

건축구조기준 및 해설

제 9 장 기타 구조

제9장 기타 구조

0901 막과 케이블 구조 / 0902 부유식 구조

기준

0901 막과 케이블 구조

0901.1 일반사항

0901.1.1 적용범위

이 조항은 막과 케이블 구조에 관한 설계하중, 재료, 구조해석 및 설계 등에 적용한다.

0901.1.2 용어의 정의

막구조 : 자중을 포함하는 외력이 셸구조물의 기본원리인 막응력에 따라서 저항되는 구조물로서, 휨 또는 비틀림에 대한 저항이 작거나 또는 전혀 없는 구조

케이블구조 : 휨에 저항이 작은 구조로 인장응력만을 받을 목적으로 제작 및 시공되는 부재

초기 인장력 : 연성 막재의 형상을 유지하기 위해 도입하는 초기하중

공기막구조 : 공기막 내외부의 압력 차에 따라 막면에 강성을 주어 형태를 안정시켜 구성되는 구조물

내압 : 공기막구조를 형성하기 위한 내부압력

막재 : 직포, 코팅재에 따라 구성된 재료. 고무시트 등 구성재가 다른 재료는 고려하지 않음

직포 : 섬유실에 따른 직물 또는 망목상 직물

코팅재 : 직포의 마찰방지 등을 위하여 직포에 도포하는 재료

인장크리프 : 지속하중으로 인하여 막재에 일어나는 장기변형

인장강도 : 재료가 견딜 수 있는 최대 인장응력

인열강도 : 재료가 접힘 또는 굽힘을 받은 후 견딜 수 있는 최대 인장응력

열판용착접합 : 판을 눌러 막재의 겹치는 부분을 코팅제 또는 해당

해설

0901 막과 케이블 구조

0901.1 일반사항

0901.1.1 적용범위

구조해석 및 설계는 허용응력설계법을 적용한다.

막재 : ETFE 막재는 제외한다.

기준

부분에 삽입한 용착필름을 용융하여 막재를 압착하는 접합방식
봉제접합 : 접합하고자 하는 막재료의 겹친 부분을 다른 막재의 단부와 평행하게 봉제하는 접합방식

열풍용착접합 : 열풍을 이용하여 접합하고자 하는 막재의 겹친 부분의 코팅재를 용융하고 압착하여 접합하는 방식

고주파용착접합 : 고주파를 이용하여 막재의 겹친 부분의 코팅재를 용융하여 막재를 압착하여 접합하는 방식

형상해석 : 설계자의 의도와 역학적인 평형조건을 동시에 만족하는 형상을 찾는 일련의 해석과정이며, 막구조물 및 케이블구조물과 같은 연성구조물에 적용되는 해석방법

0901.2 설계하중

0901.2.1 하중기준

이 조항에서 사용하는 설계하중은 제3장(설계하중)에 따른다. 다만, 막구조 및 케이블구조의 형식, 구법, 시공법 등에 따라 특별히 발생하는 하중은 실제 상황을 고려하여 적절히 산정한다.

0901.2.2 하중종류

막구조 및 케이블구조의 구조설계에 적용되는 설계하중은 다음과 같다.

(1) 고정하중(D)

(2) 활하중(L)

(3) 적설하중(S)

(4) 풍하중(W)

해설

0901.2 설계하중

0901.2.2 하중종류

(1) 고정하중

막구조 및 케이블구조의 고정하중은 지붕재, 철골자중, 천장 등이 있다. 그 외에 고려해야 할 고정하중으로는 캐트워크, 조명장치, 스피커, 윈치를 포함한 가동형 지붕의 설비장치, 전망대, 영상장치, 이벤트용 하중 등 구조계획이나 마감 재료에 따라 작용하는 하중 등이 있다.

(2) 활하중

활하중은 점유 및 사용으로 인하여 발생하는 하중이다. 따라서 제3장의 하중에 명시된 기본등분포활하중의 “가. 점유 사용하지 않는 지붕(지붕활하중)”의 활하중 부분은 고려하지 않을 수도 있다. 일반적으로 막구조 및 케이블구조의 활하중은 철골조립 및 막재 설치시 단기적으로 발생하며 적설하중 등의 하중이 지배적이므로 고려하지 않을 수도 있다.

(3) 적설하중

지붕으로부터 떨어지는 낙설에 대한 충분한 검토가 필요하다.

(4) 풍하중

막구조 및 케이블구조형식 등이 특수하여 법령 및

(5) 지진하중(E)(6) 초기 인장력(T_i)(7) 내부압력(P_i)

기준 등을 참고로 풍압계수를 설정할 수 없는 경우도 많다. 무차원풍속($\frac{U_H}{nL}$)이 1을 초과하고, 난류강도(I_H)가 0.15 미만인 반면 질량비($\frac{m}{\rho L}$)가 3 미만인 경우에는 공력불안정진동이 발생할 수 있으므로 풍동실험을 실시하여 공력 불안정진동에 대한 검토를 하여야 한다.

(5) 지진하중

막구조에서 막을 제외한 골조 및 지지구조물에서는 구조물에 수평방향의 지진하중으로 인해 수평 방향은 물론 상하방향으로 큰 지진응답이 발생한다. 따라서 수평방향 및 상하방향 모두의 지진응답을 고려한 지진하중을 적용하여야 한다. 지진하중에 대하여 시간이력해석을 수행하는 것이 일반적이며 지진하중을 정적으로 고려하는 것은 어려우므로 예비응답해석을 실시하고 이에 대한 가속도응답 분포를 정적 지진하중으로 설정하는 방법을 적용하기도 한다.

(6) 초기 인장력

막재면의 완성형상은 고정하중 및 막면의 초기인장력(초기장력)의 상태에서 평형을 이루도록 설계한다. 일반적으로 막구조에 도입하는 초기장력은 막재 A종, B종의 경우 2kN/m 이상, 막재 C종의 경우 1kN/m 이상으로 한다.

(7) 내부내압

공기막구조의 내압은 다음과 같다.

- ① 정상상태 : 200N/m² 또는 이상
- ② 적설시 : 정상상태 + 200N/m² 보다 크거나 1,200N/m² 이하
- ③ 강풍시 : 정상상태와 동일
- ④ 폭풍시 : 〈해표 0901.2.1〉보다 크거나 같아야 한다.
- ⑤ 지진시 : 정상상태와 동일

가장 일반적인 공기막구조의 내압은 〈해표 0901.2.1〉과 같다.

〈해표 0901.2.1〉 공기막구조의 내압기준

	H/W	내압 (N/m ²)		H/W	내압 (N/m ²)
구 형	0.75	≥ 10q	원 통 형	0.75	≥ 8q
	0.5	≥ 7q		0.5	≥ 6q
	최대 0.375	≥ 6q		최대 0.375	≥ 5q

H : 건물의 높이 W : 건물의 최대폭

q : 건축구조기준에 지정된 바람의 속도압

0901.2.3 하중조합

막구조 및 케이블구조의 허용응력설계법에 따른 하중조합은 <표 0901.2.1>과 같으며 가장 불리한 경우로 설계한다.

<표 0901.2.1> 하중조합

구조형태	하중의 종류	하중조합	비고
막구조 및 케이블 구조	장기하중	$D + L + T_i(P_i)$	$(P_i: \text{공기막구조 내압})$
	단기하중	$D + L + S + T_i(P_i)$	$(P_i: \text{공기막구조 내압})$
		$D + L + W + T_i(P_i)$	$(P_i: \text{공기막구조 내압})$

D : 고정하중 L : 활하중 S : 적설하중 W : 풍하중
 T_i : 초기장력 P_i : 내부압력

0901.3 막구조의 재료(막재)

0901.3.1 막재의 구성

기준에서 인정하는 막재는 직포, 코팅재 및 그 외 구성된 재료를 의미한다.

0901.3.2 막재의 강도 및 내구성

막재의 강도 및 내구성은 <표 0901.3.1>에 따른다.

0901.3.3 막재의 분류

구조내력상 주요한 부분에 사용하는 막재는 다음 각호에 해당하는 기준에 적합해야 한다.

- (1) 막재는 <표 0901.3.2(1)>과 같이 직포에 사용하는 섬유실의 종류와 코팅재(직포의 마찰방지 등을 위하여 직포에 도포)에 따라 분류된다.
- (2) 두께는 0.5mm 이상이어야 한다.
- (3) 1㎡당 중량은 <표 0901.3.2(2)>와 같다.
- (4) 섬유밀도는 일정하여야 한다.
- (5) 인장강도는 폭 1cm당 300N 이상이어야 한다.
- (6) 파단신율은 35% 이하이어야 한다.
- (7) 인열강도는 100N 이상 또한 인장강도에 1cm를 곱해서 얻은 수치의 15% 이상이어야 한다.

0901.3 막구조의 재료(막재)

막구조의 재료(막재)는 일반적으로 막을 의미한다.

0901.3.3 막재의 분류

단위중량에 대한 기준치는 다음의 방법에 따른다.

- (1) 막재의 단위중량에 대한 기준치는 4변이 100mm인 사각형 시험편을 5장 이상 막재 전체로부터 골고루 취하여 0.01gf까지 측정하고 이들의 평균치로 한다.
- (2) 직포의 단위중량에 대한 기준치는 직포 제조시에 4변이 100mm인 사각 직포시험편을 5장 이상을 막재 전체로부터 골고루 취하여 0.01gf까지 측정하여 구하거나, 또는 4변이 50mm인 사각시험편에 대하여 코팅재를 용제로 용해하거나 또는 연소로 소거한 후 직포의 중량을 0.01gf까지 측정하고 이들의 평균치로 한다.
- (3) 코팅재의 단위중량은 해당 막재의 단위중량에서 직포의 단위중량을 뺀 수치로 한다.

- (8) 인장크리프에 따른 신장률은 15%(합성섬유 직포로 구성된 막 재료에 있어서는 25%) 이하이어야 한다.
- (9) 구조내력상 주요한 부분에서 특히 변질 또는 마찰손실의 위험이 있는 곳에 대해서는 변질 또는 마찰손상에 강한 막재를 사용하거나 변질 또는 마찰손상 방지를 위한 조치를 취한다.
- (10) 막재에 대하여 빛의 반사율과 투과율을 고려한다.
- (11) 구조물의 상황에 따라서 막재의 다양한 특성을 고려하여 재료를 채택한다.

〈표 0901.3.1〉 막재의 강도 및 내구성

인장강도	300N/cm 이상
파단 신장률	35% 이하
인열강도	100N 이상, 인장강도×1cm의 15% 이상
인장크리프 신장률	15%(합성섬유실에 따른 직포의 막재는 25% 이하)
변질 및 마모손상	변질·마모손상에 강한 막재 또는 변질 혹은 마모손상 방지를 위한 조치를 한 막재

〈표 0901.3.2(1)〉 막재의 분류

막재의 종류	직포	코팅재
A종	KS L 2507(직조용 유리실)을 만족하는 단섬유(섬유 직경 3.0 μ m에서 4.05 μ m의 3(B)로 한정)를 사용한 유리섬유실	4불화에틸렌수지, 4불화에틸렌-퍼플루오알킬-비닐에테르 공중합수지 또는 4불화에틸렌-6불화프로필렌 공중합수지
B종	KS L 2507(직조용 유리실)을 만족하는 단섬유를 사용한 유리섬유실	염화비닐수지, 폴리우레탄수지, 불소계수지(4불화에틸렌수지, 4불화에틸렌-퍼플루오알킬-비닐에테르 공중합수지 또는 4불화에틸렌-6불화프로필렌 공중합수지를 포함), 클로로프렌고무 또는 클로로술폰화 폴리에틸렌고무
C종	폴리아미드계, 폴리아라미드계, 폴리에스테르계 또는 폴리비닐알코올계의 합성섬유실	염화비닐수지, 폴리우레탄수지, 불소계수지, 클로로프렌고무 또는 클로로술폰화 폴리에틸렌고무

〈표 0901.3.2(2)〉 막재의 단위중량

구성재	막재 A, B종 (유리섬유실의 직포)	막재 C종 (합성섬유실의 직포)
막재 중량	550gf/m ² 이상	500gf/m ² 이상
직포 중량	150gf/m ² 이상	100gf/m ² 이상
코팅재 중량	겉과 안쪽 양면에서 400gf/m ² 이상	겉과 안쪽 양면에서 400gf/m ² 이상

기준

0901.3.4 직포의 구성 및 섬유밀도

일반직물(직포)이란 제조시의 장력이 걸리지 않은 상태에서 종사와 종사 사이, 횡사와 횡사 사이의 망목 간격이 각각 0.5mm 이하인 것을 말한다. 망목 간격이 0.5mm를 초과하는 것을 망목상직물(직포)로 구별한다. 섬유밀도의 분산에 대한 기준치는 측정된 섬유밀도에 대하여 $\pm 5\%$ 이내이어야 한다.

0901.3.5 막재의 두께

막재 두께의 기준치는 두께 측정기를 이용하여 75mm 이상 간격으로 5개소 이상에 대하여 측정한 값의 평균치로 한다.

0901.4 막재의 강성 및 강도

0901.4.1 직물의 휨강성 측정

직물의 휨 측정은 KS L ISO 4604에 따라 300mm 이상 간격으로 5개소 이상에 대하여 측정한다.

0901.4.2 인장강도 및 인장신율 측정

종사방향 및 횡사방향의 인장강도 및 인장신율을 측정하여 품질 기준치를 정한다.

0901.4.3 인열강도

종사방향 및 횡사방향의 인열강도를 측정하여 품질기준치를 정한다.

0901.4.4 코팅재 층의 접착강도

종사방향 및 횡사방향의 코팅재 밀착강도를 측정하여 품질기준치를 정한다.

해설

0901.3.4 직포의 구성 및 섬유밀도

일반직물이란 일반 구조용 막재를 의미하며 망목상 직물이란 메시(Mesh) 형태로 적층된 막(Laminated Mesh)을 의미한다.

섬유밀도 및 섬유밀도에 대한 분산의 기준치 측정은 다음 방법에 따른다.

(1) 섬유밀도의 기준치는 KS K 0511을 따르거나 그것 이상의 정밀도를 보장할 수 있는 섬유밀도 측정방법에 따라 측정한다. 해당 막재의 서로 다른 5개소 이상에 대하여 종사 또는 횡사 방향일 각각의 단위폭당 개수를 측정하여 이들을 평균치로 한다.

(2) 섬유밀도의 분산에 대한 평균치는 (1)에서 측정한 섬유밀도로부터 구한다.

0901.3.5 막재의 두께

망목상 직물의 직포를 가지는 경우에는 막재의 두께는 직포섬유실의 교점부분에서 측정한 수치로 한다.

0901.4 막재의 강성 및 강도

0901.4.2 인장강도 및 인장신율 측정

시험편 폭은 KS K 0521 및 KS M ISO 1421에 따라 50mm로 한다.

0901.4.3 인열강도

KS K 0537, KS K 0863, JIS L 1096, ASTM D 4533 등에 인열강도 시험법이 규정되어 있다. 인열강도는 트래피조이드법에 따라 시행할 것을 추천한다. 인열강도는 인열범위에 해당되는 부분을 5등분하여 각각의 부분에서 최고점에 대응되는 하중값을 평균해서 구한다.

0901.4.4 코팅재 층의 접착강도

코팅재 층의 접착강도는 KS M ISO 2411에서 얻어진 하중-박리길이의 그래프에 따라 파형상태 부분의 최고점과 최저점 사이의 중간치를 박리하중으로 한다.

0901.4.5 인장 크리프

종사방향 및 횡사방향의 인장크리프에 따른 신장률을 측정하여 품질기준치를 정한다.

0901.4.6 반복하중을 받는 경우의 인장강도 측정

반복하중을 받는 경우의 인장강도를 측정하여 품질 기준치를 정한다. 다만, 막재의 구성재 및 사용환경 조건에 따라 이 기준치를 요구하지 않는 경우 하지 않아도 된다.

0901.4.7 접힘 인장강도

막재의 접힘 인장강도는 종사방향 및 횡사방향 각각의 인장강도 평균치가 동일한 로트에 있어 시험 전에 측정된 각 실 방향 인장강도 평균치의 70% 이상이어야 한다.

0901.4.8 내후성

막재는 외부 폭로에 대해 종사방향 및 횡사방향의 인장강도의 평균치가 막재의 종류에 따라 다음의 수치를 만족하여야 한다.

- (1) A종 : 종사 및 횡사방향의 인장강도가 각각 초기인장강도의 70% 이상
- (2) B종 및 C종 : 종사 및 횡사방향의 인장강도가 각각 초기인장강도의 80% 이상

0901.4.9 습윤시 인장강도

막재가 습윤상태에 있을 때 종사방향 및 횡사방향의 인장강도 평균치는 각각 초기인장강도의 80% 이상이어야 한다.

0901.4.5 인장 크리프

인장크리프 시험방법에 대하여 온도 150℃(직포에 유리섬유를 이용하지 않는 경우에는 60℃) 내에 인장강도 기준치의 1/10 이상의 하중에서 6시간 동안 가한다.

0901.4.6 반복하중을 받는 경우의 인장강도 측정

반복으로 접혀서 구부림을 받는 경우의 시험은 KS M ISO 5626 을 따른다.

0901.4.7 접힘 인장강도

내굴곡성에 대한 인장강도의 측정은 접혀진 부분 위를 일정한 하중으로 굴릴 수 있는 직경 90mm의 롤러형태의 실린더형 좌굴시험기를 이용한다. 폭이 55mm 또는 75mm인 시험편을 종사방향 및 횡사방향 각각에 대하여 접어 구부리고, 10N/cm 이상의 하중을 접혀진 부분 전체에 10회 가한다. 인장시험은 종사방향 및 횡사방향 각각에 대하여 5장 이상 수행한다.

0901.4.8 내후성

내후성에 대한 인장강도 등의 측정은 막재의 종류에 따라 다음에 언급하는 방법에 따르거나 또는 책임 있는 기관에서 인정한 다른 방법을 택할 수 있다.

- (1) KS D 0060 에 제정된 방법에 따라 10년간(막재 B종 또는 C종은 2년간) 이상 폭로 후, 인장시험을 종사방향 및 횡사방향 각각에 대하여 5장 이상 수행할 것.
- (2) KS M ISO 4892-3 에 규정된 방법에 따라 300nm에서부터 400nm 파장의 자외선 방사량이 $1,350\text{MJ/m}^2$ 이상(B종에 대해서는 270MJ/m^2 이상)에서 물 분무 조건으로 폭로 한다. 이후, 인장시험은 종사방향 및 횡사방향 각각에 대하여 5장 이상 수행한다.

0901.4.9 습윤시 인장강도

습윤상태인 종사방향 및 횡사방향에 대한 인장강도를 측정하기 위해서는 우선 각 실 방향의 시험편(시험편의 폭을 50mm로 함)을 72시간 동안 완전히 물에 침착시킨다. 그 후 인장시험은 KS K 0521에 지정된 방법에 따라 종사방향 및 횡사방향에 대하여 5장 이상 수행한다.

기준

0901.4.10 고온시 인장강도

막재가 고온상태에 있을 때 종사방향 및 횡사방향의 인장강도 평균치는 각각 초기인장강도의 70% 이상이어야 한다.

0901.4.11 내흡수성

막재는 흡수길이의 최대치가 20mm 이하이어야 한다.

0901.5 케이블 재료

케이블 재료는 KS D 3509(피아노선재), KS D 3556(피아노선), KS D 3510(경강선), KS D 3559(경강선재), KS D 3514(와이어로프) 및 KS D 7002(PC 강선 및 PC 강연선) 규격에 맞는 선재를 냉간가공한 소선을 사용함을 원칙으로 하고, 다음 종류를 표준으로 한다.

- (1) 구조용 스트랜드 로프
- (2) 구조용 스파이럴 로프
- (3) 구조용 록 코일 로프
- (4) 구조용 평행선 스트랜드
- (5) 피복 평행선 스트랜드
- (6) PC 강연선

0901.6 케이블 재료의 성질

0901.6.1 파단하중

케이블 재료의 파단하중을 구하는 방법은 KS D 3514의 기준에 따르도록 한다. 단, PC 강선 및 강연선은 KS D 7002에 따른다.

0901.6.2 초기신장

케이블 재료에 대한 프리스트레싱 후의 초기신장의 크기는 <표 0901.6.1>에서 제시된 값을 표준으로 한다.

해설

0901.4.10 고온시 인장강도

고온상태에서 종사방향 및 횡사방향의 인장강도의 측정은 종사방향 및 횡사방향의 시험편(시험편의 폭을 50mm로 함)을 150℃ (C종 및 창고용 막재에 대해서는 60℃)의 상태에서 실시한다. 인장시험은 KS K 0521의 방법에 따라 종사방향 및 횡사방향 각각에 대하여 5장 이상 수행한다.

0901.4.11 내흡수성

내흡수성에 대한 흡수길이의 측정은 다음 방법에 따른다.

- (1) 30mm폭의 시험편을 종사방향 및 횡사방향 각각에 대하여 3장 이상 실시한다. 시험편의 하단부 약 5mm를 붉은 잉크 3%의 수용액에 72시간 동안 침투시킨 후 그 시간 동안의 흡수길이를 측정한다.
- (2) 4변이 각각 50mm인 사각형 시험편 3장에 대하여 붉은 잉크 3%의 수용액에 72시간 완전히 침투시킨 후 그 시간 동안의 흡수길이를 측정한다.

0901.5 케이블 재료

구조용으로 사용되는 케이블 재료는 방청·방호처리 등을 고려하여야 한다.

〈표 0901.6.1〉 프리스트레 후의 초기신장

케이블 재료	초기신장 (%)
구조용 스트랜드 로프	0.1 - 0.2
구조용 스파이럴 로프 구조용 록 코일 로프	0.05 - 0.1
평행연 스트랜드 피복 평행연 스트랜드 PC 강연선(7가닥 꼬임, 19가닥 꼬임)	0

0901.6.3 탄성계수

케이블 재료의 탄성계수는 시험결과에 따라 구하는 것을 원칙으로 한다. 시험을 하지 않은 경우, 케이블 재료의 프리스트레싱 후의 탄성계수는 〈표 0901.6.2〉의 값으로 가정할 수 있다.

〈표 0901.6.2〉 프리스트레싱 후의 탄성계수

케이블 재료	탄성계수(N/mm ²)
구조용 스트랜드 로프	140,000
구조용 스파이럴 로프 구조용 록 코일 로프	160,000
평행연 스트랜드 피복 평행연 스트랜드	200,000
PC 강연선 (7 가닥 꼬임, 19 가닥 꼬임)	190,000

0901.6.4 크리프

케이블 재료의 크리프 변형은 〈표 0901.6.3〉에서 제시된 값을 표준으로 한다.

〈표 0901.6.3〉 케이블 재료의 크리프 변형도

케이블 재료	크리프 변형도(%)	응력 수준
구조용 스트랜드 로프	0.025	장기 허용인장응력 이하
구조용 스파이럴 로프 구조용 록 코일 로프	0.015	
평행연 스트랜드 피복 평행연 스트랜드 PC 강연선	0.007	단기 허용인장응력은 장기의 1.33배로 한다.

0901.6.5 선팡창 계수

케이블 재료의 선팡창 계수는 $1.2 \times 10^{-5}/^{\circ}\text{C}$ 를 기준으로 한다.

0901.7 막구조의 해석

0901.7.1 막구조의 해석순서

막구조의 해석은 형상해석, 응력-변형도해석, 재단도해석 순서로 이루어진다. 만약 필요하다면 시공해석도 수행하여야 한다.

0901.7.2 막구조의 해석방법

막구조의 구조해석에는 유한요소법, 동적이완법, 그리고 내력밀도법 등이 있다. 막구조의 해석에서 기하학적 비선형을 고려하여야 한다. 재료 비선형은 무시될 수 있지만 일반적으로 재료이방성은 고려하여 해석을 수행한다.

0901.7.3 형상해석

막구조에 있어서 케이블재와 막재의 초기장력 값은 막구조 형식, 하중, 변형, 시공 및 기타 요인들을 고려하여 결정한다. 막재에 도입하는 초기장력은 〈표 0901.7.1〉 값을 표준으로 한다.

〈표 0901.7.1〉 초기장력 값

막재의 종류	초기장력
A, B 종	2kN/m 이상
C 종	1kN/m 이상

0901.7.4 응력-변형도 해석

막구조의 응력-변형도 해석은 형상해석에서 결정된 초기장력과 기하학적 형상을 바탕으로 하며, 주어진 하중조합에 따라서 발생되는 막구조의 응력과 변형을 고려한다. 응력-변형도해석에 따른 결과가 형상 및 재료의 역학적 요구를 만족하지 않는 경우에는 형상해석을 다시 수행하여야 한다.

0901.7.5 재단도 해석

재단도 해석법에는 지오데식라인법, 플랫팅법 등이 있으며, 커팅 라인을 결정하는 데 사용된다. 재단선의 외관, 막재의 폭을 고려한 효율적인 사용, 막의 직교이방성 등에 유의하여 재단선을 정한다. 재단도해석에서 초기장력과 막의 크리프 특성을 주의하여야 한다. 각각의 막 스트립의 수축 값에 따라 재단의 크기가 수정될 수 있기 때문에 막 특성에 근거하여 면밀히 확인하여야 한다.

0901.7.6 공기막구조 해석

공기막구조에 대해서 최대 내부압, 최소 내부압, 상시 내부압이 합리적으로 보장되어야 한다. 최대 내부압은 심각한 구조변경에

서도 최악의 상태가 발생하지 않도록 설정하여야 한다. 최소 내부압은 정상적인 기후와 서비스 상태에서 구조 안전성을 확보하기 위한 것으로 일반적으로 200N/m^2 이상이어야 한다.

0901.8 막구조의 구조설계

0901.8.1 구조설계 고려사항

막재에 대한 설계는 허용응력설계법을 준용하며, 그 이외의 부재에 대해서는 허용응력설계법과 동등 이상의 구조설계법을 이용하여 막구조 또는 그 외의 구조를 병용한 건축물의 안전을 확인할 수 있는 구조계산이 이루어져야 한다.

0901.8.2 변위제한

막구조에 작용하는 하중 및 외력에 따른 변형은 비교적 크고 또한 바람에 따른 막면의 강제진동이 생길 수 있으므로 <표 0901.8.1>과 같은 최대변위에 대한 제한규정을 적용한다.

〈표 0901.8.1〉 막재의 변위제한

막면의 지점간 거리	하 중	최대변위량/지점간 거리	
		주변이 골조 (골조막구조)	주변의 일부가 구조용 케이블 경계 (케이블막구조)
4m 이하	적설시	1/15 이하	1/10 이하
	폭풍시 하중의 1/2	1/20 이하	1/10 이하
4m 초과	적설시	1/15 이하	1/10 이하
	폭풍시	1/15 이하	1/10 이하

0901.8.3 막재의 허용인장응력

막재의 허용인장응력은 접합 등의 상황에 따라서 <표 0901.8.2>에 따른다.

〈표 0901.8.2〉 막재의 허용인장응력

	접합상황		장기하중에 대한 허용인장응력(N/cm)	단기하중에 대한 허용인장응력(N/cm)
(1)	접합부가 없는 경우 또는 접합 폭 및 용착폭이 40mm 이상인 경우	막재가 접하는 부분이 없는 경우	$\frac{F_t}{8}$	$\frac{F_t}{4}$
		개폐식 지붕과 같이 막재가 접혀지는 경우	$\frac{F_t}{8}$	$\frac{F_t}{5}$
(2)	(1)항 이외의 경우		$\frac{F_t}{10}$	$\frac{F_t}{5}$

F_t : 막재 각 방향의 기준강도(N/cm)

다만, 막재 및 막면 정착부 이외의 구조부재는 그 부재와 관련된 관계기준을 따른다.

0901.8 막구조의 구조설계

0901.8.1 구조설계 고려사항

막재는 일반적인 구조재료의 탄성계수와 다르게 인장탄성계수에 두께를 곱한 인장강성(kN/m 또는 N/cm)을 적용한다.

기준

0901.8.4 정착부의 허용인장응력

막면 정착부의 허용인장응력은 〈표 0901.8.3〉의 허용내력을 막면의 정착부 종류 및 형상에 따라 구한 유효단면적으로 나눈 수치로 하여야 한다.

〈표 0901.8.3〉 정착부의 허용인장응력

장기하중에 대한 인장의 허용내력	단기하중에 대한 인장력의 허용내력
$\frac{F_j}{6}$	$\frac{F_j}{3}$

여기서, F_j 는 실험에 따른 막면 정착부의 최대인장력(단위 N)

0901.9 케이블구조의 구조해석

0901.9.1 케이블 부재에 대한 해석상 가정

케이블 부재는 원칙적으로 인장력에만 저항하는 선형 탄성부재로 가정한다.

0901.9.2 케이블 부재의 모델링

구조해석은 경계조건을 포함한 구조모델을 적절히 설정한 후에 수행한다.

0901.9.3 초기형상해석

케이블구조의 형상은 케이블의 장력분포와 깊은 관계가 있으므로 초기형상해석을 수행한다.

해설

0901.9 케이블구조의 구조해석

0901.9.1 케이블 부재에 대한 해석상 가정

케이블 부재의 구조해석을 수행하기 위해서는 다음 가정을 이용한다.

- (1) 케이블의 휨 강성은 무시한다.
- (2) 신장강성에 대한 미소한 새그비의 영향은 무시한다.
- (3) 변위로 인한 재하상태 변화의 영향은 필요에 따라 고려한다.

0901.9.2 케이블 부재의 모델링

정적해석에서는 풍하중과 지진하중을 등가정적하중으로 취급하는 경우가 대부분이다. 그러나 하중 특성은 구조물이 가지고 있는 자체특성과도 관계가 있으므로 일반 구조물에 비해 변형하기 쉬운 특성을 가진 케이블 구조에서는 동적하중을 정적하중보다 더 신중히 고려할 필요가 있다.

참고로 케이블 구조는 등분포하중의 적용형태에 따라 다음 3 가지 요소로 분류할 수 있다.

- (1) 현수선(Catenary)요소 : 케이블 요소의 자중만이 적용되는 경우
- (2) 포물선(Parabolic)요소 : 케이블의 수평스팬을 따라 등분포하중이 적용되는 경우
- (3) 준현수선(Associated Catenary)요소 : 케이블이 긴장된 상태에서 자중이 적용되는 경우

0901.10 케이블구조의 구조설계

케이블구조에 대한 설계는 허용응력설계법을 이용하며 또는 허용응력법과 동등 이상의 구조설계법을 이용하여 케이블 또는 그 외의 구조를 병용하는 건축물의 안전을 확인할 수 있는 구조계산이 이루어져야 한다.

0901.10.1 장기허용인장력

케이블 재료의 장기허용인장력은 파단하중의 1/3을 기준으로 한다.

0901.10.2 단기허용인장력

케이블 재료의 단기허용인장력은 장기허용인장력에 1.33을 곱한 값으로 한다.

0901.10.3 케이블의 형상 설정

케이블 구조의 설계 형상은 고정하중에 대해 각 케이블이 목표로 하는 장력(초기장력)상태에서 평형이 되도록 설정한다.

0901.10.4 초기장력 설정

케이블 구조에서 각 케이블의 초기장력은 구조물에 필요한 강성을 확보하고, 외력변화 등에 따른 케이블의 장력손실에 따른 불안정 현상이 발생하지 않도록 설정한다.

0901.11 설계요구사항

0901.11.1 조명설계

반투명한 막재의 특성을 조명디자인에서 고려한다. 조명설비는 막 표면으로부터 최소 1.0m 떨어져 있어야 한다.

0901.11.2 배수설계

배수경사와 위치는 사용상 특성과 일반적인 평면의 요구에 따라 확인하여야한다. 또한 다설지역에서는 낙설 방지대책이 필요하다.

0901.11.3 막재와 구조물과의 이격거리

막재와 실내외 구조물과의 간격은 가장 불리한 조건을 고려하여 막 표면의 변형길이 보다 두 배 이상 길어야 하고 최소 1.0m로

0901.10 케이블구조의 구조설계

0901.10.1 장기허용인장력

케이블 재료의 안전율은 〈해표 0901.10.1〉과 같다.

〈해표 0901.10.1〉 케이블의 안전율

부 재		안 전 율
케이블	현수교	3.0
	사장교	2.5
행 거	직선부	3.5
	곡선부	4.0

기준

하여야 한다.

0901.12 막재의 접합부 설계

0901.12.1 막재의 접합

구조내력상 주요한 부분의 막재 상호간 접합은 막재 상호 존재응력이 충분히 전달되도록 접합하여야한다. 막재의 종류에 따른 접합방법은 <표 0901.12.1>에 따른다. 다만, <표 0901.12.1>의 접합방법 이상으로 막재가 서로 존재응력을 전달하는 것이 가능한 경우는 <표 0901.12.1>의 제한을 따르지 않아도 된다.

<표 0901.12.1> 막재의 접합방법

구분	막재의 종류	접합방법
I	A	열판용착접합
II	B, C	봉제접합, 열풍용착접합, 고주파용착접합 또는 열판용착접합
III	A, B, C 이외의 막재	막재의 품질 및 사용환경, 그 외의 실험에 따른 실험에 따라 I 또는 II와 동등 이상의 존재응력을 전달할 수 있는 접합

해설

0901.12 막재의 접합부 설계

0901.12.1 막재의 접합

구조내력상 주요한 부분에 이용하는 막재 상호간의 접합방법으로는 막재 상호를 겹쳐서 접합하는 봉제접합, 용착접합, 막재에 연결용 금속 구멍을 만들어 합성섬유 로프로 접합시키는 방법, 막재 상호를 금속물을 이용하여 볼트로 접합하는 방법, 구조용 케이블을 넣어 접합하는 방법 등이 있다. 막재의 접합부의 성능은 막재가 상호 존재응력을 전달할 수 있는 강도와 내구성을 확보하여야 한다. 강도에 관해서는 접합방법과 접합폭에 따라서 규정되고, 내구성에 관해서는 옥외 자연폭로시험, 실험실에 있어서 촉진폭로시험 또는 실제의 건축물에 사용된 막재의 강도시험 등에 따라 내구성상 지장이 없는 것을 확인하는 것으로 규정한다. 막재 상호 접합에 있어서 접합면은 모재와 동등하게 중요한 부분이므로 다음 성능 항목에 대한 시험에 따라 내구성에 있어서 지장 유무의 확인을 권장한다.

- (1) 인장강도 및 종사와 횡사방향의 접합부 인장강도 변동계수
- (2) 내박리강도
- (3) 고온시 인장강도
- (4) 습윤시 인장강도(C중은 제외)
- (5) 박리 인장크리프 저항
- (6) 내후성(옥외폭로 또는 촉진폭로)

접합방법을 실제의 건축물에 적용할 시 인장시험을 참고로 할 수가 있다. 그러나 열풍용착접합, 고주파용착접합, 열판용착접합은 강도 및 내구성에 있어서 동등하므로 이 접합방법 중에 한 종류에 대해서 접합부 성능이 확인되면 그 실험결과를 참고할 수 있다.

막재는 롤 상태로 생산되기 때문에 곡면 지붕면을 구성하기 위해서는 롤 상의 막재를 재단하고 이들을 접합하여 곡면을 제작하여야 한다. 또한 실제 곡면의 접합부에 있어서 막재 상호의 실 방향은 반드시 일치할 수가 없다. 실 방향이 일정하지 않은 접합부의 표준적인 인장시험이나 평가방법은 확립되어져 있지 않지만, 접합부가 충분히 용착되어 있으면 용착면을 따라서 실 상호간의 존재응력

중사방향 및 횡사방향의 접합부 인장강도 평균치는 봉재접합부 인장시험에 이용하였던 막재에서 측정된 모재 초기인장강도의 70% 이상, 그 외의 다른 방법으로 접합된 접합부에 대해서는 같은 방식으로 동일 막재에서 측정된 모재 초기인장강도의 80% 이상으로 한다.

종사방향 및 횡사방향 접합부의 내박리강도는 동일 로트 및 동일 접합방법으로 만들어진 시험편으로 접합부 인장시험에 따라 측정된 각 실 방향의 인장강도의 1% 이상이면서 또한 10N/cm 이상으로 한다.

접합부의 내인장 크리프 특성에 대하여 종사방향 및 횡사방향 신장률의 평균치는 각각 15% 이하로 한다.

(1) 시험편은 종사방향 및 횡사방향 각각에 대하여 5장 이상으로 하고 시험편의 폭은 30mm 또는

기준

0901.12.5 고온상태에서의 접합부 인장강도

고온상태에 대한 종사방향 및 횡사방향의 접합부 인장강도 평균치는 초기인장강도의 60% 이상으로 하고, 또한 막재 A종에 대해서는 260℃의 온도에서 200N/cm 이상으로 한다.

0901.12.6 습윤상태에서의 접합부 인장강도

습윤상태에 대한 종사방향 및 횡사방향의 접합부 인장강도 평균치는 초기인장강도의 80% 이상이어야 한다.

0901.12.7 접합부 내후성

접합부의 폭로실험에 대해서 종사방향 및 횡사방향의 인장강도 평균치는 막재의 종류에 따라 다음의 수치를 만족하여야 한다.

- (1) A종 : 각 방향의 인장강도가 접합부 초기인장강도의 70% 이상
- (2) B종 및 C종 : 각 방향의 인장강도가 접합부 초기인장강도의 80% 이상

0902 부유식 구조

0902.1 일반사항

0902.1.1 적용범위

이 절은 정온수역의 위치에 설치되는 부유식 건물을 대상으로 한다. 이 절은 부유식 건물의 상부 구조와 하부 함체의 해석과 설계 절차에 대한 사항을 기술하며 철근콘크리트와 철골구조, 목구조 등과 같은 설계에 관련된 상세 내용은 이 기준의 해당 장들을 적용한다.

해설

50mm로 한다.

(2) 재하는 KS M 3732 또는 KS M 3022의 시험방법에 따라 다음의 ① 및 ② 각각 수행한다.

① 실온에서 종사방향 및 횡사방향의 인장 기준강도의 1/4 이상의 하중으로 24시간의 재하를 수행한다.

② 온도 150℃ (막재 B종, C종 대해서는 60℃) 대기 내에서 종사방향 및 횡사방향의 인장 기준강도의 1/10 이상의 하중으로 6시간의 재하를 수행한다.

0901.12.5 고온상태에서의 접합부 인장강도

고온상태에 대한 종사방향 및 횡사방향의 접합부 인장강도의 측정은 온도 150℃ (C종에 대해서는 온도 60℃)에서 수행한다. 또한 막재 A종에 대해서는 이에 추가하여 온도 260℃의 대기 내에서 접합부 인장시험을 종사방향 및 횡사방향 각각에 대하여 5장 이상 수행한다.

0901.12.6 습윤상태에서의 접합부 인장강도

습윤시 인장시험을 종사방향 및 횡사방향 각각에 대하여 5장 이상 수행한다.

0901.12.7 접합부 내후성

접합부 내후성에 대한 인장강도의 측정은 0901.4.8에 따른다.

0902 부유식 구조

0902.1 일반사항

0902.1.1 적용범위

본 절에서는 부유식 구조물의 설계에 대한 일관성 있는 진행 절차를 제시하고자 하였다.

부유식 건물은 상부의 구조물과 하부의 부유식 함체와 부유구조물을 고정시키는 계류장치로 구성된다. 본 절에서는 상부 구조물과 하부의 함체 및 계류장치에 대하여 기본적인 설계 내용을 제공하거나 함체와 계류장치에 대한 세부 사항은 관련기준

0902.1.2 용어설명

건현 : 부유식 구조물의 중앙에서 수면부터 부유식 함체의 상부 슬래브 위까지 수직으로 잰 거리.

계류시설 : 부유구조물이 바람, 유속에 따라 흘러가지 않도록 위치를 고정시키는 시설

밸러스트 : 함체의 안정을 유지하기 위해 함체의 바닥에 싣는 물이나 모래 따위의 중량물

부유식 건축물 : 대지 대신에 물 위에 뜨는 함체 위에 지어진 건축물

부유식 함체 : 자체 부력에 따라 물 위에 뜨는 구조로 된 함체

부유식 구조물 : 부유식 함체 위에 설치되는 부유식 건축물을 포함한 구조물의 총칭

저면바닥 : 물과 접촉하는 부유식 함체의 바닥면

정온수역 : 내수면 또는 해수면에서 항시 파고가 1m 이하인 곳을 의미한다.

정주형 : 거주용도의 건물을 의미하며, 장기 또는 단기 거주로 구분할 수 있다.

파랑하중 : 파도에 의해 구조물에 가해지는 하중

파압 : 파랑에 따라 함체가 물과 접하는 면에 발생하는 압력

측벽 : 함체에서 물과 접촉하는 외측벽

항주파 : 선박이 항해하면서 생기는 파도

흘수 : 함체가 떠 있을 때 수면에서 물에 잠긴 함체의 가장 밑 부분까지의 수직 거리

0902.2 하중

0902.2.1 일반사항

부유식 구조의 설계하중은 제3장(설계하중)과 구조물의 특수성, 사용조건, 작용환경 등으로 인한 하중을 적절히 고려하여야 한다.

을 참고하는 것이 바람직하다. 하부의 함체와 계류장치와 관련된 기준으로 항만 및 어항설계기준(해양수산부, 2005)과 부유식 해상구조물 기준(한국선급, 2012) 등을 참조할 수 있다.

본 절에서 적용하는 부유식 구조물은 자체 추진력이 없으며 특별한 이유가 없는 한 다른 위치로 이동하지 않도록 한곳에 영구 위치하는 구조물로 간주할 수 있다.

0902.1.2 용어설명

건현(freeboard) :

계류시설(mooring facility) :

밸러스트(ballast) :

부유식 건축물(floating building) :

부유식 함체(floating pontoon) :

부유식 구조물(floating structure) :

저면바닥(bottom slab of floating pontoon) :

정온수역(calm waters) :

정주형(residential) :

파랑하중(wave load) :

파압(wave pressure) :

측벽(side wall of pontoon) :

항주파(ship wave) :

흘수(draft) :

0902.2 하중

0902.2.1 일반사항

부유식 구조의 설계에 고려하는 하중으로는 고정하중, 활하중, 환경하중 및 우발하중이 있다.

고정식 하중에 더하여 부유식 구조에 고려해야 할 하중으로 항주파의 파랑하중과 계류력 등이 있으

기준

0902.2.2 발라스트에 의한 하중

부유식 구조에 적용된 항구적인 발라스트의 하중은 고정하중으로 고려한다.

0902.2.3 부유식 구조의 활하중

- (1) 부유식 건축물에 작용하는 활하중으로 0303(활하중)을 적용한다.
- (2) 부유식 함체의 건현을 산정하기 위한 활하중은 부유식 구조의 사용에 필요한 소요건현으로 구한다.

0902.2.4 정수압과 부력

부유식 구조의 설계에서는 정수압과 부력의 영향을 고려한다. 정수압과 부력은 유체압(F)의 하중계수를 적용한다.

해설

며, 부유식 구조물의 경우 지진력은 계류상태에 따라 고려한다. 부유식 구조는 이동이 가능하므로 이동 과정에서 추가되는 하중, 계류고정방식에 따른 하중, 접안 과정이나 인접 부유식 구조와의 충격하중, 수상의 결빙으로 인한 하중, 수중생물의 부착하중과 같이 지상구조물에 적용되지 않는 특수한 하중이 있다.

0902.2.2 발라스트에 의한 하중

부유식 구조의 평형과 진동제어를 위하여 도입된 발라스트 하중은 상시로 작용하고, 하중량에 변동이 적으므로 고정하중으로 고려한다.

0902.2.3 부유식 구조의 활하중

부유식 구조의 건현은 최소건현과 소요건현의 합으로 정의할 수 있다. 최소건현은 폭풍이나 파랑을 고려한 건현으로서 수심 4.5m 미만의 경우 0.5~1.5m, 수심 4.5m 이상인 경우는 1.0~2m로 하는 것이 일반적이다. 부유식 구조의 설치위치에 따른 환경조건과 용도 등에 따라서 최소건현을 정할 수 있다. 소요건현은 부유식 구조에 작용하는 각종 활하중으로 인하여 부유식구조가 수중에 가라앉을 수 있는 설계깊이로서, 소요건현 체적으로 인한 부력이 부유식 구조에 작용시킬 수 있는 최대 활하중 총량이 된다. 따라서 부유식 구조에 허용되는 최대 흘수는 고정하중으로 인한 흘수와 활하중으로 인한 소요건현의 합으로 구할 수 있다.

0902.2.4 정수압과 부력

수면 아래로 잠긴 부분의 측벽은 수평방향의 정수압이 작용하고, 밑면은 상방향의 부력이 작용한다. 해수의 단위 체적중량 w_0 는 해수의 염분 $S=35\%$ (해수 9.807N 중 염분함유량), 수온 $T=15^\circ\text{C}$ 일 때, 해면에 대한 $w_0=10.03\text{kN/m}^3$ 이다.

부유식 구조에 작용하는 정수압과 부력은 각기 해식(0902.2.1) 및 (0902.2.2)식에 따라 구한다.

$$P_z = w_0 z \quad (\text{해식}0902.2.1)$$

$$F_B = w_0 V \quad (\text{해식}0902.2.2)$$

여기서, P_z : 수면 아래 z 위치에서 정수압 (kN/m^2)

w_0 : 해수의 단위체적중량 (kN/m^3)

F_B : 부력의 특성치 (kN)

V : 배수용적 (m^3)

0902.2.5 계류, 견인장치에 의한 하중

부유식 구조의 계류 또는 견인으로 인한 하중에는 활하중의 하중계수를 적용한다. 계류력에 대해서는 0902.6(계류장치)을 참조한다.

0902.2.6 환경하중

- (1) 파랑, 해류·조류 등의 유속, 조석, 지진, 지진해일·폭풍해일, 적설, 결빙, 유빙, 빙압, 생물부착 등의 환경하중을 고려하여야 한다.

0902.2.6.1 파랑하중

- (1) 설계용 파고 및 주기는 부유식 구조의 설치위치 상황에 따른 파랑변형을 고려하여 설정해야 한다.
- (2) 설계용 파향은 부유식 구조물 또는 그 부재에 가장 불리한 방향을 취하는 것으로 한다.

0902.2.6.2 해류·조류 등의 유체력

부유식 구조의 설계에서는 해류·조류 등에 의한 유체력을 고려해야 하며, 작용 유체력은 유향방향의 저항력과 그 직각방향의 양력으로 구분하여 산정한다.

0902.2.5 계류, 견인장치에 의한 하중

계류 또는 견인을 위한 접합지점에 집중하중이 작용할 수 있으며, 구조물의 유동 및 유수조건, 견인 속도 등에 변동성이 많으므로 활하중에 적용하는 하중계수를 사용한다.

0902.2.6 환경하중

부유식 구조에 작용하는 환경하중은 구조물이 설치된 지역과 수역조건에 따라 다양한 환경하중이 작용할 수 있다. 기존의 관측자료가 있는 경우에는 이에 대한 통계적 분석값을 활용하고, 그렇지 않은 경우에는 일정 기간의 검측자료 또는 실험값과 적절한 해석결과를 활용할 수 있다.

지진해일과 폭풍해일은 동시에 고려하지 않지만, 폭풍해일의 경우는 태풍을 동반하므로 풍하중, 파랑하중 및 조류력을 고려하고, 지진해일의 경우에도 조류력을 고려하여야 한다.

ASCE/SEI 7-10의 2장과 5장에서 유체(flood, Fa)의 하중과 하중조합 계수를 별도로 정의하고 있으므로 이를 참고할 수 있다.

0902.2.6.1 파랑하중

부유식 구조의 설계에서 고려해야 하는 것은 주로 1~100초 정도의 주기를 가진 파도이다. 파랑이란 바람에 의해 발생하는 중력파로 해양파의 대부분을 차지하고, 풍역 내의 풍파와 풍역 밖으로 전파된 너울로 크게 구별된다.

주기가 1~30초 정도인 파랑은 주로 파랑하중으로 부유식 구조에 작용하여 구조설계상 매우 중요하다. 장주기 중력파는 부유식구조의 계류시스템에 대한 영향이 중요하며, 100초 이상의 장주기파는 근해 건축물에 대해서는 이상조위 또는 조류로서 취급된다. 또한 연안 부유식 구조에서는 월파에 대한 방재 관점의 검토가 필요하다.

0902.2.6.2 해류·조류 등의 유체력

해류의 종류에는 밀도류, 취송류, 지형류, 경사류 등이 있다. 다소간의 계절적 변동이 있지만 장시간에 걸쳐 거의 일정한 속도와 방향을 가진 흐름으로 고려할 수 있다. 조류는 조석간만에 의해 일어나는 흐름으로 보통 1일 2회 유향의 반전이 있다. 부유식 구조의 설계용 유속은 설치수역이나 근역에서 장시간에 걸친 유속, 유향 등의 관측자료 또는 바람, 조석 등의 관측치에 의거한 추산자료에

기준

0902.2.6.3 지진하중

부유식 구조의 설계에서는 다음에 제시한 지진의 영향을 고려해야 한다.

- (1) 계류장치를 매개로 해서 작용하는 진동력
- (2) 지진에 의해 발생하는 지진해일

0902.2.6.4 적설하중

강설수역에 설치된 부유식 구조의 설계에 있어서 0304(적설하중)에 규정된 내용을 포함하여 아래에 제시한 적설의 영향을 고려해야 한다.

- (1) 부유식 구조에 중량으로 작용하는 적설
- (2) 부유식 구조에 작용하는 풍하중 등을 증대시키는 적설
- (3) 적설에 의한 부유식 구조의 복원성능에 대한 영향

0902.2.6.5 빙하중

유빙, 결빙 또는 착빙이 발생하는 수역에 설치된 부유식 구조의 설계에서 아래 항목에 제시된 얼음의 영향을 고려해야 한다.

- (1) 해빙의 이동에 따라 작용하는 빙하중
- (2) 결빙에 따른 빙압력
- (3) 착빙에 따른 복원성의 영향
- (4) 표류빙의 충돌

0902.2.6.6 생물부착 등

부유식 구조의 설계에서는 생물부착으로 인한 중량 증가와 증대된 외관치수에 작용하는 파력, 해·조류에 의한 유체력 증대 및

해설

재현기간 등을 고려한 적절한 통계처리를 통하여 설정한다.

0902.2.6.3 지진하중

부유식 구조에 작용하는 지진동은 계류장치를 매개로 하여 전달되며, 그 영향의 정도는 계류장치의 구조에 의해 좌우되지만 대체로 고정식 해양건축물에 비해 작다.

프레임 등의 강절점 계류장치에서는 해저지반 또는 계류장치의 지진동이 직접 전달된다. 힌지 또는 피스톤 등에 의한 힌지 계류장치에서는 계류장치의 구조, 설치 상황에 의거하여 지진동의 전달을 고려한다. 와이어로프 또는 체인 등에 대한 지진동의 전달은 이완계류방식의 경우는 고려하지 않고 긴장계류방식의 경우는 계류장치의 구조, 설치 상황에 따라 고려한다.

지진해일에 의한 이상조위 및 그 수평류에 의한 하중은 부유식 구조의 구조형식 및 설치 상황에 따라 고려한다.

0902.2.6.5 빙하중

부유식 구조의 설치영역에서 얼음에 관한 자료는 그 지역에서 장기간에 걸쳐 해빙, 집적·분포상황, 해빙의 형상·두께, 강도, 이동속도 및 방향, 기온, 수온 등 관측자료 또는 기상관측에 의한 추산자료에 따른다.

빙하중의 특성치는 부유식 구조 또는 그 부재의 접촉면적에 빙압력을 곱하여 산정한다. 빙압력의 특성치는 얼음의 압축 강도 또는 휨 강도를 바탕으로 얼음과 접하는 부유식 구조 또는 부재의 형상·치수·지지상태(계류방식), 얼음의 파괴메커니즘 등을 고려하여 산정한다.

0902.2.6.6 생물부착 등

부유식 구조에 중량으로 작용하는 부착생물의 영향에는 잉여부력의 감소, 경사에 따른 안전성에

표면조도의 변화에 따른 저항력 증가와 같은 부착생물에 의한 영향을 고려한다.

0902.2.7 우발하중

부유식 구조의 특수성으로 인한 다음과 같은 우발하중이 작용할 수 있으므로 구조물의 기능과 설계의도에 적합한 우발하중의 유형과 하중규모를 적절히 산정하여야 한다.

- (1) 접안 과정이나 인접 부유식 구조와의 충돌에 의한 충격하중
- (2) 화재, 폭발, 침수, 선박의 충돌 등에 의한 우발하중
- (3) 수상 또는 수중의 쓰레기 침착에 의한 하중 등

0902.3 재료

0902.3.1 일반

부유식 구조물에 사용되는 재료는 건축구조기준의 콘크리트, 강 구조, 목구조 등에서 정의하는 내용을 따르며, 아래의 사항을 추가 적용한다.

0902.3.2 재료 강도의 설정

환경하중 및 목표 내구년수를 고려하여 부유식 구조물에 적절한 콘크리트, 철근 및 강재를 선정하여 사용한다.

대한 영향 등이 있다. 파랑하중과 조류력을 증대시키는 부착생물의 영향으로는 외관 치수 증대에 따른 함체 및 계류장치에 작용하는 유체력의 증가와 표면조도 변화에 따른 저항력 증가 등이 있다. 또 복수의 부재가 근접해 있는 경우는 상호간섭효과도 같이 고려할 필요가 있다.

0902.2.7 우발하중

우발하중의 유형과 규모는 다양하므로 구조물의 기능과 가치를 고려한 설계 관점에 따라 우발하중의 유형과 규모를 결정한다.

우발하중으로 초래되는 급속한 구조파괴나 기능상실을 방지하기 위한 대책을 마련해야 한다.

0902.3 재료

0902.3.2 재료 강도의 설정

정온수역 수·해양 환경의 환경하중을 고려하여 목표 내구수명을 만족할 수 있도록 콘크리트 설계기준강도, 철근강도, 강재강도를 설정한다. 재료의 품질 시험은 0502 재료의 품질과 시험에 준하여 실시하며, 사용성 및 내구성에 대한 규준은 0504에 준하여 실시한다. 특히 해양구조물의 경우에는 내구성 구분 및 노출 상태에 의한 구분을 조합하여 고려하는 것으로 하며, 이하의 표에 준해서 재료 특성값을 결정한다.

〈해표 0902.3.1〉 내구성 구분

내구성 구분	계획사용년수(년)
20	20
30	30
40	40

기준

0902.3.3 콘크리트

콘크리트는 수·해양 환경에 있어 소요강도 및 내구성을 확보해야 하며, 품질의 편차가 적은 것으로 해야 한다.

0902.3.4 철근 및 PC강선

철근 및 PC강선은 설치되는 수·해양 환경의 조건에 하에서 충분히 안전하고 내구성을 가질 수 있도록 사용 실적을 고려하여 선정한다. 어느 경우에도 KS 규격에 정해진 것 또는 그것과 동등 이상의 것을 사용해야 한다.

0902.3.5 강재

수·해양 건축물에 이용하는 강재는 구조재료 및 구조용 접합재료로 크게 구분할 수 있으며 그 구조물이 설치되는 노출상태 구분에 따라 적절한 방식방법을 고려한 뒤 강도, 인성, 용접성 등에 근거하여 선정한다.

0902.4 해석

0902.4.1 일반사항

- (1) 부유식 구조의 구조해석은 자연 환경조건, 하중조건 및 구조물의 특성을 종합적으로 고려한 적절한 해석 방법에 근거하여야 한다. 해석 방법은 건축구조기준의 해당 설계를 기본으로 하지만 다른 관련 설계 기준, 문헌 등에 준해서 실시하여도 좋다.
- (2) 복잡한 구조물의 경우에는 구조물을 단순화시키거나 축소 모형실험을 통하여 구조물의 거동을 확인하는 것이 바람직하다.
- (3) 함체를 고정하는 계류시설의 해석 및 설계는 0902.6(계류장치)의 내용을 따른다.

해설

〈해표 0902.3.2〉 노출 상태에 의한 구분

노출상태에 의한 구분	노출 상태
I	해수에 접하는 부분 파도포말을 받는 부분
II	외기에 접하는 부분
III	I, II 이외의 부분

0902.3.3 콘크리트

콘크리트 구성재료인 시멘트, 골재, 물, 혼화재료 및 배합에 관한 사항은 0502.2에 따라 사용환경에 적합한 것을 사용한다. 구조물의 노출상태, 내구성 구분에 따라 물시멘트비 최대값을 설정한다. 콘크리트에 포함된 염화물량은 염화물이온으로서 0.30kg/m^3 이하로 하며, 방청상 유효한 대책이 강구된 경우에는 0.60kg/m^3 미만으로 한다.

0902.3.4 철근 및 PC강선

철근 및 PC강선은 설치되는 수·해양 환경의 조건에서 목표로 하는 내구년수를 만족할 수 있도록 재료를 선정한다. 단, 에폭시 수지 도장철근의 경우는 예외로 한다.

0902.3.5 강재

수·해양 구조물에 사용하는 강재는 노출 환경하중을 고려하여 적절한 방식을 강구할 필요가 있다. 강재의 방식은 ①부식대 ②도장 ③금속피복 ④라이닝 ⑤전기방식이 있으며, 생물부착 방지가 요구되는 경우에는 방오처리를 실시한다.

0902.4 해석

0902.4.1 일반사항

구조해석이란, 설정된 설계하중에 대해서 구조물 각부에 생기는 응력 변형을 산정하여 그것들이 일정한 허용값 내력 이하에 있는 것을 확인함으로써 구조물의 안전성, 기능성, 시공 가능성 등을 보증하는 일련의 절차를 의미하고 있다. 구조해석은 구조물의 구조설계에 있어서 중요한 과정의 하나이며 그 구조물을 둘러싸는 자연 환경조건, 하중조건 및 구조물의 구조 특성을 종합적으로 고려하고 적절한 방법을 선택하여 실시하여야 한다.

0902.4.2 구조해석시 유의사항

부유식 구조물의 구조해석시에는 수·해양구조물의 특수성을 고려하여야 한다.

0902.4.3 정적해석

- (1) 동적하중을 정적하중으로 치환하여, 정적해석에 의해서 구조물의 거동과 단면력을 산정한다.
- (2) 설계요구에 적합한 계산 정확도를 얻을 수 있는 것이면 어떠한 해석방법이든 적용하여도 좋다. 동적해석에 의한 값보다 안전측의 해석결과 값을 제공하여야 한다.

0902.4.4 동적해석

- (1) 정적하중으로 거동을 예측하기 어려운 구조물에 대해서는 동적해석에 따라 구조물의 거동과 단면력을 산정한다.
- (2) 동적해석은 전체적 응답(진동) 해석과 국부 응답(진동) 해석으로 나누어 실시할 수 있다.

0902.4.2 구조해석시 유의사항

- (1) 설치수역에 있어서의 자연 환경조건과 하중의 정도
- (2) 건조단계 및 추정 사용기간 동안의 작용하중 상태의 산정과 그에 대한 안정성의 검토
- (3) 수·해양 환경상태에서의 재료의 부식, 열화와 강도 저하에 대한 고려
- (4) 파랑의 반복재하에 의한 피로파괴의 고려
- (5) 설비, 장비의 침수에 대한 고려
- (6) 수중(水中) 부분의 보수, 점검, 보존에 대한 고려

0902.4.3 정적해석

해양 건축물에 작용하는 하중은 고정하중, 적재하중, 정수압, 부력, 적설하중 등의 정적하중과 파랑하중, 유체력, 바람하중, 지진하중, 충격력 등의 동적하중으로 크게 구별된다. 동적하중이란, 그 크기 및 작용 방향이 시간적으로 변화하는 하중을 말하지만 바람이나 유속에 의한 유체력 등은 시간적 변화가 완만하기 때문에 통상적으로 정적하중으로 간주한다.

0902.4.4 동적해석

- 파랑, 바람, 지진, 충격력, 기계 진동 등의 동적하중에 대해서는 동적해석에 의해서 단면력 및 변형을 구하는 것이 바람직하다. 이 경우의 동적해석에서는 건축물 혹은 주요 구조부재를 둘러싸는 해수의 영향을 고려하여 구조물-유체 연계해석이 필요하다. 그러나 구조물의 동적 응답 특성에 영향을 주는 주변의 물의 영향 특성은 구조물 혹은 주요 구조부재의 형상·치수에 상당히 의존하기 때문에 설계조건에 따른 적절한 판단이 필요하다. 즉 설계하고 있는 건축물에 대해서, 고려하고 있는 하중에 대해서 연계 해석이 필요 여부를 판별함으로써 특별히 필요하지 않은 복잡한 해석을 사전에 배제할 수 있다. 예를 들어, 함체의 길이가 함체 높이에 비하여 길고 고려하는 장주기의 파랑 영역에서는 유체에 의한 탄성변형을 고려하는 해석이 필요하다. 그러나 함체가 변형이 거의 없고 강체거동이 예측되는 경우는 함체의 동적응답을 건물에 입력하여 해석하는 방법을 사용할 수 있다.
- (2) 전체적 동적응답 거동은 바람, 파랑, 지진 등의 동적하중에 의한 것이 일반적인 것임에 비해, 보, 기둥, 바닥슬래브, 벽 등에 볼 수 있는 국부

기준

해설

0902.5 설계

0902.5.1 일반사항

- (1) 부유식 구조의 상부구조물과 하부의 부유식 합체의 설계에 적용한다. 계류장치의 설계는 0902.6을 적용한다.

- (2) 부유식 구조 위의 생명 및 재산에 대하여 위험이 될 만한 손

진동은 통상 기계류에 의한 것으로 건축물의 거주성, 기능성의 저해 원인이 된다. 후자의 진동 해석은 통상적으로 탄성 이론에 근거해 행해지지만 전자의 경우에는 소성을 고려한 해석을 실시할 필요가 있다. 또한 부재의 소성을 고려한 경우에는 주요 구조부재 및 보조 부재의 변형량을 정확하게 파악할 수 있으며, 기능상의 문제점이 초래하지 않도록 설계해야 한다.

전체 동적거동 해석에 있어서 구조물의 형상에 의해서 유한요소해석에 의한 해석법의 적용이 바람직한 경우 혹은 연속체로서 모드 해석법의 적용이 바람직한 경우가 있다. 특히 후자의 경우에는 진동 모드와 고유 진동수의 관계를 정확하게 파악하고 필요한 모드를 적절히 선택해야 한다.

강구조에서는 구조물의 형상에 따라서는 진동시에 미소 변형률 아래에서 대변형을 일으키는 경우가 있다. 따라서 탄성 이론에 근거하는 응답 해석은 반드시 기하학적 선형 이론 해석을 의미하고 있는 것은 아니다. 기하학적 비선형 이론을 이용해 진동 모드를 적절히 고려하는 것에 의해서 모드간 연성효과에 의한 현상 등을 해석할 수 있는 등 선형 이론에서는 파악되지 않는 실현상을 해석할 수 있는 이점을 가진다.

0902.5 설계

0902.5.1 일반사항

부유식 구조체는 다음의 4가지 한계상태를 고려하여 설계하여야 한다.

- (1) 사용한계상태(serviceability limit state)

구조물 또는 주요구조부재가 결정된 강도한계치에 달하는 상태로서 여기에서 강도한계치라는 것은 그 수치를 넘는 경우에 구조물의 이용에 지장을 일으키지 않은 경미한 손상이 발생할 가능성이 있는 상태를 말한다.

부유식 구조의 평상시 운용여건을 고려하는 것으로 사용한계상태는 다음을 포함한다.

- ① 구조물의 운용 수명을 단축시키거나 효율 또는 구조부재의 외관에 영향을 주는 국부손상
- ② 구조물의 효율적인 운용과 구조부재의 외관 또는 장비의 기능에 영향을 주는 허용치를 초과한 변형

- (2) 극한강도한계상태(ultimate strength limit state)

상(부유식 함체의 침몰, 표류 및 파괴)을 일으키지 말아야 한다.

- (3) 부유식 구조를 구성하는 구조물의 일부가 손상됨에 따라 일부가 기능하지 않은 경우에도 부유식 구조 본래의 기능은 상실하지 않아야 한다.

0902.5.2 하중계수 및 하중조합

- (1) 공칭하중은 3장 및 0902.2에 따른다.
- (2) 부유식 구조물과 구조부재의 소요강도는 강구조의 경우 0702.2.1.2, 철근콘크리트구조의 경우 0503.3.2, 목구조의 경우 0803.1.2의 하중조합 중에서 가장 불리한 경우에 따라 결정하여야 한다. 이 경우, 환경하중에 대한 하중계수는 환경하중에 대한 구조거동과 풍하중(W) 또는 지진하중(E)에 의한 거동이 반대로 작용하는 경우 0으로 한다.

0902.5.3 부유식 함체

0902.5.3.1 일반사항

- (1) 부유식 함체는 수밀성과 안정성이 먼저 검토된 후에 예상되는 하중에 대하여 함체시스템의 내력이 확보되고 각 부재별 내력이 만족하도록 설계한다.
- (2) 부유식 함체는 강구조(합성구조), 철근콘크리트구조(프리스트

주요구조부재 또는 1개의 구조물이 전체적으로 파괴되는 상태로써 여기에서 전체적으로 파괴되는 상태라는 것은 인명에 위험이 되는 손상이 발생하거나 혹은 부유식 구조가 침몰·표류하는 상태를 말한다.

부유식 함체의 극한강도한계상태는 최대 하중적재능력 또는 어떤 경우에는 최대 적용 가능한 변형 및 변형률에 해당하는 것으로 다음을 포함한다.

① 파괴(rupture) 또는 과도한 변형에 의한 횡단면, 구조부재 또는 연결부의 최대하중부하능력에 도달한 상태

② 전체구조 또는 일부구조의 불안정상태

(3) 피로강도한계상태(fatigue strength limit state)

구조물이 운용기간 중에 받는 반복하중에 의한 피로균열이 발생·전파되고, 그 부재의 하중 분담률이 저하되기 시작하는 상태, 즉 부유식함체에 가해지는 주기적인 하중(cyclic loads)에 의한 파괴의 가능성에 해당하는 것을 피로한계상태라고 한다.

(4) 진행성파괴한계상태(progressive collapse limit state)

구조부재의 일부 또는 하나의 구조물이 파손된다고 가정하고 그 손상에 의한 하중 재분배에 따라 다른 건전한 구조부재 또는 구조물이 손상될 수 있는 상태를 고려해서, 부유식 함체의 어느 한 구획이 침수 시 다른 구획으로의 침수가 진전되지 않는 상태를 진행성파괴한계상태라고 한다.

기준

레스트 콘크리트) 및 목구조 등의 적용이 가능하다. 단, 이 기준에서 구체적으로 규정하지 않은 재료에 대해서는 이 기준 0205장에 따라 설계기준강도 및 기계적 성능 등을 확인하여야 한다.

- (3) 수직하중과 예상되는 파랑하중의 다양한 입사각에 대하여 종방향모멘트와 전단력에 저항하도록 설계하여야 한다.
- (4) 수직하중에 따라 발생한 정수압과 파랑하중에 의한 파압에 저항할 수 있도록 부유식 함체의 측벽과 저면바닥을 설계하여야 한다.
- (5) 부유식 함체는 파랑하중 등에 의한 피로항복이 발생하지 않도록 설계하여야 한다.

0902.5.3.2 강구조

- (1) 부유식 함체를 강구조(합성구조)로 설계할 경우 제7장(강구조)의 기준에 추가하여 아래의 규정을 고려하여야 한다.
- (2) 부식에 따라 구조부재의 강도가 저하되는 것을 적절한 방법으로 방지하거나 부식을 허용하도록 설계하여야 한다. 부식을 허용하도록 설계하는 경우 강재의 부식에 의한 강도저하의 영향을 적절한 방법으로 고려하여야 한다.

- (3) 파랑 등의 반복재하에 의한 피로를 고려하여야 한다.
- (4) 두께 계측을 할 수 있도록 모든 구조체에 적절한 접근대책을 제공하도록 설계 및 제작해야 한다.
- (5) 주요구조부재는 적절한 강도의 연속성을 보장할 수 있는 방법으로 배치하여야 한다. 갑작스런 부재 높이 또는 횡단면의 변화를 피해야 한다.
- (6) 8mm를 초과하는 판 두께의 변화는 피해야 하며, 그러한 경우에는 중간 정도 두께의 판으로 전이구역을 두어야 한다. 맞댐 용접의 개선은 이 기준에서 정하는 방법에 따라야 한다. 판두께의 국부적인 증가는 주로 필러를 사용한다. 필러는 모재와 같은 항복강도 및 재질의 판을 사용하여야 한다.
- (7) 구조적 불연속이 존재하는 부분에서는 응력집중이 발생할 수

해설

0902.5.3.2 강구조

- (2) 부식에 의한 강도저하의 영향을 고려하는 방법으로 “초대형 부유식 해상구조물 provisional guidance(2006)” 제2장 제2절의 순치수기법(net scantling approach)이 있다.

이는 순치수(net scantling)를 명확하게 구체화하는 것으로 제작공정(신조공정)으로부터 구조물의 수명기간에 걸쳐 구조강도 요건을 만족하며, 양호하게 유지되도록 하는 것이다. 이러한 접근법은 구조물의 운용기간 중에 발생할 수 있는 부식마모를 위하여 추가한 여분의 두께를 순두께와 명확히 구분한다.

(3) 피로강도해석

해상접합부, 구조적으로 불연속된 곳, 계류시설과 접촉하는 곳 등 반복하중이 작용하는 곳은 적절한 피로강도해석을 수행하여야 한다. 피로강도해석의 결과, 구조물을 구성하는 구조부재는 해당 부재에 발생하는 피로손상에 따라 그 기능이 손실되지 않아야 한다. 강구조물의 피로강도 평가는 0702.3.8 및 “초대형 부유식 해상구조물” 제11장 피로강도 해석을 참조하여 수행할 수 있다.

있으며, 그러한 응력집중을 줄이기 위하여 적절한 보강 등의 충분한 주의를 기울여야 한다.

- (8) 2차구조부재가 주요구조부재 위치에서 끝나거나 절단되는 경우 구조적 연속성을 확보하기 위하여 브래킷 또는 보강재를 설치하여야 한다.
- (9) 높은 응력이 발생한 지역은 개구부 설치도 가능한 피해야 한다. 개구부가 배치된 경우 개구부의 모양은 응력집중을 감소시킬 수 있도록 설계하여야 한다. 개구부는 둥글고 테두리가 매끄럽게 시공하여야 한다. 용접연결부는 응력집중부에서 적절히 벗어나도록 한다.
- (10) 강도가 다른 강재를 사용하는 경우 경계부 응력에 주의를 기울여야 하며, 고강도강재의 주요구조부재의 강성과 변형에 의한 보강재의 과도한 응력을 피하기 위한 부재치수를 적절히 고려하여야 한다.

0902.5.3.3 철근콘크리트구조

- (1) 부유식 함체를 철근콘크리트구조(프리스트레스트 콘크리트)로 설계할 경우 제5장(콘크리트구조)에 추가하여 아래의 규정을 고려하여야 한다.
- (2) 해풍, 해수 등에 노출된 부위는 0504.5에 따른 내구성 설계를 하여야 한다.
- (3) 균열의 영향, 침투성, 표면손상 등을 고려하여 0505.4에서 정하는 최소 피복두께 이상이 되도록 한다.

(8) 2차구조부재의 끝단부 연결은 주요구조부재에 의해 충분히 지지되도록 한다. 일반적으로 2차구조부재를 지지하기 위하여 보강재 또는 브래킷을 설치한다. 높은 전단응력 또는 압축응력이 예상되는 주요구조부재의 끝단 연결부는 2차구조부재의 관통을 위해 시공한 슬롯을 같은 재질의 칼라플레이트(collar plate)로 보강한다. 2차구조부재를 지지하기 위한 브래킷 또는 보강재는 구조적 연속성과 관련하여 충분한 단면적과 관성모멘트를 가져야 하고, 피로강도 관련하여 적절한 형상이어야 한다. 만약 2차구조부재를 지지하기 위한 브래킷 또는 보강재가 설치되지 않은 경우, 피로강도를 고려하여 특별한 슬롯구조를 제시하고, 슬롯에 대한 피로강도 평가가 요구된다.

브래킷을 설치하는 경우 브래킷의 순단면계수와 단면적은 2차구조부재의 값 이상이어야 한다. 브래킷의 순두께도 2차구조부재의 두께 이상이어야 한다.

(10) 강도가 다른 강재를 사용하는 경우 고강도강재 근처의 저강도강재의 응력에 주의를 기울여야 한다. 저강도강의 보강재가 고강도강의 주요구조부재에 따라 지지되는 경우, 주요구조부재의 강성과 주요구조부재의 변형에 의한 보강재의 과도한 응력을 피하기 위한 부재치수를 적절히 고려하여야 한다. 갑판과 저면바닥에 고강도강이 사용된 경우, 종방향강도에 기여하지 않는 부재와 갑판 및 저면바닥에 용접되는 부재도 일반적으로 같은 재질의 고강도강을 사용한다. 또한 종방향강도에 기여하는 스트링거(stringer)와 함체 거더 등의 주요구조부재의 웹에 불연속 보강재도 같은 재질을 사용한다.

0902.5.3.3 철근콘크리트구조

- (3) ACI375.2R-10의 6.4절에 따르면 사용성에 대하여 아래와 같이 기술하고 있다.

기준

- (4) 파랑 등의 반복재하에 의한 피로를 고려하여야 한다.
- (5) 철근 부식을 고려하여 에폭시도막철근, 내부식성 철근 등을 사용할 수 있다.
- (6) 주요구조부재는 적절한 강도의 연속성을 보장할 수 있는 방법으로 배치하여야 한다. 갑작스런 부재 높이 또는 횡단면의 변화를 피해야 한다.
- (7) 구조적 불연속이 존재하는 부분에서는 응력집중이 발생할 수 있으며, 그러한 응력집중을 줄이기 위하여 적절한 보강 등의 충분한 주의를 기울여야 한다.
- (8) 철근의 용접이음 및 기계적 연결부는 저온의 영향을 고려하여 실험 등을 통하여 그 성능을 확인하여야 한다.
- (9) 철근의 이음이나 프리스트레스 정착구가 정적허용응력의 50% 이상의 반복인장응력을 받을 경우 이음길이나 프리스트레스 정착길이를 50% 이상 증가시켜야 한다.

0902.5.3.4 기타구조

- (1) 부유식 함체를 목구조로 설계할 경우 제8장의 기준 및 0902.5.1.1 및 0902.5.1.2를 따른다.
- (2) 이 기준에서 규정하고 있지 않은 기타구조로 설계할 경우 0206에 따라 시스템이나 구조부재 및 접합부 등의 적정성 및 안전성을 검증해야 한다.

0902.5.4 상부구조물

- (1) 상부구조물의 설계는 이 기준에 따르며 다음의 추가사항을 고려한다.

해설

일반적으로 부유식 콘크리트구조물의 측벽, 바닥 슬래브, 측벽 및 저면바닥의 막응력(membrane stress)을 받을 경우 공칭 사용하중(normal service) 조건 하에서 두께를 관통하는 인장력(through thickness tension)은 0이거나 작은 값이 되도록 설계를 권장하고 있다. 또한 모든 유형의 사용하중 조건에서 균열폭 및 그에 따른 철근응력이 제어되도록 한다. 예를 들면, 수밀성이 요구되는 부재의 경우 최대균열폭이 0.25mm 이하, 그때의 철근의 최대응력이 117MPa 이하가 되도록 설계한다. 관통균열을 방지하기 위하여 부재의 한 부분이 항시 압축 응력만 받도록 요구할 수도 있다. 수밀성이 요구되는 부재가 주기하중을 받는 경우 철근에 경사지게 작용하는 주응력의 영향을 설계 시 고려해야 한다.

(4) 피로강도해석

강구조와 마찬가지로 철근콘크리트구조의 경우도 반복하중이 작용하는 곳은 적절한 피로강도해석을 수행하여야 한다. 철근콘크리트 구조물의 피로강도 평가는 기준 0504.4 및 ACI 375.2R-10 Report on Floating and Float-In Concrete Structures을 참조하여 수행할 수 있다.

0902.5.4 상부구조물

(2) 부유식 수·해양구조물은 저주파 진동에 의한 동요 영향이 최소화 되도록 설계한다.

(3) 부유식 수·해양구조물은 상하부 구조(RC, 프리스트레스, 강재)를 포함하여 사용하중에 의한 과도 처짐으로 비구조재 등의 손상을 유발하여 수·해양구조물의 사용성이 저해되지 않도록 설계한다.

0902.6 계류장치

0902.6.1 일반

이 절은 부유식 수·해양구조물을 일정 위치에 고정시키기 위한 계류장치에 대해 적용한다.

0902.6.2 계류장치의 종류

대표적으로 사용되는 계류 장치는 다음과 같은 종류가 있다.

0902.6.2.1 체인·와이어 계류장치

체인 또는 와이어를 함체로부터 해저 또는 하저에 고정된 앵커까지 연결하여 함체의 위치를 고정하는 장치를 말한다.

0902.6.2.2 돌핀 계류장치

수직 강관말뚝이나 중력식 구조물, 재킷 구조물 등을 사용하여 함체에 작용하는 수평외력에 저항함으로써 함체의 위치를 고정하는 장치를 말한다.

0902.6.2.3 삼각대 계류장치

안벽이나 호안, 그리고 함체에 각각 고정점을 설치하고 그 사이에 삼각대를 설치하여 함체를 고정하는 장치를 말한다.

(2) 부유식 수·해양구조물의 사용성 설계에 관련 사항은 1997년 발행된 ISO 2631-1 'Mechanical vibration and shock-evaluation of human exposure to whole-body vibration-Part 1: General requirements'를 번역하여 기술적인 내용 및 규격서의 서식을 변경하지 않고 작성한 한국산업표준규격인 KS B 0710-1 (2001) '기계적 진동 및 충격-인체 피폭 전신 진동의 평가-제1부: 일반적 요구 사항'을 참조한다.

(3) 과도한 처짐은 부유식 수·해양구조물의 각 부위에 항구적인 손상, 건물 외관의 변화, 기밀성 상실, 비구조요소의 전이파손에 따른 피해 및 설비 체계 운용의 혼란을 주고 사용자의 불안감등을 유발한다. 그러므로 처짐에 관련 사항은 0712.3 및 0504.3을 참조한다.

0902.6 계류장치

0902.6.1 일반

계류장치에 작용하는 하중에 대해서는 0902.2를 참조하며, 이 절에 언급되지 않은 계류장치 관련 사항은 국내 '항만 및 어항 설계기준'을 참조한다.

0902.6.2.1 체인·와이어 계류장치

체인·와이어 계류장치는 일정 범위의 수평변위를 허용하는 계류장치로, 조위차가 크거나 파랑의 영향이 큰 지역에서는 함체의 동요와 변위가 상대적으로 커질 수 있으므로 주의하여야 한다.

0902.6.2.2 돌핀 계류장치

돌핀 계류장치는 수평변위를 고정시키는 반면 수직변위를 허용하는 계류장치이다. 강관말뚝을 사용하는 경우 수평외력의 크기에 따라 개수를 늘릴 수 있다. 그러나 수심이 깊거나 토질조건이 적합하지 않은 곳에서는 강관말뚝의 횡방향 변위와 응력이 커질 수 있으므로 주의하여야 한다.

돌핀에 가이드 프레임에 연결할 때는 그 사이에 롤러나 펜더 등 완충장치를 부착하는 것이 좋다.

0902.6.2.3 삼각대 계류장치

조위 변화 시 안벽과 함체 사이의 간격이 달라질 수 있으므로 조위차가 큰 지역에서는 이를 고려하여 삼각대의 규모를 결정하여야 한다.

기준

0902.6.3 계류장치의 선정

계류장치는 설치장소의 환경조건과 함체의 운영조건 등을 정밀 검토하여 적절히 선정하여야 한다.

0902.6.4 계류해석

계류해석을 통해 계류장치에 걸리는 외력을 산정하고 함체의 동요량을 예측하여야 한다. 계류해석시 외력의 적용방향은 계류장치에 최대 하중을 발생시킬 수 있는 방향을 모두 고려하여야 한다. 체인·와이어 계류장치의 계류해석시는 임의의 한 계류삭이 파단되었을 때 다른 계류삭만으로도 안전한 위치유지가 가능한지에 대한 검토가 이루어져야 한다.

해설

0902.6.3 계류장치의 선정

계류장치 선정시 검토하여야 할 환경 및 운영조건은 다음과 같다.

- 1) 지배 풍향, 파랑, 조류, 수심
- 2) 조위차
- 3) 운영시 6자유도 동요 한계조건
- 4) 주변 장애물
- 5) 함체 접근 방법
- 6) 설치 및 유지관리 방법
- 7) 지반조건
- 8) 주변 선박 운항 조건

0902.6.4 계류해석

파랑에 기인한 외력은 파도에 의해 교란된 유체의 유동이 동적 압력의 형태로 구조물에 전달된다. 여기에는 입사파의 파고에 비례하여 파진동수와 동일한 진동수를 갖는 선형적 힘인 일차 운동 외력과 입사파 파고의 제곱에 비례하는 비선형적 힘인 이차 운동 외력이 있다. 일차 운동 외력은 대부분의 에너지가 밀집된 파주파수에서 선형적인 파주파수 운동인 일차 운동을 야기하며, 이차 운동 외력은 파의 비선형성에 기인하는 고주파수 운동, 저속표류운동, 평균표류운동과 같은 이차 운동을 야기한다.

파랑 표류력은 부체에 파랑이 작용하면서 운동의 중심 위치를 서서히 파의 진행방향으로 이동시키는 힘이며, 이차원 부체로서 파의 에너지가 분산되지 않는다고 가정하였을 때는 다음 식으로 표현될 수 있다(항만 및 어항 설계기준, 206쪽).

$$F_D = \frac{1}{8} \rho_0 g H_i^2 R$$

$$R = K_R^2 \left\{ 1 + \frac{4\pi h/L}{\sinh(4\pi h/L)} \right\}$$

여기서, F_D : 단위폭당 파랑 표류력(N)

ρ_0 : 물의 밀도(kg/m^3)

H_i : 입사 파고(m)

R : 표류력계수

K_R : 반사율

h : 수심(m)

L : 입사파의 파장(m)

계류해석은 파력의 종류와 계류장치의 해석조건에 따라 준 정적해석, 주파수영역 해석, 시간영역 해

0902.6.5 체인·와이어 계류설계

체인·와이어 계류설계 시 설치 위치의 바람, 파랑, 조류 등 환경 자료와 수심 측량 및 지반조사 자료, 계류될 함체의 배치도와 상세도, 그리고 함체의 운영 및 유지관리 조건, 주변의 표류물, 선박 운항조건 등을 정밀 검토하여야 한다.

또한 기존의 해저배관이나 장애물, 난파선, 암초 등이 계류장치에 손상을 입힐 수 있으므로 설계시 주의하여야 한다.

석으로 구분된다.

준 정적해석은 파랑에 기인한 이차 운동을 무시할 수 있는 계류장치 설계에 적용하며, 이때 환경 외력은 파랑에 기인한 일차 운동 외력과 파랑의 표류력, 풍력, 조류력을 합하여 계산한다.

주파수영역 해석은 파랑에 기인한 일차 및 이차 운동이 모두 중요한 계류장치 설계에 적용한다. 규칙파 또는 불규칙파에 대한 동적 응답을 바람, 조류, 파랑에 의한 정적 외력과 합하여 환경 외력을 계산한다. 이 해석은 계류장치의 하중-변형 특성이 선형적일 때 적용하며, 파력은 회절이론(Diffraction Theory)에 의거하여 계산한다.

시간영역 해석은 파랑에 기인한 일차 및 이차운동이 모두 중요하며, 계류장치의 하중-변형 특성이 비선형적일 때 적용한다. 이때 파력은 회절이론에 의거해 계산하며, 계류삭은 제작사로부터 받은 질량, 강성, 하중 특성 자료에 근거해 모델링한다.

회절이론은 입사파와 회절파의 선형중첩에 의한 속도 포텐셜을 구하여 파력을 산정하는 방법으로, 함체의 수평부재 치수가 입사파 파장에 비해 비교적 크거나 동요로 인해 입사파의 특성이 교란될 때 적용한다. 지배방정식은 연속방정식으로 속도 포텐셜의 Laplace 방정식으로부터 구해지며 경계조건은 자유수면조건, 해저조건, 방사조건, 물체경계조건을 만족하여야 한다.

0902.6.5 체인·와이어 계류설계

체인·와이어 계류설계는 다음과 같은 순서로 한다.

- 1) 설계 환경 조건을 정의하고 이에 따른 방향별 환경 외력을 산정한 후 적정한 계류삭의 수와 위치, 배치를 검토한다.
- 2) 계류장치의 설계 안전율을 결정하고 체인 및 와이어와 앵커 등 각 요소 설계를 수행한다. 이때 설계 안전율은 국내 ‘항만 및 어항 설계기준’을 참조한다.
- 3) 계류해석을 통해 계류삭에 걸리는 장력과 함체의 동요량을 산정하여 계류삭의 수와 위치, 배치를 최종 결정하고, 계류장치 요소설계의 적정성을 검토한다.
- 4) 함체의 계류연결부에 대한 상세 설계를 수행하고, 계류장치의 설치 및 유지관리를 위한 상세 절차서를 작성한다.

체인은 자체 무게가 있으므로 이에 따른 함체의 부력 영향을 고려하여야 한다.

기준

0902.6.6 돌핀 계류설계

돌핀은 계류된 함체에 작용하는 모든 바람, 파랑, 조류 등 환경 외력과 수심, 지반조건, 표류물, 선박 등 주변 조건을 정밀 검토하여 충분히 안전하도록 설계하여야 한다.

0902.6.7 삼각대 계류설계

삼각대와 안벽 및 함체 연결부에 대한 설계시 모든 가능한 함체 동요와 환경 및 인위적 하중조건을 정밀 검토하여 충분히 안전하도록 설계하여야 한다.

해설

와이어는 무게가 상대적으로 작지만 수명이 체인에 비해 짧을 수 있으므로 검사주기가 짧은 곳에 적용하는 것이 좋다.

앵커에는 닻, 중력식, 말뚝식 등 여러 형식이 있으며, 지반조건과 하중조건, 설치 및 유지관리 조건에 따라 적절한 앵커를 선정하여야 한다.

닻형 앵커 사용시는 계류삭에 걸리는 최대 장력이 앵커에 수직 상향력을 발생시키지 않도록 계류삭의 길이를 충분히 길게 하여야 한다.

닻형 앵커와 서클, 기타 부속품은 공인인증기관의 시험을 거친 제품을 사용하여야 한다.

0902.6.6 돌핀 계류설계

돌핀의 응력 산정 시 바람, 파랑, 조류의 복합 외력과 계류계의 비선형적 특성, 조위 변화와 함체의 흘수 등을 고려하여야 한다.

돌핀 설계시는 지반조건이 중요하므로, 돌핀의 지지력, 지반 침하의 영향, 지반 액상화, 세굴 등의 영향을 정밀 검토하여야 한다.

돌핀과 함체 사이에 부착하는 가이드는 조정과 교체가 용이한 것을 사용하는 것이 좋다.

0902.6.7 삼각대 계류설계

삼각대는 트러스 구조를 많이 사용하며, 안벽 및 함체 연결부는 힌지로 설계하여 과도한 지점 반력을 방지하는 것이 좋다.

[0901의 참고문헌]

1. 케이블구조 설계기준 및 해설, 사단법인 한국공간구조학회, 2009.5.
2. 막구조 설계기준 및 해설, 사단법인 한국공간구조학회, 2010.6.
3. 케이블 구조 설계지침 · 동해설, 일본건축학회, 1994.6.
4. 막구조건축물 · 막재료 등의 기술기준 및 동해설, (사)일본막구조협회, 2003.
5. European Design Guide for Tensile Surface Structures, Tensinet, 1984.
6. Technical specification for cable applications in building structures, DG/TJ08-019-2005, J10553-2005, Shanghai, 2005.
7. Technical specification for membrane structures, DGJ08-97-2002, 209-2002, Shanghai, 2002.
8. Technical specification for inspection of membrane structures, DG/TJ08-2019-2007, J11015-2007, Shanghai, 2007.
9. 막재료의 탄성정수시험방법(MSAJ/M-02-1995, (사)일본막구조협회, 1995.
10. 막재료의 품질 및 성능시험방법(MSAJ/M-03-2003, (사)일본막구조협회, 2003.
11. 막구조건축물의 유지보전지침 · 동해설·막체등 · 강제부재편, (사)일본막구조협회, 1991.
12. KS, 산업자원부 기술표준원, 2007.9.

[0902의 참고문헌]

1. ACI Committee 357, "Report on Floating and Float-In Concrete Structures", ACI357.2R-10, 2010.7.
2. 한국선급, "초대형 부유식 해상구조물 Provisional Guidance", 2006.
3. 일본건축학회, "해양건축물 구조설계지침(부유식) · 동해설", 1990.
4. 항만 및 어항 설계기준, 해양수산부, 2005.

