

KDS 64 10 20 : 2024

재 료

2024년 01월 개정



건설기준 제·개정에 따른 경과 조치

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

건설기준 제·개정 연혁

- 이 기준은 항만 및 어항 설계기준 KDS 64 10 20 재료이며, 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 어항시설에 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 설계풍속 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 설계기준을 설계코드(KDS 64 00 00)로 개편하고, 타 분야 설계코드와 중복·상충 항목을 비교, 검토하여 보완	코드체계 전환제정 (2017.08)
항만 및 어항 설계기준 KDS 64 10 20 재료	• 강제 품질규격인 KS(한국산업표준)와 국가건설기준 KDS의 관련 강종기호 개정 등에 따른 정비	일부개정 (2021.12)
항만 및 어항 설계기준 KDS 64 10 20 재료	• 국가건설기준 KDS 콘크리트 설계기준 개정에 따른 콘크리트 관련 내용 정비	일부개정 (2023.01)
항만 및 어항 설계기준 KDS 64 10 20 재료	• 국가건설기준 순환골재 품질기준에 따른 재생골재 정비, KS 폐지에 따른 고무재료 정비, 강재에서 강종추가 등을 정비	일부개정 (2024.01)

제 정 : 2017년 8월 16일	개 정 : 2023년 12월 26일
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	2
1.5 기호의 정의	2
1.6 시설물의 구성	2
2. 조사 및 계획	3
3. 재료	3
4. 설계	3
4.1 강재	3
4.2 콘크리트	9
4.3 역청재료	17
4.4 석재	26
4.5 목재	29
4.6 재생자원재료	31
4.7 기타재료	41



KDS 64 10 20 재료

1. 일반사항

1.1 목적

이 기준은 항만 및 어항시설에서 재료를 선정하고 설계할 때에 적용하여야 할 기술적 기준을 제시하여 구조물의 안정성, 사용성 및 내구성을 확보하는 것을 그 목적으로 한다.

1.2 적용범위

- (1) 구조물 각 부재의 외력에 대한 안전검토는 구조물의 특성 등에 따라 허용응력 설계법 또는 강도설계법에 의한다.
- (2) 철근콘크리트 구조물 부재의 안전검토는 KDS 14 20 00 콘크리트 구조설계의 강도설계법을 따른다.
- (4) 강구조의 설계 시에는 KDS 14 30 00 강구조 설계기준의 허용응력설계법을 따른다.

1.3 참고기준

1.3.1 관련법규

폐기물관리법
해양환경관리법
건설폐기물의 재활용촉진에 관한 법률

1.3.2 관련기준

KDS 14 20 01 콘크리트 구조설계(강도설계법) 일반사항
KDS 14 20 10 콘크리트구조 해석과 설계원칙
KDS 14 20 30 콘크리트구조 사용성 설계기준
KDS 14 20 40 콘크리트구조 내구성 설계기준
KDS 14 20 50 콘크리트구조 철근상세 설계기준
KDS 14 30 05 강구조설계 일반사항(허용응력설계법)
KDS 14 30 10 강구조부재 설계(허용응력설계법)
KDS 14 30 50 강구조 사용성 설계기준(허용응력설계법)

KDS 21 30 00 가설 흙막이 설계기준
KDS 24 14 30 강교 설계기준(허용응력설계법)
KDS 41 31 00 건축물 강구조 설계기준
KCS 14 20 00 콘크리트 공사
KCS 64 45 10 방충재 공사

1.3.3 관련표준

KS F 2162 구조용 목재의 허용응력 조정계수
KS F 2530 석재
KS F 4602 기초용 강관 말뚝
KS F 4604 열간 압연강 널말뚝
KS F 4605 강관 시트 파일
KS D 3003 항만 및 해양 구조용 내식성 강재
KS D 3300 항만 및 해양 구조용 내식성 강관
KS D 3566 일반 구조용 탄소 강관
KS M 6518 가황 고무 물리 시험방법

1.4 용어의 정의

- 동수쇄(銅水碎)슬래그 : 동제련 공정(銅製鍊 工程)에서 발생하는 것으로 물로 급속 냉각하여 얻어지는 모래모양의 재료로 입자밀도(粒子密度)가 모래보다 크다. 입자의 파쇄는 쉽고, 내부마찰각과 투수성은 해사와 같은 정도이다.
- 수쇄 페로니켈슬래그 : 스테인리스강 등의 원료인 페로니켈의 제련시에 얻어지는 재료로 입자밀도가 모래보다 큰 것을 말한다. 수쇄 페로니켈슬래그는 케이슨 속채움 재료로 사용한 실적이 있다.
- 철강슬래그 : 제철공장에서 대량으로 발생하는 산업폐기물로서 고로슬래그와 제강슬래그로 대별된다. 고로슬래그는 선철(銑鐵)을 만드는 과정에서 나오는 슬래그이고, 제강슬래그는 선철을 강(鋼)으로 만드는 제강공정에서 나오는 슬래그이다.
- 내식성 강재 : 부식에 대하여 견디는 성질을 가지는 강재를 말한다.
- 비래염분 : 파도가 부서지면서 발생한 해수의 입자로서 물보라 지역(비말대)을 벗어난 해상 대기 중 또는 해안 내륙 대기 중의 염분을 말한다. 수 μm ~수백 μm 까지의 크기를 가지며 해안에서 내륙으로 날아갈수록 크기도 작아지고 양도 줄어드는 경향이 있다.
- 순환골재 : 건설폐기물을 물리적 또는 화학적 처리과정 등을 거쳐 순환골재 품질기준에 맞게 생산되어 재활용되는 골재를 말한다.

1.5 기호의 정의

KDS 14 20 01 (1.5 기호정의), KDS 14 20 10 (1.2 기호정의), KDS 14 30 05 (1.3 기호)를 따른다.

1.6 시설물의 구성

- (1) 강재
- (2) 콘크리트
- (3) 역청재료
- (4) 석재
- (5) 목재
- (6) 재생자원재료
- (7) 기타재료

2. 조사 및 계획

내용 없음

3. 재료

내용 없음

4. 설계

4.1 강재

4.1.1 사용강재

- (1) 강재는 한국산업표준(KS)에 적합하거나 이와 동등이상의 품질을 갖는 것을 사용한다.
- (2) 강재는 KDS 14 30 05 강구조 설계 일반사항(허용응력설계법), KDS 14 30 50 강구조 사용성 설계기준(허용응력설계법), KDS 24 14 30 강교 설계기준(허용응력설계법), KDS 41 31 00 건축물 강구조 설계기준을 따른다.

[해설]

- (1) 외국제품으로 KS에 상당하는 품질을 갖고 있는 것과 아직 KS로서 규격화되지는 않았으나 KS와 비슷한 품질을 갖고 있는 것은 타당한 근거를 제시하고 사용한다.

4.1.2 강재의 물리상수

- (1) 강재의 물리상수는 강도특성을 고려하여 정한다.
- (2) 강재의 물리상수는 KDS 14 30 05, KDS 24 14 30을 따른다.

[해설]

- (1) 일반적인 강재의 물리상수는 KDS 14 30 05 (표 3.3-6)에 제시되어 있다.
- (2) 철근 콘크리트 및 프리스트레스트 콘크리트에 쓰이는 강재의 물리상수는 KDS 24 14 30 (표 3.3-3, 표 3.3-4)에 제시되어 있다.

4.1.3 강재의 허용응력

4.1.3.1 설계일반

- (1) 강재의 허용응력은 KDS 14 30 05를 따른다.

[해설]

- (1) 강재의 허용응력은 KDS 14 30 05 (5.1 허용응력)에 제시되어 있다.

4.1.3.2 구조용 강재

(1) 구조용 강재의 허용응력은 재질 및 응력의 종류에 따라 KDS 24 14 30을 따른다.

[해설]

(1) 구조용 강재의 허용응력은 KDS 24 14 30 (표 4.2-1)에 제시되어 있다.

[참고]

(1) KS D 3003 항만 및 해양구조용 내식성 강재(HSM380)의 허용응력은 KDS 24 14 30에 정의된 HSB380의 허용응력을 준용한다.

4.1.3.3 강말뚝 및 강관널말뚝

(1) 강말뚝 및 강관널말뚝의 허용응력은 재질 및 응력의 종류, 세장비를 고려하여 정한다.

[해설]

(1) 강말뚝 및 강관널말뚝의 허용응력 산정

① 강말뚝 및 강관널말뚝의 허용응력은 해설 표 (4.1-1)를 사용하며, 이 표 외의 강종 허용응력에 대해서는 KDS 24 14 30에서 정한 값을 사용한다.

해설 표 (4.1-1) 강말뚝 및 강관널말뚝의 허용응력

(단위 : MPa)

응력의 종류 \ 강 종		SGT275, STP275, SKY400	SGT355, STP355, SKY490	STKM380 STP380, SKY500
축방향인장응력 (f_t) (순단면적에 대하여)	16mm이하	165	215	230
	16mm초과 40mm이하	160	210	
축방향압축응력 (f_c) (총단면적에 대하여)	16mm이하	$\frac{\ell}{r} \leq 8.5$, 165	$\frac{\ell}{r} \leq 7.5$, 215	$0 < \frac{\ell}{r} \leq 7.5$, 230
		$8.5 < \frac{\ell}{r} \leq 120$, $165 - 1.0(\frac{\ell}{r} - 8.5)$	$7.5 < \frac{\ell}{r} \leq 105$, $215 - 1.47(\frac{\ell}{r} - 7.5)$	
		$\frac{\ell}{r} > 120$, $\frac{777,000}{(\ell/r)^2}$	$\frac{\ell}{r} > 105$, $\frac{785,000}{(\ell/r)^2}$	$7.5 < \frac{\ell}{r} \leq 105$,

재료

		$\frac{\ell}{r} \leq 9, \quad 160$	$\frac{\ell}{r} \leq 8, \quad 210$	$230 - 1.63\left(\frac{\ell}{r} - 7.5\right)$
	16mm초과 40mm이하	$9 < \frac{\ell}{r} \leq 125, \quad 160 - 9.5\left(\frac{\ell}{r} - 9\right)$	$9 < \frac{\ell}{r} \leq 110, \quad 210 - 1.42\left(\frac{\ell}{r} - 8\right)$	$\frac{\ell}{r} > 105, \quad \frac{784,000}{(\ell/r)^2}$
		$\frac{\ell}{r} > 125, \quad \frac{780,000}{(\ell/r)^2}$	$\frac{\ell}{r} > 110, \quad \frac{790,000}{(\ell/r)^2}$	
휨인장응력 (f_{ta}) (순단면적에 대하여)	16mm이하	165	215	230
	16mm초과 40mm이하	160	210	
휨압축응력 (f_{cao}) (순단면적에 대하여)	16mm이하	165	215	230
	16mm초과 40mm이하	160	210	
전단응력 (순단면적에 대하여)	16mm이하	95	125	130
	16mm초과 40mm이하	90	120	
응력검토	축방향력이 인장인 경우	① 인장응력 검토 $\frac{P}{A_n} + \frac{M_x}{I_x} y_t \frac{A_{fg}}{A_{fn}} + \frac{M_y}{I_y} y_t' \frac{A_{fg}'}{A_{fn}'} \leq f_{ta}$ ② 압축응력 검토 $-\frac{P}{A_g} + \frac{M_x}{I_x} y_c + \frac{M_y}{I_y} y_c' \leq f_{cao}$		
	축방향력이 압축인 경우	① 인장응력 검토 $-\frac{P}{A_g} + \frac{M_x}{I_x} y_t \frac{A_{fg}}{A_{fn}} + \frac{M_y}{I_y} y_t' \frac{A_{fg}'}{A_{fn}'} \leq f_{ta}$ ② 압축응력 검토 $\frac{P}{A_g} + \frac{M_x}{I_x} y_c + \frac{M_y}{I_y} y_c' \leq f_{cao}$		
좌굴검토		$\frac{P}{P_{ca}} + \frac{M_x}{M_{xa}} + \frac{M_y}{M_{ya0}} \leq 1.0$		

해설 표 (4.1-1)의 각 기호는 다음과 같다.

ℓ : 부재의 유효좌굴길이(mm)

r : 부재순단면의 단면 2차반경(mm)

f_t, f_c : 단면에 작용하는 축방향 인장력에 의한 인장응력 및 축방향 압축력에 의한 압축응력(MPa)

P : 부재에 작용하는 축방향력(N), 다만, KDS 24 12 10(4.2.3)의 규정에 따라 허용응력을 할증하여 하중조합을 한 경우에는, KDS 24 12 10 표 4.2-1에 표시한 계수로 나눈 값이다.

M_x, M_y : 각각 강축 및 약축에 작용하는 휨모멘트(N·mm). 다만, KDS 24 12 10(4.2.3)의 규정에 따라 허용응력을 할증하여 하중조합을 한 경우는 KDS 24 12 10 표 4.2-1에 표시한 계수로 나눈 값이다. 또한 응력검토에서의 휨모멘트는 검토하려는 단면에 대한 값이고, 좌굴검토에서의 휨모멘트는 한 끝의 모멘트 M_1 으로부터 다른 끝의 모멘트 M_2 까지 직선적으로 변화하는 경우 다음식으로 계산되는 등가모멘트 M_{eq} 로 한다.

$$M_{eq} = 0.6M_1 + 0.4M_2$$

다만, $M_1 \geq M_2$ 이고 $M_{eq} \geq 0.4M_1$ 으로 한다.

I_x, I_y : 각각 강축 및 약축에 대한 총단면의 단면 2차 모멘트(mm⁴)

A_n, A_g : 각각 검토하려는 단면의 순단면적 및 총단면적(mm²)

A_{fn}, A_{fg} : 각각 검토하려는 강축에 대한 플랜지의 순단면적 및 총단면적(mm²)

A'_{fn}, A'_{fg} : 각각 검토하려는 약축에 대한 플랜지의 순단면적 및 총단면적(mm²)

y_t, y_c : 각각 강축에서부터 휨에 관한 인장 및 압축연단까지의 거리(mm)

y'_t, y'_c : 각각 약축에서부터 휨에 관한 인장 및 압축연단까지의 거리(mm)

f_{ta} : 허용인장응력(MPa)

f_{cao} : $l/r \approx 0$ 때의 허용 압축응력(MPa).

P_{ca} : 강축 또는 약축에 관한 허용좌굴응력(N) 가운데 작은 쪽의 값으로 $A_g f_{ca}$ 로 계산한다. 이 경우의 f_{ca} 는 표 (4.1-1)에 나타난 l/r 에 따라 변화하는 허용축방향 압축응력(MPa)이다.

M_{xa} : 횡좌굴을 고려한 강축에 대한 허용휨모멘트(N·mm)로서 $f_{ca} I_x / y_c$ 로 계산한다. 이 경우 f_{ca} 는 표 (4.1-1)에 나타난 $(l/r)_e$ 에 따라 변화하는 허용압축응력(MPa)이다.

M_{yao} : 약축에 대한 허용휨모멘트(N·mm)로서 $f_{ca} I_y / y'_c$ 로 계산한다. 이 경우 f_{ca} 는 표 (4.1-1)에 나타난 $(l/r)_e \approx 0$ 일 때의 허용휨압축응력(MPa)이다.

② 강말뚝 및 강관널말뚝 허용응력은 KDS 24 14 30(4.2 허용응력)의 표 4.2-1 강재 및 용접부의 허용응력과 표 4.2-2 강재의 허용좌굴응력을 참조하여 정한 것이다.

③ 잔교식 구조물 등에 있어서 부재의 유효좌굴길이는 가상지표면상의 부재 길이를 말한다. 가상지표면에 대해서는 KDS 64 55 20 고정식 계류시설의 4.2.1.4 (2) 가상지표면을 따른다.

(2) 축방향력과 전단력을 함께 고려할 필요가 있을 때에는 KDS 14 30 10, KDS 24 14 30을 따른다.

[참 고]

(1) KS D 3300 항만 및 해양구조용 내식성 강관(STKM380)의 허용응력은 KDS 24 14 30에 정의된 HSB380의 허용응력을 준용한다.

4.1.3.4 강널말뚝

(1) 강널말뚝의 허용응력은 재질 및 응력의 종류를 고려하여 정한다.

[해 설]

(1) 강널말뚝 적용 강재는 KDS 14 30 05의 표 3.3-3을 적용하고, 허용응력은 KDS 14 30 10을 따라 산정한다.

(2) 강널말뚝의 휨응력 및 전단응력은 해설 표 (4.1-2)를 사용할 수 있다.

재료

해설 표 (4.1-2) 강널말뚝의 허용응력

(단위 : MPa)

강 종	SY300	SY400
응력의 종류		
휨인장응력 (순단면적에 대하여)	180	240
휨압축응력 (충단면적에 대하여)	180	240
전단응력 (충단면적에 대하여)	100	135

주) KDS 21 30 00 가설 흙막이 설계기준의 표 3.3-2 강널말뚝의 허용응력 값 참조

4.1.3.5 주단조품

- (1) 주단조품의 허용응력은 재질 및 응력의 종류에 따라 설정한다.
- (2) 주단조품의 허용응력은 KDS 24 14 30을 따른다.

[해 설]

- (1) 주단조품의 허용응력은 KDS 24 14 30 (표 3.2-4)에 제시되어 있다.

[참 고]

- (1) 실무에서 사용되는 간략적인 방법으로서 강재의 허용인장응력(F_a)은 항복강도(F_y)의 60%에 해당하는 값으로 산정되며 허용전단응력은 $(1/\sqrt{3}) \cdot F_a$ 의 수식을 사용하여 산출된다. 그러나 이와 같이 계산된 값은 반올림 등에 의해 계산자에 따라 값이 달라질 수 있다.

4.1.3.6 용접부 및 접합용 강재의 허용응력

- (1) 용접부 및 접합용 강재의 허용응력은 재질 및 용접의 종류에 따라 설정한다.
- (2) 용접부 및 접합용 강재의 허용응력은 KDS 24 14 30을 따른다.

[해 설]

- (1) 접합용 강재 및 용접부의 허용응력은 KDS 24 14 30 (표 4.2-1)에 제시되어 있다.
- (2) 볼트 및 핀의 허용응력은 KDS 24 14 30 (표 4.2-12~14)에 제시되어 있다.

- (3) 고장력 볼트 및 핀의 허용응력은 KDS 24 14 30 (표 4.2-10, 표 4.2-11)에 제시되어 있다.
- (4) 강도가 다른 강재를 혼용할 때에는 강도가 작은 쪽의 값을 취한다.

[참 고]

- (1) KS D 3300 항만 및 해양구조용 내식성 강관(STKM380)의 허용응력은 KDS 24 14 30의 (표 4.2-1)에 정의된 HSB380의 허용응력을 준용한다.
- (2) 마무리볼트(Finished bolt)의 값은 KS B 1002에 규정된 6각 볼트의 허용응력을 정한 것이고, 6각 볼트의 기계적 성질은 KS B 0233 강재볼트 · 작은나사의 기계적 성질에 강도별 제품의 기계적 성질이 규정되어 있다. 여기서 마무리볼트란 볼트의 축(軸)부를 포함한 볼트 전체가 올바른 형상과 치수로 다듬질되어 높은 정밀도와 외관을 가지는 볼트를 말한다.

4.1.3.7 허용응력의 보정

- (1) 허용응력설계법으로 부재의 안전검토를 행하는 경우 여러 종류의 외력 및 하중 등의 조합을 고려하여 보정계수를 사용한다.
- (2) 허용응력의 보정계수는 KDS 14 30 05를 따른다.

[해 설]

- (1) 허용응력 보정계수는 KDS 14 30 05 (표 4.2-8)에 제시되어 있다.
- (2) 특별한 외력을 상정할 때에는 KDS 14 30 05 (표 4.2-8) 이외의 보정계수를 사용할 수 있다.

[참 고]

- (1) 허용응력의 보정
 - ① 구조물의 안전을 유지하기 위해서는 상정(想定)하는 외력의 가정, 설계계산법의 오차, 사용재료의 선정, 제작, 시공, 보수 등에 포함되는 불확정 요소 등을 고려해서 설계한다.
 - ② 하지만 이들의 모든 조건을 확률적으로 평가해서 설계법에 도입하는 것은 쉽지 않지만 KDS 14 30 05 (표 4.2-8)의 보정계수는 하중 및 외력이 생길 가능성 그리고 작용 시 구조물의 응답특성 등을 고려하여 정한 것이니 적용시 주의가 필요하다.
- (2) 특별한 외력의 경우의 보정
 - ① 특별한 경우란 예를 들면 충돌하중이 작용하는 경우이다. 충돌하중이 작용하는 경우에는 일반적으로는 방충시설을 설치하지만 방충시설 없이 직접 충돌하중을 고려할 경우에는 보정계수를 1.70로 적용하는 경우도 있다.

4.2 콘크리트

4.2.1 설계일반

- (1) 외곽 및 계류시설 등의 콘크리트 구조물 설계는 KDS 14 20 00 콘크리트구조 설계(강도설계법)를 적용한다. 다만, KDS 14 20 00 기준과 이 기준이 상충될 경우 이 기준에서 규정하는 바를 따른다.
- (2) 콘크리트 구조물을 위한 재료 및 시공은 KCS 14 20 00 콘크리트공사를 적용한다.
- (3) 현장의 여건상 KDS 14 20 00 및 KCS 14 20 00을 적용하기 어렵다고 판단되는 경우에는 새로운 대안을 적용할 수 있다. 다만, 이 대안은 조사연구 또는 성능 실험에 의하여 근거를 제시해야 한다.

[해설]

- (1) KDS 14 20 00 콘크리트구조 설계(강도설계법), KCS 14 20 00 콘크리트공사 기준에 대한 해설은 “콘크리트구조 설계기준 해설”(콘크리트학회) 및 “콘크리트 표준시방서 해설”(콘크리트학회)을 참조한다.
 - ① KDS 14 20 00의 기준과 항만 및 어항 설계기준 시설별 코드에서 제시된 수식이 다를 때에는 항만 및 어항 설계기준·해설의 수식을 적용할 수 있다.

4.2.2 콘크리트 구조설계

콘크리트 구조물 및 구조 부재의 소요강도는 이 기준에서 정한 하중계수와 하중조합을 모두 고려하여 결정하여야 하며, 설계강도는 KDS 14 20 00에서 정한 공칭강도와 강도감소계수를 적용하여 결정하여야 한다.

[해설]

안전성을 확보하기 위하여, 콘크리트 구조물과 구조 부재는 설계강도가 소요강도 이상이 되도록 설계하여야 한다. 소요강도는 하중계수와 하중조합을 모두 고려하여 구조해석으로 결정하고 설계강도는 공칭강도와 강도감소계수를 적용하여 결정하여야 한다.

4.2.3 최소 설계기준 압축강도

- (1) 해양환경에서 사용되는 콘크리트의 최소 설계기준 압축강도는 KDS 14 20 40 콘크리트구조 내구성 설계기준을 따른다. 다만, 공사 현장의 여건 상 콘크리트 품질이 관리되기 어려운 경우에는 현장 여건을 고려하여 콘크리트의 설계기준 압축강도를 결정할 수 있다

[해설]

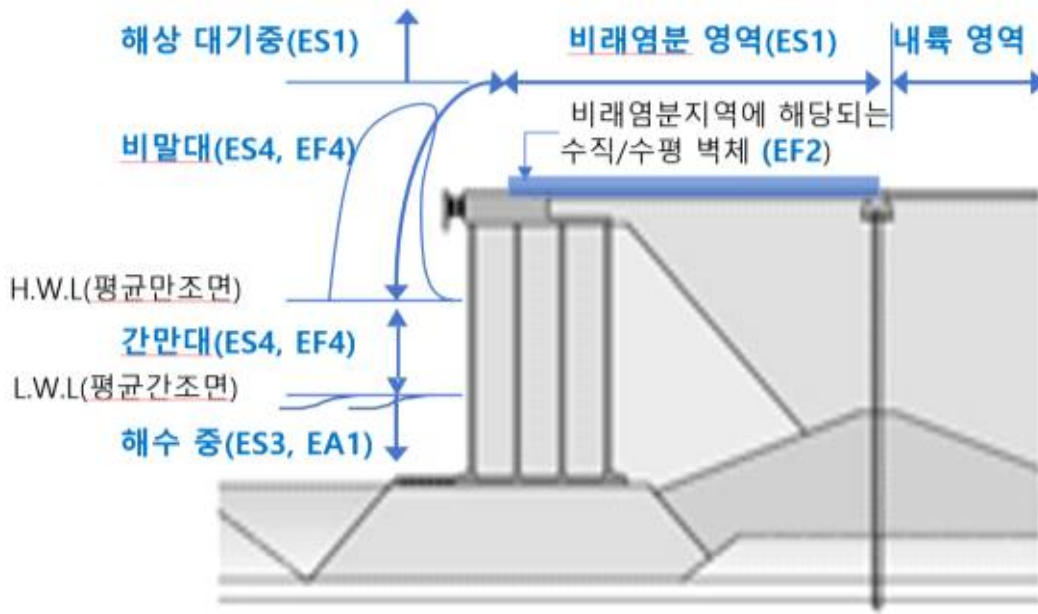
- (1) 최소 설계기준 압축강도 적용에 대한 해설

- ① KDS 14 20 40 콘크리트구조 내구성 설계기준(4.1.3 노출 범주 및 등급 및 4.1.4 내구성 확보를 위한 요구조건)의 노출등급에 따른 최소 설계기준 압축강도는 해설 표 (4.2-1)과 같다.

해설 표 (4.2-1) 노출등급에 따른 최소 설계기준 압축강도

노출 범주	등급 ¹⁾	조건	최소 설계기준 압축강도 (MPa)	항만 및 주변 해안 시설 예시 ²⁾	비고
ES (해양환경, 제빙화학제 등 염화물)	ES1 ³⁾	보통 정도의 습도에서 대기 중의 염화물에 노출되지만 해수 또는 염화물을 함유한 물에 직접 접촉하지 않는 콘크리트	30	육상부 구조물로서 비래염분의 영향을 받는 지역인 야적장 내 콘크리트 포장, 조명탑 기초, 세륜 세차시설, 펌프장 등	철근 콘크리트
	ES2	습윤하고 드물게 건조되며 염화물에 노출되는 콘크리트	30	해당 사항 없음 ⁴⁾	
	ES3	항상 해수에 침지되는 콘크리트	35	해수에 침지되는 케이슨, 철근이 배근된 소파블록, 프리캐스트블록 등	
	ES4	건습이 반복되면서 해수 또는 염화물에 노출되는 콘크리트	35	해수 간만대 및 비말대 영역의 안벽 수직벽체, 잔교 슬라브, 상치콘크리트 등	
EF (동결융해) ⁵⁾	EF1	간혹 ⁶⁾ 수분과 접촉하나 염화물에 노출되지 않고 동결융해의 반복작용에 노출되는 콘크리트	24	해당 사항 없음	철근 콘크리트 및 무근 콘크리트
	EF2	간혹 수분과 접촉하고 염화물에 노출되며 동결융해의 반복작용에 노출되는 콘크리트	27	ES1에 해당하는 지역의 수직·수평 부재 등	
	EF3	지속적으로 수분과 접촉하나 염화물에 노출되지 않고 동결융해의 반복작용에 노출되는 콘크리트	30	해당 사항 없음	
	EF4	지속적으로 수분과 접촉하고 염화물에 노출되며 동결융해의 반복작용에 노출되는 콘크리트	30	해수 간만대 및 비말대 영역에서 철근이 배근되지 않는 TTP 등의 소파블록이나 상치 콘크리트, 안벽 수직벽체 등	
EA (황산염)	EA1	보통 수준의 황산염이온에 노출되는 콘크리트	27	해수에 침지되는 영역에서의 구조물 등	철근 콘크리트 및 무근 콘크리트
	EA2	유해한 수준의 황산염이온에 노출되는 콘크리트	30	해당 사항 없음	
	EA3	매우 유해한 수준의 황산염이온에 노출되는 콘크리트	30	해당 사항 없음	

- 주: 1) ES환경, EF환경 및 EA환경의 복수환경에 동시에 노출된 경우((ES4,EF4), (ES1,EF2), (ES3,EA1)의 경우) 최소 설계기준 압축강도는 ES의 기준값이 크기 때문에 ES의 기준값을 따르며 배합, 시공, 유지관리에서 동결융해 혹은 황산염을 고려함. [해설 그림 (4.2-1) 참조]
- 2) ‘시설 예시’는 ‘염화물’ 환경을 대상으로 한 것으로 예시에서 ‘해당 사항 없음’은 비염해 환경이거나 항만시설물과 관련이 없는 경우에 해당함.
- 3) 육상부의 구조물로서 비래염분의 영향을 받지만 비말염의 영향을 받지 않는 지역을 말함. (4.2.4 최소 피복두께 [해설] ① 참조)
- 4) 수영장, 염화물을 함유한 공업용수에 노출되는 콘크리트로서 해당 사항이 없음
- 5) ‘간혹’은 ‘ES’에 비해 노출 범위와 빈도가 현저하게 적은 곳을 말함.
- 6) EF환경에 제주도는 해당되지 않음.



해설 그림 (4.2-1) 콘크리트 노출환경 범주 예시

- ② 콘크리트구조 내구성 설계기준은 해양환경, 제빙화학제 등 염화물이 존재하는 환경에서의 노출 범주를 규정하기 위하여 ES1, ES2, ES3 및 ES4의 노출 범주를 신설하였다. 이 중 해수중 및 비말대·간만대에 해당하는 ES3 및 ES4의 노출범주 콘크리트는 철근부식방지를 위해 설계기준 압축강도를 35MPa 이상, 물-결합재비를 0.40(KCS 14 20 10 일반콘크리트 표 1.9-3 내구성 확보를 위한 요구조건에 따르면 0.40가 최대) 이하로 규정하고 있다. 그러나 실제 해양환경에서는 직접 해수에 노출되는 경우뿐 아니라 해수에 직접 노출되지 않고 대기 중에 포함된 염화물에만 노출되거나(해상 대기중), 해수 물보라 또는 조수간만에 노출되어 건습이 반복되는 환경(비말대 및 간만대)도 있으므로 이러한 해양 환경의 특성과 각 환경에 맞는 열화인자를 고려하여 적정 수준의 최소 설계기준 압축강도를 규정하였다.
- ③ 노출 범주 ES는 강재의 부식 방지를 목적으로 구분한 것이므로 무근콘크리트는 ES 등급을 따르지 않아도 되지만, 동결융해(EF)나 황산염(EA) 침식 등의 열화작용에 대한 저항성을 확보하기 위해 최소 설계기준 압축강도를 확보한다.

- ④ 동해환경에서 동결과 융해의 반복작용이 있더라도 수분이 공급되지 않으면 콘크리트는 동해를 받지 않기 때문에 수분의 접촉 여부는 중요하다. 이를 위하여 강우와 강설에 노출여부, 수직/수평 콘크리트면에 대한 검토가 필요하다. 해수에 직접 접하는 간만대와 물보라 지역인 비말대는 EF4로 규정하고 있으나, 계류시설의 경우 외곽시설의 보호를 받고 있어 물보라가 육상으로 올라오지 못하는 경우가 대부분이며 이 경우 상치 콘크리트 등 육상부 수평면은 EF3으로 할 수 있다.

동결융해 반복작용을 거의 받지 않는 지역은 우리나라에서 제주도가 유일하며, 다른 대부분의 지역은 동결융해 반복작용이 있다. 따라서, 제주도의 항만시설물은 동결융해 환경의 규정을 따르지 않아도 된다.

우리나라의 지역별 동결융해 사이클 수는 “시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침(성능평가편)”의 공통편 부록 1에서 해설 표 (4.2-2)와 같이 확인할 수 있으며, 최근 10년간의 연평균 동결융해 일수를 나타낸 것으로 최신 환경자료를 활용하여 매년 업데이트하여 사용하는 것이 바람직하다. 표에서 취약부재(수분접촉)는 수분과 빈번하게 접촉하는 부재로 간만대, 비말대로 간주할 수 있으며, 일반부재(수분미접촉)의 경우 EF1~EF3 환경영역으로 간주할 수 있다. 다만, “일반부재(수분미접촉)”의 동결융해 반복작용이 있더라도 강우나 강설이 없는 경우는 동해가 발생하지 않는 구조이므로 동결융해 사이클이 발생한 날과 강수, 강설이 발생한 날이 동시에 발생한 횟수를 계산한 것이다. 시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침(성능평가 편)의 제10장 항만에서는 동결융해 사이클 수 3회 미만의 경우 동해환경이 매우 양호한 a등급으로 규정하고 있으므로, EF1~EF3의 일반부재에 해당하는 경우, 아래 표에서 지역별로 동결융해사이클이 3회 미만인 되는 것을 확인한 경우 동해환경의 규정을 따르지 않아도 된다.

해설 표 (4.2-2) 동결융해 사이클 수 (2007.11.01 ~ 2017.3.31)

지점명	동결융해 사이클 수(회/연평균)	
	일반부재(수분미접촉)	취약부재(수분접촉)
속초	5.00	44.30
인제*	13.00	96.00
백령도	5.90	23.20
북강릉*	5.33	49.56
강릉	3.60	37.50
동해	3.40	34.40
인천	7.80	37.70
울릉도	12.30	14.40
울진	4.20	44.90
포항	1.40	28.90
군산	11.70	50.00
울산	1.70	32.20
창원	0.80	27.20
부산	0.40	21.60
통영	0.40	25.20
목포	8.40	27.40
여수	0.80	20.70

지점명	동결융해 사이클 수(회/연평균)	
	일반부재(수분미접촉)	취약부재(수분접촉)
흑산도	3.20	4.30
완도	4.60	22.40
고창*	13.43	56.71
순천*	14.67	70.50
진도	10.70	40.40
제주	0.70	0.70
서귀포	0.80	0.80
진주	5.80	79.60
강화	9.70	69.50
장수	17.80	87.10
고창군*	12.30	51.50
영광군*	15.30	59.00
김해시*	1.20	32.40
순창군*	15.44	76.00
북창원*	1.56	37.56
양산시*	1.56	36.11
보성군*	5.63	45.75
강진군*	10.00	52.38
장흥	10.50	63.00
해남	12.50	63.40
고흥	4.50	56.60
광양시*	3.00	28.67
진도군*	4.67	27.00
경주시*	7.71	69.86
거제	0.90	27.10
남해	1.30	34.50

* 측정기간이 10년 미만인 지점

- (2) 엄격한 품질관리가 가능한 레미콘 공장 이외에는 해설 표(4.2-1)에서 규정한 각각의 최소 설계기준 압축강도 이상의 압축강도를 갖는 콘크리트를 생산하는 것이 쉽지 않다. 따라서 현장 콘크리트의 품질이 관리되기 어려운 위치에 건설되는 콘크리트 구조물은 현장의 여건을 고려하여 그보다 낮은 설계기준 압축강도로 설계할 수 있다. 다만 이 경우 발주처의 승인을 받아야 하며, 이때 책임기술자는 강도 저하와 내구 수명 저하에 따른 구조물의 안전성과 유지관리 방안을 검토해야 한다.

4.2.4 최소 피복두께

- (1) 콘크리트의 피복두께는 KDS 14 20 50 콘크리트구조 철근상세 설계기준에서 규정하는 최소 피복두께 이상을 확보하여야 한다. 다만 해수와 직접 접하거나 심한 해풍을 받는 특수환경에 노출된 부분에 대해서는 특수환경에 노출된 최소 피복두께를 따른다.
- (2) 특수환경에 노출된 현장치기 콘크리트에서 최소 피복두께를 확보하기 어려운 경우는 비래염분 실측자료나 시뮬레이션을 통한 정량적 수명예측을 하여 피복두께를 정할 수 있다.

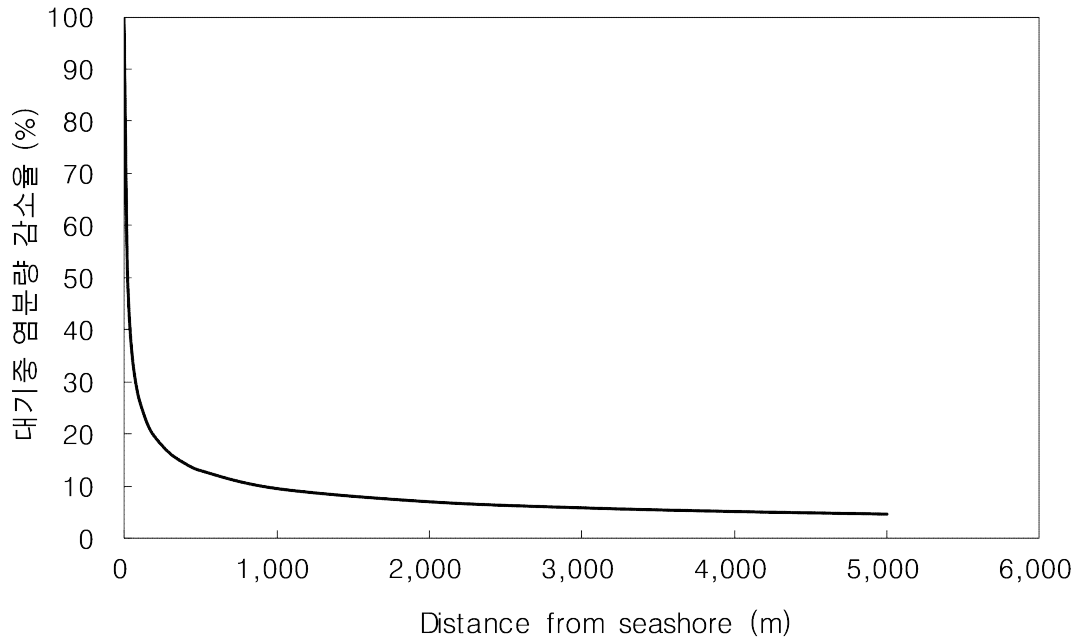
[해설]

- (1) KDS 14 20 50은 해수와 직접 접하거나 심한 해풍을 받는 특수환경에 노출된 철근 및 프리스트레싱 강재의 부식 방지를 위해 최소 피복두께 규정을 따르도록 하고 있다. 최소 피복두께는 해설 표 (4.2-2)에서 제시하는 KDS 14 20 50 콘크리트구조 철근상세 설계기준 (4.3.6 특수 환경에 노출되는 콘크리트)을 따른다.

해설 표 (4.2-2) 특수환경에 노출된 콘크리트의 최소 피복두께

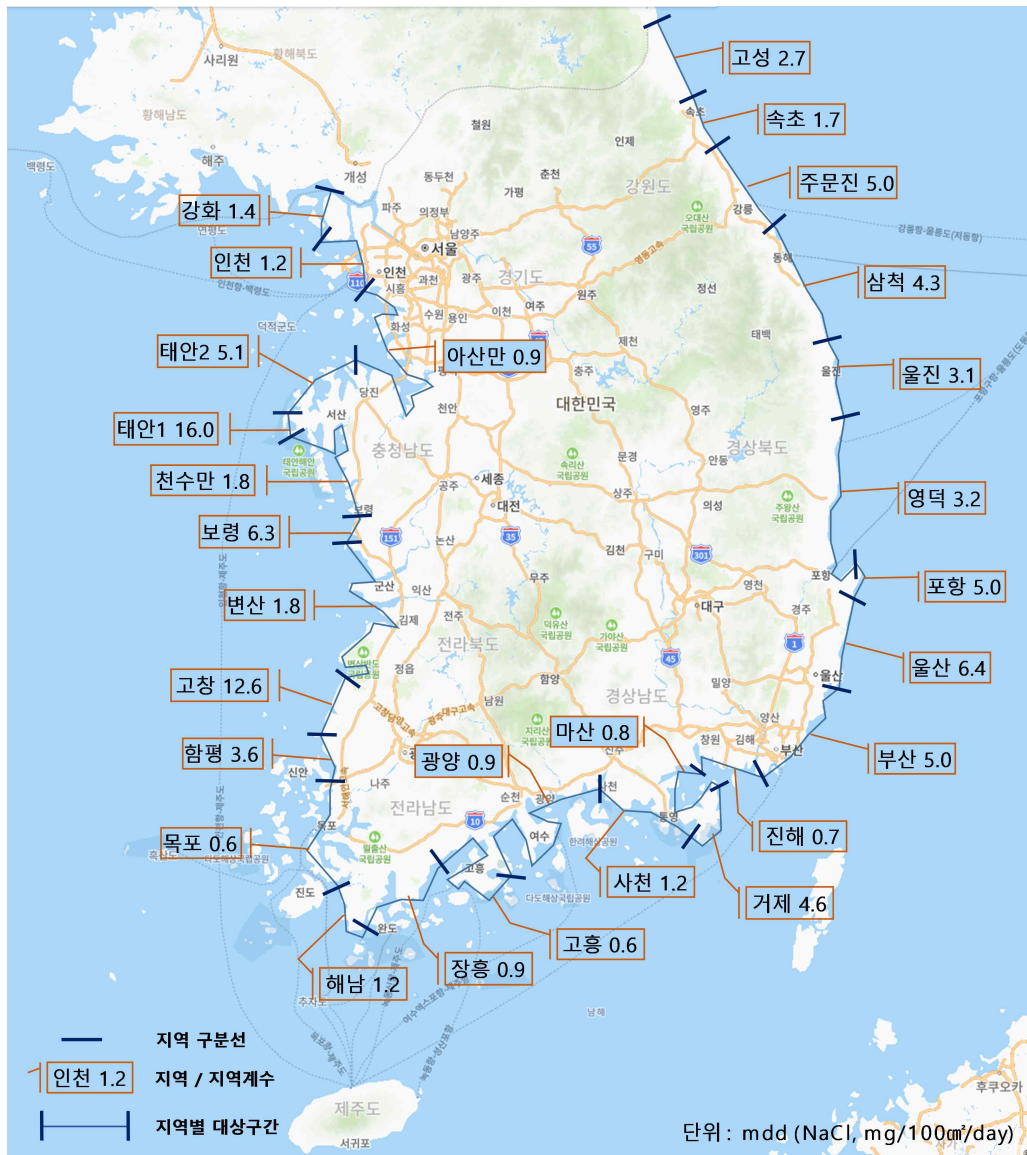
구분		최소 피복두께	비고
현장치기 콘크리트	그 외 노출등급 ES1, ES2	60mm	부재의 종류에 무관
	그 외 노출등급 ES3	70mm	
	그 외 노출등급 ES4	80mm	
공장제작 프리캐스트 콘크리트	그 외 부재	50mm	

- (2) 해설 표 (4.2-2)에서 정의하는 노출범주의 ES1 특수환경은 해상 대기중 혹은 해안 근처에서 비래(飛來)염분의 영향을 받는 곳으로써 비말염에 직접적 영향을 받지 않는 영역이다. 비래염분은 해설 그림 (4.2-2)과 같이 거리에 반비례하는 경향이 있다. 해안가로부터 거리에 따른 비래염분량은 지역마다 큰 차이가 있으므로 측정결과 등을 바탕으로 한계영향 거리를 정한다. 이때 한계 영향 거리는 다음과 같이 정할 수 있다.



해설 그림 (4.2-2) 해안으로부터 거리에 따른 비래염분의 변화특성 (한국건설기술연구원, 2010)

- ① ESI 환경에 노출되는 경우라 함은 구조체가 해안 혹은 비래염분 발생지점으로부터 다음 항에서 규정하는 일정 거리 이내에 위치하는 경우를 말하며, 이 구조체는 내구성이 요구된다.
 - 가. 일정 거리 이내라 함은 동해안의 경우 해안으로부터 250m 이내를 말한다. 서해안과 남해안의 경우 해설 그림 (4.2-3)에서 지역계수 2.0를 초과하는 지역은 해안으로부터 250m 이내이며, 지역계수가 2.0이하인 지역은 해안으로부터 100m 이내를 말한다.
 - 나. 다만, 해상 대기중의 구조물에서 연직높이에 따른 영향을 고려할 경우 연직높이 1m는 해안선으로부터의 거리 25m와 같다고 간주한다.
 - 다. 이 구조체는 내염해성이 입증된 표면처리(표면도장)를 시행하지 않고 직접 공기 또는 해수에 노출되는 경우를 말한다.
- ② 해설 그림 (4.2-3)에는 해안가 비래염분에 대한 지역계수를 지역명과 함께 나타내었다. 각 지역이 대표할 수 있는 대상 구간을 별도로 표기하였으므로, 대상 항만시설물이 위치한 행정구역명을 그대로 따르지 않고, 그림에서 대상 구간을 확인하여 지역계수를 적용한다. 비래염분 지역계수의 업데이트는 향후 발간되는 한국건설기술연구원 조사연구 보고서를 참조한다.



해설 그림 (4.2-3) 국내 해안가 비래염분의 지역계수 (한국건설기술연구원, 2022)

- (3) 최소 피복두께를 확보하기 어려운 특수환경에 노출된 현장치기 콘크리트의 경우 책임 기술자는 내구성을 확보할 수 있는 충분한 피복두께가 되도록 검토해야 한다. 이 경우에도 최소 피복두께는 60mm 이상이어야 한다.

[참고문헌]

- 1) 건설기술연구원(2006), 비래염분 특성 및 해사사용 콘크리트의 내구특성 장기조사, 최종보고서, pp.11~61.
- 2) 건설기술연구원(2022), DNA 기반 노후 교량 구조물 스마트 유지관리 플랫폼 및 활용기술개발(Ⅱ), 최종보고서, pp.15.

4.3 역청재료

4.3.1 역청재료 설계일반

항만시설에 사용되는 역청재료는 사용목적에 따라 탄력성, 점착성, 방수성, 내수성, 내구성, 내후성(耐候性) 등 소요의 품질 및 성능을 만족하는 재료여야 한다.

[해설]

- (1) 현재 항만시설에 사용되고 있는 역청재료의 대부분은 아스팔트이다.
천연아스팔트와 석유아스팔트가 있으나 현재 사용되고 있는 아스팔트는 거의 석유아스팔트이므로 본 설계기준에서는 아스팔트라 하면, 특히 다른 설명이 없는 한 석유아스팔트를 의미한다. 아스팔트이외의 역청재료로는 타르(Tar), 피치(Pitch) 또는 유제(乳劑) 등을 들 수 있다.
- (2) 역청재료는 그 자체만으로 사용되는 경우는 거의 없고, 아스팔트를 예로 들면 통상적으로 골재와 혼합하여 포장용 아스팔트 콘크리트, 아스팔트 매트, 샌드매스틱, 아스팔트 안정처리 등에 사용된다. 용도에 따라 아스팔트의 종류, 배합 등이 다르므로 소정의 목적을 만족시킬 수 있는 재료를 선정하는 것이 중요하다.

[참고]

- (1) 한국산업표준에 의한 역청재료의 규격으로는 KS M 2201 스트레이트 아스팔트, KS M 2202 컷백아스팔트, KS M 2203 유화아스팔트, KS M 2204 블론아스팔트 등을 들 수 있다.
- (2) 아스팔트 혼합물의 설계는 사용목적, 시공방법 등을 고려한 적절한 재료시험법에 따라 행한다. 일반적인 재료시험기준은 혼합물이 소정의 목적을 달성하기에 충분한 안정성과 내구성을 갖도록 정해져있다.
- (3) 항만시설에 일반적으로 사용하는 아스팔트의 규격은 참고 표 (4.3-1)과 같다.

참고 표 (4.3-1) 스트레이트 아스팔트의 규격

항 목		종 류 단 위	40~60	60~80	80~100
침입도(25℃, 100g, 5초)		0.1mm	40 이상 60 이하	60 이상 80 이하	80 이상 100 이하
연화점		℃	47.0~55.0	44.0~52.0	42.0~50.0
신 도 (15℃)		cm	10 이상	100 이상	
톨루엔가용분		질량%	99.0 이상		
인화점		℃	260 이상		
박막	질량변화율	%	0.6 이하		
가열	침입도변화율	%	58 이상	55 이상	50 이상
증발후의 침입도비		%	110 이상		
밀도(15℃)		g/cm ³	1,000 이상		

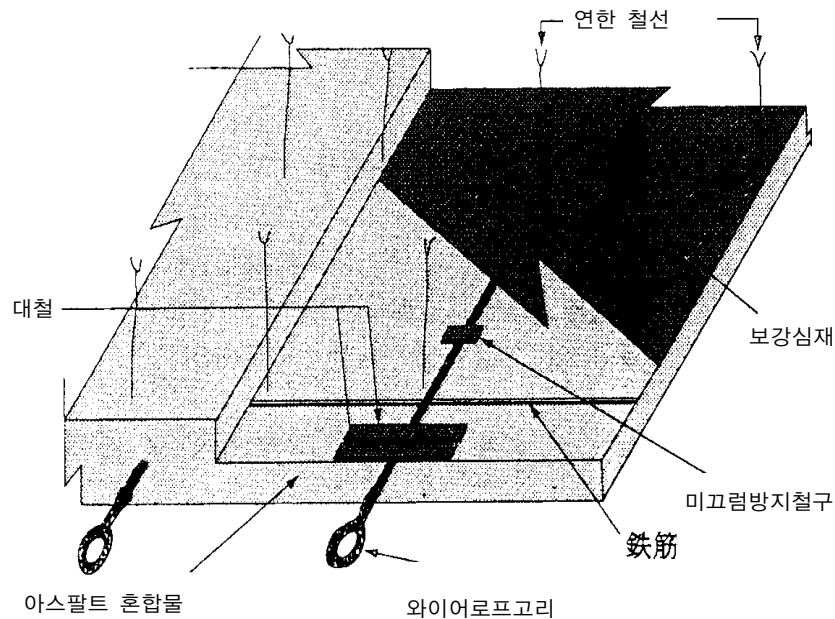
4.3.2 아스팔트매트

4.3.2.1 아스팔트매트 설계일반

아스팔트 매트를 사용할 때는 사용목적, 시공개소, 현지의 해상조건에 따라 소요의 강도 및 내구성, 시공성 등을 고려해서 적절한 구조를 설정한다.

[해설]

- (1) 아스팔트 매트는 아스팔트, 채움재(석회석가루), 모래 및 쇠석을 혼합한 혼합물에 보강재 및 들어 올리는데 쓸 와이어 로프 고리를 매입한 매트모양으로 성형한 것이다 [해설 그림 (4.3-1) 참조].



해설 그림 (4.3-1) 마찰증대(摩擦增大)매트의 구조 예 (構造例)

- (2) 아스팔트 매트에는 중력식 구조물 제체의 수평활동에 대한 저항력을 높이기 위한 마찰증대 매트, 구조물 기초의 세굴을 방지하기 위한 세굴방지 매트, 호안 등의 기초모래 및 배후토사의 흡출을 방지하기 위한 흡출방지매트 등이 있고, 이들을 사용할 때에는 사용목적, 사용개소 및 현지의 해상조건 등에 따라 품질 및 장기적 내구성, 시공성 등에 충분히 배려하여야 한다. 특히 한냉지역이나 아열대지역, 조간대 등 특수한 해상조건인 경우에는 장기적 내구성에 있어 열악한 환경조건인 점도 고려하여야 하므로 적용여부를 포함하여 신중히 검토할 필요가 있다.

재료

[참 고]

- (1) 아스팔트 매트와 강도 및 시공성은 혼합물의 배합, 보강재, 매트의 두께, 치수에 따라 다르다. 혼합물의 배합은 이 기준의 4.3.2.3 배합에 의해서 결정하는 것을 표준으로 하고, 보강재는 이 기준의 4.3.2.3의 [참고](4)에 보인 압발(押拔)시험에 의하여 결정하는 것이 바람직하다.
- (2) 아스팔트 매트의 두께는 그 용도나 요구되는 강도, 휨에 의한 처짐 특성 등을 고려해서 결정되나, 마찰중대 매트의 경우에는 잔존두께, 하중에 의한 변형량, 사석 등에 파고들어가는 양 등을 고려해서 정한다.
- (3) 마찰중대매트의 마찰계수는 KDS 64 10 10 설계조건 (4.9 마찰계수)를 참조할 것

4.3.2.2 재료

아스팔트 매트의 재료는 소요의 강도 및 내구성을 얻을 수 있도록 적절히 선정한다.

[해 설]

아스팔트 매트의 재료로는 다음과 같은 것들이 사용되고 있다.

- (1) 아스팔트
석유아스팔트의 규정에 적합한 스트레이트 아스팔트 [참고 표 (4.3-1) 참조] 또는 KS M 2204 블론아스팔트 참고 표 (4.3-2) 참조나 양자를 혼합한 것.
- (2) 모래
먼지, 흙, 유기물 등의 유해물을 함유하지 않는 청정한 것으로 최대 입경이 2.5mm인 것
- (3) 채움재
KS F 3501 역청포장용 채움재의 규격에 적합한 것
- (4) 쇄석
KS F 2525 도로용 부순골재 및 KS F 2357 아스팔트 혼합물용 골재의 규격에 적합한 것으로 입경이 2.5~20mm인 것

[참 고]

- (1) 아스팔트는 석유아스팔트의 규정에 적합한 스트레이트 아스팔트 또는 블론아스팔트를 사용하는 것으로 하고 있으나, 양자의 소성유동(塑性流動) 등의 성상(性狀)이 크게 다르고, 한쪽만으로는 매트로서의 강도 또는 취급의 편의성 등에 문제가 있기 때문에 일반적으로 소요성상을 얻을 수 있게 둘을 혼합하여 사용한다. 이 경우 아스팔트의 침입도는 스트레이트 아스팔트가 40~60, 블론아스팔트가 10~40의 범위에 있는 것을 쓰는 것이 좋다.

참고 표 (4.3-2) 블론아스팔트의 규격

항 목	단 위	종 류		
		10~20	20~30	30~40
침입도(25℃, 100g, 5초)	0.1mm	10 이상 20 이하	20 이상 30 이하	30 이상 40 이하
연 화 점	℃	90.0 이상	80.0 이상	65.0 이상
신 도(25℃)	cm	1이하	2 이상	3 이상
톨루엔 가용분	질량%	98.5 이상		
인 화 점	℃	210 이상		
증발질량변화율	질량%	0.5 이하		
침입도지수		2.5 이상		1.0 이상

- (2) 쇄석은 아스팔트 매트와 겹치는 골재이고, 아스팔트매트의 강도에 중요한 영향을 주므로 양질의 것이 아니면 안 된다. 쇄석의 최대입경은 시공면에서 매트두께의 1/6이하로 하는 것이 바람직하나 마찰증대 매트 등 큰 압력이 작용하는 경우에는 이보다 큰 것을 사용하는 것이 좋다.
- (3) 아스팔트 매트는 앞의 재료 외에 보강재 및 매트를 들어 올리는데 쓸 와이어로프가 필요하다. 보강 재료는 통상 클래스 클로스, 클래스 섬유테입망 등이 사용되고 있다.

4.3.2.3 배합

아스팔트 혼합물의 배합은 소요의 강도, 휨특성 등이 얻어지도록 배합시험을 하여 결정하는 것을 표준으로 한다.

[참 고]

- (1) 아스팔트 혼합물은 배합에 따라 강도, 휨특성 등이 크게 다르기 때문에 배합시험을 하여 결정하는 것을 표준으로 한다. 마찰증대매트 및 세굴방지매트는 비교적 역사가 깊고, 사용실적도 많으며 현재에도 특별한 문제가 없기 때문에 특수한 사용조건이 아닌 경우는 참고 표 (4.3-3)의 값을 표준으로 사용하여도 좋다.
- (2) 아스팔트 혼합물은 온도에 민감하므로 여름철 시공 시에는 유동(Flow)하기 어려운 것을 겨울철 시공 시에는 일정한 유연성을 유지할 수 있는 것을 사용할 필요가 있다.

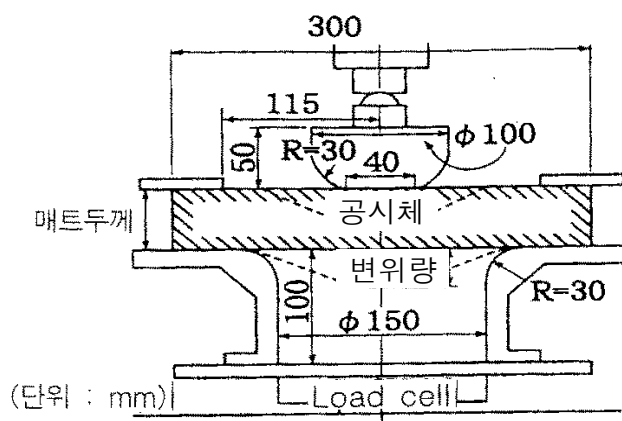
재료

참고 표 (4.3-3) 아스팔트 혼합물의 배합표준

재 료	중 량 비(%)	
	마찰중대용	세굴방지용
아스팔트	10~14	10~14
더 스톱트	14~25	14~25
잔 골 재	20~50	30~50
굵은 골재	30~50	25~40

주) 더스트는 0.074mm이하의 모래 및 채움재, 잔골재는 0.074mm~2.5mm 굵기의 채석, 모래 및 채움재. 굵은 골재는 2.5mm 이상 굵기의 채석

- (3) 마찰중대 매트 및 세굴방지매트의 혼합물 배합은 혼합물의 배합은 혼합물의 비중시험, 휨시험, 압축시험을 하여 결정하는 것이 좋다. 세굴방지매트의 경우는 피복석 등에 의해서 부분적으로 비교적 큰 하중이 재하되는 경우가 있으므로 보강재를 포함하는 매트전체의 강도를 확인하기 위하여 매트의 압발(押拔)시험을 하여 정하는 것이 좋다.
- (4) 혼합물의 시험은 일본 석유학회지(石油學會誌) 제7권 제8호 (1964)에 실린 아스팔트 이용 최근의 개발(板倉忠三 등)에서 제시하고 있는 방법을 준하는 것이 좋다.
- 다만, 휨 시험 및 압축시험은 일반적으로 온도 20℃, 재하속도 20mm/분의 조건으로 시행한다. 매트의 압발시험은 혼합물에 보강재(補強材)를 넣은 사방 30cm인 공시체를 일반적으로는 참고 그림 (4.3-1)에 보이는 재하장치를 사용하고 온도 20℃, 재하속도 50mm/분의 조건으로 시행한다.



참고 그림 (4.3-1) 압발시험장치(예)

- (5) 시험결과의 판정배합시험결과의 판정기준치는 각각의 제반조건에 따라 설정하는 것이 바람직하다. 이 판정기준의 예 하나를 보이면 참고 표 (4.3-4)와 같다.

참고 표 (4.3-4) 시험결과와 판정기준치(예)

시험항목	마찰중대매트	세굴방지(洗掘防止)매트	
		보통(普通)매트	강화(強化)매트
혼합물(混合物)의 시험(試驗)			
비 중 시 험	2.2 이상	2.2 이상	
휨 시 험			
강 도	2.0N/mm ² (20.4kgf/cm ²) 이상	1.0N/mm ² (10.2kgf/cm ²) 이상	
휨 양	3mm 이상	3mm 이상	
압 축 시 험			
강 도	2.0N/mm ² (20.4kgf/cm ²) 이상	1.0N/mm ² (10.2kgf/cm ²) 이상	
압 발 시 험			
최 대 하 중	-	8kN 이상	15kN 이상
변 위 량	-	10mm 이상	30mm 이상

4.3.3 포장용 재료

포장용 재료는 특수한 하중조건에 놓여있는 구역을 제외하고는 원칙적으로 아스팔트 포장 설계·시공요령에 의한다.

[해 설]

여기에서 말하는 특수한 하중조건에 놓여있는 구역이라 함은 예를 들면 에이프론을 들 수 있다. 항만구역의 포장 특히 에이프론 포장상의 교통은 도로의 그것과는 약간 다르고 대부분이 대형차이며 그것도 접지압이 큰 중기류가 많이 혼입되어 있다. 이들의 하중은 고속으로 주행하는 것이 드물고 대부분 정지상태 또는 완속주행 상태에 있다. 이들 장비들을 위한 포장구역 일부는 하역화물 등의 적치장인 경우도 있으므로 이러한 구역에 적용하는 포장재료로는 역청재료가 정적하중에 약하다는 점을 충분히 고려할 필요가 있다. 이러한 내용은 KDS 64 55 50 계류부대시설 (4.3 부두뜰)을 참조할 수 있다.

[참 고]

포장용 아스팔트는 석유 아스팔트, 컷백 아스팔트, 유화 아스팔트, 블론 아스팔트, 개질 아스팔트, 특수 아스팔트 등의 여러 가지 다양한 재료가 각각의 특성을 가지고 있으므로 포장의 종류, 시공방법, 교통량, 기상조건 등을 충분히 고려하여 적합한 것을 사용해야 한다.

4.3.4 샌드매스틱

4.3.4.1 재료

샌드매스틱의 재료는 소정의 강도와 내구성을 얻을 수 있도록 적절히 선정한다.

[해 설]

일반적으로 샌드매스틱(Sandmastic)의 재료로는 다음 것들이 사용된다.

(1) 아스팔트

수중에 시공하는 샌드매스틱에 사용되는 아스팔트는 석유아스팔트의 규정에 적합한 스트레이트 아스팔트의 40~60, 60~80, 80~100중 어느 것인가 사용한다.

(2) 모래

먼지, 흙, 유기물 등의 유해물을 포함하지 않는 청정한 모래로서 최대 입경은 25mm로 한다.

(3) 채움재

KS F 3501 역청포장용 채움재의 규정에 적합한 것을 쓴다.

[참 고]

(1) 수중시공용 샌드매스틱에 사용하는 아스팔트는 수중에 유하시켰을 때 사석 층의 간극에 공극이 없게 충전시켜야 되므로 충분한 유동성을 갖게 하기 위하여 앞에서와 같이 정한 것이다.

(2) 모래가 혼합물에 미치는 영향은 모래의 입도가 클수록 혼합물의 유동성이 크고 적은 아스팔트량으로도 필요한 유동성을 얻을 수 있으나, 혼합물이 분리되기 쉬운 약점이 있다. 입도가 적을수록 유동성은 작으나 치밀한 샌드매스틱이 된다. 따라서 여기서는 최대입경을 규정하였으나 혼합물이 재료분리를 일으키지 않게 하기 위해서는 모래입자의 사이에 연속성이 있고, 입도곡선이 완만하게 변화하는 것이 바람직하다.

(3) 채움재는 아스팔트 혼합물에 혼입되어 아스팔트와 혼합해서 골재간의 공극을 채움과 동시에 결합재로 작용할 수 있게 하고, 혼합물의 유동성을 감소시켜 점도 및 안정성을 증대시키는 성질이 있다. 아스팔트는 일반적으로 미(微)알칼리성의 채움재와 잘 부작하므로 미알칼리성을 나타내는 석회석가루로 채움재를 사용하기로 하였다.

4.3.4.2 배합

배합은 시공조건, 자연조건 등을 고려해서 소요의 유동성 및 강도를 얻을 수 있도록 배합시험을 시행하여 결정한다.

[해 설]

샌드매스틱의 성질은 재료의 배합과 재료의 성사에 의해서도 변화하다. 샌드매스틱을 시공하는 장소나 자연조건 등에 의해서 필요로 하는 반죽질기 및 강도가 다르게 되므로 이와 같이 규정한 것이다.

[참 고]

(1) 배합일반

수중에 시공하는 샌드매스틱의 배합은 참고 표 (4.3-5)의 값을 쓰는 경우가 많다.

표 중에서 더스트란 모래 및 채움재중 0.074mm체를 통과하는 것을 말하고, 잔골재란 모래나 채움재중 0.074mm체에 잔류하는 것을 말한다.

참고 표 (4.3-5) 샌드매스틱의 배합표준

재 료	중 량 비(%)
아스팔트	16 ~ 20
더 스톱	18 ~ 25
잔 골 재	55 ~ 66

(2) 배합시험

수배합을 결정하는데는 일반적으로 다음의 시험을 실시한다.

- ① 유동성시험 ② 비중시험 ③ 휨시험 ④ 압축시험 이 중에서 ③, ④는 온도 10℃, 재하속도 20mm/분 조건으로 시험을 시행한다.

(3) 시험결과 판정

배합시험결과는 각각 다음조건을 만족하도록 결정한다.

① 유동성시험

가. 수중에 시공하는 샌드매스틱의 유하시간(流下時間)은 20~60초의 범위로 한다.

나. 유하대(流下台)를 유하하는 샌드매스틱의 표면에 생긴 균열은 샌드매스틱이 절단(切斷)된 양상(樣相)을 나타내는 것은 아니다.

다. 모래는 샌드매스틱에서 분리되어 흘러내리지 않는다.

② 비중시험 : 1.95이상

③ 휨시험 : 강도는 1.0N/mm²이상, 휨처짐량은 5.0mm이상④ 압축시험 : 1.0N/mm²이상

재료

(4) 샌드매스틱 소요량 산정법

사석 층에 시공하는 샌드매스틱의 소요량은 참고 식 (4.3-1)로 산출한다.

$$V = \alpha A (h\nu + d) \quad \text{참고 식 (4.3-1)}$$

여기서, V : 샌드매스틱의 소요량(m³)

A : 샌드매스틱을 시공하는 사석 층의 면적(m²)

h : 샌드매스틱을 시공하는 사석 층 두께(m)

ν : 샌드매스틱을 시공하는 사석 층의 공극률

d : 사석층상의 샌드매스틱 피복두께(m)

α : 하층 사석 층에 주입되는 것을 고려한 할증률

(5) 설계상 제한 사항

샌드매스틱을 설계함에 있어 제한사항으로는 다음 것들이 있다.

- ① 강한 충격과압 또는 고형부유물이 직접 작용하는 장소에서는 사용하지 않는다.
- ② 급격한 침하가 예상되는 개소에는 사용하지 않는다.
- ③ 샌드매스틱을 시공하는 사석면의 경사도는 1:1.3보다 완만하여야 한다.
- ④ 비탈어깨, 비탈머리 및 시공끝부분에는 적절하게 보강한다.
- ⑤ 항만구조물의 내용연수와 샌드매스틱의 내구성과의 조화를 충분히 고려한다.

4.3.4.3 기타사항

[참 고]

- (1) 샌드매스틱(Sandmastic)은 아스팔트에 광물성의 채움재(Filler) 또는 첨가재 및 모래를 가열 혼합한 것으로 공극이 거의 없고, 주입후 전압을 필요로 하지 않는 아스팔트 혼합물이다.
- (2) 샌드매스틱은 일정한 고온으로 사석 층에 유하시켜도 수중에서 분리되지 않고 사석의 간극에 주입된다. 주입된 샌드매스틱은 사석을 끌어안아 전체로서 하나의 덩어리가 되어 사석의 산란 및 유출에 저항하므로 보통의 사석구조에서 소정 크기의 석재를 얻기가 곤란하거나 비경제적인 경우에 사용된다.
- (3) 샌드매스틱의 설계는 아스팔트 재료의 특성에 기인하는 소성유동에 충분히 주의하여야 하고 안전성에 문제가 생기지 않도록 할 필요가 있다.

4.4 석재

4.4.1 설계일반

- (1) 석재(石材)는 그 사용목적에 따라 소요(所要)의 품질(品質) 및 성능(性能)을 갖는 동시에 경제성을 고려해서 선정한다.
- (2) 일반적으로 석재는 방파제 · 계류시설 등 항만 구조물에 다량으로 쓰이는 재료이다. 석재의 선정은 구조물의 안정성 및 공사비에 크게 영향을 주므로 충분히 검토하고 선정하여야 하며 석재의 결점 및 등급, 석재의 분류는 KS F 2530 석재에 따른다.

[참 고]

석재의 분류는 암석의 종류, 모양 및 물리적 성질로 분류하며, 암석의 종류에 따른 분류는 화강암류, 안산암류, 사암류, 점판암류, 응회암류, 대리석류 및 사문암류로 분류되며, 모양에 따른 분류는 각석, 판석, 견치석, 사고석으로 분류되고, 물리적 성질은 참고 표 (4.4-1)과 같으며 같은 분류의 석재에도 생산지 및 채취위치에 따라 물리적 성질이 크게 다를 수가 있으므로 주의하지 않으면 안 된다.

참고 표 (4.4-1) 주요석재의 물리적성질

암석의 종류	종류	비 중 (겉보기)	흡수율	압축강도 (N/mm ²)
화 성 암	화강암	2.60~2.78	0.07~0.64	85~190
	안산암	2.57~2.76	0.27~1.12	78~269
	현무암	2.68	1.85	85
	반려암	2.91	0.21	177
	감람암	3.18	0.16	187
	휘록암	2.78~2.85	0.008~0.03	123~182
퇴 적 암	응회암	2.64	0.16	377
	점판암	2.65~2.74	0.08~1.37	59~185
	사 암	2.29~2.72	0.04~3.65	49~196
	석회암	2.36~2.71	0.18~2.59	17~76
	차트	2.64	0.14	119
변 성 암	Hornfels	2.68	0.22	191

4.4.2 기초사석

- (1) 기초사석으로 쓰이는 석재는 편평·세장한 것이 아니고 견경, 치밀, 내구적이며 풍화나 동결융해로 파괴될 염려가 없는 것이라야 한다.
- (2) 사용석재를 결정할 때는 시험을 통하여 충분히 재질을 파악한 다음에 구득의 난이, 운반능력, 가격 등을 고려하여 선정한다.

[참 고]

- (1) 기초사석의 허용지지력은 KDS 64 11 00 4.3 얇은 기초를 따른다.
- (2) 대형삼축압축시험을 행하지 않고 강도정수를 결정하는 경우의 기준으로서 일축압축강도가 30N/mm^2 이상이면 전단강도가 0.02N/mm^2 , 내부마찰각이 35° 는 기대할 수 있다는 결과를 제시하고 있다.

4.4.3 뒤채움재

- (1) 뒤채움재료는 내부마찰각 및 단위체적중량 등의 재료특성을 고려해서 선정한다.
- (2) 일반적으로 뒤채움 재료로는 할석(割石), 막자갈, 옥석(玉石), 철강슬래그 등이 사용된다. 토단(土丹), 사암(砂岩) 및 철강슬래그는 재질이 균일하지 않으므로 이들의 사용 시에는 신중한 조사 및 검토를 수행한다.

[참 고]

- (1) 일반적으로 쓰이고 있는 뒤채움재의 설계값으로는 참고 표 (4.4-2)의 값을 사용하는 예가 많다.

참고 표 (4.4-2) 뒤채움재의 설계치

뒤채움재 종류	내부마찰각(°)	단위체적중량		사면경사도
		잔류수위상 (kN/m ³ , {t/m ³ })	잔류수위하 (kN/m ³ , {t/m ³ })	
할 석				
일반적인 것	40	18 {1.8}	10 {1.0}	1:1.2
부서지기 쉬운 재질의 것	35	16 {1.6}	9 {0.9}	1:1.2
막 자 갈	30	18 {1.8}	10 {1.0}	1:2~1:3
옥 석	35	18 {1.8}	10 {1.0}	1:2~1:3

- (2) 여기서 말하는 할석(割石)이란 항만공사에 쓰이는 것으로 KS F 2530 석재에 가까운 것이다.
- (3) 막자갈이란 선별하지 않은 자갈로서 모래와 자갈이 반 정도씩 섞여있는 것을 말한다.
- (4) 사면경사도는 표에 있는 뒤채움 재료를 해수 중에서 시공하는 경우 시공 시에 낙하하여 자연적으로 형성되는 경사도의 표준적인 값을 나타낸 것이다. 일반적으로 뒤채움 시공 시 파랑의 영향이 적은 곳에서는 작은 값을 취하고, 파랑의 영향이 있는 곳에서는 큰 값을 취한다.
- (5) 철강슬래그는 이 기준 4.6.2 슬래그를 따른다.

[참고문헌]

- 1) 국토해양부(2013), 도로교 표준시방서
- 2) 日本港灣協會(2007), 港灣の施設の技術上の基準・同解説

4.5 목재

4.5.1 목재의 품질

4.5.1.1 보통구조용 목재

- (1) 보통구조용 목재로 사용하는 목재는 해당하는 한국산업표준(KS)에 적합한 것 또는 이와 동등이상의 품질을 갖는 것을 선정한다.
- (2) 보통구조용 목재라 함은 나무말뚝을 제외한 구조용 목재를 말한다. 중요한 항만 구조물의 주요부재로 목재를 사용하는 것은 내구성이 적으므로 좋지는 않으나, 부득이해서 사용하는 경우에는 본 기준을 적용한다.

[참 고]

- (1) 품질의 선정에는 그 용도가 인장재, 압축재, 접합재의 어느 것인가에 따라 용이구멍, 섬유유, 경사, 갈라짐, 휘어짐 등에 주목하고, 주요구조 부재에 대해서는 되도록 썩을 위험이 없고 내구성이 큰 수종(樹種)의 목재를 쓴다.
- (2) 근년 보드워크의 재료로 수입재가 많이 사용되고 있으나 사용재료를 선정할 때는 가공·마무리 특성, 미관적 요소, 내마모성, 내화성을 고려한 다음 되도록 유지관리 할 필요가 없고 내구성이 우수한 수종의 목재를 쓴다.

4.5.1.2 나무말뚝재

- (1) 나무말뚝재로는 내구성, 강도 등을 고려하여 소나무재(赤松, 黑松)로서 가공하지 않은 것이 가장 적당하며, 나무말뚝재 선정은 다음사항을 고려한다.
 - ① 갈라짐 등의 결점이 없는 것으로 껍질을 제거한 원구에서 말구까지의 직경이 대략 비슷한 것으로 한다.
 - ② 말뚝재의 꾸부러짐의 한도는 말뚝머리와 말뚝 끝을 연결하는 중심선이 말뚝 밖으로 나오지 않는 것으로 하거나 또는 길이의 0.5% 이내로 한다.
- (2) 나무말뚝재는 내구성, 강도 등의 면에서 소나무의 가공하지 않은 것이 가장 적당하다.

4.5.2 목재의 허용응력도

- (1) 목재의 강도는 그 구조물에 요구되는 변형상(變形上)의 제한도 고려하여 각종 요인에 의한 강도의 증감을 총체적으로 고려해서 결정한다.
- (2) 목재의 강도는 재료의 종류, 함수율, 기타의 요인에 의해서 매우 다른 것이 일반적인 현상이기 때문에 안전율도 이런 점을 예상하여 걸보기 안전율로 되어 있다.
- (3) 보통구조용 목재의 허용응력도는 습윤정도 등에 의한 강도의 감소나 이상시 하중에 대한 할증을 고려하여 정한다.

[참 고]

- (1) 구조용 목재의 허용응력 조정계수는 KS F 2162 구조용 목재의 허용응력 조정계수에 따라야 한다.
- (2) 목재의 섬유방향 허용응력도 및 섬유직교방향의 허용응력도는 목재의 재질관련 설계 기준에 따른다.

4.5.3 목재의 접합

목구조의 접합방식은 구조물 또는 구조부재의 소요성능을 고려해서 산정한다.

4.5.4 목재의 보수

- (1) 목재를 충해 또는 부식이 많은 곳에 사용하는 경우에는 이들에 의한 피해를 방지 하도록 노력한다.
- (2) 목재의 결점은 충해, 부식 및 재질의 취약에 있고, 특히 항만구조물에서는 비교적 짧은 기간에 큰 피해를 주는 해충에 대해서 방어대책이 필요하다.

4.6 재생자원재료

4.6.1 재생자원재료 설계일반

- (1) 재생자원 재료를 이용하는 경우에는 재료의 특성 및 구조물의 특성에 따라 이용한다.
- (2) 슬래그, 석탄회, 콘크리트 덩어리, 아스팔트 콘크리트 덩어리 등을 재생자원재료로 이용할 때에는 폐기물의 처리에 관한 법령(폐기물 관리법) 및 해양 오염방지에 관한 법령(해양환경 관리법)을 검토한다.

[해설]

- (1) 유한한 자원의 효과적인 이용을 도모하고, 폐기물의 발생을 억제하기 위하여 국가, 지방자치단체는 물론 건설공사를 시행하는 모든 업체는 제각각 적절한 대책을 수립하여 추진하고 있다.
항만공사에서 사용되는 재생자원 재료(리사이클 재료)로는 슬래그, 석탄회, 콘크리트 덩어리, 준설토, 아스팔트 콘크리트 덩어리 등이 있고, 거의 모두 토석(土石)재료로 매립재, 노반재, 지반개량재, 콘크리트용 골재 등으로 이용되고 있다.
- (2) 재생자원 재료가 폐기물이나 아니냐하는 것은 그 재료의 물성(物性)이 객관적, 본질적으로 정하여진 것은 아니고, 일반적으로 그 재료가 유용하고 다른 사람에게 유상매각(有償賣却)할 수 있는 경우에는 그 재료는 폐기물이 아닌 것으로 본다.
- (3) 재생자원 재료의 성상은 비교적 품질이 균일하지 않기 때문에 사용하기 전에 먼저 그 물리적·역학적 성질이나 공급량 등을 충분히 조사하고 사용목적에 부합되는가를 검토한다.

[참고]

- (1) 재생자원재료를 효과적으로 이용하는 것은 지속가능한 사회의 발전을 위하여 극히 중요하다. 항만공사는 토질재료를 대량으로 사용하기 때문에 자연재료의 사용량을 줄임으로서 환경을 보전하고 재생자원 재료의 특성을 살려 이용함으로써 적극적인 부가 가치의 창출 등 큰 의미를 가질 수 있다. 따라서 이제까지 문제가 있는 폐기물을 매립 처분 한다는 식의 부정적인 생각이 아니고 그 재생자원 재료의 특징을 장점으로 활용 한다는 긍정적인 발상으로 이들 재료를 적극적으로 이용한다.
- (2) 특히 폐기물이라는 것은 그 물질자체의 속성으로 객관적, 본래적으로 정해진 것이 아니고 그 재료가 유용하다고 판단되어 값을 지불하고 구입하여 사용하게 되면 그 재료는 이미 폐기물이 아닌 유용한 재료가 된다는 점과 환경오염은 결코 있어서는 안 되는 것으로 환경상의 문제가 생기지 않도록 사전에 철저하게 점검하여야 할 것이다.
여기에 소개하는 재생자원 재료는 보통 중금속의 용출 등의 문제가 없고 용출수의 pH가 높은 등의 문제가 있는 정도의 것들이다.

4.6.2 슬래그

슬래그를 재생자원 재료로 이용하는 경우는 폐기물 처리에 관한 법령(폐기물관리법) 및 해양오염방지에 관한 법령(해양환경관리법)을 검토하여 사용여부를 결정한다.

[참 고]

- (1) 고로슬래그는 선철 1톤당 약 300kg 생성되며, 서서히 냉각처리한 고로서냉(高爐徐冷) 슬래그와 가압수(加壓水)를 분사하여 급격히 냉각시킨 고로수쇄(高爐水碎) 슬래그로 나누어진다. 제강슬래그는 제강로(製鋼爐)의 종류에 의해서 전로(轉爐)슬래그와 전기로(電氣爐)슬래그로 나누어지고, 전로슬래그의 경우 조철(粗鐵) 1톤당 약 130Kg이 생성하며, 전기로산화슬래그와 전기로환원슬래그가 있다.
- (2) 해양용 케이슨 채움용으로는 KS F 2579 케이슨 채움재용 철강슬래그에 의해 고로슬래그 단독이나 고로슬래그와 제강슬래그를 혼합제조 사용하고 있다. 또한 도로의 기층 및 보조기층, 공항활주로, 철도의 노반 등에도 이와 같은 복합슬래그를 사용하고 있다. 고로서냉(高爐徐冷)슬래그는 종래 광재(鑛滓) 등으로 알려졌었으며 도로용재 등으로 사용되어온 입상(粒狀)재료로서 대략 전량이 유효하게 이용되고 있다. 고로냉각수슬래그는 경량의 모래모양 재료로서 고로슬래그 시멘트의 원료로 이용되고 있는 외에 그 경량성을 살려 항만구조물의 뒤채움재료 등으로 이용되고 있고 이것도 100% 가깝게 이용되고 있다.
- (3) 제강슬래그는 철분을 함유하고 있기 때문에 무겁고, 팽창 붕괴하는 성질을 가지고 있기 때문에 유효한 이용이 늦어지고 있고, 도로용재 등에 쓰이고 있을 뿐이다. 그러나 단단한 입상재료이기 때문에 내부마찰각이 크고, 투수성이 높은 것 그리고 무겁다는 점에서도 이들 특질을 살려서 효과적으로 이용할 수가 있다. 참고 표 (4.6-1)에 슬래그와 흙의 화학성분비교 및 참고 표 (4.6-2)에 제강슬래그와 고로서냉(高爐徐冷)슬래그의 물리적·역학적 특성을 나타내었다.

참고 표 (4.6-1) 화학성분비교

(單位 : %)

종류 \ 단위	고 로 슬래그	전 로 슬래그	전기로슬래그		산 화	안산암	보통포틀랜드 시멘트
			산화슬래그	환원슬래그			
SiO ₂	33.8	13.8	17.7	27.0	59.6	59.6	22.0
CaO	42.0	44.3	26.2	51.0	0.4	5.8	64.2
Al ₂ O ₃	14.4	1.5	12.2	9.0	22.0	17.3	5.5
T-Fe	0.3*	17.5	21.2	1.5	—	3.1*	3.0**
MgO	6.7	6.4	5.3	7.0	0.8	2.8	1.5
S	0.84	0.07	8.09	0.50	0.01	—	2.0***
MnO	0.3	5.3	7.9	1.0	0.1	0.2	—
TiO ₂	1.0	1.5	0.7	0.7	—	0.8	—

주) * : FeO, ** : Fe₂O₃, *** : SO₃

자료) 복합슬래그 기층 및 보조기층 설계시공 지침 (2004 한국도로학회)

고로슬래그 기층 및 보조기층 설계·시공 지침 (1986 대한토목학회)

재료

참고 표 (4.6-2) 철강슬래그의 물리(物理)·역학특성(力學特性)

	제강(製鋼)슬래그	고로(高爐)슬래그	
		MS-25	CS-40
절건밀도(絶乾密度)(g/cm ³)	3.19 ~ 3.40	—	—
흡수율(吸水率)(%)	1.77 ~ 3.02	—	—
단위체적중량(kN/m ³)	19.7 ~ 22.9	17.2 ~ 17.8	16.7 ~ 17.2
최적함수비(%)	5.69 ~ 8.24	8.8 ~ 9.4	8.4 ~ 9.0
최대건조밀도(g/cm ³)	2.34 ~ 2.71	2.18 ~ 2.21	2.13 ~ 2.17
수정(修正) CBR(%)	78 ~ 135	170 ~ 204	152 ~ 186
투수계수(cm/s)	10 ⁻² ~ 10 ⁻³	10 ⁻² ~ 10 ⁻³	—
내부마찰각(°)	40 ~ 50	—	—

- (4) 동의 용융 제련시 부산물로서 국내 생산량은 연간 약 70만 톤 정도이며, KS F 2543 콘크리트용 동슬래그 골재에 의해 동슬래그 골재(콘크리트의 내구성 및 강도 발현이 양호)는 시멘트원료, 샌드블리스트용, 콘크리트 또는 시멘트 2차 제품(벽돌/블록류 등)이 사용되고 있고 일본 및 독일 등 선진국에서는 오래전부터 사용하고 있다.
- (5) 이상의 슬래그는 어느 것이든 기본적으로 관리형(管理形)의 산업폐기물로서 천연골재의 부족과 석산개발에 따른 환경파괴 문제 등으로 대체 골재의 중요성이 부각되고 있어 기술적으로 좋은 재료이기 때문에 적극적으로 이용하는 것을 검토하여야 하는 반면 환경문제를 일으키는 일이 있어서는 안 되기 때문에 중금속류의 용출이나 pH, 해수오탁 등에 대하여 각종 환경관리 기준을 참고로 충분한 주의를 기울여야 한다.

4.6.3 석탄회

석탄회를 재생자원 재료로 이용할 때에는 폐기물 처리에 관한 법령(폐기물관리법) 및 해양 오염 방지에 관한 법령(해양환경관리법)을 검토하여 사용하여야 한다.

[참고]

- (1) 석탄회는 석탄의 종류나 보일러의 연소방식에 따라 성상을 달리하고, 회수된 장소에 의거 플라이 애시와 크링커 애시로 구별된다.
- (2) 석탄회에는 물의 첨가로 경화하는 포졸란 활성이 있고, 실리카, 알루미나 등 포졸란 물질의 함유량이 많은 회는 포졸란 활성이 활발하다. 또 석탄회는 가볍다는 물리적 특성이 있고, 플라이 애시는 실트, 크링커 애시는 모래모양의 입도 분포를 보인다. 우리나라에서는 최근 석탄발전소의 증설이 계속되고 석탄회의 발생량은 급속히 증대되고 있어 자원화, 부산물 이용 등의 관점으로부터 플라이 애시의 유효한 이용 촉진의 필요성이 증가하고 있다. 이에 대하여 분말도가 높고 미연 탄소분이 적은 플라이 애시가 콘크리트 혼화재로 보다 우수한 성능을 갖는다는 평가를 얻어 고도의 분급기에 의한 고분말도 제품이 상품화 되고 있다.
- (3) 기타 심층 혼합처리공법의 재료로 이용하거나, 석탄회 고화물의 SCP용 모래 대체 재료로 이용하는 등의 기술이 개발되어가고 있다.

석탄회에 대하여서도 관리형의 산업폐기물인 점은이 기준 4.6.2 슬래그와 같고, 슬래그와 같이 환경문제에 충분한 주의를 기울여 효과적인 이용에 노력하여야 한다.

플라이 애시의 품질은 KS L 5405 플라이 애시에 의거 참고 표 (4.6-3)의 요구사항 이상이어야 한다.

참고 표 (4.6-3) 플라이 애시의 품질 요구사항

항 목 종 류		플라이 애시 1종	플라이 애시 2종
이산화 규소 %		45.0 이상	45.0 이상
수 분 %		1.0 이하	1.0 이하
강열감량① %		3.0 이하	5.0 이하
밀 도 g/cm ³		1.95 이상	1.95 이상
분말도②	45 μ m체 잔분(망체방법)③ %	10 이하	40 이하
	비표면적(브레인 방법)cm ² /g	5,000 이상	2,500 이상
플로값비 %		105 이상	95 이상
활성도 지수 %	재령 28일	90 이상	80 이상
	재령 91일	100 이상	90 이상

주 : ① 강열감량을 대신하여 미연 탄소 함유율을 대신할 경우 KS E 3712 또는 KS L 3318에 규정하는 방법으로 하여 그 결과에 대하여 강 열감량의 규정 값을 사용하여도 좋다.

② 분말도는 망체방법 또는 브레인 방법(공기 투하 장치에 의한 분말도)에 따른다.

③ 분말도를 망체방법에 따르는 경우는 브레인 방법에 따른 비표면적의 실험 결과를 참고 값으로 병기한다.

4.6.4 순환골재

건설공사에 사용하는 순환골재의 품질은 국토교통부 고시 순환골재 품질기준을 만족해야 한다.

[참 고]

- (1) 항만건설에서 활용하는 순환골재는 콘크리트용, 도로공사용이 있으며, “순환골재 품질기준”에서 제시하는 용도별로 항만건설에 적용할 수 있다.
- (2) 국토교통부 고시 순환골재 품질기준
 - ① 콘크리트용 순환골재
콘크리트용으로 사용되는 순환 굵은 골재와 순환 잔골재의 품질 기준은 해설 표 (4.6-1)와 같고, 순환골재 사용비율은 해설 표 (4.6-2)와 같다.

해설 표 (4.6-1) 콘크리트용 순환골재의 품질

구 분		순 환 굵 은 골 재	순 환 잔 골 재
절대 건조 밀도(g/cm ³)		2.5 이상	2.3 이상
흡 수 율(%)		3.0 이하	4.0 이하
마모감량(%)		40 이하	-
입자모양 판정 실적율(%)		55 이상	53 이상
0.08mm체 통과량 시험에서 손실된량(%)		1.0 이하	7.0 이하
알칼리 골재 반응		무해할 것	
점토 덩어리량(%)		0.2 이하	1.0 이하
안정성(%)		12 이하	10 이하
이물질 함유량(%)	유기	1.0 이하 (용적기준)	
	무기	1.0 이하 (질량기준)	

해설 표 (4.6-2) 콘크리트용 순환골재 사용비율

구 분	순 환 굵 은 골 재	순 환 잔 골 재
설계기준압축강도 27 Mpa 이하	굵은골재 용적의 60% 이하	잔골재 용적의 30%이하
	혼합사용시 총 골재 용적의 30% 이하	

② 도로 보조기층, 동상방지층 및 차단용

도로 보조기층 사용되는 순환 골재의 품질기준은 해설 표 (4.6-3)와 같고, 동상방지층 및 차단용에 사용되는 순환 골재의 품질기준은 해설 표 (4.6-4)와 같다.

해설 표 (4.6-3) 보조기층용 순환골재의 물리적 성질

구 분		기 준
소성지수		6 이하
수정 CBR치(%)		30 이상 ¹⁾
마모감량(%)		50 이하
모래당량		25 이상
액성한계(%)		25 이하
이물질 함유량(%)	유기	1.0 이하 (용적기준)
	무기	5.0 이하 (질량기준) ²⁾

주: 1) 시멘트 콘크리트포장 공법에서 콘크리트 슬라브 밑에 사용되는 보조기층은 수정 CBR 50 이상으로 한다.

2) 순환골재에 혼입된 아스팔트 콘크리트는 이물질로 분류하지 않는다.

해설 표 (4.6-4) 동상방지층 및 차단층용 순환골재의 물리적 성질

구 분		기 준
소성지수		10 이하
수정 CBR(%)		10 이상
모래당량		20 이상
이물질 함유량(%)	유기	1.0 이하 (용적기준)
	무기	5.0 이하 (질량기준)

③ 아스팔트 콘크리트용

아스팔트 콘크리트용 순환 골재의 품질기준은 해설 표 (4.6-5)와 같다.

해설 표 (4.6-5) 아스팔트 콘크리트용 순환골재의 품질

구 분		기 준
구재 아스팔트 함량(%) ¹⁾		3.8 이상
씻기 시험에서 손실되는 양(%) ²⁾		5 이하
최대 입경(mm) ³⁾		13 이하
함수비(%) ⁴⁾		5 이하
이물질 함유량(%)	유기	1.0 이하 (용적기준)
	무기	1.0 이하 (질량기준)

주: 1),2) 구재아스팔트 함량 또는 씻기 시험에서 손실되는 양의 품질 기준은 구재아스팔트 함량이 평균치를 벗어나거나 보조기층재 등 아스팔트 콘크리트용 순환골재 이외의 물질이 과도하게 혼입되지 않도록 하기 위하여 설정한 것이다.

3) 아스팔트 콘크리트용 순환골재의 최대 입경은 현장 여건에 따라 20mm 이하로 조정하여 사용하는 것이 가능하다

4) 아스팔트 콘크리트용 순환골재의 수분 함량은 순환아스팔트 혼합물 품질을 저하시키므로 함수비를 일정하게 관리해야 한다.

- (3) 국토교통부 및 환경부 공동 고시 “순환골재 등 의무사용건설공사의 순환골재·순환골재 재활용제품 사용용도 및 의무사용량”에 따라 해당하는 건설공사의 적용과 적용비율에 맞게 사용한다.

4.6.5 준설토사

준설토사는 안벽 또는 호안의 뒤채움, 부지 조성 등 다양한 용도로 사용할 수 있다. 준설토사를 공사용 재료로 활용 시에는 준설토사의 특성을 충분히 고려하여 액상화 대책 또는 연약지반 개량 대책 등을 수립하여야 한다.

[참 고]

- (1) 준설토사는 매립재로 수토(受土)하여 왔으나 준설토사 시기에 조성중인 매립지가 없는 경우에는 항만지역내의 폐기물처분장이나 준설토 투기장에 매립 처분되고 있다. 한편 항만이나 해상공항의 정비사업에서 안벽이나 호안의 뒤채움, 매립지조성, 연약지반의 개량 등의 목적으로 많은 양의 토사(지반재료)가 매립되었다. 사질토계의 준설토 매립이나 뒤채움재는 정적(靜的)으로 안정이 되나 지진 시에 액상화 되기 쉬운 지반이 조성되므로 이 경우는 액상화 대책이 필요하게 된다. 점성토계의 준설토는 그 상태대로는 함수비가 높은 초연약지반이 되기 때문에 매립 후 지반개량이 필요하게 된다.
- (2) 이제까지의 사례로 보면 표층을 고화한 후에 연직드레인을 타설하여 압밀을 촉진시키는 지반개량공법이 잘 쓰이고 있다. 또 근년에 와서는 준설토를 고화처리한 후 매립이나 뒤채움에 쓰는 공법개발도 진행되고 있고, 고화처리 전용선으로 혼합하여 매립하는 공법, 토운선 내에서 고화재와 혼합해서 운반하여 매립하는 공법, 처분장(또는 투기장)에서 고화재와 혼합하는 공법 등이 나타나고 있다.
- (3) 준설토 배토관내에서 혼합하는 공법은 준설토를 매립재로서 보다 경제적으로 시공하는 관점에서 새롭게 개발된 공법으로서 압송중인 관내에 고화재를 첨가하고 압송 중에 발생하는 준설토의 플러그류(Plug流)의 혼합(Mixing) 효과를 이용한 독자적인 혼합장치를 설치함으로써 준설토의 운반과 고화를 동시에 시행하는 공법이다. 고화재와의 혼합방식은 라인믹서(Line mixer)를 통과시키는 방법이나, 가루상태의 고화재를 첨가하여 혼합하는 방법, 고화재를 미리 첨가한 후 여러 개의 곡관(曲管)을 통과시켜서 혼합효과를 높이는 공법, 고화재 슬러리의 분사용 파이프를 배토관중에 여러 개 설치하여 관내를 통과하는 점토에 고화재를 직접 첨가하는 방법 등이 고안되고 있다.
- (4) 경량혼합처리토공법(輕量混合處理土工法)은 액성한계이상으로 함수비를 조정해서 슬러리화한 준설토에 시멘트계 고화재와 기포(氣泡) 또는 발포(發泡)비드 등의 경량화재를 첨가 혼합한 처리토를 쓰는 공법으로 다음과 같은 특징을 가지고 있다.
 - ① 준설토를 효과적으로 이용하고, 해수중이나 친수공간에서도 안정된 지반을 조성할 수 있다.

- ② 단위체적중량이($0 \sim 12\text{kN/m}^3$)정도여서 기초지반의 압밀침하량저감이나 토압의 경감에 유효하다.
 - ③ 일축압축강도가 $200 \sim 600\text{kN/m}^2$ 이고, 경질점토(硬質粘土)와 같은 역학적 특성을 나타낸다.
- (5) 이들 외에도 준설토 탈수플랜트로 탈수처리한 후 매립재로 활용하는 방법도 있다.

4.6.6 굴폐각

샌드컴팩션 파일(SCP) 공법에서 주된 재료로서 모래만을 사용하였으나 자연건조 상태의 모래와 굴폐각을 2:1 혼합 시 시험결과 내부마찰각은 $35 \sim 55^\circ$ (모래와 동일하거나 약간 커서 연약지반의 배수재로 적용가능)를 적용한다.

[참 고]

한국해양연구원에서 2000년 12월부터 2003년 12월까지 해양수산부 R&D 사업으로 굴폐각 혼입 특수콘크리트개발”을 연구하였다. 그 결과는 다음과 같다.

- (1) 혼합콘크리트의 최적단위수량은 175kg/m^3
- (2) 최대 단위체적중량 : $0.95 \sim 1.25\text{t/m}^3$, 최소 단위체적중량 : $0.71 \sim 0.81\text{t/m}^3$ (모래보다 단위체적중량이 적은 경량재로 우수)
- (3) 투수계수는 모래보다 훨씬 커서 탁월한 배수능력보유 : $7.5 \times 10^{-3} \sim 8.9 \times 10^{-3}\text{cm/s}$ (미립분을 포함하는 경우), $8.8 \times 10^{-2} \sim 1.1 \times 10^{-1}\text{cm/s}$ (미립분을 포함하지 않는 경우),
- (4) 굴폐각 고화제를 이용한 천공 개량공법 : 준설토 함수비가 50%인 경우와 굴폐각 고화제 혼입률 12%에서 압축강도 값이 최대, 시멘트 고화제의 경우는 9%가 최적 혼입률로 나타났으며, 결론적으로 배합변수에 따른 특성 변화, 장기재령 거동 특성변화, 내구성 변화에 대한 정량적 검토를 하였으며, 아울러 실내 실험분석에서도 일축압축강도, 투수계수, 중금속 용출 등의 시험결과 양호하게 분석되어 건설공사용 모래의 대체재로서 3가지 활용 방법으로 첫째 굴폐각 콘크리트 혼화제 및 잔골재로서 활용방법, 둘째 굴폐각을 친환경 고화제로서 지반개량공법의 활용 방안, 셋째 파쇄한 굴폐각을 모래와 혼합하여 SCP 지반개량 공법 및 뒤채움재 활용법이 있다. 우리나라에서는 부산 신항 배후도로(2공구) 현장에서 모래와 굴폐각의 배합비율을 달리하여 모래다짐말뚝을 타설하고 시험결과를 검토하였다. (굴폐각 혼입 특수콘크리트 개발, 한국해양연구원 2000.12 ~ 2003.12 윤길림)

[참고문헌]

- 1) 대한토목학회(1986), 고로슬래그 기층 및 보조기층 설계·시공 지침
- 2) 한국도로학회(2004), 복합슬래그 기층 및 보조기층 설계·시공 지침
- 3) 한국해양연구원(2003), 굴폐각 혼입 특수콘크리트 개발, 최종보고서
- 4) 高橋邦夫(1997), 석탄회 및 철강슬래그의 활용기술, 향기연 자료
- 5) 日本港灣協會(2007), 港灣の施設の技術上の基準·同解説

4.7 기타재료

4.7.1 기타 금속재료 일반

강재 이외의 금속재료를 사용하는 경우에는 사용부위, 목적, 환경조건, 내구성, 경제성 등을 감안하여 재료를 선정하여야 하며, 항만시설에 사용하는 강재이외의 금속으로는 스테인리스 강, 알루미늄, 티탄 등이 있다.

[참 고]

항만시설에 사용하는 강재이외의 금속은 다음과 같은 것이 있다.

(1) 스테인리스 강

스테인리스 강은 KS D 3702, 3703, 3705, 3706에 정해진 품질을 사용 한다. 스테인리스강은 방식목적으로 쓰는 경우가 많으나, 해양환경 하에서 스테인리스강의 내식성은 그 종류에 따라 크게 다르기 때문에 재료 선정 시에는 시험결과나 과거의 실적을 참고해서 정한다.

(2) 알루미늄

알루미늄 및 알루미늄 합금은 비중이 2.72로 가볍고, 용도에 따라 필요한 강도를 얻을 수 있는 것, 내식성, 내후성(耐候性)이 뛰어난 것, 가공성이 좋은 것 등의 이점이 있다. 사용 예로는 가드레일, 높은 난간(高欄), 유전양극방식의 전기방식용 양극 등이 있다.

(3) 티탄

티탄은 강도/질량비가 크다. 즉 강도(두께0.2mm 이상 1.5mm 이하일 때 인장강도 : 270~630 N/mm², 항복강도 : 165~380 N/mm²)에 비하여 가벼운(비중 : 4.5)재료이다.

또 티탄은 산소와의 결합력이 아주 강하고, 표면에 수 10 Å의 산화피막(O₂)이 형성되어 쉽게 부동태화(不動態化)하기 때문에 해수 중에서도 공식(孔蝕) 및 극간부식(隙間腐蝕)에 현저히 강하고, 거의 부식되지 않는다. 이 성질을 이용해서 강구조물의 방식재료로 사용되는 경우가 있다.

철근콘크리트의 외부전원방식 전기방식용 양극재료로 티탄제의 메쉬(Mesh)나 그리드(Grid) 등이 쓰이는 경우도 있다. 이것은 장기간 아노드(Anode) 전류를 흘려도 재질이 열화하지 않고, 안정성이 높은 것에 착안한 사용법이다.

4.7.2 플라스틱과 고무

플라스틱 및 고무를 쓰는 경우에는 사용하는 부위, 사용목적, 환경조건, 내구성, 경제성 등을 감안하여 재료를 선정하여야 하며, 항만공사에 있어서 플라스틱 및 고무제품의 종류에는 다음과 같은 것이 있다.

- (1) 지오신쎄틱(Geo-synthetic)
- (2) 이음재료
- (3) 방충재
- (4) 지반주입재
- (5) 도장재료
- (6) 씰(Seal)재
- (7) 접착제
- (8) 피복(Lining)재
- (9) 드레인(Drain)재
- (10) 이음, 받침재
- (11) 부대설비
- (12) 발포(發泡)스티로폼(Styrofoam)

[참 고]

(1) 항만공사에 있어서 플라스틱 및 고무제품의 종류별 용도는 다음과 같다.

① 지오신쎄틱(Geo-synthetic)

지오신쎄틱이라는 용어는 종래부터 있었던 지오텍스타일(Geotextile)(투수성이 있는 시트(Sheet)모양의 고분자 재료제품)과 불투수성의 막상(膜狀)구조제품인 지오멤브레인(Geomembrane)을 포함하여 총칭하는 것으로 광의의 지오텍스타일, 지오멤브레인, 지오클로소이드(Geocloseid)가 있다. 지오신쎄틱에는 투수성(透水性)재료와 차수성(遮水性)재료가 있고, 각각의 특징은 다음과 같다.

가. 투수성재료(透水性材料)

직포(織布, Geo-woven)의 재질은 일반적으로 폴리에스테이고, 제조법은 종사(縱絲)와 횡사(橫絲)를 직각으로 교차시켜 직조(織造)한 제품이다. 부직포(不織布, Geo-nonwoven)의 재질은 직포와 같이 직조하는 구조가 아니고, 역학적·화학적 또는 용제(溶劑)를 사용하여 섬유를 접착시키거나, 맞물려 접착시키는 방법 또는 두 가지 방법을 함께 적용하여 제조하는 텍스타일(Textile)구조(布構造)이다.

(가) 장섬유 : 스펠본드(Spun bond)로 대표되며 사용섬유가 아주 길고, 두께가 일반적으로 10mm 이하로서 비교적 얇으면 두께의 조정이 쉽지 않다.

(나) 단섬유 : 반모(反毛 ; 재생모(再生毛)) 펠트(Felt)로 대표되며 사용섬유가 약

3~5cm정도로 짧다. 두께는 일반적으로 10mm 이상이고 두께의 조정이 용이하다.

나. 차수성재료(遮水性材料)

차수판(遮水板)으로 대표되며 직포 등에 연질(軟質)의 염화(鹽化)비닐을 도포(塗布)한 불투수성 멤브레인 구조이다.

항만공사에서 지오신선텍의 용도로는 다음과 같은 것들이 있다.

(가) 성토보강대책

준설점토를 사용한 매립지반상에 양질토를 뿌릴 때 양질토의 함몰방지(陷沒防止) 및 공사용 장비의 주행에 필요한 양질토층을 확보하기 위해서 매립지반 표면에 시트(Sheet)나 네트(Net) 등을 직접 포설한다. 최근에는 연약한 매립지에 성토공사를 시행하는 경우 네트공법을 사용하는 예가 많다.

(나) 흡출(吸出) 및 세굴방지대책

필터재로 흡출방지를 목적으로 하는 경우에는 방사포(防砂布)를 안벽의 뒤채움 사석이나 기초사석의 배후 및 기초사석 저면 전체 또는 해측(海側)일부에 부설하는 경우가 많다. 또 파랑 등에 의한 세굴방지대책으로서도 사용되고 있다.

② 이음재료

콘크리트구조물의 시공이음부에는 지수판이나 이음판, 주입이음재가 쓰인다. 지수판은 염화비닐 수지제가 대부분이고 경질염화비닐 시트 및 필름이 제조되고 있다. 이음판은 염화비닐 폴리에틸렌 등의 플라스틱 폼(Foam)제의 것이 있고, 주입이음재로는 폴리설파이드계, 실리콘계, 부틸고무계, 클로로프렌 고무계의 탄성(彈性)씰링재가 사용되고 있다.

③ 방충재

가. 고무 방충재에 사용되는 고무 소재는 내노화성, 내후성, 내마모성 및 높은 인장강도가 요구된다. 고무 방충재가 우수한 성능을 발휘할 수 있도록 보강제(카본블랙), 가류제(유황, 노화방지제) 등을 고무와 함께 혼합하며, 이때 고무의 조성이 고무 방충재에 균등하게 유지되도록 배합한다.

나. 방충재 고무의 물리적 특성과 시험방법은 KCS 64 45 10(방충재공사)의 2.1.1 고무를 참조한다. 또한, 고무 방충재의 압축성능을 결정하는 반력과 흡수에너지의 특성은 KCS 64 45 10(방충재공사) 3.5 방충재의 압축성능시험을 참조한다.

④ 지반주입재 : 이 기준 4.7.4 주입재료를 참조한다.

⑤ 씰(Seal)재

배사관 이음, 침매함(沈埋函) 씰고무가스켓트 등이 있다.

⑥ 접착제

여러 가지의 합성수지를 쓴 접착제가 있고, 강교부재, 프리캐스트 콘크리트판의 접합, 콘크리트 균열보수 등에 쓰이고 있다.

⑦ 피복(Lining)재

강재 및 철근의 방식 또는 보호재로 쓰이고 있다.

재료

⑧ 드레인(Drain)재

드레인재로서 특수한 경질(硬質)비닐로 만든 고무와 부직포로 만든 필터를 조합한 복합구조인 것과 폴리염화비닐을 특수 가공한 다공질(多孔質)의 단일구조로 된 것이 있다.

⑨ 이음, 받침재

교량에서는 고무신축이음재 및 단층 또는 중층(重層)의 패드(Pad)방식에 의한 고무 받침재(Shoe)가 사용되고 있다.

⑩ 부대설비 등

부표, 함선 등 부체에는 FRP제의 것이 있고, 사다리, 난간, 차막이 등의 부대설비에는 고무 FRP제가 있다.

⑪ 발포(發泡)스티로폼(Styrofoam)

경량이라는 특성을 살려서 부표, 함선(Pontoon)의 부체(Float) 및 토목구조물에 쓰이고 있다. 토목재료로 쓰고 있는 것은 EPS블록, 발포(發泡)비드(Bead) 등이 있다. 일반적으로 EPS블록은 토압의 경감, 연약지반상의 성토에 대한 침하대책, 단차방사(段差防砂), 가설도로의 기초 등에 쓰이고 있다. 발포비드는 현지 발생토에 시멘트 등의 고화재와 함께 혼합한 경량재로서 침하나 토압의 경감을 목적으로 뒤채움재 등에 쓰이고 있다.

(2) 항만시설에 일반적으로 쓰이는 방사포, 방사판 및 고무계 매트와 규격은 다음과 같다.

① 방사포(防砂布)

뒤채움층 내로 토사가 침입하는 것을 방지하기 위한 방사포는 뒤채움층의 시공방법, 잔류수위의 크기, 뒤채움사면의 고르기 정도 등의 시공조건을 고려해서 결정한다.

사석마운드 저면에 부설해서 지반토사의 흡출을 방지하기 위하여 쓰이는 방사포는 파고, 조류, 사석의 크기 등의 시공조건을 고려해서 결정한다. 참고 표 (4.7-1~2)에 시공조건이 양호한 경우 부직포와 직포의 최저규격을 나타내었다.

참고 표 (4.7-1) 부직포(不織布) 방사(防砂)시트의 최저규격

종 별	두 겹	인장강도	신 율	질 량	비 고
부직포	4.2mm 이상	880N/5cm 이상	60% 이상	500g/m ² 이상	시험방법 KSK 0860

주 : 두께 4.2mm 이상 규정은 하중 2kN/m²를 재하할때의 두께이고, 재하하지 않는 경우의 두께는 5mm 이상으로 한다.

참고 표 (4.7-2) 직포(織布) 방사시트의 최저규격

종 별	두 겹	인장강도	신 율	비 고
직 포	0.47mm 이상	4,080N/5cm 이상	15% 이상	시험방법 KSK ISO 10319

② 방사판(防砂板)

세굴방지대책 목적으로 사용하는 방사판 및 케이슨 등의 종방향 이음부에 설치하는 방사판(폭 1m정도)은 표준적으로 두께 5mm의 것을 쓰고, 참고 표 (4.7-3)에 나타난 규격이상의 것을 쓴다. 한냉지 등에서는 고무재가 사용되는 예도 있으며 참고 표 (4.7-4)에 나타난 규격이상인 것을 쓴다.

참고 표 (4.7-3) 고무제방사판의 최저규격

시험항목	시험내용		규격치
	방법	인장방향	
인장강도	KS K ISO 10319	-	4,400N/3cm 이상

참고 표 (4.7-4) 방사판의 최저규격(軟質鹽化비닐製)

시험항목	시험내용		규격치
	방법	인장방향	
인장강도	KS K ISO 10319(광폭 스트립법)	횡	14.7N/mm ² , {1.5kgf/cm ² } 이상
인열강도	KS K 0537(트레피 조이드법)	종	25N/mm, {2.5kgf/cm} 이상
신(伸)율	KS K ISO 10319(광폭 스트립법)	횡	180% 이상
내해수 인장강도잔율	JIS K 6773	횡	90% 이상
내해수 신(伸)잔율	JIS K 6773	횡	90% 이상
비 중	KS K ISO 9864	-	1.35±0.05
박리강도	KS K 0533(폭25×250mm)	종	30N/mm ² , {3kgf/cm ² } 이상

③ 고무계 매트

마찰증대용으로 쓰여지는 고무계 매트의 품질은 참고 표 (4.7-5)를 참조할 수 있다.

참고 표 (4.7-5) 재생고무 및 새로운 고무의 품질

시험항목		규격치	시험방법 (KS M 6518)
노 화 전	인장강도 신 율 경 도	15.7 N/mm ² 이상 350% 이상 75이하(눈금)	아령 3호 시편
노 화 후	인장강도 변화율 신장율 변화율 경도 변화	노화전 값의 80% 이상 노화전 값의 80% 이상 노화전 값의 ±8 이내	70℃×96시간
인열강도(KN/m)		58.8 이상	A형 시편
고무 압축 영구 줄임율(%)		30이하	70℃×22시간
오존균열시험		균열 없을것	50pphm, 40℃ 20% 신장, 48시간

4.7.3 노면 표지용 도장재료

노면 표지용 도료는 다음과 같은 재료를 사용하여야 한다.

- (1) 페인트(Paint)
- (2) 용착식 플라스틱 도료(Thermoplastics)
- (3) 상온 경화형 플라스틱 도료(Cold plastics)
- (4) 차선 테이프(Tape)
- (5) 차선도료용 유리알(Glass beads)

[해설]

(1) 페인트(Paint)

유기 용매나 물에 입자를 희석한 유기화합물로서 단일 또는 복수 성분으로 구성되며 롤러, 스프레이 또는 차선도색 장비로 시공하는 도장재료이다.

(2) 용착식 플라스틱 도료(Thermoplastic)

일정 형태의 과립형 또는 분말 형태로 공급되는 무용매 재료로 열을 가하여 녹인 후 손이나 적절한 수동 및 자동식 장비로 시공하여 온도가 저하되면서 도막이 형성된다.

(3) 상온 경화형 플라스틱 도료(Cold plastic)

단일 또는 복수 성분으로 구성되는 차선재료이며 시스템 유형에 따라 여러 성분들이 다양한 비율로 혼합할 수 있으나 현재는 MMA(Methyl Methacrylate)제품이 대부분이다. 수동 및 자동식 장비에 의해서 시공되며 화학 반응에 의해서 도막이 형성된다.

(4) 차선 테이프(Tape)

성형되어 만들어진 테이프형태이며 시공시 접착제를 사용하여 도로에 부착시키는 제품이며 차선, 횡단보도, 문자, 기호 등에 사용된다.

[참고]

차선의 재귀반사성능은 경찰청 노면표시 반사성능 기준을 참고할 수 있다.

참고 표 (4.7-6) 도료형 노면표시 반사성능

(단위 : mcd/(m² · Lux))

조사각	관측각	구 분	최소재귀반사성능			비고
			백색	황색	청색	
88.76° (1.24°)	1.05° (2.29°)	설치시	240	150	80	기준
		재설치 시기	100	70	40	권장
		우천(습윤)시	100	70	40	권장

주) ① 설치시는 노면표시 설치 1주일 후부터 준공시점까지로 본다.

② 재도색 시기는 반사성능의 값이 기준치 이하일 때 재도색 시점으로 본다.

③ 위 기준은 설치기술 및 유리알 생산기술의 개선에 따라 조정할 수 있다.

④ KS M 6880에서 제시하는 성능 이상의 제품 사용을 원칙으로 한다.

⑤ 노면이 젖은 상태에서의 노면표시 반사성능 측정은 EN 1436에서 정한 측정방법에 따른다.

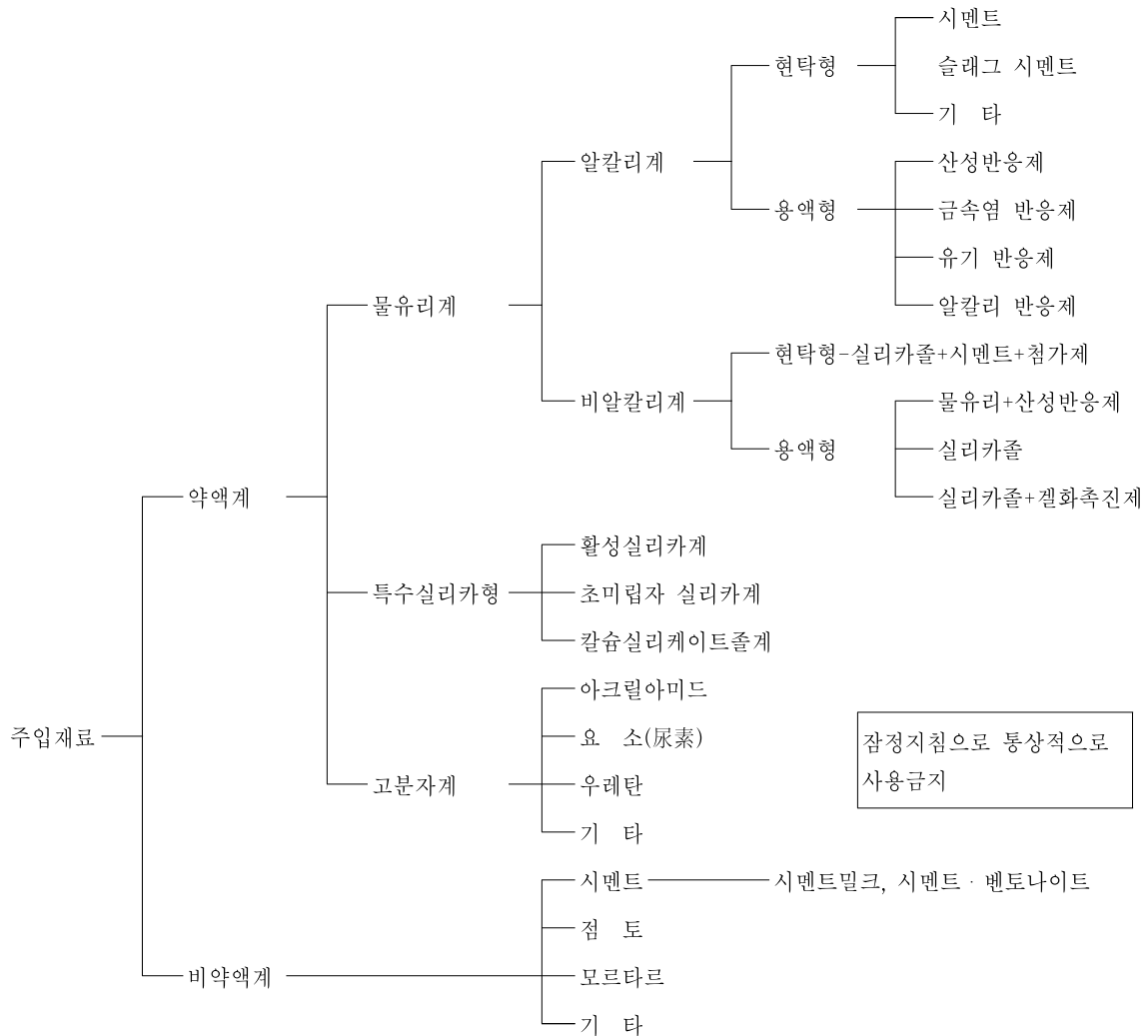
4.7.4 주입재료

4.7.4.1 주입재료 일반

- (1) 주입공법은 시공조건상의 특성에 따라 선정하고 주변 환경에 대해서도 유념하여 실시한다.
- (2) 주입공법이란 암반, 지반, 구조물주변, 구조물내부, 굽은 골재 등의 공극에 재료를 충전하여 지하수의 이동을 저지하거나, 지반의 강화를 도모하는 것으로 주입대상 물의 특성에 따라 각종 주입재료가 쓰여 지고 있다.

[해설]

주입재료는 사용원료를 기준하여 분류하면 다음과 같다.



해설 그림 (4.7-1) 주입재료의 분류

[참 고]

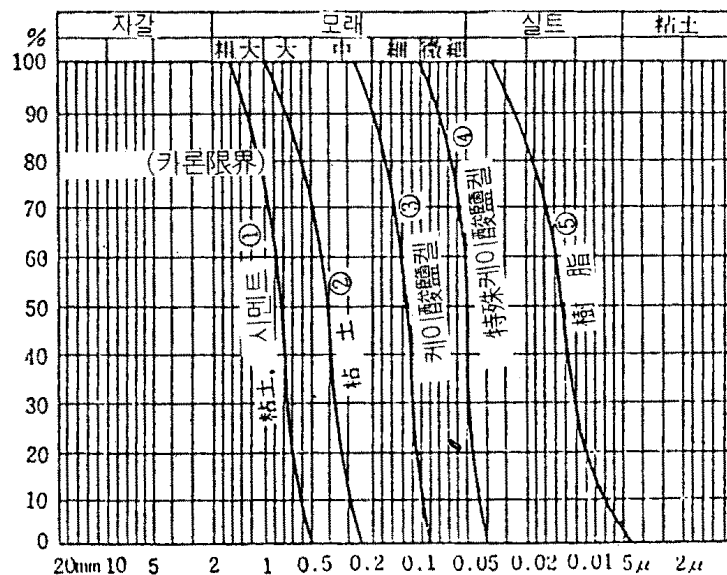
주입제중에는 다소의 독성이 있는 것이 있기 때문에 주입공법을 시행할 경우 지하수 등의 수질관리는 지하수법과 물환경보전법의 규정에 적합한 수질 기준이 되도록 관리한다.

4.7.4.2 주입재료의 성질

- (1) 주입재료는 대상으로 하는 지반조건과 소요성능을 고려해서 선정한다.
- (2) 주입재료에 요구되는 기본적 성질은 침투성(浸透性), 충전고결성(充填固結性), 고결물(固結物)의 강도와 불투수성(不透水性) 등으로 특히 침투성에 의해서 주입 대상지반에 적합한지 여부가 좌우된다.

[해 설]

지반의 토질입도별 각종 주입재료의 침투한계는 해설 그림 (4.7-2)과 같다.



해설 그림 (4.7-2) 지반의 토질입도별 주입재료의 침투한계

[참 고]

- (1) 주요 약액주입재료의 재료 및 특성은 제품에 따라 약간씩 다르기는 하나 각종 제품의 소개 자료에 의하면 참고 표 (4.7-7)에 나타난 바와 같다.

참고 표 (4.7-7) 주입재료의 성질

분류	주요구성물질	비중	점토 CPS	pH	압축강도 $\sigma 7(N/cm^2)$	겔화시간	겔화시간의 조정방식	주입 방식	최적 토질
물 유 리 계	케이산(酸)나트륨(주제(主劑))	1.1	2	6	30~150	수초(數秒)	촉진제 첨가량	일액 또는 이액	자갈, 모래
	경화제(硬化劑)(현탁액형(懸濁液型), 유기계(有機系) 무기계용액형(無機系溶液型))	1.3	10	12		수시간			
시 멘 트 계	촉진제(促進劑)								
	시멘트	2.4	1	>12	100~500	수분(數分)	반응제 첨가량	일액 또는 이액	자갈, 모래
	벤토나이트					시멘트 경화시간			
아 크 릴 아 미 드 계	슬래그	3.2	2						
	시멘트								
	아크릴아미드(주제(主劑))	1.0	1.2	6	20~90	수초(數秒)	촉진제 및 억제제 첨가량	일액 또는 이액	입경 0.01mm
	개시제(開始劑)					수시간			
	촉진제(促進劑)			8					
	억제제(抑制劑)								
	기타 보조제(補助劑)								

(2) 시멘트 모르타르를 주입하는 경우의 시멘트는 미분말일수록 침투성이 향상된다.

4.7.5 매립재료로 쓰이는 폐기물

폐기물을 매립재료로 처분하는 경우는 폐기물의 처리에 관한 법령(폐기물관리법) 및 해양 오염방지에 관한 법령(해양환경관리법)이 정하는 바에 따라야 한다.

[참 고]

폐기물의 처리에 관한 적용 예를 정리하면 참고 표 (4.7-8)과 같다.

참고 표 (4.7-8) 폐기물의 처리에 관한 법률의 적용관계

처분장소		육상	해면매립지		해양투기
처분수단		선박 또는 해양시설이외	선박 또는 해양시설이외	선박 또는 해양시설	선박 또는 해양시설
발생장소	육상	폐기물관리법	폐기물관리법	해양환경관리법	해양환경관리법
	해상	폐기물관리법	폐기물관리법	해양환경관리법	해양환경관리법

주 : 해양시설이란 해역에 설치된 공작물을 말한다.

4.7.6 복합소재

복합소재의 주요 구성재인 강화섬유와 플라스틱 수지는 고강도, 고내구성, 내부식성의 특성이 있는 재료로서 한국산업표준(KS)에 적합하거나 이와 동등 이상의 품질을 갖는 것을 선정하여야 한다.

[해설]

복합소재는 수지, 섬유강화재, 충전재, 첨가제로 구성한다. 복합소재를 구성하는 각각의 재료는 성형공정 및 제작된 구조물의 성능에 중요한 역할을 하게 된다.

[참고]

- (1) 수지 재료는 구성하는 재료를 일체로 성형되도록 하는 접착제의 역할을 하게 되며, 복합소재 구조물에 주로 사용하는 플라스틱 수지는 열경화성 수지로서 이소타입 폴리에스터 수지 또는 동등의 기계적 특성을 가진 제품을 사용하며, 경화된 수지의 기계적 특성은 참고 표 (4.7-9)의 요구조건을 만족해야 한다.

참고 표 (4.7-9) 경화된 수지의 요구조건

특 성	조 건	시 험 방 법
인 장 강 도	55 MPa	KS M 3006
탄 성 계 수	3000 MPa	KS M 3006
신 장 율	2.4%	KS M 3006
온도팽창계수	5.0×10^{-5}	KS M 3015

- (2) 섬유강화재는 재료의 기계적 강도를 발휘하게 하는 역할을 하며, 복합소재 구조물에 주로 사용되는 강화섬유는 E-글래스 유리섬유 로빙 및 다축직조섬유 형태이며, 이 경우 유리섬유의 특성은 참고 표 (4.7-10)의 요구조건을 만족해야 한다.

참고 표 (4.7-10) 유리섬유(E-glass)의 물성치 요구조건

특 성	조 건	시 험 방 법
인 장 강 도	3.5×10^3 MPa	KS L 2513
탄 성 계 수	7.4×10^5 MPa	KS L 2513
신 장 율	3.0%	KS L 2513
온도팽창계수	5.0×10^{-6}	KS L 2513

(3) 각종 충전제와 첨가제는 구조물의 성형성 및 일부 성능을 향상시키는 역할을 한다.

(4) 복합소재 구조물의 재료 설계 시 주요 고려사항은 다음과 같다.

- ① 섬유강화재의 종류
- ② 구조물의 경제성
- ③ 섬유의 함유량
- ④ 제조공정
- ⑤ 섬유의 방향성(0° , 90° , $\pm 45^\circ$ 또는 이들 방향성의 조합)
- ⑥ 구조물의 부피(최적의 제조방법의 결정)
- ⑦ 수지의 종류
- ⑧ 구조물의 사용 환경

[참고문헌]

- 1) 日本港灣協會(2007), 港灣の施設の技術上の基準・同解説

집필위원	분야	성명	소속	직급
(2017년 개정)	총괄	류혁근	(주)삼영기술	부회장
	총괄	안익성	(주)항도엔지니어링	사장
	과랑및과력	이종인	전남대학교	교수
	조석	김태인	(주)지오시스템리서치	부사장
	수역시설	이홍훈	목포해양대학교	교수
	준설및매립	박남홍	(주)도화엔지니어링	전문무
	지반	유남재	강원대학교	교수
	지반	이충호	(주)알지오이엔씨	대표이사
	콘크리트	이재훈	영남대학교	교수
	콘크리트	최정욱	한국콘크리트학회	책임연구원
	방식	배일용	한국화학융합시험연구원	책임연구원
	도장	이창근	도로교통연구원	책임연구원
	외곽시설	고덕형	(주)한국항만기술단	부사장
	표사, 연안보전시설	강윤구	(주)세광종합기술단	기술연구소장
	연안보전시설	박원경	(주)대영엔지니어링	사무
	재료, 콘크리트부재	김광태	(주)항도엔지니어링	부사장
	계류시설	구본수	(주)건화	전문무
	계류시설	이육한	(주)건일	부사장
	부두포장	문성호	서울과학기술대학교	교수
	내진	최재순	서경대학교	교수
	전문및타부두	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)한양케엔이	대표이사

심의위원	분야	성명	소속	직급
(2017년 개정)	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	지삼엽	부경대학교	교수
	항로표지시설	이승재	대기해양(주)	상임고문
	항만하역시설	함성진	(사)인천항시설관리센터	소장
	항만전기설비	김세동	두원공과대학교	교수

집필위원	분야	성명	소속	직급
(2021년 강재편 개정)	총괄	경갑수	한국해양대학교	교수
	항만및해안	김광태	(주)항도엔지니어링	부사장
	항만및해안	류혁근	(주)삼영기술	부회장
	항만및해안	한택희	(주)지오시스템리서치	부사장
	항만및해안	손윤기	목포해양대학교	교수
	간사	강윤구	한국항만협회	팀장
	간사	노태윤	한국항만협회	과장

심의위원	분야	성명	소속	직급
(2021년 강재편 개정)	항만및해안	고덕형	(주)유신	부사장
	항만및해안	이욱한	(주)건일	부사장
	토목시공	김성진	인천항만공사	실장
	토목시공	김영학	(주)한라	상무
	토목구조 (강제관련)	박종섭	상명대학교	교수
	토목구조 (강제관련)	이승용	한국교통대학교	교수
	준설/사석	이영재	부산항만공사	실장
	준설/사석	조충환	(주)세광종합기술단	부사장

집필위원	분야	성명	소속	직급
(2022년 콘크리트편 개정)	콘 크 리 트	이 재 하	한 국 해 양 대 학 교	교 수
	콘 크 리 트	이 종 석	한국건설기술연구원	연 구 위 원
	콘 크 리 트	최 익 창	목 포 해 양 대 학 교	교 수
	콘 크 리 트	최 정 욱	한 국 콘 크 리 트 학 회	책임연구원
	토 목 구 조	나 석 현	(주) 건 일	부 사 장
	항 만 및 해 안	이 화 수	(주) 한국항만기술단	부 사 장
	항만기술기준 전문기관	강 윤 구	한 국 항 만 협 회	팀 장
	항만기술기준 전문기관	지 창 환	한 국 항 만 협 회	부 장
	항만기술기준 전문기관	노 태 윤	한 국 항 만 협 회	차 장

심의위원	분야	성명	소속	직급
(2022년 콘크리트편 개정)	항 만 및 해 안	고 장 희	S K 에 코 플 랜 트 (주)	프 로
	항 만 및 해 안	조 충 현	인 천 항 만 공 사	실 장
	토 목 구 조	원 덕 희	한 라 대 학 교	교 수
	토 목 구 조	한 택 희	한국해양과학기술원	책임연구원
	토 목 시 공	문 성 현	(주) 건 화	이 사
	토 목 시 공	허 정 석	여수광양항만공사	실 장

자료

집필위원	분야	성명	소속	직급
(2023년 순환골재 등 개정)	강 재	경 갑 수	한 국 해 양 대 학 교	교 수
	강 재	심 형 보	인 천 대 학 교	교 수
	순 환 골 재	송 태 협	건 설 기 술 연 구 원	선임연구원
	순 환 골 재	송 훈	부 산 향 만 공 사	실 장
	고 무	박 진 영	한국건설생활환경시험연구원	책임연구원
	향 만 및 해 안	이 화 수	(주) 한국향만기술단	부 사 장
	향만기술기준 전문기관	강 윤 구	한 국 향 만 협 회	팀 장
	향만기술기준 전문기관	김 용 희	한 국 향 만 협 회	차 장
	향만기술기준 전문기관	노 태 윤	한 국 향 만 협 회	차 장
	향만기술기준 전문기관	서 진 성	한 국 향 만 협 회	차 장

심의위원	분야	성명	소속	직급
(2023년 순환골재 등 개정)	공 통	김 남 욱	호 남 대 학 교	교 수
	공 통	이 우 동	경 상 국 립 대 학 교	교 수
	공 통	조 충 현	인 천 향 만 공 사	실 장
	공 통	허 정 석	여수광양향만공사	부 장
	선 박 제 원	김 남 민	티엠지종합엔지니어링(주)	전 무
	재 료	김 형 열	한국건설기술연구원	선임연구위원
	향만전기설비	유 병 철	한국과학기술연구원	전 문 원
	어 향	차 종 호	한 국 어 촌 어 향 공 단	부 장
	조 사	김 일 섭 (해 양)	(주) 세 광 종 합 기 술 단	전 무
	조 사	오 종 민 (측 량)	공간정보산업진흥원	처 장

기술자문위원회	분야	성명	소속	직급
(2017년 개정)	총론	송인철	(주)헤인이엔씨	부사장
	파랑·조석	김규한	가톨릭관동대학교	교수
	파랑·조석	이달수	(주)헤인이엔씨	기술고문
	수역시설· 준설및매립	한명식	(주)유신	부사장
	지반·내진	권오순	한국해양과학기술원	책임연구원
	내진	김동수	한국과학기술원	교수
	크리트· 부두포장	김제인	(주)건일	부사장
	외곽시설	홍근	(주)삼영기술	사장
	표사·연안보전시설	김인호	강원대학교	교수
	계류시설	유병화	(주)대영엔지니어링	부사장
	계류시설	소준영	(주)세일종합기술공사	부사장
	전문맞기타부두	김태유	(주)아산이엔지	부사장
	전문맞기타부두	김홍석	(주)수성엔지니어링	부사장
	방식·도장	송종현	(주)고려안전연구원	회장
	항로표지시설	이승영	인천지방해양수산청	항로표지과장
	항만하역시설	최광학	인천지방해양수산청	항만개발과장
	항만전기설비	이충환	(주)세종기술단	전문

자료

중앙항만정책심의회	분야	성명	소속	직급
(2021년 강재편 개정)	항만개발	김건우	목포해양대학교	교수
	항만개발	오경은	(주)피아건축종합사무소	소장
	항만개발	이종인	전남대학교	교수
	항만시설 기술기준	김규한	가톨릭관동대학교	교수
	항만시설 기술기준	송정화	부산항만공사	부장
	항만시설 기술기준	윤현덕	명지대학교	교수
	항만시설 기술기준	조계춘	한국과학기술원	교수
	항만시설 기술기준	조미라	인덕대학교	교수
	항만시설 기술기준			

중앙항만정책심의회	분야	성명	소속	직급
(2022년 콘크리트편 개정)	의 장	이 수 호	해 양 수 산 부	국 장
	항 만 개 발	이 종 인	전 남 대 학 교	교 수
	항 만 개 발	우 수 한	중 앙 대 학 교	교 수
	항 만 시 설 기 술 기 준	김 영 택	한국건설기술연구원	연 구 위 원
	항 만 시 설 기 술 기 준	김 인 호	강 원 대 학 교	교 수
	항 만 시 설 기 술 기 준	정 민 영	(주) 유 신	부 사 장
	항 만 시 설 기 술 기 준	조 미 라	인 덕 대 학 교	교 수
	항 만 시 설 기 술 기 준	송 정 화	부 산 항 만 공 사	부 장

중앙항만정책심의회	분야	성명	소속	직급
(2023년 순환골재 등 개정)	항 만 개 발	이 종 인	전 남 대 학 교	교 수
	항 만 개 발	우 수 한	중 앙 대 학 교	교 수
	항 만 시 설 기 술 기 준	김 영 택	한국건설기술연구원	연 구 위 원
	항 만 시 설 기 술 기 준	김 인 호	강 원 대 학 교	교 수
	항 만 시 설 기 술 기 준	송 정 화	부 산 항 만 공 사	부 장
	항 만 시 설 기 술 기 준	정 민 영	(주) 유 신	부 사 장
	항 만 시 설 기 술 기 준	조 미 라	인 덕 대 학 교	교 수
	항 만 시 설 기 술 기 준			

해양수산부	성명	소속	직책
	남 재 현	항 만 국	국 장
	전 충 남	항 만 기 술 안 전 과	과 장
	김 동 영	항 만 기 술 안 전 과	시설사무관
	이 지 수	항 만 기 술 안 전 과	시 설 주 사

설계기준
KDS 64 10 20 : 2024

재료

2017년 8월 16일 제정
2021년 12월 29일 개정
2023년 1월 30일 개정
2023년 12월 26일 개정

(관련단체)

한국항만협회

07271 서울시 영등포구 양산로 53(양평동 3가)

월드메르디앙 비즈센터 707호

☎ 02-2165-0091~3 E-mail : kpha@koreaports.or.kr

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

항만기술기준센터

07271 서울시 영등포구 양산로 53, 707호

(양평동 3가, 월드메르디앙비즈센터)

☎ 02-2165-0084~7 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>