

KDS 64 45 20 : 2024

# 방파제

2024년 12월



### 건설기준 제·개정에 따른 경과 조치

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

## 건설기준 제 · 개정 연혁

- 이 기준은 항만 및 어항 설계기준 KDS 64 45 20 방파제로 제·개정 연혁은 다음과 같다.

| 건설기준                               | 주요내용                                                                                                                                                                                   | 제·개정<br>(년.월)             |
|------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------|
| 항만설계기준                             | <ul style="list-style-type: none"> <li>항만설계기준 제정</li> <li>설계조건, 수역시설, 외곽시설, 계류시설, 기타시설, 준설 및 매립 등 기타항만공사에 관계되는 설계의 일반방침과 기준을 수록</li> </ul>                                             | 제정<br>(1971.12)           |
| 항만설계기준                             | <ul style="list-style-type: none"> <li>조사연구가 진전됨에 따라 국내기술향상에 도움이 되도록 개정</li> </ul>                                                                                                     | 개정<br>(1979.12)           |
| 항만시설물 설계기준서                        | <ul style="list-style-type: none"> <li>항만의 재개발, 워터프런트 개발사업 추진 전망에 따라 항만법 제26조에 근거하여 기술의 체계화, 표준화의 기준 수립 및 시설물의 안정성과 경제성을 고려하여 개정</li> </ul>                                            | 개정<br>(1993.12)           |
| 항만 및 어항 설계기준                       | <ul style="list-style-type: none"> <li>해양수산부가 새로 발족되어 항만 및 어항 설계기준 · 해설 및 항만시설의 기준에 관한 규칙과 어항관련 법규에서 정하는 어항 시설에 대한 설계기준을 통합하고, 설계 및 시공과정과 시공이후 건설관리 및 시설물 유지관리 관련내용 신설하여 개정</li> </ul> | 개정<br>(1999.12)           |
| 항만 및 어항 설계기준                       | <ul style="list-style-type: none"> <li>연안정비시설물을 포함하고 관련법령 및 최신기술 변화요인 반영, 항만시설장비의 안전성 제고를 위한 설계풍속 및 하중 계수 상향, 재추산 심해파의 적용근거 마련 등 개정</li> </ul>                                         | 개정<br>(2005.12)           |
| 항만 및 어항 설계기준 · 해설                  | <ul style="list-style-type: none"> <li>변화된 항만건설여건 반영과 태풍, 이상파랑 등 해양외력의 기후변화 대응, 선박 및 장비의 대형화, 저탄소 녹색성장, 항만재해 저감을 고려하고 해외 건설사업 진출에 도움이 될 수 있도록 국제 설계기준과 연계성 향상하여 개정</li> </ul>          | 개정<br>(2014.04)           |
| 항만 및 어항 설계기준<br>설계코드(KDS 64 00 00) | <ul style="list-style-type: none"> <li>건설기준 코드체계 전환에 따라 기존 설계기준을 설계코드(KDS 64 00 00)로 개편하고, 타 분야 설계코드와 중복·상충 항목을 비교, 검토하여 보완</li> </ul>                                                 | 코드체계<br>전환제정<br>(2017.08) |
| 항만 및 어항 설계기준<br>KDS 64 45 20 방파제   | <ul style="list-style-type: none"> <li>(4.6.4 두부, 오목부의 안정계산) 경사제 두부 안정성, 두부 적용 연장과 폭에 대한 기술 추가 및 직립소파 블록제 직립소파블록부 하단고 확보에 대한 예외 추가</li> </ul>                                          | 일부개정<br>(2024.12)         |

제 정 : 2017년 8월 16일 개 정 : 2024년 12월 24일

심 의 : 중앙항만정책심의회

소 관 부 서 : 해양수산부 항만기술안전과

관련단체 (작성기관) : 한국항만협회

- 해양수산부장관은 『**호령·예규** 등의 발령 및 관리에 관한 규정』에 따라 **고시일 기준으로 매 3년이 되는 시점마다 그 타당성을 검토하여 개선 등의 조치를 해야 한다**.

# 목차

## contents

|                        |    |
|------------------------|----|
| 1. 일반사항 .....          | 1  |
| 1.1 목적 .....           | 1  |
| 1.2 적용범위 .....         | 1  |
| 1.3 참고기준 .....         | 1  |
| 1.4 용어의 정의 .....       | 1  |
| 1.5 기호의 정의 .....       | 2  |
| 1.6 시설물의 구성 .....      | 2  |
| 2. 조사 및 계획 .....       | 5  |
| 2.1 계획 .....           | 5  |
| 3. 재료 .....            | 6  |
| 4. 설계 .....            | 7  |
| 4.1 설계의 기본방침 .....     | 7  |
| 4.2 설계조건의 결정 .....     | 9  |
| 4.3 구조형식의 선정 .....     | 11 |
| 4.4 기본단면의 설정 .....     | 12 |
| 4.5 외력계산 .....         | 18 |
| 4.6 안정계산 .....         | 19 |
| 4.7 구조세목 .....         | 26 |
| 4.8 부재계산 .....         | 32 |
| 4.9 중력식 특수 방파제 .....   | 33 |
| 4.10 친수기능 방파제 .....    | 42 |
| 4.11 목재취급시설의 방파제 ..... | 42 |
| 4.12 폭풍해일 방파제 .....    | 44 |
| 4.13 지진해일 방파제 .....    | 45 |



# KDS 64 45 20 방파제

## 1. 일반사항

### 1.1 목적

이 기준은 방파제를 계획하고 설계할 때에 필요한 기술적 사항을 정함을 목적으로 한다.

### 1.2 적용범위

이 기준은 항내 정온을 유지하기 위하여 설치하는 방파제에 있어서 직립제, 혼성제, 경사제, 소파블록피복제 등 중력식방파제의 표준적인 설계기준을 제시한다.

### 1.3 참고기준

내용 없음

### 1.4 용어의 정의

- 경사제(傾斜堤) : 암석이나 콘크리트블록을 사다리꼴 형상으로 쌓아올린 형식을 말한다.
- 근고(根固)블록 : 직립제 또는 혼성제 직립벽 하단 끝부분에 세굴을 방지하기 위하여 설치하는 블록을 말한다.
- 소파(消波)블록피복제 : 직립제 또는 혼성제 전면에 소파블록을 설치한 형식을 말한다.
- 중력식방파제(重力式防波堤) : 파력 등의 외력을 제체중량과 그 마찰력으로 저항하도록 축조된 방파제 형식을 말한다.
- 직립제(直立堤) : 해저면에 전면이 연직인 벽체를 쌓아올린 형식을 말한다.
- 혼성제(混成堤) : 해저면에 경사제 형식으로 기초 사석부를 형성하고 그 위에 직립벽을 쌓아올린 형식을 말한다.

## 1.5 기호의 정의

내용 없음

## 1.6 시설물의 구성

### 1.6.1 구조형식에 따른 분류

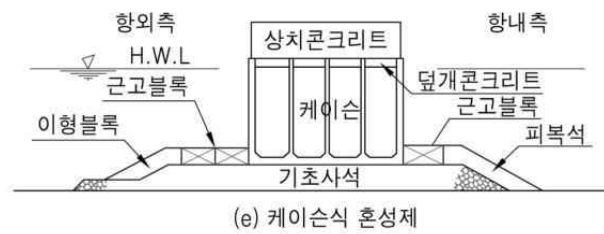
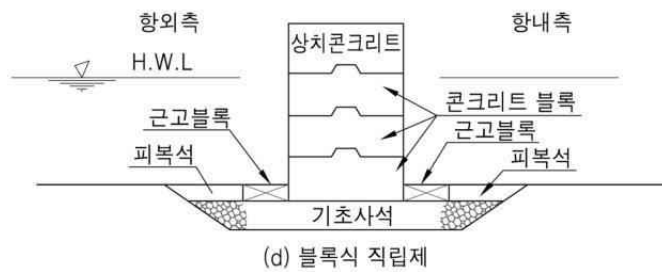
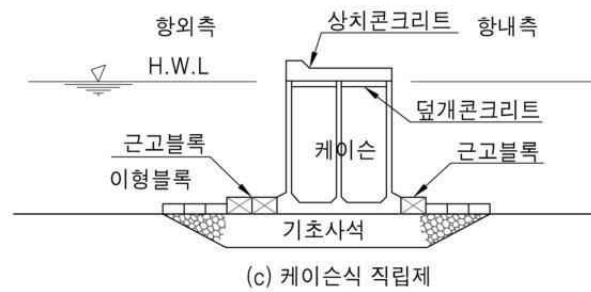
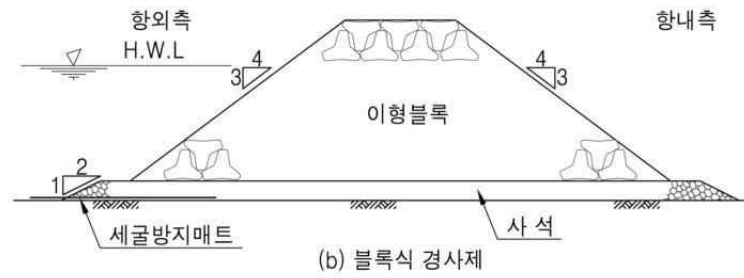
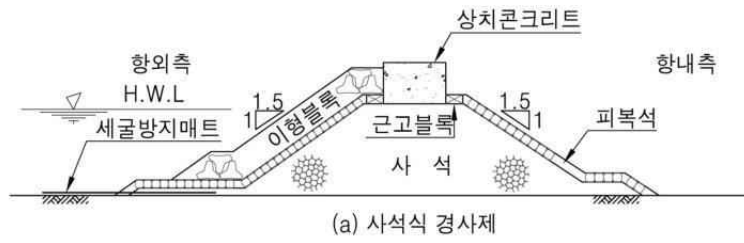
- (1) 직립제
- (2) 혼성제
- (3) 경사제
- (4) 소파블록 피복제
- (5) 중력식 특수방파제
  - ① 직립소파 블록제
  - ② 소파 케이슨제
  - ③ 상부사면 케이슨제

### 1.6.2 기능에 따른 분류

- (1) 일반적인 방파제(기본적인 기능 방파제)
- (2) 부가적인 기능 방파제
  - ① 친수기능 방파제
  - ② 목재취급시설 방파제
  - ③ 폭풍해일 방파제
  - ④ 지진해일 방파제

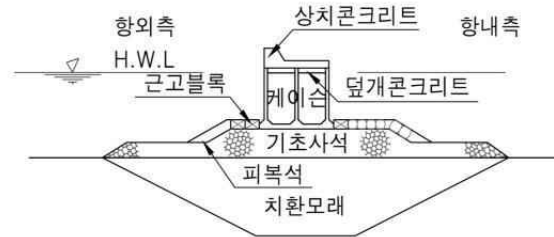
## [참 고]

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

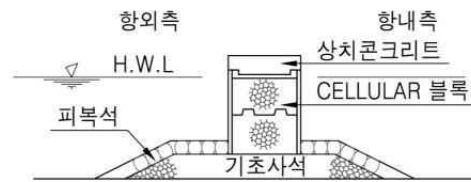


참고 그림 (1.6-1) 방파제의 형식

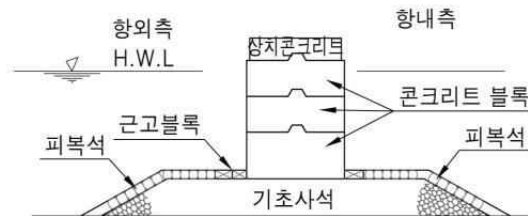
## 방파제



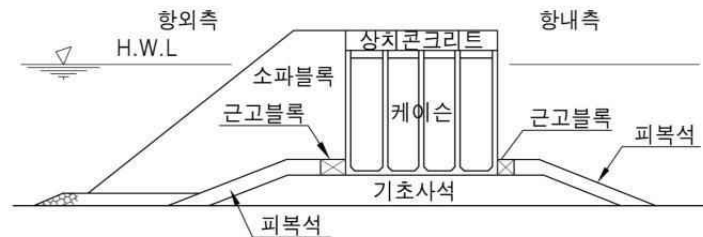
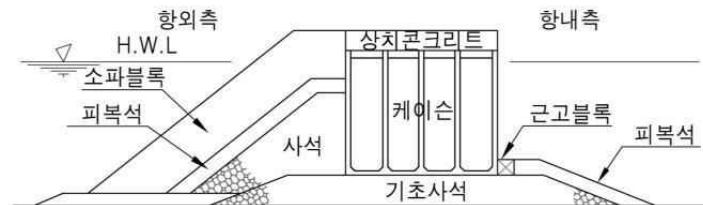
(f) 케이슨식 혼성제 (연약지반)



(g) 셀블록 혼성제



(h) 블록식 혼성제



(i) 소파블록 피복제

참고 그림 (1.6-1) 방파제의 형식 (계속)

- (3) 혼성제는 기초 사석부 위에 직립벽을 설치한 것으로 파고에 비하여 사석부 마루가 높은 경우에는 경사제에 가깝고 낮은 경우에는 직립제의 기능에 가깝다.
- (4) 소파블록 피복제는 직립제 또는 혼성제의 전면에 소파블록을 설치한 것으로 소파블록으로 파랑의 에너지를 소산시키며, 직립부는 파랑의 투과를 억제하는 기능을 가진다.

## 2. 조사 및 계획

### 2.1 계획

#### 2.1.1 방파제의 배치

- (1) 방파제는 KDS 64 40 10 수역시설(4.1.6 항로의 정온도 및 4.2.4 정박지 정온도)를 만족시키도록 배치하여야 하며, 친수성 및 친환경성 등의 기능을 복합적으로 고려하여야 한다.
- (2) 방파제는 항내 정온을 유지하여 하역효율을 높이고, 항내 항행 및 정박 중인 선박의 안전을 확보하고, 항내시설을 보전하기 위하여 설치하는 것으로서 다음과 같은 사항을 고려하여야 한다.
  - ① 항 입구는 가장 빈도가 높은 파랑방향과 가장 파고가 큰 방향을 피하여 항내 침입파가 가장 작도록 하여야 한다.
  - ② 방파제 배치는 길이방향 기준선이 확률적으로 발생빈도가 가장 높은 파랑방향과 가장 파고가 큰 방향에 대하여 각각 효과적으로 항내를 차폐하여 항내정온도 목표성능을 만족하여야 한다.
  - ③ 항 입구는 선박항행에 지장이 없는 유효 폭을 확보하고 선박항행이 편리하도록 선박안전항행조건을 만족하여야 한다.
  - ④ 항 입구 부근의 조류 속도는 선박항행에 지장이 없도록 최대한 작게 되는 장소를 선정하여야 하며 조류속도가 큰 경우에는 조류속 저감을 위한 대책을 세워야 한다.
  - ⑤ 제체에 의한 반사파가 항로 및 정박지의 정온도에 영향을 주거나, 주변의 연안 해역에 파랑에너지의 집중현상을 유발시키는 등 파랑환경 변화에 의한 악영향을 최소화 하여야 한다.
  - ⑥ 선박의 접안, 하역, 정박 등에 지장을 주지 않도록 수역을 확보하여야 한다.
- (3) 항내의 수질 악화 등이 우려되는 경우에는 항내 해수가 정체되지 않도록 해수 교환을 위한 대책을 수립하는 등 방파제 배치로 인하여 주변해역의 유동환경 변화에 의해 발생 가능한 수질환경 및 생태환경에 미치는 악영향을 최소화 할 수 있도록 관계기관 협의조건을 준수하여야 한다.
- (4) 방파제의 건설에 있어서는 자연조건, 시공조건은 물론 유지관리를 포함한 경제성에 대해서도 검토하여야 한다.
- (5) 항내의 필요한 정온도에 대하여는 하역가동율과 안전정박 한계파고에 대하여 검토하여야 한다. 하역가동율과 관련한 안벽전면의 정온도는 안벽전면의 파고분포 특성, 대상선박의 선체동요특성 및 하역한계 파고를 기준으로 한 한계정온도에 대하여 검토하여야 한다.

## 방파제

### [해설]

- (1) 방파제의 배치에 있어서 서로 모순되는 것도 있다. 예를 들면 항내의 정온도를 높이기 위해서는 항입구 폭은 좁을수록 좋으나 항행에는 불편하다. 또, 최다 방향의 파랑과 최고파랑의 방향이 반드시 일치하지 않는 경우가 있다. 이와 같은 경우에는 선박의 이용성, 공사비, 시공성, 유지의 난이도 등을 종합적으로 검토하여 결정한다. 항내정온도의 추정 방법에 대하여는 KDS 64 10 10 설계조건(4.3.4 파랑의 변형)을 참고한다.  
또 항만의 입구 폭 및 방향에 대하여는 KDS 64 40 10 수역시설(4.1 항로), 항내의 수면적에 대하여는 KDS 64 40 10 수역시설(4.2 박지)를 참조한다.
- (2) 방파제 배치에 있어서 다음사항에 유의하여야 한다.
  - ① 파랑 에너지가 집중되는 형상을 피한다.
  - ② 시공성과 경제성을 고려하여 지반이 특별히 나쁜 곳은 피하고 시공하기 쉬운 위치를 택한다.
  - ③ 꽃(갑)이나 섬 등 지형효과를 고려하여 배치한다.
  - ④ 모래질 해안에서는 항내에 표사가 유입되지 않도록 배치한다.
  - ⑤ 방파제 설치 후 인접해역에 대한 환경적 영향에 대하여 충분히 고려한다.
- (3) 파랑 에너지의 집중에 대하여는 KDS 64 10 10 설계조건(4.3.4.6 (3) 오목부, 방파제 두부 부근 및 도제 주변에서의 파랑변형), 그리고 모래해안에 건설하는 방파제에 대하여는 KDS 64 10 10 (4.7 표사), KDS 64 50 00 연안보전시설을 참조한다.
- (4) 유효 항입구 폭은 단순한 항 입구 폭의 직선거리가 아니라 소정의 수심을 가진 항로 폭을 말하며 항 입구를 횡단하는 조류의 속도는 일반적으로 2~3노트(Knot) 이하가 바람직하다.
- (5) 얕은 여울 주변에서는 굴절의 영향을 받아 파고가 증대하고 급사면상의 방파제에는 충격적인 파력이 작용할 수 있다. 따라서 방파제를 얕은 여울 위어나 그 바로 뒤에 배치하면 오히려 과대한 구조를 필요로 하는 경우가 있으므로 파랑환경의 공간적 특성을 고려하여 배치한다.
- (6) 개방된 외해역에 고립되어 건설되는 방파제(도제 또는 이안제)는 방파제의 연장길이가 입사파 파장의 2~3배 이하가 되면 양단으로부터 일어나는 파랑의 회절에 의한 영향으로 방파제 배후의 파고가 상당히 커질 수 있다. 이러한 파고 증대는 안정성에도 영향을 미치므로 회절파의 영향을 검토해야 한다. 회절파의 영향에 대하여는 KDS 64 10 10 (4.3.4.3 회절변형, 4.3.4.6 (3) 오목부, 방파제 두부부근 및 도제 주변에서의 파랑변형)을 참조한다.
- (7) 정박지의 정온도에 대하여는 KDS 64 40 10 (4.2.4 정박지 정온도)를 참조한다.

## 3. 재료

내용 없음

## 4. 설계

### 4.1 설계의 기본방침

방파제의 설계에 있어서는 필요에 따라 다음 사항을 검토한다.

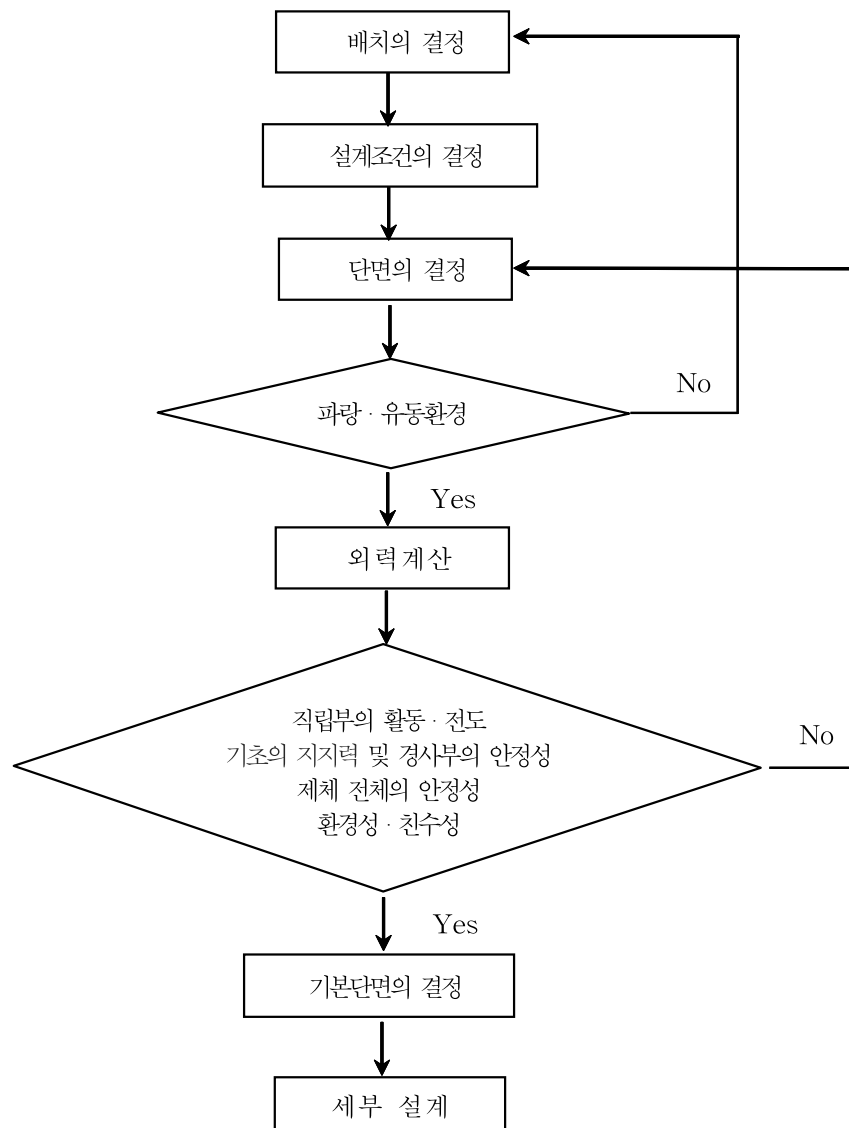
- (1) 방파제의 배치
- (2) 주변 지형에 대한 영향
- (3) 주변 환경과의 조화
- (4) 설계조건
- (5) 구조형식
- (6) 다목적사용의 유무
- (7) 설계법
- (8) 시공법
- (9) 경제성

#### [해설]

이 기준에서는 직립제, 혼성제, 경사제, 소파블록피복제 등 중력식방파제에 대하여 기술한다. 기타 구조형식의 방파제를 설계할 경우에도 방파제 설계의 기본흐름에 따라 목표로 하는 성능을 확보할 수 있는 방법으로 시행할 수 있다.

#### [참고]

- (1) 방파제의 설계는 일반적으로 다음과 같은 순서에 따라 행하는 것이 좋다[참고 그림 (4.1-1) 참조].



참고 그림 (4.1-1) 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 것이 바람직하다.
- (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 특이 조건에 대한 수리모형실험이 필요하다.

## 4.2 설계조건결정

방파제의 설계조건은 다음 사항을 검토하여야 한다.

- (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 따라 결정되는 조건이며, 바람, 조위, 파랑, 수심 및 지반 등은 기본적 설계조건이다. 그 외 안정계산을 위한 설계조건으로는 마찰계수, 부재의 허용응력도, 단위체적중량 등이 있다.
- (2) 정온도는 항내파고 또는 계류선박의 동요특성으로 나타난다. 하역가능한 한계조건(파고 또는 계류선박의 동요조건) 및 항내통선에 지장이 없는 파랑조건을 만족시켜야 한다. 따라서 설계대상 항만에서 필요한 하역일수를 만족하는 한계파랑(파고 또는 선체 동요를 고려한 파랑조건) 이하로 유지하도록 방파제 제두부를 통한 회절파뿐만 아니라 체체를 통한 전달파(방파제의 형상, 마루높이, 조도, 투과성 등), 방파제의 위치와 수역 시설과의 관계, 입사파조건(항구의 위치와 방향)을 검토하여야 한다. 또, 태풍 등 악천 후 시에도 배후의 항만시설이 보전되도록 하고 선박 계류 시에 안전한 정온도를 확보 하거나 선박안전대책이 있어야 한다. 정온도에 대하여는 KDS 64 40 10 수역시설 (4.1.6 항로의 정온도, 4.2.4 정박지 정온도)를 참조한다.
- (3) 바람 자료는 파랑의 추산에 주로 사용할 수 있는 광역적 해상풍 자료와 등대 등 항 만시설 설계시의 풍압계산에 필요한 국지적 극치풍의 특성으로 나누어 해석하고 응용 할 수 있다. 상세한 내용은 KDS 64 10 10 설계조건(4.2 바람과 풍압력)을 참조한다.
- (4) 방파제 단면과 기본수준면, 약최고고(저)조위, 평균해면, 기왕의 최고(저)조위, 대 · 소 조시의 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 확정론적 설계법을 사용할 경우에도 이들 극치특성을 고려할 필요가 있다. 조위에 대한 상세한 사항은 KDS 64 10 10 설계조건(4.4 조석)을 참조한다. 파력 계산시의 설계조위는 이상고조의 영향을 고려할 필요가 없는 항만에서는 약최고(고)·저조면을, 그리고 이상고조의

## 방파제

영향을 고려할 필요가 있는 항만에서는 약최고고·(저)조면에 이상고조 등 조위 편차를 가감한 기준해면을 취하는 등, 구조물이 가장 불안정한 조건을 대상으로 설정하되 확률론적으로 극치조건을 검토하는 것이 바람직하다. 원호활동에 대하여는 약최고저조면, 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 한다.

- (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 KDS 64 10 10 설계조건(4.3.9 구조물에 작용하는 파력)을 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 보링(Boring)의 위치와 간격(개소) 및 심도를 적합하게 설정하여 조사할 필요가 있다. 상세한 사항은 KDS 64 11 00 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 KDS 64 10 10 설계조건(4.9 마찰계수), KDS 64 10 20 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.

### 4.3 구조형식의 선정

방파제의 구조형식은 각 구조형식의 특성과 다음 항목을 비교·검토하여 선정하여야 한다.

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

#### [참 고]

- (1) 방파제의 구조에 따라서는 반사파가 크기 때문에 방파제 인근 항행선박의 안전항해에 장애를 주는 경우가 있다. 특히 소형선박에 미치는 영향이 크므로 항행조건에 영향을 미칠 경우 방파제를 저반사구조로 하도록 한다.
- (2) 항내 수질의 개선 및 청정 수역환경을 확보하기 위하여 해수교환을 촉진할 수 있는 통수기능을 가지는 방파제 구조형식을 채택할 수 있는데, 이 경우 표사의 유입, 투과파의 증대에 의한 항만기능의 저하를 고려하여 채택하여야 한다.
- (3) 방파제의 선형이 오목부를 이루고 있는 경우에는 오목부 부근의 파고가 증대된다. 방파제의 선형변화나 지역적 특성에 따라 파랑에너지가 집중하는 곳은 저반사 구조 또는 소파기능을 추가하는 구조형식을 취하도록 한다.
- (4) 기타 형식의 방파제에 대하여는 KDS 64 45 30 기타형식 방파제를 참조한다.

## 4.4 기본단면의 설정

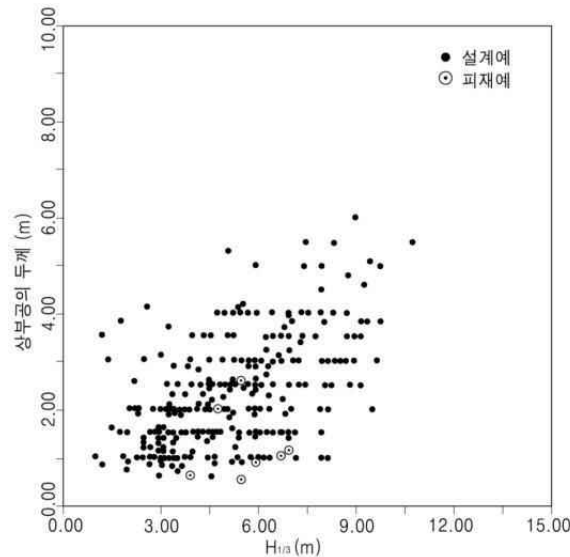
### 4.4.1 직립제

- (1) 방파제의 마루높이는 설계조위에 안정성 검토를 위한 설계 유의파고( $H_{1/3}$ )의 0.6배 이상을 더한 높이로 하여야 한다.
- (2) 방파제 배후 정박지에 정박하는 선박이 소형이고 또 정박지 면적이 좁아서 월파를 적극 억제할 필요가 있는 항만의 방파제 마루높이는 설계조위에 유의파고( $H_{1/3}$ )의 1.25배를 더한 높이로 결정할 수 있다.
- (3) 제체의 폭은 충분한 안정성을 확보할 수 있도록 결정하여야 하며 제체 폭이 파랑 제어효과에 영향을 줄 경우에는 이를 고려한 최적 폭을 결정할 수 있다.
- (4) 단면의 형상은 불투과성 직립벽을 기본으로 하여야 하나, 직립벽의 형상에 변화를 주거나 투수성을 확보하면서 파랑제어기능을 부가할 경우에는 이들 특성을 고려하여 소요 항내정온도를 확보할 수 있도록 하여야 한다.

#### [해설]

- (1) 폭풍해일(이상고조), 지진해일(쓰나미) 등의 영향을 고려할 필요가 없는 항만에서는 약최고고조위를 마루높이 결정의 설계조위로 하며, 폭풍해일, 지진해일 등의 영향을 고려할 필요가 있는 항만에서는 약최고고조위에 과거의 기록과 수치모의기법 등을 종합적으로 이용하여 구한 확률론적 편차를 더한 조위를 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 한다. 한편 방파제의 마루높이를 높게 하면 파압강도가 증대되어 단면폭이 커져야하는 등 비 경제적인 단면이 될 수 있으므로 주의가 필요하다.
- (3) 직립제체의 상치콘크리트의 두께는 너무 얇으면 재해를 입게 되므로 설계파고 2m 이상의 경우에는 1m이상으로 하고 파고 2m 미만의 경우라도 최소 두께는 50cm 이상으로 한다. 또, 제체가 블록식인 경우 상치콘크리트 제체 전체의 하중으로 작용하게 되며 블록의 활동을 막는데 유효하므로 충분한 무게를 확보하도록 한다. 사례로 해설 그림 (4.4-1)은 상치콘크리트의 두께와 설계파고와의 관계를 보여준다.
- (4) 케이슨 상면의 높이가 낮으면 케이슨의 거치, 속채움 모래의 투입 및 덮개 콘크리트 상부의 상치콘크리트 타설 작업에 제약을 받게 되므로 케이슨 상면의 높이는 약최고고조위 이상으로 하는 것이 일반적이다.
- (5) 블록식 직립제의 최상단의 블록 및 셀룰러 블록의 상면 높이는 상치콘크리트를 시공하기 쉽도록 적어도 평균해면(M.S.L)이상 가급적이면 약최고고조위(A.H.H.W) 이상으로 하는 것이 좋다.

- (6) 친수기능 방파제의 마루높이에 대하여는 비말이나 월파랑 등을 고려하여 시민의 이용성, 안전성은 물론 경관성에 대한 별도의 검토가 필요하다. 친수기능 방파제에 대하여는 이 기준 4.10 친수기능 방파제를 참조한다.
- (7) 수심이 얇은 곳에서는 월파에 포함된 모래에 의하여 항내가 매몰되는 일도 있으므로 얇은 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 방파제설치의 목적과 기능을 충분히 이해한 후 마루높이를 결정할 필요가 있다.



해설 그림 (4.4-1) 상치콘크리트의 시공사례

#### 4.4.2 혼성제

- (1) 직립부의 마루높이는 이 기준 4.4.1 직립제에 따르나 지반이 연약하여 침하가 예상될 때는 미리 여유고를 고려하거나, 마루높이를 추가적으로 높이기 쉬운 구조로 하여야 한다.
- (2) 사석마운드의 수심은 충격쇄파력의 작용을 피할 수 있는 깊이로 설치하고 사석부는 원호활동 및 편심경사하중에 대해 안전성을 확보할 수 있어야 한다.

#### [해설]

- (1) 상치콘크리트의 두께, 케이슨의 상부 높이 및 제체의 최종 마루높이는 직립제에 준한다.
- (2) 방파제의 침하의 원인으로는 다음과 같은 것이 있다.
- ① 기초지반의 압밀침하
  - ② 지반의 외측부로의 용기

## 방파제

- ③ 지반의 측방유동
  - ④ 사석, 블록의 무게에 의한 지반 내 함몰
  - ⑤ 사석자체의 압축, 모래지반의 압축
  - ⑥ 지진 또는 고파랑에 의한 사질지반의 액상화, 파랑에 의한 구조물 기부의 세굴
- 이 중 ①에 대하여는 KDS 64 11 00 지반(4.6 기초의 침하)를 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 상치콘크리트를 두껍게 하는 방법 등이 있으며 경제성을 고려하여 설계하여야 한다.
- (3) 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.
- (4) 사석 마운드의 마루가 높고 사석부의 폭이 넓으면 충격쇄파력이 작용할 경우가 있으므로 사석마운드의 수심은 될수록 깊게 하고 직립부가 케이슨인 경우 케이슨의 높이와 연계하여 거치가 가능한 심도로 한다. 충격쇄파력 발생에 관해서는 KDS 64 10 10 설계조건(4.3.9.2.3 충격쇄파력)을 참조한다.
- (5) 사석부의 어깨폭은 항외 측의 경우 파고(파장)에 따라 충분한 넓이로 한다. 단, 입사파의 조건에 따라 어깨폭의 영향에 의한 충격적인 쇄파파력의 발생 여부를 수리모형실험 등을 통해 검토하고 대책을 수립할 필요가 있다.
- (6) 직립부의 활동저항을 증가시키기 위하여 배면에 사석을 높이는 경우가 있다. 이 경우에는 단면이 월파에 의해 변형되기 쉬우므로 충분히 맞물릴 필요가 있다. 필요한 경우 콘크리트 블록 등으로 피복한다.

## [참 고]

- (1) 사석부는 직립부의 하중을 널리 분포시키고, 직립부의 거치를 위하여 지반을 잘 고르고 수평으로 하며, 파랑에 의한 세굴을 방지하는 등의 효과가 있으므로 1.5m 이상의 두께로 하는 것이 바람직하다.
- (2) 사석부의 어깨폭은 제체의 원호활동, 편심경사하중에 대한 소요안전율이 확보되도록 하며 파랑의 영향이 큰 곳에서는 항외 측으로 적어도 5m 이상 두는 것이 보통이다. 또, 항내 측은 항외 측의 2/3정도의 어깨폭으로 하는 경우가 많다. 이와 같이 사석부의 어깨폭을 충족하면 편심경사하중에 대한 안전성검토에 사용하는 비숍법에서의 사석에 대한 표준적인 강도정수  $c' = 20KN/m^2$ ,  $\phi = 35^\circ$  가 발휘된다고 볼 수 있다. 한편 항내 측 사석부 마운드 폭  $BM_2$ 의 참고 추정식으로는 요시오카(吉岡) 등에 의한 식 등이 있다.

$$BM_2 = 1.0 + 0.2H_{1/3} + 0.3(H_C + T_U) + 0.2B_C \quad \text{참고 식(4.4-1)}$$

여기서,  $H_{1/3}$  : 유의파고(m)

|       |                               |
|-------|-------------------------------|
| $H_C$ | : 제체 직립부 높이(m)                |
| $T_U$ | : 상치두께(m)(파라펄이 있는 경우 이를 제외한다) |
| $B_C$ | : 제체 폭(m)(푸팅이 있는 경우 이를 제외한다)  |

- (3) 직립부의 활동저항을 늘리기 위해 제체 뒷면에 사석을 높게 올리는 경우가 있는데, 이 경우에는 월파수괴에 의한 사석부 피해가 발생하기 쉬우므로 주의가 필요하다.
- (4) 사석부의 비탈경사는 안정성을 검토하여 결정하나 파랑의 영향을 고려하여 일반적으로 항외 측 사면을 1:1.5~1:2 정도로 하는 경우가 많다.

#### 4.4.3 경사제

- (1) 마루높이는 이 기준 4.4.1 직립제에 준하여 결정한다.
- (2) 마루폭, 사면경사 및 단면형상(복합단면 등)은 층별 재료의 조도, 공극률(투수계수)과 관련한 반사파, 월파 등 수리특성과 안정성의 허용범위를 고려하여 결정하여야 한다.

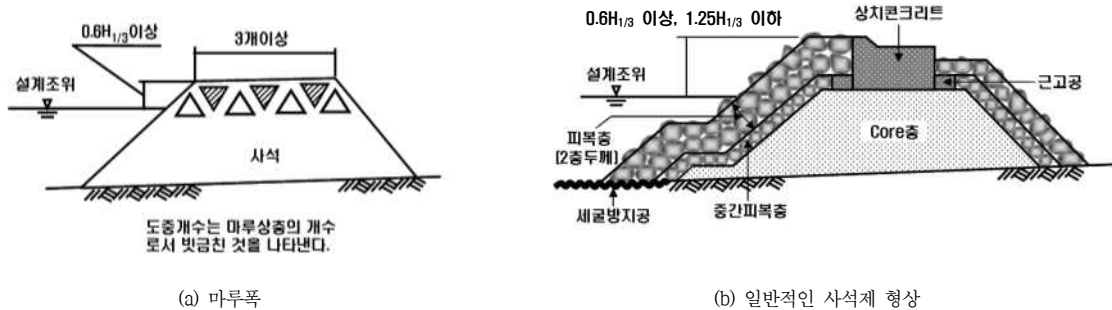
#### [해설]

- (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, 상치 콘크리트와 사석부의 수리적 불안정성에 기인한 국부 세굴 및 상치구조물의 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) 경사제는 투수성 제체를 통한 투과파가 있으므로 허용 월파량을 직립제와 같이 한 마루높이를 결정하더라도 항내파고가 커지는 경우가 있으므로 주의가 필요하다. 월파 및 전달파에 대하여는 KDS 64 10 10 설계조건(4.3.6 처오름 높이, 월파 및 전달파)를 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 수리모형실험 등을 시행하는 것이 바람직하다.

## 방파제

- (5) 월파를 허용할 경우, 제체상부 피복재가 불안정해지므로 충분한 마루폭을 갖도록 할 필요가 있다. 또한 이형 소파블록을 사용하는 경우 마루높이가 설계조위상  $0.6H_{1/3}$  정도이면 마루폭은 해설 그림 (4.4-2)(a)에 보여준 바와 같이 3개를 설치한 폭 이상이 바람직하다. 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 필요하다.
- (6) 해안으로부터 돌출되는 돌제식 방파제로 육지로부터 밀고 나오면서 단계적으로 시공하는 방파제의 마루폭은 안정계산상, 충분한 폭을 갖도록 함과 아울러 사석운반 시공의 용이성을 고려하여 결정할 수 있다.
- (7) 비탈경사는 안정계산에 의하여 적절히 결정하며 비탈경사는 사석제의 경우 항외 측 1:2 전후, 항내 측 1:1.5 전후가 많고 소파블록으로 피복하는 경우 1:1.3~1:1.5 전후가 많다. 또, 항외 측에서 비탈면의 상부와 하부의 경사와 피복재의 중량을 달리하는 경우에는 경사와 피복재의 중량이 바뀌는 지점을 설계기준 수면하  $2.0H_{1/3}$  보다 깊은 곳으로 하는 것이 일반적이나, 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.
- (8) 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.
- (9) 연약지반 상에 축조되는 사석제의 마루높이 및 공법결정에 대하여는 이 기준 4.4.2 혼성제에 준한다.
- (10) 해설 그림 (4.4-2)(b)와 같이 많은 경사제에서 도입하는 상치콘크리트 설치형 경사제의 피해사례에 의하면, 상치구조물과 근고공 및 코어층의 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.
- (11) 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 한계

조건을 실험적으로 점검하는 것이 바람직하다. 이러한 현상은 조위의 변동, 설계과  
이외의 극치 파랑조건을 결합하여 검토하는 것이 바람직하다.



해설 그림 (4.4-2) 경사제의 마루폭 및 마루높이

#### 4.4.4 소파블록 피복제

- (1) 직립부의 마루높이는 이 기준 4.4.1 직립제를 참고로 하여 안정성 및 파랑제어 기능을 만족시키는 높이로 하여야 한다.
- (2) 상치콘크리트의 두께 및 케이슨 등의 마루높이는 이 기준 4.4.1 직립제에 따르고, 사석부의 두께는 이 기준 4.4.2 혼성제에 따른다.

#### [해설]

- (1) 소파블록 피복제는 직립제·혼성제에 비하여 월파 및 전달파가 적게 된다. 월파 및 전달파에 대하여는 KDS 64 10 10 설계조건(4.3.6 처오름 높이, 월파 및 전달파)를 참조하여 월파 및 전달파(향내정온도)의 확률론적 특성을 검토한다.
- (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 마루높이는 직립부의 마루높이와 같게 하는 것이 바람직하다. 소파공의 마루높이가 직립부 마루높이에 비하여 너무 낮으면 직립부에 충격적인 쇄파파력이 작용할 위험이 있고 반대로 직립부 마루높이보다 너무 높으면 마루의 블록이 불안정해진다. 직립부에 충격적인 쇄파파력이 작용할 가능성이 큰 경우에는 수리모형실험으로 직립부에 작용하는 파압의 크기를 검토함을 권장하며, 이때 파압자료의 독취 시간간격은 1/400초보다 크지 않게 하는 것이 바람직하다.
- (4) 소파공의 마루폭은 충분한 소파효과를 얻기 위해서는 소파블록 2개를 설치한 폭 이상으로 할 필요가 있으며, 사석 경사제의 외해쪽 단면에 관한 설계과정을 준용할 수 있다.

## 4.5 외력계산

### 4.5.1 외력계산 일반

방파제의 안정계산에 있어서는 파력, 정수압, 부력, 자중 등의 외력을 고려하여야 한다.

#### [해설]

- (1) 외력으로서 필요에 따라 풍압력, 지진력, 표류물의 충돌력, 토압 등을 추가로 고려할 수 있다.
- (2) 소파블록의 자중으로 인한 직립부에 작용하는 하중은 통상의 경우 파랑 작용 시 고려하지 않는다. 고려해야할 경우에는 KDS 64 10 10 설계조건(4.3.9.2.4 소파블록으로 피복된 직립벽에 작용하는 파력)을 참조한다.

### 4.5.2 파력

- (1) 파력의 계산은 KDS 64 10 10 설계조건(4.3.9 구조물에 작용하는 파력)에 따른다.
- (2) 파력계산에 사용할 조위는 구조물이 가장 불안정하게 되는 조위로 한다. 조위의 결정은 KDS 64 10 10 (4.4 조석)에 따른다.

#### [해설]

- (1) 파력의 계산에는 KDS 64 10 10 설계조건(4.3.9 구조물에 작용하는 파력)을 참조하고, 단면형상, 구조특성 등에 따라서 적절한 계산법을 채택하여야 한다. KDS 64 10 10 (4.3.9.2.3 충격쇄파력)을 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.

### 4.5.3 정수압

제체 내외의 정수면에 차이가 있는 경우에는 그 수위차에 상당하는 정수압을 고려하여야 한다.

#### 4.5.4 부 력

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

#### 4.5.5 자 중

제체의 자중은 제체를 구성하는 각 재료의 밀도를 사용하여 계산하여야 한다.

#### [해 설]

재료의 밀도에 대하여는 KDS 64 10 10 설계조건(4.8 상재하중)을 참조한다.

#### 4.5.6 지진시의 검토

KDS 64 17 00 내진(4.2.3 방파제)에 따른다.

### 4.6 안정계산

#### 4.6.1 직립부의 안정계산

- (1) 중력식 방파제 직립부의 안정성 검토는 파괴 안전율에 근거한 설계법을 표준으로 한다.
- (2) 파괴 안전율에 근거한 설계법을 사용할 경우, 직립제의 제체, 혼성제의 직립부, 경사제의 상부공, 소파블록 피복제 등의 직립부의 안정성 검토는 다음에 열거한 ①~⑤에 따라야 한다.
  - ① 직립부 활동에 대한 안정성을 검토하여야 한다.
  - ② 직립부 전도에 대한 안정성을 검토하여야 한다.
  - ③ 직립부 바닥면의 기초지반 지지력에 대한 안정성을 검토하여야 한다. 이에 대해서는 KDS 64 11 00 지반(4.3.2 편심·경사하중에 대한 지지력)에 따른다.
  - ④ 지반의 활동에 대한 검토는 지반의 특성 및 구조특성을 고려하여 파괴가능한 모든 활동면에 대하여 검토하여야 한다. 이에 대해서는 KDS 64 11 00 (4.7 사면의 안정)에 따른다.
  - ⑤ 침하에 대한 검토는 지반의 특성 및 구조특성을 적절히 고려하여 침하검토를 시행하여야 한다. 이에 대해서는 KDS 64 11 00 (4.6 기초의 침하)에 따른다.

[해설]

(1) 파력을 계산할 때는 KDS 64 10 10 설계조건(4.3.9.2 직립벽에 작용하는 파력)을 참조하고 안전율은 ①~④를 참고하여 적절하게 설정한다.

① 활동에 대한 안정성의 검토는 해설 식 (4.6-1)에 의하여 행한다.

$$F_s \leq \frac{\mu(W_0 - B - U)}{P} \quad \text{해설 식 (4.6-1)}$$

여기서,  $F_s$ ,  $\mu$ ,  $W_0$ ,  $U$  및  $P$ 는 각각 다음과 같은 물리량을 나타낸다.

- $F_s$  : 직립부의 활동에 대한 안전율
- $\mu$  : 직립부와 기초사석부의 마찰 계수
- $W_0$  : 직립부의 중량 (kN/m)
- $B$  : 직립부에 작용하는 부력(kN/m)
- $U$  : 직립부에 작용하는 양압력 (kN/m)
- $P$  : 직립부에 작용하는 수평파력 (kN/m)

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 안정성의 검토는 해설 식 (4.6-2)에 의하여 행한다.

$$F_s \leq \frac{(W_0 \cdot t_1 - B \cdot t_2 - U \cdot t_3)}{M_p} \quad \text{해설 식 (4.6-2)}$$

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

- $F_s$  : 직립부의 전도에 대한 안전율
- $t_1$  : 직립부의 중력의 작용점으로부터 직립부 제체 후미하단(전도지지점)까지의 거리 (m)
- $t_2$  : 직립부에 작용하는 부력 작용점으로부터 직립부 제체 후미하단까지의 거리(m)
- $t_3$  : 직립부에 작용하는 양압력 작용점으로부터 직립부 제체 후미하단까지의 거리(m)
- $M_p$  : 수평파력에 의한 직립부의 후미하단 주위의 회전모멘트 (kN·m/m)

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.

④ 지반의 활동에 대한 안전율은 설계파압 작용 시 원호활동 1.3, 마운드 직선활동 1.2, 편심·경사하중에 대한 지지력 1.0 이상으로 하는 것을 표준으로 한다.

- (2) 직립부와 기초사석상부의 마찰계수를 증대시키기 위하여 직립부 저면에 마찰증대용 매트를 부설하는 등 마찰력 증대를 위한 대책을 강구할 경우도 있다. 마찰력 증대 매트 등 마찰력 증대 대책에 대하여는 KDS 64 10 10 설계조건(4.9 마찰계수)를 참조한다.

## [참 고]

- (1) 직립부의 항내 측을 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 a는 직립부 높이의 1/3 이상, 마루폭 b는 보강체 높이 a와 같은 이상으로 하는 것이 바람직하고[참고 그림 (4.6-2) 참조], 지역 특성 및 항만 이용상태에 따라 변형할 수 있으나 실험적인 검증이 필요하다.
  - ⑤ 콘크리트 블록을 사용할 경우 직립부와 간격을 두지 말고 구조적 일체성을 유지하도록 시공할 것.
- (2) 직립부의 항내 측을 쇄석 또는 콘크리트 블록으로 보강할 경우의 활동저항은 참고 식 (4.6-1)을 만족하여야 한다.

$$\frac{\mu_1 W_1 + R}{P} \geq 1.2 \quad \text{참고 식 (4.6-1)}$$

여기서,  $P$  : 직립부에 작용하는 수평력 (kN/m)

$W_1$  : 직립부의 정수중의 수중중량 - 양압력 (kN/m)

$\mu_1$  : 직립부와 사석기초부의 마찰계수

$R$  : 보강재 쇄석 또는 콘크리트 블록의 활동저항력 (kN/m)

활동저항력은 아래와 같은 방법으로 구할 수 있다.

- ① 쇄석의 활동저항력[참고 그림 (4.6-1)(a) 참조]

$$R = W_s \tan(\theta + \phi) \quad \text{참고 식 (4.6-2)}$$

여기서,  $W_s$  : 최상단 피복층을 제외한 활동면 상부 사석의 수중중량 (kN/m)

$\theta$  : 활동면 경사각 (°)

$\phi$  :  $\phi = \tan^{-1} \mu_2$  ( $\mu_2$ 는 사석층 내부의 쇄석과 쇄석간의 마찰계수,  $\mu_2 = 0.8$ )(°)

## 방파제

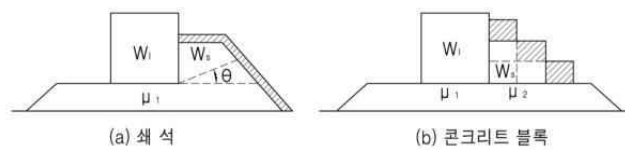
참고 식 (4.6-2)는 사석부의 힘의 평형식으로부터 얻어지는 것이며  $\theta$ 를 시행착오법으로 변화시켜 구한  $R$ 의 최솟값이 활동저항력이다.

### ② 콘크리트 블록의 활동저항력(참고 그림 (4.6-1)(b) 참조)

$$R = \mu_2 W_s \quad \text{참고 식 (4.6-3)}$$

여기서,  $W_s$ : 최상단의 콘크리트 블록을 제외한 수중중량 (kN/m)

$\mu_2$ : 콘크리트 블록과 쇄석기초간의 마찰계수



참고 그림 (4.6-1) 활동 저항면

### ③ 저항력 $R$ 은 파고와 제체 설치수심의 비의 함수로 나타낼 수 있으며 다케다 (Dakeda) 등이 제안한 참고 식 (4.6-4)는 실험결과를 제시한 예이며 이를 참고할 수 있다. 여기서 재료에 따라 $\alpha=0.4\sim1.0$ 의 범주에서 변화하는 성질을 알 수 있다.

$$R = \alpha W_s \quad \text{참고 식 (4.6-4)}$$

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

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

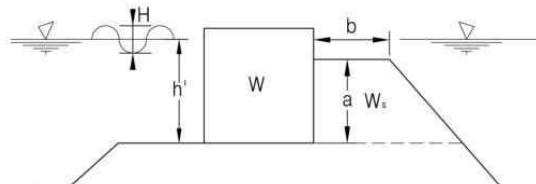
단,  $H/h' \leq 0.5$  일 때  $H/h' = 0.5$ 로 본다.

여기서,  $W_s$  : 쇄석 또는 콘크리트 블록의 수중 중량 (kN/m)

$\alpha$  : 저항계수

$H$  : 파고 (m)

$h'$  : 제체설치수심 (m)



참고 그림 (4.6-2) 보강체의 활동 저항면

#### 4.6.2 경사제의 안정계산

혼성제 및 경사제에서 사석부의 활동 및 피복재료의 소요중량을 검토하여야 한다.

(1) 활 동

활동에 대하여는 편심경사 하중에 의한 활동을 검토하여야 한다.

(2) 피복재의 소요중량 및 층두께

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

#### [해설]

- (1) 편심경사 하중에 의한 활동에 대하여는 KDS 64 11 00 지반(4.3.2 편심·경사하중에 대한 지지력)을 참조한다.
- (2) 경사제, 소파블록피복재의 소요중량은 KDS 64 10 10 설계조건(4.3.10.1 경사면의 피복석 또는 블록의 안정질량)에 따라 계산한다. 단, 피복석 등 피복재의 소요중량은 경사제의 파괴특성 등을 고려한 허용파괴율, 고파랑 특성 및 파군특성, 파랑의 지속 시간효과, 재료의 형상 및 재질, 경사제의 피복방법에 따라(난적, 정적, 돌붙임 등) 안정계수 및 소요중량이 달라질 수 있다. 이에 관한 극한 조건 등에 대한 수리실험 결과를 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) 혼성제의 피복 재료의 소요중량은 KDS 64 10 10 설계조건(4.3.10.2 혼성제 사석부의 피복석 또는 블록의 안정질량)에 따라 계산한다.

#### [참고]

- (1) 피복재 밑의 보조피복재(사석 및 중간 블록)의 소요중량은 피복재 중량의 1/20 이상으로 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 이상으로 한다.
- (2) 보조피복층은 적정규모의 사석층 또는 중간층용 블록을 사용하되, 투수계수와 상하부 층간의 마찰계수, 하부층 재질의 흡출을 방지할 수 있는 공극률을 확보할 수 있어야 하며, 이에 따라 피복재의 안정성과 전면의 수리특성(반사파, 처오름 높이, 율파 등)이

## 방파제

예민하게 반응하므로 이에 대한 종합적인 검토, 수리실험적인 확인을 거치는 것이 바람직하다. 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 유지보수 개념을 적용한 최적설계시스템을 응용하면 가장 경제적인 설계가 가능한 구조적 장점이 있다. 신뢰성 설계개념과 함께 최적설계개념을 응용한 이들 설계개념을 활용할 수 있는 설계를 권장하나, 이 경우에는 유지보수대책을 명기하여야 한다.

### 4.6.3 제체전체의 안정계산

중력식 방파제에 있어서는 지반의 특성 및 구조의 특성에 따라서 KDS 64 11 00 지반 (4.7 사면의 안정)에 규정한 원호활동에 대한 안정성을 검토하여야 하며, 침하를 검토하여 방파제의 구조 전체와 지반과의 상호작용에 의한 안정성을 확보하여야 한다. 이 때 구조물 전체에 작용하는 파압특성 등이 고려되어야 하며, 이에 대한 이론적 해석 또는 실험적 검토를 하여야 한다.

#### [해설]

- (1) 원호활동에 대하여는 KDS 64 11 00 지반(4.7.2 원호활동면에 의한 안정해석), 침하에 대하여는 KDS 64 11 00 (4.6 기초의 침하), 지반개량공법에 대하여는 KDS 64 11 00 (4.8 지반개량공법)에 따른다.
- (2) 구조물 전체에 작용하는 파압의 계산은 KDS 64 10 10 설계조건(4.3.9 구조물에 작용하는 파력)을 참조한다.
- (3) 제체전체의 안정계산에 사용하는 조위는 가장 위험한 조건의 조위 즉 안전율이 가장 작은 조위조건을 대상으로 한다. 설계조위의 결정은 KDS 64 10 10 (4.4.1 설계조위)를 참조하되, 가장 위험한 조위조건은 설계고조위와 무관할 수도 있으므로 조위변동과 이상고조를 고려한 수면변동의 극치를 대상으로 가장 위험한 조건을 검토하여야 한다.

#### 4.6.4 두부, 오목부의 안정계산

- (1) 두부의 피복석 및 피복 블록은 간부의 피복재의 중량보다 크게 하여야 한다.
- (2) 연약지반의 경우에는 방파제 기준선 길이방향의 활동에 대하여도 검토하여야 한다.  
이 경우 측면마찰 저항을 고려할 수 있다.
- (3) 두부에 등대를 설치하는 경우에는 이에 작용하는 지진력, 파력 및 풍압력을 고려하여 안정계산을 하여야 한다.
- (4) 오목부의 설계에는 파고의 증대효과를 고려하여야 한다.

#### [해설]

- (1) 경사제나 혼성제의 두부는 간부에 비하여 기부의 세굴이나 작용외력에 불명확한 점이 있으므로 피복재의 중량을 간부보다 크게 해두는 것이 바람직하다. 혼성제 기초사석부의 두부구조물에 대하여는 KDS 64 10 10 설계조건(4.3.10.2 혼성제사석부의 피복석 또는 블록의 안정질량)을 참조하여 적당히 크게 해 둘 필요가 있다. 또 경사제나 소파블록 피복제의 두부는 간부의 1.5배 이상의 중량을 가지도록 한다. 경사제의 사석 및 소파블록의 중량계산은 KDS 64 10 10 (4.3.10.1 경사면의 피복석 또는 블록의 안정질량)을 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 현장파괴사례 보고 및 실험적으로 확인되고 있으므로 이에 대한 점검과 대책을 실험적으로 충분히 검토할 것을 권장하며 주의를 요한다.
- (3) 오목부를 갖는 직립제, 혼성제의 기준선 형태에 있어서 오목부 자체에서의 파의 집중 외에 파향특성과 연계한 기준선 각 부위로부터의 반사파의 증첩, 연파(Stem wave)에 의한 파고 증대 및 분포특성의 차이가 기준면을 따라 발생할 수 있다. 이에 기인한다고 믿어지는 피해사례도 있으므로 기준선의 결정 및 안정계산 등에 있어서는 KDS 64 10 10 설계조건(4.3.4.6 (3) 오목부, 방파제 두부 부근 및 도제 주변에서의 파랑변형, 4.3.9.2.5 구조물 반사파랑에 의한 파력)에 따라 검토하고 3차원 수리실험 등에 의하여 극한 조건의 불규칙성과 방향성의 영향에 대한 검토를 시행하는 것이 바람직하다.
- (4) 방파제의 길이방향의 활동에 대하여는 KDS 64 11 00 지반(4.7.2 원호활동면에 의한 안정해석)을 참조한다.

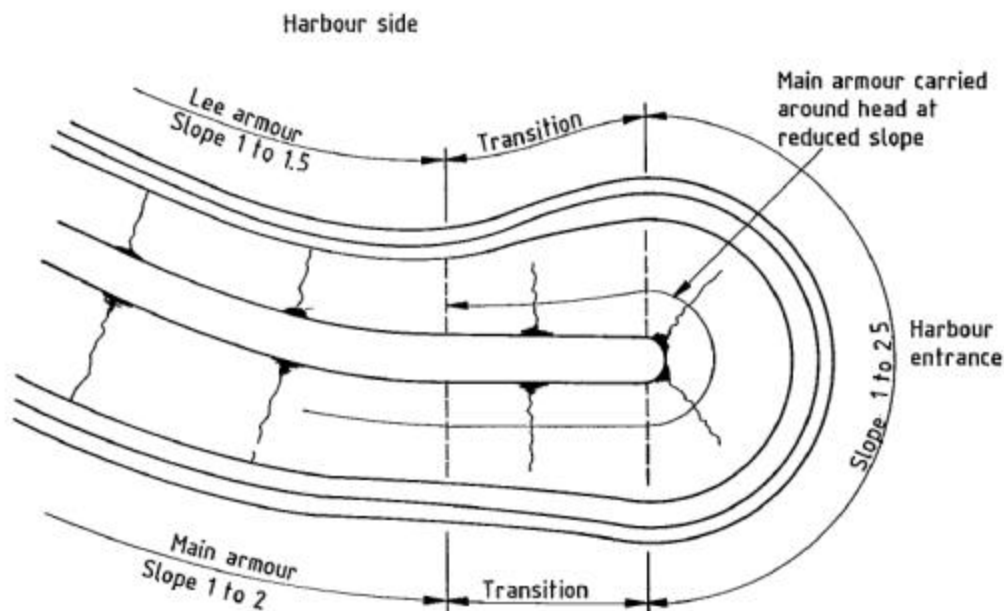
## 방파제

- (5) 등대가 설치되는 두부는 등대가 건설되어도 안전하도록 설계되어야 한다. 또, 등대의 기능을 유지하는데 필요한 전원의 확보 등 부속시설을 설치하도록 배려할 필요가 있다. 등대에 작용하는 풍압력에 대하여는 KDS 64 10 10 설계조건(4.2 바람과 풍압력)을 참조한다.

### [참고]

#### (1) 경사제 두부의 안정성

- ① 경사제 두부의 안정성을 확보하기 위한 방법으로 다음과 같은 것이 있다.
  - 가. 간부보다 더 큰 중량의 피복재를 사용하는 방법(중량할증방식)
  - 나. 간부보다 완만한 경사로 피복하는 방법
  - 다. 간부보다 피복층의 두께를 두껍게 하는 방법
- ② 두부와 간부의 연결구간은 참고 그림 (4.6-3)에서 보는 것과 같이 단절되지 않고 부드럽게 연결되어야 한다.
- ③ 두부 안정성에 대해서는 British Standard Institute(1999) 및 US Army corp of Engineers(2006)을 참조할 수 있다.
- ④ 또한, 두부 구간의 범위, 즉 두부 피복재 질량의 할증 범위는 두부 선단(기준선)으로부터 항내측 및 항외측 구간에 대해 설계파고( $H_{1/3}$ )의 최소 5배( $=5H_{1/3}$ ) 이상으로 하고, 원형으로 구성하는 것이 바람직하다(김영택과 이종인, 2017).



참고 그림 (4.6-3) 일반적인 방파제 두부 구조 (British Standard Institute(1999))

## 4.7 구조세목

### 4.7.1 직립제

- (1) 케이슨 및 셀룰러 블록식 제체의 덮개 콘크리트의 두께는 파랑조건, 시공조건을 고려하여 신중히 결정하여야 한다.
- (2) 상치콘크리트는 제체와 일체가 되도록 해야 하며, 길이방향에 대하여는 적절한 간격(케이슨의 경우 각 케이슨마다) 으로 연결조인트를 설치하여야 한다.
- (3) 블록제의 블록은 가급적 크게 하고, 장비의 제한을 받는 경우를 제외하고 최하단의 블록은 연결조인트 없이 한 개로 하여야 한다.
- (4) 셀룰러 블록의 최하단에는 특별한 사유가 있는 경우를 제외하고는 저판을 붙여 안정성을 증대시켜야 한다.

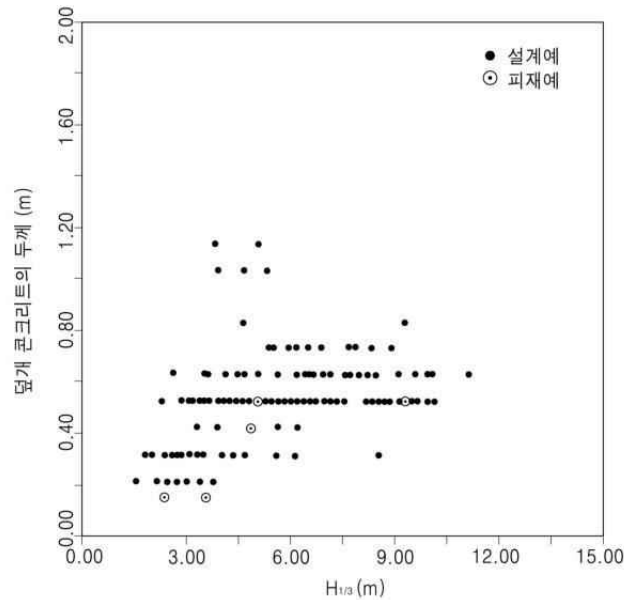
### [참 고]

#### (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 30cm 이상, 파랑환경이 험한 곳에서는 50cm 이상으로 한다. 파랑조건이 험하고 덮개 콘크리트의 상태로 장기간 방치하는 경우 1.0m 이상으로 시공한 예도 있다[참고 그림 (4.7-1) 참조]. 파랑이 험한 곳에서 프리캐스트(Precast) 덮개 콘크리트를 사용하면 프리캐스트와 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, 파랑이 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 상치콘크리트에 작용하는 파력에 대하여는 불명확한 점이 많기 때문에 제체와 일치되도록 시공한다. 시공조인트(Construction joint)의 시공은 콘크리트표준시방서에 따른다. 더욱 일체화를 증진하기 위하여 케이슨 속으로 상치콘크리트가 들어가도록 타설하는 방법, 덮개 콘크리트에 요철을 붙이는 방법(프리캐스트인 경우가 많다), 철근이나 형강을 삽입하는 방법 등이 있다[참고 그림 (4.7-2) 참조]. 또, 파라펫(Parapet)과 상치콘크리트가 일체가 되도록 시공조인트에 홈을 설치하거나 철근이나 형강을 삽입시키는 등의 방법이 바람직하다.

## 방파제

- ④ 직립제는 기부가 세굴 되기 쉬우므로 암반이 아닌 장소에서는 근고공을 충분히 시공한다. 또, 암반기초는 수평이 되어야 하지만 포대 콘크리트로 요철을 고르는 일이 많다. 포대 콘크리트의 배합은 단위 시멘트량을  $3\text{kN/m}^3$  이상으로 한다.



참고 그림 (4.7-1) 덮개 콘크리트의 시공 예

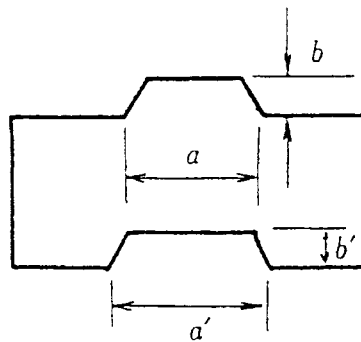


참고 그림 (4.7-2) 상치콘크리트 타설면

### (2) 콘크리트 블록식 직립제

- ① 블록의 쌓기 방법에는 수평 쌓기 경사 쌓기가 있으나 일반적으로 시공이 쉬운 수평 쌓기가 많다. 침식작용이 심한 장소 또는 침하가 심한 장소에서 비교적 수심이 얕은 곳에서는 경사 쌓기로 하는 경우도 있다. 이때에는 블록이 충분히 침하한 후에 상치 콘크리트를 시공한다. 상치콘크리트는 길이방향으로 10~20m의 간격으로 연결조인트를 둔다. 수평 쌓기의 경우에는 일체성이 유지되도록 방파제 길이방향과 직각인 단면(횡단면)의 종방향 연결부(Joint)는 위에서 밑에까지 통하지 않도록 엇갈려 배치한다. 경사 쌓기의 경우, 횡단면은 한 개의 블록으로 구성하는 것이 바람직하다. 경사의 각도는 보통 수평에 대하여  $50\sim 80^\circ$ 이다.
- ② 방파제 길이방향의 단면(종단면)에 있어서도 가급적 종방향 연결부는 연속되지 않도록 한다.

- ③ 콘크리트 블록은 활동을 방지하기 위하여 참고 그림 (4.7-3)과 같은 요철을 만들어 서로 맞물리도록 하는 방법이 일반적으로 사용된다. 블록(凸)부의 폭  $a$ 는 50cm정도, 높이  $b$ 는 20cm 정도, 또는, 오목(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 헨 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.



참고 그림 (4.7-3) 콘크리트블록 연결부

### (3) 셀룰러 블록(Cellular block) 직립제

- ① 셀룰러 블록의 속채움은 빈배합 콘크리트 또는 돌을 사용한다. 속채움에 콘크리트를 쓰면 셀룰러 블록 직립제의 일체성을 확보할 수 있다.
- ② 셀룰러 블록을 2단쌓기로 하면 일체성이 떨어지므로 가급적 1개로 하는 것이 바람직하다. 부득이 단쌓기로 할 경우에는 이 기준 1.6 시설물의 구성 [참고] 참고 그림 (1.6-1)(g)과 같이 셀룰러 블록 벽면의 상하에 요철을 붙여 상하의 셀룰러 블록을 맞물려 일체성을 높일 수 있다.
- ③ 속채움을 돌로 하는 경우 돌이 빠져나옴을 방지하기 위하여 셀룰러 블록에 저판을 붙이는 경우가 있다.
- ④ 상치콘크리트는 기준선방향으로 10~20m 간격으로 연결조인트를 둔다.

### (4) 콘크리트 단괴식 직립제

- ① 콘크리트 단괴식 직립제에서는 수축 또는 부등침하에 의한 균열을 방지하기 위하여 1개 블록을 5~10m로 해야 한다.
- ② 콘크리트의 타설은 수중 콘크리트 공법, 프리팩트(Prepacked)콘크리트 공법, 또는 드라이 워크(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

## 방파제

- 접착을 좋게 해야 한다. 기초의 요철이 크고 지반이 단단하여 평평하게 다듬기가 어려운 경우에는 지반의 요철에 맞추어 거푸집을 잘라내어 거치 시 접합을 좋게 한다.
- ④ 상치콘크리트는 길이방향으로 10~20m 간격으로 연결이음부를 설치한다.

### 4.7.2 혼성제

사석기초부의 수심이 매우 깊은 경우나 파랑이 작아 사석기초부의 문제가 특별히 없는 경우를 제외하고는 근고블록을 설치하여 사석부의 세굴을 방지하도록 하여야 한다. 근고블록은 직립부에 밀착시켜야 한다.

#### [해설]

- (1) 직립부에 대하여는 이 기준 4.7.1 직립제에 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 사석마운드 피복재가 설치되는데 근고 블록의 안정성면에서 피복재와 콘크리트 블록의 단차는 가급적 적은 것이 좋다.
- (4) 근고 블록에 구멍을 뚫어 투수성을 확보하여 재료간의 이질성을 줄이고, 급격한 극한 수리특성의 발생을 저감하여 기초부의 세굴과 흡출을 방지하며, 콘크리트블록에 작용하는 양압력은 저감하고 내파안정성은 크게 향상시킬 수 있다. 이와 같은 수리특성을 향상시키기 위해 근고공의 다양한 구조형태를 고려할 수 있다.

#### [참고]

- (1) 근고 블록을 설치하는 경우에는 직립부의 외해 측에 2개 이상 내해 측에 1개 이상 설치하는 것이 바람직하다.
- (2) 근고 블록의 구멍이 너무 크면 세굴·흡출방지 효과가 저하되기 때문에 개구율은 10% 정도가 좋으나, 이러한 문제가 없다면 기초부의 재질특성에 따라 다양하게 변화시킬 수 있다.
- (3) 근고 블록의 소요두께는 참고 식 (4.7-1)에 의하여 초기 설계치를 구할 수 있다.

$$t/H_{1/3} = d_f(h'/h)^{-0.787} \quad \text{참고 식 (4.7-1)}$$

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.

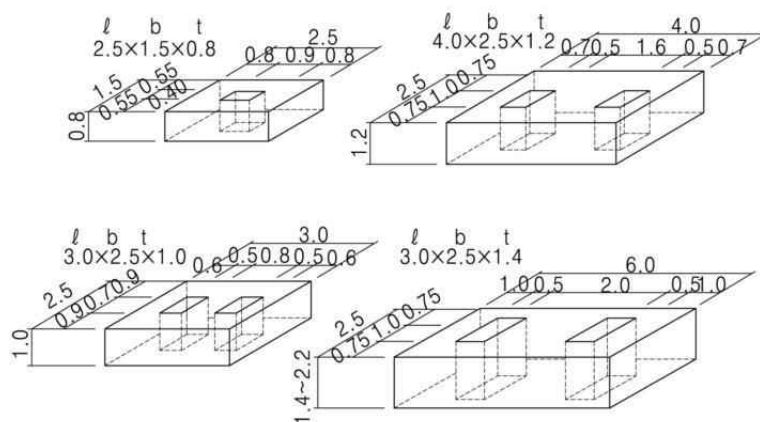
근고 블록 제원의 계산은 참고 식 (4.7-1)에 의하여 소요두께를 정하고 참고 표 (4.7-1)에 의하여 블록의 제원을 구하여 설계값으로 사용할 수 있다. 근고 블록의 설치 수심이 설계파고의 2배 이내에 위치할 수 있는 조건이 발생 가능할 경우에는 수리모형 실험 등을 통하여 그 기능과 안정성을 확인할 필요가 있다. 참고 그림 (4.7-4)에 블록 형상에 따른 제원의 예를 나타낸다.

- (4) 항내 측의 근고블록에 대하여는 항내파랑, 시공시파랑 및 월파의 영향을 고려하여 설계할 필요가 있다. 항내 측의 근고블록은 항외 측의 근고블록 중량보다 가벼운 중량을 사용해도 좋다. 종래의 설계에서는 항외 측의 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) 소파블록 피복제의 항외 측의 근고블록에 대하여도 소파공 없이 방치하는 기간 등을 고려하여 시공 시 파랑에 대하여 참고 식 (4.7-1)을 써서 근고블록의 제원을 구할 수가 있다.
- (6) 사석기초부는 다짐효과를 얻기 위하여 한 계절 동안 방치하는 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 작용하는 등 악영향을 받는다. 고르기 폭은 직립부의 양측에 적당한 여유를 고려할 필요가 있다. 근고 블록이나 피복석이 있는 경우에는 이 부분도 고르기를 하여야 한다.

참고 표 (4.7-1) 근고 블록의 소요두께와 제원

## 방파제

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



참고 그림 (4.7-4) 근고 블록의 형상

### 4.7.3 경사제

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

#### [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 항목은 다음과 같다.

- (1) 세굴방지공으로는 사면의 선단부에 소단형으로 사석을 투하하거나 버림 블록, 아스팔트 매트, 합성수지 매트 등을 채택할 수 있으나, 기부세굴을 방지할 수 있는 다양한 방법을 검토하여 적용할 수 있다. (참고 그림 (1.6-1)(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 벽을 설치하거나 입도분포가 양호한 석재를 경사제의 내부 또는 향내측 법면에 설치한다.
- (4) 경사제는 파랑에 의하여 제체가 변형되기 쉬우므로 유지보수를 게을리 하면 안 된다.
- (5) 피복을 샌드매스틱(Sandmastic)공법으로 하는 경우의 배합은 KDS 64 10 20 재료 (4.3.4 샌드매스틱)을 참조한다.
- (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.

#### 4.7.4 소파블록 피복제

소파블록의 하부 및 기부 부근에는 필요에 따라 세굴 및 세립자 유출방지공을 설치하여야 한다.

#### [해설]

- (1) 파랑에 의한 지반의 세굴, 세립자 흡출에 의한 소파공의 침하가 발생하기 쉬우므로 세굴 방지공을 설치한다. 세굴 방지공에 대하여는 이 기준 4.7.3 경사제를 참조한다.

#### 4.8 부재계산

케이슨, 셀룰러 블록, L형 블록의 부재계산은 KDS 64 14 20 프리캐스트 콘크리트 부재에 따른다.

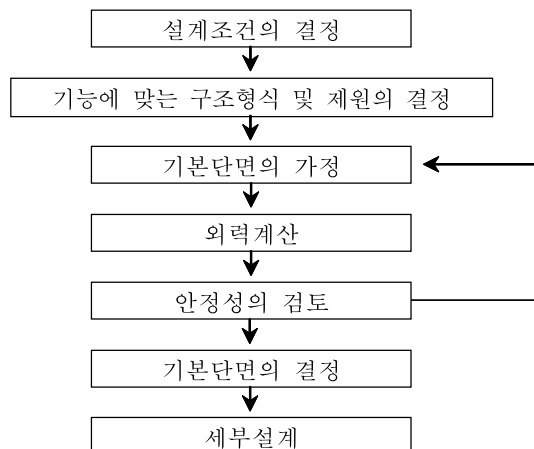
## 4.9 중력식 특수 방파제

### 4.9.1 일반

중력식 특수방파제의 설계에 있어서는 이 기준 4.4.1 직립제 및 4.4.2 혼성제에 준하는 설계기준 외에 기능 및 형상을 검토하여 소요 구조제원을 설정하여야 한다.

#### [참 고]

- (1) 중력식 특수방파제는 파력에 대하여 중량으로 저항하는 형식이므로 주로 직립제나 혼성제의 직립부를 소파성능이나 내파안정성 등의 면에서 개량한 구조물이다. 이들 형식에는 통수성을 갖는 투과형과 그렇지 않은 불투과형이 있으나 불투과형이 많다.
- (2) 구조형식은 특수한 형상의 케이슨을 사용하는 이형케이슨제와 특수한 블록을 연직으로 쌓은 직립소파 블록제로 대별된다. 이형케이슨은 다시 직립소파형, 사면형, 블록내장형 등으로 분류된다.
- (3) 직립소파 블록제는 다양한 구조형식을 가지고 있으나 일반적으로 항내 등 파랑환경이 험하지 않은 곳에서 쓰인다.
- (4) 직립소파형 케이슨은 일반적으로 파랑환경이 잔잔한 곳에서 쓰여 왔으나 이중원통케이슨 등과 같이 대수심, 고파랑 지역으로 적용성을 확장할 수 있는 것이 있다.
- (5) 이들 방파제는 그 적용조건이 한정된 것이 많으므로 해역의 환경 및 이용조건에 따라서 신중히 검토하여 적절한 형식의 것을 선정할 필요가 있다.
- (6) 종래의 기본형식과 다른 이들 방파제에 관하여는 파력, 파의 투과율, 반사율, 물의 투과성(해수교환율) 등의 수리특성이 아직까지 파악되지 않은 것도 있어 설계 시에는 체계적인 해석 및 수리모형실험 등에 의한 검증이 있어야 한다.
- (7) 설계의 순서  
중력식 특수방파제의 설계는 다음에 나타난 순서에 따라 행하는 것이 좋다[참고 그림 (4.9-1) 참조].



참고 그림 (4.9-1) 중력식 특수방파제의 설계순서

## (8) 설계조건의 결정

설계조건의 결정은 이 기준 4.2 설계조건의 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 빈도파랑 조건(정상파)의 파랑제어기능을 강조하는 경우가 많다.

## (9) 기능에 맞는 구조제원의 결정

직립소파형 방파제에 있어서 반사파, 처오름 높이, 월파랑 등을 고려한 최적의 파랑제어 기능을 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 당해 구조의 전달특성에 따른 마루높이를, 그리고 통수성을 갖는 경우에는 개구부의 제원을 적절히 결정할 필요가 있다.

## (10) 기본단면의 설정

소파기능을 고려한 구조제원을 제외한 기본단면의 설정은 이 기준 4.4 기본단면의 설정에 준한다. 단, 종래의 기본형식 케이슨제의 경우 기초사석부와 파랑의 조건에 따라서 강력한 충격쇄파력이 발생하는 일이 있으므로 충격쇄파력의 발생을 피하도록 기초사석부의 형상을 결정할 필요가 있으나 투수성을 가지는 곡면 슬릿케이슨(Slit caisson)이나 멀티셀 케이슨(Multicellular caisson) 등과 같은 특수 케이슨제의 경우에는 그 필요성이 없는 것도 있다.

## (11) 외력계산

외력의 계산은 이 기준 4.5 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 복합적인 파동 및 파랑과 공기압과의 상호작용에 의한 파랑제어기능의 변화 및 상판에 미치는 파력의 변화를 실험적으로 검토할 필요가 있다.

## (12) 안정성의 검토

안정성검토는 이 기준 4.6 안정계산에 준한다.

## (13) 부재계산

부재계산은 구조형식의 특수성에 맞게 KDS 64 14 20 프리캐스트 콘크리트 부재의 내용을 준용하여 계산한다.

## 방파제

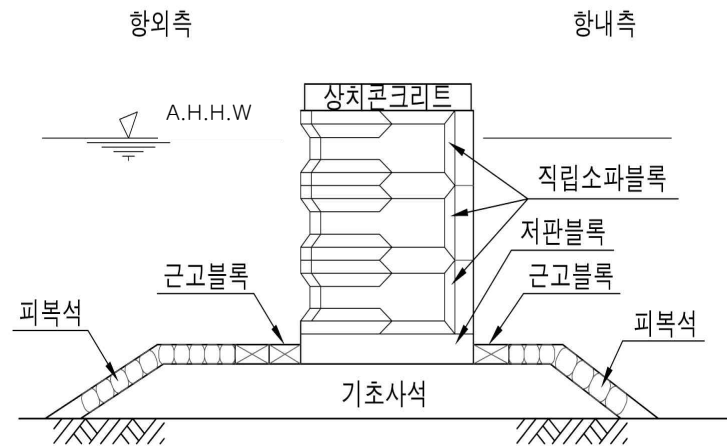
### 4.9.2 직립소파 블록제

#### (1) 일 반

직립소파 블록제는 소파성능 등을 조사하여 블록을 선정하고 필요한 경우 수리모형 실험을 행하여 설계하여야 한다.

#### [해설]

- (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 선정하도록 한다.
- (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.



해설 그림 (4.9-1) 직립소파 블록제의 단면 예

#### (2) 마루높이

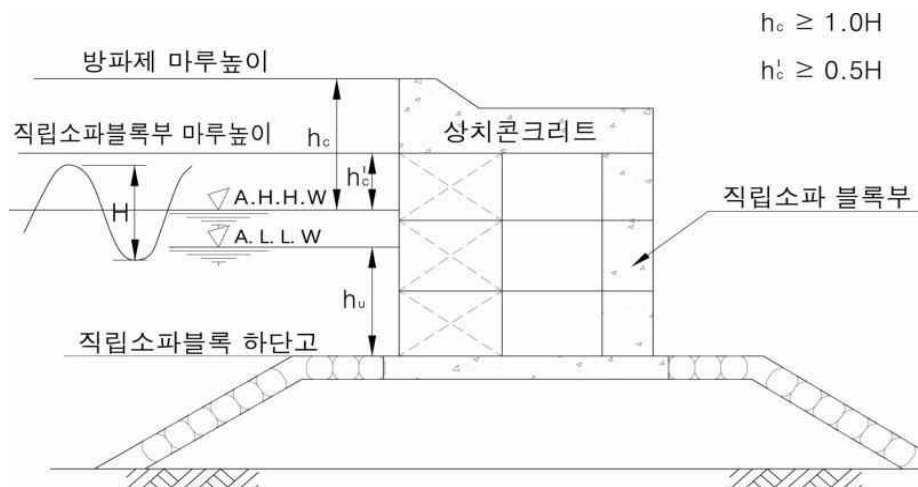
직립소파 블록식 방파제의 마루높이는 이 기준 4.4.1 직립제를 참고하여 기능을 만족시키는 높이 및 소파부의 높이를 고려하여 정하여야 한다. 소파부의 마루높이는 소파효과를 고려하여 결정하여야 한다.

### [해설]

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

### [참고]

- (1) 직립소파 블록제의 소파효과는 직립소파 블록부의 마루 및 하단의 높이에 따라 변화한다.
- (2) 직립소파블록부 마루높이( $h'_c$ )는 적어도 약최고고조위상 제체안정성 검토에 이용되는 유의파고의 0.5배 이상으로 한다. 또 하단고( $h_u$ )는 약최저저조위하 제체안정성 검토에 이용되는 유의파고의 2배 이상의 깊이로 하는 것이 바람직하나 다음의 경우에는 유의파고의 2배보다 작게 할 수 있다[참고 그림 (4.9-2) 참조].
- ① 항내정온도가 충분히 확보되는 경우
- ② 수심이 유의파고의 2배 이하인 경우



참고 그림 (4.9-2) 직립소파 블록식 방파제 마루높이

### (3) 파력

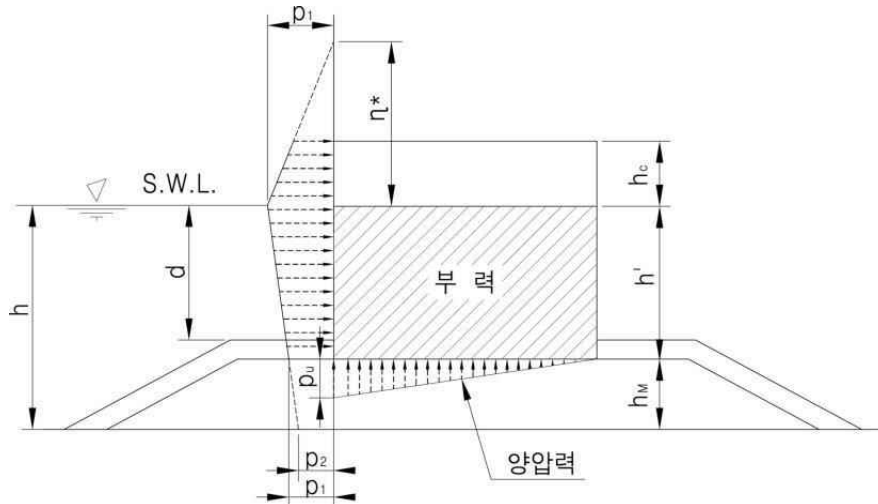
직립 소파블록제에 작용하는 파력은 KDS 64 10 10 설계조건(4.3.9.2.9 직립 소파 케이슨에 작용하는 파력)에 따른다.

### [참고]

- (1) 직립소파 블록제에 작용하는 파력은 참고 그림 (4.9-3)과 같이 보며 부력을 고려한다.

## 방파제

직립소파 블록 각단 및 상부공에 작용하는 양압력은 제체전면에서 양압력 산정위치에서의 파압과 같은 강도를 갖고 제체후단에서 0이 되도록 삼각형 분포로 한다.



참고 그림 (4.9-3) 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.

### 4.9.3 소파 케이스제

### (1) 설계일반

소파 케이슨제는 소파성능 등을 검토하여 구조형식을 선정하고, 수리모형실험 등에 의해 수리특성 검증을 거쳐 설계하여야 한다.

**[해설]**

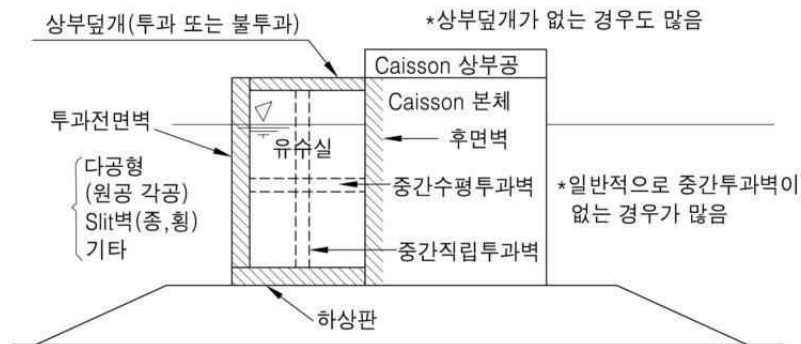
소파 케이슨제는 적절한 구조형식을 선정하여 설치하였을 때, 기본형식의 직립제 및 혼성제에 비하여 다음의 특징을 갖는다.

- (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 현저한 파력증대가 없다. 이 외에도

기포의 혼입을 촉진하고 해수의 폭기 기능을 가지며 유수실이 어초기능 등 친환경적 효과를 가진다.

## [참 고]

- (1) 소파 케이슨은 전면부에 투과벽과 유수실을 갖고 이것에 의하여 소파효과를 발휘하는 구조형식을 말한다. 참고 그림 (4.9-4)은 소파 케이슨의 구조요소를 보여주는 것이나 각 요소의 형상, 조합에 따라서 종 슬릿케이슨, 횡 슬릿케이슨, 곡면 슬릿케이슨, 다공식 케이슨 등 다양한 구조형식을 생각할 수 있다. 소파케이슨의 구조형식의 선정에 있어서는 각 구조의 소파성능, 내파성 등의 특성을 체계적으로 검토한 후 설계조건, 이용조건, 경제성 등을 고려하여 적절한 구조를 선정할 필요가 있다.



참고 그림 (4.9-4) 직립소파 케이슨의 구조요소

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

## (2) 소파대상 파랑조건 결정

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

## [해설]

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

## (3) 소파부 제원의 결정

투과 벽과 유수실로 이루어지는 소파부의 구조 및 제원은 당해 구조의 소파특성 조위 변화 등을 고려하여 소파 대상파의 반사율이 목표반사율 이하가 되도록 정하여야 한다.

**[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 소파 대상파의 반사율이 목표반사율 이하가 되도록 적절히 소파부의 구조제원을 결정하여야 한다. 파랑제어 기능면에서 보면 유수실의 높이를 충분히 높게 하거나 개방성을 유지하는 것이 좋다.

## (4) 안정성의 검토에 쓰이는 파력

안정성의 검토에 사용할 파력은 KDS 64 10 10 설계조건(4.3.9.2.9 직립 소파케이슨에 작용하는 파력)에 따른다.

## (5) 부재계산에 사용하는 파력

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

**[해설]**

소파 케이슨의 부재에 작용하는 파력에 대하여는 KDS 64 10 10 설계조건(4.3.9.2.9 직립 소파케이슨에 작용하는 파력)이외에 KDS 64 14 20 프리캐스트 콘크리트 부재(4.2.2 부재에 작용하는 외력)을 참조하여 적용한다.

#### 4.9.4 상부사면 케이슨제

##### (1) 설계일반

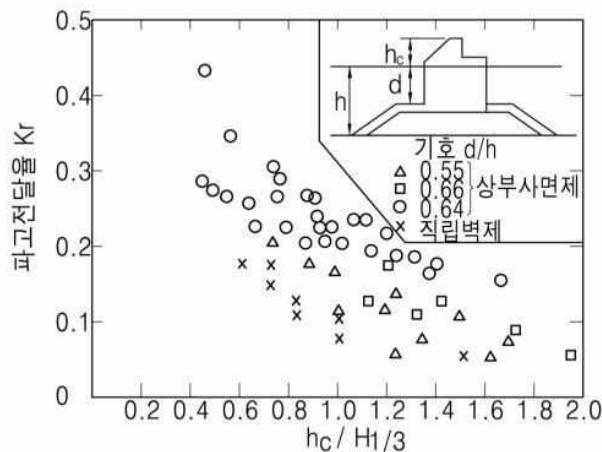
상부사면 케이슨제는 파랑의 전달특성 등을 조사하여 형식을 선정하며 필요한 경우 수리모형실험을 통하여 검증하여 설계하여야 한다.

##### [해설]

상부사면 케이슨제는 수평파력을 저감하는 동시에 사면벽에 작용하는 파력을 제체의 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 이 기준 4.7 구조세목에 따른다.



참고 그림 (4.9-5) 파고전달율과 상대마루높이

- (2) 상부사면케이슨제의 전달파고는 참고 그림 (4.9-5)에서 보는바와 같이 마루높이가 같은 직립제의 2배 정도가 되며 마루높이를 설계유입파  $H_{1/3}$  과 같게 하면 직립제의 마루높이가 설계유입파고의 0.6배인 경우와 같은 정도로 전달파고를 억제할 수가 있다.
- (3) 상부사면 케이슨제에서는 정수면에서부터 사면으로 하는 것이 일반적이나 사면하단이 정수면보다 밑에 있는 반잠수형으로 하면 파력을 더욱 저감 시킬 수 있다. 조차 등이 큰 해역에서는 이 기준면의 설정에 주의할 필요가 있다.

- (4) 케이슨 전면의 직립부 영역을 소파블록으로 피복한 소파블록 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.

## (2) 파력

상부사면 케이슨제에 작용하는 파력은 수리모형실험 또는 산정식에 의하여 결정하여야 한다.

## [참 고]

- (1) 상부사면 케이슨제에 작용하는 파력은 수리모형실험을 통해 결정하는 것이 바람직하나 이것이 곤란할 경우 KDS 64 10 10 설계조건(4.3.9.2.8 상부사면 케이슨제에 작용하는 파력)을 참조할 수 있다.
- (2) 소파블록으로 피복된 상부사면 케이슨제의 파력은 제체의 안정성검토를 위한 파력조건과 구조부재의 부재력 계산을 위한 파력조건을 별도로 정할 수 있다.

## 4.10 친수기능 방파제

친수기능이 고려된 방파제는 자연조건, 하중조건 등의 변화에 대하여 이용자의 안전성에 미치는 영향을 검토하여야 한다. 단면제원의 결정시에는 월파 및 물보라의 영향, 이용자의 미끄러짐, 전도 및 전락의 방지, 전락한 이용자의 원활한 구조활동을 위한 부대시설을 설치하여야 한다.

### [해설]

- (1) 친수기능 방파제의 단면설정, 마루높이, 안정계산 등은 이 기준 4.4.1 직립제 및 4.4.3 경사제에 준한다.
- (2) 친수기능 방파제의 마루높이는 직립제 및 경사제에 준하는 마루높이에 더하여 월파 및 물보라 등으로 부터 이용자의 안전을 확보할 수 있는 마루높이 검토가 필요하다.
- (3) 마루높이는 제체의 마루높이와 이용상의 마루높이로 구분할 수 있으며 이용자에 대한 안전을 검토하는 경우에는 실제 이용자의 이용하는 높이인 이용상의 마루높이가 그 검토대상이 된다.
- (4) 친수기능 방파제는 불특정 다수가 이용할 수 있는 시설이므로 이용자를 위한 안전시설과 편의시설 등도 고려해야 한다.
- (5) 친수기능 방파제 안전시설은 항만시설물의 안전시설 설계지침(2009, 국토해양부)을 참조할 수 있다.

## 4.11 목재취급시설의 방파제

### 4.11.1 수면목재 저장장 및 수면 정리장의 방파제

- (1) 목재취급시설의 방파제는 이상고조위시 목재가 유출하지 않도록 방파제의 구조, 배후수역의 이용 상황 등을 고려하여 설계하여야 한다.
- (2) 목재취급시설의 방파제는 이 기준 외에 필요한 경우 KDS 64 45 30 기타형식 방파제를 따른다. 또한, 필요한 경우 목재의 충돌력에 대한 구조의 안정을 확보하여야 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.

**[참 고]**

- (1) 제체 내부 수역의 정온도에 대하여는 이상 시에도 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 설계유의파고의 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.

**4.11.2 목재유출방지책**

- (1) 목재유출 방지책은 목재 유출을 방지할 수 있는 마루높이, 말뚝간격을 갖추어야 하며 필요한 경우 상부공을 설치하여야 한다.
- (2) 목재유출 방지책 및 목재계류용 말뚝은 목재의 충돌력, 견인력에 견딜 수 있는 구조로 하여야 한다.

**[해 설]**

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

## 4.12 폭풍해일 방파제

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

### [참 고]

- (1) 폭풍해일 방파제의 마루높이는 설치 위치의 설계조위와 설계파랑 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 지수공을 설치하거나 투수성에 의한 유입을 효율적으로 차단하여야 한다.
- (4) 제체 내외의 수위 차에 의하여 방파제의 기초사석을 통한 침투류가 발생하여 기초 지반이 세굴되는 경우가 있다. 이와 같은 경우에는 작은 쇄석이나 매트 등을 부설하는 등 세굴방지공법을 채용할 필요가 있다. 사석내의 침투류에 대하여는 KDS 64 10 10 설계조건(4.4.7 지하수위와 침투) [해설] (2) ④를 참조한다.
- (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. 이 때 수리 및 수치실험에 의한 검증과정을 거치는 것이 바람직하다.

### 4.13 지진해일 방파제

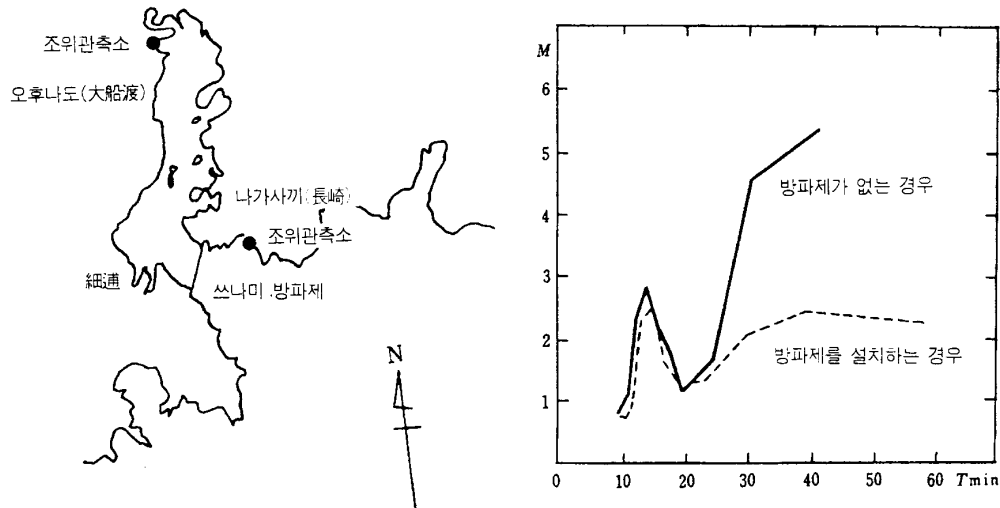
- (1) 지진해일 대책을 주목적으로 하는 방파제는 지진해일 영향의 저감효과 등을 감안하여 평면배치, 마루높이 등을 설정하여야 한다.
- (2) 지진해일 대책을 주목적으로 하는 방파제는 파랑 등의 외력에 대한 구조의 안정이외에 지진해일 내습시의 특성을 감안하여 구조물의 안정을 확보하여야 한다.

#### [해설]

- (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 등의 복합적 기능을 할 경우에는 설계파랑의 월파 및 지진해일의 월파에 대하여 필요한 마루높이를 비교하여 높은 쪽을 취한다. 이때 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 KDS 64 10 10 설계조건 (4.4.4 지진해일)을 참조한다.
- (2) 지진해일 시에 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 항입구부에 대한 제체 직립부의 안정성 및 기초지반의 세굴방지를 도모해야하는 등 세밀한 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 지진 시 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 여성고 등을 배려할 필요가 있다.

## 방파제

- (6) 지진해일 방파제의 효과는 해설 그림 (4.13-1)과 같이 주기가 긴 장주기 진동에서 방파제가 있는 경우의 파고 증폭률  $M$ (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.

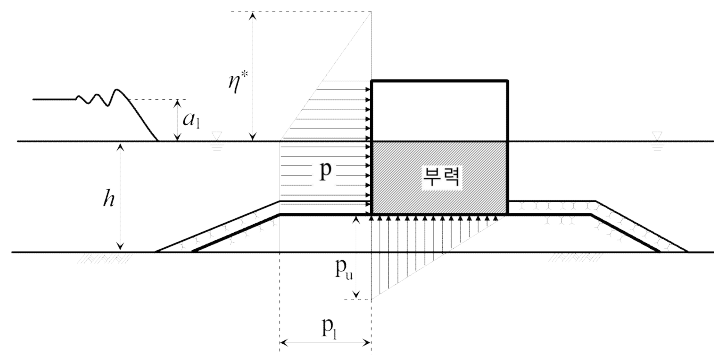


해설 그림 (4.13-1) 지진해일 방파제의 효과(오후나도만의 경우)

- (7) 외력에 의한 구조안정성은 직립부의 활동, 전도 및 기초지반의 지지력부족으로 인한 파괴에 대한 안정성 여부를 검토하되 이 기준 4.6 안정계산을 참조한다.

## [참고]

지진해일에 의한 파력에 대하여 단주기 파로부터 장주기파로의 천이과정(遷移過程)에서 파력의 변화를 기초사석부의 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. 장주기파에 의한 파력은 KDS 64 10 10 설계조건(4.4.4 지진해일)의 파력을 참조할 수 있다[참고 그림 (4.13-1) 참조].



참고 그림 (4.13-1) 장주기파의 파력

## [참고문헌]

- 1) 국토해양부(2009), 항만시설물의 안전시설 설계지침
- 2) 국토해양부(2012), 항만 및 어항공사 표준시방서
- 3) 김영택, 이종인(2017), 경사식방파제 제두부에 거치된 Tetrapod의 안정중량 및 피복범위에 관한 수리실험: 비쇄파 조건, 한국해안 · 해양공학회논문집 29(6), pp. 389-398.
- 4) 해양수산부(1999), 항만용어사전
- 5) British Standards Institute(1999), BS6349-7 Maritime structures - Guide to the design and construction of breakwaters
- 6) US Army Corps of Engineers(2006), Coastal Engineering Manual
- 7) 日本港灣協會(2007), 港灣施設の技術上の基準・同解説



| 집필위원          | 분야         | 성명  | 소속           | 직급     |
|---------------|------------|-----|--------------|--------|
| ( 2 0 1 7 년 ) | 총괄         | 류혁근 | (주)삼영기술      | 부회장    |
|               | 총괄         | 안익성 | (주)항도엔지니어링   | 사장     |
|               | 파랑밋파력      | 이종인 | 전남대학교        | 교수     |
|               | 조석         | 김태인 | (주)지오시스템리서치  | 부사장    |
|               | 수역시설       | 이홍훈 | 목포해양대학교      | 교수     |
|               | 준설및매립      | 박남홍 | (주)도화엔지니어링   | 전문무    |
|               | 지반         | 유남재 | 강원대학교        | 교수     |
|               | 지반         | 이충호 | (주)알지오이엔씨    | 대표이사   |
|               | 콘크리트       | 이재훈 | 영남대학교        | 교수     |
|               | 콘크리트       | 최정욱 | 한국콘크리트학회     | 책임연구원  |
|               | 방식         | 배일용 | 한국화학융합시험연구원  | 책임연구원  |
|               | 도장         | 이창근 | 도로교통연구원      | 책임연구원  |
|               | 외곽시설       | 고덕형 | (주)한국항만기술단   | 부사장    |
|               | 표사, 연안보전시설 | 강윤구 | (주)세광종합기술단   | 기술연구소장 |
|               | 연안보전시설     | 박원경 | (주)대영엔지니어링   | 사무     |
|               | 제류시설       | 김광태 | (주)항도엔지니어링   | 부사장    |
|               | 제류시설       | 구본수 | (주)건화        | 전문무    |
|               | 제류시설       | 이욱한 | (주)건일        | 부사장    |
|               | 부두포장       | 문성호 | 서울과학기술대학교    | 교수     |
|               | 내진         | 최재순 | 서경대학교        | 교수     |
|               | 전문및기타부두    | 이화수 | (주)한국항만기술단   | 전문무    |
|               | 어항         | 강석형 | (주)세일종합기술공사  | 부사장    |
|               | 마리나        | 정현  | (주)오션스페이스    | 대표이사   |
|               | 항로표지시설     | 김민철 | (주)아이플러스원    | 연구소장   |
|               | 항만하역시설     | 심영석 | 코리아테크인스펙션(주) | 부사장    |
|               | 항만전기설비     | 김홍인 | (주)한양케앤이     | 대표이사   |

| 집필위원         | 분야    | 성명  | 소속            | 직급   |
|--------------|-------|-----|---------------|------|
| (2024년 일부개정) | 총괄    | 강윤구 | 한국항만협회        | 팀장   |
|              | 항만및해안 | 지창환 | 한국항만협회        | 부장   |
|              | 항만및해안 | 김용희 | 한국항만협회        | 차장   |
|              | 항만및해안 | 조명환 | 한국항만협회        | 대리   |
|              | 항만및해안 | 김진호 | (주)TMG종합엔지니어링 | 사장   |
|              | 항만및해안 | 박인호 | (주)세일종합기술공사   | 부사장  |
|              | 항만및해안 | 안익장 | (주)헤인이앤씨      | 대표이사 |

| 심의위원          | 분야             | 성명  | 소속           | 직급    |
|---------------|----------------|-----|--------------|-------|
| ( 2 0 1 7 년 ) | 총괄             | 주재욱 | (주)평화엔지니어링   | 고문    |
|               | 파랑및파력          | 오세범 | (주)세광종합기술단   | 부회장   |
|               | 조석             | 강석구 | 한국해양과학기술원    | 책임연구원 |
|               | 수역시설·<br>준설및매립 | 이윤한 | (주)도화엔지니어링   | 부회장   |
|               | 지반             | 임종철 | 부산대학교        | 교수    |
|               | 콘크리트           | 김우  | 전남대학교        | 교수    |
|               | 방식·도장          | 라운강 | (주)한국국토안전연구원 | 원장    |
|               | 외곽시설           | 전인식 | 건국대학교        | 교수    |
|               | 표사·연안보전시설      | 김효섭 | 국민대학교        | 교수    |
|               | 표사·연안보전시설      | 전인식 | 건국대학교        | 교수    |
|               | 재료·계류시설        | 이진용 | (주)세광종합기술단   | 사장    |
|               | 재료·계류시설        | 정대연 | (주)대영엔지니어링   | 대표이사  |
|               | 부두포장           | 정진훈 | 인하대학교        | 교수    |
|               | 내진             | 박두희 | 한양대학교        | 교수    |
|               | 전문맞기타부두        | 오세범 | (주)세광종합기술단   | 부회장   |
|               | 어항             | 이상기 | (주)건일        | 부사장   |
|               | 마리나            | 지삼엽 | 부경대학교        | 교수    |
|               | 항로표지시설         | 이승재 | 대기해양(주)      | 상임고문  |
|               | 항만하역시설         | 함성진 | (사)인천항시설관리센터 | 소장    |
|               | 항만전기설비         | 김세동 | 두원공과대학교      | 교수    |

| 심의위원         | 분야    | 성명  | 소속      | 직급    |
|--------------|-------|-----|---------|-------|
| (2024년 일부개정) | 항만및해안 | 윤재선 | 한국농어촌공사 | 책임연구원 |
|              | 항만및해안 | 윤현덕 | 명지대학교   | 교수    |
|              | 토목시공  | 김성호 | 대보건설    | 대표이사  |
|              | 토목시공  | 윤성민 | 영남대학교   | 교수    |
|              | 토질및기초 | 추연욱 | 공주대학교   | 교수    |

| 기술자문위원회       | 분야             | 성명    | 소속            | 직급      |
|---------------|----------------|-------|---------------|---------|
| ( 2 0 1 7 년 ) | 총론             | 송 인 철 | (주) 혜 인 이 엔 씨 | 부 사 장   |
|               | 파랑·조석          | 김 규 한 | 가톨릭관동대학교      | 교 수     |
|               | 파랑·조석          | 이 달 수 | (주) 혜 인 이 엔 씨 | 기 술 고 문 |
|               | 수역시설·<br>준설및매립 | 한 명 식 | (주) 유 신       | 부 사 장   |
|               | 지반·내진          | 권 오 순 | 한국해양과학기술원     | 책임연구원   |
|               | 내진             | 김 동 수 | 한 국 과 학 기 술 원 | 교 수     |
|               | 코크리트·<br>부두포장  | 김 계 인 | (주) 건 일       | 부 사 장   |
|               | 외곽시설           | 홍 근   | (주) 삼 영 기 술   | 사 장     |
|               | 표사·연보전시설       | 김 인 호 | 강 원 대 학 교     | 교 수     |
|               | 계류시설           | 유 병 화 | (주)대영엔지니어링    | 부 사 장   |
|               | 계류시설           | 소 준 영 | (주)세일종합기술공사   | 부 사 장   |
|               | 전문맞기타부두        | 김 태 유 | (주) 아 산 이 엔 지 | 부 사 장   |
|               | 전문맞기타부두        | 김 홍 석 | (주)수성엔지니어링    | 부 사 장   |
|               | 방식·도장          | 송 종 현 | (주)고려안전연구원    | 회 장     |
|               | 항로표지시설         | 이 승 영 | 인천지방해양수산청     | 항로표지과장  |
|               | 항만하역시설         | 최 광 학 | 인천지방해양수산청     | 항만개발과장  |
|               | 항만전기설비         | 이 충 환 | (주) 세 종 기 술 단 | 전 무     |

방파제

| 중앙항만정책심의회    | 분야            | 성명    | 소속          | 직급     |
|--------------|---------------|-------|-------------|--------|
| (2024년 일부개정) | 의 장           | 남 재 현 | 해 양 수 산 부   | 국 장    |
|              | 항 만 개 발       | 박 영 현 | 한국해양과학기술원   | 책임연구원  |
|              | 항 만 개 발       | 우 수 한 | 중 앙 대 학 교   | 교 수    |
|              | 항기만시설<br>기술기설 | 김 성 진 | 인 천 항 만 공 사 | 처 장    |
|              | 항기만시설<br>기술기설 | 김 영 택 | 한국건설기술연구원   | 선임연구위원 |
|              | 항기만시설<br>기술기설 | 안 익 성 | (주)항도엔지니어링  | 사 장    |
|              | 항기만시설<br>기술기설 | 오 정 은 | 한국해양과학기술기충원 | 연수연구원  |
|              | 항기만시설<br>기술기설 | 조 미 라 | 인 덕 대 학 교   | 교 수    |

| 해양수산부 | 성명    | 소속            | 직책    |
|-------|-------|---------------|-------|
|       | 남 재 현 | 항 만 국         | 국 장   |
|       | 전 충 남 | 항 만 기 술 안 전 과 | 과 장   |
|       | 전 형 준 | 항 만 기 술 안 전 과 | 사 무 관 |
|       | 이 지 수 | 항 만 기 술 안 전 과 | 주 무 관 |

설계기준  
KDS 64 45 20 : 2024

## 방파제

2017년 8월 16일 제정  
2024년 12월 24일 개정

(관련단체)

한국항만협회

07271 서울시 영등포구 양산로 53(양평동 3가)

월드메르디앙 비즈센터 707호

☎ 02-2165-0090 E-mail : kpha@koreaports.or.kr

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

항만기술기준본부

07271 서울시 영등포구 양산로 53, 705호

(양평동 3가, 월드메르디앙비즈센터)

☎ 02-2165-0103~6 E-mail : kpcs@koreaports.or.kr

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

해양수산부

30110 세종특별자치시 다솜2로 94 (어진동)

정부세종청사 5동 항만기술안전과

☎ 044-200-5951, 5952

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