

KDS 64 55 30 : 2024

부유식 계류시설

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

건설기준	주요내용	제·개정 (년.월)
항만설계기준	• 항만설계기준 제정 • 설계조건, 수역시설, 외곽시설, 계류시설, 기타시설, 준설 및 매립 등 기타항만공사에 관계되는 설계의 일반방침과 기준을 수록	제정 (1971.12)
항만설계기준	• 조사연구가 진전됨에 따라 국내기술향상에 도움이 되도록 개정	개정 (1979.12)
항만시설물 설계기준서	• 항만의 재개발, 워터프런트 개발사업 추진 전망에 따라 항만법 제26조에 근거하여 기술의 체계화, 표준화의 기준 수립 및 시설물의 안정성과 경제성을 고려하여 개정	개정 (1993.12)
항만 및 어항 설계기준	• 해양수산부가 새로 발족되어 항만 및 어항 설계기준·해설 및 항만시설의 기준에 관한 규칙과 어항관련 법규에서 정하는 어항 시설에 대한 설계기준을 통합하고, 설계 및 시공과정과 시공이후 건설관리 및 시설물 유지관리 관련내용 신설하여 개정	개정 (1999.12)
항만 및 어항 설계기준	• 연안정비시설물을 포함하고 관련법령 및 최신기술 변화요인 반영, 항만시설장비의 안전성 제고를 위한 설계품속 및 하중 계수 상향, 재추산 심해파의 적용근거 마련 등 개정	개정 (2005.12)
항만 및 어항 설계기준·해설	• 변화된 항만건설여건 반영과 태풍, 이상파랑 등 해양외력의 기후변화 대응, 선박 및 장비의 대형화, 저탄소 녹색성장, 항만재해 저감을 고려하고 해외 건설사업 진출에 도움이 될 수 있도록 국제 설계기준과 연계성 향상하여 개정	개정 (2014.04)
항만 및 어항 설계기준 설계코드(KDS 64 00 00)	• 건설기준 코드체계 전환에 따라 기존 건설기준(설계기준, 표준시방서)간 중복·상충을 비교, 검토하여 코드로 통합 정비	코드체계 전환제정 (2017.08)
항만 및 어항 설계기준 KDS 64 55 30 부유식 계류시설	• 부잔교 및 폰툰 설계·운영에 있어 안전사고 예방 및 사용성 개선 등에 대한 시설, 설비 관련 기준 등 개정	일부개정 (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 『훈령·예규 등의 발령 및 관리에 관한 규정』에 따라 고시일 기준으로 매 3년이 되는 시점마다 그 타당성을 검토하여 개선 등의 조치를 해야 한다.			

목차

contents

1. 일반사항	1
1.1 목적	1
1.2 적용범위	1
1.3 참고기준	1
1.4 용어의 정의	1
1.5 기호의 정의	2
1.6 시설물의 구성	2
2. 조사 및 계획	2
3. 재료	2
4. 설계	3
4.1 부잔교	3
4.2 계선부표	23



KDS 64 55 30 부유식 계류시설

1. 일반사항

1.1 목적

이 기준은 항만 및 어항시설의 계류시설 중 하나인 부유식 계류시설의 설계, 시공 및 유지관리 단계에서 필요한 기술적 사항에 대해 정함을 목적으로 한다.

1.2 적용범위

이 기준은 부잔교, 계선부표와 같은 부유식 계류시설의 설계에 적용한다.

1.3 참고기준

1.3.1 관련법규

교통약자의 이동편의 증진법

1.3.2 관련기준

KDS 24 00 00 교량

1.3.3 관련표준

내용 없음

1.4 용어의 정의

- **건현** : 배길이의 중앙에서 상갑판의 윗면으로부터 만재흡수선까지의 수직거리를 말한다.
- **계선부표** : 항만내의 부두 외에 특별히 설치된 선박계류용 부표로서 강제로 된 원추형 또는 원통형의 철제구조물 해상에 띄우고 움직이지 않도록 해저에 고정시킨 계선시설을 말한다.
- **도교** : 육상과 폰툰, 폰툰과 폰툰을 연결하는 교량이나 사다리를 말하는 것으로 폰툰과 육지의 사이를 연결하는 연락도교와 폰툰과 폰툰 사이를 연결하는 연결도교가 있다.

- 부잔교 : 조위차가 심한 곳에서 조위에 관계없이 선박이 접안할 수 있도록 폰툰과 육지의 사이 또는 폰툰 사이를 도교로 연결한 부체시설을 말한다.

1.5 기호의 정의

내용 없음

1.6 시설물의 구성

- (1) 부잔교
- (2) 계선부표

2. 조사 및 계획

내용 없음

3. 재료

내용 없음

4. 설계

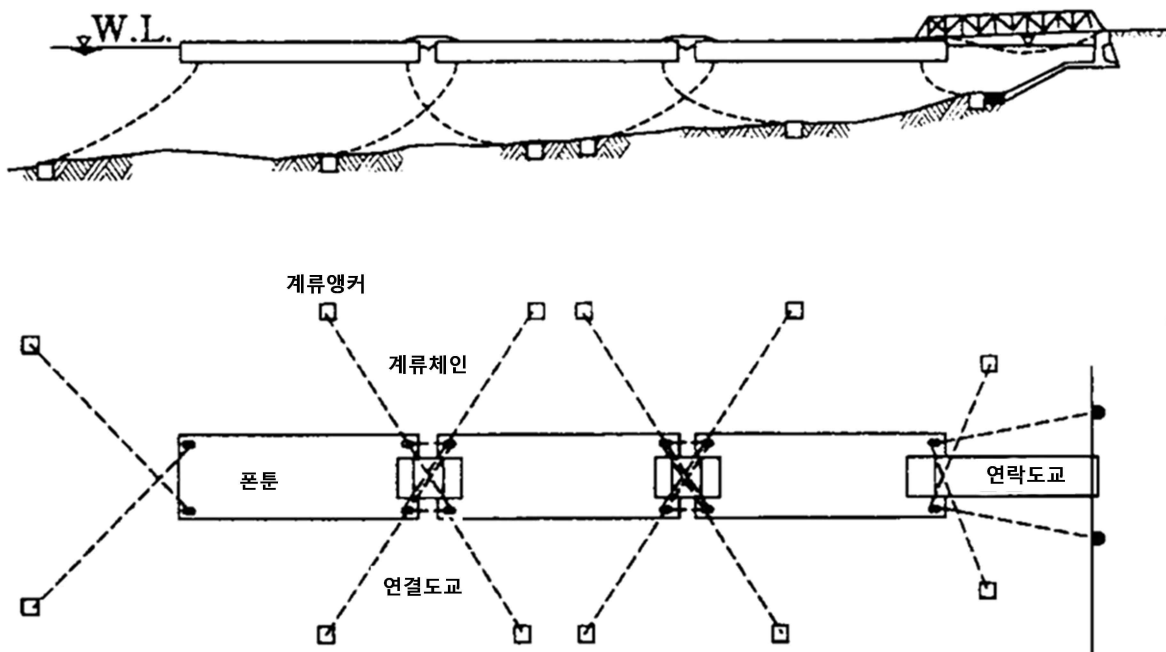
4.1 부잔교

4.1.1 적용범위

이 기준은 파랑이나 조류에 의한 영향이 적은 곳에 설치된 부잔교의 설계에 적용한다.

[해설]

- (1) 부잔교는 화물 취급 및 승객 이용 시 안정적이고 안전한 동시에 충분한 내구성을 가져야 하며 계류체인, 계류앵커 등은 대상지역의 외력조건(파랑, 흐름 등)에 충분한 내력을 보유하여야 한다.
- (2) 부잔교 각부의 명칭은 해설 그림 (4.1-1)과 같다. 부잔교는 주체가 되는 폰툰, 육지와 폰툰을 연결하는 연락도교, 폰툰과 폰툰을 연결하는 연결도교, 폰툰을 앵커 시키는 계류체인으로 구성된다.
- (3) 부잔교 시설(도교, 폰툰)은 교통약자 및 차량 등의 이용이 예상되고, 기상 및 해상 조건 등으로 인해 미끄럼 사고 발생의 우려가 있으므로, 피해예방시설 및 안전시설 등 관련한 대책을 충분히 수립한다.



해설 그림 (4.1-1) 부잔교 각 부의 명칭

[참 고]

(1) 파랑과 흐름에 대한 제한

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

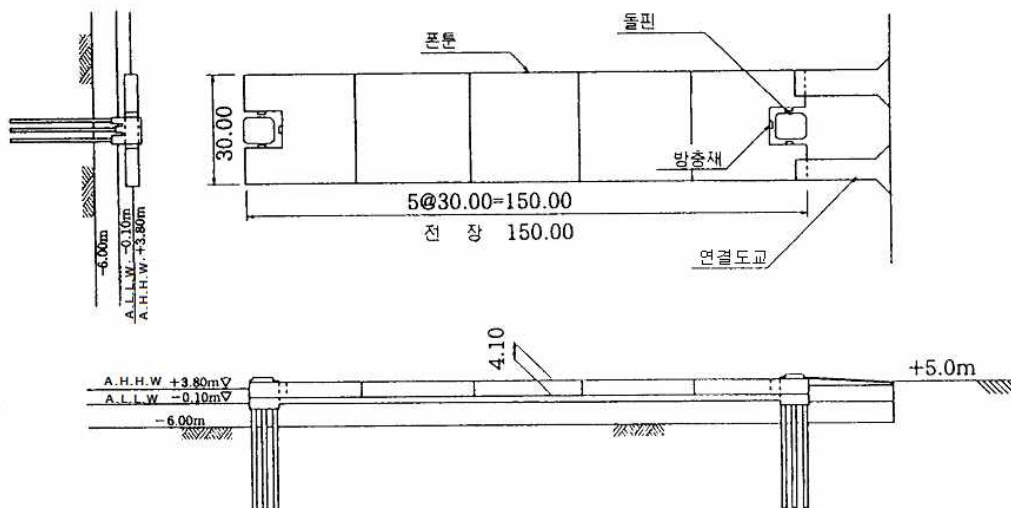
(2) 설치위치 및 배치

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

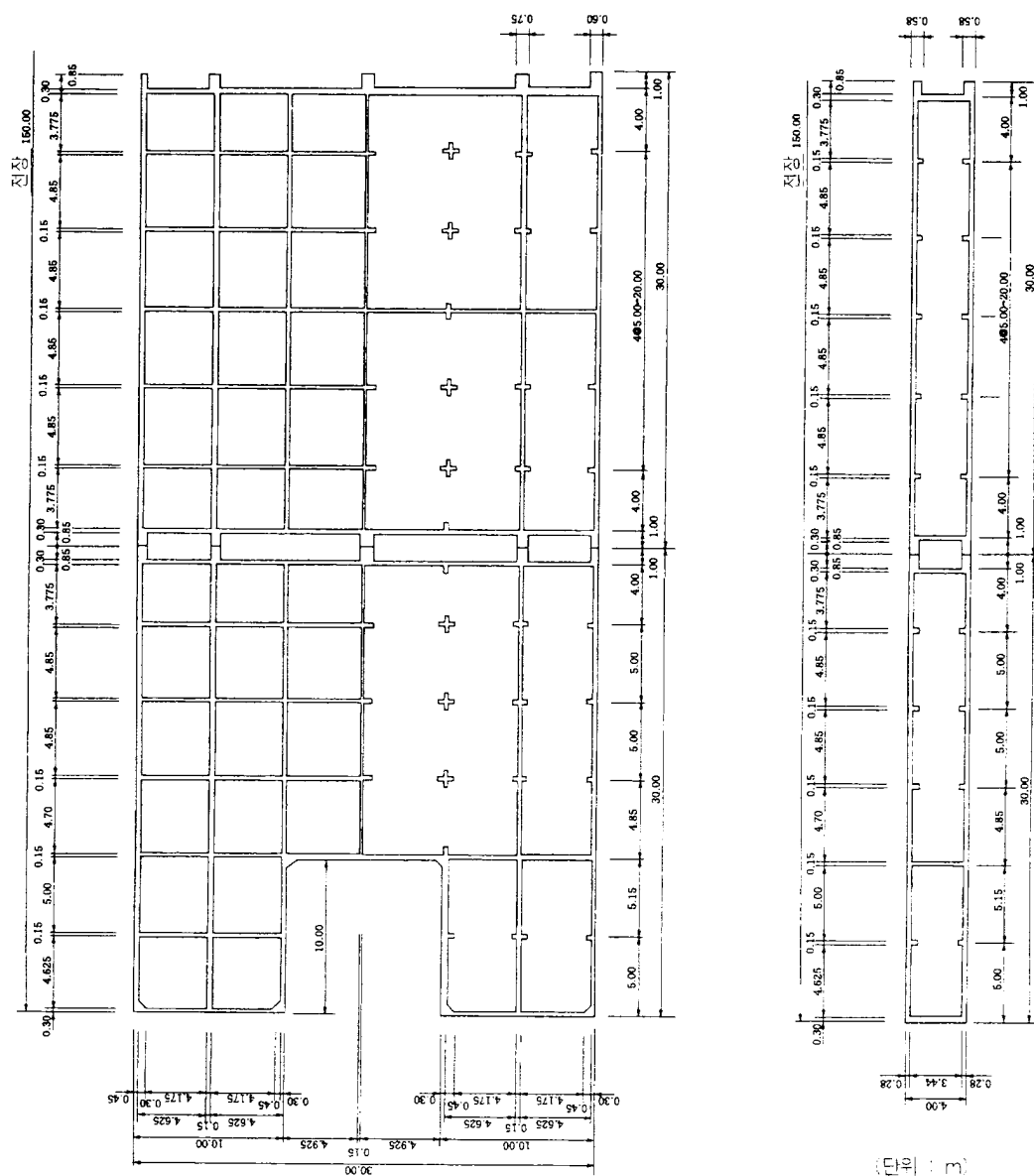
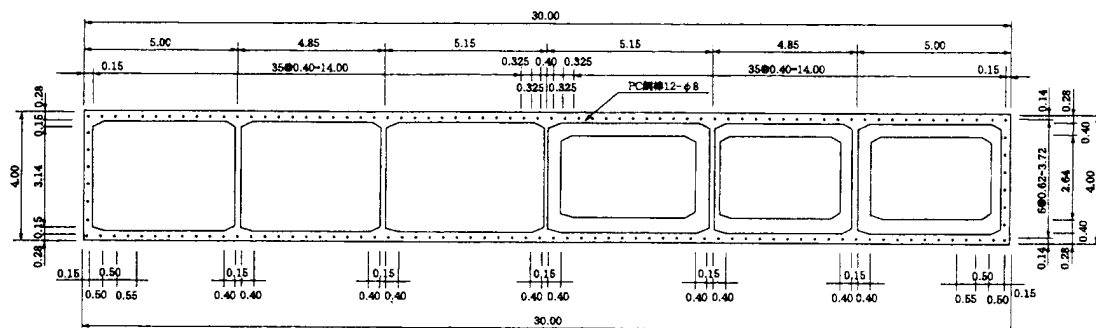
(3) 사람이 이용하는 도교의 경사는 약최저저조위(A.L.L.W)시에 5~20%로 하는 사례가 많다.

또한 도교의 폭은 2~6m, 중장지간의 경우 10~30m, 단지간의 경우 2~6m로 하는 사례가 많다.

(4) 최근에는 돌핀(Dolphin) 및 방충재(Fender)를 이용하는 등 계류체인 이외의 계류방식으로 계류된 부잔교 및 대형의 부잔교[참고 그림 (4.1-1)(a), (4.1-1)(b) 참조]가 등장하고 있다.

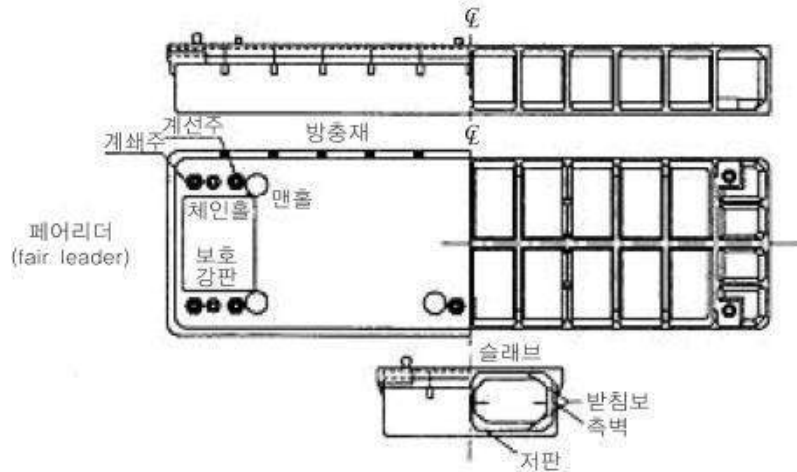


참고 그림 (4.1-1)(a) 대형부잔교(돌핀 계류식)



참고 그림 (4.1-1)(b) 대형부잔교(돌핀 계류식)

- (5) 폰툰(Pontoon)의 종류는 제작재료로 구분하여 철근콘크리트재, 강재, PC재, FRP재(Fiber Reinforced Plastic재), 웨로시멘트재(Ferro cement재), 목재, PC합성구조 등으로 대별된다.



참고 그림 (4.1-2) 폰툰 각 부의 명칭

- ① 철근콘크리트재는 내구성이 높고 흠수가 깊어 동요가 적으며, 건조비와 유지관리비가 강재에 비하여 유리하다. 그러나 충격력에 약하며 수밀성이 떨어지므로 시공 시 수밀성 확보에 유의하여야 한다. 철근은 작은 직경의 것을 많이 사용하는 편이 충격력에 대하여 유리하다.
 - ② PC재는 철근콘크리트재에 비하여 수밀성이 좋고 부재를 얇게 하는 것이 가능한 이점이 있다.
 - ③ 웨로시멘트재(Ferro cement)는 철근콘크리트재, PC재에 비하여 부재두께를 얇게 하는 것이 가능하다.
단, 수밀성에 대해서는 철근콘크리트재보다 유리하고 PC재보다는 떨어진다.
[웨로시멘트 : 시멘트 모르타르(Cement mortar)에 와이어 매쉬(Wire mesh)를 넣어 얇은 단면으로 수밀성을 높인 것]
 - ④ 강재는 제작이 용이하며 충격에 강하고 보수가 용이하나 부식으로 인하여 철근콘크리트재에 비하여 내구성이 떨어진다. 철근콘크리트재보다 흠수가 얇으므로 조류 등 흐름에 의한 영향이 적다.
 - ⑤ FRP재는 경량이며 흠수가 얇고 불안정하나 내구성이 뛰어나고 설치가 간단하므로 현재로서는 마리나 등 소규모의 부잔교에 쓰이고 있다.
 - ⑥ 이밖에 목재, PC합성구조 등이 있다.
- (6) 체인에는 스타드(Stud)가 붙은 것과 스타드가 없는 체인이 있는데, 부잔교(浮棧橋)에는 스타드가 붙은 체인을 쓴다.
- (7) 앵커는 보통 콘크리트 블록을 쓰는데 강재 앵커를 쓰는 경우도 있다. 강재앵커는 규정된 항만용 앵커를 써야하는데, 외팔 스톡 앵커를 쓰는 경우가 많다.

(8) 도교의 종류

도교는 그 전단을 조절탑에 매달은 것과 연락도교와 전단을 폰툰에 얹어놓은 연결도교가 있다.

경사(傾斜)는 이용을 고려하여 결정하지만 여객에 대해서는 1/5 이하, 차량에 대해서는 1/10 이하로 하는 것이 바람직하다.

(9) 폰툰의 결합

파랑(波浪)에 의해 폰툰이 동요할 때에는 폰툰 간(間)의 연직(鉛直)방향의 차이에 의해서 롤링할 때 한 쪽의 폰툰이 다른 측의 폰툰에 충돌해서 구멍이 뚫리는 경우가 있다. 이런 현상을 피하기 위해 폰툰 상호간의 결합을 강결하게 하거나 폰툰 간에 방현재를 부착할 필요가 있다. 폰툰간의 도교의 길이는 폰툰간격의 1배 정도를 계획하여도 좋다. 또한, 인접하는 폰툰은 일반적으로 체인으로 결합하며, 이 경우 체인은 페어리더(Fair leader)를 통해서 계쇄주(繫鎖柱)에 연결한다.

(10) 폰툰의 계류방식은 폰툰의 규모 및 설치장소의 수심, 토질조건 등 자연조건에 따라서 시설의 기능 등이 원활하게 발휘 될 수 있도록 적절히 설정하여야 한다. 일반적으로 깊은 수심지역은 체인방식과 와이어방식 등이 이용되고, 얕은 수심지역은 중간부이방식, 중간싱커방식 및 돌핀-펜더방식 등이 이용되는 경우가 많다. 이들을 선정할 때에는 폰툰의 기능 및 안정성, 계류시설의 특징을 비교하여 결정하는 것이 바람직하다.

4.1.2 설계순서

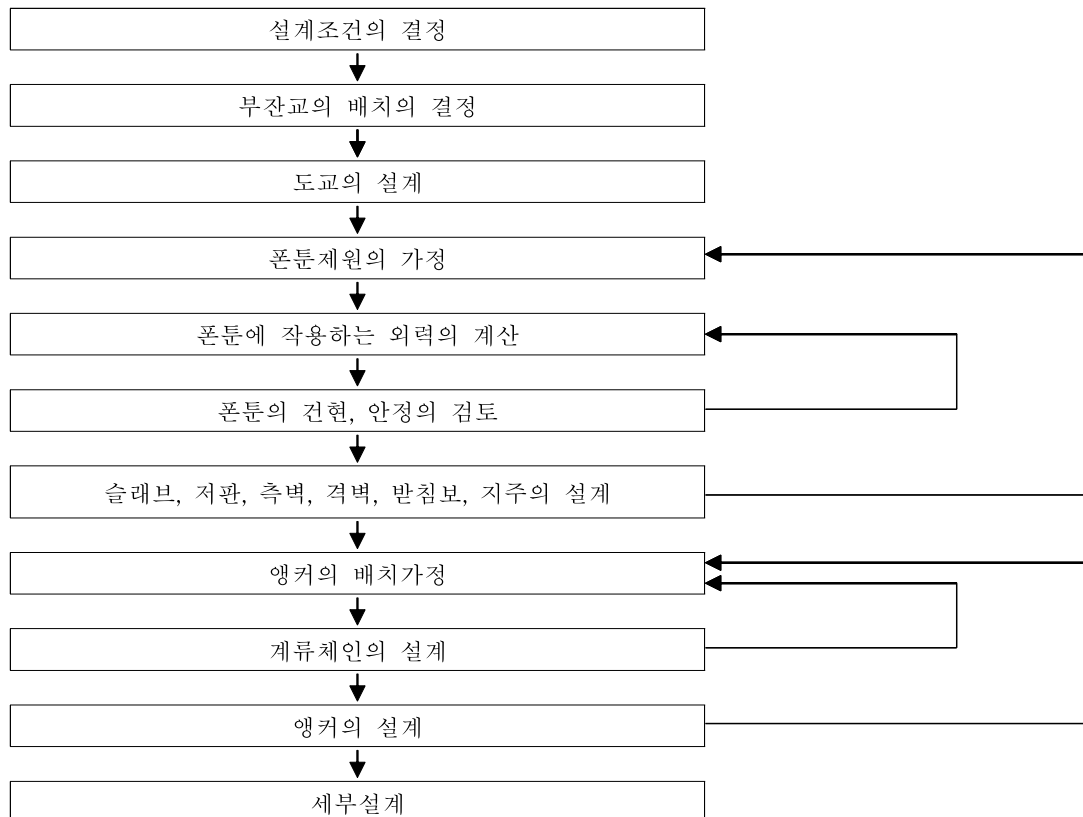
- (1) 부잔교는 화물 및 여객의 취급에 있어 안전성, 안정성, 내구성을 확보하여야 한다.
- (2) 계류체인, 계류앵커 등의 계류시스템(System)은 발생하는 외력에 대하여 내력을 가져야 한다.

[참 고]

(1) 설치위치 및 배치

부잔교의 설치위치 또는 배치는 대상선박의 종류 또는 크기, 수심, 조류, 파랑, 바람, 토질조건 등을 고려해서 정한다. 부잔교의 배치에는 돌제식과 평행식이 있고, 선박의 계류, 공사비의 면에서는 일반적으로는 돌제식이 유리하다. 폰툰을 연결하는 개수는 우리나라에서는 1~3개의 경우가 많으나, 최근에는 앞에서 표현한 참고 그림 (4.1-3)과 같이 대형의 사례도 보인다.

(2) 부잔교의 설계는 일반적으로 다음 순서로 하는 것이 좋다.



참고 그림 (4.1-3) 부잔교의 설계순서

4.1.3 폰툰의 설계

4.1.3.1 폰툰의 치수

- (1) 폰툰은 화물과 여객의 취급에 필요한 넓이와 건현을 가지며 작용되는 외력 및 하중에 대하여 안정하도록 검토하여야 한다.
- (2) 폰툰의 필요한 건현은 취급하는 화물, 여객이 만재 또는 적게 실릴 경우에 화물과 여객을 취급하는데 안전한 높이여야 한다.

[참 고]

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

$$h' = d - \frac{W_1}{\gamma_w A} \quad \text{참고 식 (4.1-1)}$$

여기서, h' : 건현(m)
 d : 폰툰의 높이(m)
 W_1 : 폰툰의 중량(kN)
 γ_w : 물의 단위체적중량(kN/m³)
 A : 폰툰의 수평단면적(m²)

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

4.1.3.2 폰툰에 작용하는 외력과 하중

폰툰에 작용하는 외력과 하중은 다음 사항을 고려하여 검토하여야 한다.

- (1) 적재하중 및 활하중
- (2) 도교의 지점반력
- (3) 수 압
- (4) 사하중
- (5) 카운터 웨이트(Counter weight)

[해설]

- (1) 적재하중은 이용하는 화물과 여객에 따라 결정한다.
- (2) 선박의 충격력, 파력, 조류력, 동수압 등은 특별한 경우 외에는 고려하지 않는다.
파랑의 영향이 우려되는 경우에는 KDS 64 10 10 설계조건(4.3.9.6 부체에의 작용과 그 동요)에 의하여 파력을 고려한다. 이는 계류력의 계산에도 적용된다.
- (3) 도교의 지점반력은 KDS 64 55 30 부유식 계류시설(4.1.5 도교의 설계)에 의하여 계산한 최대지점반력을 사용한다.
- (4) 폰툰은 도교의 반력을 받으면 기울어지기 때문에 카운터 웨이트로서 밸러스트(Ballast)를 넣는 수가 있다. 그 양은 도교의 사하중 반력과 비교하여 폰툰을 수평으로 하는 양만큼 고려한다.

[참고]

보통 부잔교는 여객선이 이용을 주로하기 때문에 5 kN/m²로 하는 수가 많다.
활하중은 페리(Ferry)를 대상으로 하는 경우와 자동차의 출입을 허용하는 경우에는 자동차 하중을 고려한다. 자동차 하중은 보통 슬래브 설계에만 사용하며 KDS 24 00 00 교량에 규정하는 DB하중 후륜을 고려하면 된다.

4.1.3.3 폰툰의 안정

부체는 부잔교의 이용형태 등에 대해서 구조 안정성을 확보하여야 한다.

[참고]

- (1) 폰툰은 다음 조건을 만족시켜야 한다.
 - ① 육지와 도교의 지점반력을 고려하고, 갑판 위에 적재하중을 만재하고, 또 폰툰 내부에 약간의 침수를 고려하였을 경우에도 부체의 안정조건을 만족시키고 필요한 건현을 가져야 한다.
 - ② 폰툰의 긴쪽 대칭축의 어느 한 쪽 갑판 위에만 적재하중을 만재하였을 경우, 또 그 쪽에 육지와 도교가 있으면 그 반력까지 합한 것에 대하여 부체의 안정조건을 만족시켜야 한다. 갑판의 경사는 1:10 이하이며, 작은 쪽의 건현이 0 이상이라야 한다.
- (2) 폰툰의 안정검토에서 고려할 침수높이는 보통 폰툰의 높이의 1/10로 한다. 이 경우에 필요한 건현은 0.5m정도로 하는 것이 바람직하다.
- (3) 폰툰이 등분포하중을 받는 경우는 참고 식 (4.1-2)를 만족시켜야 한다.

$$\frac{F_{\gamma_w}}{W_2} - \overline{CG} > 0$$

참고 식 (4.1-2)

여기서, I : 흘수면의 장축에 대한 단면 2차모멘트(m^4)

W_2 : 폰툰과 등분포하중의 중량(kN)

γ_w : 해수의 단위체적중량(kN/m^3)

C : 부심

G : 중심(重心)

폰툰내부가 침수되어 있을 경우는 참고 식 (4.1-3)을 만족시키면 폰툰은 안정이다.
그러나 W_2 , I , C , G 는 침수된 상태에서의 값이다.

$$\frac{\gamma_w}{W_2}(I - \Sigma i) - \overline{CG} > 0 \quad \text{참고 식 (4.1-3)}$$

여기서, i : 폰툰의 회전축에 평행한 중심축에 대한 각 격실 내 수면의 단면 2차모멘트(m^4)
편심하중을 받을 경우는, 참고 식 (4.1-4)를 풀어서 구한 $\tan\alpha$ 가 참고 식 (4.1-5)를 만족시키면 된다. 그러나 일반적으로 α 는 작으므로, 참고 식 (4.1-4)의 $\cos 2\alpha$ 는 근사적으로 $1 - \tan^2\alpha$ 로 해도 좋다[참고 그림 (4.1-4) 참조].

$$(W_1 + P) \left[\frac{b^2 \tan\alpha}{12d \cos^2\alpha} - \left(\frac{b^2}{24d} \tan^2\alpha + c - \frac{d}{2} \right) \tan\alpha \right] - P [a + (h - c) \tan\alpha] = 0 \quad \text{참고 식 (4.1-4)}$$

$$\left. \begin{aligned} \tan\alpha &< \frac{2(h-d)}{b} \\ \tan\alpha &< \frac{1}{10} \end{aligned} \right\} \quad \text{참고 식 (4.1-5)}$$

여기서, W_1 : 폰툰의 중량(kN)

P : 편심하중의 합력(kN)

b : 폰툰의 폭(m)

h : 폰툰의 높이(m)

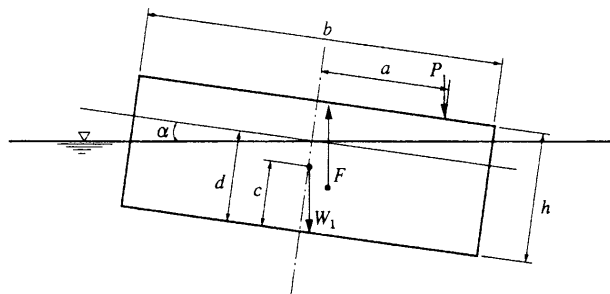
d : P 를 폰툰의 중심에 재하하였을 때의 폰툰의 흘수(m)

c : 폰툰의 중심에서 저면까지의 높이(m)

a : P 의 폰툰 중심축으로부터의 편심량(m)

α : 폰툰의 경사각($^\circ$)

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



참고 그림 (4.1-4) 편심하중을 받는 폰툰의 안정

- (5) 특히 장주기 파랑이 내습할 수 있는 지역에 폰툰을 설치할 경우에는 폰툰의 동요 시뮬레이션기법을 이용한 동요해석을 실시하는 것이 바람직하다.

4.1.3.4 폰툰 각부의 설계

부체를 구성하는 각 부재에 발생하는 응력 등은 폰툰의 이용 상태, 각 부재에 작용하는 외력 또는 하중, 각 부의 구조특성 등을 고려하여 검토하여야 하며 이에 대한 안정성을 확보하여야 한다.

[참 고]

(1) 슬래브

슬래브는 다음 하중 가운데서 제일 큰 응력을 일으키는 것에 대하여 받침보 및 측벽으로 고정된 4변고정인 2방향 슬래브로 설계한다.

- ① 적재하중만 작용할 때 : (적재하중) + (사하중)
- ② 활하중이 작용할 때 : (활하중) + (사하중)
- ③ 연결도교의 지점이 놓일 때(조절탑이 없는 경우) : (연결도교의 지점반력) + (사하중)

(2) 측벽

측벽은 폰툰 상단이 수중으로 0.5m 가라앉았을 때의 정수압에 대하여 저판과 측벽 또는 받침보로 고정된 4변고정인 2방향 슬래브로 설계한다.

(3) 저판

저판은 폰툰상단이 수중으로 0.5m 가라앉았을 때의 정수압에 대하여 측벽 또는 받침보로 고정된 4변고정인 2방향 슬래브로 설계한다.

(4) 격벽

격벽은 한 분실에 침수로 충만되었을 경우의 수압에 대하여 4변고정인 슬래브로 설계한다.

(5) 받침보와 지주

슬래브, 저판 및 측벽의 받침보와 중앙지주는 폰툰의 슬래브 위에 최대하중이 작용하고 홀수가 폰툰의 깊이와 같아졌을 때의 수압에 대하여 상자형 라멘으로서 계산한다.

- (6) 등분포하중을 받는 4변고정 슬래브의 휨모멘트는 KDS 64 14 20 프리캐스트 콘크리트 부재(4.1.5.5 기타설계) [참고] (2)에 의하는 것이 편리하다.

- (7) 활하중은 DB하중의 후륜을 집중하중으로 보아, 참고 식 (4.1-6)에 따라 계산해도 좋다.

$$M_x = M_x' \frac{1}{1 + \alpha^4} (1 + 0.4\alpha^4)$$

$$M_y = M_y' \frac{1}{1 + \alpha^4} (1 + 0.2\alpha^4)$$

참고 식 (4.1-6)

단, $0.5 < \alpha < 2$

Mx', My' '는 참고 식 (4.1-7)과 같으며, +는 지간휨모멘트, -는 지점휨모멘트이다.

$$Mx' = \pm \frac{0.2Pl}{0.7l+1}$$

$$My' = \pm \frac{0.2Pl}{0.175l+1}$$

참고 식 (4.1-7)

$$2m < l \leq 4m$$

$$Mx' = \pm \frac{0.4Pl(l-1)}{l+0.4}$$

$$My' = \pm \frac{0.2Pl}{1.35}$$

여기서, Mx' : 차량의 진행방향에 직각인 지간의 휨모멘트(kg.m)

My' : 차량의 진행방향에 평행인 지간의 휨모멘트(kg.m)

$$\alpha = \frac{\ell_x}{\ell_y}$$

l_x : 차량의 진행방향에 직각인 지간(m)

l_y : 차량의 진행방향에 평행인 지간(m)

l : l_x 와 l_y 중에서 작은 것(m)

P : 자동차의 1후륜하중(kg)

단, 충격하중을 고려하는 경우 충격계수 i 는 참고 식 (4.1-8)을 사용한다.

$$i = \frac{20}{50+l}$$

참고 식 (4.1-8)

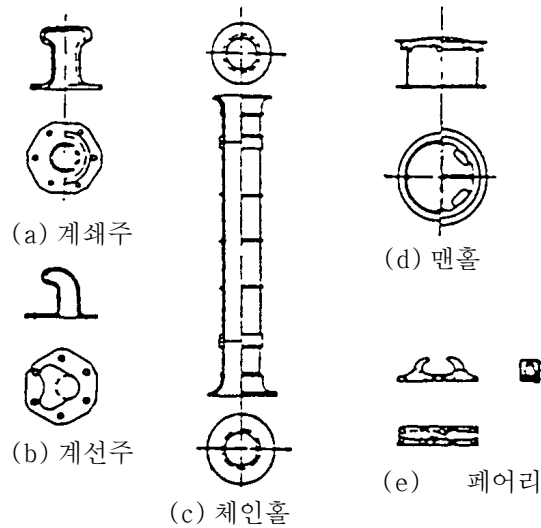
- (8) 도교의 지점반력은 슬래브의 중앙에 집중하중으로 작용시킬 때를 계산하면 된다. 또 도교의 지점 밑에 부설하는 강판의 중량을 사하중으로 고려하여야 한다.
- (9) 슬래브의 지간은 받침보, 슬래브, 측벽, 저판 등의 중심 간격으로 한다.
- (10) 사다리꼴 분포수압을 받을 경우의 4변고정 슬래브의 휨모멘트는 수압을 5kN/m^2 의 등분포하중과 폰툰 상단에서 0이고, 1m마다 10kN/m^2 증가하는 3각형 하중으로 나누어 등분포하중과 3각형하중에 의한 휨모멘트를 계산하여 양자를 합하면 된다.
- (11) 중앙지주의 측벽의 받침보는 휨모멘트와 축방향 압축력을 받는 부재로서 설계한다.
- (12) 받침보는 T형 보로 생각되는데 사각형 보로 보고 설계하는 것이 보통이다.
- (13) 철근콘크리트제 폰툰의 각 부의 철근의 덮개는 직접 해수에 접하는 곳은 7cm 이상, 기타의 곳에서는 5cm 이상으로 하는 것을 표준으로 하며, 철근의 덮개를 이 수치보다 작게 하는 경우는 철근의 부식을 방지하는 별도의 보강방법이 강구되어야 한다.
- (14) 콘크리트의 수밀성에 대해서는 충분히 주의할 필요가 있다. 수밀성의 대책에 관해서는 에폭시 수지나 폴리우레탄 수지에 의한 표면코팅 등이 있다.

4.1.3.5 폰툰의 부속설비

폰툰에는 완충재, 계선주, 계쇄주, 체인홀, 맨홀 및 페어리더를 설치하여야 한다.

[참 고]

- (1) 폰툰에는 본문의 부속설비 외에 필요에 따라 조명등(照明燈), 헛간, 힌지홀(Hinge hole), 통풍(通風)구멍, 앵커를 감아올리는 윈치 등을 설치한다.
- (2) 완충재는 폰툰 측벽의 상단의 둘레 전부에 설치하는 일이 많다. 재료(材料)는 목재 또는 고무로 한다.
- (3) 계선주는 곡주와 직주가 있고, 계선주의 규격과 배치간격은 KDS 64 10 10 설계조건(4.1.2.7 계선주에 작용하는 힘), KDS 64 55 50 계류부대시설(4.2.2 계선주와 계선환)을 따르며 소형선박, 소형어선을 대상으로 하는 경우에는 KDS 64 65 00 어항(4.4.14 부속설비 (3) 계선주와 계선고리)을 참고한다.
- (4) 계쇄주는 체인의 한 끝을 감기 위한 작은 기둥이며, 일반적으로 주강으로 제작된다. 2개가 한 조로 되어 있는 계쇄주는 체인의 길이조절에 편리하다. 이것을 사용할 경우에는 KS규격에 맞는 것을 사용하면 좋다.
- (5) 체인홀은 계쇄주로부터 내놓은 앵커체인이 지나는 종방향 구멍으로서 슬래브에서 저판까지 관통하여 설치한다. 이것은 일반적으로 주강제이며, 그 직경은 30cm 정도이다.
- (6) 맨홀(Manhole)은 폰툰내부의 검사, 유지관리, 보수를 하기 위해 사람이 들어 갈 수 있도록 만든 것이며, 보통 주철제의 뚜껑을 해 놓는다. 그 직경은 50cm 정도가 많다. 폰툰 상부의 맨홀은 함선내부로 해수가 유입되지 않도록 주변보다 조금 높게 설치하여야 하고 수밀대책(수밀용 패킹, 적정 체결 등)을 강구한다.
- (7) 페어리더는 인접한 폰툰의 결합에 사용하는 체인 등 계쇄주에서 체인홀을 통하지 않고 슬래브 위에서 밖으로 나가는 체인의 폰툰의 모서리를 마모시키지 않도록 설치한 것이다. 보통 페어리더는 KS에 규정된 A형을 사용해야 하며, 재료는 주철을 쓴다.
- (8) 부속시설의 한 예를 참고 그림 (4.1-5)에 표시하였다.



참고 그림 (4.1-5) 부속시설의 한 예

4.1.4 계류 시스템의 설계

4.1.4.1 계류방식의 종류

부잔교의 부체의 계류방식은 폰툰의 규모, 수심, 토질조건 등에 대해서 시설의 기능이 발휘되도록 선정하여야 한다.

[해설]

부잔교의 계류방식은 폰툰의 규모, 수심, 토질조건 등에 의해 선정된다.

[참고]

계류방식은 일반적으로 깊은 수심에 있어서는 체인 방식, 와이어 방식이 사용되며, 얇은 수심에서는 중간부표(Buoy)방식, 중간싱커(Sinker)방식, 돌핀.펜더(Dolphin.fender) 방식 등이 사용되고 있다.

이들 중 어느 방식을 선정하는가는 부잔교의 기능 및 안전성과 계류시설의 특징을 비교해서 결정한다.

4.1.4.2 설계외력

계류체인과 앵커의 설계는 다음 사항을 고려하여 검토하여야 한다.

- (1) 선박의 충격력(방충재 반력)
- (2) 선박의 견인력

- (3) 파력
- (4) 조류력

[참 고]

- (1) 외력으로서는 다음 중에서 가장 큰 것을 사용한다.
 - ① (선박의 충격력) + (조류력)
 - ② (선박의 견인력) + (조류력)
 - ③ (파력) + (조류력)
- (2) 선박의 충격력은 KDS 64 10 10 설계조건 (4.1.2.2 선박의 접안시 발생하는 외력, 4.1.2.3 계류 중 선박의 동요에 의하여 발생하는 외력)에 의한다. 선박의 견인력은 KDS 64 10 10 설계조건 (4.1.2.7 계선주에 작용하는 힘)에 의한다.
- (3) 파력은 KDS 64 10 10 설계조건 (4.3.9.3 수중부재에 작용하는 파력, 4.3.9.4 부체에 작용하는 파력)에 의하여 산정한다. 파력의 항력계수는 입방체에 대한 것을 써도 좋다. 또 항력이 작용하는 면적은 정수면 이하를 쓰면 된다. 위에서 말한 파력은 정지한 폰툰에 작용하는 것이며, 폰툰의 고유진동주기가 파랑의 주기에 가까울 때는 공진을 일으켜 큰 힘이 계류체인에 작용하므로 주의하여야 한다.
- (4) 조류의 속도는 KDS 64 10 10 설계조건 (4.5.1 흐름의 제원)에 의하여 결정하는데 실측에 의한 것이 좋다. 또 조류력은 KDS 64 10 10 설계조건 (4.5.2 수중부재 및 구조물에 작용하는 흐름의 힘)에 의해 산정한다. 항력계수는 파력과 같은 입방체에 대한 것을 써도 좋다.

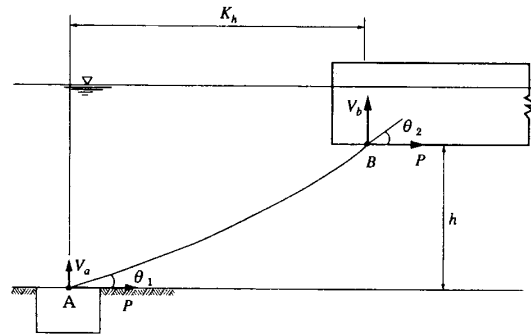
4.1.4.3 계류체인의 설계

- (1) 폰툰은 4귀통이의 계선주에 체인 홀(Line hole)을 통하여 계류체인으로 연결하고 앵커로 해저에 고정한다.
- (2) 체인의 직경은 만조 시에 KDS 64 55 30 부유식 계류시설 (4.1.4.2 설계외력)에 의한 인장력에 대하여 절단되지 않도록 결정하여야 한다.

[참 고]

- (1) 체인은 선박의 접안을 방해하지 않도록 폰툰 밑에서 십자로 교차시킨다.[참고 그림 (4.1-6) 참조].
- (2) 일반적으로 계류체인의 길이는 수심의 5배에 고저차를 더한 것으로 한다. 체인을 당길 때는 다음 점에 주의하여야 한다.
 - ① 만조 시에 너무 당겨서 체인에 여분의 인장력을 주지 않을 것
 - ② 만조 시에 선박의 접안을 방해하지 않을 것
 - ③ 만조 시에 충분한 앵커력을 확보할 수 있을 것

- ④ 간조 시에 폰툰의 수평이동량을 적게 할 것
- (3) 강제앵커의 앵커력은 앵커와 연결된 체인이 수평면과 이루는 각도가 3°이상으로 되었을 때 현저하게 감소한다고 한다.
- (4) 폰툰과 앵커의 수평거리, 폰툰의 수평이동량 및 앵커가 체인과 이루는 각은 다음 (5)~(9)항을 참조한다.



참고 그림 (4.1-6) 계류체인의 설계

- (5) 체인에는 주강앵커체인, 전기용접 앵커체인, 단조앵커체인 등이 있는데 스톨드(Stud)가 붙은 체인을 사용하여야 한다. 시험에 의하여 정해진 인장강도(파단시험荷重)의 1/3을 그 허용 인장력(引張力)으로 한다.
- (6) 체인의 중량은 KS의 규격에 표시된 최소중량으로 한다.
- (7) 체인이 받는 최대 견인력(牽引力)은 폰툰과 체인의 시스템(System)을 동력학적으로 분석하여야 하나, 계산이 복잡한 경우는 정력학적으로 해석할 수 있다. 일반적으로 외력(外力)에 대하여 각 체인이 한 줄로 저항(抵抗)한다고 보고 설계한다. 체인이 현수곡선을 이룬다고 하면, 체인에 작용하는 최대 인장력(引張力)은 참고 식 (4.1-9)로 표시한 것과 같다.

$$T = P \sec \theta_2$$

참고 식 (4.1-9)

앵커에 작용하는 수평력(水平力)은 폰툰에 작용하는 수평력이고, 연직력(鉛直力)은 참고 식 (4.1-10)과 같다.

$$V_a = P \tan \theta_1$$

참고 식 (4.1-10)

폰툰과의 연결점(連結點)에서 작용하는 연직력은 참고 식 (4.1-11)과 같다.

$$V_b = P \tan \theta_2$$

참고 식 (4.1-11)

단, θ_1 , θ_2 는 체인의 길이 l , 체인의 단위길이의 중량(重量) w 를 가정하여, 참고 식 (4.1-12)를 풀어서 구한다.

부유식 계류시설

$$l = \frac{P}{w}(\tan\theta_2 - \tan\theta_1)$$

$$h = \frac{P}{w}(\sec\theta_2 - \sec\theta_1) \quad \text{참고 식 (4.1-12)}$$

수평력이 작용할 때의 앵커와 폰툰의 수평거리는 참고 식 (4.1-13)으로 주어지므로, 수평력이 작용하지 않을 때의 위치로부터 폰툰의 수평 이동량이 산정된다.

$$K_h = \frac{P}{w} [\sinh^{-1}(\tan\theta_2) - \sinh^{-1}(\tan\theta_1)] \quad \text{참고 식 (4.1-13)}$$

보통 직경의 체인을 사용할 경우, 체인이 그리는 현수곡선은 거의 직선과 다름없으므로 참고 식 (4.1-9), 참고 식 (4.1-10) 및 참고 식 (4.1-11)의 계산에서 $\theta_2 = \theta_1 = \sin^{-1} \frac{h}{l}$ 로 해도 큰 차이는 없다. 또 K_h 는 근사적으로 $K_h = \sqrt{l^2 - h^2}$ 로 해도 좋다.

여기서, T : 체인에 작용하는 최대인장력(kN)

P : 수평외력(kN)

V_a : 앵커에 작용하는 연직력(kN)

V_b : 폰툰과 체인의 연결부에 작용하는 연직력(kN)

θ_1 : 앵커와 체인의 연결점에서 체인이 수평면과 이루는 각(°)

θ_2 : 폰툰과 체인의 연결점에서 체인이 수평면과 이루는 각(°)

l : 체인의 길이(m)

w : 체인의 단위길이당 수중중량(kN/m)

h : 폰툰 저면으로부터의 수심(m)

K_h : 앵커에서 폰툰의 체인 연결점까지의 수평거리(m)

- (8) 체인의 직경을 구하는 데는 체인의 마모, 부식, 생물부착 등을 충분히 고려하여야 한다. 또 체인은 정기적으로 점검하고 필요에 따라서 교체하는 등 유지관리에 주의하여야 한다.
- (9) 동요수치 시뮬레이션(Simulation)을 써서 체인의 직경을 선정할 때는 캐터네리(Catenary) 이론 등 적절한 방법을 써서 계류의 변위복원력 특성을 결정한다.

4.1.4.4 앵커의 설계

앵커의 중량과 설치방법은 계류체인에 KDS 64 55 30 부유식 계류시설(4.1.4.3 계류 체인의 설계)에 의한 최대인장력이 작용할 때 앵커의 안정성이 확보될 수 있도록 검토하여야 한다.

[참 고]

- (1) 앵커의 저항력으로부터 보통 다음과 같은 것을 고려하나, 앵커는 현지에서 안정을 확인하는 것이 바람직하다.

① 콘크리트 블록인 경우

가. 점성토인 경우

수평저항력 : 저면 및 측면의 점착력, 수동토압과 주동토압의 차

연직저항력 : 수중중량, 수중 흙 덮개의 중량

나. 사질토인 경우

수평저항력 : 저면마찰력, 수동토압과 주동토압의 차

연직저항력 : 수중중량, 수중 흙 덮개의 중량

그러나 저면마찰력의 계산에 쓰는 연직력은 블록의 수중중량과 블록에 작용하는 체인의 인장력의 연직분력의 차로 한다.

② 강재 앵커인 경우

수평저항력 : 앵커력

연직저항력 : 수중중량

강재앵커의 앵커력은 참고 식 (4.1-14)으로 구한다.

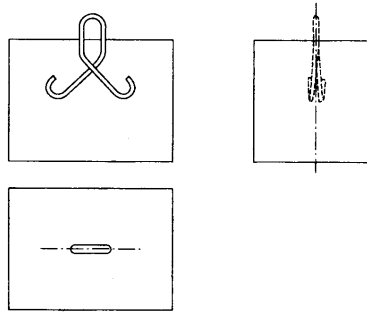
$$\left. \begin{array}{ll} \text{연약한 점토} & T_A = 17 W_A^{\frac{2}{3}} \\ \text{단단한 점토} & T_A = 10 W_A^{\frac{2}{3}} \\ \text{모래} & T_A = 3 W_A \\ \text{평암} & T_A = 0.4 W_A \end{array} \right\} \quad \text{참고 식 (4.1-14)}$$

여기서, T_A : 앵커력(kN)

W_A : 앵커의 수중중량(kN)

- (2) 안전율은 1.2 이상으로 한다.
- (3) 앵커로서 콘크리트 블록을 쓸 경우는, 해저에 묻어두는 것이 바람직하다.
- (4) 콘크리트 블록의 앵커는 앵커링을 일반으로 참고 그림 (4.1-7)과 같이 설치한다. 앵커링의 설계는 KDS 64 14 20 프리캐스트 콘크리트 부재(4.1.6 리프팅(Lifting)부의 설계)에 따른다.
- (5) 콘크리트 블록의 중량은 150~700kN 정도의 것이 많으며 필요에 따라 콘크리트 블록에 철근을 사용하는 경우도 있다.
- (6) 직육면체의 앵커블록을 점성토 중에 깊이 매입할 때의 수평저항력에 대해서 한센(B. Hansen)은 블록의 둘레에 활동면을 가정해서 참고 식 (4.1-15)를 제안하였으며

$$P = 11.4ch \quad \text{참고 식 (4.1-15)}$$



참고 그림 (4.1-7) 콘크리트제 앵커의 예

맥켄지(Mackenzie)는 실험에 의해서 블록높이의 1.2배 이상 깊이 매입한 블록에 대해서는 참고 식 (4.1-16)을 도출하였다.

$$P = 8.5ch$$

참고 식 (4.1-16)

여기서, P : 블록 단위폭당의 저항력 (kN/m)

c : 점성토의 점착력 (kN/m²)

h : 블록의 높이 (m)

- (7) 계류앵커는 통상 콘크리트 블록을 쓰는 것이 많으나 강제 계류앵커는 통상 사질지반에 사용되는 것이 많다. 강제 계류앵커는 KS에 규정된 항만용 계류앵커를 사용하나 싱글 플루크 스톡 앵커(Single fluke stock anchor)를 쓰는 것이 많다.
- (8) 앵커의 인양, 재사용 및 안전한 항행 등을 위하여 계류 앵커의 위치(좌표 또는 설치함선을 기준으로 한 위치)를 도면에 표기한다.

4.1.5 도교의 설계

4.1.5.1 치수와 경사

도교의 치수 및 경사는 부잔교의 화물, 여객의 취급능력이 확보되도록 결정하여야 한다.

[참 고]

(1) 도교의 종류

도교의 형식에는 다음과 같은 종류가 있으므로 설치장소의 조건(條件)에 따라 적당한 형식을 선정한다.

① 도교를 조절탑에 매단 형식

가. 수동 조절식

조위의 고저에 따라 수동(手動)으로 조절하는 것으로 동요가 많은 곳에 적합하다.

악천후에는 교체(橋體)를 감아올려서 부함과 절연시킬 수 있다는 장점이 있으나 조절조작이 복잡하다.

나. 자동 조절식

연락도교의 중량을 조절탑에 매달아 대부분의 연결도교 중량을 조절탑이 받고 폰툰에서 일부를 받는다. 조절탑에 카운터웨이트(Counter weight)를 달아 교체의 가동하중을 가볍게 하고, 조위에 따라 자동적으로 상하로 움직이게 한다. 파도가 높은 곳에서는 적합하지 않다.

② 조절탑을 쓰지 않고 도교의 한끝을 실은 형식

도교는 동요가 적은 곳 또는 내해로서 파도가 거의 작용하지 않는 곳에 사용된다.

도교의 가동단은 마찰이 매우 심하기 때문에 합선 상부의 손상 방지를 위해 철판 등으로 보강하고 도교의 추락 등을 예방하기 위한 이탈방지 시설 설치 등 안전관리 대책을 수립한다.

- (2) 도교의 경사는 KDS 64 60 20 페리부두(4.3.2 폭, 연장, 경사 및 곡률반경, 4.4.2 폭, 연장, 경사 및 부대설비)에 의하는 것이 바람직하다.
- (3) 도교의 치수에 대해서는 안전성이 충분히 있는 구조로 하는 것이 바람직하다.

4.1.5.2 하중조건

도교는 KDS 24 00 00 교량에 따르며 여객전용시설은 군중하중만을 고려한다.

[참 고]

- (1) 육지(陸岸)와의 연락도교는 거의 강교로서 포니트러스 또는 플레이트 거더(Girder)로 하는 수가 많다. 폰툰(Pontoon)간의 연결도교는 강재의 플레이트 거더, I 빔, 포니트러스 또는 슬래브로 하는 경우가 많다.
- (2) 자동차하중은 2등교(DB-18)로 설계하는 수가 많으나 이용 상태를 고려하여 결정한다.
- (3) 육지와와의 연락도교의 받침부는 폰툰(Pontoon)의 동요가 적은 경우는 육지 쪽을 힌지(Hinge)로 하고, 폰툰(Pontoon)쪽을 로울러 지지로 하거나 조절탑으로 매어단다. 동요가 많은 폰툰에서는 도교는 보호강판위에 단순히 올려놓아 육지에 연결시킨다. 이때 탈락을 방지하기 위해 체인으로 폰툰을 육지에 앵커 한다.
또 도교에서 폰툰까지의 통행을 원활히 하기 위해 도교의 폰툰 쪽 끝에 에이프런 판을 설치한다.
롤러 지지부에 접하는 폰툰슬래브에는 보호를 위해 강판을 댄다. 폰툰간의 도교의 받침은 한 쪽은 힌지로 하고, 다른 쪽은 로울러로 한다. 기타는 도교에 따른다.
- (4) 폰툰의 동요에 의해 도교에 수평면내로 힘이 가해지고 힌지 부분이 파괴된 적이 있으므로 주의를 요한다.
- (5) 안전시설로서 난간을 설치하고 필요에 따라서 차막이를 설치하는 것이 좋으며 「항만 시설물의 안전시설 설계지침·해설」(해양수산부, 2020) 중 제4장 제17조 피해예방시설

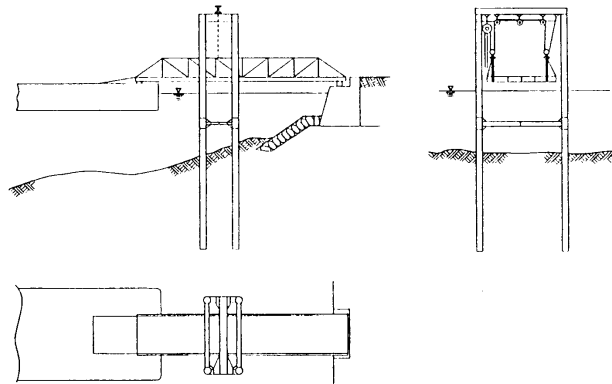
을 참고할 수 있다.

4.1.5.3 조절탑

조절탑은 도교의 반력, 지진력에 대하여 안전하도록 검토하여야 한다.

[참 고]

- (1) 육지와와의 연락도교는 폰툰에 작용하는 지점반력을 경감하기 위하여 악천후 시에 연락도교를 감아올리기 위해 연락도교의 폰툰 쪽에 조절탑을 설치하는 경우가 있다.
- (2) 조절탑에는 조위의 고저에 따라 사람이 항상 조절하는 것과 도교의 중량의 대부분을 조절탑의 카운터웨이트로 매달아 일부를 폰툰위에 올려놓아 조위의 고저에 따라 자동적으로 오르내리도록 한 것이 있다.
- (3) 조절탑은 철근콘크리트 또는 강재 등으로 만드는 경우가 많고, 여기에 도르래, 카운터웨이트 및 행거가 연결되어 있다. 참고 그림 (4.1-8)은 조절탑의 한 예를 표시한 것이다. 조절을 사람이 할 경우는 체인블록을 감아서 조절한다.



참고 그림 (4.1-8) 조절탑의 예

4.1.5.4 도교의 교대

도교의 교대는 KDS 64 55 20 고정식 계류시설 (4.1 중력식 안벽)에 따른다.

[참 고]

외력으로서의 도교의 지점반력과 도교에 작용하는 진동 등도 고려한다.

4.2 계선부표

4.2.1 적용범위

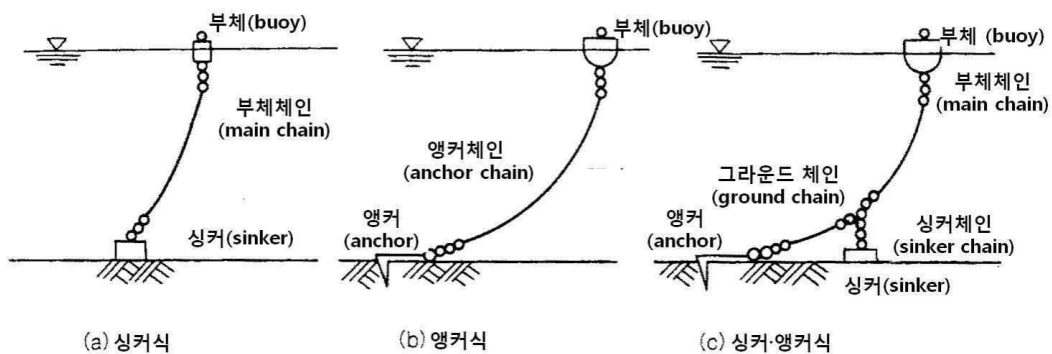
계선부표는 계류방식, 자연 상황 및 대상선박의 주요치수 등에 대하여 안정한 구조이어야 한다.

[참 고]

(1) 계선부표(繫船浮標)는 선박(船舶)이 바람, 조류(潮流), 파랑(波浪)등으로 인하여 정박지로부터 밀려나가는 것을 막고, 이를 안전하게 정박지 안에 계류(繫留)시킬 목적으로 만들어지는 시설이다. 앵커형태에 따라 싱커식(Sinker type), 앵커식(Anchor type), 싱커·앵커식(Sinker-anchor type)의 3종으로 나눈다.

싱커식은 참고 그림 (4.2-1)(a)에 나타난 바와 같이 부체(Buoy), 부체체인(Main chain), 싱커로 이루어지고 앵커는 쓰이지 않는다.

앵커식은 참고 그림 (4.2-1)(b)에 나타난 바와 같이 부체(Buoy), 앵커체인(Anchor chain), 앵커로 이루어지고, 싱커(는 쓰이지 않는다. 다른 형식에 비하여 공사비가 저렴하지만 선박의 유동반경이 커지므로 정박지면적에 제한이 있는 곳에는 적합하지 않다.

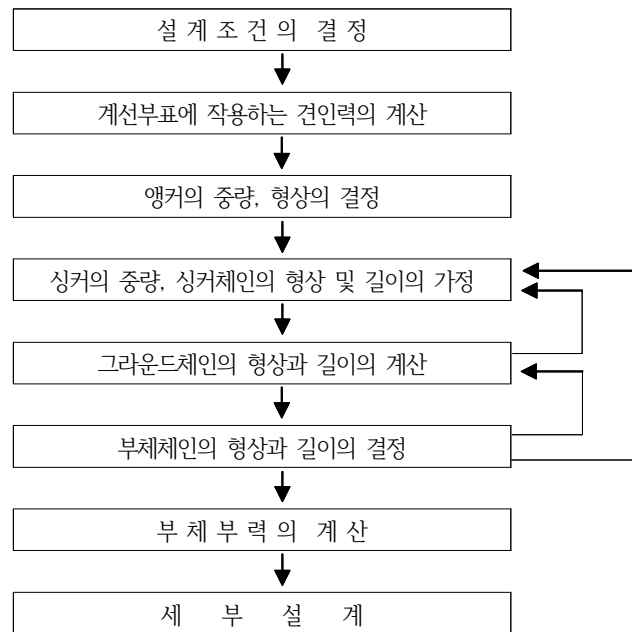


참고 그림 (4.2-1) 계선부표의 형식

싱커·앵커식은 참고 그림 (4.2-1)(c)에 나타난 바와 같이 부체(Buoy), 부체체인(Main chain), 그라운드체인(Ground chain), 앵커, 싱커로 이루어지며 가장 많이 사용된다. 싱커를 무겁게 하면 선박의 유동반경이 짧아지므로 좁은 정박지에서도 이용된다.

부유식 계류시설

(2) 계선부표의 설계는 일반적으로 다음 순서로 하는 것이 좋다.



참고 그림 (4.2-2) 계선부표의 설계순서

(3) 계선부표의 부체체인과 그라운드체인의 인장력 등의 각 요소 간에 작용하는 내력은 구성요소의 형상과 무게에 따라 정해지는 것으로 이들의 구성요소 가운데 어느 하나의 형상을 바꿔도 모든 내력이 변한다. 따라서 경제적인 부표의 설계는 각 요소의 형상을 미리 가정하여 내력을 계산한 다음에 각 요소의 형상을 점차적으로 수정해 나가면서 가장 알맞은 형상을 결정하는 시산해법을 적용하여야 한다.

4.2.2 설계조건

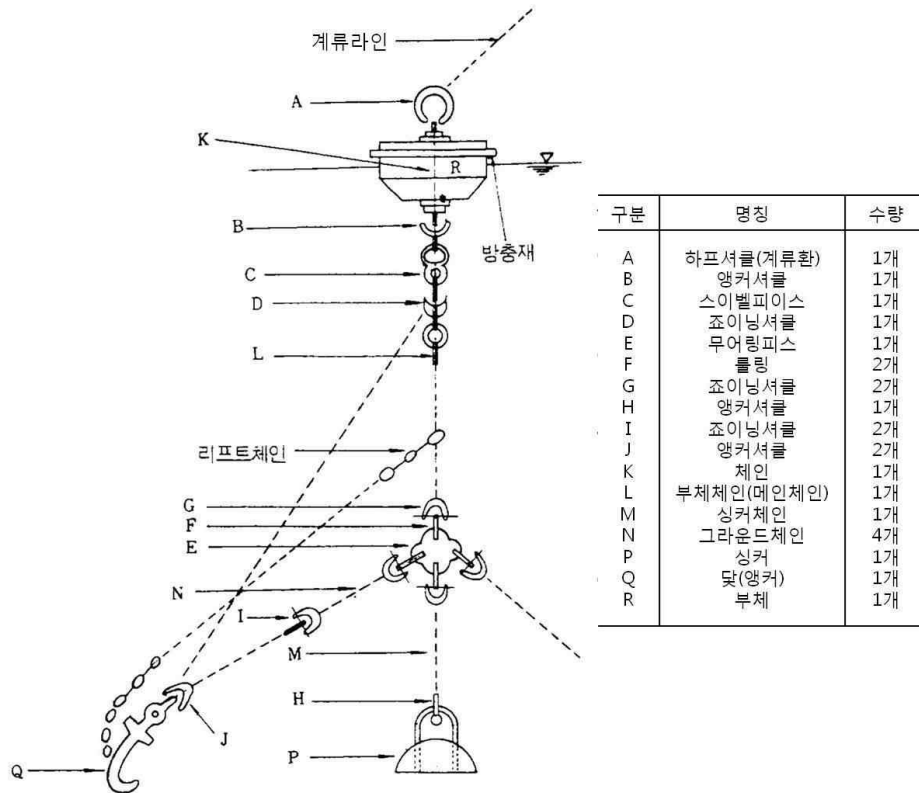
계선부표를 설계할 때에는 계류조건, 자연조건 및 대상선박의 제원을 고려하여야 한다.

[참 고]

계선부표의 설계는 다음의 사항을 참고하는 것이 바람직하다.

- (1) 계류조건
 - ① 계류방법(단부표박, 쌍부표박)
 - ② 선박의 허용이동범위
- (2) 자연조건
 - ① 바람
 - ② 조류

- ③ 파 랑
- ④ 정박지의 토질
- ⑤ 수 심
- ⑥ 조 위



참고 그림 (4.2-3) 계선부표 일반도

(3) 대상선박의 제원

- ① 선박의 길이
- ② 흘 수
- ③ 선박의 폭
- ④ 수면에서 호스파이프(Hose pipe)까지의 높이
- ⑤ 흘수위의 정면 및 측면 투영면적
- ⑥ 흘수아래의 정면 및 측면 투영면적

- (4) 계선부표를 사용한 선박의 계류는 단부표박과 쌍부표박으로 나뉘어진다. 쌍부표박은 2개 이상의 부표를 사용하여 선박을 계류하므로 선박의 방향이 대략 일정하고 1척당의 정박지면적은 적으나 부표에는 큰 견인력이 작용한다. 반대로 단부표박의 경우는 부표에 활동하는 견인력은 적으나 소요정박지면적은 넓게 된다.
- (5) 계선부표는 폭풍해일 및 지진해일 등과 같은 이상시 파랑에 대한 계류앵커의 안정성이 확보되어야 하며, 부체 구조물이 표류하여 주변에 중대한 영향을 미치지 않도록 배치할 필요가 있다.

4.2.3 계선부표에 작용하는 견인력

계선부표에 작용하는 선박의 견인력은 계선부표의 구조의 특성에 대해 KDS 64 10 10 설계조건의 규정에 따라 설정되는 외력 또는 기왕의 계선부표의 견인력의 실태를 바탕으로 산정한다.

[참 고]

- (1) 계선부표에 작용하는 견인력은 계류된 선박에 작용하는 바람, 조류, 파랑 등의 외력에 지배된다. 풍력, 파력 등은 동역학적 하중이어서 이들과 견인력 사이의 관계에는 불분명한 점도 많으며 너울(Swell) 등으로 인하여 견인력이 작용하는 일도 있으므로 견인력은 기존의 같은 종류의 부표에 작용하는 견인력도 참고하면서 신중하게 결정해야 한다.
- (2) 계류부체에 대해서 동적계류해석을 하는 경우에는 파의 주기에 의해서 그 응답특성이 크게 다르므로 일반적으로 단일주기파에 의한 검토에서는 과대 또는 과소한 결과가 되기 때문에 스펙트럼을 갖는 불규칙파로서 검토할 필요가 있다.
- (3) 최근에 설계된 계선부표의 설계조건과 설계하중은 참고 표 (4.2-1)과 같다.

참고 표 (4.2-1) 계선부표의 예

대상선박 (DWT)	계선방법	풍 속 (m/s)	조 류 (m/s)	파 고 (m)	견인력 (kN)
1,000	단부표박	50	0.5	2.0	185
3,000	〃	50	0.5	4.0	409
15,000	〃	15	0.51	0.7	245
20,000	〃	20	1.0	-	589
130,000	〃	60	0.67	10.0	1,370
260,000	〃	25	0.51	3.0	1,840
30,000	쌍부표박	15	-	-	1,490
100,000	6점 계류	20	-	1.5	1,470

- (4) 단부표박(單浮標泊)인 경우에는 선박이 회전운동(이리저리 왔다 갔다 하는 움직임)을 한다.
이에 관한 어느 모형실험에 의하면, 풍향과 선축(船軸)사이의 교각인 회전각(回振角)은 최대 30°정도이고, 이것은 앵커체인(Anchor chain)의 길이와 풍속에 따라 변한다.
- (5) 쌍부표박(雙浮標泊)의 경우에는 선박의 회전운동이 작으므로 견인력을 감소시키기 위하여 풍향과 조류의 방향에 평행이 되도록 부표(浮標)를 배치하는 것이 좋다.
- (6) 이상시의 파고가 큰 경우에는 계선부표에 충격적인 인장력이 작용한다. 충격적인 인장력을 저감하기 위해서는 탄성을 갖는 체인을 계류라인의 일부에 사용하는 것이 바람직하다.

4.2.4 계선부표 각부의 설계

계류앵커, 싱커(Sinker) 및 싱커체인(Sinker chain), 그라운드체인(Ground chain), 부체체인(Main chain), 부체(Buoy) 등의 각 부의 규모 또는 소요강도 등은 KDS 64 55 30 부유식 계류시설(4.1 부잔교)의 규정에 따라 선박(船舶)의 견인력(牽引力), 계선부표(繫船浮標)의 구조, 계선방법(繫船方法) 등에 대해서 설정하여야 한다.

[참 고]

- (1) 계선부표(繫船浮標) 1기에 보통 3개의 앵커를 배치한다. 그러나 설계에서는 그 중 1개의 앵커만이 수평력에 저항하는 것으로 본다.
- (2) 계선부표에 작용하는 수평력에 대해서는 앵커만이 저항하는 것으로 본다. 앵커의 앵커력에 관해서는 KDS 64 55 30 부유식 계류시설(4.1.4.4 앵커의 설계)에 의해서 구한다. 그라운드체인(Ground chain) 가운데 해저(海底)에 접하고 있는 부분[KDS 64 55 30 부유식 계류시설(4.2 계선부표)의 그라운드체인 참조]의 앵커력을 기대할 수도 있으나 앵커와 그라운드체인의 공동작용의 힘 분배에 관해서는 불분명한 점이 있고, 또 그라운드체인의 저항력은 앵커에 비하여 상당히 작으므로 앵커만으로 수평력에 저항한다고 보아 설계하는 것이 타당하다. 항만용에 일반적으로 사용되고 있는 계류(繫留)앵커의 종류는 단일 닻형 고정 앵커(Single fluke stock anchor)이다[KDS 64 55 30 (4.1.4.3 계류체인의 설계) 참조].
- (3) 단일 닻형 고정 앵커(Single fluke stock anchor) 대신에 매설앵커를 사용하는 경우도 있다.
- (4) 계류앵커의 파주력(把駐力)은 해저(海底)의 토질, 지형, 계류앵커 형상(形狀) 등에 의해 불규칙성이 크므로 그 안정(安定)에 대해서는 실제로 확인하는 것이 바람직하다.
- (5) 싱커체인의 길이는 보통 3~4m이다. 싱커체인의 길이가 너무 길면 그라운드체인의 떠오르는 양이 커져서 그라운드체인이 엉키기 쉬워지며, 이것은 마모나 절단의 원인이 되므로 너무 길게 하지 않는 것이 좋다.
싱커체인은 부체체인과 같은 직경의 것을 사용한다.
- (6) 싱커에 작용하는 연직력 또는 수평력은 KDS 64 55 30 (4.2 계선부표)의 부체체인에 의해서 계산되는 부체체인 장력 또는 부체의 수평이동 거리에 의해서 계산할 수 있으나 조류 속 또는 파고가 클 경우는 싱커체인에 작용하는 조류력과 파력의 수평, 수직성분을 추가로 합산한다. 이때 파력은 KDS 64 10 10 설계조건(4.3 파랑 및 파력, 4.3.9.3 수중부재에 작용하는 파력 및 4.3.9.4 부체에 작용하는 파력)을 참조하며, 조류력은 파력 중 항력에 준하여 산정한다.

$$P_V = T_A \cdot \sin \theta_1 = (T_C - w\ell) \sin \theta_1$$

참고 식 (4.2-1)

$$P_H = T_A \cdot \cos \theta_1 = (T_C - w\ell) \cos \theta_1$$

부유식 계류시설

여기서, P_V, P_H : 싱커 등에 작용하는 연직력.수평력 (kN)

θ_1 : 싱커의 연결점으로 부체체인의 수평이 되는 각(°)

T_A : 싱커의 연결점에 있어서 부체체인의 장력(kN)

T_C : 부체에 연결점에 있어서 부체체인의 장력(kN)

w : 부체체인의 단위길이당의 수중중량(kN/m)

ℓ : 부체체인의 길이(m)

θ_1 는 다음 식을 풀어 구한다.

$$\ell = \frac{T_A \cos \theta_1}{w} (\tan \theta_2 - \tan \theta_1) \quad \text{참고 식 (4.2-2)}$$

$$\Delta K = \frac{T_A \cos \theta_1}{w} \{ \sinh^{-1}(\tan \theta_2) - \sinh^{-1}(\tan \theta_1) \}$$

여기에서, ΔK : 부체의 수평이동거리(m)

θ_2 : 부체와의 연결점에서 부체체인이 수평이 되는 각(°)

설계조건(條件)에 대하여 견인력(牽引力)이 걸리는 경우, 부체체인은 근사적으로 직선이 되므로

$$\theta_2 = \theta_1 = \cos^{-1} \frac{\Delta K}{\ell} \quad \text{참고 식 (4.2-3)}$$

으로 하여도 좋다.

(7) 싱커의 무게

싱커의 무게는 대형선박 5,000 GT에 대하여 약 50kN정도, 10,000 GT에 대하여 약 80kN 정도가 보통이므로 이 값을 참고로 하여 결정한다. 위의 싱커의 무게는 수중 중량이다. 싱커는 필요한 무게만 있으면 그 형상이나 재질은 관계없으나, 보통은 원반 모양의 주강이 사용되며, 저면을 약간 오목한 형상(凹)으로 해두면 해저면이 연약한 경우에는 지반과의 부착효과를 상당히 기대할 수 있다.

콘크리트를 사용할 수 있으나 해수에 의한 염화 및 충격에 의하여 파손되는 경우가 있다.

(8) 싱커의 목적은 체인에 작용하는 충격력(衝擊力)을 흡수하는 동시에 부체체인의 길이를 짧게 하는데 있다. 따라서 선박(船舶)의 이동거리를 짧게 하기 위하여 부체체인을 짧게 하려면 그만큼 싱커의 무게를 증가시켜야 한다.

(9) 싱커 대신 매설앵커를 사용하는 경우도 있다.

(10) 그라운드체인의 길이는 보통 50m 정도로 하며, 앵커와의 연결점에서 해저면과 이루는 각도가 3° 이상이 되면 앵커의 앵커력이 급감하므로 이 각도를 3° 이하로 할 필요가

있다. 부표에 견인력(牽引力)이 작용했을 때에 그라운드체인이 위의 조건(條件)을 만족(滿足)시키도록 그라운드체인의 수중무게를 결정하는 일이 많다. 또한, 견인력이 큰 경우에는 그라운드체인의 길이를 위의 값보다 길게 하여 앵커와 그라운드체인의 연결 각도를 작게 하는 수도 있다.

앵커 연결점에서 그라운드체인의 경각(傾角)(θ_1)은 KDS 64 55 30 (4.1.4.3 계류체인의 설계)의 참고 식 (4.1-12)를 사용하여 산출할 수 있다. 이 경우 기호의 일부는 다음과 같다[참고 그림 (4.2-4) 참조].

l : 그라운드체인의 길이[참고 그림 (4.2-4)의 l_g] (m)

h : 그라운드체인의 상단과 해저면 사이의 거리 곧, 싱커체인의 길이와 싱커의 높이의 합에 여유를 더한 것(참고 그림 (4.2-4)의 h_g) (m)

P : 부체에 작용하는 견인력의 수평분력(kN)

w : 그라운드체인의 단위길이당의 수중중량(kN/m)

θ_2 : 그라운드체인 상단의 경각($^\circ$)

단, 계산할 때에는 l_g , w 및 h_g 를 가정하여 θ_1 을 구하고, 이것이 3° 이하로 되도록 한다.

- (11) 그라운드체인의 최대인장력(T_g)은 KDS 64 55 30 (4.1.4.3 계류체인의 설계)의 참고 식 (4.1-9)로 부터 구한다. 여기서, P 는 부표에 작용하는 선박의 견인력의 수평분력이고 θ_2 는 그라운드체인 상단에서의 그라운드체인의 경사각이다. 그라운드체인의 형상은 이 인장력에 견딜 수 있는 것이라야 한다.

- (12) 그라운드체인의 허용인장력은 KDS 64 55 30 (4.1.4.3 계류체인의 설계)의 [참고] (5)에 따라 결정한다.

그러나 계선부표의 경우에는 체인을 무겁게 하여 충격적으로 가해지는 에너지를 흡수하거나 KDS 64 55 30 (4.1.4.3 계류체인의 설계)의 참고 식 (4.1-12)에서 체인의 길이를 짧게 함으로서 선박의 유동범위를 작게 하는 등 단순한 강도의 관점에서만 체인의 굵기를 결정하는 것이 아니라 내력시험하중의 1/5~1/8 정도가 작용하는 최대인장력과 같이 되는 굵기의 체인이 사용되고 있다.

- (13) 부체체인의 길이(l_f)는 수심의 1.4배 정도가 보통이다. 부체체인이 너무 길면 엉켜서 마모나 절단의 원인이 되는 일이 있으므로 조심할 필요가 있다.

- (14) 부체체인의 단위길이당의 수중중량(W_f) (t/m^3)은 KDS 64 55 30 (4.1.4.3 계류체인의 설계)의 참고 식 (4.1-12)로부터 산출할 수 있다.

여기서 l 은 부체체인의 길이 [참고 그림 (4.2-4)의 l_f] (m)이고, h 는 부체체인 상하단의 연직거리[참고 그림 (4.2-4)의 h_f] (m)이다. 다시 말하면 h 는 부체와의 연결점과 싱커 저면이 완전히 해저면으로부터 떨어지도록 잡아 올렸을 때의 싱커체인 상단사이의 연직거리이다.

여기서 P 는 부표에 대한 견인력의 수평분력(t), θ_2 , θ_1 은 각각 부체체인 상하단의 경각(θ_2 , θ_1)이다. θ_1 은 부체체인 하단의 인장력(T_{fu}), 그라운드체인 상단의 인장력(T_g) 및 싱커체인 상단의 인장력(T_{su}) 사이의 평행조건으로부터 참고 그림 (4.2-4)에서 산출할 수 있다.

T_{su} 는 싱커와 싱커체인 수중중량에 지나지 않고, T_g 와 그 작용방향은 KDS 64 55 30 (4.2 계선부표)의 그라운드체인에서 이미 산출되어 있다.

- (15) 부체체인 상단에서 인장력은 KDS 64 55 30 (4.1.4.3 계류체인의 설계)의 참고 식 (4.1-9)에 따라 계산된다.

이때 수평외력은 견인력의 수평분력을 취하면 된다. 또 부체와의 연결점에서 부체체인이 수평면과 이루는 각(θ'_2)은 이미 산출된 부체체인의 단위길이당의 수중중량을 사용하여 참고 식 (4.1-12)로부터 구해진다.

이 인장력에 대하여 부체체인의 강도를 검토해야 한다.

- (16) 부체의 수평이동량(K)은 KDS 64 55 30 (4.1.4.3 계류체인의 설계)의 참고 식 (4.1-13)으로부터 계산한다.

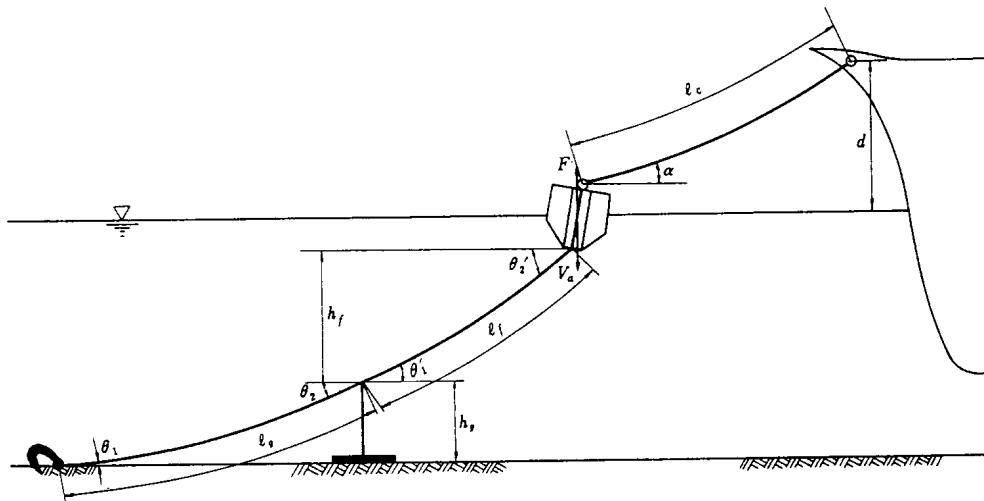
이때 기호의 일부는 다음과 같다.

θ_1 : 부체체인 하단이 수평면과 이루는 각[참고 그림 (4.2-4)의 θ_1](°)

θ_2 : 부체체인 상단이 수평면과 이루는 각[참고 그림 (4.2-4)의 θ_2](°)

이 K_h 의 값이 정박지의 면적에 대하여 적당한 값인가를 검토하고, 과대한 경우에는 부체체인을 짧게 하는 동시에 싱커의 무게 또는 부체체인의 단위길이 당의 무게를 증가시킨다.

- (17) 계선부표에 설계견인력이 작용하여도 부체가 물속으로 끌려들어가지 않도록 해야 한다. 선박이 계류되어 있지 않는 경우에 부체 체인이 때에 따라서는 싱커체인 및 그라운드체인의 일부가 매달려 처져 있어도 부체는 수면상으로 1/2~1/3정도 떠올라 있어야 한다. 이 2가지 조건을 만족시키도록 부력을 결정한다. 전자의 조건을 만족시키는 데 필요한 부체부력은 참고 식 (4.2-4)로부터 구한다.



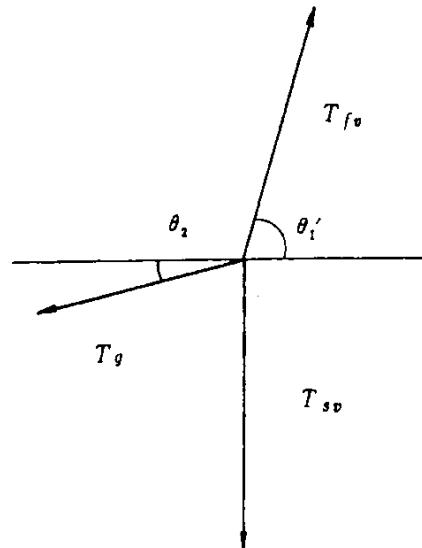
참고 그림 (4.2-4) 싱커·앵커식 계선부표의 형식

$$F = V_a - \frac{P}{\sqrt{\left(\frac{lc}{d}\right)^2 - 1}}$$

참고 식 (4.2-4)

여기서, F : 부체의 소요부력(kN) V_a : 부체에 작용하는 연직력(kN) (KDS 64 55 30 부잔교(4.1.4.3 계류체인의 설계)
의 참고 식 (4.1-11)로부터 구해진다) P : 설계견인력(kN) lc : 계류라인의 길이(m) d : 선박의 파이프 매니홀드에서 수면까지 높이(m)

그러나 실제 필요한 전체의 부력은 견인력에 저항하는데 필요한 부력과 부체의 자중과의 합이다.



참고 그림 (4.2-5) 그라운드체인의 인장력(引張力)

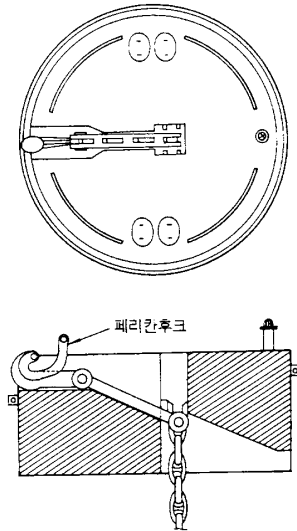
- (18) 부체에는 배(梨)형, 통(桶)형, 원통형, 구형, 원추형, 팽이형 등이 있다. 현재 주로 많이 사용되고 있는 것이 팽이형이다. 부체의 각 부분은 임의의 방향으로 전도하면서 물속으로 끌려 들어간 상태에서 받은 수압에 견딜 수 있도록 설계되어야 한다. 부체내부에 격벽을 설치할 필요가 있는 경우도 있다. 또한, 부체에는 목재, 고무제 등의 완충재를 설치하여 선박의 충격에 의한 손상으로부터 보호할 필요가 있다.
- (19) 샤클(Shackle), 스위벨(Swivel), 링(Ring), 무어링피스(Mooring piece) 등의 부속품은 체인의 강도에 대응하는 강도를 가진 것을 사용한다.
- (20) 부체와 부체체인의 연결부 및 싱커체인과 부체체인의 연결부에 있는 각종의 샤클(Shackle), 스위블(Swivel) 등은 부체의 유동에 의한 마모가 크므로 설계와 관리에 있어서는 이 점에 유의해야 한다.

부유식 계류시설

- (21) 부체체인, 그라운드체인 및 싱커체인은 매년 1~2회 조사하고 당초의 직경의 10% 이상의 마모, 부식이 있으면 교환하는 것이 바람직하다. 일반적인 사용 상태로는 4년에 1회 비율로 교환하고 있는 경우가 많다.
- (22) 하프 샤클(Half shackle)의 표준치수는 참고 표 (4.2-2)과 같으며, 하프 샤클을 설치하고 해체하는데 간단한 기구를 사용할 수도 있다.

참고 표 (4.2-2) 하프 샤클(half shackle)의 표준치수

계류선박 (GT)	내 경 (mm)	환의 직경 (mm)
500	200	80
1,000	240	80
2,000	280	100
3,000	320	100
4,000	360	110
5,000	400	110
6,000	440	110
8,000	480	120
10,000	520	130
15,000	520	130
20,000	520	130
25,000	560	140
30,000	600	150



참고 그림 (4.2-6) 부체의 상세도

[참고문헌]

- 1) 해양수산부(2020), 항만시설물의 안전시설 설계지침·해설

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
	준설밋매립	박남홍	(주)도화엔지니어링	전문무
	지반	유남재	강원대학교	교수
	지반	이충호	(주)알지오이엔씨	대표이사
	콘크리트	이재훈	영남대학교	교수
	콘크리트	최정욱	한국콘크리트학회	책임연구원
	방식	배일용	한국화학융합시험연구원	책임연구원
	도장	이창근	도로교통연구원	책임연구원
	외곽시설	고덕형	(주)한국항만기술단	부사장
	표사, 연안보전시설	강윤구	(주)세광종합기술단	기술연구소장
	연안보전시설	박원경	(주)대영엔지니어링	사무
	재료, 콘크리트부재	김광태	(주)항도엔지니어링	부사장
	계류시설	구본수	(주)건화	전문무
	계류시설	이욱한	(주)건일	부사장
	부두포장	문성호	서울과학기술대학교	교수
	내진	최재순	서경대학교	교수
	전문밋타부두	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
	항만밋해안	지창환	한국항만협회	부장
	항만밋해안	김용희	한국항만협회	차장
	항만밋해안	조명환	한국항만협회	대리
	항만밋해안	김진호	(주)TMG종합엔지니어링	사장
	항만밋해안	박인호	(주)세일종합기술공사	부사장
	항만밋해안	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· 준설및매립	이윤한	(주)도화엔지니어링	부회장
	지반	임종철	부산대학교	교수
	콘크리트	김우	전남대학교	교수
	방식·도장	라윤강	(주)한국국토안전연구원	원장
	외곽시설	전인식	건국대학교	교수
	표사·연안보전시설	김효섭	국민대학교	교수
	표사·연안보전시설	전인식	건국대학교	교수
	재료·계류시설	이진용	(주)세광종합기술단	사장
	재료·계류시설	정대연	(주)대영엔지니어링	대표이사
	부두포장	정진훈	인하대학교	교수
	내진	박두희	한양대학교	교수
	전문맞기·타부두	오세범	(주)세광종합기술단	부회장
	어항	이상기	(주)건일	부사장
	마리나	지삼업	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· 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· 부두포장	김 제 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

부유식 계류시설

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
	항 만 시 설 기 술 기 설	김 성 진	인 천 항 만 공 사	처 장
	항 만 시 설 기 술 기 설	김 영 택	한국건설기술연구원	선임연구위원
	항 만 시 설 기 술 기 설	안 익 성	(주)항도엔지니어링	사 장
	항 만 시 설 기 술 기 설	오 정 은	한국해양과학기술기충원	연수연구원
	항 만 시 설 기 술 기 설	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 55 30 : 2024

부유식 계류시설

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>