설]

지진 및 파랑에 의한 액상화 발생한계와 그 가능성에 의한 구조물의 침하 및 안정성에 대한 점검과 대책을 검토하여야 한다. 이때 수리학적 구조물 기부세굴특성과의 관계도 함께 검토하는 것을 권장한다. 이들 특성을 검토할 수 있는

- (1) 세굴방지공으로는 사면의 선단부에 小段形으로 사석을 투하하거나 버림 블록, 아스팔트 매트, 합성수지 매트 등을 채택할 수 있으나, 기부세굴을 방지할 수 있는 다양한 방법을 검토하여 적용할 수 있다. (도참 (2-2)(b) 참조)
- (2) 경사제의 표면 마무리는 표층 피복 재료를 서로 잘 맞물리도록 시공하고 마루부분은 특히 정밀하게 마무리한다.
- (3) 모래막이 공으로는 경사제 내부에 널말뚝, 블록 등으로 壁을 설치하거나 입도분포가 양호한 석재를 경사제의 내부 또는 항내측 법면에 투입한다.
- (4) 경사제는 파랑에 의하여 제체가 변형되기 쉬우므로 유지보수를 게을리 하면 안 된다.
- (5) 피복을 Sand Mastic공법으로 하는 경우의 배합은 제3편 4-4 Sand Mastic을 참조할 것.
- (6) 지반이 연약한 경우에는 침하나 함몰에 의하여 설계상의 단면적보다 상당히 많은 사석이나 버림 블록을 필요로 하나 지반이 양호한 경우에도 사석의 분산이나 다짐 등을 고려하는 것이 보통이다.

2-8-4 소파블록(Block) 피복제

소파블록의 하부 및 기부 부근에는 필요에 따라 세굴 및 세립자 유출방지공을 설치한다.

[해설]

- (1) 파랑에 의한 지반의 세굴, 세립자 흡출에 의한 소파공의 침하가 발생하기 쉬우므로 세굴 방지공을 설치한다. 세굴 방지공에 대하여는 본편 2-8-3 경사제를 참조한다.

2-9 부재계산

케이슨, Cellular 블록, L형 블록의 부재계산은 제5편 Precast 콘크리트부재에 따른다.

2-10 목재취급시설의 방파제

2-10-1 수면목재 저장장 및 수면 정리장의 방파제

- (1) 목재취급시설의 방파제는 이상고조위시 목재가 유출하지 않도록 방파제의 구조, 배후수역의 이용상황 등에 따라 적절한 높이로 한다.
- (2) 목재취급시설의 방파제는 본편 제2장 방파제 및 본편 제3장 기타 형식의 방파제의 규정에 준하고 또 필요에 따라서 목재의 충돌력에 대한 구조의 안정을 확보하도록 한다.

[해설]

목재 저장 수역 및 수면정리장은 일반적으로 항내 깊숙한 곳에 위치하므로 일반적인 방파제의 경우와 달리 파랑을 주요 외력인자로 하는 기능보다는 목재의 유출방지기능이 중요하다. 따라서 바람, 조류, 해일 및 장주기 파랑에 의한 목재의 충돌력에 대한 안정성 등에 대하여 검토해야 한다.

[참고]

- (1) 제체 내부 수역의 정온도에 대하여는 이상시에도 50cm 정도의 파고인 경우가 많다. 목재의 유출 등과 관련한 수리현상은 파고뿐만 아니라 폭풍해일 등 장주기 파동과 이상수면변동과 관련한 목재의 이동과 산란이 문제가 되는 경우가 있으므로 이에 대한 검토가 중요하다.
- (2) 마루높이는 이상고조위시에 목재가 유출하지 않도록 결정하여야 하나 이상조위상 설계유역파고의 0.6배 정도 이상으로 하는 것이 바람직하다.
- (3) 목재의 충돌력에 대하여는 목재의 이동 및 동요요인이 되는 지역의 외력 특성을 고려하여 계산되어야 한다. 명확한 정량적 기준을 마련하기 어려운 점이 많으므로 지역의 특성과 이용특성을 충분히 고려하고 기존의 설계사례 등을 참고하는 것이 좋다.

2-10-2 목재유출방지책

- (1) 목재유출 방지책은 목재 유출을 방지할 수 있는 마루높이, 말뚝간격을 갖추고 필요에 따라 상부공을 설치한다.
- (2) 목재유출 방지책 및 목재계류용 말뚝은 목재의 충돌력, 견인력에 견딜 수 있는 구조로 한다.

[해설]

- (1) 목재정리장의 목재 유출을 방지하기 위하여 필요에 따라 목재 유출 방지책 또는 목재계류용 말뚝을 설치한다.
- (2) 목재유출 방지책 및 목재 계류용 말뚝의 구조 설계에 있어서 고려하여야 하는 주요 하중은 파랑, 바람, 조류 및 해일(폭풍해일 및 쓰나미) 등 장주기 성 파동에 의한 목재의 동요와 이류에 의한 충돌력 또는 견인력이다. 현지조건에 따라서는 파력 및 해수유동에 의한 유체력 자체가 중요한 경우가 있으므로 이를 고려한다.

2-11 폭풍해일 방파제

- (1) 폭풍해일 대책을 주목적으로 하는 방파제는 폭풍해일에 의한 배후 수역 및 육역의 피해영향의 저감 효과를 감안하여 평면배치 및 마루높이 등을 결정하도록 한다.
- (2) 폭풍해일 대책을 주목적으로 하는 방파제는 파랑 등의 외력에 대한 구조의 안정은 물론 폭풍해일 내습시의 외력특성을 감안하여 구조의 안정을 확보하도록 한다.

[참 고]

- (1) 폭풍해일 방파제의 마루높이는 설치 위치의 설계조위(삭망평균조위+확률론적 이상고조위+여유고)와 설계 파랑 특성을 고려하여 해일에 의한 배후지 방재시스템과 연계하여 필요한 높이를 구한다.
- (2) 제체의 안정성은 설계조위의 수면조건에 설계파가 내습한 경우를 검토하고, 방파제 내외의 수면차는 폭풍해일 등 장주기 수면변동에 의한 상승과 하강의 시간 변동을 고려한다. 또, 지진시의 외력은 제체에 작용하는 관성력, 동수압을 고려한다.
- (3) 폭풍해일 방파제의 기초는 止水工을 설치하거나 투수성에 의한 유입을 효율적으로 차단하여야 한다.
- (4) 제체 내외의 수위 차에 의하여 방파제의 기초사석을 통한 침투류가 발생하여 기초지반이 세굴되는 경우가 있다. 이와 같은 경우에는 작은 쇄석이나 매트 등을 부설하는 등 세굴방지공법을 채용할 필요가 있다. 사석내의 침투류에 대하여는 제2편 6-7 지하수위와 침투 [참고](2) ④를 참조할 것.
- (5) 폭풍해일 방파제의 설계에 있어서는 일반 방파제보다도 개구부 주변 및 제두부의 극단적인 유속증대에 의한 유체력 및 기부 세굴에 의한 구조물의 안정성 등을 검토하여야 하며, 확률론적 설계조건에 의한 극치조건의 안정성에 대하여 검토하여야 한다. 이때 수리 및 수치실험에 의한 철저한 검증과정을 거칠 것을 권장한다.

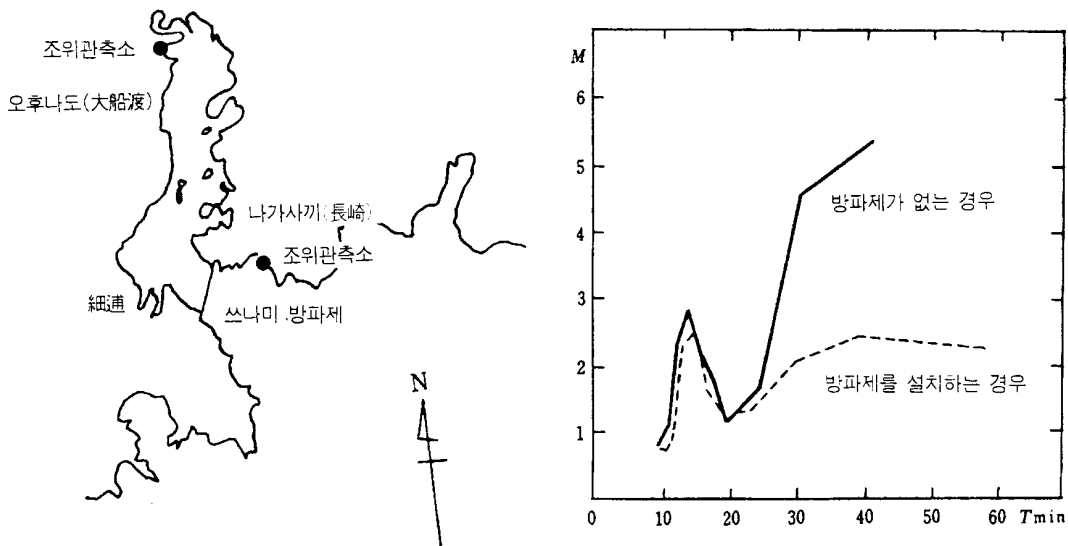
2-12 지진해일 방파제

- (1) 지진해일 대책을 주 목적으로 하는 방파제는 지진해일 영향의 저감효과 등을 감안하여 평면배치, 마루높이 등을 적절히 설정하도록 한다.
- (2) 지진해일 대책을 주목적으로 하는 방파제는 파랑 등의 외력에 대한 구조의 안정이외에 지진해일 내습시의 특성을 감안하여 구조물의 안정을 확보하도록 한다.

[해 설]

- (1) 지진해일 방파제의 설계에서는 지진해일 저감효과, 항 입구 유속 등 폭풍해일 방파제와 같은 외력항목을 검토하고 고려할 수 있도록 한다. 지진해일 방파제의 마루높이는 폭풍해일 방파제의 마루높이 결정기준을 준용한다. 항만의 방파제가 일반 방파제의 기능과 지진해일 방파제 등과 복합적 기능을 할 경우에는 설계 파랑의 월파 및 지진해일의 월파에 대하여 필요한 마루높이를 비교하여 높은 쪽을 취한다. 이 때 높은 쪽의 월파 등을 저감할 수 있는 구조형식을 검토하여 적용할 수 있다. 한편, 지진해일의 피해를 막기 위한 방파제는 배후수역 및 육역의 방재시스템과 연계하여 그 마루높이 및 평면배치를 확률론적으로 결정할 수 있다. 지진해일에 대하여는 제2편 6-4 지진해일을 참조할 것.

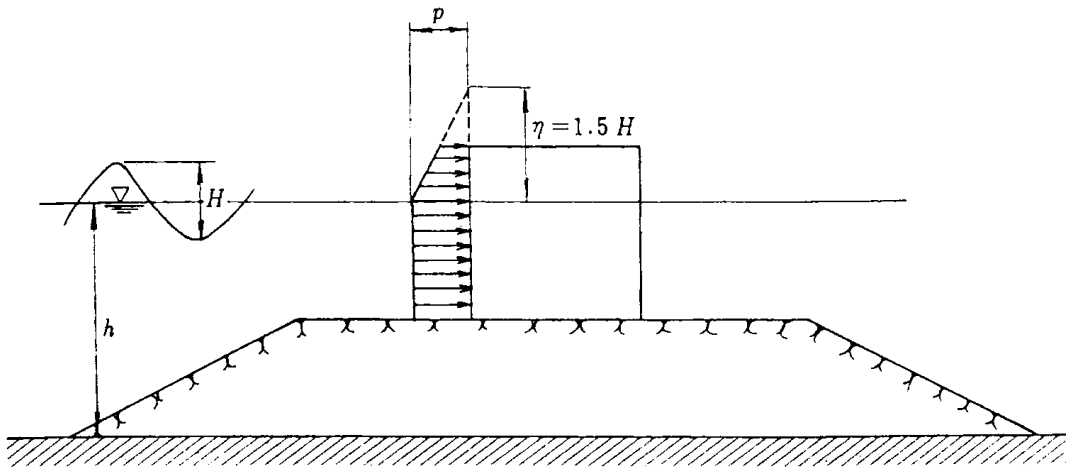
- (2) 지진해일시에 제체에 가하는 외력으로는 제체 내외의 수위 차에 의한 정수압과 지진해일에 의한 파력이 있다. 더구나 방파제 배후의 수위는 지진해일의 유입 유출에 따라서 반드시 정수면과 일치하지 않는다는 점에 유의할 필요가 있다.
- 지진해일에 의한 파력에 대하여는 해명되지 않은 부분이 많기 때문에 수리모형실험 등의 적절한 방법에 의하여 파력을 확인하는 것이 필요하다.
- (3) 좁은 항입구부에 지진해일이 내습한 경우 유속이 증대하고 수류의 와류가 발생하여 수중 기초사석부의 피복재의 안정성에 큰 영향을 미치는 일이 실험적 연구에 의하여 확인되고 있다. 또, 폭풍해일보다도 크다고 하는 지진해일의 소류력의 영향도 있다. 특히, 항구부에 대한 제체의 안정성 및 기초지반의 세굴방지를 도모하는 등 그 보강에는 주의가 필요하다.
- (4) 지진해일 방파제는 수심이 깊은 곳에 설치하는 경우가 많으며 이 경우에는 제체높이도 커지고 지진시의 안정이 특히 문제가 되므로 기초 사석부 재료의 비선형성을 고려한 지진응답 계산을 하여 내진성을 검토하는 것이 바람직하다. 더욱, 높이가 큰 구조물은 일반적으로 위로 갈수록 지진력이 커지므로 높이에 따라 진도를 변화시키는 방법도 있다. 또, 기초 사석부 사면의 지진시 안정에 대하여도 검토하는 것이 바람직하다.
- (5) 수심이 깊어짐에 따라서 기초부의 높이가 커질 수 있기 때문에 파력에 대한 기초사석부의 안정이나 기초 사면의 파랑에 의한 변형에 주의할 필요가 있다. 또, 기초사석부의 압축량이 커지므로 사석의 餘盛高 등에 배려할 필요가 있다.
- (6) 지진해일 방파제의 효과는 도해(2-1)과 같이 주기가 긴 저차의 진동에서 방파제가 있는 경우의 波高 増幅率 M (만내진폭/입사진폭)이 방파제가 없는 경우와 비교하여 크게 감소하여 지진해일 저감 효과를 발휘하고 있음을 알 수 있다. 이와 같이 지역특성에 따라 그 효과를 주기(주파수) 특성별로 해석하고 확인하는 과정이 필요하다.



도해(2-1) 지진해일 방파제의 효과(오후나도만의 경우)

[참 고]

지진해일에 의한 파력에 대하여 단주기 파로부터 장주기파로의 천이과정(遷移過程)에서 파력의 변화를 기초 사석부의 높이에 따라 검토하고, 파력의 변화에 대한 주기효과를 검토할 필요가 있다. 주기가 극단적으로 길어지면 사석부 높이의 영향은 무시할 수 있게 되어 $\alpha_2 = 0$ 로 한 값 정도에 가까워지는 것 같다. 이 사실로부터 장주기파에 의한 파력은 제2편 6-4 지진해일와 같이 주어지는 경우도 있다. (도참(2-10) 참조)



도참(2-10) 장주기파의 파력

제 3 장 기타형식의 방파제

3-1 구조형식의 선정

본편 제2장 방파제에서 취급하고 있는 방파제 기본형식의 구조와 다른 방파제의 채용에 있어서는 설계 조건(파랑조건, 해수교환율, 소파의 필요성, 항내 정온도, 지반조건 등)에 따라 적절한 구조를 선정하여 적절한 설계법 또는 수리모형실험에 근거하여 설계한다.

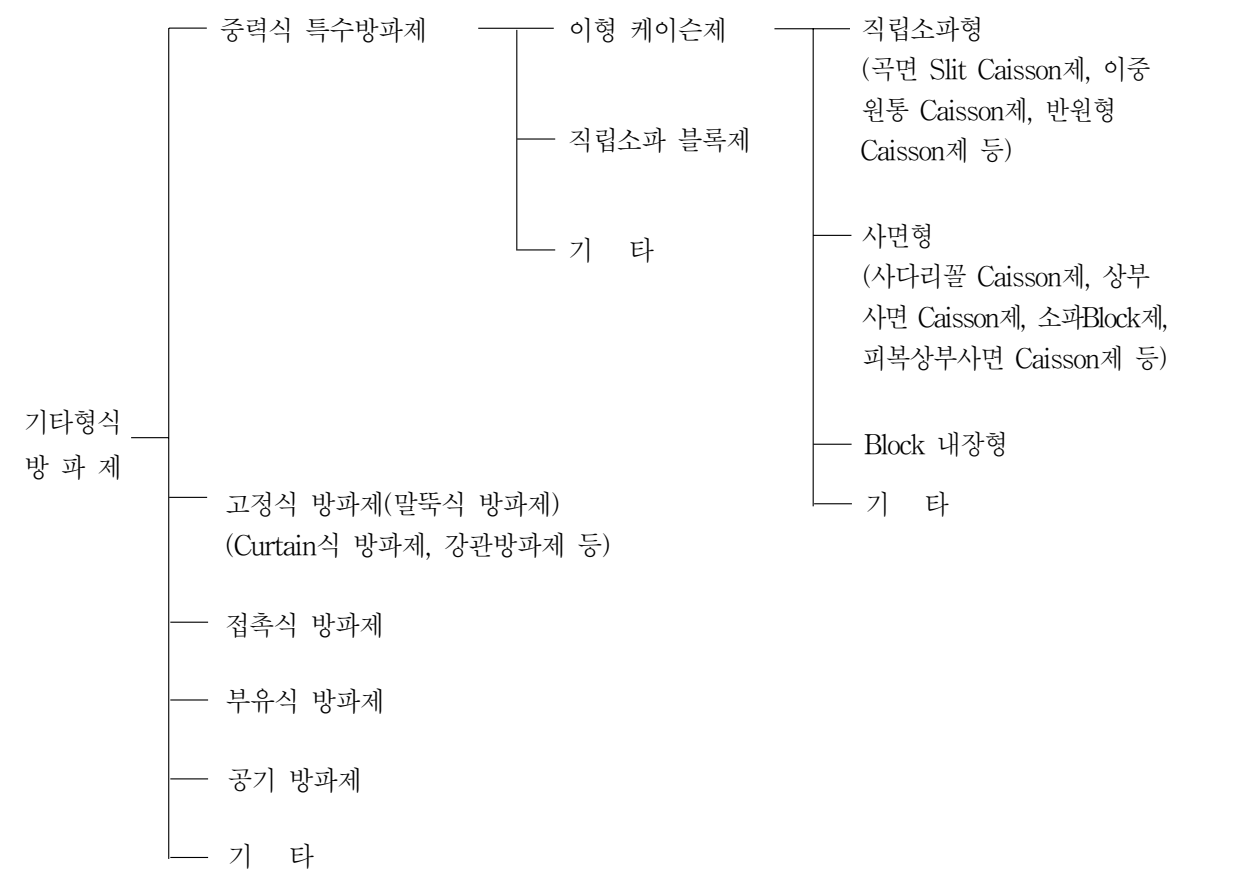
[해설]

- (1) 방파제의 구조형식에는 본편 제2장 방파제에서 다룬 기본형식 이외에 형상, 기능, 재료 등에서 다양한 형식이 있다. 이들 형식의 대부분은 저반사성이나 통수성 등의 성능, 지반, 수심, 파랑 등의 자연조건, 일시적 사용 등 용도상의 목적에 따라 각 형식의 수리특성을 충분히 참고하여 적절한 형식의 것을 선정하여야 한다.

[참고]

- (1) 본 장에서 기술하는 기타 형식의 방파제는 본편 제2장 방파제에서 취급한 형식의 구조와 다른 특수한 방파제이다. 특수한 형식의 방파제의 명칭이나 분류는 목적에 따라 다양하나 다음과 같이 분류할 수 있다.
- ① 중력식 특수방파제는 파력에 대하여 중량으로 저항하는 형식이므로 주로 재래식 혼성제의 직립부를 소파성능이나 내파안정성 등의 면에서 개량한 구조물이다. 이들 각 형식에는 다시 통수성을 갖는 투과형과 그렇지 않은 불투과형이 있으나 불투과형이 많다. 반면에 중력식 이외의 방파제는 말뚝의 저항력, 점토지반 표면의 점착력, 계류삭의 장력등 중력이외의 저항력으로 지지하는 구조로서 일반적으로 통수성을 갖는 형식이 많다.
 - ② 중력식 특수방파제는 특수한 형상의 케이슨을 사용하는 이형 케이슨제와 특수한 블록을 연직으로 쌓은 직립소파 블록제로 대별된다. 이형 케이슨제는 다시 直立消波型, 사면형, 블록內藏型 등으로 분류된다. 直立消波 블록제는 다양한 구조형식을 가지고 있으나 일반적으로 항내 등 파랑환경이 험하지 않은 곳에서 쓰인다.
 - ③ 直立消波형 케이슨은 일반적으로 파랑환경이 잔잔한 곳에서 쓰여 왔으나, 이중 圓筒케이슨 등과 같이 대수심, 고파랑 지역으로 적용성을 확장할 수 있는 것이 있다.
 - ④ 중력식 이외의 방파제는 연약지반 등 특수한 환경조건이나 이용목적에 따라서 이점이 있는 경우에 사용한다. 고파랑 및 장주기파에 대한 파랑제어기능의 한계 등 성능의 한계가 있어 일반적으로 만내 또는 항내 등 파고가 비교적 작은 곳에서 적용할 수 있는 형식이다.
 - ⑤ 말뚝식 방파제는 말뚝의 저항력으로 파력에 저항하는 형식으로 curtain식 방파제나 강관방파제 등이 있다.
 - ⑥ 접촉식 방파제는 제체저면과 점토지반 표층의 점착력으로 수평파력에 저항하는 것으로, 저항력이 부족한 경우에는 말뚝 등 저항력을 부가시킬 수 있는 구조형상의 변형과 연계시켜 사용할 수 있다. 연약한 점토지반상에 방파제를 건설하기 위하여 개발된 것으로 지반개량이 불필요하므로 경제적이다.
 - ⑦ 부유식 방파제는 부유물체를 계류시켜 방파제로 하는 것으로 부체의 형상에 지배를 받으며, Pontoon형의 것이 지배적이나 다양한 형상과 변형을 통해 기능을 극대화 할 수 있다. 이상 기상시 분리되어 2차 재해를 일으키지 않도록 적절한 조치를 강구하여야 한다.

⑧ 공기방파제는 수중의 기포관으로부터 공기를 방출하여 파랑을 소멸시키는 것으로서 선박의 항행을 저해하지 않는 등의 특징이 있다. 주기가 짧은 파랑에는 효과가 있으나 다양한 파랑환경의 제어라는 면에서 한계가 있으나 환경제어 시스템과 연계한 장점을 응용할 수 있는 해역에서는 적용이 가능하다.



- (2) 이들 방파제는 그 적용조건이 한정된 것이 많으므로 해역의 환경 및 이용조건에 따라서 신중히 검토하여 적절한 형식의 것을 선정할 필요가 있다.
- (3) 종래의 기본형식과 다른 이들 방파제에 관하여는 파력, 파의 투과율, 반사율, 물의 투과성(해수교환율) 등의 수리특성이 아직까지 파악되지 않은 것도 있어 설계시에는 체계적인 해석 및 수리모형실험 등에 의한 검증이 있어야 한다.

3-2 중력식 특수 방파제

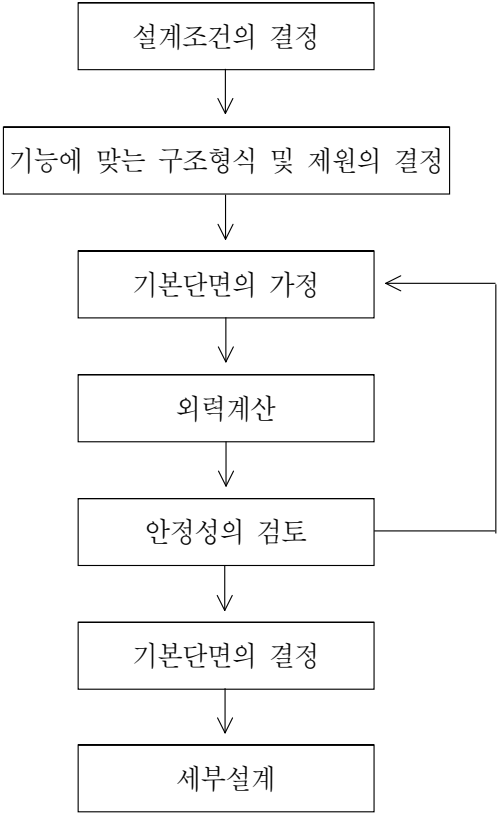
3-2-1 일 반

중력식 특수방파제의 설계에 있어서는 본편 제2장 방파제에 준하는 설계기준 외에 기능 및 형상을 검토하여 소요 구조제원을 적절히 설정한다.

[참 고]

(1) 설계의 순서

중력식 특수방파제의 설계는 다음에 나타난 순서에 따라 행하는 것이 좋다(도참(3-1) 참조).



도참(3-1) 중력식 특수방파제의 설계순서

(2) 설계조건 결정

설계조건 결정은 본편 2-3 설계조건 결정에 준한다. 단, 소파기능을 가지는 형식의 방파제에서는 주 소파대상 파랑조건을 따로 결정할 수 있다. 즉 소파의 목적 및 파랑조건에 따라 안정성의 검토와 부재계산에 쓰이는 설계파 조건과는 별도로 정할 수 있다. 오히려 해역기능을 중시한 최대빈도파랑이나 설계파보다 작은 빈도파랑조건(평상파)의 파랑제어기능을 강조하는 경우가 많다.

(3) 기능에 맞는 구조제원의 결정

직립소파형 방파제에 있어서 반사파, 처오름 높이, 월파량 등을 고려한 최적의 파랑제어기능을 고려하여 목표로 하는 소파기능을 만족하고 안정성을 확보하는 구조제원을 결정하지 않으면 안 된다. 또, 이형 케이슨을 사용한 방파제에서는 그 형상의 특수성에 근거한 소요제원을 적절히 결정해야 한다. 특히, 전달율은 형식에 따라 다르므로 당해구조의 전달특성에 따른 마루높이를, 그리고 통수성을 갖는 경우에는 개구부의 제원을 적절히 결정할 필요가 있다.

(4) 기본단면의 설정

소파기능을 고려한 구조제원을 제외한 기본단면의 설정은 본편 2-5 기본단면의 설정에 준한다. 단, 종래의 기본형식 케이슨제의 경우 기초사석부와 파랑의 조건에 따라서 강력한 衝擊碎波力이 발생하는 일이 있으므로 충격쇄파파력의 발생을 피하도록 기초사석부의 형상을 결정할 필요가 있으나 투수성을 가지는 곡면

slit caisson이나 multicellular caisson 등과 같은 특수 케이슨제의 경우에는 그 필요성이 없는 것도 있다.

(5) 외력계산

외력의 계산은 본편 2-6 외력계산에 준한다. 단, 파력은 구조형식에 따라서 현저하게 다르므로 당해구조 형식에 따른 적절한 계산식 또는 조건에 대한 수리모형실험에 의하지 않으면 안 된다. 특히, 다양한 부재로 구성된 구조물에 있어서는 직립부 전체의 안정성 검토에 쓰이는 파력 이외에 부재에 작용하는 파력에 대하여도 충분히 검토할 필요가 있다. 특히 상판을 불투과성 구조물로 설치할 경우에는 유수실내의 복잡한 파동 및 파랑과 공기압과의 상호작용에 의한 파랑제어기능의 변화 및 상판에 미치는 파력의 변화를 실험적으로 검토할 필요가 있다.

(6) 안정성의 검토

안정성검토는 본편 2-7 안정계산에 준한다.

(7) 부재계산

부재계산은 구조형식의 특수성에 맞게 제5편 프리캐스트 콘크리트 부재나 제7편 외곽시설 제2장 방파제 및 제3장 기타형식의 방파제의 내용을 준용하여 계산한다.

3-2-2 직립소파 블록제

[1] 일 반

직립소파 블록제는 소파성능 등을 충분히 조사하여 적절한 블록을 선정하고 필요에 따라 수리모형실험을 행하여 설계한다.

[해 설]

- (1) 직립소파 블록제는 소파기능을 가진 특수블록(직립소파블록)을 직접 쌓아올린 블록식 직립제 또는 혼성제이다. 직립소파 블록은 다양한 구조형식이 개발되어 있으므로 그 소파성능 등을 충분히 조사하여 적절한 블록을 선정할 필요가 있다.
- (2) 직립소파 블록의 반사율은 파랑의 주기에 따라 크게 다르므로 그 영향을 충분히 고려하여야 한다. 반사율의 결정에 있어서는 현지 조건을 고려한 수리모형실험에 의하는 것이 바람직하나, 기왕의 실험에 의한 값을 참고로 하여 정할 수 있다.
- (3) 직립소파 블록제는 일체구조인 대형블록을 제외하고 일반적으로 파고가 비교적 작은 내만 또는 항내에서의 방파제로서 쓰이고 있다.

[2] 마루높이

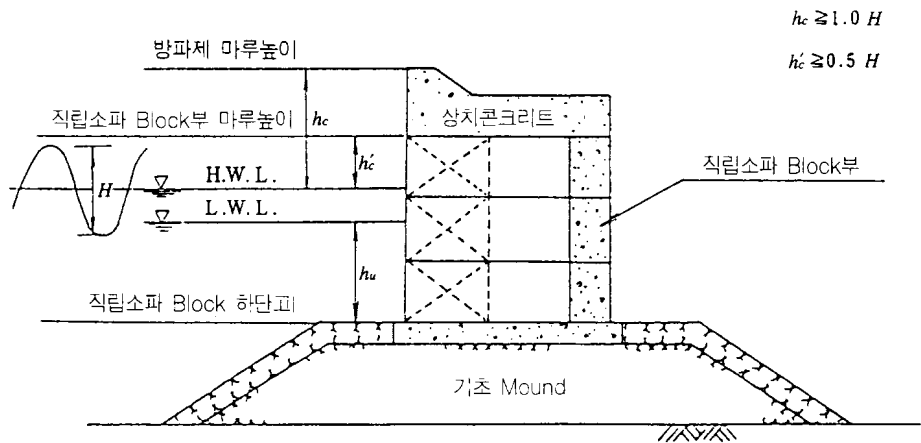
직립소파 블록식 방파제의 마루높이는 본편 2-5-1 직립제를 참고하여 기능을 만족시키는 높이 및 소파부의 높이를 고려하여 정한다. 소파부의 마루높이는 소파효과를 고려하여 결정한다.

[해 설]

- (1) 직립소파 블록제는 혼성제에 비하여 월파 및 전달파는 적으나 소파 블록 피복제보다는 크게 나타난다. 마루높이는 이들 특성과 배후의 이용조건을 충분히 고려하여 결정한다. 또, 마루높이를 결정할 때는 상부 콘크리트의 시공상 필요한 두께를 확보할 수 있도록 한다.

[참 고]

- (1) 직립소파 블록제의 소파효과는 직립소파 블록부의 마루 및 하단의 높이에 따라 변화한다.
- (2) 마루높이(h_c')에 대하여는 적어도 삭망평균만조위상 설계유위과의 0.5배 이상으로 한다. 또, 하단고(h_u)에 대하여는 삭망평균 간조위하 설계유위과의 2배 이상의 깊이로 하는 것이 바람직하다(도참(3-2) 참조).



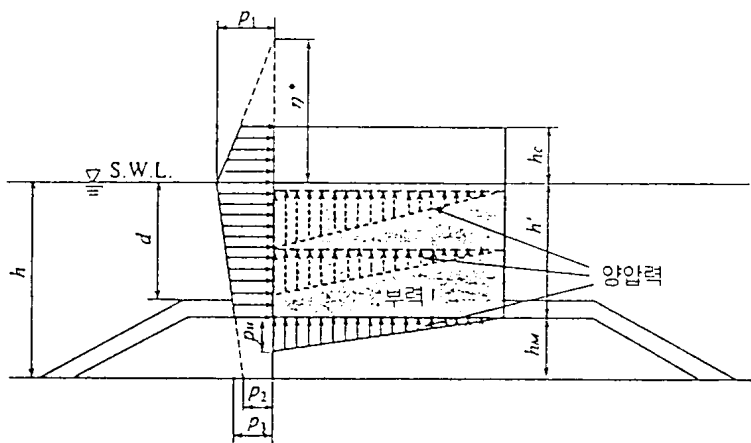
도참(3-2) 직립소파 Block식 방파제 마루높이

[3] 파 력

직립소파 블록제에 작용하는 파력은 제2편 5-2-8 직립소파 케이슨에 작용하는 파력에 준한다.

[참 고]

- (1) 직립소파 블록제에 작용하는 파력은 도참(3-3)과 같이 보며 부력을 고려한다. 직립소파 블록 각단 및 상부 공에 작용하는 양압력은 제체전면에서 양압력 산정위치에서의 파압과 같은 강도를 갖고 제체후단에서 0이 되도록 삼각형 분포로 한다.



도참(3-3) 안전성의 검토에 사용하는 파압분포

- (2) 입사파의 입사각에 의한 파압강도 변화에 대하여는 특별히 실험으로 확인되지 않는 한 고려하지 않는다.
단 입사각에 의한 파랑제어효과의 변화, 연파 등 특수한 파랑환경의 발생가능성이 우려되는 경우에는 이들 특성에 대한 해석과 안정성에 대한 영향을 검토하고 대책을 수립하는 것을 권장한다.

3-2-3 소파 케이슨(Caisson)제

[1] 一般

消波 케이슨제는 消波性能 등을 충분히 검토하여 적절한 구조형식을 선정하고, 수리모형실험 등에 의한 검증을 거쳐 설계하는 것이 바람직하다.

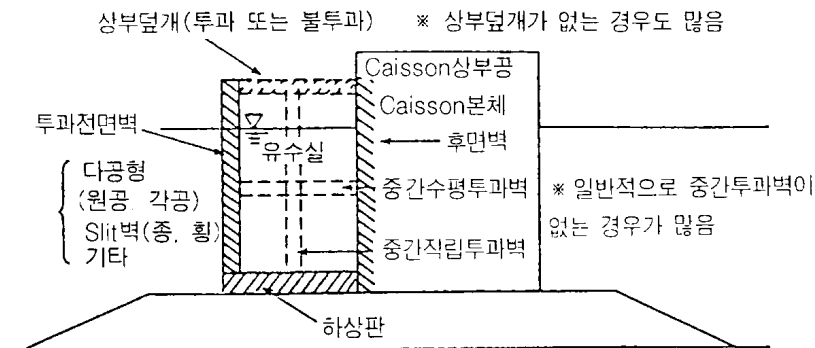
[해설]

消波 케이슨제는 적절한 구조형식을 선정하여 설치하였을 때, 기본형식의 직립제에 비하여 다음의 특징을 갖는다.

- (1) 반사파를 저감시킬 수 있다.
- (2) 월파에 의한 전달파를 저감시킬 수 있다.
- (3) 파력을 저감시킬 수 있다. 특히, 높은 기초사석부를 가지는 케이슨제에서는 큰 충격쇄파력이 작용하는 경우라도 소파 케이슨제에서는 충격적 쇄파파력을 발견하기 어렵다. 이 외에도 기포의 혼입을 촉진하고 해수의 曝氣 機能을 가지며 遊水室이 魚礁기능 등 친환경적 효과를 가지는 등의 부차적 장점도 있다.

[참고]

- (1) 소파 케이슨은 전면부에 투과벽과 유수실을 갖고 이것에 의하여 소파효과를 발휘하는 구조형식을 말한다. 도참(3-4)는 소파 케이슨의 구조요소를 보여주는 것이나 각 요소의 형상, 조합에 따라서 縱 Slit Caisson, 橫 Slit Caisson, 曲面 Slit Caisson, 多孔式 Caisson 등 다양한 구조형식을 생각할 수 있다. 消波 Caisson의 구조형식의 선정에 있어서는 각 구조의 消波性能, 내파성 등의 특성을 체계적으로 검토한 후 설계조건, 이용조건, 경제성 등을 고려하여 적절한 구조를 선정할 필요가 있다.



도참(3-4) 직립소파 Caisson의 구조요소

- (2) 다양한 소파 케이슨제의 구조형식 및 수리특징을 고려하여 해역의 파랑제어 목적에 부합하는 최적의 형상을 채택할 수 있으나, 극한조건 등에 대한 체계적 해석과 수리모형실험을 통한 검증을 권장한다.

[2] 소파대상 파랑조건의 결정

소파 Caisson의 설계시에 소파의 목적 및 파랑조건에 따라서 소파의 주된 대상이 되는 파의 조건을 안정성의 검토 또는 부재계산에 사용하는 설계파와는 별도로 정할 수 있다.

[해설]

소파 Caisson은 일반적으로 반사파 저감을 목적으로 채용하는 경우가 많으나 그 소파의 목적을 분명히 하여 거기에 따라서 소파대상 파의 조건 및 목표반사율을 결정하여야 한다. 특히 소파 Caisson의 반사율은 파의 주기에 의하여 현저하게 변화하므로 소파대상 파의 조건을 결정할 필요가 있다.

[3] 소파부 제원의 결정

투과 벽과 遊水室로 이루어지는 소파부의 구조 및 제원은 당해 구조의 소파특성 조위 변화 등을 고려하여 소파 대상파의 반사율이 목표반사율 이하가 되도록 적절히 정한다.

[해설]

- (1) 소파부의 구조 및 제원은 소파성능 외에 월파, 전달파나 파력에도 관계가 있으므로 이들 특성도 고려하여 결정할 필요가 있다.
- (2) 소파 케이슨의 반사율은 파랑, 조위, 수심 외에 전면 투과벽의 구조, 유수실의 폭, 유수실 상부덮개 유무와 그 높이 및 기초사석부의 높이 등에 의하여 변화하므로 소파대상파의 반사율이 목표반사율 이하가 되도록 적절히 소파부의 구조제원을 결정하여야 한다. 파랑제어기능면에서 보면 유수실의 높이는 충분히 높게 하거나 개방성을 확보해두는 것이 좋다

[4] 안정성의 검토에 쓰이는 파력

안정성의 검토에 사용할 파력은 제2편 5.2.8 직립소파 케이슨에 작용하는 파력에 따른다.

[5] 부재계산에 사용하는 파력

부재계산에 사용할 파력은 각 부재에 작용 가능한 외력특성 중 가장 불리한 것을 사용한다.

[해설]

소파 Caisson의 부재에 작용하는 파력에 대하여는 제2편 5-2-8 직립消波 Caisson에 작용하는 파력이외에 제5편 4-2 부재에 작용하는 외력을 참조하여 적용한다.

3-2-4 상부사면 케이슨(Caisson)제

[1] 一般

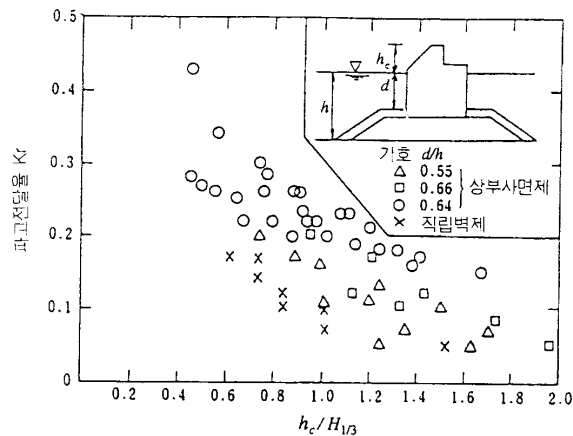
상부사면 케이슨제는 파랑의 전달특성등을 충분히 조사하여 적절한 형식을 선정하며 필요에 따라서 수리모형실험을 통하여 검증하면서 설계하는 것이 바람직하다.

[해설]

상부사면 케이슨제는 수평파력을 저감하는 동시에 사면벽에 작용하는 파력을 체체의 안정에 이용할 수 있는 방파제 구조형식이다. 기본형식의 직립제와 비교하여 전달파고가 커지므로 항내정온도 등을 고려하여 마루높이를 결정한다.

[참고]

- (1) 상부사면 케이슨제에 있어서 사면벽의 경사를 급하게 하면 항내전달파는 상대적으로 저감하는 효과가 있지만 역으로 파압이 커져서 사면제로서의 효과가 감소된다. 전달율의 변화 양상, 파압감쇄효과, 시공성 등으로 보아 사면경사는 45° 로 하는 것이 좋다. 그 이외의 구조세목은 본편 2-8 구조세목에 따른다.
- (2) 상부사면케이슨제의 전달파고는 도참(3-5)에서 보는바와 같이 마루높이가 같은 직립제의 2배 정도가 되며 마루높이를 설계유위과 $H/3$ 과 같게 하면 직립제의 마루높이가 설계유위과고의 0.6배인 경우와 같은 정도로 전달파고를 억제할 수가 있다.
- (3) 상부사면 케이슨제에서는 정수면에서부터 사면으로 하는 것이 일반적이나 사면하단이 정수면 보다 밑에 있는 반잠수형으로 하면 파력을 더욱 저감시킬 수 있다. 조차 등이 큰 해역에서는 이 기준면의 설정에 주의할 필요가 있다.
- (4) 케이슨 전면의 직립부 영역을 소파 Block으로 피복한 소파 Block 피복 상부사면제에서는 반사파를 저감시킬 뿐 아니라 전체의 안정성도 통상의 상부사면제보다 우수하다. 단, 소파블록의 마루높이에 따라서는 충격 쇄파압의 발생으로 이어지는 경우도 있다. 또, 소파블록이 정수면까지만 있으므로 블록의 안정성을 확보하기 위하여 특히 주의할 필요가 있다.



도참(3-5) 파고전달율과 상대마루높이

[2] 波力

波力은 수리모형실험 또는 적절한 산정식에 의하여 결정한다.

[참고]

- (1) 上部斜面 Caisson제에 작용하는 파력은 원칙적으로 수리모형 실험에 의하여 정하도록 하지만 그렇게 하기가 곤란한 경우에는 아래와 같이 계산하여 준용할 수도 있다. (도참(2-6) 참조)

$$F_X = F_{SH} + F_V = \lambda_{SL}' F_1 \sin^2 \alpha + \lambda_V F_2 \quad (\text{참3-1})$$

$$F_Z = -F_{SV} + F_U = -\lambda_{SL}' F_1 \sin \alpha \cos \alpha + 0.5 P_u \cdot B \quad (\text{참3-2})$$

$$\lambda_{SL}' = \min [\max \{ 1.0, -23 (H/L) / \tan^2 \alpha + 0.46 / \tan^2 \alpha + 1 / \sin^2 \alpha \}, 1 / \sin^2 \alpha] \quad (\text{참3-3})$$

$$\lambda_V = \min [1.0, \max \{ 1.1, 1.1 + 11 d_c / L \} - 5.0 (H/L)] \quad (\text{참3-4})$$

여기서,

F_X : 상부사면제에 작용하는 전수평파력(kN/m)

F_Z : 상부사면제에 작용하는 전연직파력(kN/m)

F_{SH} : 상부사면제의 사면부에 작용하는 파력의 수평성분(kN/m)

F_{SV} : 상부사면제의 사면부에 작용하는 파력의 연직성분(상향을+로 함)

F_V : 상부사면제의 직립부에 작용하는 파력(kN/m)

F_U : 상부사면제의 저면에 작용하는 양압력(kN/m)

F_1 : 고다(合田)식으로 계산한 직립벽에 작용하는 수평파력중 상부사면제의 사면부에 대응하는 성분(kN/m)

F_2 : 고다(合田)식으로 계산한 직립벽에 작용하는 수평파력중 상부사면제의 직립부에 대응하는 성분(kN/m)

λ_{SL}' : 사면부에 작용하는 파력의 보정계수

λ_V : 직립부에 작용하는 파력의 보정계수

α : 사면부의 경사(°)

P_u : 식으로 계산한 통상 Caisson의 Toe에서의 양압력(kN/m²)

B : 상부사면제의 Caisson폭(m)

H : 파고(m)

L : 파장(m)

d_c : 정수면으로부터 사면하단까지의 높이(정수면보다 위에 있을 경우는 +로 함)(m)

λ_{SL}' 은 이하의 3개의 영역으로 정의된다.

① H/L 가 비교적 적을 때

$$\lambda_{SL}' = \sin^{-2} \alpha, \text{ 즉, } F_{SH} = F_1, F_{SV} = F_1 \tan^{-1} \alpha$$

② H/L 가 클 때

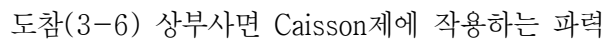
$$\lambda_{SL}' = 1.0, \text{ 즉, } F_{SH} = F_1, F_{SV} = F_1 \sin \alpha \cos \alpha$$

③ H/L 가 ①과 ②의 중간일 때

H/L 가 커질수록, λ_{SH}' 은 감소한다.

또, λ_V 에 대하여는 H/L 가 비교적 작을 때는 $\lambda_V = 1.0$ 이며 H/L 가 커지면 λ_V 는 감소한다.

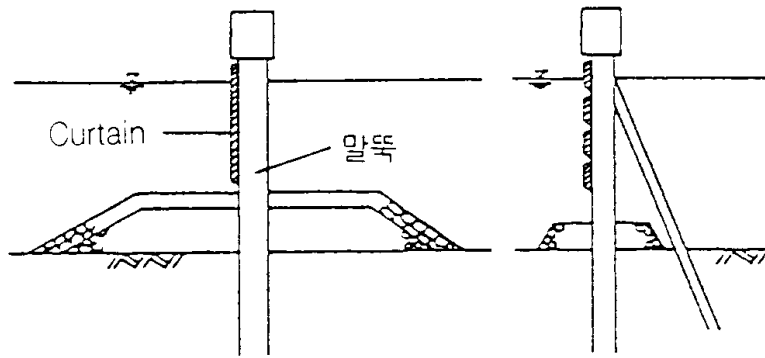
단, 이 파력계산법은 외해에 면한 비교적 수심이 깊고 설계파주기가 긴 경우를 대상으로 한 것임을 주의할 필요가 있다. 더구나 이 계산법이 제안되기 이전에는 간편법으로서 $\lambda'_{SL} = \lambda_V = 1.0$ 으로 하여 계산하였다. 이 경우 H/L 가 비교적 적은 경우이외에는 약간 안전측의 값이 된다.



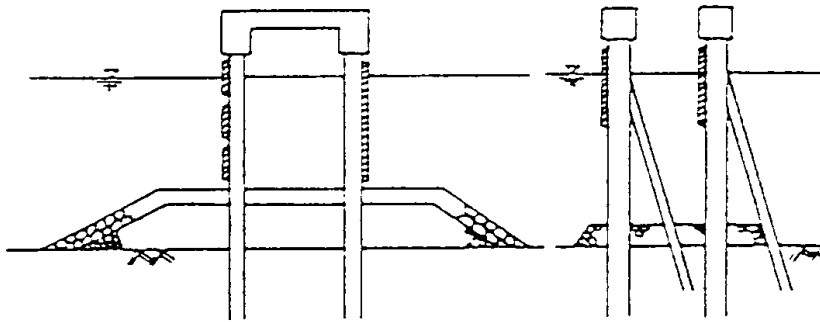
중력식 방파제 이외의 구조형식의 방파제에 대하여는 그 구조의 특성에 따라 본편 제2장 방파제 및 본편 3.2 중력식 특수 방파제의 규정 또는 기타 구조의 안정에 관한 규정에 준하여 적절한 안정성을 확보하도록 한다. 단, 특수한 구조 형식에 있어서는 수리모형실험 또는 구조물의 특성을 감안한 적절한 해석법에 의하여 구조의 안정성을 확보하도록 한다.

Curtain식 방파제는 반사률, 투과율 등을 고려하여 적절한 구조를 선정하고 필요에 따라 수리모형실험을 행하여 설계하는 것이 바람직하다.

– 781 –



(a) 단일 Curtain식 방파제



(b) 2중 Curtain식 방파제

도해(3-1) Curtain식 방파제의 분류

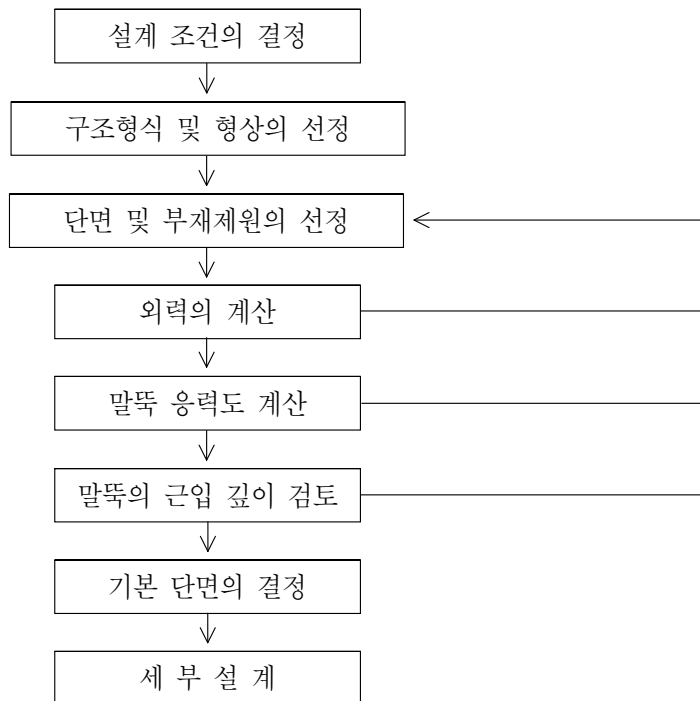
(2) Curtain식 방파제는 다음과 같은 특징이 있다.

- ① 反射率은 消波Block 피복제와 같은 정도 이하로 저감할 수가 있다.
- ② Curtain에 설치하는 slit 또는 curtain下端과 해저간의 간격을 통하여 潮汐 및 파랑에 의한 해수교환을 기대할 수 있다.
- ③ 말뚝의 타설, Curtain 설치용 鐵物의 부착, Curtain의 설치 등 현장에서의 공사가 많고, 상당한 시공 정확도를 요구한다.
- ④ 단일 및 2중 방파제를 비교하면 2중 방파제는 전후의 curtain사이에서 파랑에너지감쇄효과가 기대되므로 단일 방파제보다 반사파 및 전달파를 저감시킬 수 있다.
- ⑤ 커튼 벽의 밑을 통과하는 수류의 유속이 상당히 빨라지므로 적당한 세굴방지공을 고려해야 하는 경우가 있다.
- (3) 강관 방파제는 강 말뚝 또는 강 널말뚝을 사용한 방파제로서 경량구조이므로 연약지반을 가지는 비교적 파고가 작은 장소에 적당하다.
- (4) 커튼식 방파제의 설계조건은 본편 2-3 설계조건의 결정에 준하여 결정한다. 단, 커튼식 방파제의 반사율, 투과율은 파형경사 등에 따라 변화하므로 이들을 검토함에 있어서는 일반적으로 항만의 이용에 지장을 주리라고 예상되는 비교적 빈도가 높은 파랑을 검토대상으로 하면 된다.

- (5) 커튼식 방파제의 구조형식 및 형상은 당해 방파제가 설치되는 해역의 해상조건, 당해 방파제에 요청되는 반사율, 투과율 등의 목표치 및 각 구조형식별 시공성 등을 감안하여 결정한다.
- (6) 커튼식 방파제의 마루높이, 하단의 깊이, Slit의 크기 및 커튼간의 간격 등의 단면설정에 있어서는 조건에 부합하는 모형실험에 의하여 정하는 것이 바람직하다. 커튼 및 말뚝 등의 部材諸元은 법선방향의 말뚝 간격 등을 고려하여 적절히 정한다.

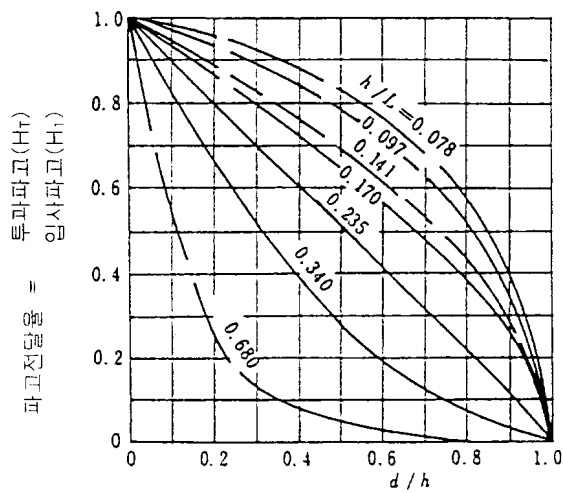
[참 고]

- (1) 커튼식 방파제의 설계는 다음의 순서로 하는 것이 좋다.(도참(3-7) 참조)

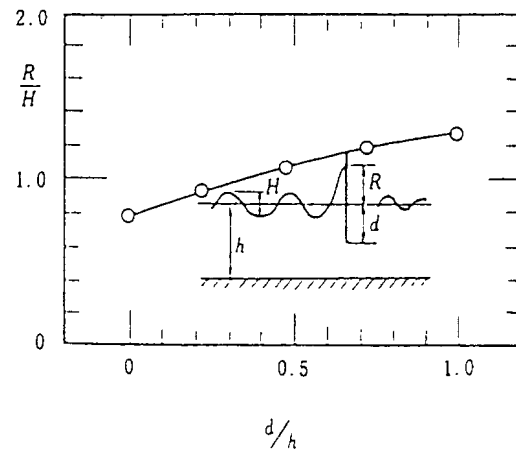


도참(3-7) Curtain 방파제의 설계순서

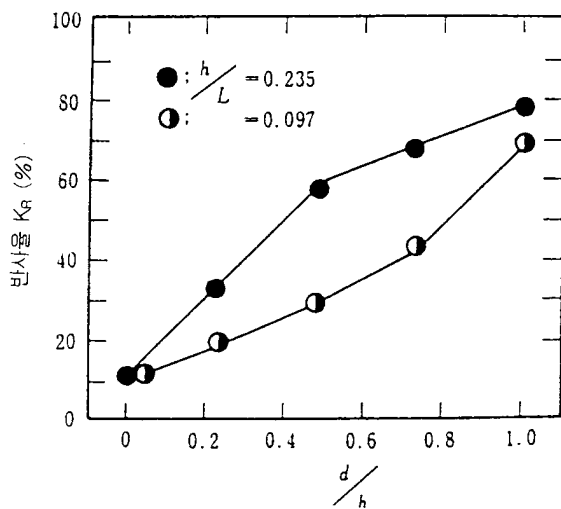
- (2) Curtain식 방파제에 관한 모형실험에 의하면 커튼하단의 깊이는 파고 전달율이 결정되면 도참(3-8)과 같은 기본특성을 고려하여 초기 설계치를 구하고 또, Curtain의 마루높이는 도참(3-9)에 의하여 구할 수 있다고 한다. 단, 도참(3-9)의 마루높이는 $d/h = 1.0$ 에서 $R/H = 1.25$ 가 되도록 수정한 것이며 완전히 월파를 방지할 수 있는 마루를 나타내고 있지 않다.
- 또한, 그림 중에서 d 는 커튼 하단의 깊이, h 는 수심, L 은 파장, R 은 커튼의 마루높이, H 는 파고이다. 다시 단일커튼에 의한 파랑의 반사율은 도참(3-10)에 나타난 기본 특성을 고려하여 검토할 수 있다.
- (3) 강관 방파제에서는 강관의 간격은 넓혀 타입하면 투과식 방파제가 된다. 동형식의 방파제에 의한 파랑의 투과율 Y_T 와 말뚝간격의 관계는 도참(3-11)과 같다. 또, 파력에 의한 모멘트는 말뚝간격이 넓을수록 감소하지만 그 효과가 있는 것은 말뚝의 간격 $b/D = 0.1$ 정도까지이다. 또한, 이 형식의 방파제는 말뚝간의 지반의 세굴에 유의하여야 한다.



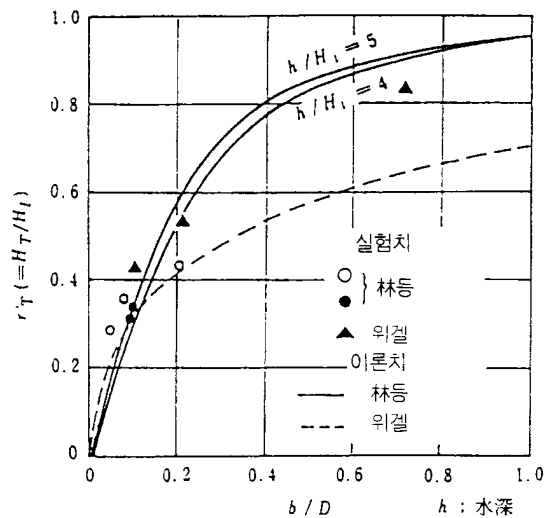
도참(3-8) 波高전달율과 d/h 의 관계
(단일 Curtain)



도참(3-9) 마루높이 산정곡선
(단일 Curtain)



도참(3-10) 반사율과 d/h 의 관계
(단일 Curtain)



도참(3-11) 투과율과 말뚝간격의 관계

[2] 파 력

커튼식 방파제에 작용하는 파력은 단일 커튼식 또는 2중 커튼식 등에 따라, 그리고 slit의 형상 및 크기에 따라 변화하므로 수리모형실험 또는 적절한 산정식에 근거를 두고 산정한다.

[해 설]

커튼식 방파제는 커튼부의 Slit 또는 전후 커튼간의 유수부에서 소파하는 작용을 하므로 그 형상 및 내습파랑의 특성에 따라서 커튼부에 작용하는 파력도 달라진다. 설계시에는 이러한 특성을 반영할 수 있는 수치해석법이나 수리모형실험으로 수리특성과 파력특성 등을 확인할 필요가 있다.

[참 고]

- (1) 단일 Curtain식 방파제에 작용하는 파력에 대하여 다음의 산정법을 편의적으로 사용할 수 있다. 즉, Curtain에 작용하는 파력은 제2편 5-2-2 직립벽에 작용하는 중복파 또는 쇄파의 파력에 나타난 파압분포로부터 Curtain하단 밑에 작용하고 있는 파압분포를 뺀 것을 초기 설계치로 사용할 수 있다.
- (2) 연속 강관 방파제에 작용하는 파력은 제2편 5-2-2 직립벽에 작용하는 중복파 또는 쇄파의 파력 또는 원주에 작용하는 파력계산법에 따라 초기설계용의 파력을 계산할 수 있다. 단, 연속강관 방파제를 쇄파영역에 사용하는 것은 피하는 것이 좋다.

[3] 말뚝의 설계

Curtain식 방파제의 말뚝의 응력도의 계산은 제8편 4-1-5 말뚝의 설계에 준한다. 또, Curtain식 방파제의 말뚝의 근입장은 제4편 제4장 말뚝기초에 의하여 계산한다.

[해 설]

- (1) 말뚝의 응력도 계산시 말뚝구조가 자립식의 경우에는 두부 자유 말뚝으로 하고, Group Pile 형식 또는 전후의 말뚝 두부가 상부공으로 剛結된 경우는 말뚝이 해지면으로부터 $1/\beta$ 매입된 점을 固定點으로 한 두부 고정 라멘구조로 하여 Bending Moment 및 전단력을 계산할 수 있다. β 의 산정은 제8편 4-1-5[3] 말뚝의 가상고정점에 따른다.
- (2) 말뚝의 근입장은 파압시의 橫抵抗을 충분히 확보할 수 있는 길이로 하고 또 압입력(押込力) 및 인발력(引拔力)에 대하여도 충분한 지지력을 갖는 길이로 한다.
- (3) 제체의 주체를 이루는 말뚝의 지지력 및 재료의 허용응력도에 대하여는 방파제가 설치되는 수역의 해상조건, 구조물의 중요도를 감안하여 상시, 이상시 별로 적절히 정한다.
- (4) Curtain식 방파제의 구조세목은 본편 2-8 구조세목에 준한다.
- (5) 콘크리트제 Curtain 부재 계산은 제5편 제 5장 Hybrid Caisson에 준한다.
또 방파제 상부공의 세부설계는 제8편 4-1-8 세부설계에 준한다.

3-3-2 부유식 방파제

[1] 일 반

부유식 부유물체는 소파 효과, 안정성 등을 고려하여 적절한 구조 형식을 선정하고 필요에 따라 수리모형실험이나 이론적 해석 등을 행하여 설계하는 것이 바람직하다.

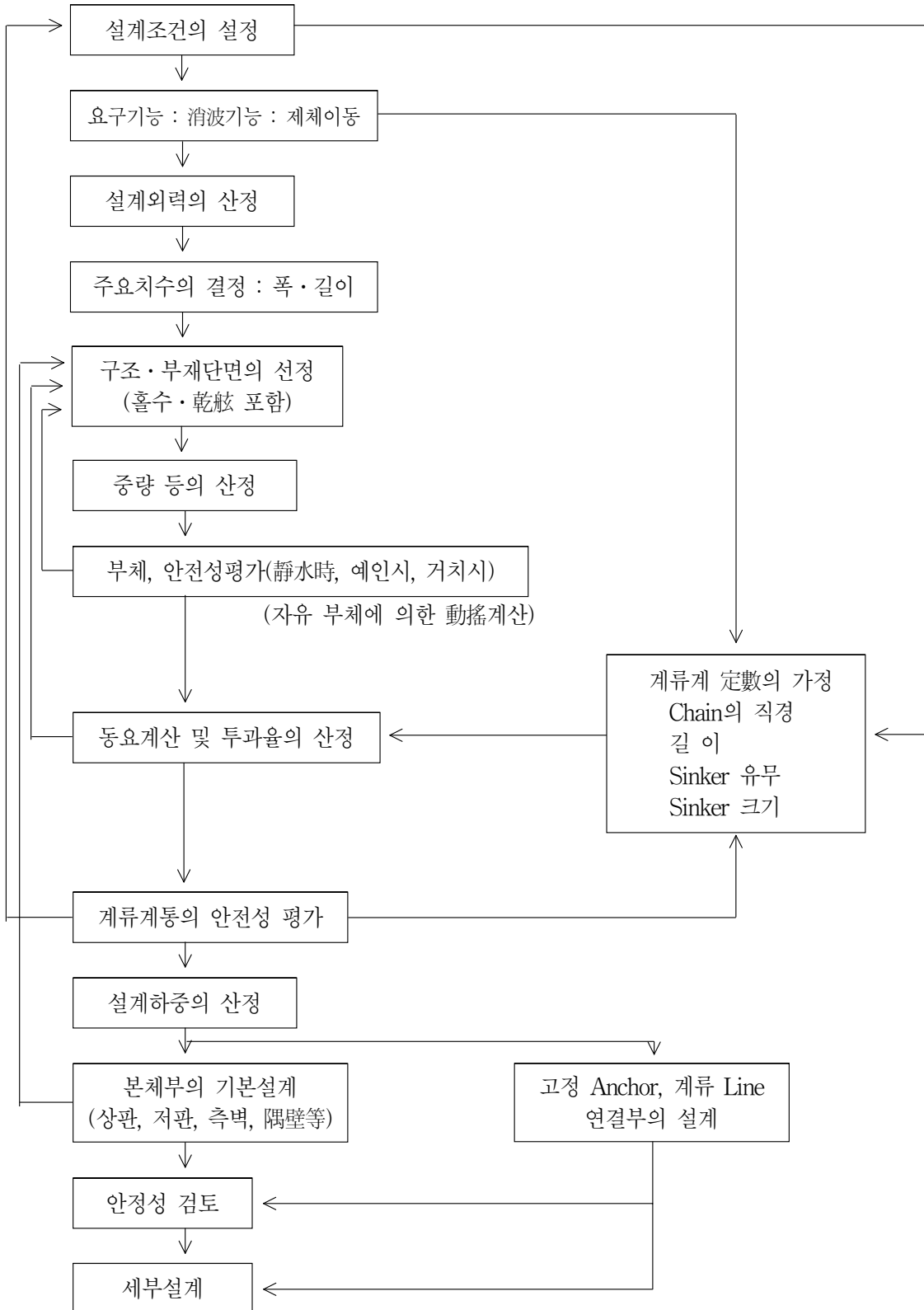
[해 설]

- (1) 부유식 방파제는 부유물체를 배치하여 파랑을 막는 구조형식으로 해수나 표사의 움직임을 방해하지 않고 조차나 지반상태에 영향을 받지 않으며 이동 가능한 이점 등이 있으나 상당한 轉達波가 생기며, 입사파의 특성에 따라 그 효과가 현저히 다르고 耐波力에 한계가 있어 파랑환경이 비교적 험하지 않은 곳에서 유용한 형식이라 수 있으며 충격적인 반복하중에 대한 계류시스템의 역학적 특성이 충분히 해명되어있지 않는 등의 문제가 있다. 또, 계류삭이 절단되면 부체가 표류하며 2차적 재해를 일으킬 우려가 있다.

- (2) 부유식 방파제의 배치 및 구조형상은 소정의 정온도가 얻어지도록 설정한다. 이를 위하여 수리모형실험 등을 행하여 투과율의 특성을 검토하는 것이 바람직하다. 또한, 2차원 矩形 浮體動搖의 近似 計算法이나 自由浮體에 관한 이론 등 확립된 이론적 해석법을 병용할 수 있으나 구조형상이 변화하는데 따른 검증실험이 동반되어야 한다.
- (3) 부유식 防波堤의 형상은 다양하며 그 재료로는 철근 콘크리트 Prestressed Concrete, 강재, FRP 등이 있다. 또, 부체의 배치 방법도 직렬배치와 2열 배치 등의 기본형태와 다양한 변형이 있을 수 있다.

[참 고]

부 방파제의 설계는 다음 순서에 따라 하는 것이 좋다. (도참(3-12) 참조)



도참(3-12) 부유식 방파제의 설계순서

[2] 설계조건외 결정

부유식 방파제의 설계에 있어서는 다음 주요항목을 고려한다.

(1) 부유식방파제의 기능에 관한 항목

- ① 소파의 대상 파랑(파고, 주기, 파향)
- ② 조위 및 수심
- ③ 요구되는 정온도

(2) 부유식 방파제의 안전성에 관한 항목

- ① 설계 파랑(파고, 주기, 파향)
- ② 조위 및 수심
- ③ 해수유동(유속, 유향)
- ④ 바람(풍속, 풍향)
- ⑤ 지반조건
- ⑥ 허용 이동량
- ⑦ 기타(선박의 충돌 등)

(3) 설계외력

설계에 사용할 외력은 제2편 제8장 부체에 작용하는 외력과 동요에 따른다.

[3] 계류계통의 설계

계류계통의 설계는 제2편 8-3 부체의 동요 및 계류력을 참조하여 안전성을 검토한다.

[해 설]

(1) 계류계통의 설계는,

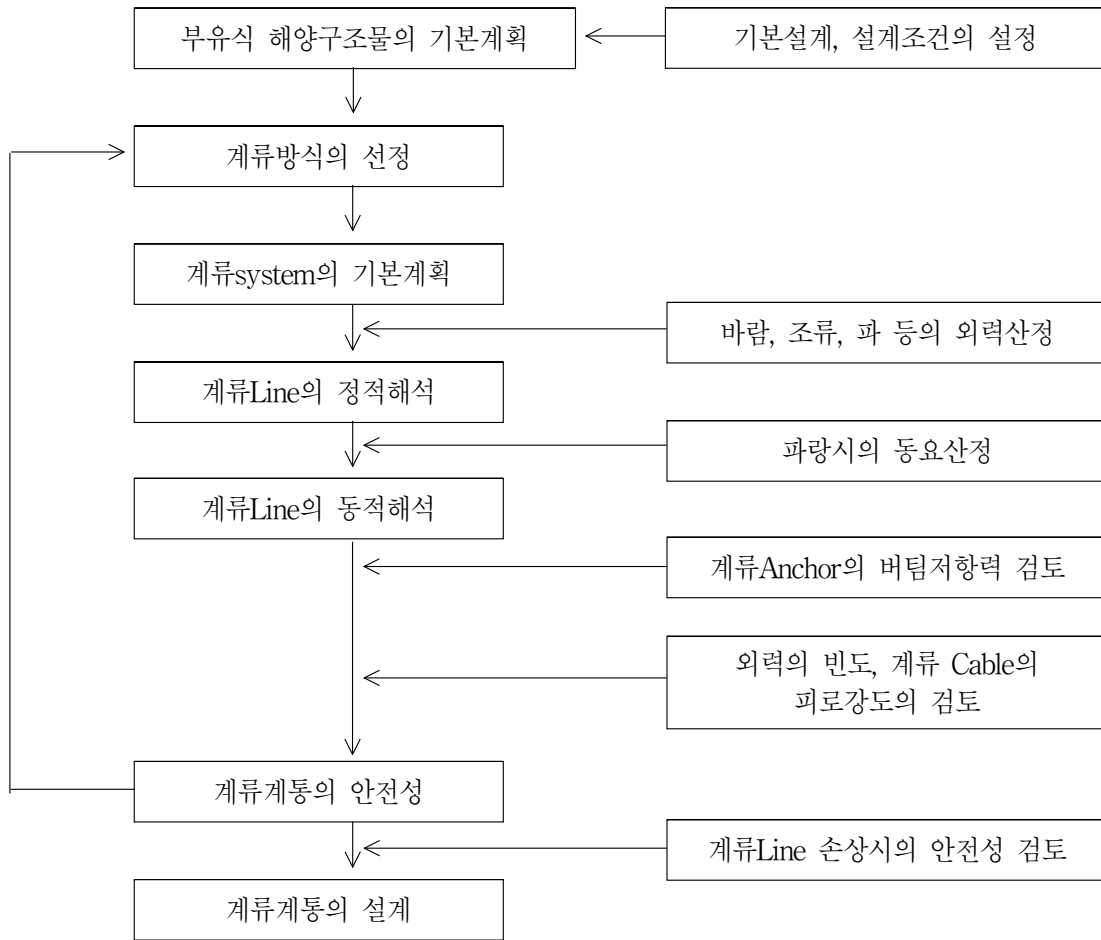
- ① 계류방식, Line 길이 등 계류계통에 관한 제 조건을 가정하므로써 정적, 동적 해석을 거쳐 계류Line 및 고정 Sinker에 작용하는 장력을 구하는 단계.
- ② 상기 ①에서 구한 장력 등을 기초로 실제의 계류Line 및 고정Sinker의 상세설계를 하고 그 안전성을 확인하는 단계 등의 2단계로 구분할 수가 있다.

(2) 계류방식의 선정에 있어서는 계류시스템에 작용하는 힘, 수심, 조위차, 해저조건, 파랑, 토질조건, 계류Line의 길이 등을 고려하여 선정한다.

(3) 계류Anchor의 설계에 있어서는 계류Anchor에 작용하는 수평력, 수직력에 대하여 계류Anchor의 수평 및 수직저항력이 크게 되도록 설계한다.

[참 고]

(1) 계류System의 기본설계 Flow를 다음에 나타낸다(도참(3-13) 참조).



도참(3-13) 계류 System의 기본설계 Flow

(2) 계류Line의 동적해석은 부체의 동요에 의하여 생기는 變動張力 및 變動變位를 구하는 것을 말하며, 크게 나누어 다음 2가지 방법으로 분류된다.

- ① 靜的繫留 特性을 사용하여 해석하는 방법
- ② 계류Line의 動的應答 特性을 고려하여 해석하는 방법

(3) 계류Anchor에 작용하는 힘에 대하여는 제8편 9-4-4 繫留Anchor의 設計에 따른다.

[4] 본체구조의 설계

본체구조는 전체로서 충분한 안전강도와 국부강도를 갖도록 한다.

[해설]

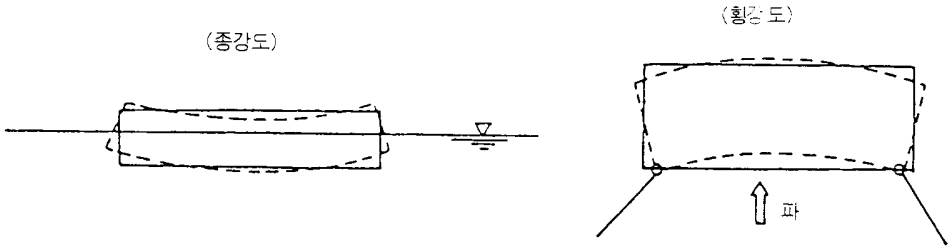
- (1) 부유물체 방파제의 구조재료의 결정시는 재료의 특성 및 경제성 등을 충분히 고려할 필요가 있다.
- (2) 부유식 방파제에 관하여 구조강도상 고려해야 할 하중은 다음과 같이 靜荷重과 動荷重으로 구분된다.

靜荷重 ——— 自重(탑재물 중량 포함)
 — 靜水壓

- 動荷重 ————— 과랑하중(斷面力을 일으키는 하중)
 - 풍하중
 - 조류 및 해류에 의한 하중
 - 계류에 의한 하중
 - 기타(예항에 의한 하중, 작업에 따르는 하중, 충돌하중 등)

부유식 방파제는 상술한 여러 가지 하중에 대하여 전체로서 충분히 안전한 구조강도를 가짐과 동시에 전체를 구성하는 각부에 대하여도 해당 각 부분에 요구되는 충분한 국부 강도를 가질 필요가 있다. 부 방파제와 같이 그 폭 및 깊이에 비하여 길이가 상당히 큰 구조물에 대하여는 강도설계상 다음 점에 대하여 해석하는 것이 일반적이다(도해(3-2) 참조).

- 중방향강도 ————— 靜水中 또는 과랑시의 단면력(縱 Bending Moment, 전단력 Torgue Moment)를 구한다.
- 횡방향강도 ————— 과랑시에 생기는 法線直角方向 斷面力(Bending Moment, 전단력)을 구한다.
- 局部强度 ————— 壁材, Beam에 생기는 단면력(위와같음)을 구한다.



도해(3-2) 縱强度和 橫强度 개념

(3) 부체의 안정성의 평가는 통상시 이외에 Counter-Ballast를 써서 예방하는 경우에는 이 상태에 대하여도 행하여야 한다.

[참 고]

- (1) 縱方向强度의 계산방법에는 부체의 동요를 고려하지 않는 계산방법과 부체의 동요를 고려한 계산방법이 있다. 부체의 동요를 고려하지 않는 방법에는 Muller의 식이나 Prestressed Concrete Barge 기준의 식 등이 잘 쓰인다. 한편, 동요를 고려한 계산방법으로는 우에다(上田)의 식이 있다.
- (2) 부체의 안정에 대하여는 제8편 9-3 Pontoon의 설계를 참고한다.

제 4 장 갑 문(閘 門)

4-1 설치위치의 선정

갑문의 설치위치는 자연상황, 통항선박(通航船舶)의 주요치수 및 척수에 따라서 선박의 출입에 안전하고 원활하게 조선할 수 있도록 적절히 선정하여야 한다.

[해설]

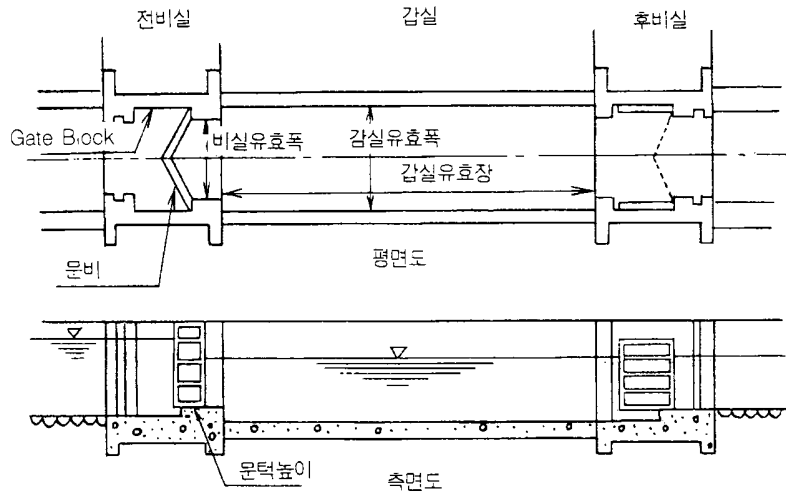
- (1) 갑문이란 수위가 다른 2개의 수면사이를 선박이 통행하기 위한 시설로서 하천 등의 운하에 설치하는 갑문과 항만지대에 설치하는 갑문으로 구분할 수가 있다. 여기서는 후자를 대상으로 한다.
- (2) 갑문은 설치위치의 적정성에 따라 그 주변의 항만기능, 예를 들어 박지의 면적, 접안시설의 확장 예정지 등에 제한을 주거나 다른 항행선박에 위험을 끼치거나 한다. 또, 설치위치의 자연조건은 공사비에도 크게 영향을 미친다. 따라서 갑문의 위치선정은 충분히 신중할 필요가 있다.
- (3) 연약지반상에 갑문을 설치하는 것은 가급적 피하는 것이 바람직하나 부득이 설치할 경우에는 부등침하에 대하여 충분한 대책을 강구해야 한다. 또, 지반침하가 있는 장소에서는 갑문의 침하 때문에 그 기능이 저하하는 일이 있으므로 침식대책을 고려하여 설계할 필요가 있다.
- (4) 바람, 파, 조류, 표사 등에 의하여 선박의 출입이 곤란해지는 일이 있으므로 갑문의 설치위치로는 정온한 장소를 택하는 것이 바람직하다. 정온하지 않은 경우에는 방파제를 축조하거나 또는 도류제(導流堤)나 유도제(誘導堤)를 길게 연장하여 갑문부근의 수역을 정온하게 하여야 한다.
- (5) 통행대상선박의 크기, 척수 등도 설치위치의 선정조건이 된다. 즉, 대피선박용의 박지 및 회선용 수면이 충분한 위치를 선정하여야 한다.
- (6) 기타 배후지의 이용 상황이나 육상교통 조건 등을 충분히 고려하여 설치위치를 결정하여야 한다.
- (7) 시설의 노후화, 기능저하에 따라 장래 개량공사가 필요해질 때 시공이 충분히 가능한 설치위치를 선정하는 것이 바람직하다.

4-2 갑문의 규모 및 형상

- (1) 갑문은 설치위치의 자연상황, 통항선박의 주요치수 및 척수에 따라서 선박의 출입시에 안전하고 원활하게 조선할 수 있도록 적절한 형상으로 한다.
- (2) 갑실의 규모는 다음의 표준치수의 산정식에 따라서 적절히 설정하도록 한다. 이 경우에 다음 각호에 나타난 여유수심, 여유폭 및 여유장은 통항선박의 동요를 감안한 적절한 수치로 한다.
 - ① 유효수심 = 통항선박의 흘수 + 여유수심
 - ② 유효폭 = 통항선박의 폭 × 並列隻數 + 여유폭
 - ③ 유효장 = 통항선박의 길이 × 1縱列의 척수 + 여유장

[참고]

- (1) 갑문각부의 명칭은 도참(4-1)에 나타난 바와 같다.



도참(4-1) 갑문각부의 명칭

(2) 閘門은 그 각부의 배치의 조합에 따라 다음과 같이 분류된다.

① 단비실(單扉室)갑문

海港 또는 하구항에 있는 갑문으로서 내측 수면적이 좁고 내부가 항만이 되어있는 경우에 쓰인다. 비실이 하나이므로 내측과 외측의 수위차가 있을때는 이용할 수 없고 선박의 출입은 제한을 받는다.

② 복비실(複扉室)갑문

보통의 하천운하 등에 쓰인다. 비실(扉室)이 2개이고 각 비실에 한 방향으로만 열리는 문짝 또는 인상문비를 갖고 있다.

③ 복식(複式)갑문

수위의 고저가 한 방향으로 제한되어 있지 않고 逆方向으로도 되는 경우에는 2개의 비실은 물론 각 비실에 2조의 문짝이 필요하다. 단, 문비형식에 따라서는 1조의 문짝을 양방향에 겸용할 수 있는 것도 있다.

④ 계단식(階段式)갑문

수위차가 커지면 2개 이상의 갑문을 縱으로 배열하여 설치한다.

⑤ 병열(並列)갑문

두 개의 갑문이 병열되어 있는 것으로 하천 또는 운하에서 주운(舟運)이 많아서 정리가 곤란한 경우에 쓰인다. 또 병열갑문에서는 규격을 달리하여 선박의 대소에 따라 따로 사용하는 경우와, 같은 규격으로 하여 상하의 교통을 분리하는 경우가 있다.

(3) 갑문각부의 제원을 결정하는 경우에는 조위, 통행대상선박의 크기, 배후의 이용상황 및 갑문공사비등을 고려하여 신중히 결정해야 한다.

(4) 갑실의 폭의 여유가 적은 경우에는 선박을 유도하기 위한 견인장치나 제동장치가 필요하다.

(5) 일반적으로 갑문의 여유는 선박의 크기에 따라 서로 다르나 후쿠다(福田)는 소형선박용 갑문에 대하여 다음 값을 제안하고 있다.

① 유효수심에 대한 여유 0.2~1.0 m

② 유효폭에 대한 여유 0.2~1.2 m

③ 유효장에 대한 여유 3~10 m

(6) 인천항 갑문의 각부제원의 예를 표참(4-1)에 나타낸다.

표참(4-1) 갑문의 제원

구 분	갑 거		구 분	갑 거	
	50,000t	10,000t		50,000t	10,000t
통과최대선박	50,000G/T	10,000G/T	갑문수	4조	4조
갑거총연장	436.4m	326.2m	갑문길이	38m	24.5m
갑거유효길이			갑문폭	8.3m	6.4m
내 측	280m	183m	갑문높이	18.5m	18.5m
외 측	375.2m	260.2m	무게(갑문당)	1,250톤	680톤
갑거유효폭	36m	22.5m	갑문개폐개요시간	5분	4분
갑 실 높 이	19m	19m	갑실취수시간	15분 20초	

4-3 구조형식의 선정

4-3-1 문 비(門扉)

갑문의 문비의 규모, 개폐에 요하는 시간, 수위차, 파랑등의 외력에 대하여 안전한 구조임과 동시에 다 음에 열거한 요건을 만족시키는 구조가 되도록 한다.

- (1) 비체(扉體), 문지방, 고정부는 평상시 및 지진시의 하중에 대하여 안전하고 또, 이들 하중이 확실히 기초구조에 지지되어야 한다.
- (2) 수밀성을 가져야 한다.
- (3) 문비의 개폐가 확실하고 원활히 조작할 수 있어야 한다.
- (4) 기계부분 기타의 가동부분의 점검이 용이하여야 한다.

[참 고]

갑문에 사용하는 문비는 부재의 마모(磨耗), 방청(防金靑)을 고려한다.

4-3-2 갑 실(閘 室)

갑실은 지반의 특성, 갑실내외의 수위차, 통항선박의 제원 및 척수, 주수량, 배수량 등에 따라 적절한 구조가 되도록 해야 한다.

4-4 갑문에 작용하는 외력 및 하중

갑문의 비실 및 갑실은 구조의 특성에 따라서 지반반력, 측벽 및 상판의 자중, 문비의 중량, 선박의 충격력 등에 대하여 안전한 구조가 되도록 해야 한다.

[참 고]

갑문의 비실 및 갑실의 설계시는 필요에 따라 조작실, 기계실등의 부대설비의 자중을 고려하여야 한다.

4-5 주배수(注排水) 장치

갑실의 수위를 조정하는 주배수 장치는 갑실내의 선박에 유해한 동요를 주지 않고 또 신속히 주수 및 배수를 하도록 해야 한다.

4-6 유도제(誘導堤)

갑문전후의 수역을 정온하게 하고 선박이 안전하게 출입할 수 있도록 갑문 전후에 유도제를 설치하고 필요한 설비를 해야 한다.

[해 설]

유도제에는 야간의 선박출입을 고려하여 조명시설을 할 필요가 있다. 또 선박이 계류할 수 있도록 계선주를 설치함과 동시에 충격력을 흡수하기 위하여 방충재를 설치한다.

4-7 관리시설

갑문에는 필요에 따라 다음에 열거하는 설비를 설치해야 한다.

- (1) 비상용설비
- (2) 조명설비
- (3) 전력관계 설비
- (4) 감시·계측설비
- (5) 유지관리설비

제 5 장 매몰대책시설

5-1 일 반

항만 및 항로의 매몰이 예상되는 경우에는 매몰원인이 되는 현상을 충분히 조사한 후 매몰의 형태를 이해하고, 매몰대책공이 유발하는 각종 영향, 경제성 등을 고려하여 적절한 대책을 강구하여야 한다.

단, 시설물의 상류와 하류부가 모래장으로 되어 있는 경우는 축조대상지역의 축조 전 모래장 지도를 작성해 두어야 한다. 이 때 퇴적 예상지의 모래를 하류로 이동시키는 모래장 유지 시설을 우선적으로 검토한다.

[해 설]

(1) 매몰의 원인

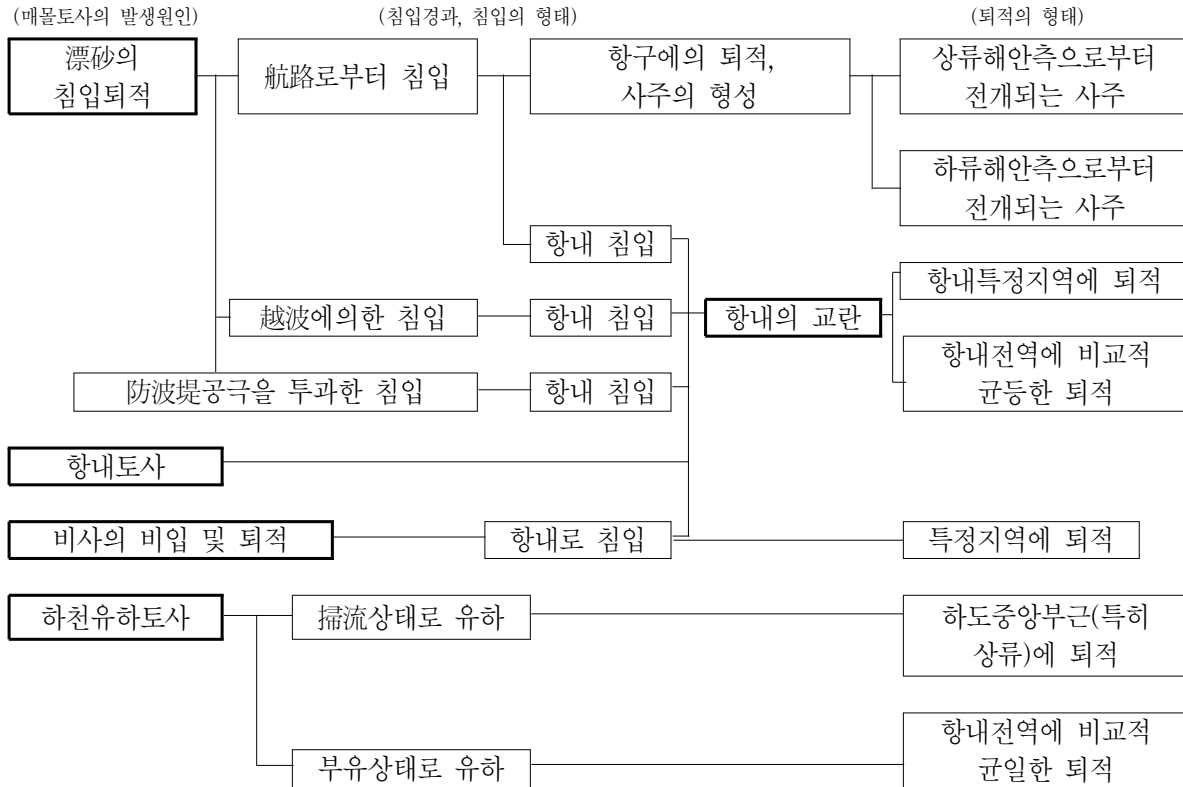
표사, 비사 및 하천 유하토사 등이 항로, 박지 등의 항만 수역에 침입하여 침전, 퇴적하여 수심이 감소함으로써 항만기능을 저해하는 현상을 매몰이라 한다. 그러나 항로에서의 Sand Wave의 형성 또는 항로의 비탈사면 붕괴와 같이 항로의 실질적 토량의 증감 없이 소요수심이하로 되는 지점이 생기는 현상도 있다. 매몰은 다음과 같은 원인에 의하여 발생한다.

- ① 漂砂의 침입, 퇴적(주로 파랑에 의한 것, 수류에 의한 것 등이 있다.)
- ② 하천 流下土砂의 침전, 퇴적
- ③ 비사의 飛込, 堆積
- ④ 당해 지역 내에서의 토사이동, 퇴적장소의 변화
- ⑤ 항내 교란에 의한 토사이동, 항로 범면붕괴, Sand Wave의 형성

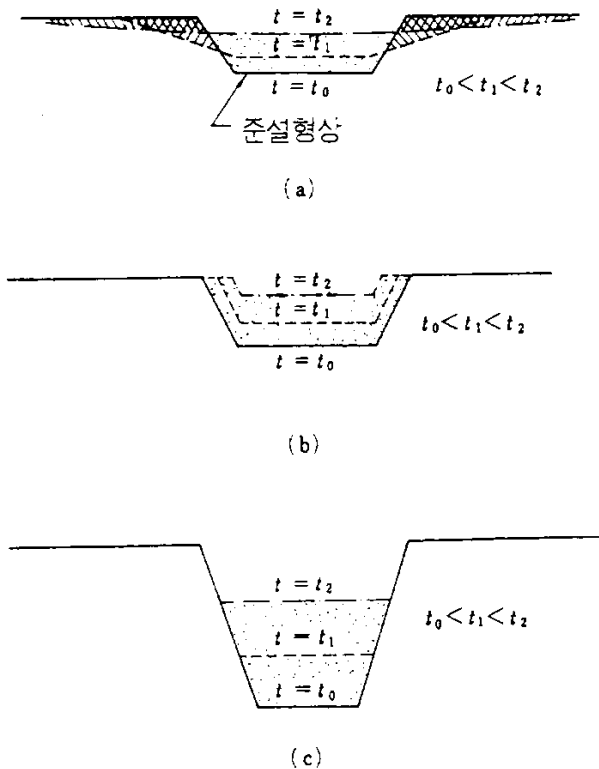
(2) 매몰의 형태

방파제 등으로 둘러싸인 수역의 매몰의 형태는 매몰토사의 발생원인, 토사침입의 경과와 형태 및 토사퇴적의 형태에 따라서 도해(5-1)과 같이 분류된다. 이를 형태의 각각에 대하여 매몰대책의 해석방법이 다르며 다음 절 이하에 기술한 방법 중 가장 적절한 것을 선정하게 된다. 또, 항외의 항로 등 비차폐수역의 매몰에 관하여도, 이하에 기술한 바와 같은 여러 가지 형태가 있다. 즉,

- ① 파가 주된 외력이고 해저가 모래질인 경우 굴착심도가 비교적 얇은 항로 등에서는 도해(5-2)(a)와 같이, 매몰은 인접지역의 세굴에 따라 일어나는 일이 많다.
- ② 해저가 부니질(浮泥質)인 항로의 굴착심도가 비교적 얇은 항로에서는 도해(5-2)(b)와 같이 항로의 범면을 포함하여 비교적 균등하게 매몰하는 일이 많다.
- ③ 해저주변에 비하여 깊이 굴착한 항로에서는 도해(5-2)(c)와 같이 항로 저면부의 매몰이 크다.
- ④ 해협 내 등에서 자연 砂州를 절단하여 굴착한 항로에서는 사주지형이 복원되는 경향으로 매몰된다.
- ⑤ 자연상태로 Sand Wave가 존재하고 있는 해저를 준설하여도 Sand Wave는 복원되기 쉽다.



도해(5-1) 항내水域에서의 매물의 형태

도해(5-2) 항로의 매물형태(여기서 t 는 경과시간)

(3) 매몰대책공법의 종류

매몰대책공법에는 다음과 같은 것이 있다.

- ① 防波堤 등 어떤 형태의 시설을 축조함으로서 반영구적으로 매몰을 방지 하는 것으로 일반적으로 표해(5-1)과 같은 것이 있다.

표해(5-1) 반영구적 매몰방지대책으로 사용되는 구조물

연안漂砂 방지공	항구로부터의 침입방지	방파제, 돌제(導流堤)
	월파에 의한 침입방지	방파제의 마루높임
	투과침입사 방지	사지공(砂止工)
하천유하토사 방지공	하천 소류력의 증가	導流堤
	유하토사침입방지	갈라치기제방(背割堤)
	유하토사의 감소	分水工
비 사 방 지 공	비사의 감소	식재, 방사림
	비사의 침입방지	방사책 등

- ② 어떤 형태의 시설 또는 Pocket 준설 등에 의하여 토사를 효과적으로 포착하여 이것을 유지 준설하는 것으로 여굴 또는 하구항 상류부에 Pocket준설을 하는 것 등이 있다.

- ③ 필요에 따라 유지준설을 한다.

(4) 매몰대책공법의 선정

매몰대책공법의 선정에 있어서는 매몰의 실태 및 기구를 충분히 조사한 뒤에 과거의 실례 등을 참고하여 결정하여야 한다. 가능하면 이동상 모형실험(移動床 模型實驗)에 의하여 검토하는 것이 바람직하다. 또, 그것이 주변 환경에 주는 영향에 대하여 충분히 배려할 필요가 있다.

5-2 반영구적으로 유지준설을 고려하지 않는 경우의 매몰대책공

5-2-1 방사제의 배치

- (1) 방사제는 표사의 특성을 감안하여 소요의 차폐 기능이 발휘되도록 적절히 배치한다.
- (2) 연안 표사의 상류 방사제는 쇄파대보다 얕은 곳에서는 그 기부를 해안선에 직각으로 돌출시키고 그 보다 깊은 수역에서는 표사를 항구의 반대측으로 확산시키도록 배치하는 것을 원칙으로 한다.
- (3) 연안 표사의 하류측 해안으로부터 항내로 토사가 돌아들어 오는 것을 방지하기 위하여 연안표사의 하류측에 방사제를 설치하는 경우에는 해안선에 직각으로 설치하고 또, 파향 및 파의 변형을 감안하여 적절한 연장을 갖도록 하는 것이 원칙이다. 단, 방사제가 방파제를 겸하는 경우에는 방파제로서의 소요기능을 감안한 적절한 배치를 하도록 할 것.
- (4) 항내의 航路 부근 등에서 필요한 경우에는 자연 상황에 따라 적절한 위치에 防砂堤를 설치하도록 한다.

[해설]

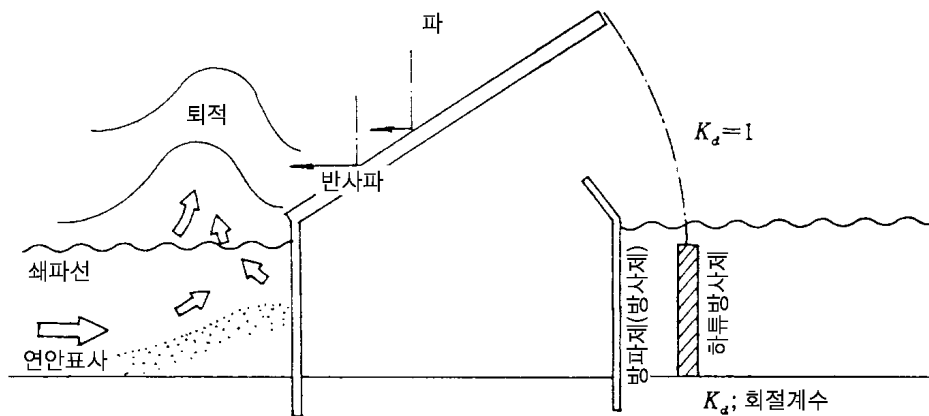
(1) 防砂堤와 防波堤

모래해안 항만의 防波堤는 당연히 防砂堤로서의 기능을 함께 갖으며, 그 기능을 분리하는 것은 불가능하다. 본 절에서는 특히 방사 기능만이 중요하다고 생각되는 것을 제외하고 통칭에 따라 防波堤라 부르기도 한다.

[참고]

(1) 상류측 防波堤의 형상

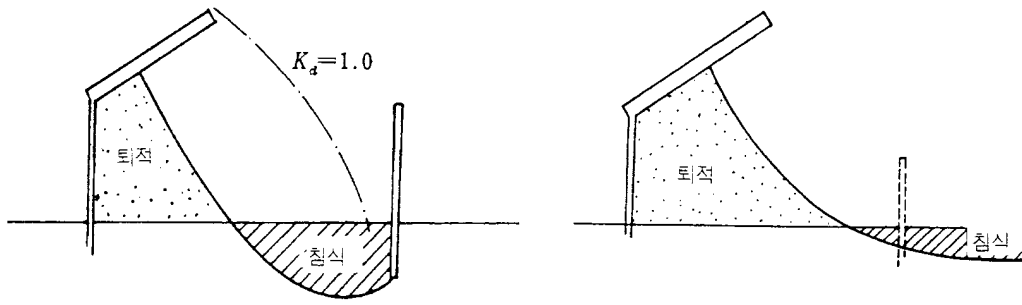
상류측 防波堤의 기부는 沿岸漂砂를 저지하고 그 위쪽에 土砂의 堆積을 도모하는 것이므로 쇄파선(碎波線)을 넘을 때까지 해안선에 직각방향으로 연장한다(도참(5-1) 참조). 이 부분의 연장이 짧거나 또는 해안선에 대하여 하류측으로 기울어져있으면 상류의 토사포착능력이 적고 토사가 쉽게 防波堤의 기울어진 부분에 연하여 항구부로 향하게 된다. 또, 이 부분을 해안선에 대하여 하류측으로 기울여서 연장한다면 상류측 해안의 국소세굴의 원인이 되기 쉽다. 쇄파선을 지나서는 제체를 屈曲시켜 防波堤로서 파의 차폐를 함과 동시에 반사파, 연안파 등을 이용하여 漂砂를 항구의 반대측으로 확산시킨다(도참(5-1) 참조).



도참(5-1) 防波堤(防砂堤)의 배치의 개념도

(2) 하류측 防波堤의 위치와 시공시기

하류측 防波堤의 직선부의 법선의 연장선을 넘어서 상류측 防波堤가 연장되면 하류측 防波堤의 하측에 토사가 퇴적하여 하류해안으로부터 항구를 향하여 사주가 형성되고 다시 하류의 海岸이 侵蝕되는 原因이 된다. 또, 防波堤의 시공 도중에 상류 防波堤의 曲部가 짧을 때 하류 防波堤를 축조하면 도참(5-2)(a)와 같이 하류 防波堤의 항내측에 현저한 局所洗掘을 일으키는 경우가 있다. 역으로 하류 防波堤의 축조가 늦어지면 도참(5-2)(b)와 같이 항내의 퇴적을 초래하고 나아가 하류 해안의 침식을 유발하는 일이 많다. 따라서, 상류 및 하류 防波堤의 축조속도에는 세심한 주의를 기울여 적절한 Balance를 유지하도록 유념하여야 한다.



(a) 하류방파제의 신장이 빠른 경우

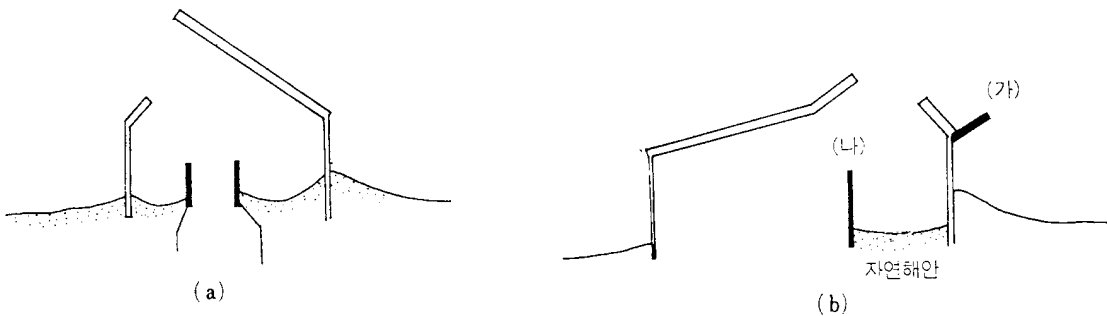
(b) 하류방파제의 신장이 지연된 경우

도참(5-2) 하류방파제의 시공시기

(3) 방파제의 길이와 先端水深

沿岸漂砂는 주로 쇄파대내에서 생기는 것이므로 방파제는 당연히 쇄파대로부터 深海쪽으로 연장하여야 한다. 방파제 先端 水深이 약천후시의 쇄파대에 머물러있는 소규모 항만에서는 漂砂의 침입을 완전히 막는 것은 곤란하다. 일본의 주요항만에서는 상류 방파제의 선단 수심은 거의 그 항의 최대 항로수심과 같이 취한 경우가 많다.

그 외에 보조적으로 설치된 유효한 방사제의 사례로서 도참(5-3)과 같은 것이 있다. (a)는 양측으로부터의 모래가 항로에 침입하는 것을 방지 할 목적으로, (b)중의 (가)는 상류에서의 漂砂저지 능력을 높일 목적으로 그리고 (나)는 우측의 자연해안에 침입토사를 퇴적시킬 목적으로 설치된 방사제의 사례이다.



도참(5-3) 보조적 방사제의 예

防波堤를 상당히 길게 돌출시켜도 제체에 의한 흐름에 의하여 선단을 돌아드는 漂砂를 완전히 방지하는 것은 곤란하다. 따라서 防波堤의 하류측이 박지나 航路로 되어 있는 경우에는 어느 정도의 유지준설이 필요하므로 이것을 고려하여 가장 경제적인 길이를 결정할 필요가 있다.

5-2-2 방사제의 구조

防砂堤는 防砂堤의 기능이 발휘되도록 浮遊砂의 항내 침입을 감안한 적절한 마루높이로 하고 防砂堤에 작용하는 외력 및 하중의 防砂堤에의 영향 등을 감안하여 구조의 안정을 확보하도록 한다.

[참 고]

- (1) 防砂堤의 형식은 완전히 漂砂를 방지하는 기능을 기대하는 것이므로 원칙적으로 불투과 구조로 한다. 防砂堤 기부 부근에는 사석이나 捨Block제 구조로 하는 경우에는 버력에서 100~200kg정도의 사석을 속채움으로 하고 또 필요에 따라 항내측에 Sand Mastic등에 의하여 모래 방지공을 설치하는 경우도 있다.

그러나 다음 경우에는 소파구조를 병용하는 것이 바람직하다.

- ① 흐름에 의한 세굴의 우려가 큰 경우
- ② 반사파에 의한 매물, 또는 선박의 항행에 지장을 초래할 염려가 있는 경우

(2) 防砂堤의 마루높이

防砂堤에서는 浮遊砂의 침입을 방지하기 위하여 월파를 허용하지 않는 것이 바람직하나 구조상의 제약, 경제성 등으로 인하여 월파를 허용하는 경우도 있다. 각부의 마루높이를 정하는 방법은 다음과 같다.

① 防砂堤의 基部 부근

처오름과가 넘지 않을 높이를 표준으로 한다. 防砂堤의 기부는 처오름에 의하여 모래가 마루를 넘는 일이 있으므로 마루는 충분히 높게 한다. 상황을 보면서 마루를 높이거나 제체를 육측으로 연장하는 것이 바람직하다.

② 碎波線보다 얇은 부분

삭망평균만조위(H.W.L)상 $0.6H\frac{1}{3}$ 을 표준으로 한다. 단, $H\frac{1}{3}$ 은 防砂堤 선단부근의 파고이다.

③ 쇄파선보다 깊은 부분

삭망평균만조위에 어느 정도의 여유고를 더한 높이를 표준으로 한다. 쇄파대보다 깊은 곳에서는 漂砂의 연직분포가 해저 가까이에 집중하므로 월파를 허용해도 괜찮다.

5-3 돌제군(突堤群)

[참 고]

매물방지를 위하여 항만에 대하여 漂砂의 상류측에 설치되는 돌제군의 길이, 간격, 구조 등은 일본 海岸 保全 施設 築造基準에 의한다.

5-4 도류제(導流堤)

5-4-1 도류제의 배치

도류제는 당해지역의 연안표사의 특성, 하천의 高水時 및 低水時の 소류력(掃流力) 등에 따라서 소요의 기능을 발휘하도록 적절히 배치한다.

[참 고]

(1) 하구도류제의 기능의 다양성

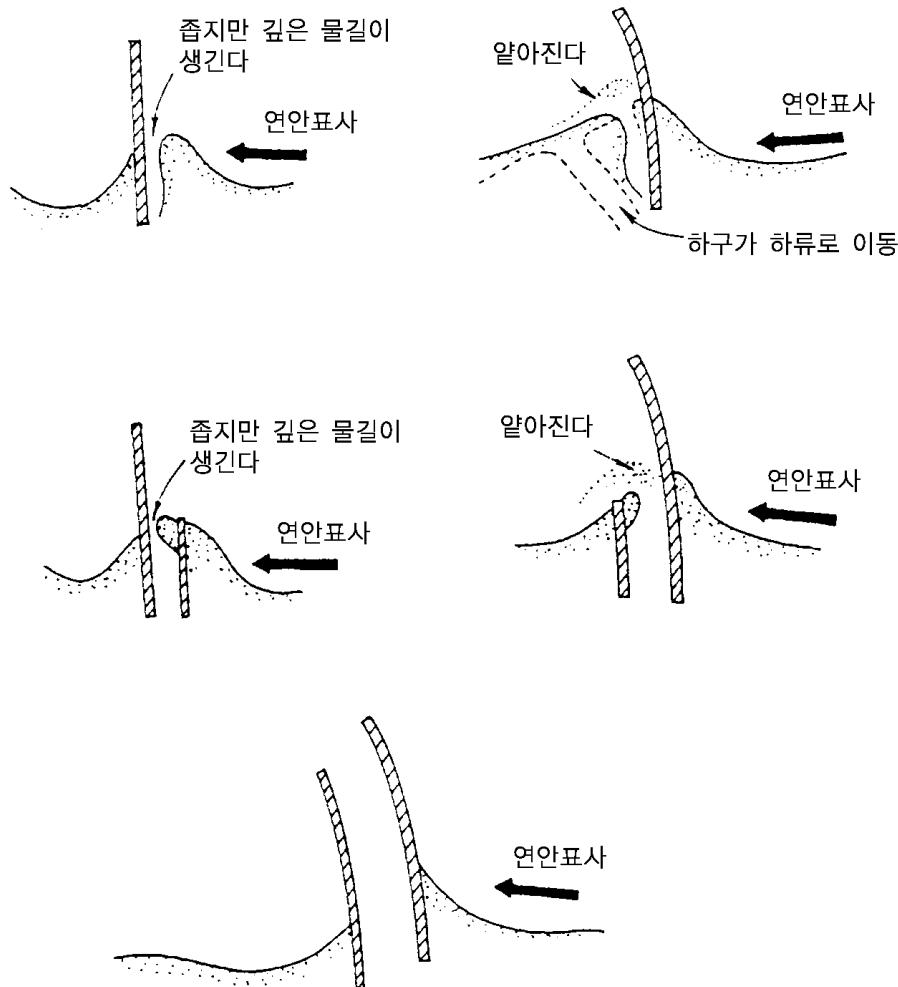
하구도류제는 연안漂砂를 저지하는 防砂堤의 기능과 하천류를 유도하여 흐름을 안정시키며 하천류의 소류력(掃流力)을 증가시켜 수심을 유지하는 기능을 갖는 동시에 出水時의 유량을 지장 없이 방출할 수 있

는 능력을 갖지 않으면 안 된다.

(2) 도류제의 배치와 형식

도류제의 배치형식에는 연안표사의 방향과의 관계에 따라 도참(5-3)과 같은 것이 있다. 이들 중 하구수심의 유지를 위하여 2개의 평행한 도류제를 연장하는 것이 가장 바람직하고 1개의 도류제로는 효과가 약하다. 길이가 다른 2개의 도류제를 설치하는 경우 일반적으로 표사의 하류측 도류제를 길게 하는 편이 효과적이다.

표사의 상류측 도류제를 하류측으로 굽히는 것은 도류제내로 표사가 침입하는 것을 방지하고 아울러 연안표사를 Smooth하게 하류측으로 통과시키는 의미를 갖는다.



도참(5-3) 導流堤의 배치의 종류

5-4-2 도류제의 선단수심

- (1) 導流堤의 先端水深은 導流堤 근방의 航路의 수심보다 더 깊게 하는 것을 원칙으로 한다.
- (2) 導流堤의 선단부는 岬의 岬角한계 수심보다 더 깊은 곳에 배치하는 것을 원칙으로 한다.

5-4-3 도류제의 구조

도류제는 불투과 구조로 하는 것을 원칙으로 하고 또, 도류제에 작용하는 파랑 및 하천의 흐름에 의한 세굴의 영향 등을 적절히 감안하여 구조의 안정을 확보하도록 한다.

〔해설〕

도류제의 연장은 돌제에 비하여 일반적으로 길고 파랑의 작용도 크므로 두부나 측면의 세굴에 대한 배려가 필요하다. 또, 도류제의 하천측 면은 하천류의 세굴작용을 받는다는 것을 고려한다.

5-5 표사 또는 하천유하 토사를 포착(捕捉)하기 위한 시설

〔참고〕

維持浚渫에 의하여 沿岸漂砂에 의한 매물을 방지코자 할 경우에는 상황에 따라 적당한 위치에 적절한 포사(捕砂)시설을 설치하고 거기서 漂砂를 포착하므로써 漂砂가 泊地 및 航路에 침입하는 것을 방지함과 동시에 준설시의 파랑조건을 개선하여 준설효율을 높이는 대책을 취하여야 한다.

이 연안漂砂 포착시설의 방식 및 배치 등은 漂砂의 포착능력, 준설조건 및 경제성 등을 고려하여 충분한 조사연구를 한 뒤 결정하여야 한다.

(1) 漂砂 포착시설

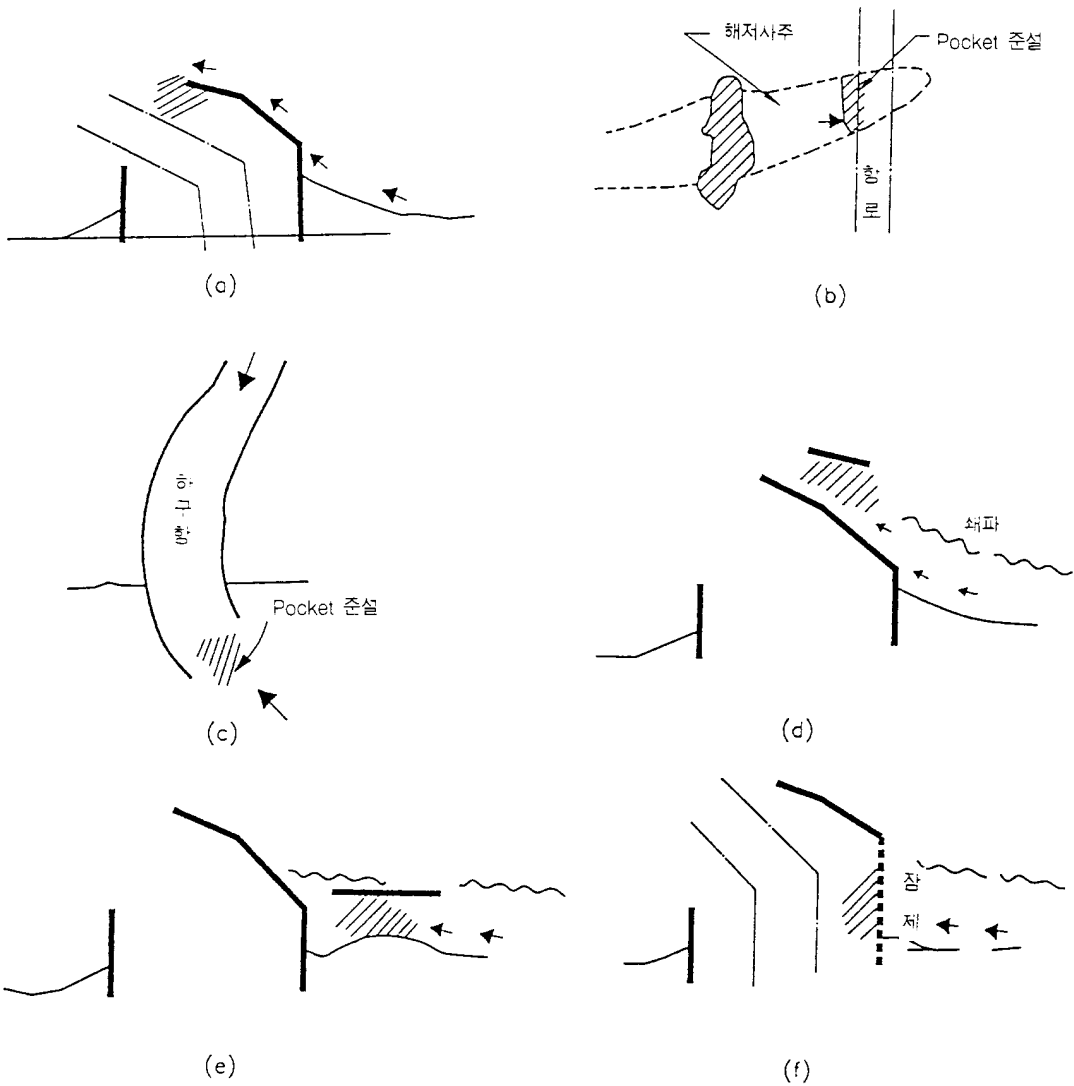
沿岸漂砂 포착시설로는 이안제(離岸堤)를 설치하거나 상류 防波堤의 일부의 마루높이를 낮추어 퇴사지역을 한정시키는 방식이 외국에서 많이 사용되고 있다. 이 이외에 해협 등에서 해저사주를 가로질러 굴착한 항로에서 사주의 복원작용에 의하여 국부적으로 생기는 매물의 경우의 대책 및 하천유하 토사에 의한 매물대책으로 고려되는 Pocket 준설도 표사등의 포착시설이다.

(2) 漂砂 포착시설의 적정위치

漂砂 포착시설은 도참(5-4) (a), (b), (c)에 보는 바와 같이 자연상태에서 토사가 퇴적하기 쉬운 지역에 설치하는 경우와 도참(5-4) (d), (e), (f)와 같이 농도가 높은 표사의 흐름의 도중에 토사가 침강하기 쉬운 상황을 인공적으로 만들어주는 경우가 있다. 이와 같은 특정장소를 발견하여 가장 효율이 좋게 표사를 포착하기 위하여는 표사의 이동상황과 메카니즘이 충분히 파악되어야 한다. 표사의 포착효율 외에 포착한 토사를 준설하는 경우의 준설조건, 즉 준설선 항행을 위한 수심이 확보하기 쉬운 것, 항행시 및 작업중의 정온성이 유지될 것 등이 표사 포착의 시설위치 선정상 중요한 조건이다.

(3) 漂砂 포착시설의 규모

漂砂 포착시설의 규모는 포착의 다소, 표사의 침전 퇴적을 위한 필요한 물리적 조건에 의하여 결정된다. 표사의 침전퇴적을 위한 소요조건에 대하여는 현지관측결과, 과거의 실적, 이동상 실험(移動床 實驗) 등에 의하여 정한다.



도참(5-4) 漂砂등 포착시설의 위치

5-6 비사(飛砂) 방지공

5-6-1 일 반

항만 및 항로의 매물 또는 주변지역의 환경보전을 위하여 비사가 문제가 되는 경우에는 상황에 따라서 적정한 비사방지의 조치를 강구하여야 한다.

[해 설]

바람에 의하여 이동하는 모래 즉 飛砂는 항만이나 航路에 날라들어 침전 퇴적하여 매물의 원인이 되는 이외에 도로상에 퇴적하거나 거주 지역에 날려 일반주민의 생활을 해치기에 이르는 경우도 있다. 사구지역(砂丘地域)의 개착(開鑿)이나 매립에 의한 용지조성 시에는 특히 이 비사에 관한 문제를 야기할 경우가 많으므로 사전에 충분한 대책을 세워두어야 한다.

5-6-2 공법의 선정

비사방지공법은 飛砂의 현상 또는 장래 예상되는 비사의 상황을 충분히 조사검토한 뒤 각공법의 특성을 충분히 이해한 다음 결정한다.

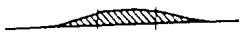
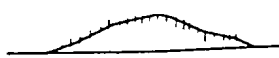
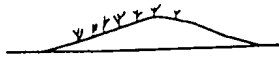
[해설]

飛砂現狀은 풍향, 풍속, 지면의 저질입도특성, 지면의 습윤정도 등의 자연조건에 좌우되며 비사의 방향, 비사량 및 그 분포 등이 정해진다. 한편, 이에 대한 대책을 강구하고자 할 경우에는 이들 특성을 조사한 후, 비사에 관한 문제의 성격, 비사발생 지역의 토지이용계획 또는 경제성 등의 사회적 조건도 감안하여 적절한 공법을 선정한다.

[참고]

飛砂防止工法으로는 통상 다음과 같은 공법이 사용된다.

- (1) 퇴사울타리(담) 및 방풍책(防風柵) : 종래 높이 1m정도의 낮은 울타리 등을 復數列로 설치하여 비사를 포착하고 이에 의하여 人工砂丘를 육성해서 방사 효과를 높이는 공법이 쓰여지고 있다. 근래에는 매립 조성지 주변 또는 粉末資材 積置場의 주변에 비교적 높은 방풍책을 설치하여 토사 등의 飛散을 방지하는 경우도 많이 보인다.
- (2) 정사공(靜砂工) : 높이가 낮은 정사원(靜砂垣)을 설치하여 지표조도(地表粗度)를 높임으로서 지표면에서의 바람의 剪斷力을 약화시키고 地表砂를 진정시키는 공법이다.
- (3) 피복공 : 사면을 人工材로 피복하여 모래의 이동을 막는 공법
- (4) 식재공 : 피복공의 일종으로 볼 수 있으나 사면에 적당한 식물을 심어 이에 의하여 사면을 피복코자 하는 공법
- (5) 식림공(植林工) : 飛砂地域의 風下側에 조림을 함으로서 飛砂를 방지코자 하는 공법. 해안에서 모래해안의 안정을 목적으로 한 말하자면 해안사방의 관점에서 실시되는 비사방지공은 각종 공법을 조합하여 시행하는데 그 순서와 공법을 극히 일반적으로 보여주면 도참(5-5)와 같다.
또 해안에 적용성이 높은 수목에 대하여는 일본토목공학 Handbook을 참조하여 적용한다.

제1기 人工砂丘의 육성	퇴사원 1차	
	퇴사원 2차	
	퇴사원 3차	
제2기 砂丘面의 피복	가피복공 (정사원)	
	+ (식물이식)	
	↓ 본 피 복	
제3기 식 립	(식 재공)	
	(식 립)	

도참(5-5) 인공사구 육성공의 순서

제 6 장 침식대책시설

6-1 일 반

[해설]

浸蝕이 일어나고 있거나, 일어날 것으로 예상되는 해안에는 침식대책시설을 설치한다.

- (1) 漂砂에 의하여 해안선이 후퇴하는 현상을 침식이라 하며, 이러한 해안을 침식해안이라고 한다.
- (2) 어느 해안에 공급되는 흙의 양이 그곳으로부터 流失되는 量보다 적은 경우, 이 해안은 浸蝕海岸이며, 반대인 경우는 堆積海岸(Deposite Coast)이다. 양자가 같은 양이면 안정해안이 된다.
- (3) 침식대책공법에는 제2편 제10장 漂砂에서 기술한 海岸堤防 및 護岸, 突出堤 및 突出堤群, 離岸堤 및 養濱工이 있다. 養濱工은 해안에 인공적으로 토사를 공급하여 해빈을 조성하는 공법이다.

6-2 침식대책공법의 선정

공법의 선정에는 침식의 원인, 해안 및 배후지의 형상, 인접해안에 미치는 영향, 투자효과 등을 충분히 고려하여 결정하여야 한다. 대상 지역 일대가 모래장일 경우 양빈과 식생에 의한 대책을 우선적으로 고려한다.

[해설]

- (1) 일반적으로 침식해안에서는 沿岸漂砂의 특성이 그 대책공법을 결정하는 중요한 요소가 된다. 漂砂의 특성에 관해서는 제2편 제10장 漂砂를 참조한다.

① 제방과 호안

침식대책공법으로서 제방과 호안은 海濱 陸岸의 비탈면을 둘러싸서, 배후의 토사가 파랑이나 흐름에 의하여 破壞 또는 流失되지 않도록 防止하는 것으로, 이 이상 해안의 침식을 허용할 수 없는 경우나 침식이 심한 곳에는 다른 공법을 병용한다.

② 突出堤群

침식대책공으로서 돌출제군은 防砂堤와는 달리 單一堤로 사용되는 경우는 없으며 적당한 간격으로 몇 개 정도 만드는 것을 말한다.

돌출제군은 沿岸漂砂의 일부를 捕捉하여 해안선을 전진시키며, 沿岸流를 海濱에 가까이 오지 못하게 하거나 초기 파랑의 방향에 대해서 해안선을 직각으로 만들어 해빈에서 빠져 나가는 모래의 양을 감소시키는 효과를 나타낸다. 따라서 돌출제군은 계절적인 전진후퇴가 심한 汀線을 안정시키거나, 연안표사가 많은 해안에서 해빈을 전진시키거나, 또는 호안 및 제방 비탈면에 따로 모래의 이동을 저지하여 그 비탈기슭의 세굴을 방지하려는 경우에 설치한다.

③ 이안제(離岸堤)

離岸堤(Detached Breakwater)는 그 배후에서 일어나는 回折波를 이용하여 모래톱을 형성하고 연안漂砂를 저지할 목적으로 축조하는 경우와 배후海濱에 작용하는 파력을 감소시켜 해빈의 침식을 저지시킬 목적으로 축조하는 경우가 있다.

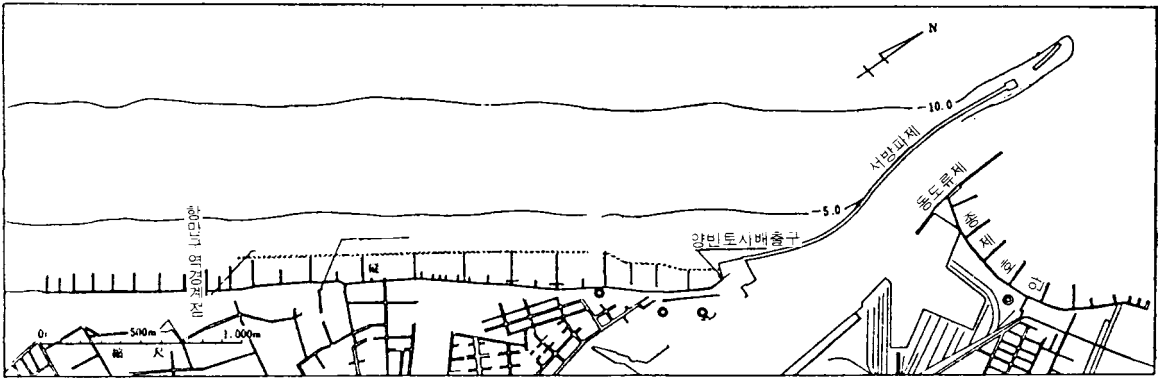
離岸堤는 다른 대책공법과 비교하여 일반적으로 건설비와 유지비가 더 들어 突出堤群 또는 호안을 併用해도 침식을 방지할 수 없을 때 축조하는 것이 보통이다.

④ 양빈공(養濱工)

자연해빈은 파랑의 에너지를 減小 내지 分散시켜 배후지를 防護하는 機能을 가지고 있다. 양빈공 (Artificial Nourishment)은 이러한 기능 이용을 목적으로 해안에 토사를 보급하여 인공적으로 해빈을 造成 維持하는 공법이며 부근에 값싼 토사가 있는 경우나 해안선을 적극적으로 전진시켜야 할 경우에 사용된다.

특히 모래사장 해안의 항구에서 수심유지도 겸하여 상류측의 해안에 堆積된 모래를 하류측의 침식해안으로 샌드 바이 패스(Sand By pass)하는 것은 효과적이다.

- (2) 침식대책으로 사용되는 각 공법에는 각기 장단점이 있으나 상기한 공법을 단독으로 사용해서는 침식이 심한 해안에서는 충분한 효과를 기대하기 어려우므로 몇 가지 工法을 사용하는 경우가 많다. 이러한 예의 대표적인 것으로 도해(6-1)에 그 예를 든다.
- (3) 浸蝕對策工法을 선정함에 있어서는 그 대책공법이 인접해안에 미치는 영향도 충분히 조사해야 한다.



도해(6-1) 해안침식 대책공법의 예

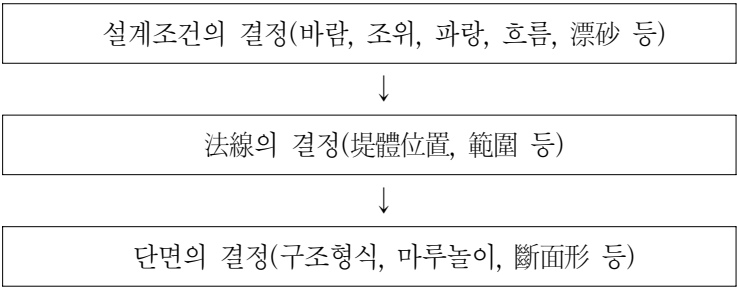
특히 보호하려는 해빈이 인접해빈의 漂砂源이 되는 경우 하류측의 침식을 일으키는 일이 없도록 주의해야 한다.

[참 고]

(1) 堤防과 護岸

① 설계순서

제방과 호안의 설계는 일반적으로 다음 순서로 하는 것이 좋다. 특히 漂砂에 관하여는 제2편 제10장 漂砂를 참조하여 적용한다.



침식대책으로서 제방과 호안은 폭풍해일 방호의 목적도 겸하여 건설되는 경우가 많다. 이런 경우에는 양자의 조건이 만족되도록 배려해야 한다.

② 법선의 결정

파랑이 제방에서 부딪혀서 반사파나 사면을 따라 흐르는 흐름에 의해 제방의 비탈기슭은 한층 더 침식되므로 비탈기슭이 세굴 되는 경우가 많다.

따라서 보통 파랑의 작용이 미치지 않는 後濱의 後端에 法線을 정하는 것이 좋다. 海濱 各部의 명칭은 제2편 제10장 漂砂를 참조하여 적용한다.

③ 단면의 결정

가. 제방의 비탈면에 沿岸류 및 반사파에 의한 비탈기슭의 세굴과 뒷채움 흙이 흡출되는 현상에 특히 주의해야 한다.

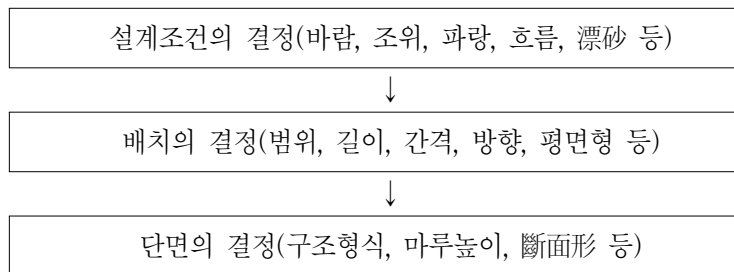
나. 이 때문에 비탈면을 계단형 또는 1:3~1:4의 완경사로 하여 반사파를 줄이는 것이 좋다.

다. 제방의 비탈면에 연한 연안류를 강화시키거나, 제방 앞면의 海濱을 안정시키기 위하여 突出堤群을 배치하는 것도 자주 쓰인다.

라. 위와 같은 대책이 실시되지 않을 때에는 비탈기슭에 내습파고 정도의 세굴이 일어나는 수도 있다는 것을 고려하여 기초의 근입깊이를 충분히 하여야 한다.

(2) 突出堤群

突出堤群의 설계는 일반적으로 다음 순서로 하는 것이 좋다. 특히 漂砂에 대하여는 제2편 제10장을 참조하여 적용한다.



① 突出堤의 配置

가. 突出堤의 길이

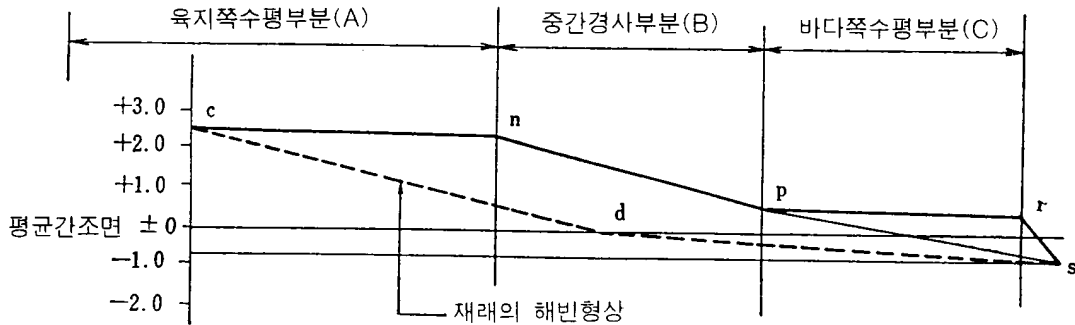
㉞ 일반적으로 突出堤 基部의 파괴는 그 배후를 돌아 들어오는 파랑이 돌출제의 하류측을 세굴 함으로써 일어난다.

따라서 제방, 호안 등의 구조물이 있는 경우에는 突出堤基部를 이런 구조물에 접속시켜 파랑이 돌아 들어가는 것을 방지하여야 한다. 또한 자연해빈의 경우에는 악천후시의 H.W.L에 파랑이 치오름 높이(제2편 제4장 4-6 치오름 높이, 월파 및 傳達波 참조)를 더한 높이의 위치까지 돌출제를 연장하여 파랑이 배후로 돌아 들어오는 것을 방지할 필요가 있다.

㉟ 돌출제의 先端位置는 沿岸漂砂의 이동현황을 충분히 고려하여 결정해야 한다. 沿岸漂砂의 이동은 세비일(Saville)의 실험에 의하면 深海岸의 波形傾斜(Ho/Lo)가 작은 경우에는 주로 汀線부근을 이동하며 波形傾斜가 큰 경우에는 沿岸砂州가 발생하여 碎波點 부근에 漂砂가 많아지고 정선 부근에는 적어진다. 따라서 파형경사가 작은 파랑인 때에는 짧은 突出堤로 포착효과(捕捉效果)를 높일 수

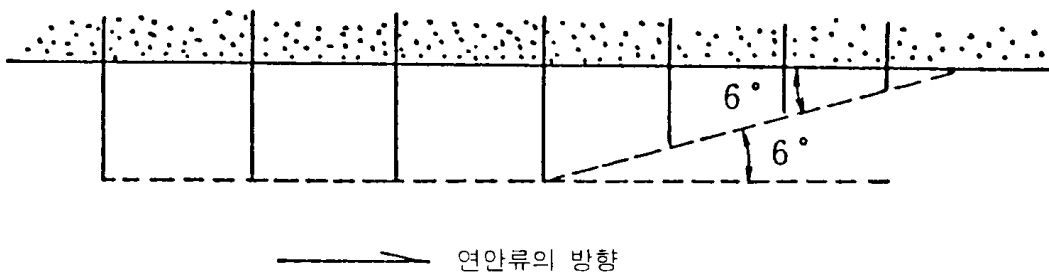
있으나 파형경사가 큰 때에는 비교적 긴 돌출제를 필요로 한다.

- ㉔ 돌출제군의 기능을 충분히 발휘시키며, 또한 인접한 海濱에 미치는 영향을 더욱 적게 하기 위하여 沿岸流의 상류 및 하류측의 구역에서 해빈에 완만하게 접속할 수 있도록 돌출제의 길이를 점차적으로 짧게 배치하는 것이 필요하다.
여기에는 다음과 같은 방법이 있다.



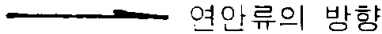
도참(6-1) 돌출제의 종단형상

- ㉕ 도참(6-2)에 나타낸바와 같이 하류측의 돌출제 先端法線을 약 6° 의 傾斜角을 갖도록 하여, 돌출제의 길이를 점차적으로 짧게 한다. 이 경우 간격은 길이와의 비율이 적당히 유지되도록 점차로 줄힐 필요가 있다.



도참(6-2) 돌출제의 해빈의 접속방법

- ㉖ 도참(6-3)에서 나타낸 바와 같이 汀線 灣曲되어 있는 경우에는 단순히 돌출제의 길이를 짧게 하여 완만하게 인근해빈에 접속시킨다.



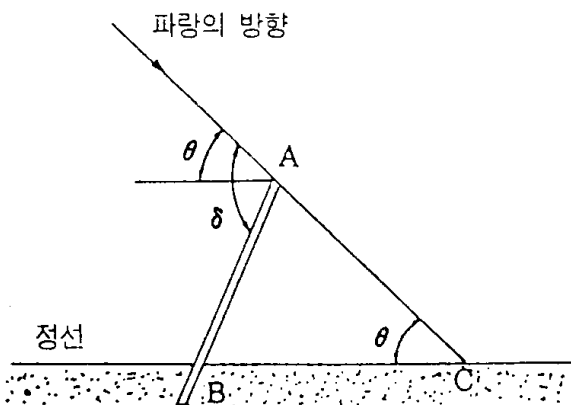
도참(6-3) 정선이 灣曲되어 있는 경우의 돌출제군과 海濱의 접속방법

- ㉔ 돌출제의 길이를 일정하게 하고 마루높이를 변화시키는 방법도 있다.
- ㉕ 이상의 방법은 모두 충분하다고 할 수 없으므로 시공할 때에는 계획 突出堤의 길이를 한꺼번에 시공하지 말고 퇴적된 모래의 상태를 보아서 점차적으로 연장하여 완성할 수 있도록 하여야 한다.
- ㉖ 突出堤를 건설할 때에는 漂砂의 下流側으로부터 시공하며, 그 효과를 조사하면서 점차적으로 上流側에 시공하여야 한다.

나. 突出堤의 方向

해안에 내습하는 파향은 일반적으로 탁월한 방향의 주변에서 많이 변동되기 때문에 돌출제는 汀線에 直角으로 설치하는 것이 보통이다. 다만, 파향이 대체로 일정한 때에는 이것에 대하여 가장 효과적인 돌출제의 방향으로 잡아야 한다.

나가이의 실험결과에 의하면 도참(6-4)에 나타난 바와 같이 入射波와 돌출제가 이루는 각(δ)은, 洗掘과 波力의 관점에서 보면 $100^{\circ} \sim 110^{\circ}$ 인 때가 적당하다고 한다.



도참(6-4) 突出堤의 방향(나가이式)

다. 突出堤의 間隔

돌출제의 간격은 汀線이 가장 後退한 경우에도 필요한 최소한의 海濱幅을 유지할 수 있도록 결정하는 것이 좋다. 이렇게 하려면 부근 海濱의 실태를 조사하여 그 해안에 가장 적합한 간격을 잡아야 한다.

② 突出堤의 形式과 構造

가. 突出堤의 形式

㉔ 透過性에 의한 分類는 다음과 같다.

㉕ 透過式 突出堤

透過式 突出堤(Perforated Groin)는 물과 漂砂의 堤內 透過를 허용하는 것으로서 보통해안 돌출제에서는 돌을 사용한 사석식 傾斜堤, 석축식 直立堤 등이 사용되고 있다. 투과식의 이점과 결점은 다음과 같으며 不透過式과 相反되는 것이 많다.

◦ 利點

- － 반사파가 적다.
- － 沿岸方向波가 적다.
- － 堤體 비탈기슭의 洗掘 염려가 적다.
- － 보수가 용이하다.

◦ 短點

- － 구조형식에 따라서는 堤體에 사용되는 각 재료가 分散되기 쉽다.

㉖ 不透過式 突出堤

不透過式 突出堤는 漂砂의 堤內 透過를 허용하지 않는 것으로서 돌쌓기식, 블록식, 웰식의 각 直立堤, 돌붙임식 傾斜堤 등이며, 捨石式 또는 捨블록式도 돌 크기의 分布를 적당히 고르게 하거나, 隔壁 또는 心壁을 설치하면 불투과식이 된다.

㉗ 단면형상에 따라 분류하면 直立堤, 傾斜堤, 混成堤로 나뉘어진다. 각각의 이점과 단점은 본편 제2장 防波堤를 참조한다.

㉘ 平面 배치에 따른 분류는 다음과 같다.

㉙ 直線形 突出堤

海濱에 직선형태로 튀어나온 것으로, 이러한 종류의 돌출제에서는 하류측의 해안에 浸蝕이 일어나는 수가 있다. 이것을 피하기 위하여 突出堤群으로 하여 하나하나의 길이를 차례로 짧게 하거나 平行護岸 등으로 병용함으로써 下流側의 浸蝕을 방지하는 수도 있다.

㉚ T형, L형, Z형 突出堤

직선형 돌출제의 중간부 또는 선단 등에 평행 돌출제를 붙인 것으로 T형, L형, Z형 등이 있다.

이러한 돌출제는 토사의 공급이 불충분하거나 侵入波高가 커서 海濱의 모래를 深海쪽으로 끌어갈 염려가 있는 경우에는 效果의이다. 平行突出堤는 侵入波高를 감소시키며, 또한 파랑의 回折에 의하여 基底部에서 堆積이 잘 되도록 한다.

그러나 이러한 구조로 하면 平行部의 波壓이 커져서 앞면이 세굴 됨으로 장기간의 유지에는 특별히 주의해야 한다.

나. 突出堤의 構造

㉛ 돌출제의 구조는 防波堤에 準하며, 필요에 따라서 防波堤에 비하여 安全率을 낮게 잡을 수도 있다.

㉜ 돌출제의 先端은 碎波位置와 汀線의 개략 중간지점에 있으므로 구조물을 설계할 때의 波壓은 碎波線으로부터 어느 정도 육지쪽에 있는 구조물에 작용하는 波力에 의한다.

또한 捨石, 捨블록 등을 사용하는 경우의 重量계산은 斜面被覆石과 블록의 所要重量에 준한다.

㉝ 돌출제의 상류측과 하류측에 있는 모래의 퇴적높이가 다른 때에는 主動土壓이 작용하므로 제체는 이 외력에 대하여 안정하도록 설계한다. 또한 속채움 등의 구조에서는 内部土壓에 관하여도 고려할

필요가 있다. 이 경우의 토압계산은 제2편 제11장 11-6 土壓과 水壓에 의한다.

- ㉔ 양압력에 관하여는 제2편 제5장 5-2-2 直立壁에 작용하는 중복파 또는 碎波의 波力을 참조한다.
- ㉕ 돌출체의 선단부 등에서는 파력에 의한 세굴로 파괴되는 예가 많다. 이러한 세굴깊이는 설치위치의 파괴정도로 산출될 수 있다.
따라서 구조를 強化하는 것은 물론이지만 洗掘防止工을 설치할 필요가 있다. 현재로서는 충분히 효과가 있는 세굴방지대책은 없으나, 다음과 같은 방법이 일반으로 널리 사용된다.
- ㉖ 어느 정도 세굴이 되어도 체체의 안정에 영향이 없는 근입깊이를 깊게 하는 방법(웰식, 말뚝식 등)
- ㉗ 경제성을 고려하여 어느 정도 세굴에 의한 파괴가 일어나더라도 전체적인 기능을 잃지 않고 보수가 용이한 방법(블록, 돌쌓기 등)
- ㉘ 기초 앞면의 세굴과 저면의 흡출에 의한 파괴를 직접방지하기 위하여 쇄침상 또는 아스팔트 매트 등을 사용하는 방법

다. 突出堤의 마루높이

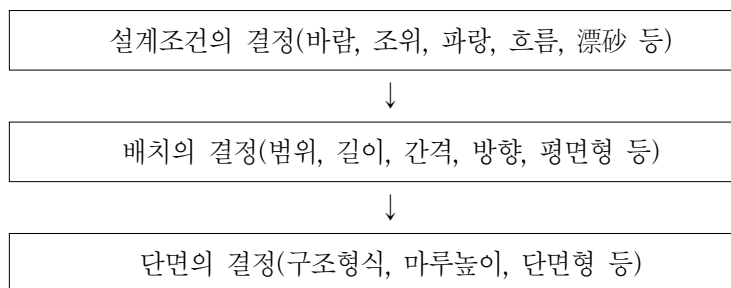
돌출체의 마루높이는 도참(6-1) (A) (B) (C)의 三部分으로 나누어 생각한다.

- ㉙ 육지쪽의 水平部分은 쳐오르는 파랑이 基部周圍를 세굴하거나 돌출체의 마루를 넘어 하류측의 모래를 이동시키지 않도록 파랑의 쳐오름 높이를 마루높이로 한다.
이러한 경우의 쳐오름 높이는 자주 일어나는 潮位와 來襲波에 의하여 결정하거나 또는 극단적인 異常潮位와 내습파에 의하든가 그 목적에 따라 선택한다.
- ㉚ 중간경사 부분의 마루높이는 돌출체군에 의한 維持가 豫想되는 海底傾斜에 거의 평행한 선으로 한다. 이 부분을 수평으로 하지 않는 것은 이 범위내의 표사가 주로 海底面 부근에 집중하여 移動하는 것과 마루가 높을수록 파력이 커져서 공사비가 증가하는 것 등의 이유 때문이다.
- ㉛ 先端部는 水平 또는 海底 傾斜에 평행하게 하거나 돌출체의 투과성과 하류측으로 투과시키려는 漂砂량 및 파력과의 관계에 의하여 결정한다.

(3) 離岸堤

① 설계순서

이안제의 설계는 일반적으로 다음 순서로 한다. 특히 漂砂에 관해서는 제2편 제10장 漂砂를 참조할 것.



② 離岸堤의 配置

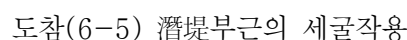
가. 길이와 間隔

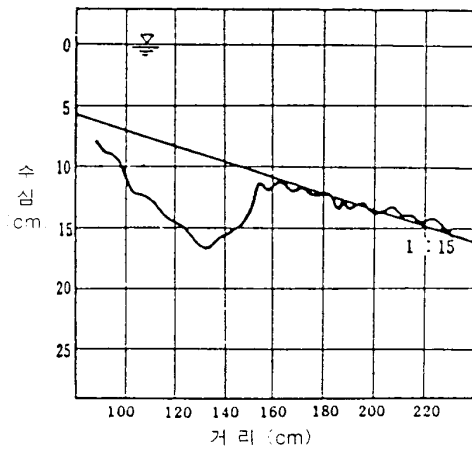
- ㉜ 이안제의 길이는 汀線으로부터의 거리와 入射波의 波長의 關聯하여 결정되지만 沿岸漂砂의 遮斷을 목적으로 한 이안제는 배후의 波高와 沿岸流速을 감소시켜, 모래를 堆積시키는데 충분한 길이를 필요로 한다.
또한 해안구조물이나 海濱의 防護를 목적으로 하는 이안제인 경우에는 필요한 범위까지 효과가 충분히 미칠 수 있도록 해야 한다.

- 나.汀線으로부터의 距離

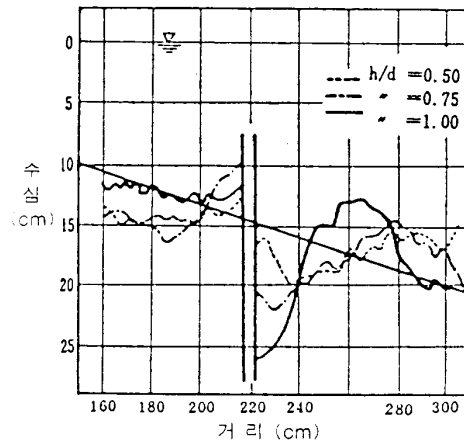
- 일본의 니이가타 서해안에서는 도해(6-1)이 나타난 바와 같이 離岸堤를 배치한 결과 이안제로 들어오는 入射波의 높이 3m 내외가 제내에서는 1m내외로 약화되어 해안에 작용하는 波力을 減小시키고 있다. 또한 離岸堤의 유무에 따라서 海底斷面의 변화가 달라지며, 제방이 있는 경우에는 확실히 前濱底質의 유실을 방지할 수 있고 해안침식을 적게 한다는 것을 알 수 있다.

- 특히 急傾斜인 潛堤를 설치한 경우에는 부딪혔다가 돌아가는 물의 흐름이 沮止됨에 의하여 離岸堤로부터 해안쪽으로 水域의 水位가 높아진다. 이것이 離岸堤의 마루로부터 越流하여 생기는 過流에 의하여 심한 세굴작용을 일으키는 수가 많으므로 마루높이와의 관계도 충분히 검토해야 한다.(도참 (6-6), (6-7) 참조)

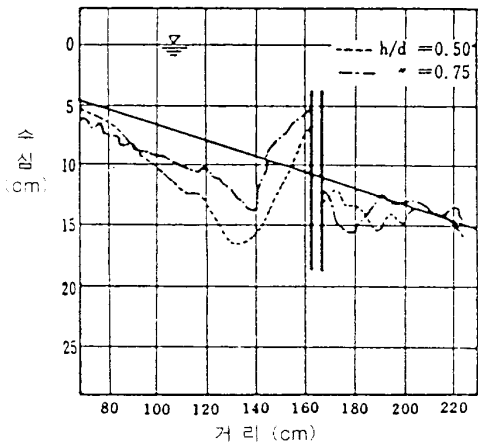




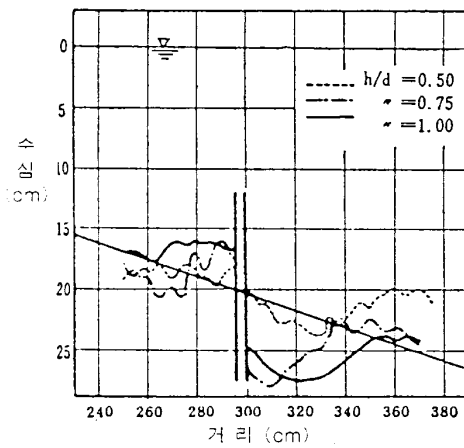
(a) 잠제가 없는 경우



(b) 잠제가 설파선위치에 있는 경우

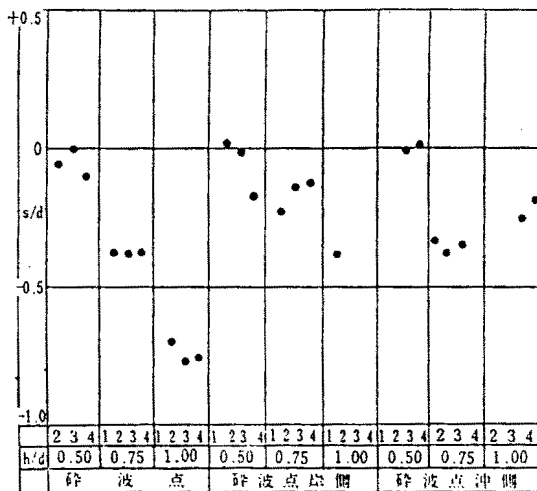


(c) 잠제가 설파선보다 유해쪽에 있는 경우

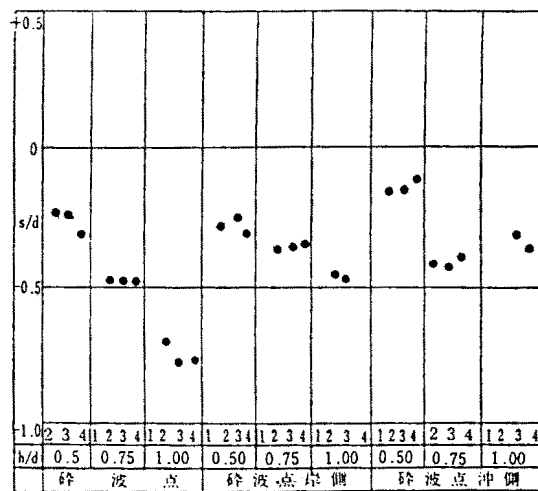


(d) 잠제가 설파선보다 심해쪽에 있는 경우

도참(6-6) 잠제부근의 해빈의 변형



(a) 심해쪽세굴깊이 수심비



(b) 심해쪽최대세굴깊이 수심비

도참(6-7) 잠제의 세굴깊이의 경향

도해(6-8)에서 파랑의 제원과 記號는 다음과 같다.

$T=1.40\text{sec}$, $L_o=330\text{cm}$, $H_o=12.8\text{cm}$, $H_o/L_o=0.0387$, S =세굴깊이, d =수심, h =제방높이, 1, 2, 3, 4는 15분, 30분, 60분, 100분을 나타낸다.

- ㉔ 離岸堤에 의하면 碎波된 뒤, 배면으로 전달된 파랑이 汀線에 도달할 때 까지는 될 수 있는 대로 많은 에너지를 소모할 수 있도록 충분한 거리를 둔다.
- ㉕ ㉔, ㉔와는 모순되지만 될 수 있는 대로 정선에 인접하여 제방을 설치하면 공사비를 상당히 경감할 수 있다.

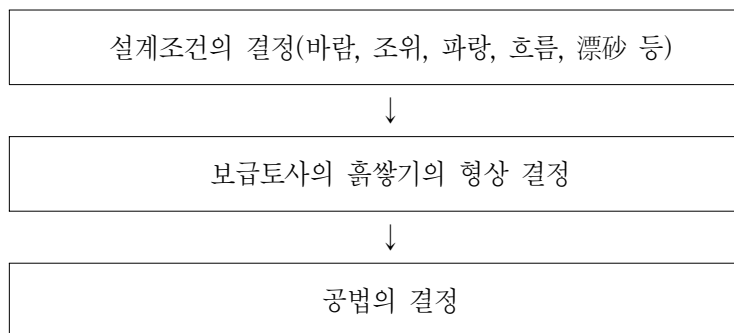
다. 離岸堤의 形式과 構造

- ㉖ 離岸堤의 형식과 구조를 선정할 때에는 본편 제2장 防波堤에 준하나, 그 외에 투수성, 비탈경사, 粗度 등이 波高전달이나 기초의 세굴 등에 미치는 영향을 고려하여야 한다.
- ㉗ 이안제의 마루높이를 결정할 때에는 먼저 이안제의 목적에 따라 요구되는 배후의 波高 減效果를 고려해야 한다. 이안제의 마루를 넘어서 제내에 전달되는 波高와 마루높이와의 관계에 대하여는 아직 불확실한 점이 많이 남아 있으나 제2편 제4장 4-6 처오름 높이, 월파 및 傳達波를 참조할 것.

(4) 養濱工

① 설계순서

양빈공의 설계는 일반적으로 다음 순서로 하는 것이 좋다. 제2편 제10장 漂砂를 참조한다.



② 補給土砂

가. 보급된 토사는 파랑에 의한 체가름 작용을 받아서 보급토사의 粒度組成에 대응하는 경사로 된다.

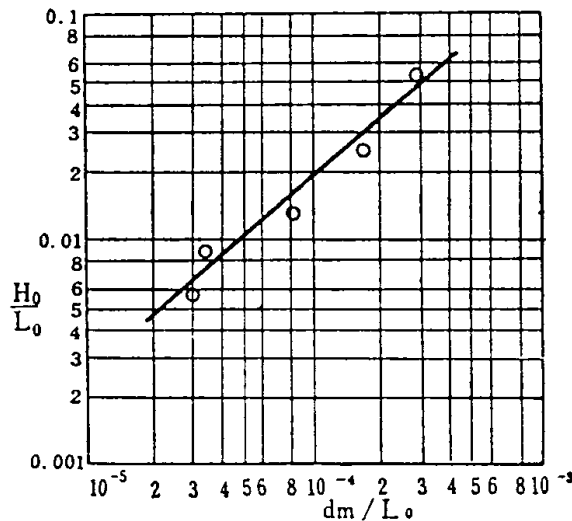
일반적으로 입경이 작으면 완경사가 되고, 크면 급경사가 된다고 생각하고 있으나, 실제로는 이것을 정량적으로 어려우므로 토사를 보급하기 前의 海濱 또는 부근의 조건이 비슷한 해변의 경사를 측정하고 입도를 분석하여 참고로 하는 것이 좋다.

나. 養濱의 傾斜를 특별한 이유로 특정한 경사유지가 필요할 때에는 제2편 제10장 漂砂를 참조하여 이 경사를 형성하는 입도의 토사를 보급하여야 한다. 그러나 실제로는 지정한 粒度組成을 가진 토사를 대량으로 구하기는 어렵기 때문에 무엇보다도 대량의 모래를 구할 수 있는가가 제1조건이며 그 입도조성에 대하여는 제2조건으로 취급하는 수가 있다.

이러한 경우에는 그 粒度組成에 대응하는 경사를 추정하고 다른 요구조건으로부터 결정되는 경사와 현저한 차이가 있는가 없는가를 검토할 필요가 있다.

다. 양빈공을 설치하는 해안에서 토사의 부족량을 구하기 위하여는 장기간에 걸친 수심측량과 汀線 부근의 지형측량을 실시하여 토량을 비교하는 것이 가장 좋은 방법이다. 이 방법에 따르지 못할 때에는 제2편 제10장 漂砂에 나타난 방법으로 추정한다.

라. 가.항에서 기술한 바와 같이 해안에 토사를 보급하면 파랑 또는 퇴적에 의하여 곧바로 체가름 작용이 일어나서 입경이 작은 토사는 深海側으로 이동하고, 굵은 것은 碎波點으로부터 해안쪽에 남기 때문에 너무 잔 것을 보급하여도 汀線附近의 浸蝕에 대하여는 有效하게 작용하지 못한다.



(주) dm : 모래의 평균입경

도참(6-8) 가장 이동퇴적하기 쉬운 입경과 파랑과의 관계를 나타낸 곡선

이시마(井島), 아오노(靑野) 이次元水路의 실험에서 해빈에 附着하기 쉬운 모래의 粒經은 심해파 波形傾斜에 따라 변화한다는 것을 나타내고 도해(6-9)는 그 결과를 나타낸다.

이것은 심해파 波高가 7~9m 입경과 파랑과의 관계를 나타내는 평균입경이 0.2~2mm에 대한 것이며 상사성에 문제가 있어, 이것을 그대로 현지에 적용할 수 없으나, 이러한 입경이 존재하는 것은 명확하다.

또한, 이와가끼(岩垣), 사와라기(棋木)에 의하면, 표사량은 해저물질 입경의 평방근에 반비례하므로, 보급토사의 입경이 해당 해안의 해저물질 입경과 다르면, 토사의 침식량도 변하는 것으로 생각된다.

③ 모래쌓기의 단면형상

가. 마루높이는 자연해빈의 後濱높이를 기준으로 하여, 이보다 좀 더 높게 하는 것이 적당하다. 그 부근에 자연해빈이 없는 경우에는 파랑의 작용이나 해빈의 해저토질 등이 비슷한 지점으로부터 추정한다.

나. 제방이나 호안의 앞면에 흙쌓기를 하는 경우에는 그 폭이 좁으면 앞면수심과 해저경사의 변화 때문에 거꾸로 제내로 율파가 증가될 염려가 있다.

이에 관하여 제2편 제4장 波浪과 제5장 波力을 참조할 것

다. 폭은 경험에 의하여 배후지의 방호를 위하여 필요한 폭에 배치하고 기간 중에 예상되는 침식폭을 더하여 결정한다. 침식 중에는 년평균 침식량과 배치 연수를 고려하여 폭을 결정하나 계절적 또는 단기간의 변동이 큰 경우에는 이에 대한 여유를 둘 필요가 있다.

라. 경사는 자연해빈의 前濱傾斜보다 급하게 한다. 그러나 해저경사는 이에 작용하는 파랑과 해저물질의 입경에 따라 결정되는 것으로 생각된다. 따라서 자연경사보다 급하면 파랑에 의하여 그 養濱의 바다 쪽은 천천히 그것에 알맞는 경사로 된다.

따라서 이 養濱의 傾斜는 自然海濱보다 급하면 엄밀하게 규정할 필요는 없다. 그래서 오히려 시공법으로부터 결정하게 되는 수가 많다.

④ 養濱工法の 決定

- 가. 連續給砂法은 防護區間의 침식부의 상류측에 1개소, 또는 수개소에 연속적으로 토사를 보급함으로써 沿岸漂砂를 증가시켜 해안을 조성하고 유지하는 방법이다. 이 공법에는 도류제 또는 방파제에 의하여 퇴적된 토사를 침식측으로 보급하는 샌드바이패스가 포함된다.
- 나. 貯留砂法은 연속급사법(連續給砂法)과 같이 連續적으로 토사를 보급하는 것이 아니고 어느 일정기간 분에 해당하는 토사를 방호구간의 상류측 수 개소에 쌓아두어 그 결과에 의하여 하류측으로 토사의 이동량을 증가시키는 방법이다.
- 다. 직접치사법(直接置砂法)은 全 防護區間에 대하여 한번에 모래를 쌓아두는 점이 저류사법(貯留砂法)과 다르지만, 이 경우에도 하류측의 해빈에 대하여는 명백하게 貯留砂로서의 역할을 하기 때문에 조성 후에 유지를 위하여는 토사의 계속적인 보급이 필요하다.

제 7 장 호 안

7-1 설계의 기본방침

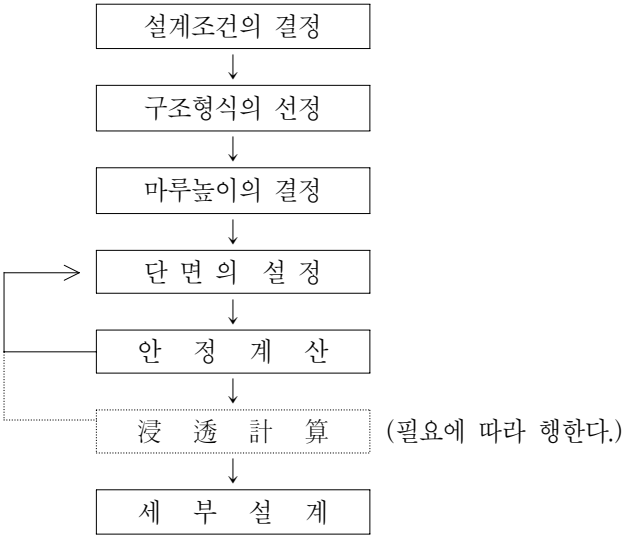
- 호안의 설계시는 아래 사항을 검토한다.
- (1) 파랑 및 고조에 의하여 매립지의 보전 및 이용에 지장을 초래하지 않을 마루높이로 한다.
 - (2) 파압, 토압 등의 외력에 대하여 안정된 구조로 한다.
 - (3) 매립토 등이 漏出하지 않을 구조로 한다.
 - (4) 매립중의 濁水의 유출방지 등 주변水域에 대한 영향을 고려해야 한다.
 - (5) 親水護岸의 경우에는 이용자가 안전하고 쾌적하게 이용할 수 있는 구조로 한다.

[해설]

- (1) 본 장은 일반적인 埋立 護岸을 대상으로 한 것이다.
- (2) 해면매립지가 一般 廢棄物의 最終 處分場인 경우의 매립 호안의 설계는 해양오염방지법과 폐기물관리법에 따른다.

[참고]

- (1) 호안의 설계는 일반적으로 다음 순서로 행한다.



- (2) 일반적으로 埋立地의 外廓은 접안시설이 있는 경우를 제외하고 호안으로 둘러싸여있다. 따라서 매립호안은 매립토의 流出을 防止하는 안정된 흙막이공일 뿐 아니라 파랑에 안정하고 越波 및 고조로부터 배후의 매립지를 방호하여야 한다. 외해에 면한 매립호안에 대하여는 통상의 매립호안에 비하여 파랑의 영향이크므로 이들을 검토함에 있어서 특히 유의할 필요가 있다.
- (3) 호안의 구조는 仮土留工을 제외하고 중력식안벽, 널말뚝식안벽 강널말뚝 Cell식 안벽등의 구조형식과 유사하므로 설계시는 제8편 繫留施設의 관련부분을 참조할 수 있다.
- (4) 埋立時에는 埋立護岸을 토사가 누출하지 않는 정도의 仮護岸으로 하고 매립이 완료한 후에 본호안 또는 안벽을 축조하는 경우가 있다. 仮護岸의 형식으로는 다음과 같은 것이 있다.

- ① 재료비, 시공비가 싼 구조형식으로 하여 장래에는 사용하지 않는 것.
- ② 장래, 구조를 강화하여 본 護岸으로 사용하는 것.
가호안의 설계시는 안전율을 적당히 저하시켜도 된다. 단, 이때 본호안 또는 안벽이 축조될 때까지의 기간에 발생할 파랑에 대하여 안전한 구조로 한다. 또 가호안 기간 중의 매립지에 지장이 없는 마루높이로 한다.
- (5) 매립지의 造成順序, 매립공법에 따라서는 매립지내에 칸막이공을 설치하는 경우도 있다. 보통, 칸막이에 대하여는 파랑, 마루높이, 土砂漏出防止의 程度, 중요도등의 조건은 엄격하지는 않다. 소요의 조건을 만족하도록 본 호안 또는 가호안에 준하여 설계한다.
- (6) 水際線을 갖는 녹지에서는 호안은 친수성(바다를 조망하고 바다에 다가가고, 바다에 접촉하는 등)을 배려하는 것이 바람직하다.
 - ① 친수호안은 이용자가 바다로 떨어지는 일이 없도록 호안의 단면을 설정할 필요가 있다. 또, 추락방지책 등의 부대시설을 적절히 설치해야 한다.
 - ② 고파랑시에 사람들이 보행하는 부분까지 월파가 예상되는 시설에서는 표지등 적절한 수단으로 그 위험성을 주지시켜야 한다.
 - ③ 친수호안의 설계에 대하여는 일본문헌(沿岸開發技術研究センター：港灣環境整備施設技術 マニュアル, 1991)을 참조하여 적용한다.
 - ④ 고령자 및 신체장애자의 이용시에는 호안상의 통로나 Slope의 폭, 경사 등은 Wheel Chair 등의 안전한 이동이 가능하도록 충분히 배려하는 것이 바람직하다.

7-2 설계조건

호안의 설계조건으로는 일반적으로 다음사항을 고려한다.

- (1) 파랑, 조위, 조류, 수심
- (2) 기초지반의 토질
- (3) 지진 및 지진력
- (4) 지진시의 동수압
- (5) 매립토등의 성상
- (6) 매립지 및 호안의 이용조건
- (7) 월파의 허용도
- (8) 주변수역의 상황
- (9) 시공법(특히 체절공법)
- (10) 매립공법

[참 고]

- (1) 호안의 마루높이 및 구조의 결정시에는 월파의 허용량이 커다란 요소이다. 배후의 상황등을 고려하여 허용월파량을 적절히 설정한다. 또한, 허용월파량의 선정에는 본편 2-3 설계조건의 결정을 참조하여 적용한다.
- (2) 매립토의 토질조건에 대하여는 제2편 제11장 지반을 참고하여 적용한다.
- (3) 지진 및 지진력에 대하여는 제2편 제12장 지진 및 지진력을 참조하여 적용한다.
- (4) 지진시의 동수압에 대하여는 제2편 제11장 11-6 토압과 수압을 참조하여 적용한다.

- (5) 넓은 수면을 매립호안으로 체절하는 경우 호안공사의 진척에 따라 조차에 의한 해수의 유출입 단면적이 적어져서 제 내외에 수위차가 생겨 체절부에 상당한 유속이 발생한다. 따라서 호안구조도 최종 체절부는 특별한 주의를 기울여 예상되는 유속에 대하여 충분히 안정된 구조단면이 되지 않으면 안 된다. 체절에 따르는 체절부의 유속은 체절하는 수면적, 체절부의 단면적, 평균수심, 조위차등에 지배된다.

체절구간은 호안공사가 진행되어 유속이 빨라지기 전에 지반이 좋은 장소에 床固工을 시공해두는 것이 바람직하다. 체절부의 유속에 따라서는 잠언, 광정언(廣頂堰)을 이용하는 일도 있다.

- (6) 매립공법이 Pump船에 의한 Pumping의 경우 매립호안의 기초지반의 透水性이 좋으면 여수(餘水)가 기초지반의 토사, 사토 등을 유출시켜 護岸本體를 破壞하거나 토사유출의 염려가 있으므로 설계, 시공에 주의하여야 한다. 또 매립토는 Pumping의 경우 액체화되어 있다고 생각되므로 직접 호안본체 배후에 토사류가 닿지 않도록 배출구의 위치, 餘水路, 餘水土의 배치를 고려하여야 한다.

- (7) 매립지내의 수위에는 매립지내 수위, 잔류수위의 2개의 수위를 설정한다.

매립지내 수위는 浸透計算이나 여수처리시설의 설계 등에 사용된다. 잔류수위는 호안 背後의 수위로서 호안의 安定計算에 사용한다. 단, 호안에 근접한 위치에서의 수위가 殘留水位보다도 높은 경우에는 원호활동 등의 安定計算에서 잔류수위를 사용하면 위험하게 되는 일도 있다. 그런 경우에는 매립지내 수위도 고려하여 호안의 安定計算을 한다.

① 매립지내 수위

매립지내 수위는 시공시, 완료시의 각 경우의 호안의 안정성 및 주변水域에 대한 영향을 고려하여 설정한다. 주변水域에 대한 영향에 대하여는 특히 시공시의 호안 내 발생과에 의한 越流 등에 대하여 주의하여야 한다. 또, 매립지내 수위가 호안면 수위에 비하여 너무 높아지면 호안이나 기초지반으로부터의 오수 등의 浸出水量이 증가하는 일이 있으므로 주의를 요한다. 또한, 매립지내 수위는 호안의 건설과 여수처리시설 등의 건설비 및 유지관리비에 영향을 미친다는 것을 유의해 두어야 한다.

② 殘留水位

가. 매립호안에서는 매립지내의 오수 등의 호안으로부터의 浸出을 줄이기 위하여 透水性이 낮은 호안구조로 하는 일이 많다.

나. 기왕의 실시례를 보면 중력식 구조형식의 매립호안에서는 護岸本體에 의하여 투수성의 저하를 도모하기 보다는 腹付土, 뒷채움 모래층 두께의 증대 등으로 투수성의 저하를 도모한 예가 많다. 따라서, 이와같은 호안형식에서는 護岸本體 배면의 수위는 보통의 중력식 호안과 같은 움직임을 하기 때문에 護岸本體의 설계에 사용하는 잔류수위는 통상의 중력식 호안과 같게 보아도 된다.

다. 널말뚝식 구조형식을 취하는 매립호안에서는 널말뚝부의 止水性を 높이기 위하여 널말뚝 Joint에 Grout재를 注入 또는 2중 널말뚝식 구조형식의 채움 등의 사례가 있다. 이로 인하여 구조물 본체의 水位는 통상의 널말뚝 호안보다 낮아지는 일이 많다. 이와 같은 널말뚝식 매립호안에서는 호안의 止水性を 충분히 고려하는 외에 이중 널말뚝식의 경우에는 널말뚝의 마루높이, 시공시의 상황등을 고려하여 적절한 잔류수위를 설정한다.

- (8) 매립호안을 육지측과 접속하여 건설하는 경우에는 호안의 건설에 수반하여 지하수위의 上昇을 일으키고 또, 지하수의 水質의 惡化를 초래하는 일도 있으므로 매립지의 평면계획 및 호안구조를 검토함에 있어서는 이점도 충분히 유의하여 호안배후의 지하수의 상황을 미리 조사해두는 것이 바람직하다. 또, 매립호안의 축조에 의하여 지하수의 수질악화를 초래할 우려가 있는 경우에는 지하수와의 遮斷을 기도하기 위하여 지수벽을 설치하는 등의 대책을 검토할 필요가 있다.

- (9) 매립호안으로부터 해역으로 나가는 오수 등의 浸出水量을 추정하기 위하여는 본편 7-4 기본단면의 결정에 의한 침투류의 해석을 할 필요가 있다. 浸透流의 해석은 Darcy의 법칙을 적용하여 행하는 것을 기본으로 한다. 그러나, 호안단면은 후술하는 바와 같이 널말뚝이나 Concrete 부재 및 뒷채움모래 등 다른 재료로 구성되어 있고 또, 널말뚝 등에는 Joint부와 널말뚝 본체부의 투수성이 다르므로 Darcy의 법칙이 적용되지 않는 경우도 있다. 이 경우의 침투류의 해석에 대하여는 호안단면이 Darcy의 법칙이 적용되는 재료로 구성된 것으로 보고 취급하는 것이 현실적이므로 Darcy의 법칙을 근사적으로 적용하기 위한 고안으로서 투수계수나 壁體幅의 환산을 시행할 필요가 있다.

浸透流의 해석은 매립호안내의 수위가 일정하다고 볼 수 있는 범위까지를 대상으로 하나 호안본체의 구조나 뒷채움모래 등의 상황을 고려하여 소요의 정도에 따라 범위를 설정하여 해석하면 된다. 단, 投入埋立土 그 자체의 투수성이 낮은 경우에는 매립호안내의 수위가 매립토 내에서 큰 勾配를 갖는 일이 있으므로 주의할 필요가 있다.

① 강널말뚝식 구조물의 透水性

강널말뚝식 구조물의 투수성은 Darcy의 법칙으로는 표현할 수 없다. 그러므로 침투류의 해석에 대하여는 적절한 換算幅과 그 換算幅에 대한 換算透水係數를 사용하여 취급할 수가 있다. 또, 그 설정에 대하여는 실내실험은 현장에서의 Joint의 상황을 再現한다고 말할 수 없으므로 현장에서의 실험결과를 기본으로 하는 것이 바람직하다.

가. 현장에서의 강널말뚝식 구조물의 투수성에 대하여는 문헌 4)가 있다. 이것은 강널말뚝식 안벽 5개例의 잔류수위의 측정결과를 기초로하여 검토된 것으로 널말뚝벽을 해지면 이하를 不透水層으로 보고 해지면 위를 Darcy의 법칙이 성립하는 1m 폭의 균일한 투수층으로 置換하여 해석한 것이다. 그 결과 얻어진 투수계수(환산투수계수)는 $1 \times 10^{-5} \sim 3 \times 10^{-5} \text{cm/s}$ 의 범위에 있었다.

또, 강관 널말뚝식 안벽의 2개사례(직경80cm, 二港建型 Joint)에 대하여도 같은 해석을 한 결과 $6 \times 10^{-5} \text{cm/s}$ 라는 값을 얻고 있다. 또한, 以上の 조사사례 에서의 뒷채움토사의 투수계수는 $10^{-2} \sim 10^{-3} \text{cm/s}$ 정도이었다.

나. 강널말뚝 Joint부의 투수성에는 다음과 같은 특성이 있다.

뒷채움토사가 없는 경우에는 단면이 급격히 축소하는 Orifice와 같은 현상으로서 식(참7-1)에서 $n=0.5$ 로 놓고 표현된다.

$$q = K \cdot h^n \quad (\text{참7-1})$$

여기서,

q : 단위Joint 길이당 유출량 ($\text{cm}^3/\text{s}/\text{cm}$)

h : 널말뚝 전후의 수위차 (cm)

K, n : 정수

뒷채움이 있는 경우에는 뒷채움 토사의 성질이 Joint부에서의 浸出水量에 크게 영향을 미친다는 것과 뒷채움 토사의 널말뚝 Joint부 부근에서는 Darcy의 법칙이 성립하지 않는 領域이 있다는 것을 고려하면 뒷채움 토사를 포함한 어느 범위의 토사를 널말뚝 Joint와 一體로 생각하여 合成 Joint로 보고 이 부분의 투수성을 평가코자 하는 시도가 있으나 이것은 浸透流의 해석을 하는데 유효한 방법이다. 莊司 등은 Joint 정도의 차이에 더하여 모래채움의 유무 등 조건을 조합한 포괄적인 투수시험을 하고 그 결과를 간추려서 실험식을 제안하였다. 그 결과에 따르면 뒷채움이 있고 Joint부에 토사가 채워져 있는 상태에서는 $n=1.0$ 과 근사하다고하고 실험결과를 나타내는 K 를 구하고 있다.

다. 널말뚝 Joint부에 止水處理를 시행한 경우의 투수성의 低下의 정도에 대하여는 止水材의 종류, 사용방법 등에 따라 다르므로 현지의 시공상태를 고려한 실험결과 등 신뢰할 수 있는 자료를 기초로 판단할 일이다.

野外에서의 실험 예에서는 침출수량이 지수재가 없는 경우의 20~40% 정도로 저하한 예도 있다.

② 基礎地盤의 透水性

가. 자연지반의 투수성

자연지반의 투수성은 자연지반을 구성하는 각 토층의 투수계수를 제2편 11-2-3 투수계수를 참조하여 구한다. 이에 따라, 지반전체의 투수성을 평가할 수가 있다. 자연히 퇴적한 지반에서는 투수계수가 方向性을 갖으며 연직방향에 비하여 수평방향의 투수계수가 크다. 또, 자연지반상에 구조물을 축조하면 지반의 압축 또는 압밀에 의하여 간극비가 적어져 투수계수도 저하한다.

투수계수를 실내시험 또는 하아젠의 식에 의하여 평가하는 경우에는 면밀한 Sampling에 의하여 성층상태를 정확히 파악하는 것이 중요하다.

나. 지반개량부분의 투수성

매립호안의 건설에 대하여 지반개량이 실시되는 경우에는 자연지반의 투수성의 평가에 더하여 지반개량에 의한 투수성의 변화를 검토할 필요가 있다.

砂杭간의 지반이나 置換砂層의 하부지반, 심층혼합처리공법의 미처리 부분 등에서는 압밀에 의하여 투수계수가 장기간에 걸쳐 저하되어 간다. 또, 砂杭의 경우에는 砂杭 주변의 粘土의 교란에 의한 투수계수의 변화, 砂杭자신의 다짐에 의한 투수계수의 변화가 예상된다. 지반개량을 행한 기초지반의 투수계수를 개량지반과 미처리지반으로 구분하여 설정함에 있어서는 침투류의 해석에 있어서 호안이나 기초지반의 구성의 단순화, 호안구조, 지수공의 투수계수의 정도등을 고려하여 Balance가 취해진 검토를 행할 필요가 있다. 또, 기존의 유사구조물의 조사에 의하여 개략치를 검토할 수도 있다.

다. 기초지반이 암반인 경우의 투수성에 대하여는 암반이 균열, 파열 또는 斷層破碎帶 등을 포함하는 경우가 있고 또 이에 따라 투수성이 결정되는 일이 많으므로 사전에 충분히 조사를 행하고 거기에 기초하여 투수성을 검토한다.

7-3 구조의 안정

호안의 안정계산은 호안의 구조에 따라 제8편 제3장 중력식 안벽 기타의 구조안정에 관한 규정에 준하여 행한다.

[참 고]

호안의 안정계산은 다음과 같이 주된 구조형식에 따라서 적절히 검토를 한다.

(1) 중력식 호안

Caisson, L형 Block, Cellular Block, Concrete Block 등의 Precast Concrete 부재를 사용한 것과 현장타설 Concrete에 의한 것이 있다.

설계시는 제8편 제3장 重力式岸壁, 제8편 13-6 直立消波式 岸壁을 참조한다.

(2) 널말뚝식 호안

강널말뚝, 콘크리트 널말뚝 등을 사용하여 호안을 축조한 것으로 널말뚝을 자립시키는 것, 버팀공을 갖는 것 및 2重 널말뚝이 있다.

버팀공이 있는 것은 매립이 어느 정도 진척되지 않으면 시공이 어렵고 埋立進捗狀態와 안정조건을 미리 검토하여 공사의 관리를 하여야 한다. 설계시는 제8편 제5장 널말뚝식 안벽 또는 제8편 제13장 기타형식의 안벽 중 널말뚝을 사용한 형식의 구조를 참조한다.

(3) Cell식 호안

강널말뚝, 鋼板 등에 의하여 Cell 구조로 한 것으로 강널말뚝식 호안과 함께 水密性이 높고 매립토의 浸出防止에 적합하다. 설계시는 제8편 제7장 강널말뚝 Cell식 안벽을 참조한다.

(4) 捨石式 護岸

비교적 수심이 얕은 장소에 사용되며, 護岸 本體가 捨石에 의하여 구성되어있는 것으로 매립토의 漏出이 발생하지 않도록 대책을 강구한다. 耐波性을 갖도록 전면에 피복공을 설치한다. 한편, 대수심에 있어서도 석재의 단가가 싼 곳 등에서 사석의 海水 淨化機能이나 魚類의 집합 서식기능이 있다고 하여 傾斜堤가 쓰이는 경우가 있다.

(5) 消波 Block 피복호안

파력이 큰 장소에서 상기 각 구조의 前面에 消波工을 설치 한 것이다.

(6) 假護岸

假護岸의 형식으로는 목책, 石碎(돌짜기) 등이 있고 사석제도 사용된다. 영구구조에 가까운 것으로는 목책 대신 경량 강널말뚝을 사용하는 것이 있고 Corrugated Cell을 사용하는 경우도 있다. 또 본 호안의 구조형식을 假護岸에 쓰는 경우도 있다.

7-4 기본단면의 결정

호안은 배후의 매립지의 保全이 이루어지도록, 그리고 호안 및 배후의 토지이용에 지장이 없도록 越波量, 고조시의 조위차 등을 감안한 적절한 마루높이를 갖도록 한다.

〔해 설〕

- (1) 매립 호안의 마루높이는 설계고조위에 설계파에 대한 필요높이를 가한 것으로 하고 越波의 허용도를 고려하여 결정한다(본편 7-2 설계조건 [참고] (1) 참조).
- (2) 매립 호안의 安定計算은 구조형식에 따라 행한다. 매립지의 시공은 일반적으로 장기간 걸리는 것이므로 매립공사중의 각 조건을 고려하여 安定計算을 한다. 특히, 圓弧滑動이 발생할 우려가 있는 경우에는 공사중의 각 단면에 대하여 안정성을 검토한다. 또, 파랑이 있는 곳에서는 본편 제2장 防波堤를 참고하여 埋立途中의 파랑에 대한 안정성을 검토하여야 한다.

〔참 고〕

- (1) 매립호안의 全面에 消波工을 설치하는 경우에는 마루높이를 낮출 수가 있다. 그러나 마루높이와 매립지내의 水位와의 차가 적어지면 월류의 위험이 있으므로 주의가 필요하다.
- (2) 越波量, 처울림 높이의 계산은 제2편 4-6 처오름 높이, 월파 및 傳達波를 참조하여 적용한다.

- (3) 연약한 粘土를 매립하는 경우에는 호안에 작용하는 토압의 輕減, Joint 또는 기초를 통한 매립토의 流出防止를 기하기 위하여 뒷채움을 시공하는 등의 대책이 필요하다.
- (4) Pump선에 의한 매립의 경우 호안배후에 浮遊 軟弱土가 集中하여 호안 본체에 豫想 以上の 토압이 작용하거나 또, 배면수압이 호안 마루까지 작용하는 경우가 있으므로 安定計算시는 이들 문제를 충분히 고려할 필요가 있다.

7-5 구조세목

- (1) 호안에는 파랑조건에 따라 세굴방지공, 물받이공을 설치한다.
- (2) 매립토의 성상, 호안의 구조, 잔류수위 등을 고려하여 적절한 유출방지공을 설치한다.
- (3) 필요에 따라서 계단 등의 부대설비를 설치한다.

[참 고]

- (1) 매립 호안에는 월파를 감소시키기 위하여 Parapet를 설치하는 일도 있다. Parapet의 설계시는 일본의 해안 보전시설 축조 기준해설을 참조하여 적용한다.
- (2) 호안에 월파의 염려가 있을 때에는 호안배후를 보호하기 위하여 물받이공을 설치하여야 한다. 물받이공의 폭은 월파량, 파의 처울림 높이, 호안구조 등을 고려하여 정한다. 또, 월파에 의하여 호안배후에 침입한 해수를 배수구, 수발공 등을 설치하여 배제할 수 있도록 설계하여야 한다. 배수시설의 단면은 월파량, 강우량 등을 고려하여 적절한 크기로 한다.
- (3) 기타 구조세목에 대하여는 제7편 외곽시설, 제8편 계류시설의 관련 항목을 참조하여 적용한다.