
**폐쇄형 폐기물매립시설 설치·운영 고시[안] 마련
연구용역 진행사항**

2019. 10. 14



1 | 과업 개요

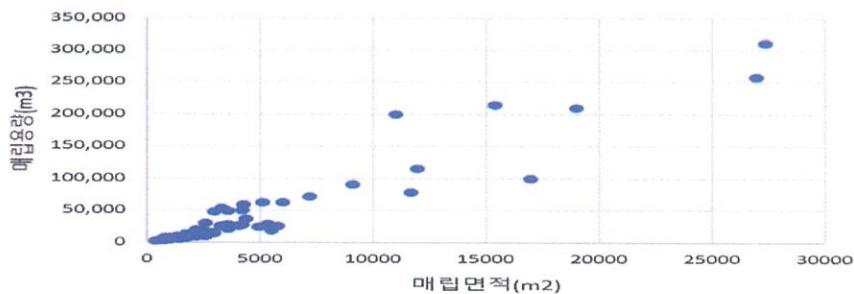
- 과업명 : 폐쇄형 폐기물매립시설 설치·운영 고시(안) 마련
- 수행기관 : (주)에코윌플러스
- 과업의 주요내용
 - ① 일본, 미국 및 EU 등 주요 국가별 폐쇄형 폐기물매립시설 설치·운영 기준 및 사례 분석
 - ② 국내 폐쇄형 폐기물매립시설 현황 및 운영실태 조사·분석
 - 폐쇄형 매립시설 사용 막재(幕材) 등의 자재, 설치·운영 실태조사
 - 작업자의 안전관리, 폐기물매립 처분 시 주의사항 이행여부, 비상상황 대비 조치 및 관리사항
 - ③ 폐쇄형 폐기물매립시설 설치·운영 기준 고시제정(안) 마련
 - 폐쇄형 폐기물매립시설의 설치 세부기준 규정
 - 관계법령에 의한 인·허가 사항 등 제반 규정 검토
 - 폐기물매립시설 설치·운영사업자 등 이해관계자 의견수렴 등
 - ④ 폐쇄형 폐기물매립시설 설치·운영기준 고시제정에 따른 “비용·편익 분석”

2 | 과업진행 경과

- ① 일본 클로즈타입 매립시설 설치·운영 현황 및 관련 매뉴얼 검토
 - ① 일본 클로즈타입(Close type) 매립시설 설치·운영현황
 - 클로즈타입 매립시설 개수 : 71개소
 - 평균 매립면적 : 4,532 m², 평균 매립용량 : 54,567 m³



[일본 클로즈타입 매립시설 내·외부 전경]



[일본 클로즈타입 매립시설 매립면적 및 용량 현황]

○ 일본 클로즈타입(Close type) 매립시설 운영관련 규정

- 별도의 법적 기준은 없으나, 최종처분장기술시스템연구협회에서 발간한 매뉴얼(클로즈타입 처분장 유지관리매뉴얼) 발간
 - 개인보호구 : 안전모, 방진마스크, 보호안경, 안전화 등
 - 매립지 내부 환경관리기준은 다음과 같이 제시

*일본 클로즈타입 매립시설 유지관리 문제점 및 해결방안 : 참고1

[클로즈타입 매립시설 내부 환경관리기준]

측정 위치	측정 항목	측정 방법	측정 빈도	기준치	비고
매립지내	온도	열전대식, 저항식 온도계	연속	37°C 이하	노동 안전 위생 규칙
	습도	전자식 저항식 습도계	연속	-	-
	산소	자동 가스 감지기	1시간	18% 이상	산소 결핍증 등 방지 규칙
	황화수소	자동 가스 감지기	1시간	10ppm 이하	작업 환경 평가 기준
	이산화탄소	자동 가스 감지기	1시간	1.5% 이하	노동 안전 위생 규칙
	메탄 가스	자동 가스 감지기	1시간	1.5% 이하	
	수소	자동 가스 감지기	1시간	1.2% 이하	

② 국내 폐쇄형 폐기물 매립시설 설치·운영현황

① 국내 폐쇄형 매립시설 운영 실태조사 및 관련법규 검토

- 지붕형(당진), 에어돔형(ESG 청원, (주)센트로 충주)
- 이해관계자 의견수렴(3회 6, 8, 9월)

② 국내 폐쇄형 매립시설 현황

- 민간 매립시설은 에어돔형(민간 16개소) 평균 매립면적 : 25,007m²
- 다만, 공공시설 일부는 지붕형(3개소, 서산시, 당진시, 양양군)

[지붕형 매립시설별 매립면적]

구분	서산시	당진시	양양군
매립면적(m ²)	18,204	30,950	1,2단계 : 11,880, 3단계 : 4,701



지붕형 매립시설



에어돔형 매립시설

[폐쇄형 매립시설 내부 전경]

③ 이해관계자 주요 의견 및 관련법 검토

① 에어돔형 폐기물매립시설 관련 이해관계자 주요 의견

- (설치사업자) 에어돔형 폐기물매립시설 설치 제한 규정 철폐 요구
 - 에어돔형 폐기물매립시설의 안전사고는 해당시설 설치·운영자의 부적정 운영에 기인
⇒ 에어돔형 폐기물매립시설의 적정 운영기준 마련 필요
- (운영사업자) 에어돔형 폐기물매립시설에 대한 부정적 인식 개선 필요
 - 에어돔형 폐기물매립시설의 내부 환경은 지속적 환기 및 반입폐기물 제한(유기성 및 폭발 우려 폐기물 반입 차단)을 통해 개선 가능
- (설계사업자) 지붕형 폐기물매립시설은 국토교통부의 설계기준 및 시방서에 따라 설계가 가능
 - 현행 '폐쇄형매립시설 설치·운영을 위한 가이드라인'에서는 에어돔형 폐기물매립시설 설계기준 부재
⇒ “에어돔형 폐기물매립시설 설계기준 마련” 필요

* 이해당사자별 세부 입장 : 참고2

② 에어돔형 폐기물매립시설 관련법 검토

- (건축물 정의) 「건축법 시행령」 제15조에 따라 에어돔형 폐기물 매립시설은 가설건축물(존치기간 3년 이내) 대상이 아니며, 동법 제2조 및 ‘특수구조 건축물 대상기준(국토교통부고시 제2018-777호)’에 따라 특수구조 건축물로 분류
- (설치기준) 국토교통부 국가건설기준의 설계기준 ‘막과 케이블 구조(KDS 41 70 01)’ 준용 가능
- (작업환경기준) 「산업안전보건법」 제42조, 동법 시행규칙 제93조에서의 유해인자* 노출에 대한 에어돔형 폐기물매립시설 해당 여부 불분명

- * 가스상태물질류(15종), 유기화합물(113종), 산 및 알칼리류(17종), 금속류(23종) 등
- 일본 매뉴얼 및 국내 관련법을 참고하여 산소 결핍 및 유해가스 관련 규정 설정
- (소방시설) 「화재예방, 소방시설 설치·유지 및 안전관리에 관한 법률 시행령」 [별표 2]에서 폐기물처분시설을 특정소방대상물로 규정
- 동법 [별표 5]에 따라 특정소방대상물의 소방시설 설치 규정 준용

3

폐쇄형 폐기물매립시설 설치·운영 고시(안)

□ 폐쇄형 폐기물매립시설 설치·운영 고시(안) 주요 내용

- (구조 안전성 확보) 지붕형 폐기물매립시설은 국토교통부 '건축 구조기준(KDS 41 00 00)', 에어돔형 폐기물매립시설은 '막과 케이블 구조(KDS 41 70 01)'에 따라 설계하며, 에어돔형 매립시설의 최소 내부압은 15~20 mmAq 이상 유지
 - 구조 설계방법, 설계하중, 막재 종류 및 기준, 케이블 기준 등 제시
- (작업환경) 산소, 이산화탄소, 일산화탄소, 황화수소, 암모니아 농도에 대한 매립시설 내부 환경기준 설정을 통해 적정 작업환경 유지 및 유기성폐기물 매립 시 발생 가스를 소각하도록 하여 작업환경 악화 방지
- (주변환경) 에어돔형 폐기물매립시설 내부 먼지가 매립시설 주변으로의 확산을 방지하기 위하여 먼지 배출허용기준 제시
- (화재 대응 방안 강화) 소방시설(소화기구, 경보설비, 소화용수설비, 토사 등) 및 비상구 설치 규정 제시
- (폭설 대응 방안 강화) 제설장비, 장치 운영방안 구체화 및 기상 악화에 따른 설계하중 초과 예상 시 에어돔 하강 규정 제시

□ 폐쇄형 폐기물매립시설 설치·운영 고시(안)

1. 폐쇄형 폐기물매립시설 설치·운영 일반기준

(1) (설계기준) 폐쇄형 폐기물매립시설의 설계는 다음 각 호의 기준을 따라야 한다.

1. 지붕형 폐기물매립시설의 구조 설계기준은 국토교통부의 KDS 41 00 00 건축구조기준을 따르며, 에어돔형 폐기물매립시설은 KDS 41 70 01 막과 케이블 구조의 설계 기준을 따른다.

가. KDS 41 00 00의 내용은 다음과 같다.

KDS 41 10 00	일반사항
KDS 41 17 00	건축물 내진설계기준
KDS 41 20 00	건축물 기초구조 설계기준
KDS 41 30 00	건축물 콘크리트구조 설계기준
KDS 41 31 00	건축물 강구조 설계기준
KDS 41 33 00	목구조 설계기준
KDS 41 34 00	조적식 구조 설계기준
KDS 41 70 00	특수 건축물 구조설계기준
- KDS 41 70 01	막과 케이블 구조
- KDS 41 70 02	부유식 구조

2. 폐쇄형 폐기물매립시설의 구조설계는 강도설계법, 한계상태설계법, 허용응력설계법, 허용강도설계법에 따르거나 국토교통부장관이 이와 동등 이상의 성능을 확보할 수 있다고 인정하는 구조설계법(성능설계법 등)에 따른다.

(2) (설치·운영 기준) 폐쇄형 폐기물매립시설을 설치·운영 할 때는 「폐기물관리법 시행규칙」 제35조 및 제42조에 따른 폐기물처분시설의 설치기준과 관리기준 등을 준수하여야 하며, 다음 각 호의 기준을 따라야 한다.

1. 폐쇄형 폐기물매립시설은 「화재예방, 소방시설 설치·유지 및 안

전관리에 관한 법률 시행령」[별표 2]에 따른 “특정소방대상물”로 동법 [별표 5]에 따라 소화기구, 경보설비(비상경보설비, 비상방송설비, 자동화재탐지설비), 상수도소화용수설비(매립면적 5천m² 이상)를 갖추어야 한다. 다만, 「화재, 폭발 또는 유독가스 발생우려 폐기물의 종류 등에 관한 고시(환경부고시 제2016-46호)」에 나타낸 금속성 분진·분말을 매립하였을 경우 소화약제의 수분에 의한 폭발의 우려가 있으므로 상기 소방시설 이외에 토사 등을 준비하여 화재에 대응할 수 있어야 한다.

2. 폐쇄형 폐기물매립시설 설치·운영자는 내부 화재 등의 사고에 대비하여 출입구 외에 안전한 장소로 대피할 수 있는 비상구 1개 이상을 다음 각 목의 기준에 맞는 구조로 설치하여야 한다.

- (가) 출입구와 같은 방향에 있지 아니하고, 출입구로부터 3미터 이상 떨어져 있을 것
- (나) 하나의 비상구 또는 출입구까지의 수평거리가 50미터 이하가 되도록 할 것
- (다) 비상구의 너비는 0.75미터 이상으로 하고, 높이는 1.5미터 이상으로 할 것

3. 폐쇄형 폐기물매립시설 설치·운영자는 유해인자로부터 작업자의 건강을 보호하기 위해 [별표 1]에서 나타낸 항목들에 대해 매립작업구역을 대상으로 매시간 측정을 실시하여 기준을 초과하는 경우 폐기물매립처분을 중단하고, 환기시설을 가동하는 등의 적정한 조치를 취하여야 한다.

4. 폐쇄형 폐기물매립시설에는 「화재, 폭발 또는 유독가스 발생우려 폐기물의 종류 등에 관한 고시(환경부고시 제2016-46호)」에서 지정된 폐기물을 매립처분 할 경우 반드시 전처리 등을 거쳐 안정화 한 후 매립하여야 한다.

5. 폐쇄형 폐기물매립시설에 유기성폐기물을 매립하여 가스가 발생하는 경우에는 「폐기물관리법 시행규칙」 [별표 9] 제2호나목2)바)에 따라 가스를 모아 소각하는 등의 처리시설을 폐쇄형 폐기물매립시설 외부에 설치·운영하여야 한다.
6. 폐쇄형 폐기물매립시설 설치·운영자는 「산업안전보건기준에 관한 규칙」 및 「개인보호구의 사용 및 관리에 관한 기술지침(KOSHA GUIDE G-12-2013」에 따라 안전사고 예방을 위해 작업자가 매립시설 내부로 진입하기 전에 방진마스크, 안전모, 안전화, 보호장갑 등 개인보호구를 지급하여 근로자가 반드시 착용하도록 확인·점검하여야 한다.

2. 에어돔형 폐기물매립시설 설치·운영기준

(1) (설치기준) 에어돔형 폐기물매립시설의 설치에 관한 기준은 다음 각 호와 같다.

1. 에어돔형 구조설계에 적용되는 설계하중은 다음과 같으나, 에어돔형 시공법 등에 따라 특별히 발생하는 하중은 실제 상황을 고려하여 적절히 산정한다.
 - (가) 고정하중(D)
 - (나) 활하중(L)
 - (다) 적설하중(s)
 - (라) 풍하중(w)
 - (마) 지진하중(E)
 - (바) 초기 인장력(T_i)
 - (사) 내부압력(P_i)
2. 에어돔형 구조의 허용응력설계법에 따른 하중조합은 [별표 2]와 같으며 가장 불리한 경우로 설계한다.

3. 에어돔형에 사용되는 막재는 직포, 코팅재 및 그 외 구성된 재료로 다음 각 호에 해당하는 기준에 적합하여야 한다.

- (가) 막재는 [별표 3]과 같이 직포에 사용하는 섬유실의 종류와 코팅재(직포의 마찰방지 등을 위하여 직포에 도포)에 따라 분류된다.
- (나) 두께는 0.5 mm 이상이어야 한다.
- (다) 1 m² 당 중량은 [별표 4]와 같다.
- (라) 섬유밀도는 일정하여야 한다.
- (마) 인장강도는 폭 1cm당 300 N 이상이어야 한다.
- (바) 파단신율은 35% 이하이어야 한다.
- (사) 인열강도는 100 N 이상 또한 인장강도에 1 cm를 곱해서 얻은 수치의 15% 이상이어야 한다.
- (아) 인장크리프에 따른 신장율은 15%(합성섬유 직포로 구성된 막재료에 있어서는 25%) 이하이어야 한다.
- (자) 구조내력상 주요한 부분에서 특히 변질 또는 마찰손실의 위험이 있는 곳에 대해서는 변질 또는 마찰손상에 강한 막재를 사용하거나 변질 또는 마찰손상 방지를 위한 조치를 취한다.
- (차) 막재에 대하여 빛의 반사율과 투과율을 고려한다.
- (카) 구조물의 상황에 따라서 막재의 다양한 특성을 고려하여 재료를 채택한다.
4. 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.
5. 막구조에 작용하는 하중 및 외력에 따른 변형은 비교적 크고 또한 바람에 따른 막면의 강제진동이 생길 수 있으므로 [별표 5]와 같은 최대변위에 대한 제한규정을 적용한다.

6. 막재의 허용인장응력은 접합 등의 상황에 따라서 [별표 6]을 따른다.
7. 막면 정착부의 허용인장응력은 [별표 7]의 허용내력을 막면의 정착부 종류 및 형상에 따라 구한 유효단면적으로 나눈 수치로 하여야 한다.
8. 막재와 실내외 구조물간의 간격은 최소 1미터 이상이어야 한다.
9. 케이블 재료는 KS D 3509, KS D 3556, KS D 3510, KS D 3559, KS D 3514 및 KS D 7002의 규격에 맞는 선재를 냉간 가공한 소선을 사용함을 원칙으로 하고, 다음 종류를 표준으로 한다.
 - (가) 구조용 스트랜드 로프
 - (나) 구조용 스파이럴 로프
 - (다) 구조용 록 코일 로프
 - (라) 구조용 평행선 스트랜드
 - (마) 피복 평행선 스트랜드
 - (바) PC 강연선
10. 케이블구조에 대한 설계는 허용응력설계법 또는 허용응력법과 동등 이상의 구조설계법을 이용하여, 케이블 또는 그 외의 구조를 병용하는 건축물의 안전을 확인할 수 있는 구조계산이 이루어져야 한다.
11. 케이블 재료의 장기허용인장력은 파단하중의 1/3을 기준으로 하며, 단기허용인장력은 장기허용인장력에 1.33을 곱한 값으로 한다.
12. 각 케이블의 초기장력은 구조물에 필요한 강성을 확보하고, 외력변화 등에 따른 케이블의 장력손실에 따른 불안정 현상이 발생하지 않도록 설정한다.

(2) (운영기준) 에어돔형 폐기물매립시설의 운영에 관한 기준은 다음 각 호와 같다.

1. 에어돔형 폐기물매립시설은 먼지농도가 $30 \text{ mg}/\text{Sm}^3$ 이내로 배출되도록 유지·관리하기 위해 「대기환경보전법 시행규칙」 [별표 4]의 대기오염방지시설을 설치·운영하여야 하며, 월 1회 이상 측정을 실시하여 「폐기물관리법 시행규칙」 별지 제43호 서식에 기록·보존하여야 한다. 다만, 흡착제, 여과재 등 방지시설의 효율에 영향을 미치는 소모품은 방지시설의 적정효율을 유지할 수 있도록 오염도 측정 결과 등을 반영하여 교체주기를 명시하고 교체 주기 이내에 교체하여야 하며, 교체 내용을 동 서식에 기록·보존하여야 한다.
2. 에어돔형 폐기물매립시설은 최대 내부압, 최소 내부압, 상시 내부압이 합리적으로 보장되어야 한다. 최대 내부압은 심각한 구조변경에서도 최악의 상태가 발생하지 않도록 설정하여야 한다. 최소 내부압은 정상적인 기후에서 구조 안전성을 확보하기 위한 것으로 $15\sim20 \text{ mmAq}$ 이상이어야 한다.

3. 비상상황 대비 조치 및 관리사항

3.1 일반

(1)(재난 대응 및 조치사항) 폐쇄형 폐기물매립시설 설치·운영자는 “폐기물처리업체 재난대응 표준매뉴얼('14.12, 환경부)”에 따라 재난 관리체계, 재난예방, 재난발생시 대응 및 조치사항 등에 대한 방안을 마련하고 이행하여야 한다.

(2)(비상상황 대비) 폐쇄형 폐기물매립시설은 비상상황 및 응급복구에 필요한 장비·도구, 자재 등을 사전 확보하고, 비상발전설비, 비상송풍기 등은 항상 제 기능을 발휘할 수 있도록 유지·관리하여야 한다.

(3)(에어돔형 폐기물매립시설 내부압) 에어돔형 폐기물매립시설의 경우 태풍, 폭설 등 정상적인 기후가 아닐 때에는 기후변화에 따라 에어돔 내부의 압력을 적설량 및 풍속에 따라 적절하게 증가시켜야 한다. 다만, 설계하중을 초과하는 기후변화가 예상 시에는 에어돔을 하강하였다가 기후가 정상일 때 재부상하여야 한다.

3.2 폭설 대비조치 및 관리상황

(1)(일반) ① 폐쇄형 폐기물매립시설 설치·운영자는 매립시설의 구조적 안전을 위하여 다음 각 호의 기준에 따라 설빙관리를 하여야 한다.

1. 폐쇄형 폐기물매립시설의 지붕 구조물 안전에 지장이 없도록 눈, 얼음 등을 신속하게 제거하여야 한다.
2. 기상이변에 의한 폭설에 대비하여 신속히 대응할 수 있도록 제설대응체계를 갖추어야 한다.
- ② 폐쇄형 폐기물매립시설 설치·운영자는 환경 및 막재에 유해한 영향을 주는 화학약품을 제설목적으로 사용하여서는 아니된다.
- ③ 폐쇄형 폐기물매립시설 설치·운영자는 해당 지역에 얼음, 서리, 착빙 성 강우 등이 예보되면 제설장비의 작동상태 등을 확인하여야 한다.

(2)(제설작업 장비 및 도구 등의 확인) 폐쇄형 폐기물매립시설 설치·운영자는 동절기가 도래하기 전에 다음 각 호의 제설작업 장비 및 도구 등을 확인하고 제설작업에 차질 없도록 준비하여야 한다.

1. 모든 제설장비의 정비 및 수리
2. 제설자재 및 도구 준비
3. 제설한 눈의 처리 장소 및 수거장소 지정

(3)(제설장치 운영) 폐쇄형 폐기물매립시설에 액상 제설장치를 설치한 경우 제설 용수의 지속적 공급이 가능하도록 하며, 강설 초기에 살포하여야 한다.

[별표 1]

폐쇄형 폐기물매립시설의 내부 환경기준

항목		규제치	참고 기준
산소 결핍	산소	18% 이상	산업안전보건기준에 관한 규칙 제3편제10장제1절제618조
	이산화탄소	1.5% 이하	
유해 가스	일산화탄소	30ppm 이하	산업안전보건기준에 관한 규칙 제3편제10장제1절제618조 “화학물질 및 물리적 인자의 노출기준(고용노동부고시 제2018-62호)”
	황화수소	10ppm 이하	
	암모니아	25ppm 이하	

[별표 2]

에어돔형 구조의 하중조합

구조형태	하중의 종류	하중조합	비고
에어돔형	장기하중	$D + L + T_i(P_i)$	(P_i : 공기막구조 내압)
	단기하중	$D + L + S + T_i(P_i)$	(P_i : 공기막구조 내압)
		$D + L + W + T_i(P_i)$	(P_i : 공기막구조 내압)

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

[별표 3]

막재의 분류

막재의 종류	직포	코팅재
A종	KS L 2507 (직조용 유리실)을 만족하는 단섬유(섬유직경 3.0μm에서 4.05μm의 3 (B)로 한정)를 사용한 유리섬유실	4불화에틸렌수지, 4불화에틸렌-페플루오알킬-비닐에테르 공중합수지 또는 4불화에틸렌-6불화프로필렌 공중합수지
B종	KS L 2507 (직조용 유리실)을 만족하는 단섬유를 사용한 유리섬유실	염화비닐수지, 폴리우레탄수지, 불소계 수지 (4불화에틸렌수지, 4불화에틸렌-페플루오알킬-비닐에테르 공중합수지 또는 4불화에틸렌-6불화프로필렌 공중합수지를 포함), 클로로프렌고무 또는 클로로슬론화 폴리에틸렌고무
C종	폴리아미드계, 폴리아라미드계, 폴리에스테르계 또는 폴리비닐알코올계의 합성섬유실	염화비닐수지, 폴리우레탄수지, 불소계 수지, 클로로프렌고무 또는 클로로슬론화 폴리에틸렌고무

[별표 4]

막재의 단위중량

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

[별표 5]

막재의 변위제한

막면의 지점간 거리	하중	최대변위량/지점간 거리	
		주변이 골조 (골조막구조)	주변의 일부가 구조용 케이블 경계 (케이블막구조)
4m 이하	적설 시	1/15 이하	1/10 이하
	폭풍 시 하중의 1/2	1/20 이하	1/10 이하
4m 초과	적설 시	1/15 이하	1/10 이하
	폭풍 시	1/15 이하	1/10 이하

[별표 6]

막재의 허용인장응력

	접합상황	장기하중에 대한 허용인장응력 (N/cm)	단기하중에 대한 허용인장응력 (N/cm)
(1)	접합부가 없는 경우 또는 접합폭 및 용착폭이 40 mm 이상인 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.

[별표 7]

막면 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)

참고 1

일본 클로즈타입 매립시설 유지관리 문제점 및 해결방안

대상 부위	경미한 유지 관리상의 문제 및 트러블의 내용	원인	유지관리 해결책(예)
복개	적설, 낙설에 의한 파손·무너짐	·적설 방치로 설비 발생, 낙설로 인한 벽 손상	·제설 장려
	막면 오염으로 인한 조도 부족	·먼지, 황사 등에 의한 오염, 재질의 변화	·막면의 세척, 조명설비 사용
	겨울철에 이전할 수 없음	·계획 불충분 ·공용중의 관리 불충분	·겨울철에 이전하지 않는 매립 계획 ·매립 계획의 재검토
장내환경 관리설비 (환풍설비)	공기의 정체(매립지 내에 환기 부족) 발생, 온도상승	·환기 설비의 부족, 매립 지의 형상	·이동식 송풍기, 송풍관 등의 설치
	매립지 내의 온도상승	·환기 부족	·환기의 노력 ·에어컨이 달린 중기의 사용
	습도상승에 의한, 부식발생	·환기 부족 ·살수의 실시	·환기의 노력 ·설비의 부식·결로 대책
안정화 시설 (살수설비)	살수 균일성 불량(평면적인 살수량 흘어짐)	·살수설비선정, 설정이 부적절	·살수 설비 재조정
	살수 없는 개소의 존재	·투입설비 등의 존재로 인하여 물리적으로 살수 불가능	·살수 설비의 추가 ·인력에 의한 살수
	배관의 동결	·겨울철 온도 저하 ·배관내 잔수 발생	·물빠 장려 ·보온, 가온의 실시
	투입 시 분진 발생	·투입 시 살수 개소, 방법 부적절	·투입 지점에 사전에 살수 ·폐기물에 사전에 살수 ·투입에 맞춘 살수 실시
	살수의 정지를 잊어서 생긴 엄청난 침출수	·관리자의 부주의 ·설계상의 배려 부족	·작업 종료시 확인
	살수량이나 빈도가 적기 때문에 고농도 침출수 발생	·예산 부족 ·인식 부족	·살수용 및 물처리의 예산 확보
	복개 없는 미 매립구획의 가스보관, 차수공의 파손	·태풍, 적설 등의 영향	·가스 빼는 관의 보강 ·가스 빼내기
차수 설비	잔류 구조물의 뒷면으로부터 빗물이 침투한 벽면과 시트를 사이에 둔 저수	·지하 수위가 높음 ·저장 구조물의 크랙 등 ·지수 부족	·지하수위를 낮춤 ·크랙 보수

	벽면, 기둥의 시트 파손	·중기·반입 차량의 접촉 ·보호 부족	·중장비 작업자에 대한 주의 환기 ·보호재의 설치
반입 설비	설비 고장, 투입구의 막힘	·기기부의 먼지 부착 ·투입물과 설비 사이의 궁핍함 투입구 투입 하부의 폐기 물 축적	·살수에 의한 분인 억제 ·투입물의 선정·분별 ·부적물의 제거 ·폐기물의 신속한 이동 ·반입로 설치
침출수 처리시설	침출수 처리시설의 장기 미운전	·매립 초기의 살수 미실시 또는 살수량 적음	·운전개시시에 적정한 처리를 하고 있는지 수질검사실시 ·안정화를 위해서는 매립초에 있어서도 규정량의 살수는 필요
	침출수 처리시설의 겨울 정지에 따른 생물처리 저해	·한랭지에서는 살수설비 동결로 겨울 살수 미실시	·동결방지 대책을 실시하고, 겨울기간에도 살수를 실시 ·봄맞이 운전시에 수질확인 후, 순차를 행해 생물처리 시작
	건조 고화염의 처분처가 없음	·유효한 재 사용처 없음 ·불완전한 계획	·도로 동결 방지제나 피혁 처리제 등 일부 시행 사례가 있음 ·전기분해처리에 의한 차아염, 산, 알칼리에의 재이용은 검토 중
	개방형 대비 침출수 수질 농도가 높은 경향이 있음	·자연 강우량에 비해 살수량 희석 효과가 적음	·침출수 수질의 정기 측정을 통한 수질 파악과 수질 부하에 맞는 수처리 운전
기타	매립지 내 해충 발생	·폐기물의 노출	·입구에 커튼 등의 설치 ·복토의 장려 ·구제
	미매립 구획의 초목의 무성	·제초조치 없음	·관리통로를 확보하고 정기적으로 제초 ·방초조치(쇄석 등)

참고 2

에어돔형 폐기물매립시설 이해관계자 주요 의견

이해관계자	주요 의견
설치사업자	<ul style="list-style-type: none"> - <u>(에어돔 설치지양 철폐)</u> 에어돔 설치 제한 규정 철폐(국가에서 과도하게 시장에 개입) - <u>(적정 유지관리 방안 필요)</u> 에어돔은 매립시설 구성 시설 중 하나이나 에어돔 매립시설 사고가 에어돔에서 유래한 것으로 오해하고 있음. 기존 에어돔 매립시설 사고는 매립시설 운영 업자의 부적정 운영으로 인한 사고이기 때문에 에어돔시설에 대한 적정 유지관리 기준 및 정기검사 필요
운영사업자	<ul style="list-style-type: none"> - <u>(반입폐기물 제한 필요)</u> 에어돔 매립시설 내부의 작업환경 개선 및 안전 위해서는 유기성 오니 등의 폐기물 반입 제한 필요 - <u>(에어돔 매립시설 필요성)</u> 민간에서 매립시설의 인허가를 받기위해서는 폐쇄형 매립시설이 필요하나 지붕형은 경제성이 나오지 않아 에어돔형 설치 필요 - <u>(공조기 필요)</u> 매립지 내부 약취 및 비산먼지 대책으로 공조기 설치 필요 - <u>(제설도로 필요)</u> 원활한 제설작업을 위하여 제설도로 확보 필요 - <u>(비상출입구)</u> 내부 화재를 대비하여 적정 위치에 비상출입구 필요 - <u>(작업환경)</u> 지속적 환기시설 가동 및 적정 개인보호구 지급을 통해 작업자 건강 보호 - <u>(에어돔형의 대기오염물질 배출시설 규제여부)</u> 오픈형 매립시설에서도 오염물질은 동일하게 배출됨에도 불구하고 에어돔형 매립시설만 대기오염물질 배출시설로 규정하는 것은 형평성에 맞지 않음
설계사업자	<ul style="list-style-type: none"> - <u>(설계기준 부재)</u> 현행 가이드라인은 에어돔 설치기준을 제시하지 못하고 있어 이에 대한 기준 필요(지붕형은 건축법에 따라 설계 가능) - <u>(에어돔 현실고려 필요)</u> 민간에서는 폐쇄형 매립시설 고려시 경제성 및 설계(비대칭형 구조의 경우 지붕형은 설치 불가능) 등의 문제로 에어돔형을 선정 - <u>(대기오염방지시설 설치용량 한계)</u> 에어돔형 매립시설의 작업환경을 충족하기 위한 환기시설 및 대기오염방지시설의 설치는 매립시설 설치비보다 과다

1. 일반사항

1.1 적용범위

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

1.2 용어의 정의

- **막구조:** 자중을 포함하는 외력이 셀구조물의 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 부분에 삽입한 용착필름을 용융하여 막재를 압착하는 접합방식
- **봉제접합:** 접합하고자 하는 막재료의 겹친 부분을 다른 막재의 단부와 평행하게 봉제하는 접합방식
- **열풍용착접합:** 열풍에 따라 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, 막구조 및 케이블 구조물과 같은 연성구조물에 적용되는 해석방법

1.3 해석과 설계원칙

1.3.1 설계하중

1.3.1.1 하중기준

이 기준에서 사용하는 설계하중은 KDS 41 10 15에 따른다. 다만, 막구조 및 케이블구조의 형식, 구법, 시공법 등에 따라 특별히 발생하는 하중은 실제 상황을 고려하여 적절히 산정한다.

1.3.1.2 하중종류

막구조 및 케이블구조의 구조설계에 적용되는 설계하중은 다음과 같다.

- (1) 고정하중(D)
- (2) 활하중(L)
- (3) 적설하중(S)
- (4) 풍하중(W)
- (5) 지진하중(E)
- (6) 초기 인장력(T_i)
- (7) 내부압력(P_i)

1.3.1.3 하중조합

막구조 및 케이블구조의 허용응력설계법에 따른 하중조합은 표1.3-1와 같으며 가장 불리한 경우로 설계한다.

표 1.3-1 하중조합

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

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

1.3.2 막구조의 해석

1.3.2.1 막구조의 해석순서

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

1.3.2.2 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.

1.3.2.3 형상해석

막구조에 있어서 케이블재와 막재의 초기장력 값은 막구조 형식, 하중, 변형, 시공 및 기타 요인들을 고려하여 결정한다. 막재에 도입하는 초기장력은 표 1.3-2 값을 표준으로 한다.

표 1.3-2 초기장력 값

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

1.3.2.4 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.

1.3.2.5 재단도 해석

재단도 해석법에는 지오데식 라인법, 플랫트닝법 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.

1.3.2.6 공기막구조 해석

공기막구조에 대해서 최대 내부압, 최소 내부압, 상시 내부압이 합리적으로 보장하여야 한다. 최대 내부압은 심각한 구조변경에서도 최악의 상태가 발생하지 않도록 설정하여야 한다. 최소 내부압은 정상적인 기후와 서비스 상태에서 구조 안전성을 확보하기 위한 것으로 일반적으로 200 N/m^2 이상 이어야 한다.

1.3.3 케이블구조의 구조해석

1.3.3.1 케이블 부재에 대한 해석상 가정

케이블 부재는 원칙적으로 인장력에만 저항하는 선형 탄성부재로 가정한다.

1.3.3.2 케이블 부재의 모델링

구조해석은 경계조건을 포함한 구조모델을 적절히 설정한 후에 수행한다.

1.3.3.3 초기형상해석

케이블구조의 형상은 케이블의 장력분포와 깊은 관계가 있으므로 초기형상해석을 수행한다.

1.3.4 설계요구사항

1.3.4.1 조명설계

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

1.3.4.2 배수설계

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

1.3.4.3 막재와 구조물과의 이격거리

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

2. 조사 및 계획

내용 없음

3. 재료

3.1 막구조의 재료(막재)

3.1.1 막재의 구성

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

3.1.2 막재의 강도 및 내구성

막재의 강도 및 내구성은 표 3.1-1에 따른다.

표 3.1-1 막재의 강도 및 내구성

인장강도	300 N/cm 이상
파단 신장률	35% 이하
인열강도	100 N 이상, 인장강도×1 cm의 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

3.1.3 막재의 분류

구조내력상 주요한 부분에 사용하는 막재는 다음 각 호에 해당하는 기준에 적합해야 한다.

- (1) 막재는 표 3.1-2와 같이 직포에 사용하는 섬유실의 종류와 코팅재(직포의 마찰방지 등을 위하여 직포에 도포)에 따라 분류된다.
- (2) 두께는 0.5 mm 이상이어야 한다.
- (3) 1 m² 당 중량은 표 3.1-3과 같다.
- (4) 섬유밀도는 일정하여야 한다.
- (5) 인장강도는 폭 1cm당 300 N 이상이어야 한다.
- (6) 파단신율은 35% 이하이어야 한다.
- (7) 인열강도는 100 N 이상 또한 인장강도에 1 cm를 곱해서 얻은 수치의 15% 이상이어야 한다.
- (8) 인장크리프에 따른 신장율은 15%(합성섬유 직포로 구성된 막재료에 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 3.1-2 막재의 분류

막재의 종류	직포	코팅재
A종	KS L 2507 (직조용 유리실)을 만족하는 단섬유(섬유직경 $3.0\mu\text{m}$ 에서 $4.05\mu\text{m}$ 의 3(B)로 한정)를 사용한 유리섬유실	4불화에틸렌수지, 4불화에틸렌-페플루오알킬-비닐에테르 공중합수지 또는 4불화에틸렌-6불화프로필렌 공중합수지
B종	KS L 2507 (직조용 유리실)을 만족하는 단섬유를 사용한 유리섬유실	염화비닐수지, 폴리우레탄수지, 불소계수지 (4불화에틸렌수지, 4불화에틸렌-페플루오알킬-비닐에테르 공중합수지 또는 4불화에틸렌-6불화프로필렌 공중합수지를 포함), 클로로프렌고무 또는 클로로슬픈화 폴리에틸렌고무
C종	폴리아미드계, 폴리아라미드계, 폴리에스테르계 또는 폴리비닐알코올계의 합성섬유실	염화비닐수지, 폴리우레탄수지, 불소계수지, 클로로프렌고무 또는 클로로슬픈화 폴리에틸렌고무

표 3.1-3 막재의 단위중량

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

3.1.4 직포의 구성 및 섬유밀도

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

3.1.5 막재의 두께

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

3.2 막재의 강성 및 강도

3.2.1 직물의 휨 강성 측정

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

3.2.2 인장강도 및 인장신율 측정

종사방향 및 횡사방향의 인장강도 및 인장신율을 측정하여 품질기준치를 정한다.

3.2.3 인열강도

종사방향 및 횡사방향의 인열강도를 측정하여 품질기준치를 정한다.

3.2.4 코팅재 층의 접착강도

종사방향 및 횡사방향의 코팅재 밀착강도를 측정하여 품질기준치를 정한다.

3.2.5 인장 크리프

종사방향 및 횡사방향의 인장크리프에 따른 신장률을 측정하여 품질기준치를 정한다.

3.2.6 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.

3.2.7 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.

3.2.8 내후성

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

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

3.2.9 습윤 시 인장강도

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

3.2.10 고온 시 인장강도

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

3.2.11 내흡수성

막재는 흡수길이의 최대치가 20 mm이하이어야 한다.

3.3 케이블 재료

케이블 재료는 KS D 3509, KS D 3556, KS D 3510, KS D 3559, KS D 3514 및 KS D 7002의 규격에 맞는 선재를 냉간 가공한 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

3.4 케이블 재료의 성질

3.4.1 파단하중

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

3.4.2 초기신장

케이블 재료에 대한 프리스트레싱 후의 초기신장의 크기는 표 3.4-1에서 제시된 값을 표준으로 한다.

표 3.4-1 프리스트레싱 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

3.4.3 탄성계수

케이블 재료의 탄성계수는 시험결과에 따라 구하는 것을 원칙으로 한다. 시험을 하지 않은 경우, 케이블 재료의 프리스트레싱 후의 탄성계수는 표 3.4-2의 값으로 가정할 수 있다.

표 3.4-2 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

3.4.4 크리프

케이블 재료의 크리프 변형은 표 3.4-3에서 제시된 값을 표준으로 한다.

표 3.4-3 케이블 재료의 크리프 변형도

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

3.4.5 선팽창 계수

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

4. 설계

4.1 막구조의 구조설계

4.1.1 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 이루어져야한다.

4.1.2 변위제한

막구조에 작용하는 하중 및 외력에 따른 변형은 비교적 크고 또한 바람에 따른 막면의 강제진동이 생길 수 있으므로 표 4.1-1과 같은 최대변위에 대한 제한규정을 적용한다.

표 4.1-1 막재의 변위제한

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

4.1.3 막재의 허용인장응력

막재의 허용인장응력은 접합 등의 상황에 따라서 표 4.1-2에 따른다.

표 4.1-2 막재의 허용인장응력

	접합상황	장기하중에 대한 허용인장응력 (N/cm)	단기하중에 대한 허용인장응력 (N/cm)
(1)	접합부가 없는 경우 또는 접합폭 및 용착폭이 40 mm 이상인 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.

4.1.4 정착부의 허용인장응력

막면 정착부의 허용인장응력은 표 4.1-3 의 허용내력을 막면의 정착부 종류 및 형상에 따라 구한 유효 단면적으로 나눈 수치로 하여야 한다.

표 4.1-3 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)

4.2 케이블구조의 구조설계

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

4.2.1 장기허용인장력

케이블 재료의 장기허용인장력은 파단하중의 1/3을 기준으로 한다.

4.2.2 단기허용인장력

케이블 재료의 단기허용인장력은 장기허용인장력에 1.33을 곱한 값으로 한다.

4.2.3 케이블의 형상 설정

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

4.2.4 초기장력 설정

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

4.3 막재의 접합부 설계

4.3.1 막재의 접합

구조내력상 주요한 부분의 막재 상호간 접합은 막재 상호 존재응력이 충분히 전달되도록 접합하여야 한다. 막재의 종류에 따른 접합방법은 표 4.3-1에 따른다. 다만, 표 4.3-1의 접합방법 이상으로 막재가 서로 존재응력을 전달하는 것이 가능한 경우는 표 4.3-1의 제한을 따르지 않아도 된다.

표 4.3-1 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 실황에 따른 실험에 따라 I 또는 II와 동등 이상의 존재응력을 전달할 수 있는 접합

4.3.2 접합부 인장강도

종사방향 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.

4.3.3 접합부 내박리강도

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

4.3.4 접합부 내인장 크리프

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

4.3.5 고온상태에서의 접합부 인장강도

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

4.3.6 습윤상태에서의 접합부 인장강도

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

4.3.7 접합부 내후성

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

(1) A종 및 B종: 각 방향의 인장강도가 접합부 초기인장강도의 70% 이상

(2) C종: 각 방향의 인장강도가 접합부 초기 인장강도의 80% 이상