

# 제 5 편 프리캐스트 콘크리트(Precast Concrete) 부재

## 제 1 장 케이슨(Caisson)

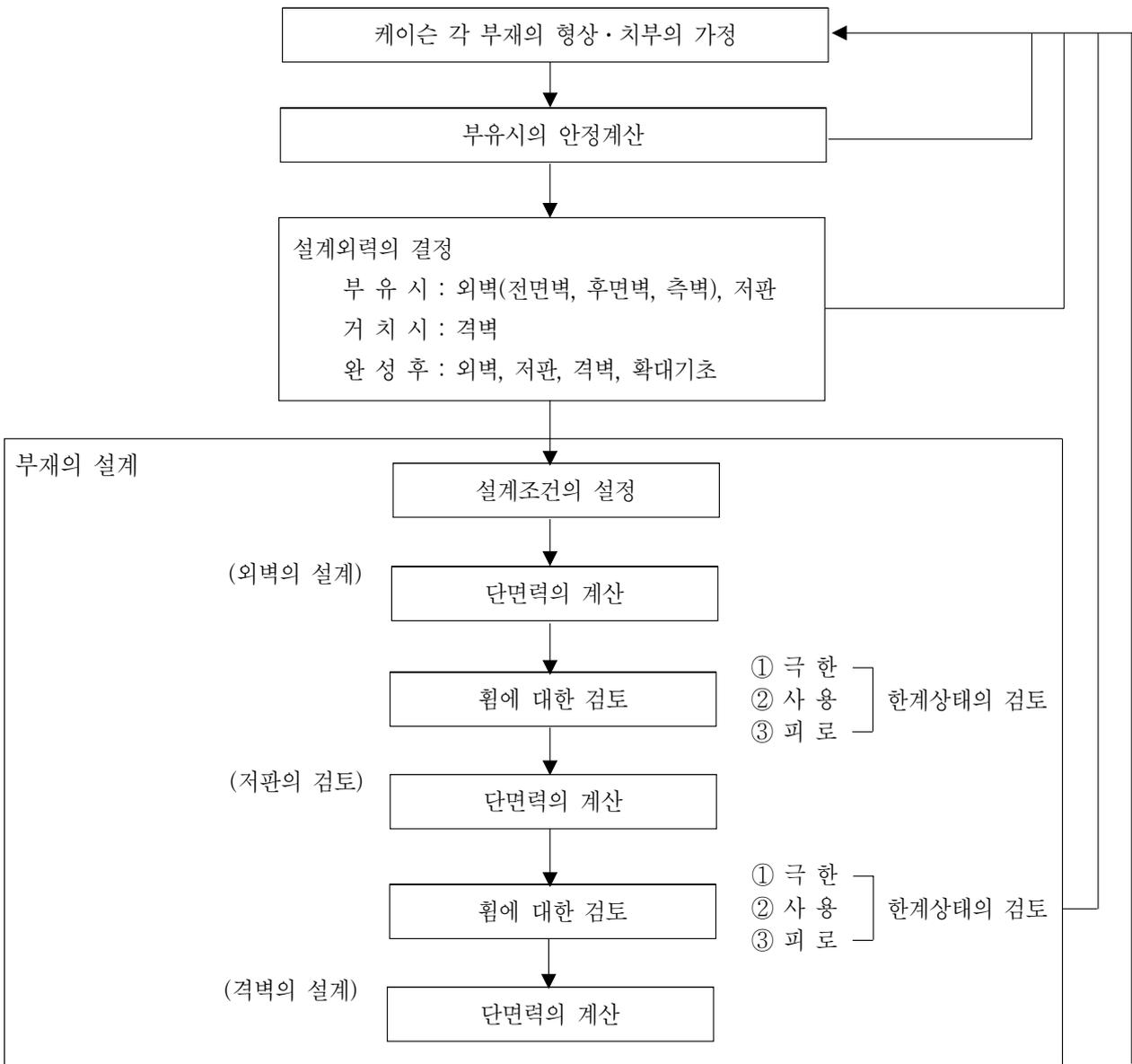
### 1-1 일반

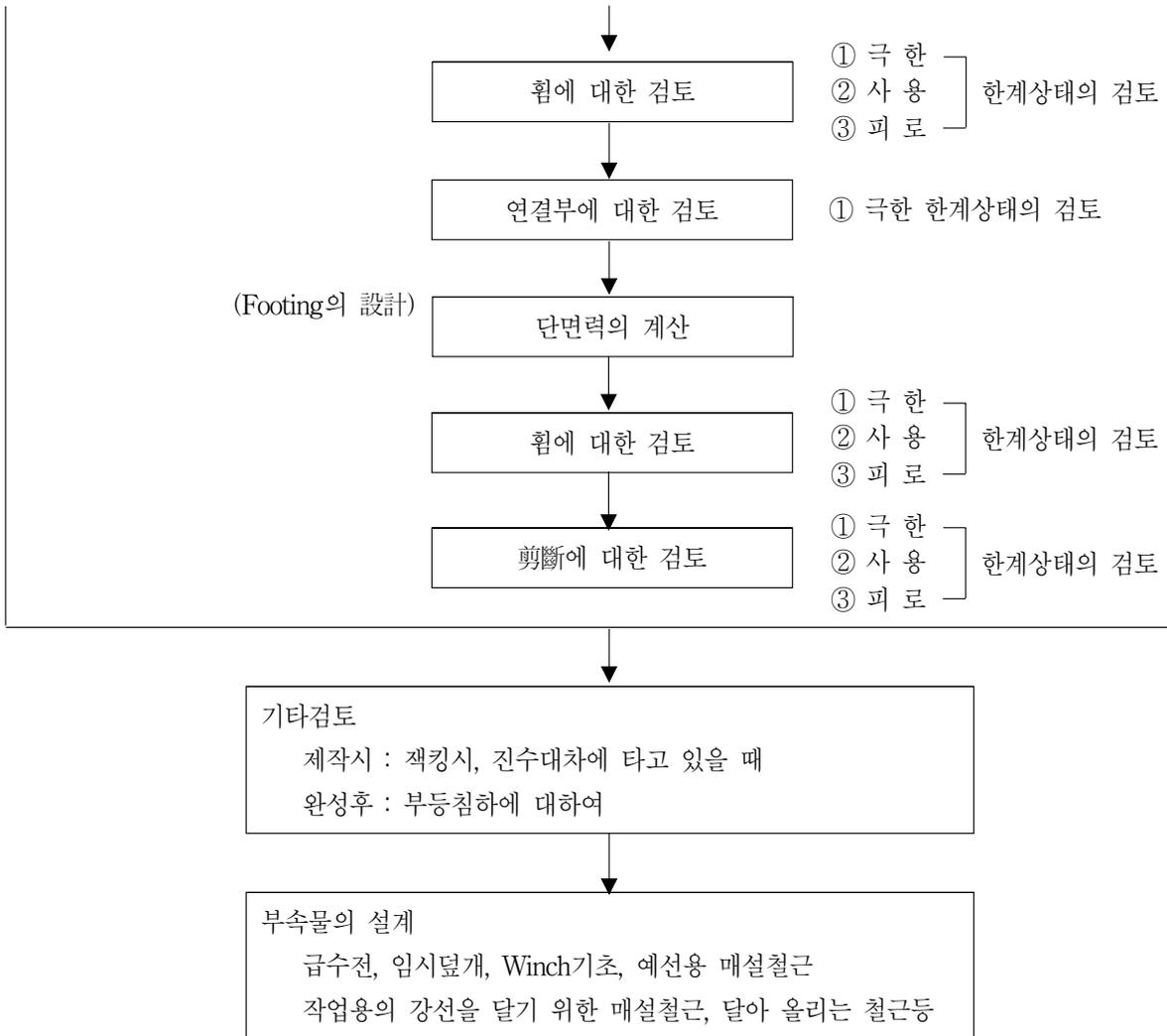
- (1) 본장의 규정은 통상의 철근 콘크리트제 케이슨의 설계에 적용한다.
- (2) 설계는 한계상태 설계법에 따르는 것을 표준으로 한다.

[참고]

(1) 케이슨의 설계는 일반적으로 다음 순서에 따라 하는 것이 좋다.

제 5 편





도참(1-1) 케이슨의 설계순서

- (2) 안벽 케이슨의 경우 피로한계상태의 검토에 대하여는 원칙적으로 생략해도 좋다.
- (3) 한계상태의 해석방법에 대하여는 제3편 3-2 한계상태 설계법에 의한 설계기준을 참조할 것

1-2 제원의 결정

케이슨 각 부재의 형상, 치수는 다음 사항을 고려하여 設計한다.

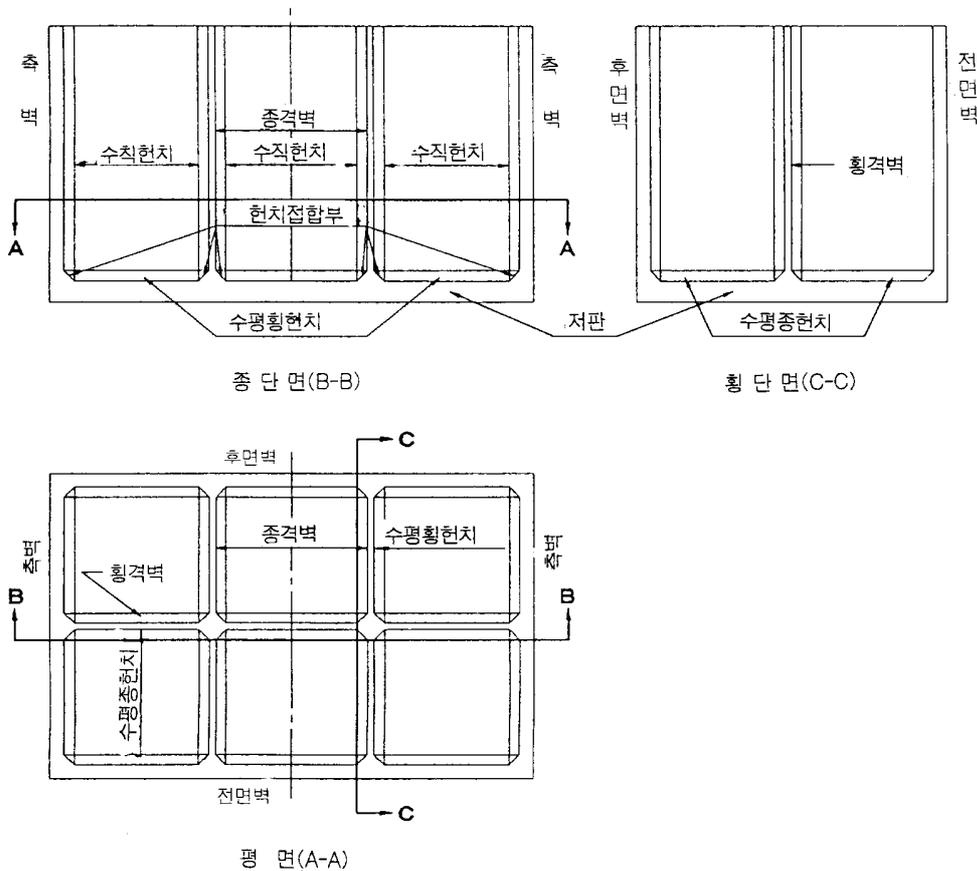
- (1) 케이슨을 제작하는 시설의 능력
- (2) 케이슨의 흡수와 거치장소의 수심(mound 마루의 수심)
- (3) 자력으로 부유하는 케이슨의 경우에는 부유시의 안정
- (4) 예항 및 거치시의 작업조건 : 조류, 파랑, 바람 등
- (5) 케이슨 거치후의 작업조건 : 속채움 및 상부공의 시공
- (6) 부등침하의 검토
- (7) 케이슨이 받는 힘, 비틀림의 검토

[해설]

- (1) 설계시는 제3편 2-2 설계계산에 사용하는 강재의 정수, 제3편 2-3 강재의 허용응력, 제3편 3-2 한계상태 설계법에 의한 설계의 기본, 제3편 3-3 허용응력설계법에 의한 설계, 제3편 3-4 콘크리트재료, 제3편 3-5 콘크리트의 품질 및 성능, 본편 1-4 설계외력 및 본편 1-5 부재의 설계에 규정된 사항을 고려한다.
- (2) 케이슨의 길이가 길어지면 잭업(Jack Up)이나 부등침하의 경우에 케이슨이 받는 휨, 비틀림 등의 영향이 커지므로 이들에 대하여 검토할 필요가 있다.

[참고]

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



도참(1-2) 케이슨 각부의 명칭

- (2) 케이슨의 길이는 길수록 경제적이거나 너무 장대한 케이슨이 되면 조류, 파랑등이 큰 곳에서는 예방 및 치가 곤란하고 또 속채움을 단시일에 완료할 수 없어 재해를 입기 쉬우므로 주의를 요한다.
- (3) 거치시의 여유수심은 통상 케이슨의 흘수와 Mound 마무리와의 차를 0.5m이상으로 하고 있다. 이것은 케이슨의 기울어짐, 요동, 작은파랑, 흘수 계산상의 오차 등을 반영한 것이다. 이때의 조위는 조수대기에 의한 야간작업 등을 가급적 피하여 시공시간의 제한을 없애기 위하여 M.S.L 정도로 하는 것이 보통이다.

제 5 편

1-3 부유시의 안정

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

[참 고]

(1) 케이슨의 안정을 위하여는 식(참1-1)을 만족시키도록 한다. (도참(1-3) 참조)

$$\frac{I}{V} - \overline{CG} = \overline{GM} > 0 \quad (\text{참1-1})$$

여기서,

$V$  : 배수용적( $m^3$ )

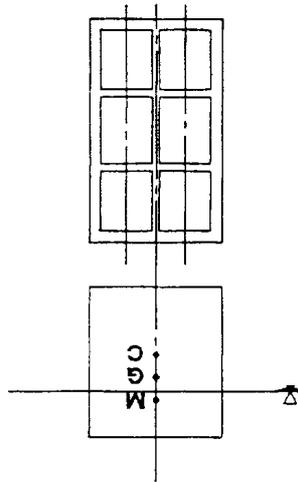
$I$  : 흘수면의 장축에 대한 단면 2차 모멘트 ( $m^4$ )

$C$  : 부심

$G$  : 중심

$M$  : 경심

더구나, 안전을 위하여  $\overline{GM}$  은 吃水의 5% 이상으로 하는 것이 바람직하다.



도참(1-3) 케이슨의 안정

(2) 식(참1-1)은 케이슨 단면이 대략 좌우 대칭이고 케이슨에 비교적 작은 기울임 밖에 일어나지 않는다고 생각되는 경우에 적용되는 것이다.

(3) Counter Ballast로 사용하여 예방하는 경우에는 식(참1-2)를 따른다.

① Counter Ballast로 물을 사용할 때 (참1-2)

$$\frac{1}{V'}(I' - \sum i) - \overline{C'G'} > 0$$

② Counter Ballast에 모래, 돌, Conc. 등을 사용할 때

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

여기서,

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

$V, I', C', G'$  : Counter Ballast시에 각각의 값, 또는 위치

(4) 한쪽에 확대기초가 있고 Ballast를 넣어서 평행을 유지하는 경우의 계산식은 식(참1-3)에 따른다. (도참(1-4) 참조)

$$W_1 l_1 + W l_w = F l_f \quad (\text{참1-3})$$

여기서,

$W_1$  : Ballast중량 (kN)

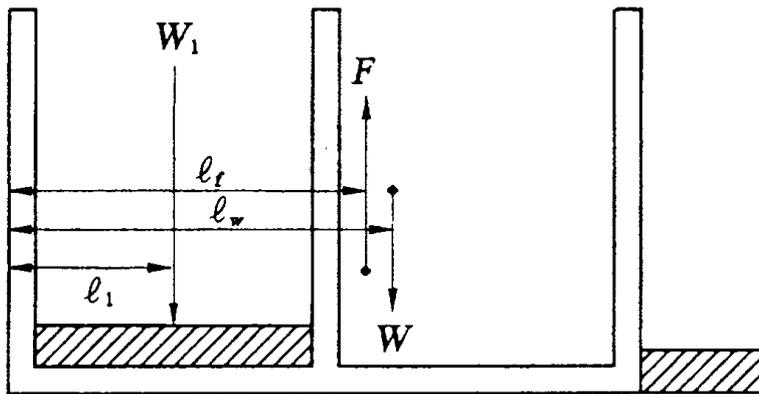
$W$  : 케이슨중량 (확대기초 중량포함) (kN)

$F$  : 케이슨(확대기초포함)에 작용하는 부력 (kN)

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

$l_w$  : 케이슨 외벽 외측으로부터  $W$ 의 작용점까지의 거리 (m)

$l_f$  : 케이슨 외벽 외측으로부터  $F$ 의 작용점까지의 거리 (m)



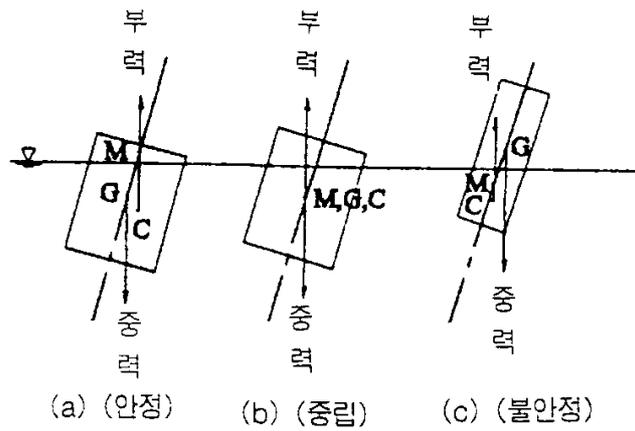
도참(1-4) Counter Ballast를 넣은 경우의 안정

(5) 일반적으로 (1)에 기술한 바와 같은 조건을 만족시키는 부체의 평형에는 다음의 3가지 상태가 있다. 식(참 1-1)은 ①의 안정에 경우에 상당하는 식이다.

①  $\frac{I}{V} - \overline{CG} = \overline{GM} > \text{안정}$  (도참(1-5)(a) 참조)

②  $\frac{I}{V} - \overline{CG} = \overline{GM} = \text{중립}$  (도참(1-5)(b) 참조)

③  $\frac{I}{V} - \overline{CG} = \overline{GM} < \text{불안정}$  (도참(1-5)(c) 참조)



도참(1-5) 부체의 평형

### 1-4 설계외력

#### 1-4-1 하중의 조합 및 하중계수

하중의 조합 및 하중계수는 방파제에 있어서는 상시, 파력작용시, 시공시에 대하여, 그리고 안벽에서는 상시, 지진시, 시공시에 대하여 적절히 검토한다.

#### [참고]

- (1) 설계에 있어서 고려할 하중의 조합 및 각 하중의 특성치에 곱하는 극한한계 상태의 하중계수 및 사용 한계상태의 균열 영향도정수(제3편 3-2 한계상태 설계법에 의한 설계기준 참조)를 표참(1-1)에 보여준다. 확대기초에 대하여는 저판과 같이 취급해도 좋다.

표참(1-1) 하중의 조합과 하중계수

① 방과제

상태	자중	정수압	내부토압	평상시의 저판반력	상시의 내부수압	양압력	저판반력 변동분	내부수압 변동분	파력	격실간 정수압차	비고
평상시	0.9 (1.0)	1.1 (1.0)		1.1 (1.0)							(저판)
			1.1 (1.0)		1.1 (1.0)						(측벽)
파력작용시	1.1[0.9] (1.0)	1.1[0.9] (1.0)		1.1[0.9] (1.0)		1.3[0.7] (1.0)	1.2[0.8] (1.0)				(저판)
			0.9 (1.0)						1.3 (1.0)		(측벽)
시공시		1.1 (0.5)									(저판) 부유시
		1.1 (0.5)									(측벽) 부유시
										1.1 (0.5)	(격벽) 거치시

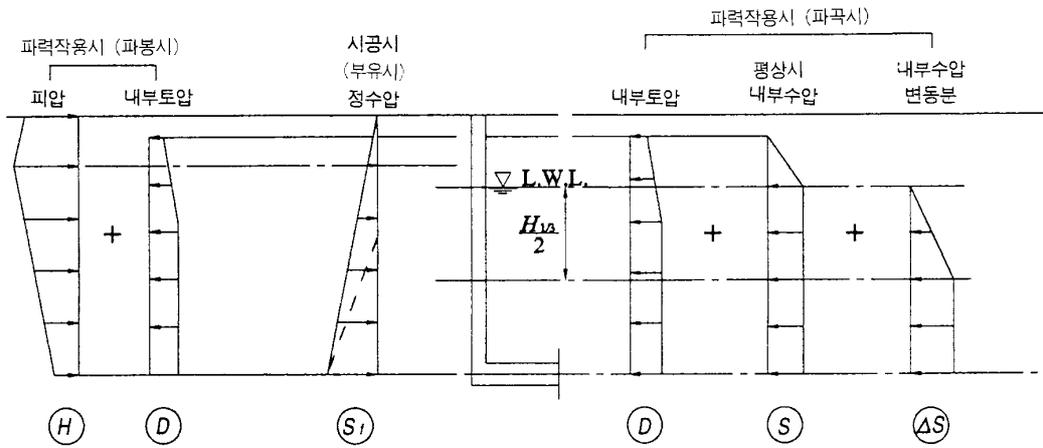
② 안 벽

상태	자중	정수압	내부수압	내부토압	영구하중시 저판반력	상재하중	지진시의 저판반력	시공하중시		비고
								거치시	정수시	
평상시	0.9 (1.0)	1.1 (1.0)			1.1 (1.0)	0.8 (0.5)				저판(상재하중은 저판반력 포함)
			1.1 (1.0)	1.1 (1.0)						측 벽
지진시	1.0 (-)	1.0 (-)				1.0 (-)	1.0 (-)			저판(상재하중은 지진시의 값)
시공시	0.9 (0.5)								1.1 (0.5)	저 판 (부유시)
									1.1 (0.5)	측 벽 (부유시)
								1.1 (0.5)		격 벽 (거치시)

주) 지진력을 고려할 경우에는 제 2편 지진 및 지진력에 따라서 하중의 특성치를 구한다.

- (2) 표 중에서 상단의 값은 극한한계상태 검토시의 하중계수를 나타내고 있으며 [ ]내의 수치는 그 하중을 적게 보는 편이 설계하중이 커지는 경우에 사용할 하중계수이다. 하단의 ( )내에는 사용한계 상태의 균열폭 영향도정수를 나타낸다.
- (3) 시공시 하중에 대하여는 하중의 작용시간이 다른 상태에 비하여 비교적 단기간이고 빈도도 시공 중에만 작용한다. 따라서 사용한계상태에 대하여는 균열 폭 영향도 정수(kp, kr)는 0.5로 하면 된다.
- (4) 방과제용의 케이슨의 외벽의 설계하중을 도참(1-6)~도참(1-8), 하중계수 및 균열 폭 영향도정수를 표참(1-2)~(1-4)에 나타낸다.

① 전면벽(법선평행방향 항외측)



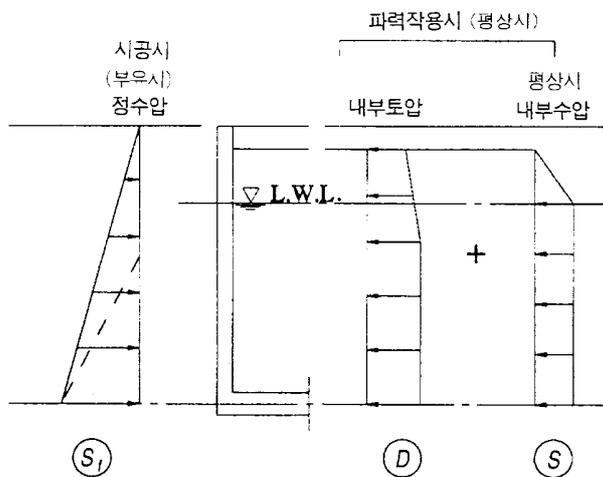
도참(1-6) 전면벽의 설계하중(방과제)

표참(1-2) 전면벽의 하중계수 및 균열폭 영향도정수(방과제)

하중의 방향	검 토 상 태	극한한계상태	사용한계상태
외부로부터의 하중	파봉 작용시	$1.3H-0.9D$	$1.0H-1.0D$
	부 유 시	$1.1S_f$	$0.5S_f$
내부로부터의 하중	파곡 작용시	$1.1D+1.1S+1.2\Delta S$	$1.0D+1.0S+1.0\Delta S$

주) 외부로부터의 하중은 큰 쪽을 설계하중으로 한다.

② 후면벽(법선평행방향 항내측)

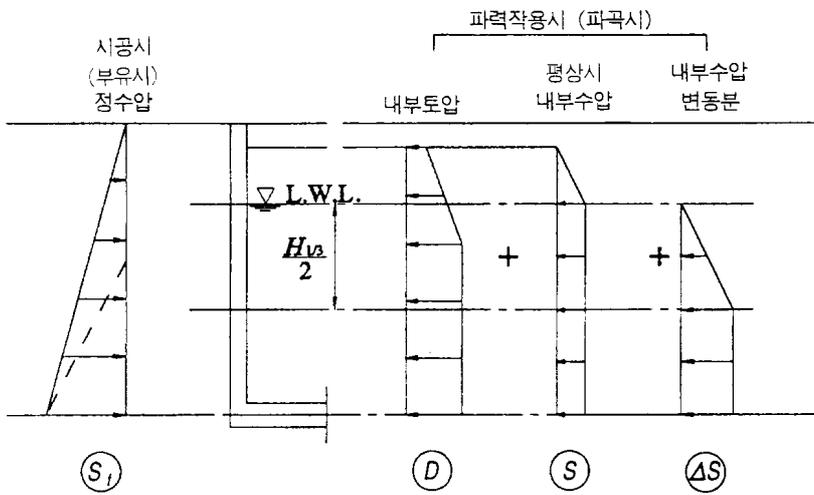


도참(1-7) 후면벽의 설계하중(방과제)

표참(1-3) 후면벽의 하중계수 및 균열폭 영향도정수(방파제)

하중의 방향	검 토 상 태	극한한계상태	사용한계상태
외부로부터의 하중	부 유 시	$1.1S_f$	$0.5S_f$
내부로부터의 하중	상시(정온시)	$1.1D+1.1S$	$1.0D+1.0S$

③ 측벽(법선직각방향)



제 5 편

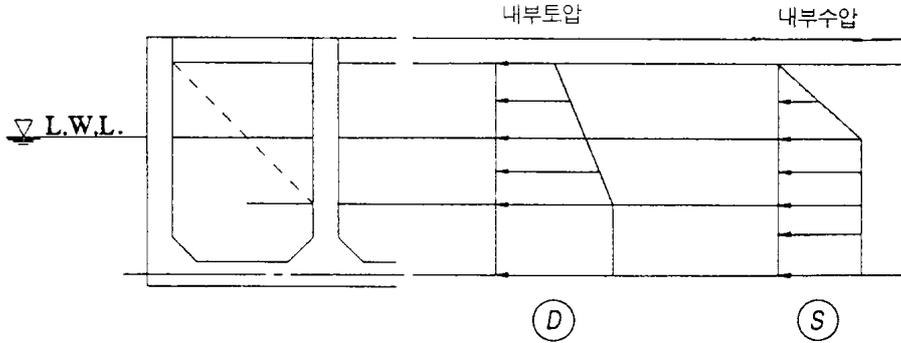
도참(1-8) 측벽의 설계하중(방파제)

표참(1-4) 측벽의 하중계수 및 Crack폭 영향도정수(방파제)

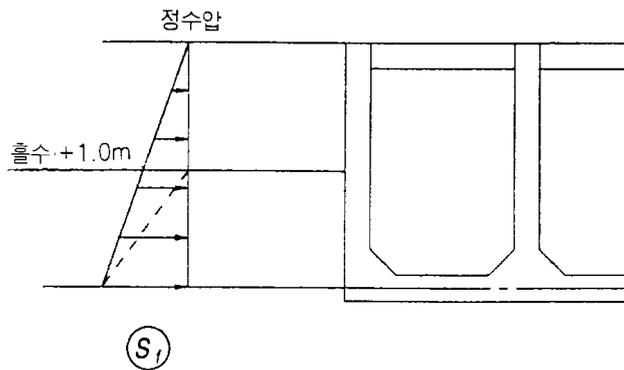
하중의 방향	검 토 상 태	극한한계상태	사용한계상태
외부로부터의 하중	부 유 시	$1.1S_f$	$0.5S_f$
내부로부터의 하중	파곡 작용시	$1.1D+1.1S+1.2\Delta S$	$1.0D+1.0S+1.0\Delta S$

(5) 안벽용 케이슨의 외벽의 설계하중을 도참(1-9), 하중계수를 표참(1-5)에 나타낸다.

① 평상시(내부로부터의 하중)



② 부유시(외부로부터의 하중)



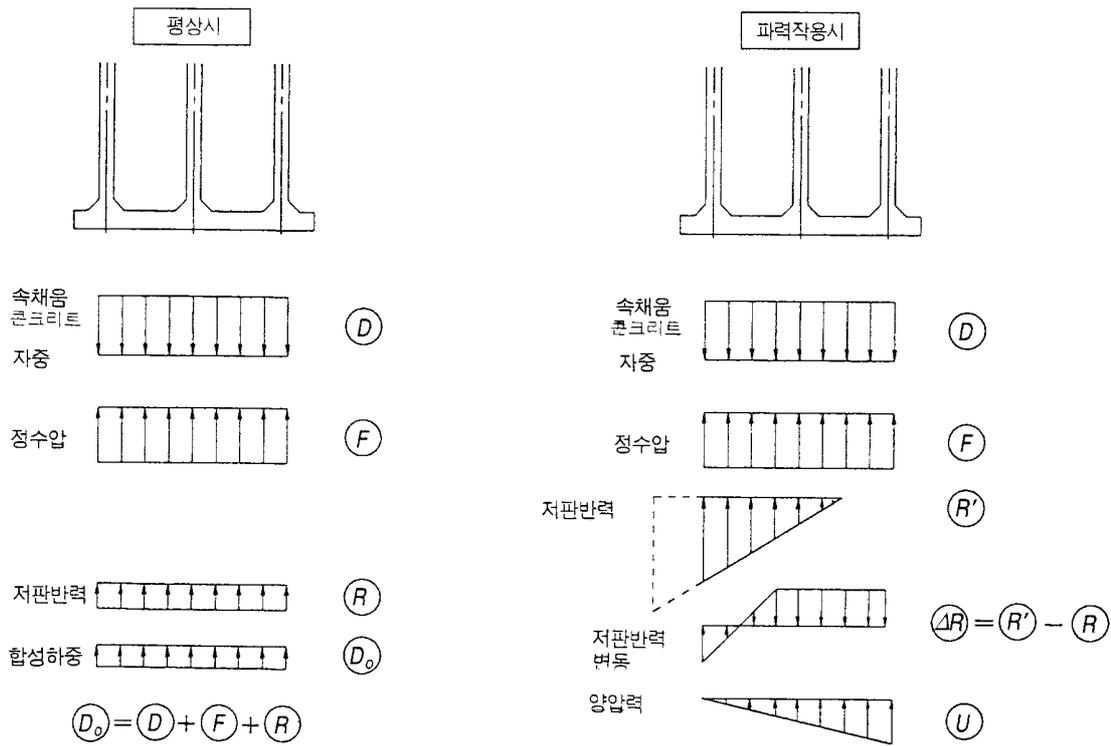
도참(1-9) 외벽의 설계하중(안벽)

표참(1-5) 외벽의 하중계수 및 균열폭 영향도정수(안벽)

하중의 방향	검 토 상 태	극한한계상태	사용한계상태
내부로부터의 하중	상 시	1.1D+1.1S	1.0D+1.0S
외부로부터의 하중	부 유 시	1.1S <sub>f</sub>	0.5S <sub>f</sub>

주) 사용한계 상태의 하중조합계수는 균열폭 영향도정수( $k_p, k_r$ )를 나타낸다.

(6) 방파제용 케이슨의 저판설계하중은 시공시(부유시)에 대하여는 하중의 특성치에 표참(1-1)에 나타낸 하중 계수 또는 균열폭 영향도정수를 곱하여 구해도 된다. 완성후의 상시에 대하여는 도참(1-10)에 나타낸 상시 합성하중( $D_0$ )을 영구하중으로 하여 파력 작용시에 대하여는 도참(1-10)에 나타낸 상시합성하중( $D_0$ ), 저판 반력변동( $\Delta R$ ) 및 양압력( $U$ )를 표참(1-6)에 나타낸 하중분류에 따라 표참(1-7)에 나타낸 산식에 따라 산출 해도 좋다. 단, 산식중의 각 계수는 극한한계상태는 하중계수를 사용한계상태는 균열폭 영향도정수( $k_p, k_r$ )을 나타낸다.



제 5 편

도참(1-10) 저판의 설계하중(방과제)

표참(1-6) 과력작용의 하중분류(방과제)

하 중 분 류	하 중
영 구 하 중	정온시 합성하중
변 동 하 중	저판반력변동 $\Delta R$ , 양압력 $U$

주 : 여기서 평상시란 정온시를 의미한다.

표참(1-7) 하중계수 또는 균열폭 영향도정수와 하중의 조합(방과제)

한계상태	상태	ΔR 및 W의 방향		하중계수 및 하중조합
		ΔR	W	
극한한계	과 봉	ΔR↑	W↑	1.1D <sub>0</sub> +1.2ΔR+1.3U
		ΔR↓	W↑	1.1D <sub>0</sub> +0.8ΔR+1.3U
			W↓	0.9D <sub>0</sub> +1.2ΔR+0.7U 주)
		과 곡	ΔR↑	W↑
	W↓			0.9D <sub>0</sub> +0.8ΔR+1.3U
	ΔR↓		W↑	1.1D <sub>0</sub> +0.8ΔR+0.7U
			W↓	0.9D <sub>0</sub> +1.2ΔR+1.3U 주)
	사용한계	전부	전 CASE	

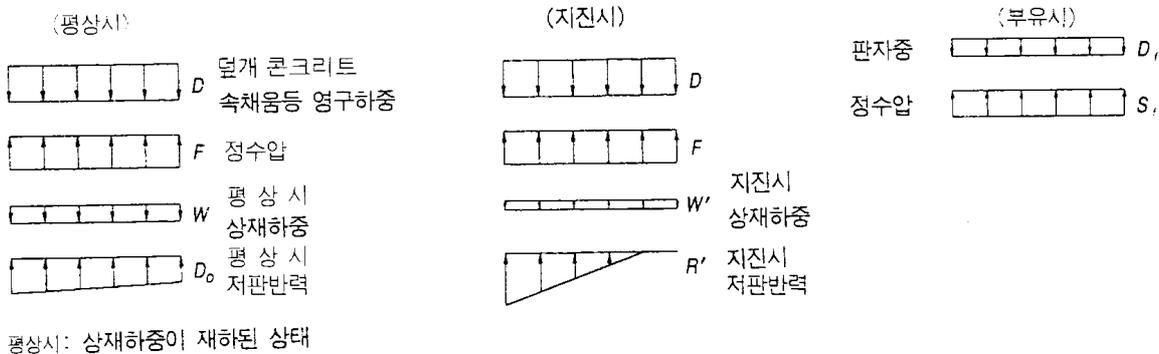
단,  $W=D_0+\Delta R+U$ 이며 각 하중은 부호를 포함한 값이다. W와 같은 방향으로 작용하는 경우는 (+)값이고 W의 역방향의 경우는 (-)값이다.

주) 저판반력변동(ΔR)이 하향으로 작용하는 경우에는 1.2ΔR에는 상한이 있고 1.1R보다는 커지지 않는다.

따라서  $1.2 \square \Delta R \square > 1 \square R \square$ 의 경우에는 하중의 조합은 1.2ΔR 대신에 1.1R을 사용한다.

$$0.9D_0+1.1 \square R \square + 1.3U$$

(7) 안벽용 케이슨의 저판의 설계하중은 시공시(부유시)에 대하여는 하중의 특성치에 표참(1-1)에 나타난 하중계수를 곱하여 구해도 된다. 상시 및 지진시에 대하여는 도참(1-11)에 나타난 바대로 영구하중시의 합력(합성하중)을 영구하중, 상재하중을 변동하중으로 하며, 지진시의 저판반력 변동분을 변동하중으로 취급하여 표참(1-8)에 나타난 산정식에 따라 구해도 된다.



도참(1-11) 저판의 설계하중(안벽)

표참(1-8) 하중의 조합(안벽)

	극한한계상태	사용한계상태
상 시	$0.9D+1.1D_0+1.1F+0.8W$	$1.0D+1.0D_0+1.0F+0.5W$
지진시	$1.0D+1.0F+1.0R'+1.0W'$	검토 불필요
부유시	$0.9D_f+1.1S_f$	$0.5D_f+0.5S_f$

주) 표 중에서 사용한계상태의 하중조합계수는 균열폭 영향도정수( $k_p, k$ )를 나타낸다.

(8) 벽의 설계하중은 「휨」에 대하여는 시공시(거치시)의 격실간의 정수압차로 한다.

설계치는,

중국한계상태  $1.1S$ (1.1은 하중계수 :  $\gamma_f$ )

사용한계상태  $0.5S$ (0.5는 균열폭 영향도정수 :  $k_p$ )

로 한다. 단, S는 하중의 특성치다.

부재연결부에 관하여는 저판의 설계하중 및 측벽의 설계하중으로 표시한 하중 중에서 최대가 되는 하중 상태의 것을 설계하중으로 한다.

#### 1-4-2 제작시의 외력

Dry Dock, Floating Dock등에서 제작할 경우에는 특별히 제작시의 외력에 대하여 검토할 필요는 없다. 그러나 사로, 작업대상에서 이동하기 위하여 잭업하거나 진수대차에 케이슨을 태우는 경우에는 하중은 집중하중으로 작용시킨다.

#### [참 고]

케이슨전체를 보로 생각하여 제작시의 검토를 한다. 검토방법에 대하여는 본편 1.5.4 기타를 참조할 것.

#### 1-4-3 진수 및 부유시의 외력

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

#### [참 고]

(1) 케이슨을 사로등에서 Slide시켜 진수하는 경우에는 정수압외에 동수압이 작용한다. Winch 또는 제동 Post에 의하여 진수대차에 실은 케이슨을 진수시키는 경우에는 통상 그 속도는 3~5m/min이며 이 정도이면 큰 동수압은 작용하지 않는다. 그러나 케이슨의 앞측은 사로의 구배에 따라서 1~1.5m정도 흘수보다 깊은 정수압을 단시간이지만 받는다.

활로에 의한 진수의 경우는 동수압이 걸리지만 그 값에 대하여는 실측한 예가 없고 일시적 하중이므로

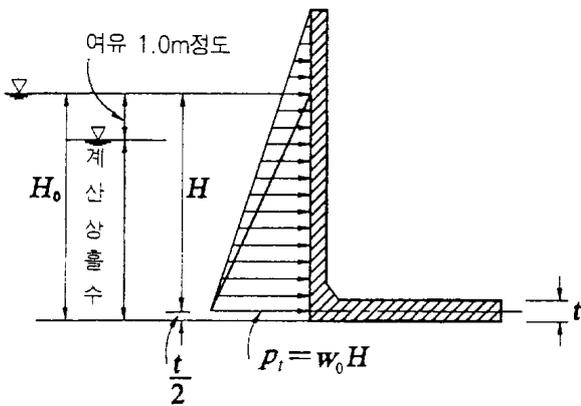
흘수에 1.0m정도의 여유를 보는 것으로 대처한다.

Drydock, Floating Dock등에서 진수하는 경우에는 함대로부터 저판이 분리될 때 여분의 정수압이 걸린다. 이 량은 통상 10~30cm이다.

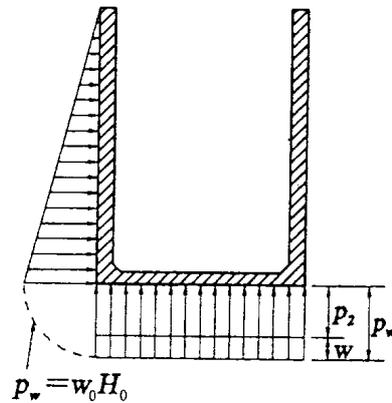
또, 케이슨의 콘크리트 타설 중에 거푸집의 팽창으로 인한 흘수의 증대, 철근 콘크리트의 단위체적중량의 계산과 실제 간의 차이에 의한 흘수의 증감도 20~30cm정도이다. 이상을 종합하여 흘수의 여유를 1.0m로 하였다.

(2) 외 벽

외벽에 작용하는 수압은 저판중심선에서 상기 정수압을 높이로 하고 마루까지의 거리를 저면으로 하는 삼각형 하중으로 볼 수 있다.(도참(1-12) 참조)



도참(1-12) 外壁에 作用하는 水壓



도참(1-13) 底版에 作用하는 外力

외벽계산시 3변 고정 1변 자유의 계산수표를 사용하며 이때 부분하중의 계산은 편의상 삼각형하중으로 하였다.

(3) 저 판

저판에 작용하는 외력은 저판하단에 상기 정수압에서 저판의 자중을 뺀 값을 사용한다.(도참(1-13) 참조)

$$P_2 = P_w - w = w_0 H_0 - w \quad \text{(참1-4)}$$

여기서,

$P_2$  : 저판에 작용하는 외력(kN/m<sup>2</sup>)

$P_w$  : 계산상의 흘수에 1.0m정도의 여유를 볼 때에 저판에 작용하는 정수압(kN/m<sup>2</sup>)

$w$  : 저판자중(Counter Ballast용 속채움 토사등이 있는 경우 그 중량 포함)(kN/m<sup>2</sup>)

$w_0$  : 해수의 단위체적중량(kN/m<sup>3</sup>)

$H_0$  : 계산상의 흘수에 1.0m정도의 여유를 본 길이(m)

(4) 隔壁

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

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

(6) 起重機로 케이슨을 들어 올려 진수시키는 경우에는 Lifting Device의 유무에 따라 케이슨 外壁에 걸리는 外力의 상황이 달라지므로 각 경우에 따라 荷重에 대하여 검토할 필요가 있다.

1-4-4 예항시(曳航時)의 외력

[참 고]

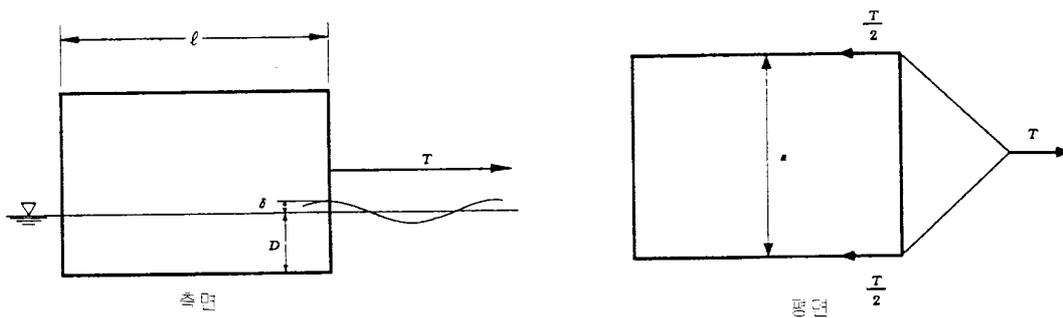
- (1) 정수압, 동수압, 파압에 대하여는 검토를 생략할 수 있다.
- (2) 예항시의 인장력
  - ① 케이슨 예항시의 인장력은 식(참1-5)에 의하여 계산할 수 있다.  
(도참(1-14) 참조)

$$T = \frac{1}{2} \rho_0 C_D V^2 A \quad (\text{참1-5})$$

여기서,

- T : 견인력(牽引力)(kN)
- $C_D$  : 抵抗係數
- V : 예항속도(曳航速度)(m/s)
- A : 케이슨의 전진방향의 침수면적(侵水面積)( $m^2$ )  
 $A = a \times (D + \delta)$
- D : 흘수(吃水)(m)
- $\delta$  : 전면수위(m)
- $\ell$  : 케이슨 길이(m)
- a : 케이슨 폭(m)
- $\rho_0$  : 해수의 밀도( $kN/m^3$ )

제  
5  
편

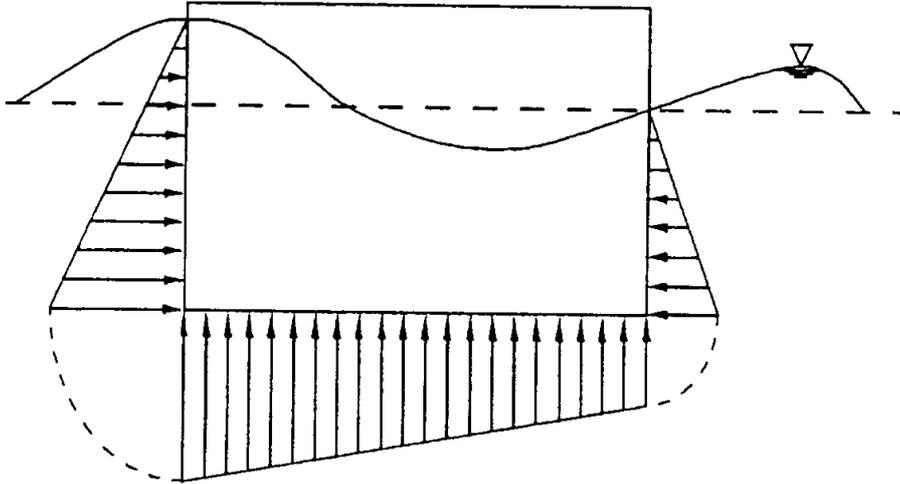


도참(1-14) 예항시의 인장력

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

(3) 예항시의 수압

일반적으로 압력저항 및 초과저항을 받으나 상당한 파가 있을 때는 예항하지 않으므로 본편 1-4-3 진수 및 부유시의 외력에서 흘수에 1.0m의 여유를 본 것으로 충분하다고 생각되므로 특별히 검토하지 않기로 한다.(도참(1-15) 참조)

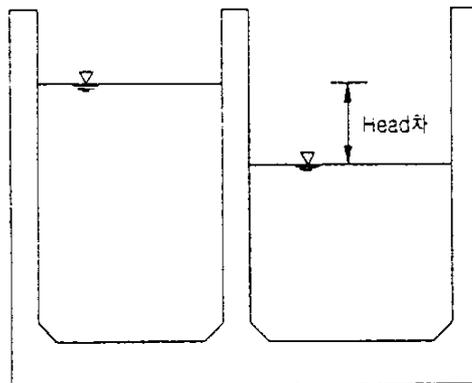


도참(1-15) 예항시의 수압

1-4-5 거치시의 외력

[참고]

- (1) 외벽 및 저판에 대하여는 거치시의 외력보다는 부유시 및 거치후의 외력 쪽이 더 큰 하중이 되므로 거치시의 외벽 및 저판의 검토를 생략한다.
- (2) 격벽에 대하여는 시공조건을 고려하여 각실간 수두차를 하중으로 한다.(도참(1-16) 참조)



도참(1-16) 各室間의 水頭差

- (3) 케이슨 沈設에는 사이폰(Syphon) 또는 펌프로 물을 넣는 방법, 밸브로 물을 넣는 방법이 있으나 밸브로 물을 넣는 경우에는 수두차 1.0m를 보면 충분하다. 사이폰 또는 펌프로 주수하는 경우에도 자주 호스를 이동시키는 등 시공관리를 해서 수두차를 1.0m 이내로 하는 것이 바람직하다.
- (4) 1.0m이상의 수두차가 생기면 隔壁의 두께가 20cm정도에서는 단철근으로는 견디기 어려운 경우가 많다.
- (5) 케이슨 거치는 우선 물을 주수하면서 沈設하며 케이슨의 모든 격실의 마루까지 물이 가득 찬 후 속채움재를 투입한다. 이 때 속채움재의 투입시는 토압차가 생기지 않도록 시공에 배려할 필요가 있다. 더구나 속채움재는 부력을 받고 있으므로 거치시의 속채움재에 의하여 隔壁에 작용하는 하중으로는 속채움재에 의한 수두차가 주수시의 수두차의 약 1.6배 이내이면 고려할 필요는 없다.

#### 1-4-6 완성후의 외력

##### [1] 외 벽

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

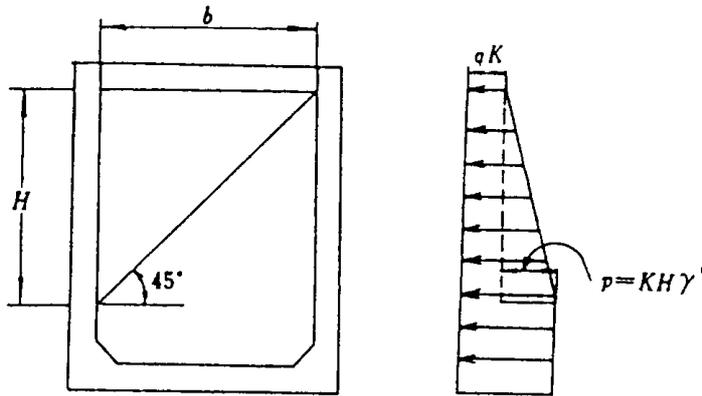
##### [참 고]

##### (1) 속채움 土壓

- ① 합계하중 분포는 불규칙한 형상이 되는 경우가 많으므로 설계시는 이 분포를 적당한 등분포하중 및 3각형 분포하중으로 환산하여 계산한다.
- ② 모래의 정지토압계수는 0.6으로 한다.  
단, 속채움이 블록, 콘크리트 채움인 때는 고려하지 않는다. 속채움이 쇠석인 경우 지금까지의 연구결과 토압계수가 반드시 저하된다고만 볼 수 없으므로 쇠석의 경우에도 0.6으로 한다.
- ③ 토압은 벽 안쪽폭 b만큼의 깊이까지는 증가하나 그 아래에서는 증가하지 않는다고 본다.(도참(1-17) 참조)  
속채움 토압의 증가를 벽의 안쪽 폭과 같은 깊이까지로 한 것은 이전에 토압을 고려하지 않고 설계해 온 사례로부터 속채움 토압을 그대로 적용하는 것은 좋은 방법이 아니라는 생각에서 편의적으로 정한 것이다.

단, 도참(1-17)에서의 기호는 다음과 같다.

- $q$  : 위에서 속채움에 전달되는 상재하중(kN/m<sup>2</sup>)  
 $\gamma'$  : 속채움재의 수중 단위체적중량(kN/m<sup>3</sup>)  
 일반적으로  $\gamma'$ 의 설계치는 10kN/m<sup>3</sup>로 해도 좋다.  
 $K$  : 속채움 토압계수 K=0.6  
 $b$  : 벽의 내면폭(m)



도참(1-17) 속채움 토압의 계산 방법

④ 케이슨위에 현장타설 콘크리트 등이 있어 케이슨내부에 재하하중의 영향이 미치지 않는다고 보이는 경우에는 재하하중은 고려하지 않는다.

(2) 내부수압

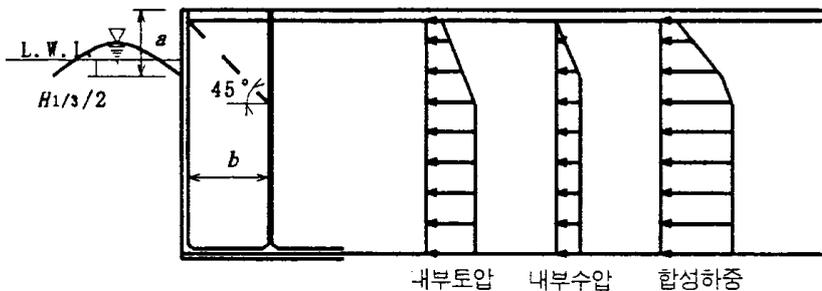
내부수압은 케이슨내의 수위와 L.W.L시의 수두차를 취한다. 단, 방파제에서 법선평행방향 항외측 및 법선직각방향의 측벽의 벽면에 파곡이 있는 경우에는 외부수위를  $L.W.L - (H/3)/2$  로 한다. 법선평행방향 항외측의 측벽의 벽면에 파봉이 있는 경우에는 내부수압은 고려하지 않는다. 법선평행방향 항내측의 측벽에 대하여는 외부수압을 L.W.L로 한다.

(3) 방파제 케이슨의 법선평행방향 항외측의 측벽에 대하여는 벽면에 파봉이 있는 경우에는 파력을 고려한다.

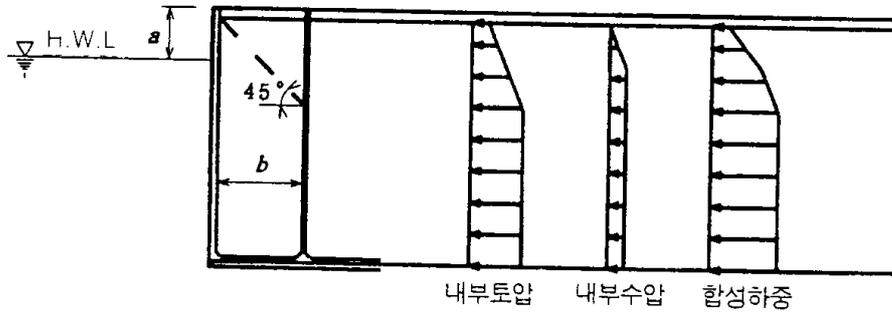
(4) 일 반

구조형식별 내부토압과 내부수압의 취하는 방법은 도참(1-18)에 나타난 바와 같다. 또한, 파압 외에 소파블록 피복체에 있어서는 소파블록의 외벽에 대한 충돌, 지역에 따라서는 유빙, 유목 등의 충격력 및 결빙의 영향을 받으나 이들에 대하여는 속채움한 케이슨에 대한 영향이 분명치 않으므로 배근시 두부를 보강하는 것으로 대처한다.

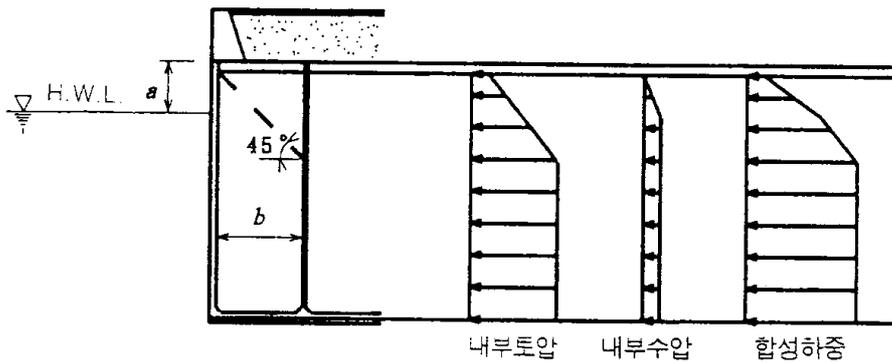
① 방파제(법선평행방향 및 법선직각방향)



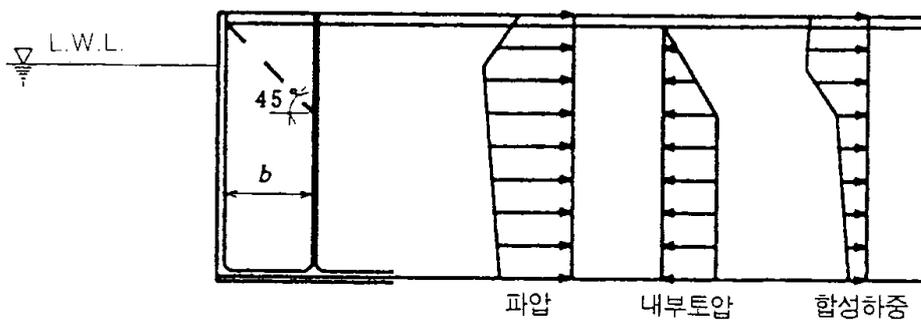
② 방파제(법선평행방향 항내측)



③ 안벽(법선평행 및 직각방향)



④ 파력에 의한 외력



도참(1-18) 内部土壓과 内部水壓의 취하는 방법

[2] 저 판

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

[참 고]

(1) 저 판

① 합계 하중 분포는 불규칙한 형상이 되는 경우가 많으므로 설계시는 이 분포를 적당한 등분포 하중 및 3 각형 분포하중으로 환산하여 계산할 수가 있다.

② 저면반력

제체 또는 벽체에 작용하는 저면반력은 식(참1-6), 식(참1-7)에 의하여 산정한다.(도참(1-19) 참조)

가.  $e \leq \frac{1}{6} b$ 의 경우

$$\left. \begin{aligned} P_1 &= \left( \frac{1+6e}{b} \right) \frac{V}{b} \\ P_2 &= \left( \frac{1-6e}{b} \right) \frac{V}{b} \end{aligned} \right\} \text{(참1-6)}$$

나.  $e > \frac{1}{6} b$ 의 경우

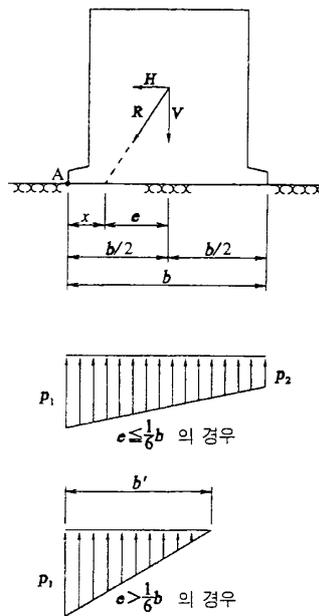
$$\left. \begin{aligned} P_1 &= \frac{2}{3} \frac{V}{\left( \frac{b}{2} - e \right)} \\ b' &= 3 \left( \frac{b}{2} - e \right) \end{aligned} \right\} \text{(참1-7)}$$

e는 식(1.45)에 의해 구한다.

$$\left. \begin{aligned} e &= \frac{b}{2} - x \\ x &= \frac{M_w - M_h}{V} \end{aligned} \right\} \text{(참1-8)}$$

여기서,

- $P_1$  : Toe에서의 반력의 특성치(kN/m<sup>2</sup>)
- $P_2$  : Heel에서의 반력의 특성치(kN/m<sup>2</sup>)
- V : 케이슨 법선방향 단위길이당의 연직합력 (kN/m)
- H : 케이슨 법선방향 단위길이당의 수평합력 (kN/m)
- e : 전합력의 편심량(m)
- b : 저부의 폭(m)
- $b'$  :  $e > \frac{1}{6} b$  경우의 저면반력의 작용폭(m)
- $M_w$  : 연직합력에 의한 A점 주위의 모멘트 (kN·m/m)
- $M_h$  : 수평합력에 의한 A점 주위의 모멘트 (kN·m/m)



도참(1-19) 저판 반력

③ 정수압

설계조위에 의하여 케이슨저판에 작용하는 정수압으로 한다.

④ 양압력

체체 또는 벽체에 파력이 작용하는 경우에는 양압력을 고려한다. 양압력의 계산에는 제2편 제5장 파력을 참조할 것

⑤ 속채움재 중량

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

⑥ 덮개 콘크리트 중량

덮개 콘크리트 중량은 부력이 작용하지 않는 대기중량으로 한다. 이 단위체적중량은 무근 콘크리트의 경우  $22.6\text{kN/m}^3$ 으로 계산하여도 된다.

⑦ 저판중량

저판중량은 부력이 작용하지 않는 대기중량으로 한다. 이 단위체적중량은  $24.0\text{kN/m}^3$ 로 계산해도 된다.

⑧ 재하하중

저판에 작용하는 재하하중으로는 케이슨상의 토피중량, 적재하중 등을 고려한다. 단, 케이슨위에 현장타설 콘크리트가 있어 케이슨내부에 재하하중의 영향이 미치지 않는다고 생각되는 경우에는 재하하중은 고려하지 않는다.

(2) 확대기초

① 확대기초에 작용하는 설계하중은 도참(1-20)에 나타난

바와 같은 하중분포를 참고할 것

② 저면반력

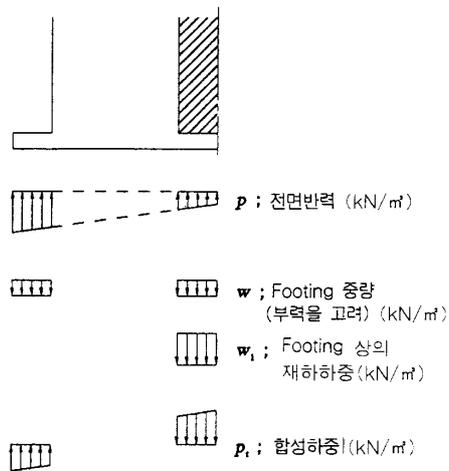
확대기초부에 작용하는 저면반력은 식(참1-6) 또는 식(참1-7)로 산출한 확대기초부의 값을 사용한다.

③ 확대기초 중량

확대기초의 중량에는 부력을 고려한 수중 중량을 사용한다. 또한 확대기초의 대기중 단위체적 중량은  $24.0\text{kN/m}^3$ 를 적용하면 된다.

④ 재하하중

확대기초상에 작용하는 재하하중으로는 설계수위 이하의 부력을 고려한 방파제등의 소파블록중량, 안벽 육지측의 토피중량, 적재하중 등을 고려한다.



도참(1-20) 확대기초에 작용하는 설계하중

[3] 격벽(隔壁) 및 기타

(1) 격 벽

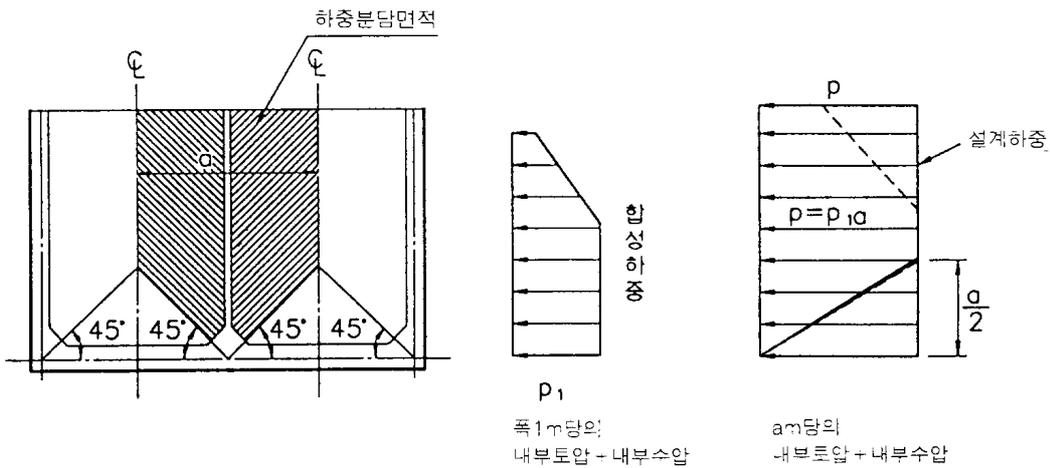
① 외벽이 격벽으로부터 떨어져 나가는 것을 방지하기 위한 검토에서 외벽에 작용하는 속채움 토압 및 내부수압을 고려하고 이들이 격벽과 외벽의 접합부에 작용하는 것으로 한다.

② 저판이 격벽으로부터 떨어져 나가는 것을 방지하기 위한 검토를 할때 하중으로는 저판에 작용하는 속채움 중량, 재하중, 저판중량, 덮개 콘크리트 중량, 저면반력, 양압력 및 정수압을 고려하며 이들의 격벽과 저판의 접합부에 작용하는 것으로 한다.

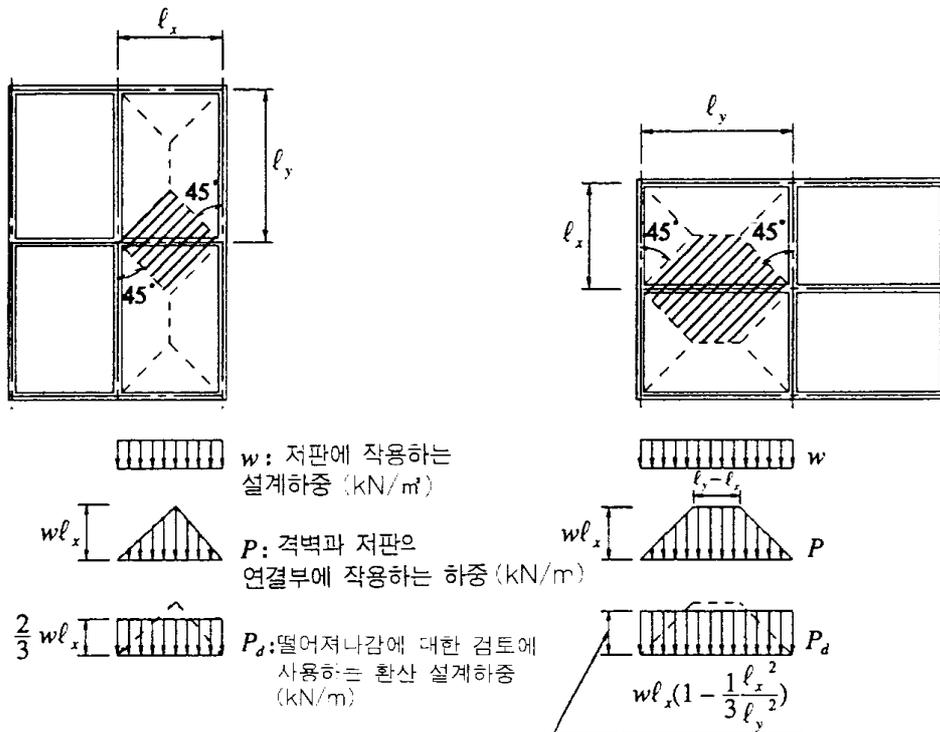
(2) 지반 지지력의 불균형에 의한 하중이 작용할 우려가 있는 경우에는 이에 대한 검토를 행한다.

[참고]

- (1) 외벽이 격벽으로부터 떨어져 나가는 것을 방지하기 위한 검토를 할 때 하중으로는 도참(1-21)에 나타난 바와 같은 하중분포를 참고할 것.
- (2) 저판의 격벽으로부터 떨어져 나가는 것을 방지하기 위한 검토를 할 때 하중은 도참(1-22)에 나타난 바와 같은 하중분포를 참고할 것.
- (3) 격벽  
하중분담 구분은 통상의 보를 갖는 상판의 하중분담 구분에 따른다.



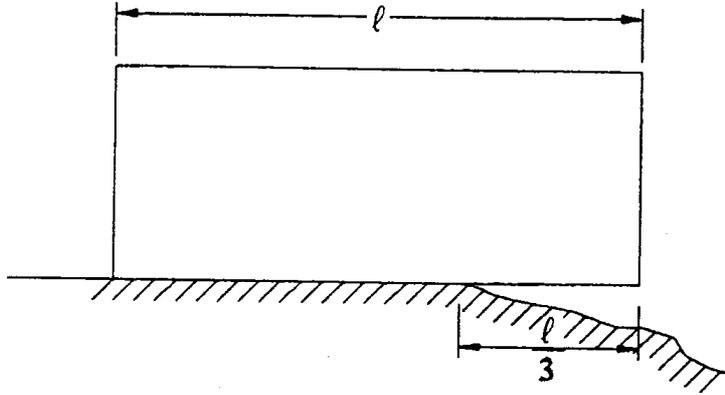
도참(1-21) 외벽의 격벽으로부터의 떨어져 나가는 것에 대한 검토시의 설계하중



도참(1-22) 저판의 격벽으로부터의 떨어져 나가는 것에 대한 검토시의 설계하중

## (4) 지반지지력의 불균형에 의한 하중이 작용할 경우의 검토

이 경우에는 케이슨의 길이 또는 폭의 1/3을 캔틸레버로 보고 케이슨 자체의 보의 일체성에 대하여 검토한다.(도참(1-23) 참조)



도참(1-23) 지반지지력의 불균등에 의한 荷重이 작용하는 경우의 검토

지반지지력의 불균등에 의한 하중상태는 여러 가지 경우를 생각할 수 있다.

지반지지력이 불균등한 경우에 있어서의 케이슨의 응력해석이 시도되고 있으나 아직 설계법이 확립되어 있지 않으므로 여기서는 관용적 설계법을 참고로 보여준다.

## 1-5 부재의 설계

## [참고]

부재의 설계법은 3변 고정 1변 자유판 및 4변 고정판으로서 본편 1-5-5 판의 휨 모멘트 계산표에 의하여 계산하는 방법이 일반적이거나 하중조건 등에 따라서는 F.E.M으로 해석하는 방법이 있다.

## 1-5-1 외벽

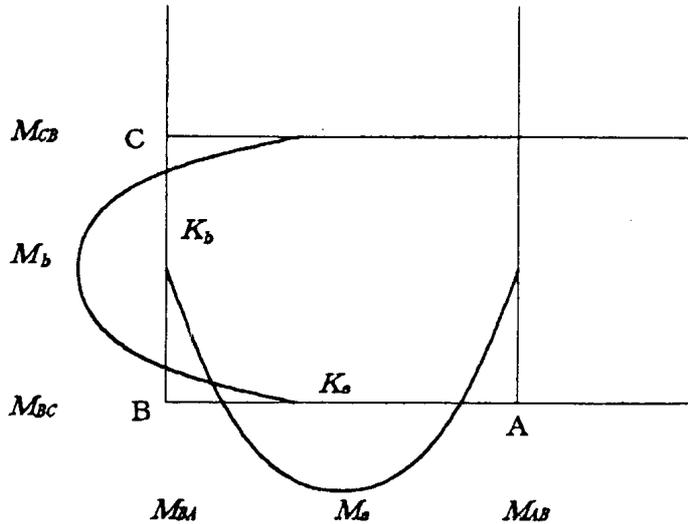
## [참고]

- (1) 외벽의 설계는 3변 고정 1변 자유판으로 계산한다.
- (2) 길이의 비가 1 : 5 이상의 외벽에 대해서는 1 : 5의 판의 값을 사용할 수 있다.
- (3) 외벽과 저판간의 불균형 모멘트는 분배하지 않고 그대로의 값을 사용할 수 있다.
- (4) 계산에 사용하는 지간은 격벽간의 중심 간격으로 한다.
- (5) 주철근의 덮개는 원칙적으로 다음 값 이상으로 한다.
  - 외측 7cm
  - 내측 5cm
- (6) 외벽간에 고정부로 본 개소에 생기는 불균형 모멘트가 현저하게 큰 경우에는 외벽단부는 판의 강비의 비

율로 휨 모멘트를 분배하고 다시 지간 모멘트에 대하여도 분배한 모멘트의 0.5배를 더하여 보정하여야 한다. 또한, 내부의 지점 및 제 1경간 이외에 대하여는 불균형 모멘트분배의 영향이 적으므로 특별히 분배할 필요가 없다.(도참(1-24) 참조)

(7) 외벽간에 생긴 불균형 모멘트의 분배에

외벽의 휨 모멘트를 도참(1-24)과 같은 경우 분배후의 모멘트는 식(참1-9)과 같이 된다.



도참(1-24) 불균형 모멘트의 분배

$$\left. \begin{aligned}
 M'_{BA} &= M_{BA} - (M_{BA} - M_{BC}) \frac{K_a}{K_a + K_b} \\
 M'_{BC} &= M_{BC} - (M_{BA} - M_{BC}) \frac{K_b}{K_a + K_b} \\
 M'_a &= M_a - \frac{1}{2} (M_{BA} - M_{BC}) \frac{K_a}{K_a + K_b} \\
 M'_b &= M_b + \frac{1}{2} (M_{BA} - M_{BC}) \frac{K_b}{K_a + K_b} \\
 M'_{AB} &= M_{AB} \\
 M'_{CB} &= M_{CB}
 \end{aligned} \right\} \text{(참1-9)}$$

여기서,

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

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

$K_a, K_b$  : 외벽의 剛度

단, 모멘트는 (+)(-)의 부호를 갖고 있다.

### 1-5-2 격 벽

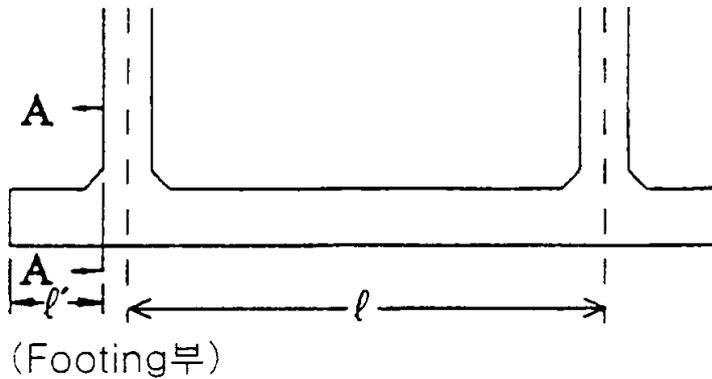
[참 고]

- (1) 거치시에는 3변 고정 1변 자유판으로 계산한다.
- (2) 거치후에는 외벽 및 저판의 부재돌출에 대하여 인장하중에 관한 극한한계상태에 대한 안전성을 확인한다.
- (3) 계산시의 지간은 격벽의 중심간격으로 한다.
- (4) 주철근의 덮개는 원칙적으로 5cm이상으로 한다.

### 1-5-3 저 판

[참 고]

- (1) 외벽, 격벽으로 둘러싸인 부분은 4변 고정판으로 계산한다.
- (2) 주철근 덮개는 원칙적으로 다음 값이상으로 한다.  
 외측 7cm  
 내측 5cm
- (3) 확대기초부는 캔틸레버로 계산한다.
- (4) 4변 고정부의 계산에 쓰이는 지간은 중심간격으로 한다.(도참(1-25) 참조)



도참(1-25) 底版의 設計의 사용하는 Span

- (5) 확대기초부의 휨에 관한 계산시 캔틸레버는 외벽전면을 기준으로 한다.(도참(1-25) A-A 단면 참조) 전단에 대하여는 벽 전면으로부터 벽 전면에서 부재고의 1/2만큼 떨어진 지점에서의 단면으로 한다. 벽 전면에서 부재고의 산정은 헨치 부분의 1 : 3보다 평평한 부분을 유효하다고 본다.
- (6) 확대기초의 설계에서 속채움 토압 및 지반반력을 받는 경우의 A-A 단면(도참(1-25) 참조)의 응력의 해석은 어려우나 외벽, 격벽 및 저판으로 둘러싸인 케이슨 본체는 라멘 구조로 되어 있으므로 케이슨 본체를 강체로 보아서 확대기초에 걸리는 모멘트의 영향은 본체부에는 미치지 않는 것으로 한다.  
 따라서 확대기초는 캔틸레버로서의 지지조건이 확실하므로 확대기초부의 계산하는 단면은 외부전면으로 하였다. 단, 저판반력이 크고 확대기초의 높이가 높은 경우에는 본체부의 보강의 검토가 필요하다.

1-5-4 기 타

[참 고]

(1) 케이슨을 이동시키기 위하여 잭 등으로 들어 올리는 경우 또는, 거치 후의 부동침하등에 대하여는 케이슨 전체를 보로 보고 검토한다. 이 경우 다음의 방법 중 하나를 써서 검토할 수 있다.

- ① 철근을 고려한 유효환산 단면적을 기본으로 하며 철근 콘크리트의 응력을 검토하는 방법
  - ② 콘크리트도 인장하중을 받는 것으로 하여 검토하는 방법
- 또한, 저판에 대하여는 편칭전단에 대하여 검토할 것.

(2) (1), ①의 방법

유효환산 단면의 중립축의 위치 및 중립축에 대한 유효환산단면의 단면 2차 모멘트를 도식적으로 구하여 균등질 재료의 보, 휨 응력계산에 사용하는 식(참1-10)에 의하여 검토한다.

$$\sigma = \frac{M}{I}y \quad \text{(참1-10)}$$

여기서,

$\sigma$  : 휨 응력(N/mm<sup>2</sup>)

$M$  : 휨 모멘트(N·mm)

$I$  : 중립축에 대한 유효환산 단면의 단면 2차 모멘트(mm<sup>4</sup>)

$y$  : 중립축으로부터의 거리(mm)

1-5-5 판의 휨모멘트(휨 모멘트) 계산표

[참 고]

판의 휨 모멘트 계산수표에 대하여는 권말 2를 참조할 것

1-6 크레인(Crane)을 사용하여 진수하는 경우의 리프팅(Lifting)부의 설계

Lifting Bar에 작용하는 하중은 케이슨의 중량, 저면에 작용하는 부착력등을 고려하여 적절히 정한다.

[참 고]

Lifting Bar의 인장항복강도 및 전단항복강도와 콘크리트의 부착강도의 특성치에 대하여는 콘크리트 표준시방서 설계편을 참조할 것.

1-6-1 보통 강봉(Round Bar)을 사용하는 경우

[참 고]

(1) 크레인을 사용하여 진수하는 경우의 Lifting부의 설계에 사용하는 안전계수는 특기하는 것을 제외하고 1.0으로 한다.

## (2) Lifting Bar에 작용하는 하중

- ① Lifting Frame을 사용하여 진수하는 경우의 Lifting부의 설계에 사용하는 하중은 식(참1-11)에 의하여 구한다.

$$P = \frac{(W + W' + F)k}{N} \quad (\text{참1-11})$$

여기서,

P : Lifting Bar 1본당에 작용하는 하중(kN/본)

W : 케이슨의 중량(kN)

W' : 케이슨 1함당의 부가중량(kN)

F : 케이슨 1함당 저면부착력(kN)

k : 불균등계수

N : 케이슨 1함당 Lifting Bar의 본수

단, W, W', F은 식(참1-12)~식(참1-14)에 의하여 구한다.

$$W = 24V \quad (\text{참1-12})$$

$$W' = 0.05W \quad (\text{참1-13})$$

$$F = 3.0A \quad (\text{참1-14})$$

여기서,

V : 케이슨 콘크리트의 설계체적(m<sup>3</sup>)

A : 케이슨의 저면적(m<sup>2</sup>)

- ② Lifting Frame을 사용하는 경우의 Lifting Bar에 작용하는 하중의 계산은 현재 일반적으로 사용되고 있는 방법을 채용하였다. 실물 케이슨 Lifting시의 하중측정 결과에 의하면 불균등 계수, 케이슨의 부가중량, 저면 부착력등 개개의 값에는 문제가 있어도 전체로서는 거의 타당한 값이 실측되고 있으므로 식(참1-11)에 의하여 하중을 산정한다.

- ③ 불균등계수 k는 1.8을 표준으로 한다. 실물 케이슨의 Lifting시의 하중측정 결과에 의하면 3,300kN형(8점 lifting), 9,800kN형(16점 lifting)의 케이슨에서 최대 불균등계수가 각기 1.24, 1.56으로서 전체의 평균은 1.36이었다.

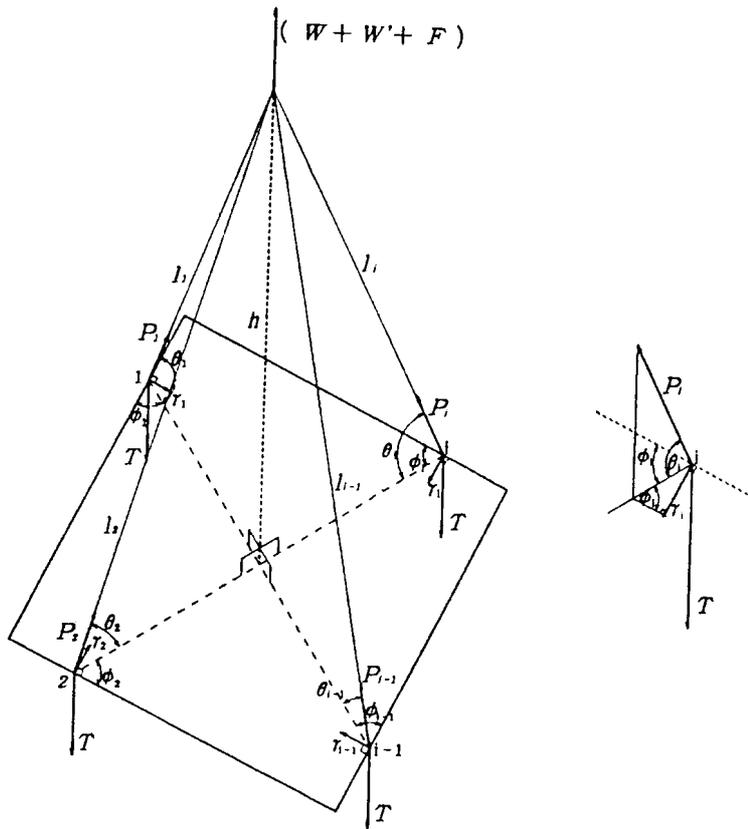
또한, 채용치 1.8은 이것을 초과할 확률이 0.3%정도인 경우의 값이다. Lifting 개소수가 적은 경우에는 큰 값을 나타내므로 Lifting시험 등에 따라 판단하고 감소시킬 수가 있다. 또한, 이 문제에 관하여는 본편 2-5 Lifting부의 설계를 참조할 것.

- ④ Direct Lifting의 Lifting Bar에 작용하는 하중은 식(참1-15)~식(참1-17)에 따라 구한다.(도참(1-26) 참조)  
Lifting Bar의 응력 계산에 사용하는 하중

$$P_i = \frac{(W + W' + F)k}{N \sin \theta_i} \quad (\text{참1-15})$$

Lifting Bar의 매입장 계산에 사용하는 하중

$$T = \frac{(W + W' + F)k}{N} \quad (\text{참1-16})$$



도참(1-26) Direct Lifting의 경우 Lifting Bar에 작용하는 하중

외벽두부의 전단파괴의 검토에 사용하는 하중

$$r_i = P_i \cos \theta_i \sin \phi_i$$

(참1-17)

여기서,

- $P_i$  :  $i$ 번째의 Lifting Bar에 작용하는 하중(kN/본)
- $W$  : 케이슨의 설계중량
- $W'$  : 케이슨 1함당의 부가중량(kN)
- $F$  : 케이슨 1함당의 저면부착력(kN)
- $k$  : 불균등계수,  $k=1.8$ 을 표준으로 한다.
- $N$  : 케이슨 1함당의 Lifting Bar의 본수(본)
- $\phi_i$  :  $i$ 번째의 로프와 케이슨 상면이 이루는 각도( $^\circ$ )
- $T$  : Lifting Bar 1본당에 작용하는 연직하중(kN/본)
- $r_i$  : Lifting Bar에 작용하는 외벽 직각방향력(kN)
- $\theta_i$  :  $i$ 번째의 로프의 케이슨 상면에 투영한 선과 외벽이 이루는 각도( $^\circ$ )

(3) Lifting Bar의 직경 및 매입길이

① Lifting Frame을 사용하는 경우의 Lifting Bar의 직경 및 매입길이는 식(참1-18), 식(참1-19)에 의하여 구한다.

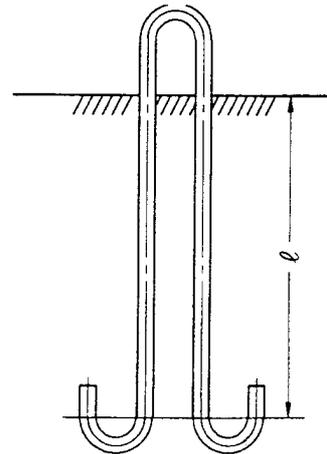
가. Lifting Bar의 직경

$$D \geq \sqrt{\frac{2P}{\pi f_{yd} / \gamma_b}} \quad (\text{참1-18})$$

$$D \geq \sqrt{\frac{2P}{\pi f_{vyd} / \gamma_b}} \quad \left. \vphantom{D \geq \sqrt{\frac{2P}{\pi f_{vyd} / \gamma_b}}} \right\}$$

여기서,

- $f_{yd}$  : Lifting Bar의 인장항복강도(N/mm<sup>2</sup>)
- $f_{vyd}$  : Lifting Bar의 전단항복강도(N/mm<sup>2</sup>)
- $\gamma_b$  : 부재계수(=1.2)
- P : Lifting Bar 1본당 작용하는 하중(N)
- D : Lifting Bar의 직경(mm)



나. Lifting Bar의 매입길이

Lifting Bar의 매입길이는 식(참1-19)에 의해 구한다.

(도참(1-27) 참조)

$$l \geq \frac{P}{2\pi D f_{bod} m \alpha} \quad (\text{참1-19}) \quad \text{도참(1-27) Lifting Bar의 매입길이}$$

여기서,

- $l$  : Lifting Bar의 매입길이(mm)
- $f_{bod}$  : 케이슨을 Lifting할 때의 콘크리트의 부착강도(N/mm<sup>2</sup>)
- m : Hook 효과(=1.5)
- $\alpha$  : 보통 Round Bar에 의한 부착 강도를 고려한 계수(=1.1)

- ② 케이슨의 Lifting Bar의 실험결과로부터 보면 케이슨벽에는 파괴하중에 달할 때까지 여러 가지의 균열의 발생이 확인되었다. 그러나 설계하중의 범위에서는 충분히 안전하다는 것이 판명되었으므로 케이슨벽의 파괴에 대한 검토는 생략한다.
- ③ Lifting Bar에 작용하는 하중은 Lifting Bar의 직선부와 콘크리트와의 부착력 및 Hook 정착효과에 의하여 하중이 전달된다. 또, 실험결과로부터 Hook시점의 하중의 3배가 Lifting Bar에 작용하는 하중이 되며 이는 거의 설계하중과 일치한다. 또한 설계하중은 최종적 파괴 하중의 40~60% 정도의 하중이었다. 또, 실험결과에 의하면 파괴하중은 Lifting Bar와 콘크리트와의 부착에 의하는 것이 아니라 Hook부근 콘크리트의 인장강도에 의하여 지배되고 있었다. 이와 같은 극한 파괴의 메카니즘과 파괴하중의 결과로부터 Hook효과로서 하중의 1/3을 분담한다고 해도 충분히 안전이 확보된다고 판단하였다.
- ④ 케이슨의 Lifting시의 부착강도에 관한 실험결과에 의하면 압축강도가 24.0N/mm<sup>2</sup> 최대 부착강도는 11일 강도가 1.2~1.4N/mm<sup>2</sup>이었다.
- ⑤ Lifting Bar의 강도는 실험결과에 의하면 인장력외에 휨 모멘트와 전단력의 영향이 크고 상당히 적은 하중에서 항복점에 달하고 있으나 Lifting Bar는 일시적으로 사용하는 것이며 또, 설계하중의 범위에서는

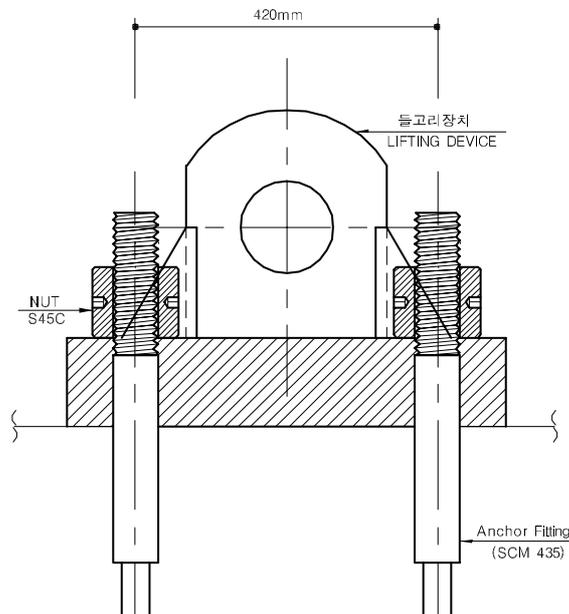
Lifting Bar 파괴의 원인이 되지 않는다는 것이 판명되었으므로  $f_{yd}$ ,  $f_{vyd}$ 의 계산에 의하여 Lifting Bar의 직경을 구하기로 하였다.

(4) 타이케이블(Tie Cable)로 달아 올림부를 설계하는 경우

대형 케이슨의 경우 달아 올림 철근으로는 철근 굵기가 한정되어 있어 큰 하중을 달아올리기 위하여는 개수가 많이 소요되므로 고강도의 PC강재를 이용한 타이케이블로 달아올림부를 설계할 수 있다.

① 들고리의 구성

들고리는 도참(1-28)과 같이 2본의 케이블을 1개조로 하여 도참(1-27)의 달아올림철근과 같은 기능을 할 수 있다. 이때 케이블간의 간격은 적절히 떨어져 케이블에 수직되게 연결하여 사용한다.(그림의 경우  $\phi 12.7 \times 7EA$ , 2본이 42cm 간격으로 배치되어 있음.)



도참(1-28) 들고리장치(Lifting Device) 설명도

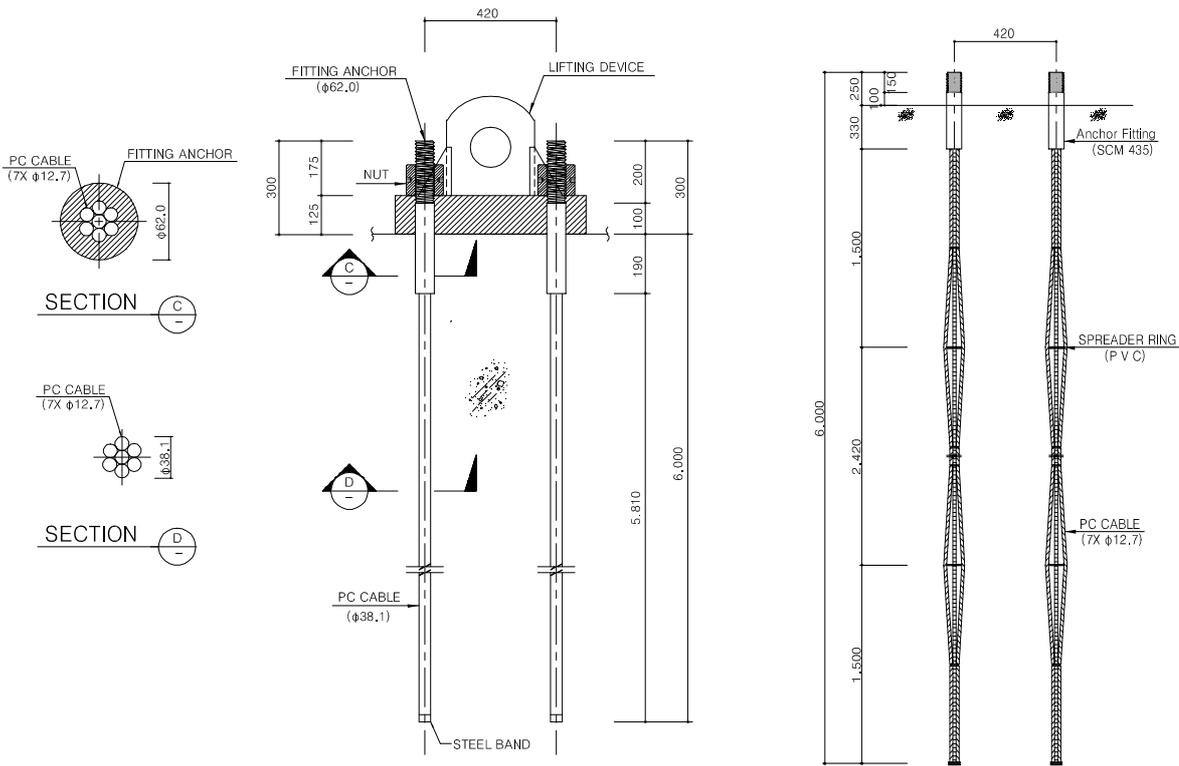
② 타이케이블에 작용하는 荷重

荷重의 산출은 달아올림철근에 작용하는 荷重산출과 동일하며 타이케이블 2본이 달아올림철근의 한 개의 고리에 작용하는 荷重을 분담하게 된다.

③ 타이케이블의 규격 및 埋入長

타이케이블은 인장강도가 높은 PC 스트랜드를 이용하는데 예로서 스트랜드  $\phi 12.7 \times 7$ (직경 12.7mm 스트랜드 7본을 한 묶음으로 한 케이블)을 이용할 수 있으며 이때 한 케이블의 許容引張力(Pa)은 이 케이블의 引張強度(Pu)의 60%를 취할 수 있어  $Pa=0.6Pu$ 로 표시된다.

$\phi 12.7 \times 7$ 의 引張強度를 126ton이라 하면 케이블당  $Pa=0.6 \times 126=75.6\text{ton}$ 이다. 들고리는 2본의 케이블로 구성되므로 한 개의 들고리당  $P=151.2\text{ton}$ 이 된다.



(a) 직케이블 사용시

(b) 스프레더링(Spreader Ring) 사용시

도참(1-29) 타이케이블의 매입부 설명도(F130L, φ12.7×7EA)

$$\text{타이케이블의 매입장}(l, \text{cm}) \text{은 } l \geq \frac{P}{2 \cdot \pi \cdot D \cdot \tau_{0a}}$$

여기서,

P : 들고리 1본당 작용 荷重(kg)

D : 케이블의 공칭 직경(cm)

$\tau_{0a}$  : 허용 부착 應力度(kg/cm<sup>2</sup>)

타이케이블은 도참(1-29)와 같이 직케이블을 사용하기도 하나 스프레더링(Spreader Ring)을 사용시에는 정착효과가 증대한다.

이상의 검토에서 규격 및 매입장계산에 허용인장응력 및 허용부착응력은 단기하중이므로 각각 50%의 할증을 고려할 수 있다.

- (5) 실물 케이슨의 Lifting시의 하중측정 결과에 의하면 팽창과 케이슨 내부의 유수로 인하여 케이슨 중량은 설계치보다 약간 크고, 저면부착력은 약간 작기 때문에 전체로는 실측한 하중과 설계치는 거의 일치하고 있었다.

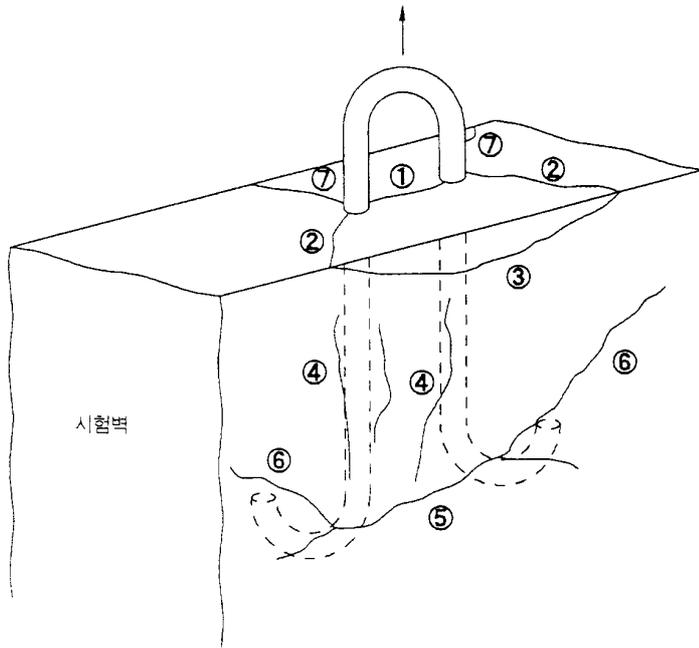
① 케이슨의 팽창량

케이슨의 단위체적중량을 24.0kN/m<sup>3</sup>로 보고 다시 케이슨내의 유수를 고려한 경우 케이슨의 팽창량은 3,300kN형에서 평균 4.5%, 9,800kN형에서 평균 5.8%, 표준편차 2.2%이며 전체로는 평균 5.5%, 표준편차 2.1%였다.

② 저면부착력

케이슨저면에 모래를 깔고 다시 노반지를 부설한 상태에서 저면부착력은 0~1.2kN/m<sup>2</sup>이며 평균 450N/m<sup>2</sup>, 표준편차 470N/m<sup>2</sup>이었다.

(6) 실험에 의한 케이슨벽의 파괴상황은 도참(1-30)에 나타난 바와 같고 도중의 번호는 Crack발생의 순서를 나타낸다. 균열발생하중 및 최대하중의 실험결과를 표참(1-9)에 나타낸다.



도참(1-30) Crack 개념도

표참(1-9) 균열발생하중 및 최대하중

Lifting Bar의 종류		재하방법	콘크리트 양생일수 (일)	①균열 발생하중 (kN)	④균열 발생하중 (kN)	⑤균열 발생하중 (kN)	최대하중 (kN)	최종파괴 상태
Hook	직선부(m)							
있음	2.0	수직	10	590	880	1,700	1,700	경사진 균열⑥
있음	2.0	수직	12	780	1,500	1,800	2,000	
있음	1.5	수직	12	690	1,800	1,600	2,000	
있음	1.0	수직	12	590	980	980	1,700	
있음	2.0	수평	10	59	-	-	88	Lifting Bar의 항복 및 콘크리트의 상부결손
있음	2.0	수평	10	49	-	-	64	
있음	2.0	수평	10	39	-	-	64	

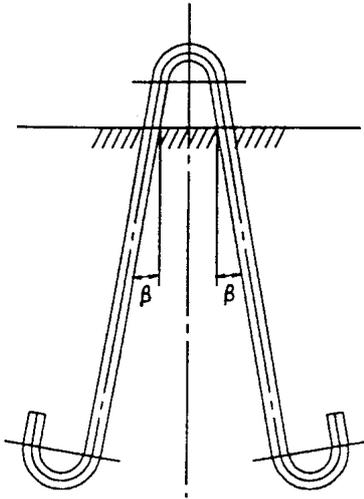
주) 1) 시험벽의 두께는 40cm, 배근은 횡방향 15cm, 종방향 30cm

2) 콘크리트의 압축강도 특성치는 24N/mm<sup>2</sup>

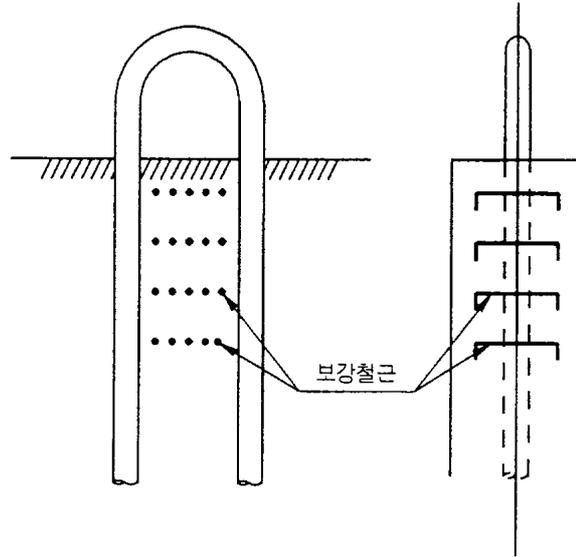
3) Lifting Bar의 재질은 SS400, 직경은 75mm

4) 표중의 ①, ④, ⑤, ⑥은 도참(1-28) 참조

(7) Lifting Frame을 사용한 경우 도참(1-30)의 ① 균열을 방지하기 위하여는 도참(1-31)에 나타낸 바와 같이 구조상 발생하는 수평력을 감하는 Lifting Bar형상으로 하는 방법, 및 도참(1-32)에 나타낸 바와 같이 Lifting Bar사이를 보강근으로 보강하여 Crack의 성장을 억제하는 방법을 취하면 ① 균열의 발생하중은 880~980kN으로 되어 효과가 있다.



도참(1-31) Lifting Bar의 형상



도참(1-32) Lifting Bar간의 보강방법

(8) Direct Lifting의 경우의 Lifting Bar의 직경, 埋込길이 등의 결정은 다음 ①~④의 검토에 의하여 구할 수 있다.

① Lifting Bar의 직경

$$D \geq \sqrt{\frac{2P}{\pi f_{yd} / \gamma_b}} \quad (\text{참1-20})$$

$$D \geq \sqrt{\frac{2P}{\pi f_{vyd} / \gamma_b}} \quad \left. \vphantom{D \geq \sqrt{\frac{2P}{\pi f_{yd} / \gamma_b}}} \right\}$$

여기서, P는 Direct Lifting Wire방향의 Lifting Bar 1분당에 작용하는 하중(N)을 취하고 기타는 Lifting Frame을 사용하는 경우에 준한다.

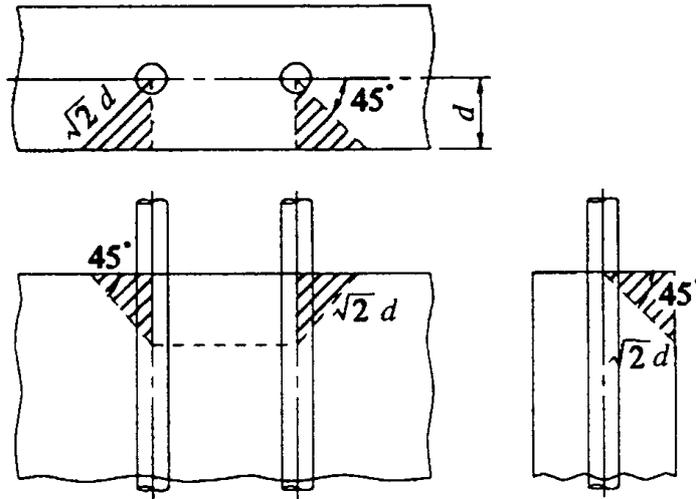
② 매입길이

$$l \geq \frac{T}{2\pi D f_{bod} m\alpha} \quad (\text{참1-21})$$

여기서, T는 Lifting Bar 1분당의 연직방향 하중(N)을 취하고 기타는 Lifting Frame을 사용하는 경우에 준한다.

③ Direct Lifting의 경우 외벽 두부의 전단파괴의 검토

외벽 두부의 파괴는 도참(1-33)에 나타낸 모양이 된다고 하고 외벽 두부의 전단파괴에 대한 안전성을 검토한다. 검토에 있어서는 설계전단내력 Vcd가 Lifting Bar 1분당에 작용하는 벽직각방향의 설계수평 하중을 상회하는 것을 확인하였다.



도참(1-33) 외벽의 파괴상황

설계전단내력  $V_{cd}$  는, 식(참1-22)에 의하여 계산하면 된다.

$$V_{cd} = f_{vcd} A_{\tau} / \gamma_b \quad (\text{참1-22})$$

여기서,

$$f_{vcd} : f_{vcd} = 0.20 \beta_d \beta_p \beta_r \sqrt{f'_{cd}} / \gamma_b \quad (\text{N/mm}^2)$$

$$\beta_d : \beta_d = \sqrt[4]{100/d} \quad \text{단, } \beta_d > 1.5 \text{인 경우에는 } 1.5$$

$$\beta_p : \beta_p = \sqrt[3]{100p} \quad \text{단, } \beta_p > 1.5 \text{인 경우에는 } 1.5$$

$$\beta_r : \beta_r = 1 + 1 / (1 + 0.25 \frac{u}{d})$$

$d$  : Lifting Bar 중심으로부터 전단력이 작용하는 방향의 벽면까지의 거리(mm)

$$p : p = A_s / (bd)$$

$A_s$  : 철근량 (mm<sup>2</sup>)

$b$  : 폭 (mm)

$u$  : 재하면의 주장,  $u = \phi + d$ 로 하면된다.

$\phi$  : Lifting Bar의 직경(mm)

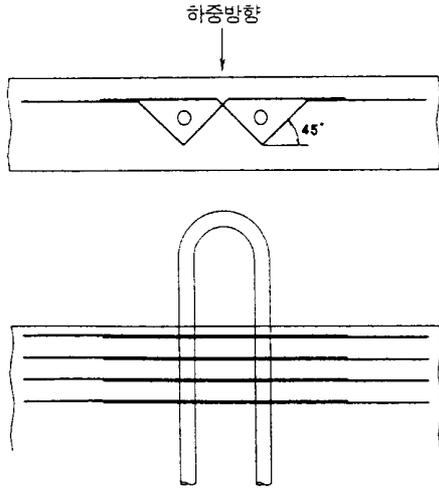
$f'_{cd}$  : 콘크리트의 설계압축강도(N/mm<sup>2</sup>)

$\gamma_b$  : 부재계수, 일반적으로 1.3으로 보된다.

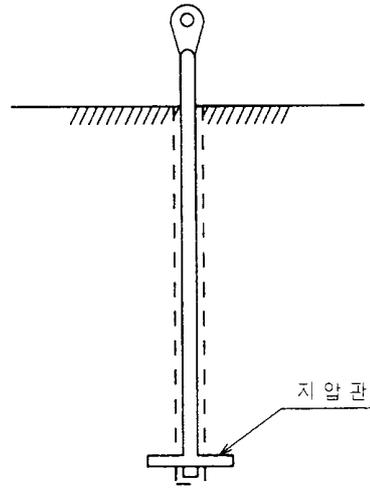
$$A_{\tau} : \text{전단저항면적 (mm}^2\text{)}, \quad A_{\tau} = \sqrt{3}/4 \times (\sqrt{2}d)^2 \times 2$$

④ 보강철근의 검토

식(참1-22)에 의한 설계전단내력이 설계수평하중에 못 미치는 경우에는 외벽두부의 철근량을 증가시키거나 또는 도참(1-34)과 같은 보강방법에 의하여 필요한 전단내력을 확보한다.



도참(1-34) 외벽두부의 보강방법



도참(1-35) 개량 Lifting Bar의 형상(Nut형)

Lifting Bar가 水平力을 받는 경우 실험결과에 의하면 케이슨벽의 상면으로부터 Lifting Bar의 직경의 3~4배 밑으로 내려간 범위까지 Lifting Bar에 휨 Strain이 생기므로 보강철근도 이 범위에 2~3단 배근한다.

- (8) 현재 사용되고 있는 도참(1-27)와 같은 Lifting Bar는 케이슨 Lifting시(약 15분)에만 필요한 것임에도 불구하고 철거가 불가능하여 비경제적이라 생각되므로 Lifting후 철거가 가능한 구조의 것이 고안되어 있다. Nut형(도참(1-35) 참조) 및 비너형 고정방법 등 부착력에 의하지 않는 Lifting Bar(개량 Lifting Bar)의 인장실험에 의하면 시험벽의 두께 40cm, 콘크리트 압축강도 24N/mm<sup>2</sup>, Lifting Bar 재질 SV70, 직경 80mm 및 70mm, 콘크리트 양생일 수 10~11일, Lifting Bar 매입길이 2m의 조건하에서 균열발생 하중은 780~1,200kN, 최대 하중은 2,200~2,800kN이며 시험 후 철거가능하고 충분히 사용가능하다는 결과를 얻고 있다.

### 1-6-2 이형 강봉을 사용하는 경우

#### [참고]

근년 케이슨 등의 Lifting Bar에 고장력 이형강봉(異形鋼棒)을 사용하는 경우가 있다. 이런 경우에는 다음과 같은 방법에 의하여 Lifting Bar의 계산을 행한다. 설계에 사용하는 안전계수는 특기한 경우를 제외하고 1.0으로 봐도 좋다.

#### (1) Lifting Bar에 작용하는 荷重

Lifting Frame을 사용하는 경우에 Lifting Bar에 작용하는 荷重은 식(참1-11)에 의하여 구한다.

#### (2) Lifting Bar의 직경 및 埋込길이

##### ① Lifting Bar의 직경, 埋込길이 및 Lifting Bar길이

Lifting Bar의 직경 및 埋込길이는 식(참1-23), 식(참1-24)에 의하여 구하고 Lifting Bar 길이는 식(1.6.15)에 의하여 구한다.

가. Lifting Bar의 직경

$$D \geq \sqrt{\frac{4P}{\pi f_{yd} / \gamma_b}} \quad (\text{참1-23})$$

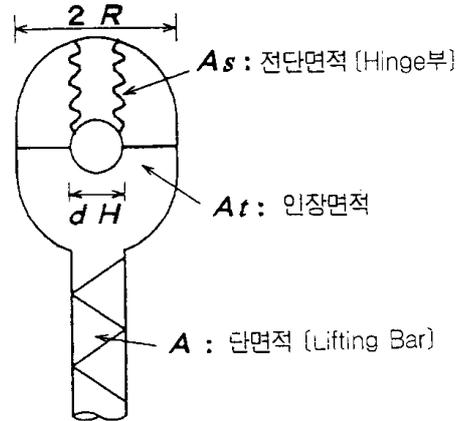
여기서,

D : Lifting Bar의 직경

$f_{yd}$  : Lifting Bar의 인장항복강도(N/mm<sup>2</sup>)

$\gamma_b$  : 부재係數(=1.1)

P : Lifting Bar 1본당에 作用하는 荷重치(N)



② Lifting Bar의 매입길이

Lifting Bar의 매입길이는 식(참1-24)에 따라 구한다.(도참(1-36) 참조)

$$L_0 = \ell_1 + \ell_2 \quad (\text{참1-24})$$

$$\ell_1 \geq \frac{P}{\pi D f_{bod} \alpha}$$

도참(1-36) Lifting Bar의 형상

여기서,

$\ell_1$  : Lifting Bar의 부착길이(mm)

$\ell_2$  : Unbond부의 길이  $\geq 6D$  (mm)

콘크리트 표층부의 박리방지 및 균열방지를 위하여 Vinyl Tube등으로 피복한 부분

$f_{bod}$  : 케이슨 Lifting시에 콘크리트의 부착강도(N/mm<sup>2</sup>)

$\alpha$  : 이형봉강에 의한 부착강도를 고려한 係數(=0.9)

③ Lifting Bar의 길이

$$L = L_0 + \ell_3 \quad (\text{참1-25})$$

여기서,

L : Lifting Bar의 길이

$\ell_3$  : 돌출된 부분 길이(2D~20cm)

돌출부 길이  $\ell_3$ 는 Ring부에 Lifting Device의 연결작업은 쉽게 하기 위하여 20cm정도로 하는 것이 바람직하다.

(3) Lifting Bar 및 Hinge부의 인장·전단강도의 검토

① Lifting Bar의 인장강도의 검토

Lifting Bar에 作用하는 荷重과 인장항복 강도의 검토는 식(참1-26)으로 행한다.

(도참(1-37) 참조)

$$f_{yd} / \gamma_b \geq \frac{P}{A} \quad (\text{참1-26})$$

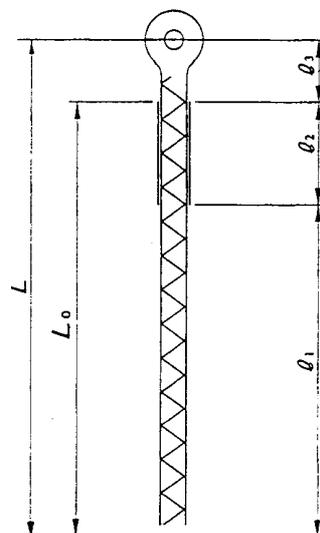
여기서,

$f_{yd}$  : 인장항복강도(N/mm<sup>2</sup>)

P : Lifting Bar 1본당 作用荷重(N)

A : 단면적(mm<sup>2</sup>)

$\gamma_b$  : 部材係數(=1.1)



도참(1-37) Lifting Bar의 매입길이

② Hinge부의 검토

Lifting Bar의 Hinge부에서의 인장항복강도 및 전단강도의 검토를 식(참1-27), 식(참1-28)에 따라 행한다.  
(도참(1-38) 참조)

가. 인장강도에 대한 검토

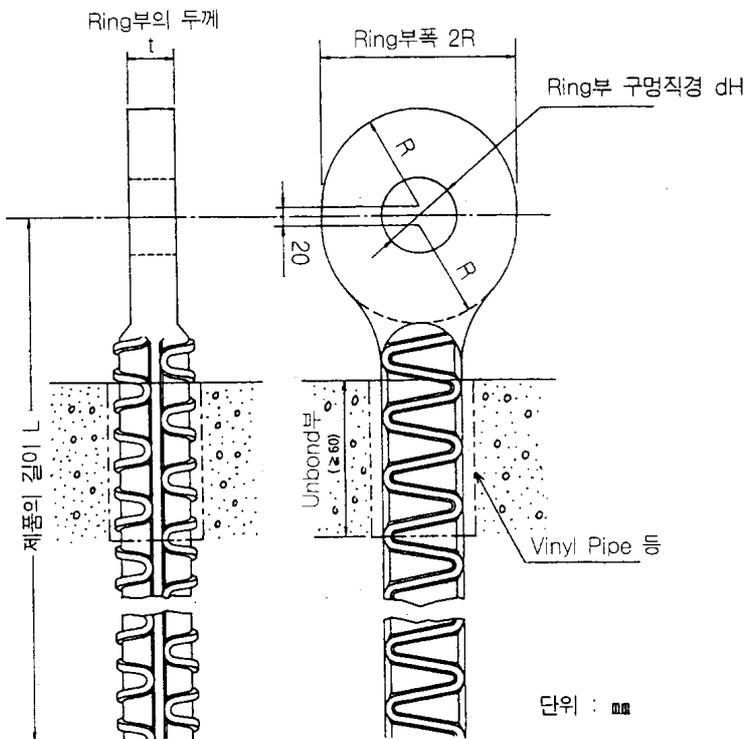
$$\frac{P}{(2R - dH) \times t} \leq f_{yd} / \gamma_b \quad (\text{참1-27})$$

나. 전단강도에 대한 검토

$$\frac{P}{\left\{ 10 + \sqrt{R^2 - \left( \frac{dH}{2} \right)^2} \right\} \times t \times 2} \leq f_{vyd} / \gamma_b \quad (\text{참1-28})$$

여기서,

- $P$  : Lifting Bar 1본당에 작용하는 荷重(N)
- $R$  : Ring부 半徑(mm)
- $dH$  : Ring부 구멍직경(mm)
- $t$  : Ring부 두께(mm)
- $f_{yd}$  : 인장항복강도(N/mm<sup>2</sup>)
- $f_{vyd}$  : 전단항복강도(N/mm<sup>2</sup>)
- $\gamma_b$  : 部材係數(=1.1)



도참(1-38) Lifting Bar 상세도

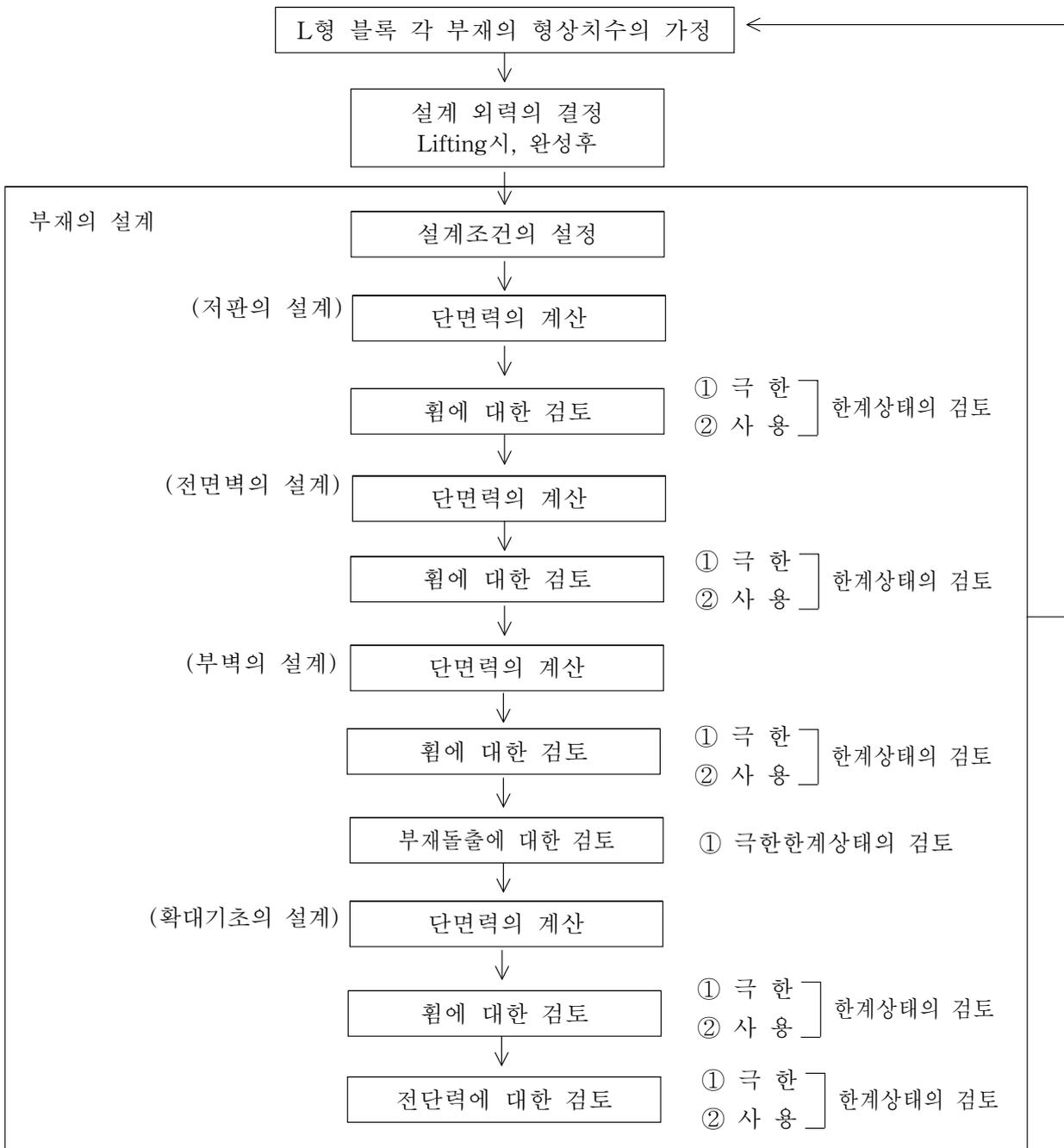
## 제 2 장 L형 블록

### 2-1 일 반

- (1) 본장의 규정은 통상의 L형 블록의 설계에 적용한다.  
 (2) 설계는 한계상태 설계법에 따르는 것을 표준으로 한다.

[참 고]

- (1) L형 블록설계는 일반적으로 다음 순서로 하는 것이 좋다.



도참(2-1) L형 블록의 설계순서

(2) 각 한계상태의 해석방법에 대하여는 제3편 3-2 한계상태 설계법에 의한 설계기준을 참조하여 적용한다.

## 2-2 제원의 결정

L형 블록의 각 부재의 형상치수는 다음 사항을 고려하여 결정한다.

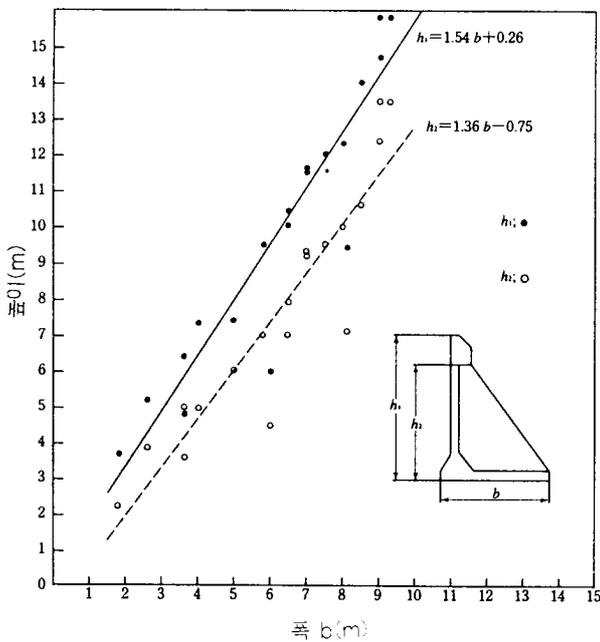
- (1) L형 블록을 제작하는 시설의 능력
- (2) 기중기의 Lifting Capacity
- (3) 벽체로서 전면의 수심
- (4) 조위차
- (5) 상부공 시공높이

### [해설]

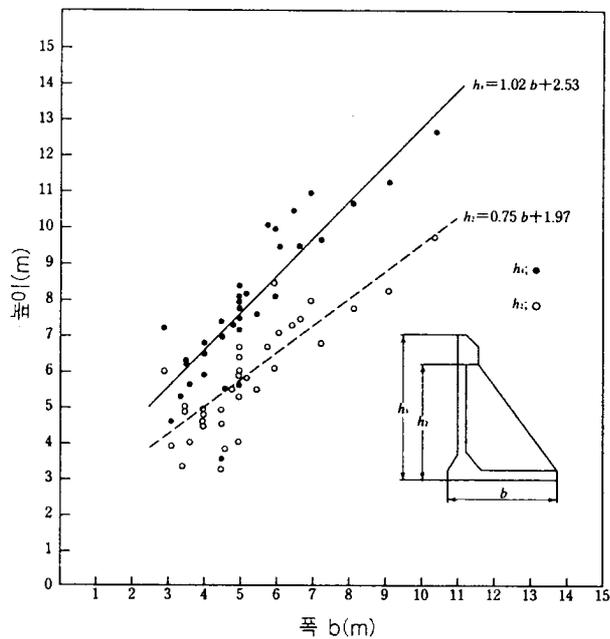
L형 블록의 벽체고는 L형 블록이 벽체가 된 경우의 전면수심과 조차를 고려하여 상부공의 시공이 용이하도록 결정한다.

### [참고]

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



(a) 設計震度  $k_h=0.05$



(b) 設計震度  $k_h=0.10$

도참(2-2) L형 블록의 폭과 높이와의 관계

## 2-3 부재에 작용하는 하중

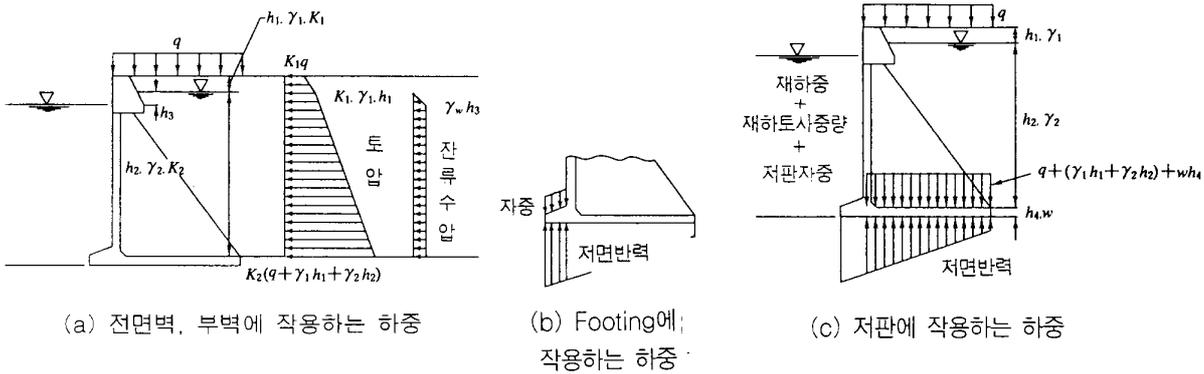
### 2-3-1 일 반

L형 블록에 작용하중으로는 다음의 것을 고려한다.

- (1) 전면벽체
  - ① 재하하중 및 뒷채움사석 또는 토사에 의한 토압
  - ② 잔류수압
- (2) 확대기초
  - ① 저면반력
  - ② 확대기초의 자중
- (3) 저 판
  - ① 재하하중
  - ② 재하(뒷채움) 토사중량
  - ③ 저판자중
  - ④ 저면반력
- (4) 부 벽
  - ① 전면벽체의 지지부로서의 반력
  - ② 저판의 지지부로서의 반력
  - ③ 부벽 배면에 작용하는 토압, 잔류수압  
또, 시공시 작용하는 하중으로서 다음 하중을 고려한다.
  - ④ Lifting 하중
  - ⑤ 거치시의 하중

### [참 고]

- (1) 荷重의 組合과 荷重係數는 본편 1-4-1 荷重의 조합 및 荷重係數에 준한다.
- (2) L형 블록의 각 부재에 작용하는 荷重은 도참(2-3)과 같다.
- (3) L형 블록의 각 부재에 작용하는 토압의 계산은 제2편 11-6 토압과 수압을 참조한다.
- (4) 저면 반력의 계산은 본편 1-4-6 완성후의 외력을 참조한다.
- (5) L형 블록제작의 콘크리트 타설법에는 종타공법(縱打工法)과 횡타공법(橫打工法)이 있으나 횡타공법의 경우에는 거치공사까지 블록을 일으켜 세우는 작업이 따르므로 설계에서는 이때의 하중에 대하여 검토할 필요가 있다.



여기서,

- $q$  : 상재하중(kN/m<sup>2</sup>)
- $\gamma_1$  : 잔류수위면상의 흙의 단위체적중량(kN/m<sup>3</sup>)
- $\gamma_2$  : 잔류수위면하의 흙의 단위체적중량(kN/m<sup>3</sup>)
- $\gamma_w$  : 해수의 단위체적중량(kN/m<sup>3</sup>)
- $h_1$  : 잔류수위면상의 흙의 토층두께(m)
- $h_2$  : 잔류수위면하의 흙의 토층두께(m)
- $h_3$  : 조차(m)
- $h_4$  : 저판두께(m)
- $K_1$  : 잔류수위면상의 흙의 토압계수
- $K_2$  : 잔류수위면하의 흙의 토압계수
- $w$  : 저판자중(kN/m<sup>2</sup>)

도참(2-3) L형 블록에 작용하는 하중

### 2-3-2 부재에 작용하는 토압

부재에 작용하는 토압으로는 벽체의 안정계산에 사용한 토압을 사용한다.

#### [해설]

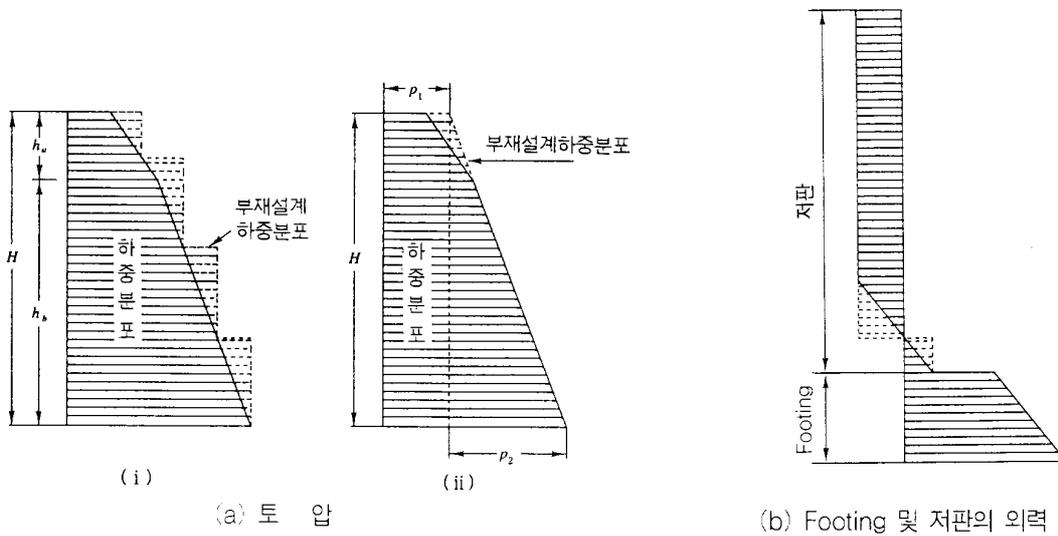
L형 블록은 벽체에 미소변위를 일으켜도 저판이 있기 때문에 전면벽과 뒷채움재간에 상대적 변위가 생기기 어렵고 따라서 벽면마찰각은 0°로 볼 수 있으며 오히려 정지토압에 가까운 토압이 작용한다는 생각도 있다. 또, 뒷채움을 한 경우에는 뒷채움재와 배후매립토사의 내부마찰각이 다른 경우도 있으나 L형 벽체에 작용하는 외력의 현장측정 결과와 종래의 設計에에서의 실적을 고려하여 부재에 작용하는 토압으로는 벽체의 안정계산에 사용한 토압을 사용하도록 하였다.

2-3-3 하중의 분할방법

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

[참 고]

L형 블록에 작용하는 하중은 일반적으로 등분포로 되지는 않는다. 이대로는 부재설계상 불편하므로 이를 적당히 분할하여 등분포 하중으로 해도 좋다. 이 경우에도 부재강도상으로 약점이 생기지 않도록 해야 한다. 하중분할의 일예를 도참(2-4)에 보여준다.



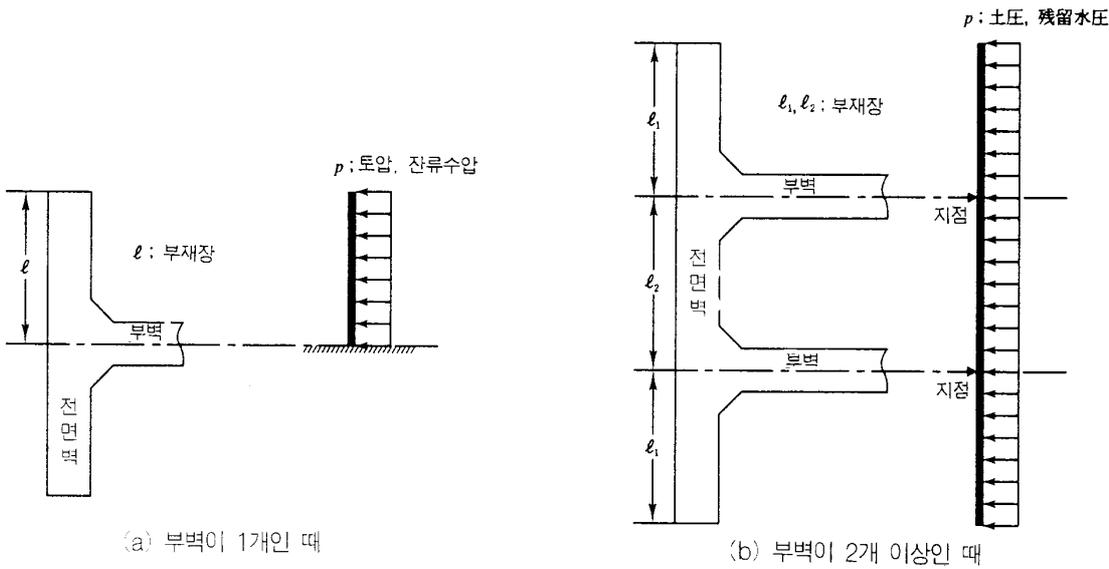
도참(2-4) 하중분할의 방법

2-4 부재의 설계

2-4-1 일 반

[참 고]

- (1) 전면벽은 원칙적으로 부벽에 의하여 지지된 판으로 설계한다. 부벽이 하나인 경우에는 부벽부에서 지지된 캔틸레버판, 2개인 경우에는 연속판으로 설계하는 것을 표준으로 한다.
- (2) 전면벽의 부재길이는 부벽 중심으로부터의 거리로 한다.
- (3) 전면벽 배후로부터의 하중은 원칙적으로 부재 전 길이에 작용하는 것으로 한다.
- (4) 전면벽의 주철근의 덮개는 원칙적으로 다음 값 이상으로 한다.  
바다측 7cm, 육지측 5cm
- (5) 전면벽의 부재길이 및 하중은 도참(2-5)와 같이 하면 된다.



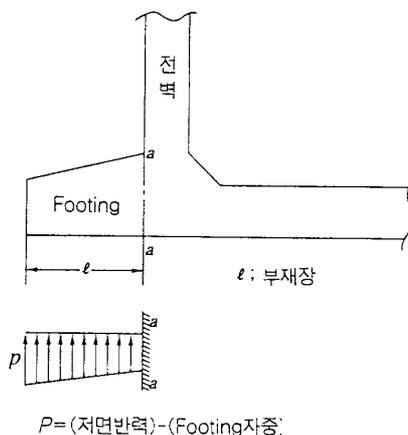
도참(2-5) 전면벽의 부재장 및 하중

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

2-4-2 후텅(확대기초)

[참 고]

- (1) 확대기초는 전면벽의 위치에 의하여 지지된 캔틸레버와 판으로 설계한다.
- (2) 확대기초의 부재길이는 본편 1-5-3 저판에 준한다.
- (3) 확대기초의 주근의 덮개는 원칙적으로 7cm이상으로 한다.
- (4) 확대기초의 부재길이 및 하중은 도참(2-6)와 같이 하면 된다.



도참(2-6) 확대기초의 부재길이 및 하중

### 2-4-3 저 판

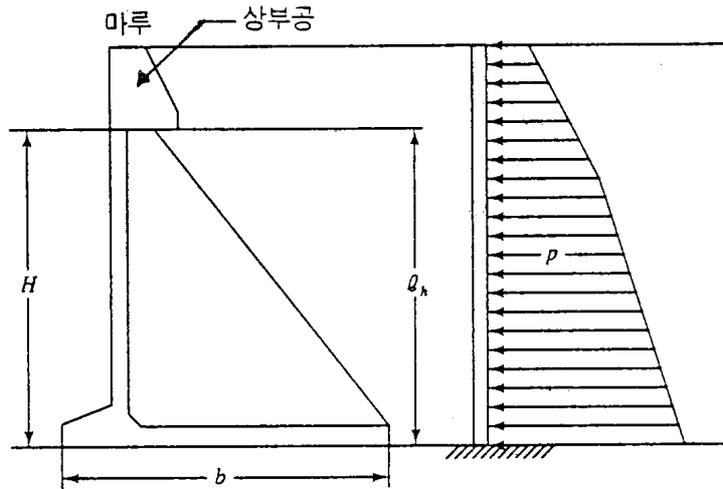
#### [참 고]

- (1) 저판은 원칙적으로 부벽부에 의하여 지지된 판으로 설계한다. 부벽이 한 개인 경우는 부벽부에 지지된 캔틸레버판, 2개 이상의 경우는 연속판으로 설계하는 것을 표준으로 한다.
- (2) 저판의 부재장은 부벽 중심으로부터의 거리로 한다.
- (3) 저판 상면으로부터의 하중은 원칙적으로 부재 전길이에 작용한다고 본다.
- (4) 저판의 주철근의 덮개는 원칙적으로 다음 값 이상으로 부벽에 의하여 지지되는 외에 전면벽부에 의하여도 지지되어 있는 구조로 생각할 수가 있다. 이 때문에 저판은 2변 또는 3변 지지판으로 설계할 수 있으나 본편 2-4-1 일반 [참고] (6)에 기술한 이유와 같이 원칙적으로 캔틸레버판 또는 연속판으로 설계한다. 따라서 2변 또는 3변 지지판으로 생각하는 편이 설계상 유리한 경우에는 (1)에 따르지 않아도 된다.
- (6) 저판에 작용하는 하중 중에 저면반력은 전 부재 길이에 대하여 작용하나 뒷채움에 의하여 전달되는 저판 상면으로부터의 하중은 저판의 순경간(Net Span)에 대하여 작용한다. 그러나 이렇게 계산하는 것은 번잡하고 또 부재설계상 큰 영향이 없으므로 원칙적으로 이것도 전 부재 길이에 대하여 작용시킨다.

### 2-4-4 부 벽

#### [참 고]

- (1) 부벽은 저판 및 전면벽으로부터의 반력에 대하여 설계한다.
- (2) 부벽은 전면벽과 일체가 된 T형 보로 설계한다.
- (3) 부벽은 전면벽으로부터의 반력에 대하여 저판부에서 지지된 캔틸레버 보로 설계한다.
- (4) 부벽의 설계는 저판에 평행인 단면에 대하여 한다.
- (5) 부벽, 전면벽 및 저판은 튼튼히 연결하는 것으로 하고 이를 위하여 철근은 전단력에 대하여 Stirrup과는 별도로 소요량을 계산한다.
- (6) 부벽의 주철근의 덮개는 5cm이상으로 한다.
- (7) 전면벽과 저판의 설계를 본장에 따라서 하는 경우에는 부벽 배후로부터의 하중은 고려할 필요가 없다.
- (8) 부벽의 부재장은 도참(2-7)에 나타난 바와 같이 저판을 포함하는 전체높이를 취한다. 단, 작용하는 하중은 상부구조를 포함한 것까지 고려한다.
- (9) 부벽을 T-보로 보고 단면을 산정함에 있어서는 중립축의 위치가 전면벽과 부벽 중 어느 쪽에 있는지 주의하여 시행하여야 한다.



여기서,

$p$  : 토압강도와 잔류수압의 합

$Q_h$  : 부벽의 부재장

$b$  : 블록 폭

$H$  : 블록 높이

도참(2-7) 부벽의 부재 길이 및 하중

## 2-5 리프팅(Lifting)부의 설계

Lifting부의 설계는 본편 1-6 Crane을 사용하여 진수하는 경우의 Lifting부의 설계에 준한다.

### [참 고]

- (1) 불균등계수는 1.2를 표준으로 하되 최대 1.5로 한다.
- (2) 본편 1-6 Crane을 사용하여 진수하는 경우의 Lifting부의 설계에 나타난 불균등계수 1.8은 다점 Lifting의 경우이다.  
Lifting Point가 적은 경우에는 이보다 적은 값을 취할 수가 있다. Lifting Point가 적은 경우의 실측치는 없으나 5점 Lifting이상에서는 1.8, 4점 Lifting이상에서는 1.33, 3점 Lifting과 2점 Lifting에서는 1.2정도 보면 된다. 전항(1)은 L형 블록의 경우 3점 Lifting이 많으므로 1.2를 표준으로 하고 3본중 1본에 전혀 힘이 걸리지 않는 경우의 1.5를 상한으로 생각한 것이다.
- (3) Lifting부에 작용하는 荷重은 블록중량, 저면부착력, 선체동요 등으로 인한 충격력을 고려하면 된다.  
이들 중 저면부착력과 충격력은 동시에 작용하지 않는다고 봐도 된다. 대형 케이슨과 같은 경우에는 기중기선도 대형이고 정온한 때에 Lifting 하는 일이 많으므로 충격력을 고려하지 않지만 다소 파가 있을 때 Lifting하는 경우나 소형 L형 블록이나 기타 소형 블록등을 소형 기중기선으로 Lifting하는 경우에는 선체동요도 크므로 충격력을 고려할 필요가 있다. 기중기선에 의한 경우의 충격력은 블록 중량의 20%정도를 보면 된다.

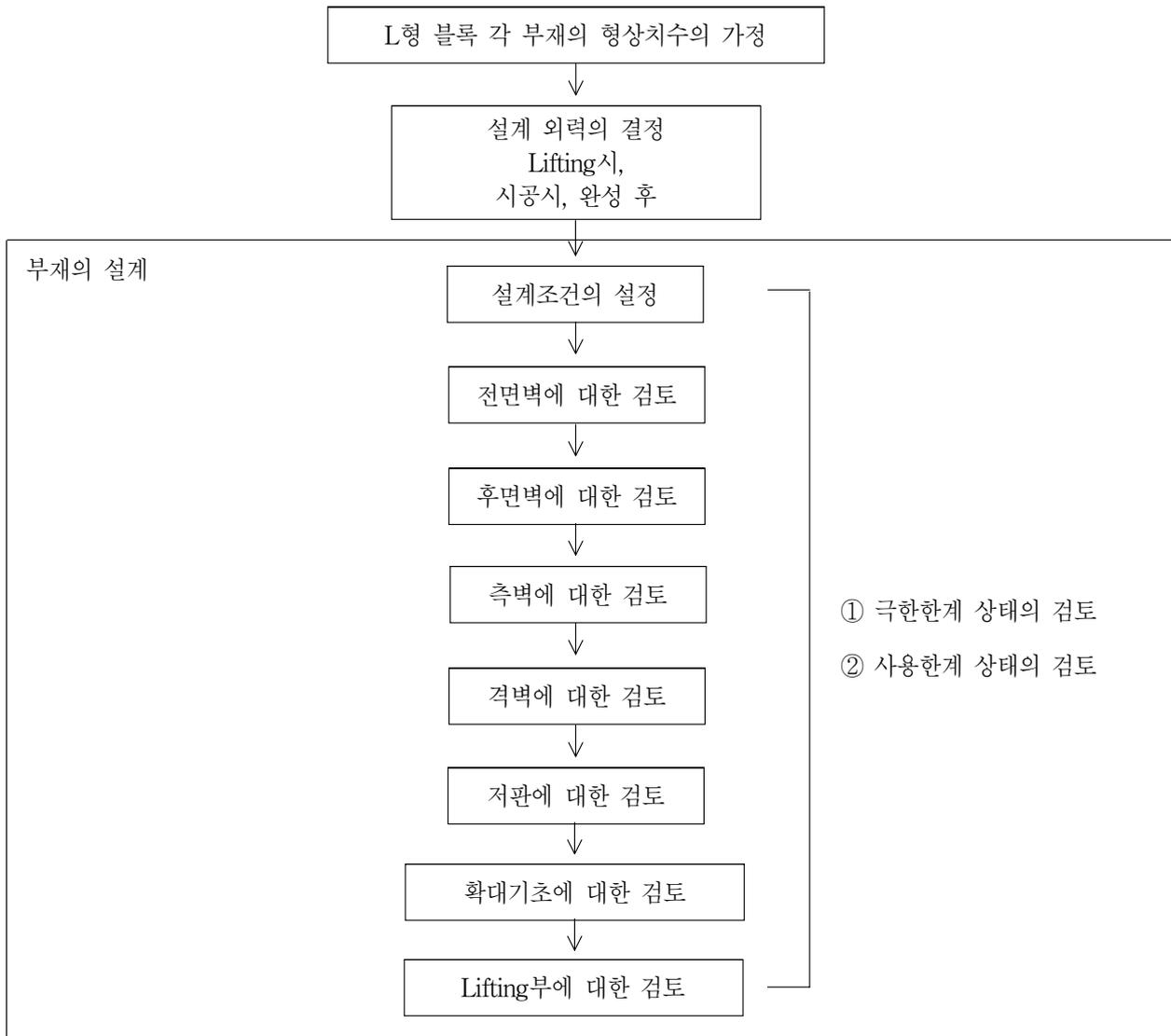
## 제 3 장 셀블록(Cellular Block)

### 3-1 일 반

- (1) 본장의 규정은 통상의 셀 블록의 설계에 적용한다.  
 (2) 설계는 한계상태 설계법에 의하는 것을 표준으로 한다.

[참 고]

- (1) 한계상태 설계법에 의한 셀 블록의 표준적 설계수순은 일반적으로 다음의 순서로 하는 것이 좋다.  
 (2) 셀 블록에는 여러 가지 형태가 있으므로 개개의 부재설계에 있어서는 형태에 따라서 본편 제1장 케이스, 제2장 L형 블록을 참조하여 결정한다.  
 또한, 셀 블록을 방파제, 방파호안 등 파력이 작용하는 부재로서 사용하는 경우에는 별도로 피로 한계상태에 대하여 검토한다.



도참(3-1) 셀 블록의 설계순서

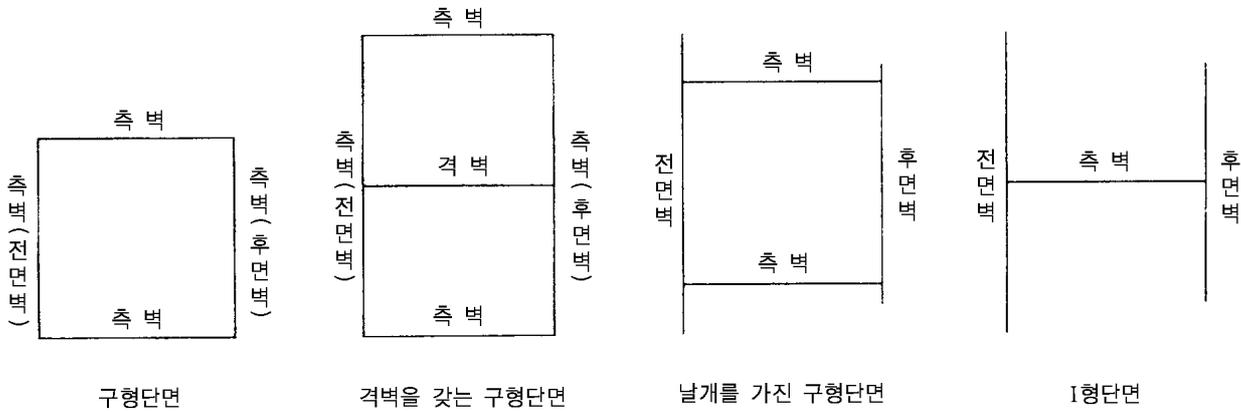
### 3-2 제원의 결정

#### 3-2-1 셀블록(Celluar Block)의 단면형상

셀 블록의 형상은 일반적으로 측벽 등으로 구성된 저판이 없는 블록을 말하며 단체 또는 복수의 블록을 쌓아 올려서 벽체를 이루는 기능을 가진다. 또한, 특수한 형태로서 저판이 있는 것도 있다. 실제 설계에 있어서는 블록의 형상의 특징을 충분히 파악하여 적절한 설계법을 채용할 필요가 있다.

[참 고]

Cellular 블록의 단면형상은 여러 가지가 있으나 비교적 사용예가 많은 블록의 단면형상은 도참(3-2)와 같다.



도참(3-2) 셀 블록의 단면형상예(모식도)

#### 3-2-2 제원의 결정

셀 블록의 각 부재의 형상치수는 다음사항을 고려하여 설계한다.

- (1) 셀 블록을 제작하는 시설의 능력
- (2) 기중기의 Lifting Capacity
- (3) 벽체의 전면수심
- (4) 조위차
- (5) 상부공 시공높이
- (6) 다단 쌓기의 경우 블록 상호의 일체화

3-3 부재에 작용하는 하중

3-3-1 일 반

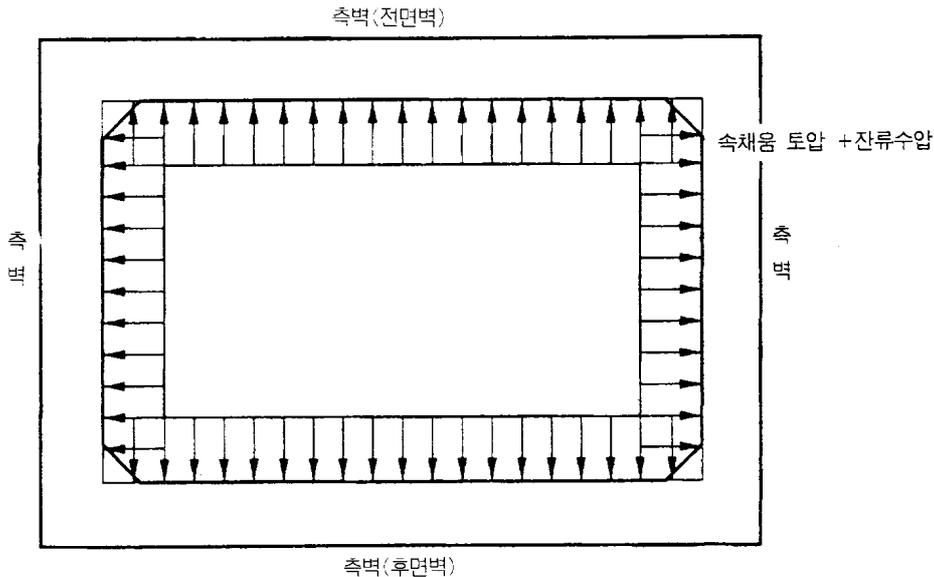
셀 블록에 작용하는 하중은 다음 것을 고려한다.

- (1) 속채움 토압
- (2) 잔류수압
- (3) 블록자중
- (4) 상부구조의 중량
- (5) 재하하중
- (6) 저면반력
- (7) 시공시하중
- (8) 파력

단, 속채움토압, 시공시 하중에 대하여는 상시 및 시공시에 대한 안전성을 확인하는 것을 표준으로 한다.

[참 고]

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



도참(3-3) 셀 블록에 작용하는 하중

- (3) 파력은 일반적으로 고려하지 않지만 특히 강한 충격과압이 작용하는 경우에는 이를 고려한다.
- (4) 시공시의 하중에 대하여는 L형 블록과 공통되는 부분이 많으므로 본편 제2장 L형 블록을 참조할 것.
- (5) 설계에서 고려하는 일반적인 하중의 조합 및 각 하중의 특성치에 곱할 하중계수는 본편 1-4-1 하중의 조합 및 하중계수에 준한다.

### 3-3-2 속채움 토압과 잔류수압

#### (1) 전면벽, 후면벽 및 측벽

전면벽, 후면벽 및 측벽에 작용하는 외력은 속채움 토압과 잔류수압을 고려한다.

단, Cellular 블록 내부에 대하여 재하영향을 주지 않을 정도의 현장타설 콘크리트가 셀 블록상에 있는 경우에는 현장타설 콘크리트위에 있는 하중은 재하하중으로 보지 않는다.

#### (2) 격벽

격벽은 속채움 토압 및 잔류수압에 의하여 측벽이 안전하도록 검토한다.

### [참 고]

#### (1) 전면벽, 후면벽 및 측벽

##### ① 속채움 토압

- 가. 토압계수는 0.6으로 한다. 단, 속채움이 블록 또는 콘크리트인 경우에는 속채움 토압을 고려하지 않는다.
- 나. 토압은 벽의 마루로부터 벽의 안쪽  $b_1$ 의 높이만큼은 증가하나 그 이하에서는 증가하지 않는다고 본다.
- 다. 다단쌓기 셀 블록의 토압은 도참(3-4)에 나타낸 바와 같다. 단, 상단 블록보다 하단 블록의 벽내폭이 작은 경우(격벽으로 나누어진 경우)에는 상단 블록에서 구한 토압을 증가시키지 않고 연장하면 된다. 또한 도참(3-4)에서의 기호는 다음과 같다.

$q$  : 재하하중( $\text{kN/m}^2$ )

$\gamma_1$  : 속채움의 잔류수위상의 단위체적중량( $\text{kN/m}^3$ )

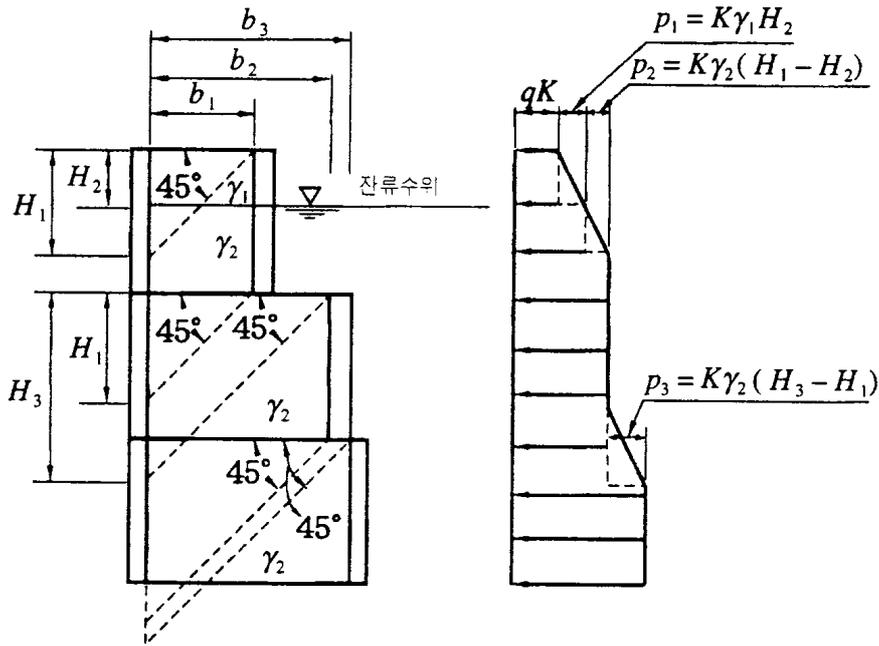
$\gamma_2$  : 속채움의 잔류수위하의 단위체적중량( $\text{kN/m}^3$ )

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

$K$  : 속채움 토압계수,  $K=0.6$

$b_1$  : 벽의 안쪽(m),  $b_1=H_1$

- ② 셀 블록의 속채움 토압은 틀 안에 구속되어 케이슨의 속채움과 비슷한 메카니즘이라고 생각되므로 케이슨의 경우에 준한다.



도참(3-4) 속채움 토압을 구하는 방법

③ 잔류수압

가. 안벽의 경우

잔류수압은 잔류수위와 L.W.L시의 수위의 수두차로 한다.

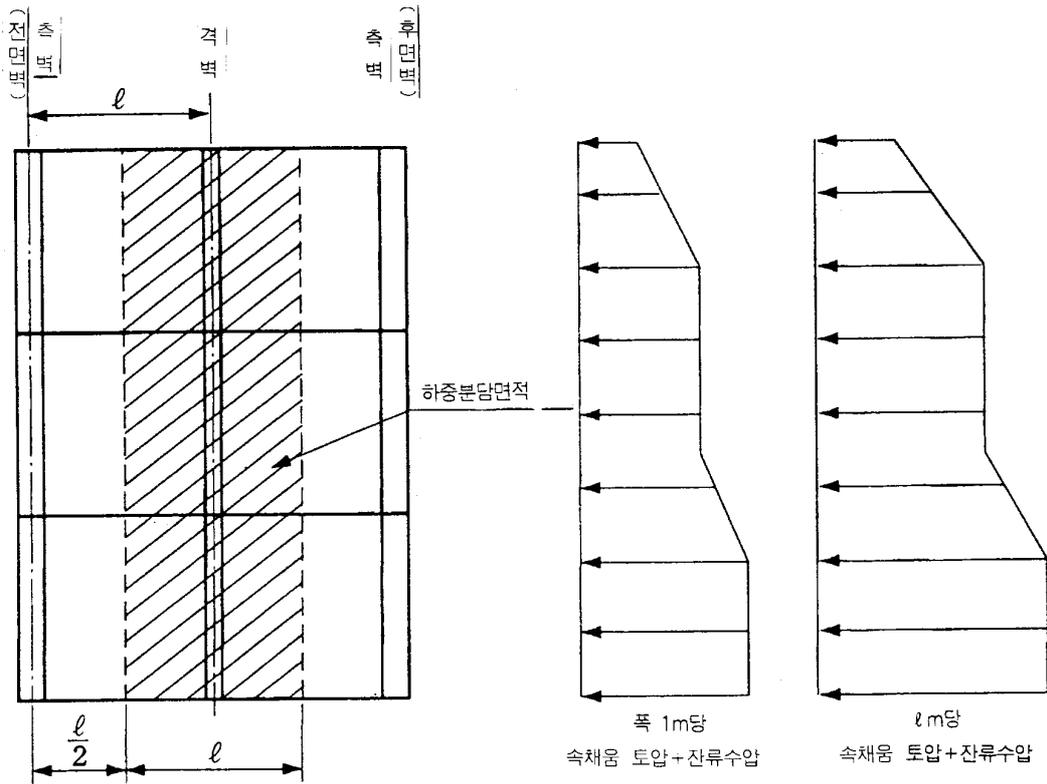
나. 방파제의 경우

잔류수압(Cellular 블록 내부의 수압)은 블록내 수위와 L.W.L과의 수두차를 취한다. 단, 방파제전면에 파곡이 있을 때 내부수압이 커지므로 상황에 따라 그것을 고려한다.

④ 방파제, 방파호안 등에 사용한 경우 블록전면에 파곡이 온 경우에는 잔류수위차가 증가하므로 그에 대하여 검토할 필요가 있다. 이 경우의 수압의 계산에 대하여는 제2편 5-2 직립벽에 작용하는 파력을 참조한다.

(2) 격벽

격벽과 측벽의 부재돌출에 대한 하중은 도참(3-5)에 나타난 사선부에 작용하는 토압을 고려한다.



도참(3-5) 격벽과 축벽의 부재돌출에 대한 하중을 구하는 방법

### 3-3-3 하중의 분할방법

셀 블록의 부재에 작용하는 하중의 계산의 편의상 분할하는 경우에는 본편 2-3-3 하중의 분할 방법에 준하여 행한다.

## 3-4 부재의 설계

### 3-4-1 구형 셀블록(Cellular Block)

구형 셀 블록 각 부재는 구조형식을 고려하여 적절히 설계한다.

#### [참고]

##### (1) 축 벽

- ① 주철근의 덮개는 원칙적으로 다음 값 이상으로 한다.
  - 외 축 7cm
  - 내 축 5cm

- ② 구형 셀 블록의 계산은 하중을 단계별로 나누어 벽면의 단위폭에 대하여 상자형라멘으로 해석할 수 있다. 상자형라멘의 해법에는 처짐각법, 모멘트 분배법 등이 있다.
- ③ 계산에 사용하는 지간은 중심 간격으로 한다.
- ④ 도참(3-6)과 같은 상자형 라멘의 경우 축선위치에서의 모멘트 특성치는 식(참3-1)에 의하여 구할 수가 있다.

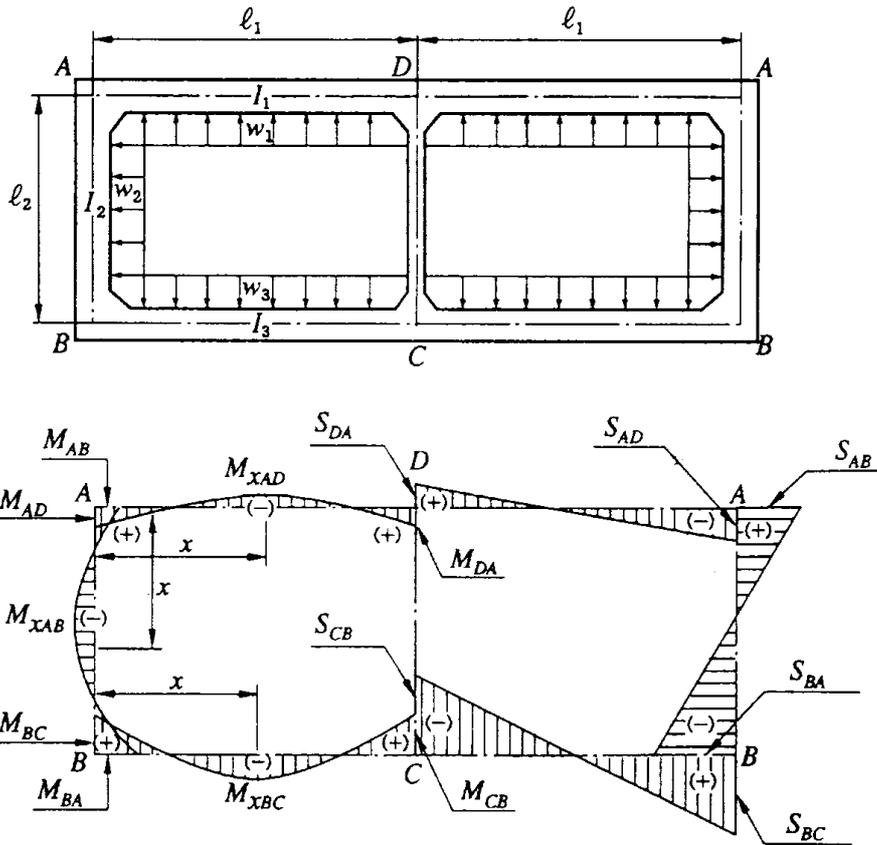
$$\left. \begin{aligned}
 M_{CB} &= 2E K_3 (\theta_B) + \frac{w_3 \ell_1^2}{12} \\
 M_{BC} &= 2E K_3 (2\theta_B) - \frac{w_3 \ell_1^2}{12} \\
 M_{BA} &= 2E K_2 (2\theta_B + \theta_A) + \frac{w_2 \ell_2^2}{12} \\
 M_{AB} &= 2E K_2 (\theta_B + 2\theta_A) - \frac{w_2 \ell_2^2}{12} \\
 M_{AD} &= 2E K_1 (2\theta_A) + \frac{w_1 \ell_1^2}{12} \\
 M_{DA} &= 2E K_1 (\theta_A) - \frac{w_1 \ell_1^2}{12} \\
 K_1 &= \frac{I_1}{\ell_1} \\
 K_2 &= \frac{I_2}{\ell_2} \\
 K_3 &= \frac{I_3}{\ell_1}
 \end{aligned} \right\} \text{(참3-1)}$$

단,  $\theta_A, \theta_B$  는 식(참3-2)에 의하여 구한다.

$$\left. \begin{aligned}
 M_{BC} + M_{BA} &= 0 \\
 M_{AB} + M_{AD} &= 0
 \end{aligned} \right\} \text{(참3-2)}$$

부재단부의 전단력은 식(참3-3)에 의하여 구한다.

$$\left. \begin{aligned}
 S_{AD} &= -\frac{w_1 \ell_1}{2} - \frac{M_{AD} + M_{DA}}{\ell_1} \\
 S_{AB} &= \frac{w_2 \ell_2}{2} - \frac{M_{AB} + M_{BA}}{\ell_2} \\
 S_{BA} &= -\frac{w_2 \ell_2}{2} - \frac{M_{BA} + M_{AB}}{\ell_2} \\
 S_{BC} &= \frac{w_3 \ell_1}{2} - \frac{M_{BC} + M_{CB}}{\ell_1} \\
 S_{CB} &= -\frac{w_3 \ell_1}{2} - \frac{M_{CB} + M_{BC}}{\ell_1} \\
 S_{DA} &= \frac{w_1 \ell_1}{2} - \frac{M_{DA} + M_{AD}}{\ell_1}
 \end{aligned} \right\} \text{(참3-3)}$$



도참(3-6) Box Rahmen의 하중 적용방법 및 응력도

각 부재의 임의점에서의 휨 모멘트는 식(참3-4)에 의하여 구한다.

BC部材의 휨 모멘트 (B점으로부터  $x$ 의 거리의 점의 휨모멘트  $M_{xBC}$ )

$$M_{xBC} = M_{BC} + S_{BC}x + \frac{w_3}{2}x^2$$

AB部材의 휨 모멘트 (A점으로부터  $x$ 의 거리의 점의 휨 모멘트  $M_{xAB}$ )

$$M_{xAB} = M_{AB} + S_{AB}x + \frac{w_2}{2}x^2$$

AD部材의 휨 모멘트 (A점으로부터  $x$ 의 거리의 점의 휨 모멘트  $M_{xAD}$ )

$$M_{xAD} = M_{AD} + S_{AD}x + \frac{w_1}{2}x^2$$

(참3-4)

또한, 도참(3-6) 및 식(참3-1)~식(참3-4)에서 기호는 다음과 같다.

$M_i$  : 부재단부 모멘트(kN·m)

$S_i$  : 부재단부 전단력(kN)

$M_{xi}$  : 지점간의  $x$ 점에서의 휨 모멘트(kN·m)

$E$  : 탄성계수(kN·m<sup>2</sup>)

- $K_i$  : 강비( $m^3$ )
- $I_i$  : 단면 2차 모멘트( $m^4$ )
- $l_i$  : 지점간거리(m)
- $w_i$  : 하중강도(kN/m)
- $\theta_i$  : 부재단부의 Deflection Angle(Rad)

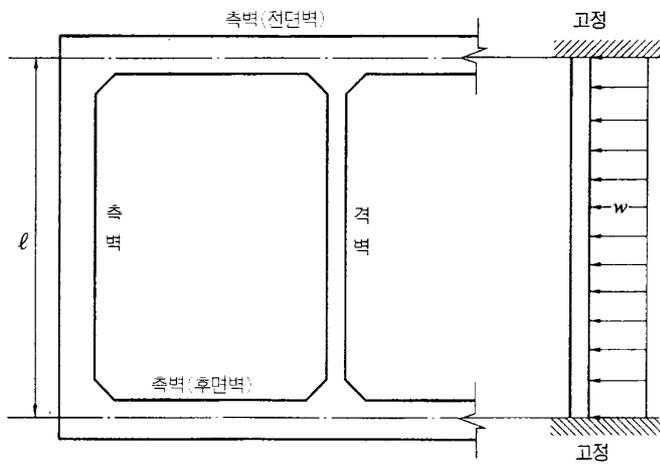
(2) 격 벽

- ① 격벽에 작용하는 부재력은 측벽에 준하면 된다.
- ② 시공도중의 속채움 높이차에 의하여 토압이 생기는 경우에는 그것에 대하여 격벽의 강도를 검토한다. 이 때 부재장 및 하중 적용방법은 도참(3-7)와 같다. 휨 모멘트는 양단고정 보로 보고 해석할 수 있다. (식(참3-5) 참조)

$$\left. \begin{aligned} M_C &= -\frac{w l^2}{12} \\ M_B &= \frac{w l^2}{24} \end{aligned} \right\} \quad \text{(참3-5)}$$

여기서,

- $M_C$  : 단부의 모멘트 특성치(kN·m)
- $M_B$  : 중앙의 모멘트 특성치(kN·m)
- $w$  : 하중강도(kN/m)
- $l$  : 지점간 거리(m)



도참(3-7) 격벽의 부재장 및 하중 적용방법

- ③ 계산에 사용하는 지간은 벽체간의 중심 간격으로 한다.
- ④ 주철근의 덮개는 원칙적으로 5cm이상으로 한다.

(3) 확대기초

- ① 확대기초는 측벽에 의하여 지지된 캔틸레버판으로 설계한다.
- ② 확대기초 부재장은 Toe선단으로 부터 측벽전면까지로 한다.
- ③ 확대기초의 주철근의 덮개는 원칙적으로 7cm 이상으로 한다.

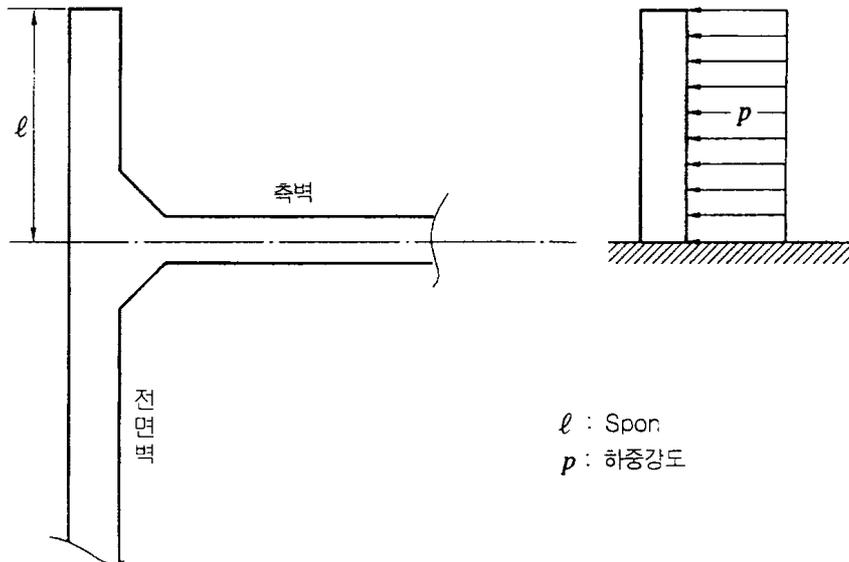
## 3-4-2 기타 셀블록(Cellular 블록)

기타 셀 블록의 각 부재는 구조형식을 고려하여 적절히 설계한다.

## [참 고]

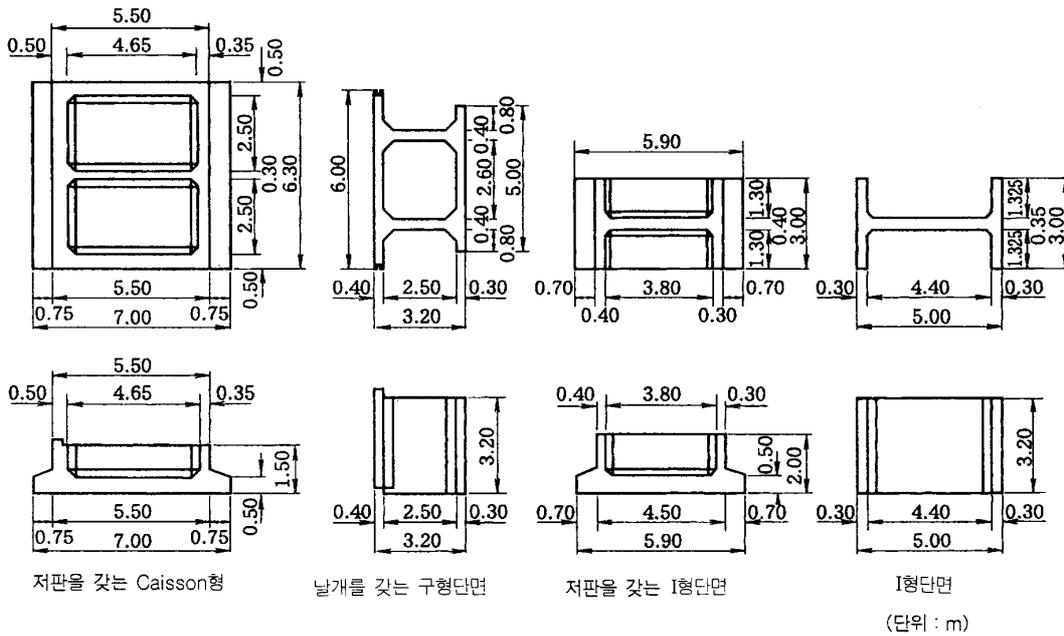
## (1) 전면벽

- ① 전면벽은 원칙적으로 측벽에 의하여 지지된 판으로 설계해도 좋다.  
전면벽이 틀의 좌우로 돌출되어 있는 경우 지점의 불균형 모멘트는 측벽으로 전달된다고 본다.
- ② 전면벽의 부재길이는 측벽의 중심 간격으로 한다.
- ③ 전면벽 배후로부터의 하중의 작용방법은 도참(3-8)과 같이 한다. 하중은 연직방향에도 등분포 하중으로 계산해도 좋다.



도참(3-8) 날개를 갖는 단면에서 전면벽의 부재길이 및 하중 적용방법

- ④ 전면벽의 주철근의 덮개는 원칙적으로 다음 값 이상으로 한다.
  - 해 측 7cm
  - 육 측 5cm
- ⑤ 기타 셀 블록의 실시예로서 도참(3-9)에 나타난 것과 같은 형상이 있다.



도참(3-9) Cellular 블록의 실시예

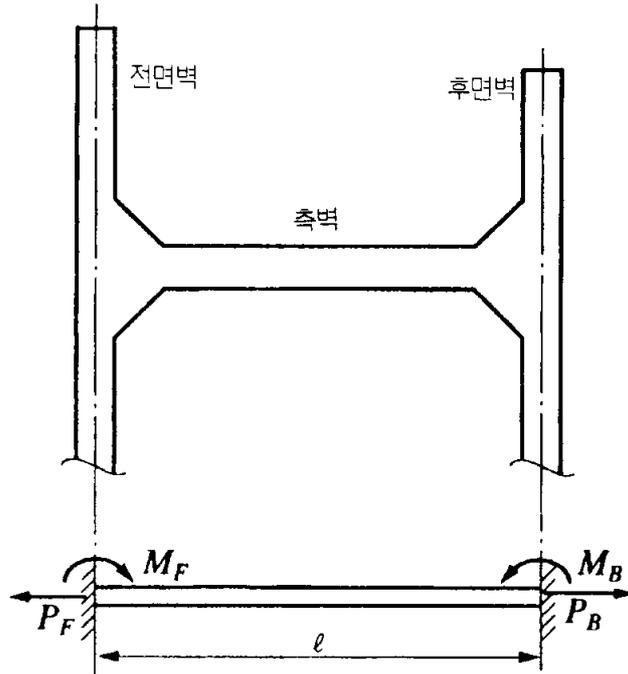
(2) 후면벽

- ① 셀 블록을 안벽이나 호안으로서 사용하는 경우에 후면벽이 전면벽과 다른 점은 전면벽의 전면이 노출상태로 있는데 반하여 후면벽 벽면에 배후토사에 의한 토압이 작용한다는 것이다. 그러나 시공도중에 속채움이 선행하는 경우가 보통이므로 전면벽과 동일한 조건이 되기 때문에 후면벽의 설계는 원칙적으로 전면벽에 준하여도 된다.
- ② 외력은 속채움에 의한 토압으로 하고 배후의 주동토압은 원칙적으로 고려하지 않는다.
- ③ 후면벽의 주철근의 덮개는 원칙적으로 5cm이상으로 한다. 또한, 셀 블록을 방파제로 사용하는 경우에는 부재가 해수에 직접 접하기 때문에 외측의 주철근의 덮개는 7cm이상으로 하는 것이 바람직하다.

(3) 측벽

- ① 측벽은 원칙적으로 전면벽 및 후면벽의 반력 및 전달 모멘트에 대하여 설계한다. 측벽의 부재길이 및 하중 적용방법은 도참(3-10)와 같다.  
도참(3-10)의 기호는 다음과 같다.

- $P_F$  : 전벽으로부터의 반력 특성치(kN)
- $M_F$  : 전벽에서 전달되는 모멘트 특성치(kN·m)
- $P_B$  : 후벽으로부터의 반력 특성치(kN)
- $M_B$  : 후벽에서 전달되는 모멘트 특성치(kN·m)
- $l$  : 지점간 거리(m)



도참(3-10) 날개를 가진 단면에서 측벽부재의 길이 및 하중 적용방법

- ② 측벽의 부재길이는 전면벽과 후면벽의 중심간거리로 한다.
- ③ 측벽의 주철근의 덮개는 원칙적으로 5cm이상으로 한다.
- ④ 시공도중의 속채움 높이의 차에 의하여 토압이 발생하는 경우에는 그에 대하여 측벽의 강도를 검토한다.

(4) 저 판

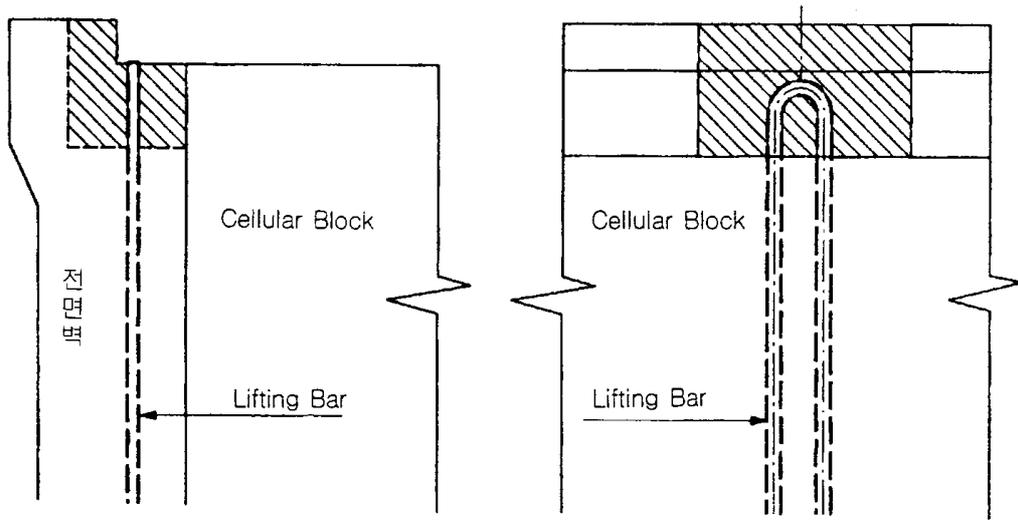
셀 블록의 최하면에 저판이 있는 경우에는 저판 상면에 상재하는 하중, 저판의 자중 및 하면에 작용하는 저면반력에 대하여 설계하면 된다.

3-5 리프팅(Lifting)부의 설계

Lifting부의 설계는 본편 1-6 Crane을 사용하여 진수시키는 경우의 Lifting부의 설계에 준한다.

[참 고]

- (1) Lifting부는 케이슨과 공통되므로 그것을 준용하나 경우에 따라서는 L형 블록(본편 2-5 Lifting부의 설계)를 준용한다. Cellular 블록의 경우에는 특별히 Lifting부의 배치에 주의하여 부재의 중앙부분을 가급적 피하도록 해야 한다.
- (2) 다단계로 Cellular 블록을 쌓아올리는 경우 Lifting Bar가 쌓는데 장애가 되지 않도록 미리 Lifting Bar의 매설면을 낮춰 놓은 등의 처치를 하는 것이 바람직하다. 도참(3-11)에 그 예를 보여준다.



도참(3-11) 매설면을 낮춘 Lifting Bar의 예

## 제 4 장 직립소파 케이슨(Caisson)

### 4-1 일 반

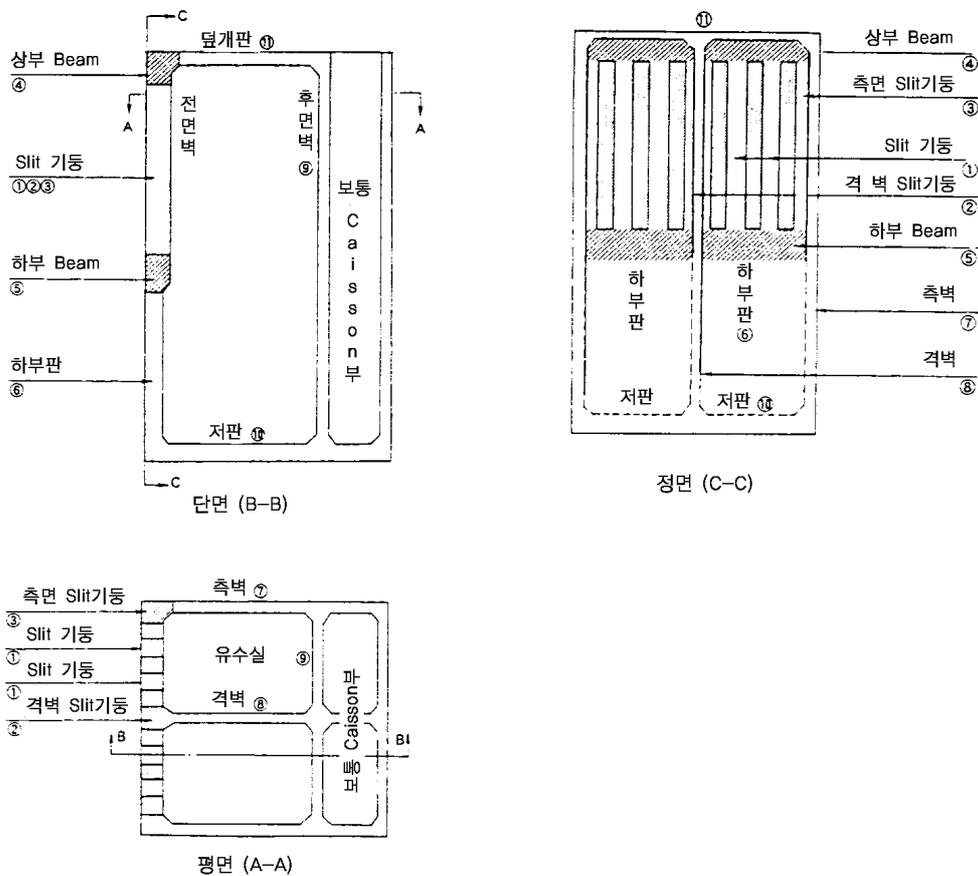
본 장의 규정은 안벽, 방파제 및 호안 등에 사용되는 직립소파 케이슨의 설계에 적용한다. 설계는 한계상태 설계법에 의한 것을 표준으로 한다.

#### [해설]

전면이 Slit상 벽이고 내부에 유수실을 갖고 있어 이에 의하여 소파기능을 갖는 직립소파 케이슨이 안벽 및 방파제에 사용되고 있다. 직립소파 케이슨의 형상은 현재 여러 가지 구조가 고안되고 있으나 불투과형, 투과형으로 대별되며 Slit의 형상으로는 중 Slit형이 가장 많이 사용되고 있다. 이 이외에도 횡 Slit형, 다공벽형 등의 실시예가 있다. 부재의 설계시에는 각종 구조물의 특성을 충분히 조사하여 조건에 부합되는 수리모형실험 등을 한 뒤에 적절한 설계를 하는 것이 바람직하다.

#### [참고]

- (1) 직립소파 케이슨의 설계수순은 본편 1-1 일반참고 (1)에 준한다.
- (2) 비교적 실시예가 많은 중 Slit 케이슨의 부재 명칭을 도참(4-1)에 보여준다.



도참(4-1) 중 Slit 케이슨 각부의 명칭

- (3) 종 Slit폭(개구부)는 40~50cm정도가 많다. Slit폭은 반사율을 극소화하는 개구율을 획득하도록 정하나 조개, 조류등이 부착하여 개구율이 감소하는 일이 있으므로 부근의 기설구조물 등을 사전에 충분히 조사하여 이들 부착물의 두께를 감안하여 적절한 Slit폭을 결정하는 것이 바람직하다.
- (4) 일반적으로 Slit 케이슨의 단면은 비대칭이 되고 중심이 편심되는 것이 많기 때문에 Crane에 의한 Lifting시 및 부유시에 미리 Ballast를 넣어서 평형을 유지하도록 검토해 두는 것이 바람직하다. 또 자력으로 케이슨을 부유시키기 위하여 Slit부에 지수판을 설치하는 경우에는 지수효과가 충분히 얻어지도록 적절한 지수공의 검토를 해둘 필요가 있다.

#### 4-2 부재에 작용하는 외력

부재에 작용하는 외력은 상시, 이상시에 대하여 필요에 따라 다음 것을 고려한다.

- (1) 토 압
- (2) 속채움토압
- (3) 잔류수압
- (4) 파 력
- (5) 양압력
- (6) 표류물(漂流物)의 충돌력
- (7) 케이슨 및 속채움의 중량
- (8) 상부구조의 중량
- (9) 재하하중
- (10) 방충공반력
- (11) 저면반력
- (12) 시공시의 하중

이중 속채움 토압, 파력, 양압력, 방충공반력 및 시공시의 외력에 대하여는 지진의 영향은 고려하지 않아도 된다.

#### [해설]

직립소파 케이슨 부재에 작용하는 파력은 유수실 덮개판의 유무, 구조에 따라 현저하게 달라진다. 따라서 설계의 설계에 있어서는 과거의 실시 예를 참고하여 검토하는 외에 필요에 따라서 각각의 조건에 대응하는 적절한 모형실험을 행하여 검토하는 것이 바람직하다.

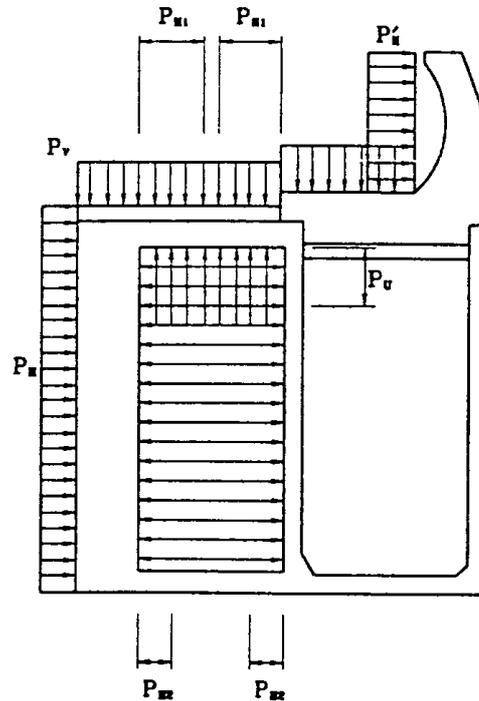
#### [참고]

- (1) 하중의 조합과 하중계수는 본편 1-4-1 하중의 조합 및 하중계수에 준한다.
- (2) 부재에 작용하는 외력은 제2편 5-2-8 직립소파 케이슨에 작용하는 파력을 참조한다.
- (3) 직립소파 케이슨 부재에 작용하는 파력을 모형실험에 의하여 구한 예를 도참(4-2)에 보여준다.

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

(참4-1)

- $P_H$  : 전면벽에 작용하는 파압강도(kN/m<sup>2</sup>)
- $P'_H$  : 상부 Parapet에 작용하는 파압강도(kN/m<sup>2</sup>)
- $P_V$  : 덮개판의 하향으로 작용하는 파압강도(kN/m<sup>2</sup>)
- $P_U$  : 덮개판의 상향으로 작용하는 파압강도(kN/m<sup>2</sup>)
- $P_{H1}$  : 유수실 상부에 작용하는 파압강도(kN/m<sup>2</sup>)
- $P_{H2}$  : 유수실 하부에 작용하는 파압강도(kN/m<sup>2</sup>)
- $H_{max}$  : 최대파고(m)
- $w_0$  : 해수의 단위체적중량(kN/m<sup>3</sup>)

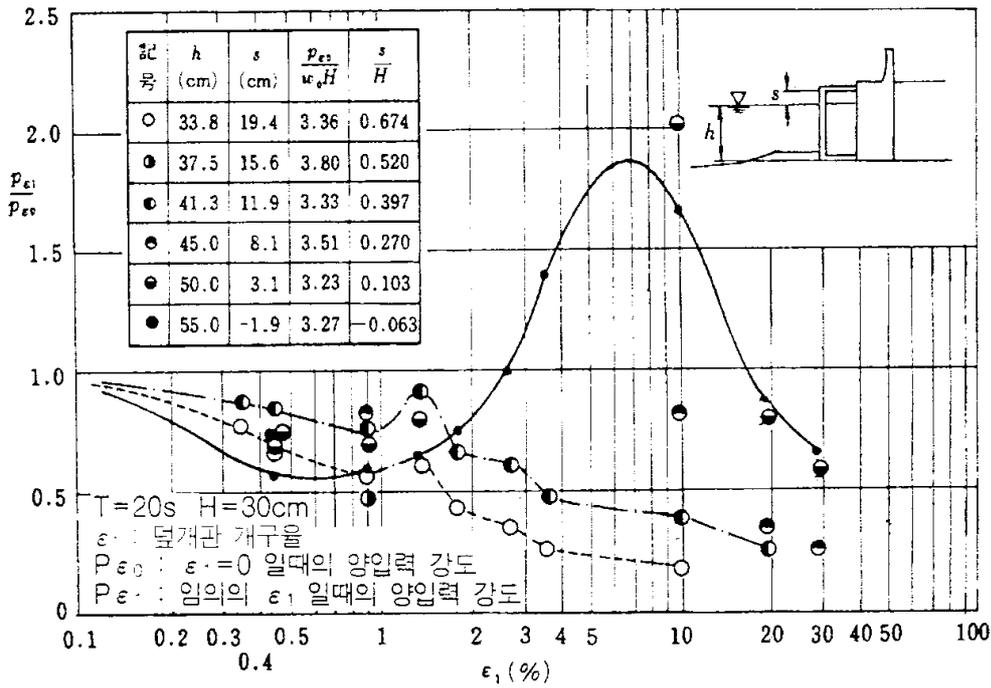


도참(4-2) 부재설계파력 분포의 예

(4) 유수실 정부가 상상판에 의하여 완전히 폐합된 경우에는 파에 의하여 상부에 공기층이 압축되는 경우가 많고 그 순간에 충격압이 작용한다.

한편, 공기압축에 의한 충격압은 덮개판에 적절한 개구율의 공기구멍을 설치함으로써 저감시킬 수가 있다. 그러나 이 개구율의 크기에 따라서는 상상판에 파면이 직접 충돌하게 되어 무공상상판의 경우보다 큰 충격 양압력이 작용하는 일도 있으므로 주의를 요한다. 또한, 이에 대한 상세한 내용은 참고문헌 2), 3)을 참조한다.

- (5) 도참(4-3)는 모형실험에서 덮개판의 개구율  $\epsilon_1$ 을 변화시켰을 때의 양압력 강도의 실험치  $P_{\epsilon_1}$ 의 변화의 예를 나타낸 것이다. 일반적으로 0.5~1.0% 정도의 공기구멍을 설치하면 덮개판에 작용하는 공기압은 무공상상판의 경우의 공기압의 50%~70%로 저감된다.



도참(4-3) 덮개판 개구율에 의한 압력강도의 변화 실험예

- (6) 전벽 Slit기둥은 70×70cm 정도의 세장한 기둥이고 Slit기둥의 중앙부에 漂流物등이 충돌하여 집중하중이 작용하면 지점부에는 큰 단면력이 발생하므로 주의를 요한다. 표류물의 충돌력은 실시예에서 78.4kN정도를 고려하여 이상시 하중으로 취급한 예가 많다.

또한, 표류물의 충격하중 78.4kN은 Slit기둥을 탄성지지판으로 보아 다음과 같이 가정하여 해석하였다.

- ① 표류물의 형상 : 길이 10m, 직경 0.5m, 비중 0.75
  - ② 충돌시 속도 : 0.5m/s(약 1kt)
  - ③ Slit 기둥의 형상 : 길이 4m, 단면형 0.5×0.7m
- (7) 직립소파 케이슨 안벽의 경우에는 고무 Fender등의 방충공을 케이슨 중앙부의 격벽 Slit기둥의 전면에 설치하는 일이 많고 이 경우에는 선박접안력을 격벽 부재에 작용시켜서 격벽의 부재응력을 검토해 두는 것이 바람직하다.
- (8) 직립소파 케이슨의 유수실 각 부재의 설계에 고려할 외력을 표참(4-1)에 보여준다. 이들 외력은 다음에 기술하는 방법으로 각 부재에 작용시킨다.

표참(4-1) 직립소파 케이스 유수실 부재에 고려할 외력

부 재		부재번호	계 산 하 중	비 고
전 면 벽	Slit 기둥	①	유수시 수압 파압(법선직각방향, 평행방향) 표류물에 의한 충격력 전면벽 상부로부터 전달하는 축력	
	격 벽 Slit 기둥	②	파압(격벽으로부터 전달되는 파력포함)	
	측 벽 Slit 기둥	③	유수시수압(측벽으로부터 전달되는 파력 포함) 파압(상동)	
	상부 보	④	상측 및 하측으로부터의 연직하중 부유시수압(Slit 기둥으로부터 전달되는 반력) 파압(보 자체에 작용하는 파력, Slit 기둥반 력)	측벽 Slit기둥의 파압시 반력이 작용한 경우의 인발을 검토한 다.
	하부 보	⑤	부유시수압(Slit기둥 및 하부판의 반력, 보 자체에 작용하는 하중) 파 압(상동)	상동
	하 부 판	⑥	부유시수압 파 압	
측 벽	⑦	부유시수압 파 압		
격 벽	⑧	설계파압의 법선방향으로 각각 작용 방현재 반력	내부파압이 Slit 기둥에 작용하는 경우의 인발을 검토한다.	
후 면 벽	⑨	파압 토압, 잔류수압	상동	
저 판	⑩	각하중 case의 저면반력과 저판자중, 수압 차, 부유시수압		
덮 개 판	⑪	파 압(상방향, 하방향) 상재하중 자 중		

주) 부재번호는 도-참 4.1.10에 따른다.

#### ① Slit 기둥

가. Slit 기둥의 단면력을 검토하는 하중은 (i) 부유시수압, (ii) 파압, (iii) 표류물등에 의한 충격력을 고려한다. 부재에 작용하는 설계하중은 도참(4-4)(a)~(c)에 나타낸 하중분포를 참고한다.

㉠ 부유시 수압(도참(4-4)(a) 및 식(참4-2) 참조)

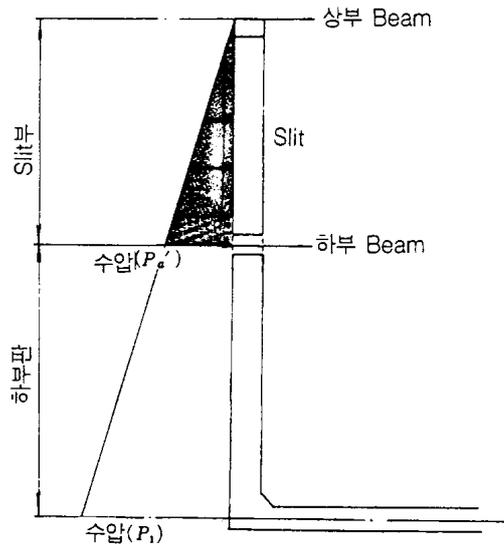
$$P_a = P_a' \ell \quad (\text{참4-2})$$

여기서,

$P_a$  : Slit기둥 1분당 작용하는 하중(kN/m)

$P_a'$  : 부유시에 작용하는 수압(kN/m<sup>2</sup>)

$\ell$  : Slit기둥의 중심선 간격(m)



도참(4-4)(a) Slit 기둥에 작용하는 부유시 수압하중

㉞ 과압(도참(4-4)(b), 식(참4-3) 및 식(참4-4) 참조)

㉞ 법선직각방향으로 과압이 작용하는 경우

$$P_{H1} = P_{H1}' B_1 \quad (\text{참4-3})$$

여기서,

$P_{H1}$  : Slit기둥(법선직각방향) 1분당에 작용하는 하중(kN/m)

$P_{H1}'$  : 법선직각방향에 작용하는 과압강도(kN/m<sup>2</sup>)

$B_1$  : 법선평행방향의 Slit기둥폭(m)

㉞ 법선평행방향으로 과압이 작용하는 경우

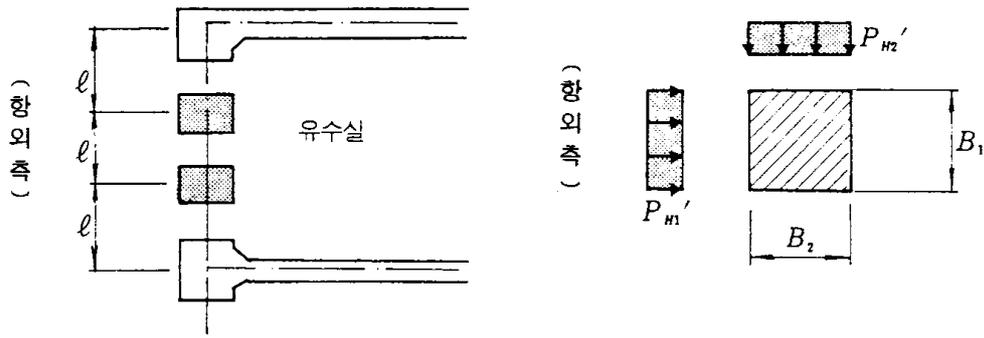
$$P_{H2} = P_{H2}' B_2 \quad (\text{참4-4})$$

여기서,

$P_{H2}$  : Slit기둥 1분당에 작용하는 하중(kN/m)

$P_{H2}'$  : 작용과압(kN/m<sup>2</sup>)

$B_2$  : Slit기둥폭(m)



도참(4-4)(b) Slit 기둥에 작용하는 과압하중

나. 표류물에 의한 충격하중(도참(4-4)(c) 참조)

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

$$P = 78.4(\text{kN/분}) \quad (\text{이상시 하중}) \quad (\text{참4-5})$$

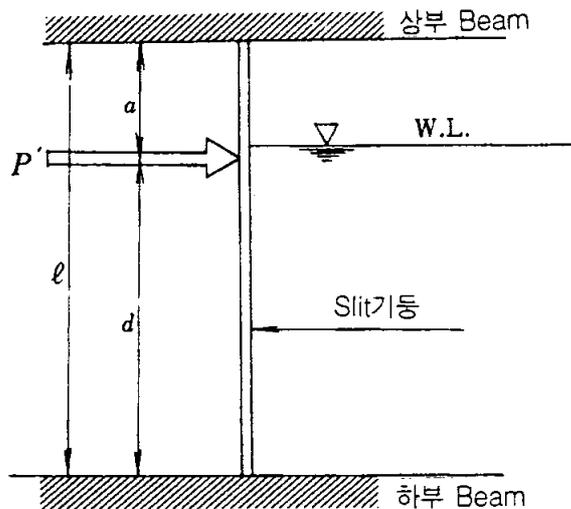
여기서,

$P$ : 표류물이 전면 Slit기둥에 미치는 충격력에 의한 기둥 1분당 작용하는 하중

상시하중으로 환산하면 식(참4-6)과 같이 된다.

$$P' = \frac{P}{F} = \frac{78.4}{1.5} = 52.3(\text{kN/분}) \quad (\text{참4-6})$$

또한, 하중의 작용위치는 L.W.L시 및 H.W.L시 두 경우에 대하여 검토하는 것이 바람직하다.



도참(4-4)(c) 표류물등에 의한 충격하중

다. Slit기둥의 축방향력은 식(참4-7), 식(참4-8)를 참고하여 구한다.

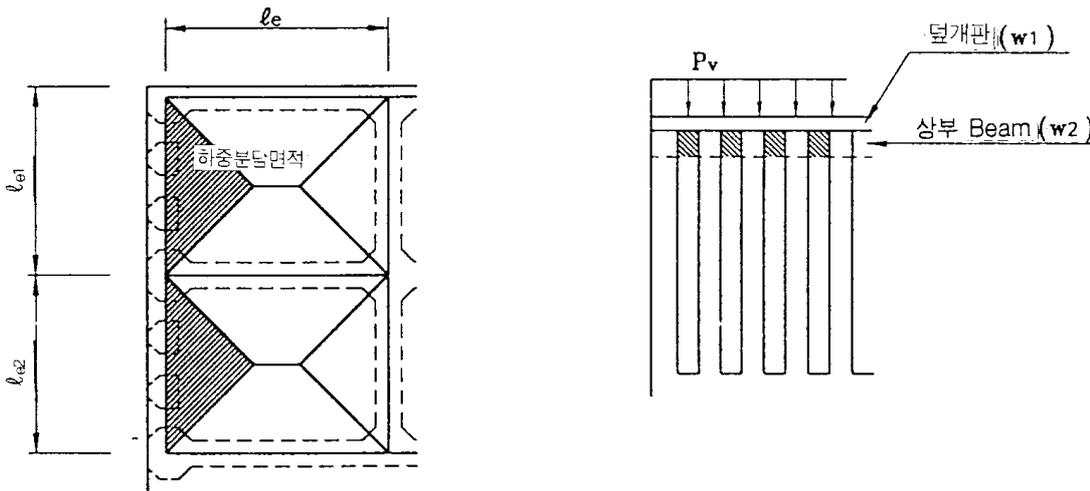
$$P_C = P_V + w_1 + w_2 \quad (\text{참4-7})$$

$$P_t = P_U - w_1 - w_2 \quad (\text{참4-8})$$

여기서,

- $P_C$  : Slit기둥에 작용하는 축방향 압축력(kN)
- $P_t$  : Slit기둥에 작용하는 축방향 인장력(kN)
- $P_V$  : 덮개에 작용하는 하향과력중 상부보가 부담하는 하중(kN)
- $P_U$  : 덮개에 작용하는 양압력중 상부보가 부담하는 하중(kN)
- $w_1$  : 덮개 자중(kN)
- $w_2$  : 상부보 자중(kN)

또, 상부 보에 작용하는 연직하중은 도참(4-5)를 참고할 것.



도참(4-5) Slit기둥에 작용하는 축방향 하중

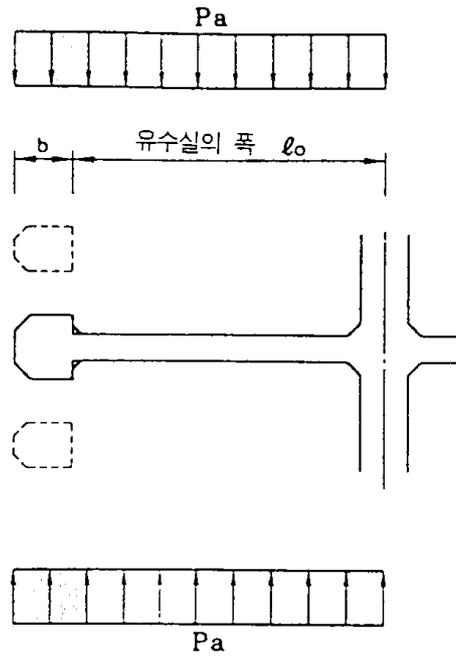
② 격벽 Slit기둥

격벽 Slit기둥의 단면력을 검토하는 하중은 유수실(遊水室)내부에 작용하는 파압을 고려한다. 설계하중에 대하여는 도참(4-6)의 하중분포를 참고하여 식(참4-9)에 의하여 구한다.

$$P_p = P_a ( b + l_0 / 2 ) \quad (\text{참4-9})$$

여기서,

- $P_p$  : 격벽 Slit기둥에 작용하는 하중(kN/m)
- $P_a$  : 파압(kN/m<sup>2</sup>)
- $b$  : Slit 기둥의 폭(m)
- $l_0$  : 유수실의 폭(m)



도참(4-6) 격벽 Slit기둥에 작용하는 하중

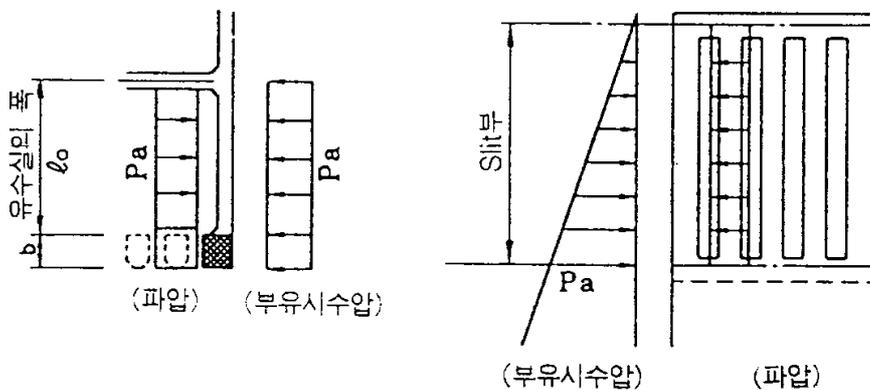
③ 측벽 Slit기둥

측벽 Slit기둥의 단면력을 검토하는 하중은 부유시의 수압 및 유수실내부에 작용하는 파압을 고려한다. 설계하중에 대하여는 도참(4-7)의 하중분포를 참고하여 식(참4-10)에 의하여 구한다.

$$P_s = P_a ( b + l_0/2 ) \quad \text{(참4-10)}$$

여기서,

- $P_s$  : 측벽 Slit기둥에 작용하는 하중(kN/m)
- $P_a$  : 수압 또는 파압(kN/m<sup>2</sup>)
- $b$  : Slit 기둥의 폭(m)
- $l_0$  : 유수실의 폭(m)



도참(4-7) 측벽 Slit기둥에 작용하는 파압

④ 상부 보

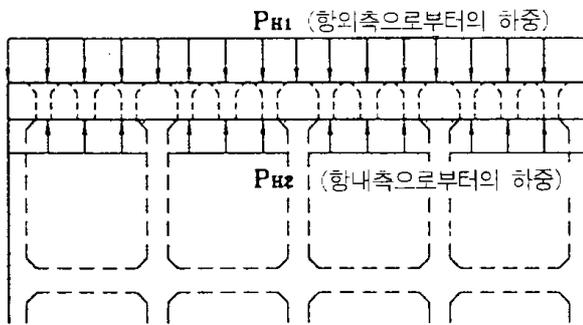
가. 수평하중

상부 보의 단면력을 검토하는 수평하중으로는 Slit기둥으로부터 전달되는 지점반력 및 보자체에 직접 작용하는 하중으로 하고 그 하중 외력으로는 부유시의 수압 및 파압을 고려한다. 설계하중에 대하여는 도참(4-8)의 하중분포를 참고한다.

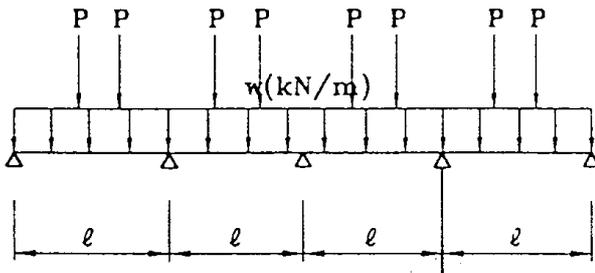
또한, 상부 보에 대하여는 측벽 및 격실에 지지된 연속 보로 하고 단면력이 최대가 되는 하중case를 고려한다.

나. 연직하중

상부 보에 작용하는 연직하중은 덮개판에 작용하는 파압, 덮개판 및 상부 보의 자중을 고려한다. 단면력의 검토에 있어서는 Slit기둥의 중심간격을 지간으로 하는 고정 보로 생각하고 Slit기둥의 축방향력과 동일한 방법으로 연직방향의 하중을 구한다.



P : 지점반력



$$w = P_H \times b$$

$P_H$  : 수압, 파력

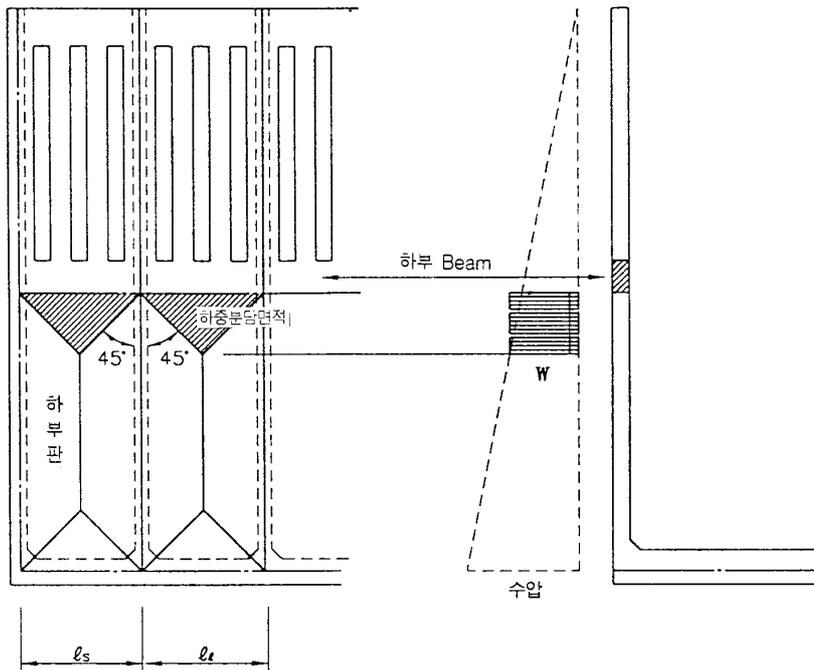
$b$  : Beam폭

도참(4-8) 상부 보에 작용하는 하중

⑤ 하부 보

하부 보의 단면력을 검토하는 하중으로는 Slit기둥 및 하부판으로부터 전달되는 지점반력 및 보 자체에 직접 작용하는 하중에 의한 것으로 보고 그 하중 외력으로는 부유시의 수압 및 파력을 고려한다. 하부 판으로부터 전달되는 설계하중에 대하여는 도참(4-9)의 하중분포를 참고할 것.

또한, Slit기둥으로부터 전달되는 지점반력 및 보 자체에 작용하는 하중에 대하여는 상부 보와 같은 방법으로 설계하중을 구한다.



도참(4-9) 하부판으로 하부 보에 작용하는 荷重

(7) 기타부재에 작용하는 외력과 설계하중에 대하여는 본편 제1장 케이스 및 유사한 구조에 대하여 규정한 부분을 참조한다.

### 4-3 부재의 설계

#### [참고]

- (1) 계산에 사용하는 Span은 지지부재의 중심간격으로 한다.
- (2) 주철근의 덮개는 원칙적으로 다음 값 이상으로 한다.
  - ① 해수가 접촉하는 부분 7cm
  - ② 상기 이외의 부분 5cm
- (3) 遊水室 각 부재의 단면력의 계산법을 표참(4-2)에 보여준다.

표참(4-2) Slit 케이슨 遊水室 부재의 해법

부 재		부재번호	해 법	비 고
전 면 벽	Slit 기둥	①	양단고정 보	측방향력에 대해서도 검토
	격벽 Slit기둥	②	양단고정 보	
	측벽 Slit기둥	③	양단고정 보	
	상부 보	④	연속 보 양단고정 보	
	하부 보	⑤	연속 보 양단고정 보	
	하 부 판	⑥	4변 고정판	
측 벽	⑦	3변 고정 1변 자유판 4변 고정판	상상판과 일체인 경우	
격 벽	⑧	3변 고정 1변 자유판 4변 고정판	상상판과 일체인 경우	
후 벽	⑨	3변 고정 1변 자유판 4변 고정판	상상판과 일체인 경우	
저 판	⑩	4변 고정판		
유수실덮개판	⑪	4변 자유판 4변 고정판 3변 고정 1변 자유판	상상판구조와 지지조건체 따른다.	

주) 부재번호는 도참(4-1)에 따른다.

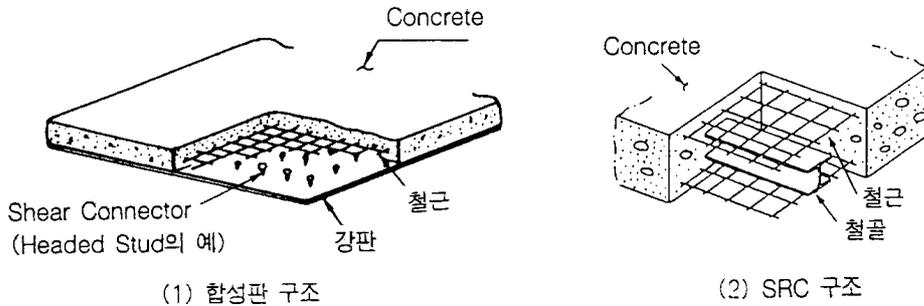
## 제 5 장 하이브리드 케이슨(Hybrid Caisson)

## 5-1 일 반

본 장의 규정은 강판과 콘크리트의 합성구조인 하이브리드 케이슨의 설계에 적용한다. 설계는 한계상태 설계법으로 하는 것을 표준으로 한다.

## [해설]

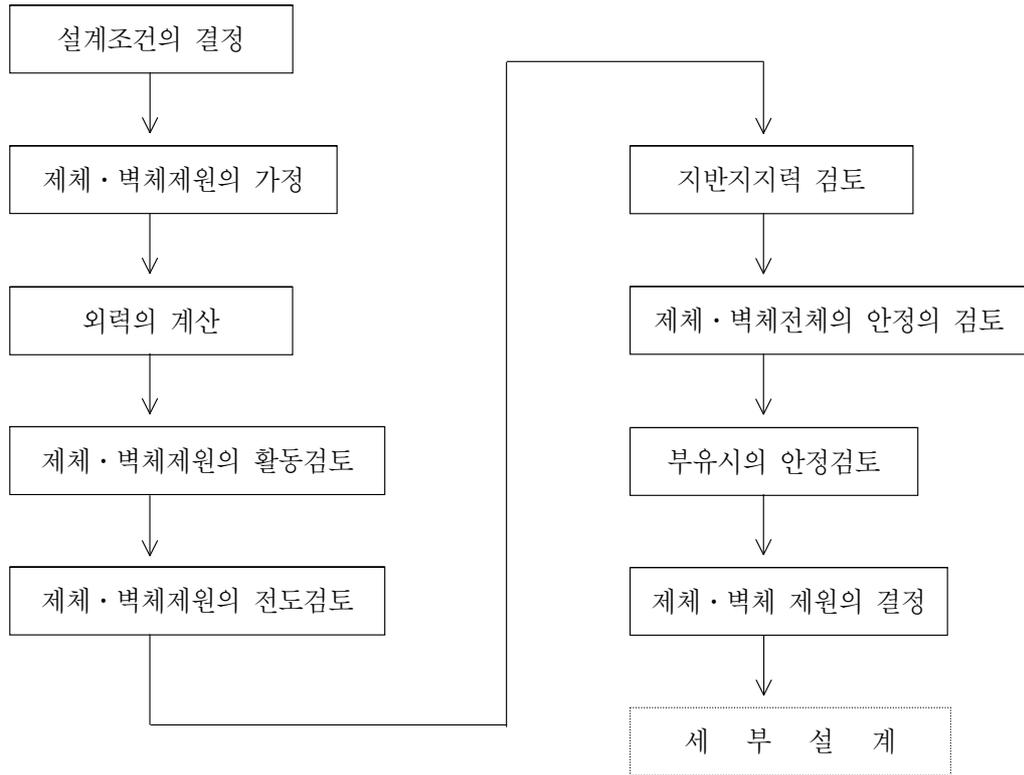
본 장에서는 강, 콘크리트 복합구조의 일종인 강판과 콘크리트의 합성구조 형식의 케이슨을 하이브리드 케이슨이라 정의한다. 또한, 「복합구조」란 부재단면의 이종재료의 조합으로 구성되어 이들이 일체가 되어 기능하는 구조를 말한다. 하이브리드 케이슨은 재래의 철근 콘크리트 케이슨등과 같이 방파제, 안벽, 호안등에서 사용되는 것이다. 이를 항만구조물에 사용되는 하이브리드 케이슨은 도해(5-1)에 나타낸 바와 같이 강판을 한쪽에 배치한 합성판 구조와 H형강을 내부에 매설한 SRC 구조의 2종류가 사용되는 것이 일반적이며 본장의 하이브리드 케이슨이란 이 양자의 구조형식을 사용한 케이슨의 총칭으로 사용된다. 이 이외에 이종재료로 이루어지는 부재를 조합한 구조형식인 「혼합구조」에 대하여도 「복합구조」의 하나이므로 광의의 「하이브리드 구조」로서 취급하는 일이 있으므로 유의할 필요가 있다.



도해(5-1) 하이브리드 구조부재

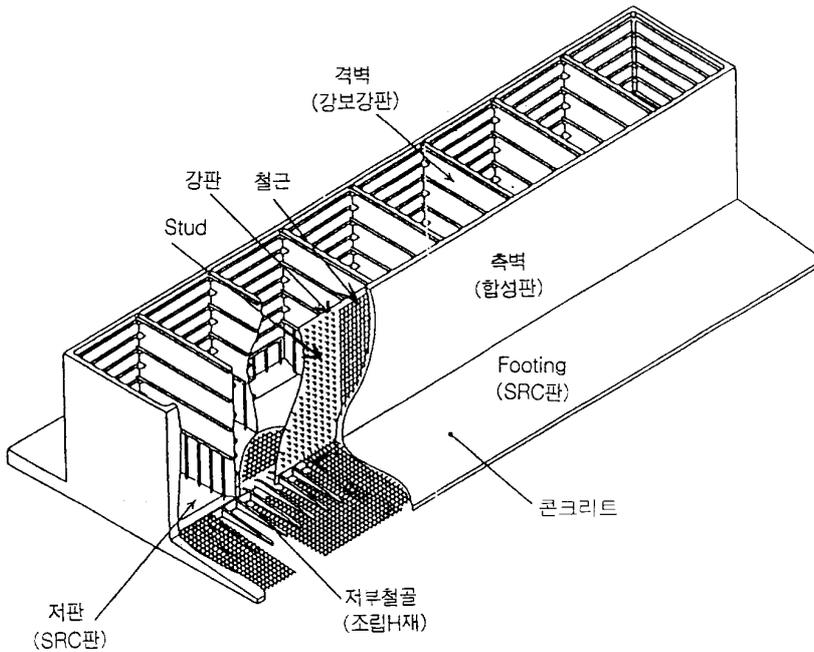
## [참고]

- (1) 하이브리드 케이슨의 설계에 있어서는 하이브리드 케이슨 설계매뉴얼등 각종자료를 참고할 수 있다.
- (2) 하이브리드 케이슨의 설계는 일반적으로 도참(5-1)의 순서로 하는 것이 바람직하다.



도참(5-1) 하이브리드 케이슨의 설계순서

(3) 하이브리드 케이슨의 구조 예를 도참(5-2)에 보여준다.



도참(5-2) 하이브리드 케이슨의 구조 예

(4) 하이브리드 케이슨에 대하여는 다음과 같은 구조·기능상의 특징이 있으므로 충분히 유의하여 검토함이 바람직하다.

① 사용재료

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

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

② 단면형상

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

③ 케이슨自重

합성부재와 강재의 격벽으로 구성되어 있으므로 함체는 경량이고 흘수를 적게 할 수가 있다.

④ 기타

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

나. 공장에서 자동용접의 방법에 의하여 배근작업이 완화됨과 동시에 강판을 콘크리트 타설시의 거푸집으로 활용할 수 있고, 지보, 거푸집공사 및 콘크리트 타설 Joint의 처리작업이 축소된다.

다. 구조물의 경량화가 달성되어 시공성을 향상시킨다.

### 5-2 제원의 결정

제원을 결정할 때에는 본편 1-2 제원의 결정에 준한다.

### 5-3 설계외력

設計외력은 본편 1-4 설계외력에 준한다.

[참 고]

하이브리드 케이슨의 隔壁이 鋼隔壁인 경우 隔壁의 設計 荷重에는 浮遊時 및 据置시에 케이슨 내외 수압차에 의한 하중, 파압등의 수평하중 및 저판, 확대기초의 저면반력에 의한 하중을 고려하는 것이 바람직하다.

### 5-4 부재의 설계

#### 5-4-1 단면력

부재의 설계에 사용하는 단면력은 본편 1-5 부재의 설계에 준한다.

[참 고]

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

5-4-2 합성판의 설계

합성판의 다음사항을 고려하여 설계한다.

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

[참 고]

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

5-4-3 SRC 부재의 설계

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

[참 고]

- (1) SRC 부재는 일반적으로 철골의 구조형식에 따라 다음과 같이 분류한다.

- ① 복부가 충전형(充腹形)인 경우
  - ② 복부가 Truss 형식인 경우
- (2) 휨 모멘트에 대하여는 철골을 철근으로 환산하여 철근 콘크리트 부재로 보고 단면계산을 할 수가 있다. 단, 복부가 충전형이고 철골단부가 정착이 불충분한 경우에는 독립된 철골부분과 철근 콘크리트 부분의 합으로 계산할 필요가 있다.
- (3) 전단력에 대하여 복부가 Truss 형식인 경우에는 철골을 철근으로 환산하여 철근 콘크리트 부재로 보고 단면계산을 할 수가 있다. 또, 복부가 충전형인 경우에는 철골자신으로 전단력에 저항하므로 이것을 적절히 고려한 설계가 가능하다.

#### 5-4-4 격벽의 설계

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

#### [해설]

격벽은 외벽·저판의 지지면으로써 기능이 있으므로 격벽의 단면은 이들의 지지면에 작용하는 하중으로부터 계산되는 단면력에 대하여 충분히 안전하게 설계한다.

#### [참고]

격벽의設計 수순은 일반적으로 부유시 및 거치시로 설계하고 그 결과를 완성시에 대하여 조사하는 것이 바람직하다.

- (1) 부유시에는 부재의 좌굴에 대하여 설계하는 것이 바람직하다.
- (2) 거치시에는 부재의 좌굴 및 면의 휨에 대하여 설계하는 것이 바람직하다.
- (3) 완성시에는 부재의 면내응력에 대하여 격벽을 조사하는 것이 바람직하다.

#### 5-4-5 우각부·접합부의 설계

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

#### [참고]

우각부나 접합부에서 충분한 강도를 확보하기 위하여 인장측의 강재를 압축측의 강재에 확실하게 정착시키고 또, 접합부내에 생기는 콘크리트의 인장응력에 대한 전단보강재(Haunch)를 부여하는 것이 바람직하다.

#### 5-4-6 피로파괴에 대한 안정성

하이브리드 케이슨은 피로파괴에 대하여 충분히 안전하게 하여야 한다.

[참고]

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

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

5-5 방 식

하이브리드 케이슨의 방식은 설계·시공조건 및 구조를 고려하여 적절히 설정한다.

[참고]

- (1) 하이브리드 부재의 열화는 그 강재의 부식이 주원인이며 부식에 따른 콘크리트의 균열로 연결되는 일이 있으므로 하이브리드부재의 내구성 향상을 위하여는 강관에 대하여 적절한 방식 대책을 강구할 필요가 있다. 콘크리트자체의 열화특성은 종래의 철근 콘크리트의 경우와 같이 생각해도 좋다.
- (2) 하이브리드 케이슨에 방식을 시행할 경우에는 기존의 항만 강구조물에서의 실적조사 및 부식에 관한 Data의 응용을 통하여 공법을 검토할 필요가 있다.
- (3) 하이브리드 케이슨에 사용되고 있는 강재는 일반적으로 케이슨의 외부환경에서는 콘크리트 또는 Asphalt Mat로 피복되고 케이슨의 내부 환경에서도 덮개 콘크리트 등으로 외기로부터 차단되어 있고 또, 정지상태의 속채움 모래와 해수에 접하고 있다. 이와 같이 하이브리드 케이슨의 설계를 함에 있어서는 부재의 강관이 직접 해양환경에 접하는 것을 피하는 구조(강관을 직접 파랑이 작용하지 않는 내측에 설정하여 콘크리트에 의한 방식을 피하는 구조 등)로 하는 것이 일반적이나 강관이 해수에 직접 접하는 등 경우에 따라서는 간조부(干潮部) 및 비말부(飛沫部)는 방식 도장, 해중부는 전기방식과 같은 기본적 방법으로 방식 대책을 강구해도 된다.