

제 3 편 재 료

제 1 장 총 설

1-1 재료의 선정

구조물 및 그 기초공에 사용하는 재료는 작용하는 물리적인 외력과 열화, 외력, 내용년수, 형상, 시공성, 경제성 및 환경에 미치는 영향 등을 고려해서 적절한 재료를 선정한다.

제 3 편

1-2 부재의 안전

구조물 각 부재의 외력에 대한 안전검토는 구조물의 특성 등에 따라 허용응력 설계법 또는 한계상태설계법에 의한다. 단, 철근콘크리트 구조물 부재의 안전검토는 한계상태 설계법에 의하는 것을 표준으로 하되, 국내에 한계상태 설계법을 근간으로 하는 「콘크리트 구조 설계기준」이 제정될 때까지는 현행 「콘크리트 구조설계 기준(한국콘크리트학회, 2004)」에 따르고, 본 설계기준의 한계상태 설계법을 참고할 수 있다.

[해 설]

- (1) 본문의 단서 규정은 우리나라의 현행 「콘크리트 구조 설계 기준(한국콘크리트학회, 2004)」이 極限 強度 設計法을 근간으로 제정된 것이어서 「한계상태 설계법」과 차이가 있기 때문에, 국내에 한계상태 설계법을 근간으로하는 「콘크리트 구조설계 기준」이 제정될 때까지는 현재 기준으로 하고 있는 「콘크리트 구조설계 기준」을 따르고, 한계상태 설계법에 준거하여 기술된 본 설계기준을 참고할 수 있도록 한 것이다.
- (2) 강구조의 설계시에는 본 기준과 함께 「도로교설계기준(한국도로교통협회, 2005)」의 “강교편”을 기준할 수 있다.

제 2 장 강 재

2-1 사용 강재

강재는 한국산업규격(KS)에 적합하거나 이와 동등이상의 품질을 갖는 것으로 한다.

[해 설]

외국제품으로 KS에 상당하는 품질을 갖고 있는 것과 아직 KS로서 규격화되지는 않았으나, 이와 비슷한 품질을 갖고 있는 것에 대해서는 이들을 사용할 수 있다.

[참 고]

- (1) KS에 적합한 강재중 항만시설에 비교적 많이 사용되고 있는 것은 표참(2-1) 및 표참(2-2)에 정리하였다. 각각의 KS에는 더 많은 종류의 강종에 대한 규정이 있으므로 참고할 수 있다.

표참(2-1) 강재의 품질규격

강재의 종류	규 격		기 호	종 류
구조용강재	KSD3503	일반구조용 압연강재	SS400	봉강, 형강, 강판, 평강, 강대
	KSD3515	용접구조용 압연강재	SM400, SM490, SM490Y SWS520, SWS570	형강, 강판, 강대, 평강
	KSD3529	용접구조용 내후성 열간 압연강재	SMA400, SMA490, SMA570	형강, 강판
강 관	KSD3566	일반구조용 탄소강관	STK400, STK490	
강 말 뚝	KSF4602	강관말뚝	STK400, STK490	
	KSF4603	H형강 말뚝	SHK400, SHK490	
널 말 뚝	KSF4604	열간 압연 강널말뚝	SY30, SY40	U형, Z형, 직선형, H형
	KSF4605	강관 시트 파열	SKY400, SKY490	
주단조품	KSD3710	탄소강 단강품	SF490A, SF540A	계선주, 체인 등
	KSD4101	탄소강 주강품	SC450	
	KSD3752	기계구조용 탄소강재	SM30C, SM35C, SM45C	
	KSD4301	회 주철품	GC150, GC250	
용 접 봉	KSD7004	연강용 피복아크용접봉		SS400, SM400, SMA00용
	KSD7006	고장력강용 피복아크용접봉		SM490, SM490Y, SM520, SMA490용
	KSD7025	연강 및 고장력강용 마그 용접 솔리드와이어		YGW
	KSD7106	내후성강용 탄산가스 아크용접 솔리드와이어		YGA
접합용강재	KSD3557	리벳용 원형강	SV330, SV400	
선 재	KSD3509	피아노선재	PWR	피아노선, PC강선, PC강 열선, 와이어로프
	KSD3559	경강선재	HSWR	경강선, PC경강선, 와이어로프, 아연도강연선
	KSD7002	PC강선 및 PC강연선	SWPC, SWPD	
봉 강	KSD3504	철근콘크리트용 봉강	SR24, SR30, SD30A, SD30B, SD35, SD45, SBCR24	
	KSD3527	철근콘크리트용 재생봉강	SBCR30, SBCR24D, SBCR30D	
	KSD3505	PC강봉	SBPR 785/930, 785/1030, 930/1080, 930/1180	

주) 1) 강재의 기호는 SM400의 경우 KS에는 SM400A, SM400B, SM400C의 3종류가 있으나 이 표에서는 숫자의 뒷 기호를 생략하고 표시하였다.

2) 기계구조용 탄소강재는 KSD3752에 규정된 재질 SM30C, SM35C, SM45C를 열처리하여 고르고, KSD3752의 참고표에 나타나 있는 기계적 성질을 만족하는 재료로 하였다.

표참(2-2) 강재의 형상규격

강 재 의 종 류		규 격	사 용 강 재
구조용강재	열간압연 봉강 및 코일봉강의 모양·치수 및 무게와 그 허용차	KSD3051	SS400
	열간압연 형강의 모양·치수 및 무게와 그 허용차	KSD3502	SS400, SM400, SM490 SM490Y, SM520, SM570 SMA400, SMA490, SMA570
	열간압연 강판 강대의 모양·치수·무게 및 그 허용차	KSD3500	SS400, SM400, SM490 SM490Y, SM520, SM570 SMA400, SMA490
	열간압연 평강의 모양·치수 및 무게와 그 허용차	KSD3052	SS400, SS490, SWS400, SM490, SM520
강말뚝	강관말뚝	KSF4602	SPS400, SPS490
	H형강 말뚝	KSF4603	SHK400, SHK400M SHK490M
널말뚝	열간압연 강널말뚝	KSF4604	SY30, SY40
	강관 시트 파일	KSF4605	SKY400, SKY490
접합용강재	열간 성형 리벳	KSB1102	SV330, SY400
	6각볼트	KSB1002	
	6각너트	KSB1012	
철근콘크리트	철근콘크리트용 봉강	KSD3504	SR24, SR30, SD30A, SD30B, SD35, SD40
	철근콘크리트용 재생봉강	KSD3527	SBCR24, SBCR30, SBCR24D, SBCR30D
프리스트레스트콘크리트	PC강선 및 PC강연선	KSD7002	SWPD, SWPC
	PC강봉	KSD3505	SBPR
계류제	와이어로프	KSD3514	HSWR, PWR
	플래시버트 용접앵커체인	KSV3313	
철망	용접철망	KSD7017	

- (2) 일반적으로 고장력강이란 인장강도 $490\text{N}/\text{mm}^2$ 이상의 구조용 강재를 말한다. 고장력강은 고강도로 되어 있는 만큼 항복비가 크게(인장강도에 대한 항복점강도의 비율이 크게 됨) 된다는 중요한 성질을 가지므로 뒤에 설명하는 허용응력을 정할 때의 안전율에 영향을 미치게 된다. 즉, 허용응력설계법에서의 안전율은 항복 점을 기준으로 하고 있으므로 고장력강에 대한 안전율을 SS400의 안전율과 같다고 할 경우 극한강도에 대한 안전성의 여유가 고장력화된 강재만큼 저하하는 것이 된다.
- (3) 내후성 강재는 해상부분의 해염(海鹽)입자에 대한 내식성이 우수하고, 종류로는 무도장용 W종과 도장용 P종이 있다.
- (4) 일반 구조용 압연강재, 용접구조용 압연강재 및 용접구조용 내후성 열연압연강재를 사용할 경우에는 「도로교설계기준」에 나타난 바와 같이 도참(2-1)에서 판두께를 선정하는 것이 좋다. 판두께가 8mm미만인 강재를 사용하는 경우에는 「도로교설계기준」에 준한다. 일반적으로 판두께가 두꺼워지면 용접부분의 취성화

경향이 현저해 지므로 이런 점을 고려하여 판두께가 두꺼워짐에 따라 인성이 좋고 균질인 것을 사용하여 안전도가 저하되지 않도록 사용하는 강종별 판두께의 상한치를 정하고 있다. 최근 제작기술의 진보와 더불어 판두께 50mm 이상의 강재도 사용되고 있으며, 제작·시공의 합리화 측면에서 적용 판두께 범위의 확대가 요구된다. 이런 상황에 맞추어 용접구조용 압연강재의 C재와 SM570에 대해서는 적용 판두께를 100mm까지 확대하기로 하였다. 또한 SS400을 비용접용으로 사용할 경우의 판두께에 대해서도 적용 판두께를 100mm까지 확대하기로 한다.

판두께(mm)									
강 종		6	8	16	25	32	40	50	100
일반 구조 용강	SS400	.....							●
용 접 구 조 용 강	SM400A	.....				●			
	SM400B	.....					●		
	SM400C	.....							●
	SM490A	.....			●				
	SM490B	.....					●		
	SM490C	.....							●
	SM490C-TMC	.....							●
	SM490YA	.....	●						
	SM490YB	.....					●		
	SM520B	.....					●		
	SM520C	.....							●
	SM520C-TMC	.....							●
	SM570	.....							●
	SM570-TMC	.....							●
	SMA400A	.....			●				
	SMA400B	.....					●		
	SMA400C	.....							●
	SMA490A	.....	●						
	SMA490B	.....					●		
	SMA490C	.....							●
	SMA570	.....							●

주) : 1. 판두께 40mm를 초과하는 강재에 대해서는 허용응력 감소를 고려해야 한다.

2. 판두께 25mm로부터 32mm사이의 SM490YB는 특히 진정강괴(killed steel)로 제조되어야 한다.

도참(2-1) 강종별 판두께 선정기준

- (5) 최근 시판되고 있는 유효폭 600mm의 광폭 강널말뚝은 종전에 400mm였던 유효폭을 600mm로 확대한 것이기 때문에 시공연장당 강널말뚝의 소요매수는 종전의 2/3가 된다.

- (6) PC강선 및 PC강연선의 강도규격은 KS D 7002에 규정되어 있는 것이고, 강재의 화학성분에 관한 규정은 KS D 3509에 규정되어 있다.
- (7) 格点구조와 같이 용접부가 많은 구조물에는 강재의 화학성분과 용접성에 주의하여야 한다. 일반적으로 용접을 하는 강재로는 용접구조용 압연강재(KS D 3515) 및 용접구조용 내후성 열간압연강재(KS D 3529)가 쓰여지며, 일반구조용 압연강재(KS D 3503)의 SS400은 용접을 하지 않는 부재에 한정하는 것이 바람직하다.

2-2 설계계산에 쓰이는 강재의 선정

강 및 주강의 정수는 강도특성 등을 고려하여 적절히 정한다.

[참 고]

일반적인 강 및 강재 정수의 참고치는 표참(2-3)에 나타난 바와 같다. 철근콘크리트 및 프리스트레스트 콘크리트에 쓰이는 강재의 정수에 대해서는 「콘크리트 구조 설계기준」의 값을 준용한다.

표참(2-3) 강재의 정수

탄 성 계 수	E	$2.0 \times 10^5 N/mm^2$, $\{2.0 \times 10^6 kg/cm^2\}$
전단탄성계수	G	$7.7 \times 10^4 N/mm^2$, $\{7.9 \times 10^5 kg/cm^2\}$
포 아 슨 비	ν	0.30
선 팽 창 계 수	α	$12 \times 10^{-6} l/^{\circ}C$

2-3 강재의 허용응력

2-3-1 일 반

강재의 허용응력은 강재의 종류에 따라서 「본편 2-3-2 구조용강재, 2-3-3 강말뚝 및 강관널말뚝」 및 「본편 2-3-4 강널말뚝」에 나타난 수치로 하는 것을 표준으로 한다.

[해 설]

강재의 허용응력은 「본편 2-3-2 구조용강재」 ~ 「본편 2-3-7 허용응력의 할증」에 있는 값을 쓰는 것을 원칙으로 하고 있으나, 구조물을 특수한 지점에 건설하는 경우와 「본편 2-3-2 구조용강재」 ~ 「본편 2-3-7 허용응력의 할증」에 명기하지 않은 강재를 사용할 때에는 다음 사항에 유의해서 허용응력을 정할 필요가 있다.

- (1) 계산이론과 실제구조가 보이는 거동의 상위
- (2) 구조물 시공시와 완성후의 외력조건의 상위
- (3) 피로, 腐蝕에 의한 재료의 경년(經年)변화

- (4) 설계외력과 실제외력의 상위
- (5) 파괴시의 양상(樣相)
- (6) 구조물의 중요도
- (7) 유지, 수선, 보수의 난이성
- (8) 예측할 수 없는 외력에 대한 안전도

2-3-2 구조용 강재

구조용 강재의 허용응력은 재질 및 응력의 종류에 따라 표(2-1)의 값을 표준으로 한다.

표(2-1) 구조용 강재의 허용응력

단위 : N/mm², {kg/cm²}

강 종		SS400 SM400 SMA400	SM490	SM490 SM520 SMA490	SM570 SMA570
응력의 종류					
축방향인장응력(순단면적에 대하여)		140 {1,400}	185 {1,850}	210 {2,100}	255 {2,550}
축방향압축응력(총단면적에 대하여)		140 {1,400}	185 {1,850}	210 {2,100}	255 {2,550}
휨인장응력(순단면적에 대하여)		140 {1,400}	185 {1,850}	210 {2,100}	255 {2,550}
휨압축응력(총단면적에 대하여)		140 {1,400}	185 {1,850}	210 {2,100}	255 {2,550}
전단응력(총단면적에 대하여)		80 {800}	105 {1,050}	120 {1,200}	145 {1,450}
지압응력	(강판과 강관)	210 {2,100}	280 {2,800}	315 {3,150}	380 {3,800}
	헬츠공식으로 산출한 경우	600 {6,000}	700 {7,000}	-	-

[참 고]

- (1) 표(2-1)의 값은 판두께가 40mm이하인 구조용 강재의 허용응력이다. 판두께가 40mm를 초과하는 구조용강재의 허용응력은 「도로교 설계기준(2000)」의 규정에 준한다.
- (2) 각종 강재의 압축 및 인장응력의 허용치는 위에 기술한 표참(2-4)과 같이 KS에 규정된 항복점강도의 대략 60%정도로 한 것이다.
- (3) 구조용 강재는 좌굴이 생기는 위험성이 적은 개소에 사용하는 경우가 대부분이기 때문에 허용응력은 좌굴을 고려하지 않는 값으로 표(2-1)과 같이 정한 것이다. 좌굴을 고려하는 경우의 축방향 압축응력과 휨압축응력의 허용응력에 대해서는 국부좌굴을 고려하지 않는 허용응력과 국부좌굴에 대한 허용응력의 검토 모두 「도로교 설계기준」를 준용할 수 있다.
- (4) 허용지압응력은 강재와 강재의 접촉기구가 평면과 평면(평면에 가까운 원통면과 국부적 평면 포함) 또는 球面 (또는 원통면)과 평면이 미소한 부분에서 접촉하는 것으로 나누어 볼 수 있다. 앞의 것에 대하여는 허용인장응력의 50%를 할증한 허용지압응력으로 하였고, 뒤의 것에 대하여는 일반적으로 「헬츠이론에 의한 지압」이라 부르는 것으로 그 산정방법에 대해서는 「도로교 설계기준」을 참조하면 된다.

2-3-3 강말뚝 및 강관널말뚝

강말뚝 및 강관널말뚝의 허용응력은 표(2-2~3)와 같다.

표(2-2) 강말뚝 및 강관널말뚝의 허용응력

(단위 : N/mm², {kg/cm²})

응력의 종류 \ 강 종	STK400, SHK400, SHK400M, SKY400	STK490, SHK490M, SKY490
축방향인장응력(순단면적에 대하여)	140 {1,400}	185 {1,850}
축방향압축응력(충단면적에 대하여)	$\frac{\ell}{r} \leq 18, 140 \{1,400\}$ $18 < \frac{\ell}{r} \leq 92$ $140 - 0.82 \left(\frac{\ell}{r} - 18 \right)$ $\frac{\ell}{r} > 92, \frac{1,200,000}{6,700 + (\ell/r)^2}$	$\frac{\ell}{r} \leq 16, 185 \{1,850\}$ $16 < \frac{\ell}{r} \leq 79$ $185 - 1.2 \left(\frac{\ell}{r} - 16 \right)$ $\frac{\ell}{r} > 79, \frac{1,200,000}{5,000 + (\ell/r)^2}$
휨인장응력(순단면적에 대하여)	140 {1,400}	185 {1,850}
휨압축응력(충단면적에 대하여)	140 {1,400}	185 {1,850}

표(2-3) 강말뚝 및 강관널말뚝의 허용응력

응력의 종류 \ 강 종	STK400, SHK400, SHK400M, SKY400	STK490, SHK490M
축방향과 휨모멘트를 받는 동시에 부재	① 축방향력이 인장인 경우 $\sigma_t + \sigma_{bt} \leq \sigma_{ta}$ 또는 $-\sigma_t + \sigma_{bc} \leq \sigma_{ba}$ ② 축방향력이 압축인 경우 $\frac{\sigma_c}{\sigma_{ca}} + \frac{\sigma_{bc}}{\sigma_{ba}} \leq 1.0$	
진단응력(충단면적에 대하여)	80(800)	105(1,050)

표(2-2)에 있어서 각 기호가 뜻하는 바는 다음과 같다.

ℓ : 부재의 유효좌굴장(cm)

r : 부재충단면의 단면 2차반경(cm)

σ_t, σ_c : 단면에 작용하는 축방향 인장력에 의한 인장응력 및 축방향 압축력에 의한 압축응력(N/mm²)

σ_{bt}, σ_{bc} : 단면에 작용하는 휨모멘트에 의한 최대인장응력 및 최대 압축응력(N/mm²)

σ_{ta}, σ_{ca} : 허용인장응력 및 弱軸에 대한 허용축방향 압축응력(N/mm²)

σ_{ba} : 허용휨 압축응력(N/mm²)

[참 고]

- (1) 강말뚝 및 강관널말뚝의 허용응력은 「도로교 설계기준」을 참고로 정한 것이다. 축방향 압축응력, 축방향력 및 휨모멘트를 동시에 받는 부재에서 축방향력이 압축인 경우에 대한 허용응력은 전체좌굴에 대한 값이다. 국부좌굴에 대한 검증이 필요한 경우에는 「도로교 설계기준」을 참고하여 허용응력을 정해도 좋다.
- (2) 잔교식 구조물 등에 있어서 부재의 유효좌굴장은 가상지표면상의 부재길이를 말한다. 가상지표면에 대해서는 「제8편 8-1-4[2] 가상지표면」을 참조하면 된다.
- (3) 축방향력과 전단력을 함께 고려할 필요가 있을 때에는 「도로교 설계기준」참고로 해서 정해도 좋다.

2-3-4 강널말뚝

강널말뚝의 허용응력은 재질 및 응력의 종류에 따라 표(2-4)의 값을 쓰는 것을 표준으로 한다.			
표(2-4) 강널말뚝의 허용응력			
(단위 : N/mm ² , {kg/cm ² })			
응력의 종류 \ 강 종	SY30	SY40	
휨인장응력(순단면적에 대하여)	180 {1,800}	235 {2,350}	
휨압축응력(총단면적에 대하여)	180 {1,800}	235 {2,350}	
전단응력(총단면적에 대하여)	100 {1,000}	125 {1,250}	

[참 고]

강널말뚝의 허용응력은 다른 강재의 항복점 강도와 허용응력을 참고로 정한 것이다.(표참(2-4) 참조)

표참(2-4) 강널말뚝과 구조용 강재의 허용응력 등의 비교

鋼 種	보정항복점 강도 (N/mm ² {kg/cm ² })	인장강도 하한치 (N/mm ² {kg/cm ² })	허용휨응력 (N/mm ² {kg/cm ² })	허용전단응력 (N/mm ² {kg/cm ² })	항복비 ①÷② (%)	휨응력비 ③÷① (%)	전단응력비 ④÷① (%)
SS400, SM400, SMA400 (16mm<t≤40mm)	235 {2,350}	400 {4,000}	140 {1,400}	80 {800}	59	60	34
SM490 (16mm<t≤40mm)	315 {3,150}	490 {4,900}	185 {1,850}	105 {1,050}	64	59	33
SM490Y, SMA50 (16mm<t≤40mm)	355 {3,550}	490 {4,900}	210 {2,100}	120 {1,200}	72	59	34
SM520 (16mm<t≤40mm)	355 {3,550}	520 {5,200}	210 {2,100}	120 {1,200}	68	59	34
SM570, SMA58 (16mm<t≤40mm)	450 {4,500}	570 {5,700}	255 {2,550}	145 {1,450}	79	57	32
SY30	295 {2,950}	490 {4,900}	180 {1,800}	100 {1,000}	60	61	34
SY40	390 {3,900}	540 {5,400}	235 {2,350}	125 {1,250}	72	60	32

2-3-5 주단조품(鑄鍛造品)

주단조품의 허용응력은 재질 및 응력의 종류에 따라 적절히 설정한다.

[참 고]

- (1) 주단조품이 허용응력 참고치는 표참(2-5)에 보이는 바와 같다.

표참(2-5) 주단조품의 허용응력

(단위 : N/mm², {kg/cm²})

응력의 종류	철강재의 종류		단 강		주강	기계구조용 강재		주 철	
	SF490A	SF540A	SC450	SC450	SC450	SM30C	SM35C	GC150	GC250
축방향인장응력(순단면적에 대하여)	140 {1,400}	170 {1,700}	140 {1,400}	170 {1,700}	140 {1,400}	170 {1,700}	190 {1,900}	40	60
축방향압축응력(총단면적에 대하여)	140 {1,400}	170 {1,700}	140 {1,400}	170 {1,700}	140 {1,400}	170 {1,700}	190 {1,900}	80	120
휨인장응력(순단면적에 대하여)	140 {1,400}	170 {1,700}	140 {1,400}	170 {1,700}	140 {1,400}	170 {1,700}	190 {1,900}	40	60
휨인장응력(총단면적에 대하여)	140 {1,400}	170 {1,700}	140 {1,400}	170 {1,700}	140 {1,400}	170 {1,700}	190 {1,900}	80	120
전단축방향인장응력(총단면적에 대하여)	80 {800}	100 {1,000}	80 {800}	100 {1,000}	80 {800}	100 {1,000}	110 {1,100}	30	50
지압응력(헬즈공식으로 계산할 경우)	600 {6,000}	700 {7,000}	600 {6,000}	700 {7,000}	600 {6,000}	670 {6,700}	720 {7,200}	450	650

- (2) 표참(2-5)의 주단조품의 허용응력은 좌굴을 고려하지 않는 경우의 값이다.
- (3) SF490A 및 SC450의 인장강도는 각각 490N/mm² 및 450N/mm²이고, SS400의 인장강도는 400N/mm²보다 크다. 그러나 주단조품은 재료의 불균질성도 있고, 또 검사도 곤란한 점이 있으므로 SF490A 및 SC450의 축방향응력, 휨응력 및 전단응력을 SS400에 준하는 것으로 하였다.
- (4) 헬즈공식으로 계산하는 경우의 허용지압응력 산출방법은 「도로교 설계기준」에 준한다.

2-3-6 용접부 및 접합용 강재의 허용응력

용접부 및 접합용강재의 허용응력은 재질 및 용접의 종류에 따라 적절히 설정한다.

[참 고]

- (1) 용접부의 허용응력 참고치는 표참(2-6)과 같다. 강도가 다른 강재를 접합할 때에는 강도가 작은쪽 강재의 값을 취한다.

표참(2-6) 접합부의 허용응력

(단위 : N/mm², {kg/cm²})

응접의 종류		강 종	SM400, SMA400	SM490	SM490Y, SM520, SMA490	SM570 SMA570
		응력의 종류				
공장용접	전단면용입 홈용접	압축응력	140 {1,400}	185 {1,850}	210 {2,100}	255 {2,550}
		인장응력	140 {1,400}	185 {1,850}	210 {2,100}	255 {2,550}
		전단응력	80 {800}	105 {1,050}	120 {1,200}	145 {1,450}
	필렛용접, 부분용입 홈용접	전단응력	80 {800}	105 {1,050}	120 {1,200}	145 {1,450}
현장용접		① 원칙적으로 공장용접과 같은 값으로 한다. ② 강관말뚝, 강관널말뚝은 공장용접의 90%로 한다.				

- (2) 현장용접의 경우 근년 들어 용접기술이 향상되고 현장에서의 시공관리 및 품질관리가 충실히 되고 있는 점을 고려하여 원칙적으로 「도로교 설계기준」에서 규정하고 있는 공장용접과 같은 관리를 한다는 전제로 현장용접의 허용응력을 공장용접과 같은 값으로 하였다. 다만, 강관말뚝과 강관널말뚝의 경우 용접하기에 양호한 환경조건을 확보하기가 곤란한 개소에서는 현장용접의 허용응력을 공장용접의 90%로 하였다.
- (3) 앵커볼트 및 핀의 허용응력 참고치는 표참(2-7)과 같다.

표참(2-7) 앵커볼트 및 핀의 허용응력

(단위 : N/mm², {kg/cm²})

종 류	강 종	SS400	SM35C
	응력의 종류		
앵커볼트	전단응력	60 {600}	80 {800}
핀	휨응력	190 {1,900}	260 {2,600}
	전단응력	100 {1,000}	140 {1,400}
	지압응력	210 {2,100}	280 {2,800}

- (4) 앵커볼트 및 핀의 허용인장응력은 구조형식을 고려해서 적절히 정한다.
- (5) 여기서 규정한 앵커볼트의 허용응력은 콘크리트 중에 埋込된 상태로 사용한다는 것을 전제로 한 것이다. 앵커볼트는 일반적으로 시공이 불확실하기 쉽고, 앵커볼트가 매입되어 있는 콘크리트와 강도적인 면에서 평형을 이루어야 할 필요가 있는 점 등으로 보아 안전성을 고려하여 허용응력을 낮게 제한하였다.
- (6) 핀은 판과 형강과 같이 볼트구멍을 두지도 않고, 절개부를 만드는 일도 없으므로 응력집중을 우려할 필요가 없다. 이와 같은 점을 고려해서 허용전단응력을 표참(2-4) 및 표참(2-5)의 허용전단응력보다 크게 정하였다.
- (7) 마무리 볼트의 허용응력 참고치는 표참(2-8)에 보이는 바와 같다.

표참(2-8) 마무리 볼트의 허용응력

(단위 : N/mm², {kg/cm²})

응력의 종류 \ KSB0233에 의한 강도구분	4.6	8.8	10.9
인장응력	140 {1,400}	360 {3,600}	470 {4,700}
전단응력	90 {900}	200 {2,000}	270 {2,700}
지압응력	210 {2,100}	540 {5,400}	700 {7,000}

- (8) 마무리볼트의 값은 KS B 1002에 규정된 6각볼트의 허용응력을 정한 것이고, 6각볼트의 기계적 성질은 KS B 0233 「강재볼트·작은나사의 기계적 성질」에 강도별 제품의 기계적 성질이 규정되어 있고, 이중 강도구분 4.6, 8.8, 10.9에 대한 값을 표참(2-8)에 마무리 볼트의 허용응력으로 정한 것이다.
- (9) 고장력 볼트의 허용력과 허용응력은 「도로교설계기준」에 준한다.

2-3-7 허용응력의 할증

허용응력설계법에 의하여 부재의 안전검토를 행하는 경우 여러 종류의 외력 및 하중 등의 조합을 고려할 때에는 표(2-5)에 따라서 허용응력을 할증시킬 수 있다.

표(2-5) 강재의 허용응력 할증계수

하중 및 외력의 조합	할 증 계 수
온도변화를 고려하였을 때	1.15
지진의 영향을 고려하였을 때	1.50

[참 고]

- (1) 구조물의 안전을 유지하기 위해서는 想定하는 외력의 가정, 설계계산법의 오차, 사용재료의 선정, 제작, 시공, 보수 등에 포함되는 불확정 요소 등을 고려해서 설계할 필요가 있다. 이들의 모든 조건을 확률적으로 평가해서 설계법에 도입하는 것은 곤란하나 표(2-5)의 할증계수는 하중 및 외력이 생길 가능성 및 작용시 구조물의 응답특성 등을 고려하여 정한 것이다.
- (2) 특별한 외력을 상정할 때에는 표(2-5) 이외의 할증계수를 써도 좋다. 특별한 경우란 예를 들면 충돌하중 등이다. 이때에는 일반적으로는 방충시설을 설치하는 예가 많으나 방충시설 없이 직접 충돌하중을 고려할 때에는 할증계수를 1.70로 하는 수도 있다.

2-4 방 식

2-4-1 일 반

해양 강구조물은 가혹한 부식 환경 하에 놓여 있으므로 반드시 방식을 검토해야 한다.
특히 평균 간조면의 바로 아래 부분은 극심한 국부부식이 발생하게 되므로 적절한 조치를 강구해야 한다.

〔해 설〕

- (1) 강재는 주위 환경과 반응함으로써 부식하게 된다. 강재의 부식환경은 다양하기 때문에, 항만 강구조물이 설치되는 해양이나 담수 토양 등 pH 가 거의 중성으로 간주되는 환경에서는 물과 산소가 중요한 역할을 한다. 강재를 중성 수용액에 담그면 표면에서는 양극반응(Anodic Reaction)과 음극반응(Cathodic Reaction)에 의한 무수한 부식전지가 형성된다. 부식전지의 양극(Anode)과 음극(Cathode)에서는 식(해2-1), 식(해2-2)와 같은 반응이 동시에 그리고 같은 속도로 진행된다.

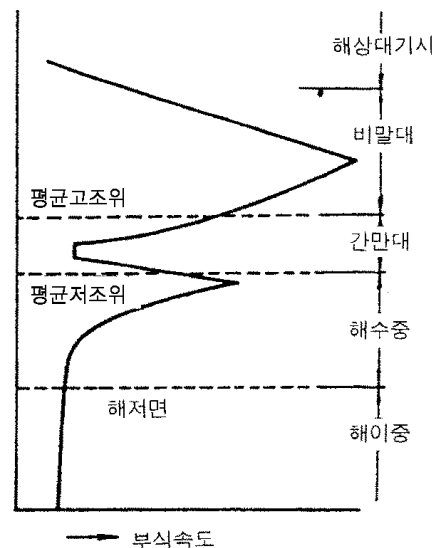


식(해2-1)은 강재가 산화(용해)되는 과정으로서 부식의 양극반응이며 식(해2-2)는 산소의 환원반응으로서 부식의 음극반응이라 한다. 따라서 전체적인 강재의 부식반응은 식(해2-3)으로 표시할 수 있다.



식(해2-3)의 $\text{Fe}(\text{OH})_2$ 는 강재표면에 생성되며 다시 산화반응과 탈수반응을 거쳐 수산화산화철(FeOOH , Fe_2O_3 , Fe_3O_4) 즉 다양한 형태의 녹이 발생하게 된다.

- (2) 해수 중에 설치된 강재의 수심방향 부식분포는 일반적으로 도해(2-1)과 같다. 즉 해수가 비산하는 비말대는 특히 부식이 심하고, 그 중에서도 평균고조위(H.W.O.M.T) 바로 윗부분에서 부식속도가 최대가 된다. 한편, 도해(2-1)의 수중부에서는 간만대 바로 아랫부분에서 부식속도가 가장 빠르다. 이 부분의 부식속도는 긴 강재의 환경조건, 단면형상 등에 따라 크게 다르다. 일반적으로 청정해수 중의 강널말뚝 구조물이나 강관말뚝 구조물에서는 평균저조위(L.W.O.M.T) 바로 아랫부분의 부식속도가 해중부의 부식속도와 큰 차가 없는 경우가 많으나, 구조물의 환경에 따라서는 평균저조위(L.W.O.M.T) 바로 아랫부분의 부식속도가 해수부의 값보다 커지며, 심한 경우에 비말대를 상회하는 경우도 있으므로 주의가 필요하다. 이런 심한 국부부식을 집중부식이라 한다.



도해(2-1) 강재의 부식속도분포

〔참 고〕

방식에 대하여는 전반적으로 일본의 「항만구조물방식·보수매뉴얼(연안개발기술연구센터)」을 참고할 수 있다.

2-4-2 강재의 부식속도

강재의 부식속도는 부식환경 조건에 따라 상이하므로 해당시설이 설치된 환경조건을 고려하여 적절히 결정한다.

[해 설]

항만시설에 적용하는 강재의 부식속도는 당해해역의 기상조건, 해수의 염분농도 및 오염정도, 하천수의 유입 유무 등 해당해역의 환경조건에 따라 크게 영향을 받기 때문에 그 부근의 과거사례나 유사한 조건에서의 조사결과를 참고하여 결정하는 것이 바람직하다.

[참 고]

(1) 강재의 부식속도는 일반적으로는 시설 강구조물의 조사결과 등을 기초로 하여 정리한 표참(2-9)을 표준으로 한다. 그러나 표참(2-9)는 평균이며 강재의 사용조건에 따라 이 수치를 상회하는 경우도 있으므로 강재의 부식속도를 결정할 때는 되도록 유사한 조건하에 있는 부식조사 결과를 참조하는 것이 바람직하다. 또한, 표참(2-9)의 값을 사용하는 경우가 수치는 한쪽면의 부식속도이므로 강재 양면이 모두 부식환경에 노출되어 있는 경우 양면의 수치를 합해서 사용한다.

표참(2-9) 강재의 부식속도의 표준치

부식환경		부식속도(mm/년)
해 측	H.W.L. 이상	0.3
	H.W.L~L.W.L(-)1.0m까지	0.1~0.3
	L.W.L(-)1m~해저부까지	0.1~0.2
	해저 니층중	0.03
육 측	육상 대기중	0.1
	土中(잔류수위이상)	0.03
	土中(잔류수위이하)	0.02

- (2) 표참(2-9)의 H.W.L. 이상의 수치는 H.W.L. 직상부의 부식속도이다. 또 H.W.L.에서 해중부까지의 부식속도는 수역 및 수심에 따라 변한다는 것이 부식실태조사에 의해 명확히 밝혀진 바, 해당 수역의 부식실태를 토대로 결정하는 것이 바람직하다.
- 표참(2-9)는 참고수치로서 변화폭을 고려하여 표시하였다. 수심방향에 대하여는 환경조건이 다른 간만부와 해중부를 구분해서 생각하는 것이 바람직하며 이 경우 경계는, L.W.L(-)1.0m정도가 적절하다.
- 집중부식의 부식속도는 표참(2-9)의 값을 크게 상회하므로 이 표 값에 적용되지 않는다.
- (3) 강관말뚝의 내측과 같이 밀폐된 공간에는 산소의 공급이 차단되므로 부식을 고려하지 않아도 지장이 없다.
- (4) 모래에 의한 침식(Sand Erosion)은 강재면에 발생한 녹 층이 모래에 의해 제거되어 나강재면이 노출됨으로써 부식속도가 증가하는 현상이다. 방사제에 강널말뚝을 사용한 경우, 모래침식에 의해 모래면 직상부의 평균부식속도가 1.25~2.39mm/년 정도까지 이른 예도 있다. 그리고 모래표면의 상하변동이 적을 때에는 모래면 직상부에 마모개소가 집중되기 때문에, 이 값보다 크게 될 수 있다.

2-4-3 방식법

강재의 방식대책은 강재시설물이 설치되어 있는 곳의 자연상황에 따라서 전기방식법 또는 도복장 등 적절한 방식공법을 적용한다. 이 경우 평균저조위(L.W.O.M.T)이하의 부분은 전기방식법, 평균저조위하 1m이상의 상부는 도복장으로 방식대책을 강구하는 것을 원칙으로 한다.

[해설]

- (1) 항만 강구조물에 적용하는 방식공법에는 전기방식법과 도복장법이 있다.
- (2) 간만대 및 해중부는 부식환경에 따라 집중부식 등 심한 부식이 생길 위험이 있으므로 부식(부식을 고려한 여유두께)에 의한 방식은 적용하지 않는 것을 원칙으로 한다. 다만 가설구조물의 경우는 부식에 의한 방식을 적용해도 좋다.
- (3) 강널말뚝 등의 배면토중부는 해측과 비교해서 부식속도가 적기 때문에, 방식법을 달리 할 수 있다. 특히, 배면매립토가 폐기물의 영향 등으로 부식성이 강하다고 판단되는 경우는 사전 조사를 실시하고 적절한 대책을 강구한다.
- (4) 간만대 윗부분에는 도복장법, 해중부 및 해저토중부에는 전기방식법을 적용하는 것이 바람직하며 가장 실적이 많고, 신뢰성도 확인 되었다. 해중부에 도복장법을 쓰는 경우는 특히 내구성을 고려하여 도복장재를 선정해야하며 시공시는 물론 목재 등 해상 부유물의 충돌에 의한 손상은 물론 파압에 의한 손상도 고려하여야 한다. 해상대기중은 도복장공법을 적용하고, 해중부 및 해저토중부에서는 전기방식을 도복장재의 열화나 손상을 고려하여 설계하면 도복장부의 열화된 곳이나 손상부를 전기방식으로 보완할 수 있다.
- (5) 방식대상 구조물이 신설 구조물인가, 이미 설치된 기존 구조물인가에 따라 적용할 수 있는 방식법이 달라진다. 즉 신설 구조물에는 적용할 수 있어도 기설 구조물에는 적용할 수 없는 공법이 있는데, 이것은 기설치된 구조물을 방식할 때는 시공조건에 제약을 받는 경우가 있기 때문이다. 또한, 간만대인가 해중부인가 하는 방식대상 부분에 따라서도 적용공법이 달라진다. 이들 외에도 부식 환경조건, 시공조건, 내용년수 등에 대해서 각 방식공법의 특성을 고려하여 신뢰성이 높은 공법을 선정한다.
- (6) 방식성능을 장기간 유지하기 위해서는, 사용 중에 적절히 유지관리를 하여야 한다. 즉, 지속적으로 적절한 빈도, 적절한 시점에 방식부에 대한 조사, 점검을 실시하고 그 건전성을 평가함과 동시에, 필요시에는 추가방식공사 또는 강재의 보수를 실시한다.

2-4-4 전기방식법

[1] 적용범위

전기방식법의 적용범위는 평균저조위(L.W.O.M.T) 이하를 원칙으로 한다.

[해설]

- (1) 평균저조위 이상에 대해서는, 도복장에 의한 방식을 실시하는 것이 필요하다. 이 경우, 평균저조위에서 L.W.L까지는 L.W.L이하와 비교해서 해수에 잠기는 시간이 짧기 때문에 방식율이 다소 떨어지며, 또 평균저조위의 직하부는 부식되기 쉬운 부분이기 때문에, 평균저조위 이하 어느 정도의 범위까지 도복장을 연장하고, 전기방식과 병용하는 것이 바람직하다.
- (2) 항만공사에 있어서는, 강관말뚝이나 강널말뚝을 항타한 후, 상부공이 시공되기까지 무방식 기간이 존재하거나, 전기방식의 양극 교체시에 무방식 기간이 존재한다. 이 무방식 기간에, 강재에 심한 집중부식이 발생할 수 있기 때문에, 충분한 배려를 하는 것이 바람직하다.

[참고]

- (1) 전기방식의 효과(방식율)는 표참(2-10)에 표시한 바와 같이 피방식체인 강재가 해수 중에 잠겨있는 시간이

길수록 크고, 짧을수록 감소한다.

또, 간만에 유입되는 방식전류는 해중부와 비교할 때 상당히 커서, 양극의 소모량이 커지기 때문에 전기 방식법의 적용범위는 평균만조위 이하를 원칙으로 한다. 다만, 수면부에 테이프방식을 적용하는 경우 이 방식부 이하 부분을 방식 범위로 한다.

해수침지율 및 방식률은 식(참2-1) 및 식(참2-2)와 같이 나타낼 수 있다.

$$\text{해수침지율} = \frac{\text{시편의 전 침지시간}}{\text{전 시험기간}} \times 100(\%) \quad (\text{참2-1})$$

$$\text{방식율} = \frac{\text{미방식 시편의 질량감소량} - \text{방식시편의 질량감소량}}{\text{미방식 시편의 질량감소량}} \times 100(\%) \quad (\text{참2-2})$$

표참(2-10) 전기방식의 방식율

해수침지율(%)	방식율(%)
40미만	40미만
40이상 80미만	40이상 60미만
80이상 100미만	60이상 90미만
100	90이상

(2) 평균저조위이하의 방식율은, 90%를 표준으로 한다.

(3) 전기방식은, 통전방식에 의해서 희생양극방식과 외부전원방식으로 구분한다.

희생양극방식은 알루미늄(Al), 마그네슘(Mg), 아연(Zn) 등의 양극을 강구조물에 접합시켜, 양 금속간의 전위차에 의해 발생하는 전류를 방식전류로 이용하는 방식법이다. 주로 유지관리가 용이하기 때문에 우리나라에

서는 항만강구조물의 전기방식의 경우 대부분이 희생양극방식을 채용하고 있다. 희생양극재료의 성능은 표참(2-11)에 표시한바와 같다. 알루미늄 합금양극은 단위 질량당의 발생전기량이 가장 크고, 경제성이 우수하며, 해수 중 환경에 적합하다. 이 때문에 항만 강구조물방식용으로 알루미늄합금 양극이 가장 널리 사용된다. 다만 해저토중에 양극이 설치되는 경우에는 아연양극이 바람직하다. 그리고 어느 경우에도 양극 설치시 공기 중에 노출되지 않도록 해야 한다.

표참(2-11) 희생양극재료의 성능비교

특 성		Al-Zn-In		순Zn, Zn합금	순Mg, Mg-Mn	Mg-6Al-3Zn
비 중		2.6~2.8		7.14	1.74	1.77
개로양극전압(V) (SCE)		-1.058		-1.03	-1.56	-1.48
철에 대한 유효전압(V)		0.25		0.20	0.75	0.65
발생전기량(론치(A · h/g))		2.87		0.82	2.20	2.21
해수중 1mA/cm ²	전류효율(%)	80	90	90	50	55
	발생전기량(A · h/g)	2.30	2.60	0.78	1.10	1.22
	소모량(kg/A)/년	3.8	3.4	11.2	8.0	7.2
지 중 0.03mA/cm ²	전류효율(%)	65 *		65	40	50
	발생전기량(A · h/g)	1.86 *		0.53	0.88	1.11

주) * 표시수치는 성분별 구성비에 따라 달라질 수 있음.

외부전원방식은 외부 직류전원을 양극을 통해 음극인 강구조물에 연결시켜 방식전류를 공급하는 방식법으로 전류를 보내는 양극은 해수 중에서 티타늄 합금(일명 MMO: Mixed Metal Oxide)이 사용되는 경우가 많다.

- 외부전원방식은 출력전압을 자유로 조절할 수 있으므로 유속이 빠르거나 하천수의 혼입 등으로 환경변화가 심한 곳이나, 정밀한 전위제어가 필요한 곳에 적합하다.
- (4) 희생양극방식에서 양극을 강재에 접속시키기 위한 방법으로는 수중용접이 일반적이다. 강널말뚝식 계류시설에서는 지진시에 배후의 지반이 침하해서 강널말뚝에 과대한 토압이 작용하는 경우, 수중용접부에서 고응력에 의한 취성파괴 사례가 보고된 적이 있다.

[2] 방식전위

항만강구조물의 방식전위는 해수염화은전극 기준으로 -780mV로 한다.

[해설]

강구조물에 전기방식공법을 적용하여 방식전류를 공급할 때, 강구조물의 전위는 점차 낮아지고(낮은 전위가 되고), 어느 일정전위에 도달하게 되면 부식이 억제되게 된다. 이 전위를 방식전위라 한다.

[참고]

- (1) 전위 측정에는, 환경이 변화하여도 안정된 값을 유지하는 전극을 기준으로 사용한다. 기준이 되는 전극을 기준전극이라 하며, 해수 중에서는 해수염화은전극 이외에, 포화카로멜전극, 염화수은전극, 포화황산동전극이 사용되는 경우도 있다.

방식전위 값은 측정에 사용하는 기준전극의 종류에 따라 달라지며, 다음과 같은 값을 갖는다.

- 해수염화은전극기준 - 780mV이하(현장에서
대략-800mV이하)
포화카로멜전극기준 - 770mV이하
포화황산동전극기준 - 850mV이하

- (2) 도장과 전기방식(특히 외부전원방식)을 병용하는 경우에는, 과잉전류에 의해 도막이 열화하지 않도록 주의할 필요가 있다. 이 경우 전위는 -800~1,100mV (포화카로멜전극기준)가 바람직하다.

표참(2-12) 전기방식개시시의 방식 전류밀도 (mA/m²)

	청정해역	오염해역
해 수 중	100	130~150
석 적 부	50	65~75
해저토중	20	30
육 상 중	10	10

[3] 방식전류밀도

방식전류밀도는, 해역환경에 따라 크게 변하므로, 방식장소의 환경조건을 고려하여 적절한 값을 설정한다.

[해설]

- (1) 전기방식을 적용할 때, 강재의 전위를 방식전위보다 낮은 값까지 분극시키기 위해 필요한 강재 단위표면적당 전류를 방식전류밀도라 한다. 방식전류밀도 값은 전기방식 개시 시의 초기 값에서 시간이 경과함에 따라 감소하여 안정한 값이 된다. 이 값은 초기값의 40~50% 정도이다.
- (2) 방식전류밀도는, 수온, 유속, 파랑, 수질 등에 의해 변화한다. 하천수나 다양한 배출수가 유입되는 곳, 또는 황화물농도가 높은 곳에서는 일반적으로 방식전류밀도가 증가한다. 또 유속이 큰 곳에서도 방식전류밀도는 증가한다. 항만 및 어항공사 전문시방서에 의하면 특수해역에서 유속이 1m/s, 2m/s, 3m/s에 대

하여 초기방식전류밀도값은 각각 160, 230, 270mA/m²로, 그리고 정상상태의 방식전류밀도는 80, 115, 135mA/m²로 제시하고 있다. 따라서 최종 방식전류밀도값은 해당지역의 기존구조물의 실적 및 환경을 고려해서 결정하는 것이 바람직하다.

[참 고]

- (1) 보통 해역에서 전기방식 개시 시점의 방식전류밀도는, 나강재면에 대하여 표참(2-12)의 값을 표준으로 한다.
- (2) 방식기간이 경과하면, 발생전류가 감소되기 때문에, 양극의 수명을 구할 때 사용하는 평균발생전류는 방식기간에 따라 다음과 같이 적용하는 경우가 많다.

5년간 방식의 경우 : 초기발생전류× 0.55

10년간 방식의 경우 : 초기발생전류× 0.52

15년간 방식의 경우 : 초기발생전류× 0.50

15년 이상 방식의 경우 : 15년 값을 적용한다.

- (3) 전기방식의 적용범위가 도복장재로 피복된 곳이 있는 경우에는, 도복장재의 손상율을 예상하여 방식전류 밀도의 값을 정한다. 해수 중에는 다음과 같이 정하여도 좋다.

도장 20 + 100S mA/m²

콘크리트 10 + 100S mA/m²

유기 Lining 100S mA/m²

여기에, S는 손상률(=피복손상면적/전피복면적)이다. 단, 상기 식에서 구한 방식전류밀도가 상기 본문 중에 나타나는 값을 초과하는 경우는 표참(2-12)의 값을 적용한다.

2-4-5 도복장공법

[1] 적용범위

삭망평균간조위(L.W.L) - 1m 보다 상부의 방식은 도복장공법에 의한다.

[해 설]

항만 강구조물에서, 해수의 침지 시간이 짧은 부분은 전기방식을 적용할 수 없기 때문에 도복장공법을 적용한다.

「본편 2-4-4 전기방식공법」에 설명한 것과 같이 전기방식공법의 적용범위는 평균저조위 이하로 했으나, 이 부분은 집중부식이 발생하기 쉬우며, 또 파랑의 영향, 계절적인 해수면 변동 등으로 해수 침지시간이 짧아지는 경우가 있으므로(삭망평균간조위-1m)보다 상부는 도복장공법을 병용한다.

[참 고]

수심이 얇은 해역의 강널말뚝식 호안에는 구조물의 깊이방향 전체에 도복장을 하는 경우도 있다. 해중부를 도복장공법과 전기방식공법을 병용하면 희생양극의 수명연장을 기대할 수가 있다.

[2] 적용공법

항만강구조물에 적용하는 도복장공법은 다음의 4종류가 있다.

- (1) 도장
- (2) 유기라이닝(有機 Lining)
- (3) 페트롤레이텀 라이닝(Petrolatum Lining)
- (4) 무기라이닝(無機 Lining)

[해 설]

- (1) 도복장공법은 기본적으로는 피방식체를 부식 환경으로부터 차단시키는 방식방법이다.

도복장공법의 적용범위는 그 종류에 따라 달라지며, 간만대, 비말대, 해상 대기 중을 주 대상으로 하는 경우와 해중부에도 적용하는 경우가 있다. 또 해중부에는 전기방식과 병용하는 경우와 도복장공법만 적용하는 경우가 있고, 신설구조물에만 적용하는 공법과 기설구조물에도 적용가능한 공법이 있다. 도복장공법은 다양하나 항만강구조물에 적용하는 공법은 본 설계기준에 나타난 것으로 한다.

- (2) 도복장의 방식성능은 시공, 특히 표면처리에 가장 큰 영향을 받는다. 표면처리의 목적은 강재표면의 녹, 기름(유지)과 같이 도복장재의 부착성, 방식성을 저해하는 물질을 제거함과 동시에, 도막의 초기 부착강도 확보에 필요한 표면조도를 제공하는데 있다. 도복장의 방식효과와 내용연수를 유지하기 위해서, 도복장의 종류에 따라 필요로 하는 표면처리 기준은 달라진다.

표면처리 후의 강재면은 화학적으로 산화반응이 지속되며 공기 중에서는 산화의 진행이 빠르기 때문에, 표면처리 후 신속히 도복장재를 시공을 하지 않으면 안 된다. 또, 공사 시에는 도복장면에 손상을 주지 않도록 주의를 하여야 한다.

[참 고]

- (1) 도장은 대형구조물이나 복잡한 형상에도 시공할 수가 있다. 도막두께가 얇고 경량이기 때문에 외관이 깔끔하다. 현장조건에 따라 도료의 종류나 도막두께를 선택할 수 있다. 내용연수는 비교적 짧으나 가격이 저렴한 특성이 있다.

해중부(단, 신설구조물은 공장도장 또는 항타 전 현장시공)부터 해상대기부까지 적용 가능한 주된 도장계에는 다음과 같은 것이 있다.

- ① 후막형 징크리치페인트 + 에폭시 수지도료
- ② 후막형 징크리치페인트 + 타르에폭시 수지도료
- ③ 글라스플레이크(Glass Flake) 혼합도료

가혹한 부식환경에 노출되어 있고, 재도장이나 보수가 용이하지 않은 항만 강구조물의 도장계로는 전술한 도장계 중에서 선정하는 것이 바람직하나, 도장범위, 환경조건 등에 따라서는 다른 도장계를 선정할 수 있다. 도장은 영구적인 것이 아니고 일정한 주기마다 재도장함을 전제로 하는 방식법이다. 재도장은 적절한 시기를 정하고 도막의 열화상태에 따라 전면도장 또는 부분보수를 하나 신설 구조물과는 제반조건이 다르므로 도장재를 선택할 시에는 충분한 검토가 필요하다. 또, 부식이나 도막의 열화가 심해질 때까지 방치하지 말고, 비교적 열화 초기에 재도장을 하는 것이 효과적이며, 경제적이고 구조물의 수명연장에도 기여할 수 있다. 재도장이나 부분보수의 경우에는 구 도막과 동일한 것을 사용하는 경우가 많으나, 고도의 표면처리가 곤란한 경우나 환경조건에 따라서는 동일 도료가 부적당한 경우도 있다. 특히 초벌도료의 선정은 중요하며, 신설공사와 다른 종류의 재도장용 프라이머를 쓰는 경우가 있다. 구도막의

열화상태, 표면처리의 정도, 도장재의 여러 겹 도장의 적합성 등을 고려해서 도장재를 선정한다.. 비말대, 해상대기부를 재도장할 때는 기존도막에 부착되어 있는 염분을 제거할 필요가 있다. 해중부나 간만대는 수중 경화형 라이닝이나 드라이공법으로 시공한다.

- (2) 유기라이닝의 경우 도막두께는 2-10mm이며, 일반 도장의 도막두께보다도 두껍고 방식성, 내충격성, 내마모성이 우수하다. 해중부는 전기방식을 병용할 수도 있다.

주된 유기라이닝에는 다음과 같은 종류가 있다.

- ① 폴리에틸렌 라이닝
 - ② 우레탄 엘라스토마 라이닝
 - ③ 초후막형 라이닝
 - ④ 수중시공형 라이닝
 - ⑤ 방식테이프 라이닝
 - ⑥ FRP 라이닝
 - ⑦ 고무 라이닝
- (3) 페트롤레이텀 피복공법

- ① 적용범위

삭망평균간조위(L.W.L) - 1m 보다 상부의 방식은 페트롤레이텀 피복공법에 의한다.

[해 설]

항만의 강구조물은 건설 반복수면에서 부식속도가 수중부의 10~20배 정도까지 높을 수 있으나 수중과 같이 전기방식법에 의한 부식방지가 불가능하므로 비말대, 간만조대를 포함하여 삭망평균간조위(L.W.L-1m)까지 페트롤레이텀 피복공법을 적용하는 것이 효과적이다. 이 공법에서 사용되는 방식피복은 방식성능이 우수한 페트롤레이텀계 방식재료와 강도 및 내구성이 우수한 보호카바를 복합적으로 사용하여 방식성능을 장기간 유지할 수 있으며 신설 및 기설 항만구조물에 보편적으로 사용되고 있다.

- ② 방식재료

- 가. 페트롤레이텀 테이프
나. 페트롤레이텀 페이스트(Paste)

[해 설]

가. 동 공법에서 가장 핵심이 되는 자재로서 통상 항만에서 사용할 때에는 페이스트와 테이프를 일체화한 해양용 페트롤레이텀 테이프를 사용한다. 페트롤레이텀 테이프는 일종의 왁스와 같은 재질이기에 온도가 많이 하강하는 늦가을부터 초봄까지는 쉽게 굳어져 테이프가 풀리지 않는 현상이 일어나므로 분리용 플라스틱 필름을 삽입하며 이는 보호층(backing)이므로 제거해서는 안 된다.

나. 기설 항만 보수 시, 강재의 부식으로 공식현상이 2mm이상 발견될 시는 부분적 또는 전면적으로 페트롤레이텀 페이스트를 도포한다.

③ 방식재료의 품질

가. 페트롤레이텀 테이프
해양용 페트롤레이텀 테이프의 품질은 KS A 1556(페트롤레이텀계 방식테이프) 2종 규정 및 AWWA C217-95에 적합한 재질이어야 한다.
나. 페트롤레이텀 페이스트
KS M 2213 (방청 페트롤레이텀) NP-4 (경질막) 및 AWWA C217-95 프라이머 기준에 적합한 재질이어야 한다.

가. 페트롤레이텀 테이프의 품질

시험항목	기준치수	시험방법
점착력(kgf)	0.50 이상	KS A 1556
인장강도 (kgf)	5.0 이상	KS A 1556
절연저항 (M Ω·m ³)	1.0 × 10 ⁵ 이상	KS A 1556
내열성	60±2℃, 24h에서 저하가 없을 것	KS A 1556
인화점 (℃)	150 이상	KS M 2010
융점 (℃)	60 이상	KS M 2177
증발량 (%)	1.0 이하	KS A 2109
페트롤레이텀 함유량 (wt. %)	50 이상	AWWA C217 Sec. 4.2.2.4
저온 작업성(-5 ~ 0℃)	끊어짐, 균열의 발생이 없고 점조성이 소실되지 않을 것	KS A 1556
pH의 변화	±1.0	KS A 1556
두께 (mm)	1.1 ± 0.3	KS A 1556
나비 (mm)의 허용차	± 5%	KS A 1556
길이 (m)의 허용차	+ 10%	KS A 1556

나. 페트롤레이텀 페이스트의 품질

시험항목		기준치수	시험방법
주도		50 ~300	KS M 2178
융점(℃)		70 이상	KS M 2177
인화점(℃)		175 이상	KS M 2010
분리안정성		상의 변화, 분리가 없을 것	KS M 2089
증발량(%)		1.0 이하	KS M 2109
침전가(ml)		0.05 이하	KS M 2109
유화점(℃)		60 이상	KS M 2109
부식 (mg/cm ² . 침지)		0.2 이내	KS M 2093
방청	염수분무	A급 (240) 시간	KS M 2109
성능	가속풍화	A급 (288) 시간	KS M 2092

④ 보호카바

보호카바의 재질은 유리섬유 강화 플라스틱, 폴리에틸렌, 폴리프로필렌 등을 사용할 수 있으며 강구조물의 형태와 규격에 따라 다양하게 설계할 수 있다

[해설]

보호카바는 피방식체인 강구조물의 형상에 맞추어 미리 가공 성형한 것을 장착하여 방식 피복층의 손상을 방지하기 위한 보호재이다. 다만, 과도에 직접 노출되는 구조물인 경우에는 유선형으로 설계 제작되어야 하며, 폭우 홍수 등의 수재로 육상으로부터 과도한 부유물이 항만에 유입되는 경우와 어망, 로프, 낚시줄 등의 해상 부유물이 보호카바 체결부를 손상시킬 수 있어 체결부는 외부로 노출되지 않게 설계 제작되어야 한다.

⑤ 시공

페트롤레이텀 피복공법의 시공은 시공 현장의 사전 조사 후 시공 방법 및 순서, 시공계획 공정 및 안전관리 등을 합리적으로 검토하여 감독자와 협의하여야 한다.

가. 사전조사

나. 공정계획

다. 시공

㉠ 안전 발판

㉡ 표면처리

㉢ 페트롤레이텀 피복

㉣ 보호시트 감기

㉤ 보호카바 설치

㉥ 하단부 스틸밴드 처리

㉦ 검사 및 시험

라. 안전

[해설]

가. 사전조사

해양구조물은 현장 상황에 따라 용접 덧대기, 강관말뚝의 접합부 및 강관 연결부 등 그 상태로는 페트롤레이텀 피복공법을 수행하기가 불가능한 곳이 있다. 따라서 사전조사를 통해 적절한 시공방법을 감독자에 게 승인 받는다.

나. 공정계획

기상여건, 해상구조물의 위치 등에 따라 공정계획이 상이하므로 사전에 공정계획을 세워 타 공사와 병행하는데 무리가 없도록 사전에 감독자의 승인을 받아야 한다.

다. 시공

㉠ 안전발판

조석간만의 차가 큰 지역에서는 간조 시 상부작업에 필요한 안전발판을 설치하여야 한다.

㉡ 표면처리

표면처리의 목적은 피방식체 표면상의 녹, 조패류 등 피복재의 부착성, 방식성에 영향을 미칠 수 있

는 물질을 제거함과 더불어 초기 부착강도의 확보에 유효한 표면 거칠기를 주는데 있으며 방법은 고압수처리(High Pressure Water Jetting), 치핑햄머 그라인더 등의 동력공구에 의한 방법과 수작업 등이 있다.

강재의 표면처리 정도는 SIS 055900(스웨덴 규격)과 SSPC(USA)규격에 따르며 그 정도는 SSPC SP2, SIS St2이다.

㉔ 페트롤레이텀 피복

테이프를 50~55% 중첩하게 장력을 주어 감아주어야 하며, 표면을 압착시켜 테이프 속에 잔존한 수분 및 공기를 제거한다.

㉕ 보호시트 감기

페트롤레이텀 테이프 피복이 끝나는 즉시 보호시트를 25~30% 중첩하게 장력을 주어 감아 보호카바를 설치하기 전까지 테이프를 보호한다.

㉖ 보호카바 설치

카바의 접합부는 틈새가 벌어지지 않도록 조임 공구를 사용하여 방식 피복면이 강재와 밀착되도록 최대한 조여 준다.

㉗ 하단부 스틸밴드 처리

스틸밴드는 보호카바 최 하단부 외면에 볼트와 너트로 고정시켜주며 피방식체와는 용접으로 연결시켜야 한다.

㉘ 검사 및 시험

- 감독자는 설계도면에 표시된 치수, 형상대로 제작, 시공되었는가를 확인하며, 작업구간의 허용오차는 $\pm 50\text{mm}$ 이내로 한다.
- 표면처리 검사는 표면처리 후 즉시 테이프를 감지 않으면 불과 30분~1시간 이내에 조폐류 부착 및 녹이 발생하므로 감독자는 검사를 목적으로 시간을 지체 하여서는 안 된다.
- 각종 시험의 방법은 시험항목에 명시된 규정을 따라야 하며 국내에서 시험이 곤란한 경우 제조업체의 밀 시트(mill sheet)로 대신할 수 있으며 이때 감독자의 확인을 받는다.

라. 안전

육상 작업원은 반드시 안전모를 착용하고, 잠수요원을 제외한 현장보조 요원들은 반드시 구명복을 착용하고 작업에 임해야 한다. 육상 작업원은 항상 구명대를 구비해 두고 잠수요원의 안전을 관찰해야 한다.

(4) 무기라이닝

무기라이닝에는, 모르타르라이닝, 금속라이닝, 전착라이닝 등이 있다.

- ① 모르타르라이닝은, 시멘트 모르타르이나 콘크리트에 의한 피복을 총칭한 것으로, 거푸집을 떼내는 방법과 거푸집을 보호카바로서 그대로 남겨두는 방법이 있다. 후자는, 기밀수밀성이 높고, 내식성이 우수한 재료로 만든 거푸집을 사용하며, 모르타르 타설 후에도 거푸집을 남겨 놓음으로서 충격에 의한 균열이나 중성화로부터 모르타르를 보호하는 방법이다.
- ② 금속라이닝은, 일반적으로 내식성이 우수한 금속을 강재의 표면에 부착하는 방식법이다. 타 방식법에 비해 기계적강도가 크고, 내충격성, 내마모성이 우수한 반면, 라이닝재와 강재와의 경계부에서 이종금속접촉부식에 의한 강재의 부식이 촉진되는 경우가 있기 때문에 대책이 필요하다. 또 아연, 알루미늄 또는 이들 합금을 사용하는 금속용사도 금속라이닝에 포함되나, 이의 시공시에는 표면처리와 용사조건에 대한 충분한 관리가 필요하다. 시공이 적절하면 양호한 방식성을 나타낸다.

- ③ 전착라이닝은, 해중에 설치한 전극으로부터 강재에 직류전류를 통하게 하여 해수중의 Ca이온이나 Mg이온을 강재면에 CaCO_3 이나 $\text{Mg}(\text{OH})_2$ 으로서 석출시켜, 강재 표면을 피복하는 방법이다. 방식대상범위는 주로 해수부이다. 이 공법은 기설구조물에도 적용가능하며, 피복층이 파손된 경우에는 재통전에 의해서 복구할 수 있다.

[3] 공법의 선정

도복장공법의 선정 및 공사시방결정시에는 각 공법의 특성을 고려하고, 다음사항에 대해서 조사 및 검토를 한다.

- (1) 환경조건
- (2) 방식범위
- (3) 내용연수
- (4) 유지관리
- (5) 시공조건
- (6) 기 타

기설 강구조물의 경우에는 상기사항 외에 다음사항도 조사한다.

- (7) 부식량(부식정도), 구 도복장의 열화상태
- (8) 당초의 설계조건

[해 설]

- (1) 도복장공법의 선정 및 시방결정 시에는 다음의 각 항목에 대해서 조사, 검토하는 것이 필요하다.

① 환경조건

구조물이 설치되는 환경은 도복장의 내용연수에 직접영향을 미치기 때문에 충분히 조사해야 한다. 부식 환경 조건으로서 해수의 수질, 담수나 오염수의 유입, 온배수의 혼입 등이 있다. 또, 파랑이나 부유물의 충돌 등 외력에 의한 손상가능성에 대해서도 검토한다.

② 방식범위

구조물의 형상이나 전기방식 등 다른 방식법과의 병용여부에 따라 도복장에 의한 방식범위가 결정된다. 공법마다 각기 적용범위가 다르므로, 구조물의 방식범위에 적합한 공법을 선정한다.

③ 내용연수

구조물의 내용연수 및 재도장 등 재시공을 전제할 것인가의 여부는 공법 선정 및 공사시방의 결정과 밀접한 관계가 있다. 도복장공법의 내용연수는 현재까지 충분히 조사되었다고 말하기 어렵기 때문에 과거의 현장실적을 통해 검증된 공법과 방식재료를 사용하는 것이 바람직하다. 특히 내용연수를 파악하기 위해서는 방식기술편람(건설교통부)을 참고할 수 있다.

④ 유지관리

도복장의 방식기능을 예상기간만큼 유지하기 위해서는 적절한 유지관리가 필요하며, 그 적용의 난이도를 고려할 필요가 있다.

⑤ 시공조건

도복장공법에는 공장시공이나 현장시공 등 시공장소가 제한되는 경우가 있다. 해상시공의 경우는 조위나 파랑의 영향을 받는다. 현장시공의 경우에는 표면처리작업의 난이도와 샌드블라스팅이 환경에 미치는 영향에 대해서 검토가 필요하다.

⑥ 공 기

시공이 가능한 시기 및 기간을 선정하지 않으면 안 된다. 특히 기설구조물의 경우는, 이동상황이나 해상 요건을 고려하여 적절한 공기를 선정할 필요가 있다.

⑦ 기 타

도복장공법의 신뢰성 평가에는 실제시공 실적자료가 가장 중요하기 때문에 유사조건에서의 시공실적을 조사한다. 실적이 없는 공법에 대해서는 뒷받침이 되는 실험데이터나 이론을 충분히 조사하고 평가하며, 기타 필요한 사항을 면밀히 조사, 검토한다.

⑧ 부식량(부식정도), 기존도복장의 열화상태

기설 강구조물에 새로이 도복장을 하는 경우에는 기설강구조물의 부식상태나 도복장의 열화상태를 조사한다.

⑨ 초기의 설계조건

기설강구조물의 경우, 부재의 형상, 치수를 설계서에서 조사함과 동시에 실물이 설계서와 다르지 않은가를 확인한다. 또, 구 도복장의 사양을 조사하며 구조물의 잔존내용연수도 확인하여 두는 것이 필요하다.

(2) (1)항에 나타난 각 사항은 서로 연관이 있으므로 종합적으로 검토하여 공법을 선정한다.

[참고문헌]

- 1) 일본도로협회 : 도로교시방서, 동해설Ⅱ 강교편 1996年 12月. p. 107, p. 114~180
- 2) 일본토목학회 : 콘크리트 표준시방서 설계편, 1996年 6月. p. 33-40
- 3) 일본도로협회 : 도로교시방서, 동해설Ⅳ 하부구조편, 1996年 12月
- 4) 일본연안개발기술연구센터 : 항만강구조물방식, 보수매뉴얼 (개정판), 1997年 4月
- 5) H.A.Humble : The cathodic protection of steel piling in sea water, Corrosion, Vol. 5 No. 9, 1949, p. 292
- 6) 呵部正美, 福手 勤, 清水一夫 : 파랑해역에서의 모래침식에 대한 전기방식효과, 제42회 일본부식방식토론회 강연집 C-203, 1995, pp. 371-374
- 7) C.W Ross : Deterioration of steel pile groins at Palm Beach, Florida, Corrosion, Vol. 5, 1997
- 8) 呵部正美, 福手 勤, 清水一夫, 長谷川博行, 松田史朗 : 수중용접된 강철관구조물의 메카니즘과 파단모드의 개선에 관한 재료학적연구, 항만기술연구소보고 Vol. 35 No. 4, 1997
- 9) 건설교통부 : 방식기술편람(Ⅰ~Ⅳ권) 1995

제 3 장 콘크리트

3-1 일 반

- (1) 방파제 및 계류시설 등의 콘크리트 구조물의 설계는 限界狀態 設計法에 의하는 것을 표준으로 한다.
- (2) 콘크리트구조물을 위한 재료선정은 본 설계기준에 기술된 내용 이외의 경우에는 「콘크리트구조설계 기준」 및 「콘크리트 표준시방서」에 따르는 것을 표준으로 한다.

〔해설〕

限界狀態設計法은 종래의 許容應力設計法에 비하여 합리적인 설계법이기 때문에 본 설계기준에서도 방파제 및 계류시설에 대해서는 한계상태설계법에 의하는 것을 원칙으로 하였다. 프리스트레스트 콘크리트에 대해서는 건설교통부 제정 「콘크리트 구조설계기준」에 따른다.

〔참고〕

- (1) 한계상태설계법에서는 구조물에 하중이 작용하는 상태에서 구조물의 기능 또는 안전성에 무엇인가 불편함이 생기는 상태를 한계상태라 부르고 극한한계상태, 사용한계상태, 피로한계상태의 세가지 한계상태를 고려한다. 또 설계에 쓰이는 파라메타의 불확정요인은 특성치와 안전계수로 고려한다. 특성치란 각 파라메타가 변동될 확률을 고려하고 그것이 위험한 쪽으로 빗나갈 가능성이 일정확률이하가 되는 값이고, 안전율이란 각 파라메타가 변동될 확률을 고려해서 설정된 계수이다. 특성치에 안전계수를 곱하고 나눈 것을 설계치라 부른다. 설계계산에서는 단면력의 설계치가 단면내력의 설계치 이하가 되도록 한다. 허용응력설계법에서의 안전계수는 재료의 강도와 허용응력의 比값이 단 하나였으나, 한계상태 설계법에서는 파라메타 각각의 불확실성을 각각의 안전계수로 고려한다.
- (2) 콘크리트구조물의 설계에 관한 기준으로는 「콘크리트구조 설계기준」 및 「콘크리트 표준시방서」 이외에 다음과 같은 시방서류를 참고할 수 있다.
- ① 도로교 표준시방서
 - ② 도로포장 설계·시공지침
 - ③ 철도설계기준 및 철도공사 전문시방서(토목편)
 - ④ 일본·콘크리트 표준시방서
- (3) 콘크리트구조물의 단면력(휨모멘트, 비틀림모멘트, 전단력, 축방향력)의 산정은 탄성해석에 의한다.

3-2 한계상태설계법에 의한 설계기준

- (1) 한계상태설계법에 의한 부재의 안전검토는 극한한계상태, 사용한계상태 및 피로한계상태에 대해서 행하는 것을 표준으로 한다.
- (2) 한계상태설계법에 의해서 부재의 안전검토를 행하는 경우에는 재료계수, 하중계수, 구조해석계수, 부재계수 및 구조물계수의 다섯 가지 안전계수를 한계상태의 종류에 따라 구조물의 특성, 재료 및 하중의 특성 등을 감안한 적절한 값을 쓴다. 이 경우 하중계수는 하중의 종류, 하중의 작용빈도 등에 따라 영구하중, 변동하중 및 우발하중의 세 가지 하중으로 구분하여 적절한 값을 설정한다.

[해설]

한계상태는 최대하중에 의해서 파괴되는 극한한계상태, 내용기간 중에 자주 작용하는 하중에 의해서 과도한 균열이 발생하는 등 비교적 경미한 불편함이 생기는 사용한계상태, 내용기간 중에 작용되는 반복하중에 의해서 종국한계상태와 같은 모양으로 파괴되는 피로한계상태로 분류된다. 이중 피로한계상태에 대해서는 방파제의 경우 반복되는 파압의 작용에 의한 피로한계상태를 생각할 수 있다. 그러나 중력식 계류시설은 이동하중의 반복작용에 의한 피로파괴는 무시할 수 있으므로 생략해도 좋다. 다만 이동하중의 영향을 무시할 수 없는 경우에는 피로한계상태에 대한 검토를 행할 필요가 있다.

[참고]

(1) 설계에 쓰이는 안전계수는 표참(3-1)의 값을 쓸 수 있다.

표참(3-1) 안전계수

안전계수		한계상태의 종류		
		극한한계	사용한계	피로한계
재료계수 (γ_m)	콘크리트	1.3	1.0	1.3
	철근 및 PC강재	1.0	1.0	1.05
	기타 강재	1.05	1.0	1.05
하중계수 (γ_f)	영구하중	1.0~1.1 (0.9~1.0)	1.0	1.0
	변동하중			
	파 력	1.3	1.0	1.0
	시공시 변동하중	1.0	-	-
	기타 하중	1.0~1.2 (0.8~1.0)	1.0	1.0
	우발하중	1.0	-	-
구조해석계수(γ_a)		1.0	1.0	1.0
부재계수(γ_b)		1.0~1.3	1.0	1.0
구조물계수(γ_i)		1.0~1.2	1.0	1.0

- 주-1) 표중 ()내의 값은 하중이 작은 때가 위험한 경우에 적용한다.
- 주-2) 극한한계상태 검토시의 부재계수는 아래의 값을 쓸 수 있다. 다만 ()안의 값은 중력식 안벽저판에 대한 지진시의 안전성을 검토하는 경우에 적용한다.
- 휨 및 축방향 내력(耐力)을 산정하는 경우 1.15(1.0)
 - 축방향 압축내력의 상한치를 산정하는 경우 1.3
 - 콘크리트의 전단내력 분담분을 산정하는 경우 1.3(1.15)
 - 전단보강철근의 전단내력 분담분을 산정하는 경우 1.15(1.0)
- 주-3) 극한한계상태에 관한 구조물계수는 다음 값을 쓸 수 있다.
- 잔교 상부공 우발하중작용시 1.0, 기타의 경우 1.2
 - 방파제 파력작용시 1.1, 기타의 경우 1.0
 - 안 벽 지진하중작용시 1.0, 기타의 경우 1.1

- ① 안전계수중 재료계수, 부재계수(케이슨식 안벽의 지진시는 제외), 구조물해석계수는 「콘크리트 표준시방서」를 따를 것이고, 기타 안전계수는 사례분석, 허용응력설계법과의 안전성 비교검토, 다른 구조물과의 비교등에 기초하여 정한 것이다.
- ② 하중계수에 대해서는 하중의 종류 및 작용빈도 등에 의해서 구분하고 각각에 대한 값을 정한 것이다. 하중은 영구하중, 변동하중, 우발하중의 세 종류로 구분하였다. 영구하중은 변동하는 경우가 극히 드물거나, 평균치에 비해서 무시할 수 있는 정도로 적고, 지속적으로 작용하는 하중으로 구조물 또는 부재의 자중, 정수압, 내부수압, 잔류수압, 내부토압 등이 있다. 변동하중은 변동이 빈번하거나 연속적으로 일어나고 평균값에 비해서 변동을 무시할 수 없는 하중으로 활하중(하역기계하중 등), 풍력, 양압력 등이 있다. 우발하중은 내용기간 중 작용하는 빈도는 극히 작으나 작용하면 그 영향이 아주 큰 하중으로 지진하중, 선박접안력, 선박견인력, 양압력(잔교 상부공에 작용하는 경우), 풍력, 충돌하중 등이 있다. 다만, 선박의 접안력 및 견인력은 필요에 따라 변동하중으로 간주하여 사용한계상태에 대한 안전성을 검토 확인한다.
- 방파제의 파력에 대한 하중계수는 제체형식, 설치수심, 해저경사도, 파고의 극대치의 분포형상 등에 따라 변화하나, 현시점에서는 케이슨식 방파제등 통상적인 방파제에서는 극한한계상태시 1.3을 표준으로 해도 좋다. 그러나 특수한 형상의 구조물중 곡면슬리트제 등의 경우에는 하중계수가 크게 되는 것으로 생각되므로 모형실험을 하는 등의 방법으로 적절히 정할 필요가 있다.
- 영구하중의 하중계수중 중력식 안벽 저판에 대해서 지진시의 안전성을 검토하는 경우에는 1.0, 그 밖에 경우에는 1.1(0.9)로 한다.
- ③ 여기에 나타난 안전계수는 어디까지나 표준적인 값을 보인 것이므로 별도의 방법에 의하여 안전계수를 적절히 정할 수 있으면 그 값을 써도 좋다.
- (2) 설계에 작용하는 특성치는 본 설계기준의 해당개소에 기술되어 있는 방법에 따라 구하는 것도 좋다. 콘크리트의 압축강도는 호칭강도로 해도 좋고, 鋼材의 인장항복강도 및 인장강도는 KS규격의 하한치를 써도 좋다. 하중중에서 사용한계상태의 검토에 쓰이는 값은 다음과 같다.
- ① 방파제에 파압이 작용하는 경우에 대하여 검토할 때 작용하는 파고는 설계내용기간(예를 들면 50년)중에 그 이상의 파가 내습하는 횟수가 10회단위(Order)의 파를 대상으로 한다. 이것은 지역별로 차이가 있겠으나 대략 1개월~6개월 확률파(최고파)정도의 파에 상당하는 것이다.
- ② 그 밖의 경우는 식(참3-1)로 하중의 특성치를 구한다.

$$S_k = K_p S_p + K_r S_r \quad (\text{참3-1})$$

여기서,

S_k : 사용한계상태의 검토에 쓰이는 하중특성치

S_p : 영구하중의 특성치

S_r : 변동하중의 특성치

K_p, K_r : 영구하중과 변동하중의 균열폭과 鋼材의 腐蝕에 미치는 변형도의 차를 고려하기 위한 정수로 $K_p = 1.0$, $K_r = 0.5$ 를 써도 좋다. 시공시에 대하여는 $K_p = K_r = 0.5$ 로 해도 좋다. 또 방파제의 피로한계상태 검토에 쓰이는 하중특성치의 추정치는 일본 항만기술연구소의 「한계상태설계법의 철근콘크리트 항만구조물의 적용에 관한 연구(長尾 毅, 1994 항연 보고서 Vol33 No.4)」에 나타난 방법으로 할 수도 있다.

- (3) 사용한계상태의 검토는 과도한 균열발생에 대하여 안전성을 검토하는 것을 표준으로 한다. 휨균열폭의 산정은 인장철근의 항복강도가 300MPa 이상인 경우에 대하여 「콘크리트구조 설계기준」에 있는 식(참3-2)을 쓸 수 있다. 휨균열폭은 철근의 응력만이 아니고 철근의 직경 및 간격이 영향을 미치므로 배근 검토시 주의할 필요가 있다. 식(참3-2)는 일반적으로 안전측이고, 특수한 형상을 갖는 부재나 특수한 재료를 사용한 때는 균열폭 추정에 다른 공식을 참조하거나 실험을 통하여 검토하여도 좋다. 휨모멘트 및 축력에 의한 콘크리트의 인장응력이 콘크리트의 설계기준인장강도의 60%보다 작을 경우에는 휨균열을 검토하지 않아도 된다.

$$w = 1.08\beta_c f_s^3 \sqrt{d_c A} \times 10^{-5} \quad (\text{참3-2})$$

여기서,

- w : 휨균열폭(mm)
 β_c : 단면의 중립축에서 인장연단까지의 거리를 단면의 중립축에서 철근 도심까지의 거리로 나눈 값으로 보에 대하여 1.2, 슬래브에 대하여 1.35로 할 수 있다.
 f_s : 철근의 응력으로 휨모멘트를 철근의 단면적과 내부모멘트 팔길이를 곱한 값으로 나누어 구하여야 한다. 이러한 계산 대신에 철근의 설계기준 항복강도 f_y 의 60%를 취할 수 있다.
 d_c : 인장연단에서 이 연단에 가장 가까이 있는 인장철근 중심까지의 거리, mm
 A : 주인장 철근 주위의 인장부 콘크리트 단면적을 철근 개수로 나눈 유효 인장 단면적(mm²)

허용균열폭 w_a (mm)은 부식성 환경에 대하여 $0.004t_c$, 고부식성 환경에 대하여 $0.0035t_c$ (t_c ; 최외단 철근의 표면과 콘크리트 표면 사이의 콘크리트 최소 피복 두께, mm)에 의해서 계산하고, 식(참3-2)에 의한 휨 균열폭 w 은 허용휨균열폭 w_a 이하여야 한다.

하중작용이외의 요인(예를 들면 초기결함 등으로 구조물에 생기는 균열)으로 하중이 제거된 뒤에도 폐합되지 않는 균열은 이 방법으로 검토하는 대상이 아니고 별도로 검토할 필요가 있다.

- (4) 잔교 상부공으로서 하역기계에 의한 작용하중이 비교적 크고, 하역에 지장이 생길 정도의 처짐이 발생할 것으로 예상되는 경우에는 필요에 따라 사용한계상태로서 처짐의 발생에 대한 안전성을 확보하여야 한다. 이때 처짐의 제한값은 「도로교 표준시방서」 등을 참고하여 정하여도 좋다.
- (5) 피로한계상태의 검토는 반복하여 작용하는 하중을 적절한 등급으로 나누고 각각의 피로파괴에 대한 영향도를 계산한 다음 전체하중의 등급별 영향도를 합해서 피로파괴에 대한 안전성을 판정한다. 피로안전성에는 하중의 크기만이 아니고 반복하는 작용횟수가 크게 영향을 미치므로 적절히 정할 필요가 있다. 피로수명이 200만회이상에 상당하는 등급의 하중에 의한 영향은 무시하여도 좋다. 잔교상부공의 피로한계상태 검토에 관해서는 일본 항만기술연구소의 「잔교상부공의 하역기계 하중을 고려한 피로한계상태설계(長尾毅 등, 1998 항연보고서 Vol.37 No.2)」를 참조하여도 좋다.

3-3 허용응력설계법에 의한 설계

허용응력설계법에 의하여 부재의 안전검토를 행할 때는 콘크리트 및 철근의 허용응력을 사용재료에 따라 적절한 값을 써야 한다. 이 경우 여러 종류의 외력 및 하중 등의 조합을 고려할 때는 표(3-1)에 의하여 허용응력을 할증시킬 수 있다.

표(3-1) 무근콘크리트 및 철근콘크리트의 허용응력 할증계수

종 류	외력 및 하중의 조합	할증계수
무근콘크리트	지진의 영향을 고려하는 경우	1.50
철근콘크리트	온도변화 및 건조수축의 영향을 고려하는 경우	1.15
	지진의 영향을 고려하는 경우	1.50

[참 고]

- (1) 허용응력 설계법에 의하는 경우 무근콘크리트 및 철근콘크리트의 허용응력을 「콘크리트 구조설계기준」을 참고로 한 표참(3-2) 및 표참(3-3)와 같이 정하였다. 표 중에 나타나지 않는 설계기준강도를 쓰는 경우 또는 경량골재 콘크리트의 경우에는 그 허용응력을 「콘크리트 구조설계기준」을 참고로 정하는 것이 좋다. 형강의 허용부착응력에 대해서는 「콘크리트 구조설계기준」에서 삭제되었으나 이제까지의 실적을 참고로 해서 편의상 잠정적으로 표와 같이 정하였다.

표참(3-2) 무근콘크리트의 허용응력

(단위 : N/mm², {kg/cm²})

응력의 종류	허용응력	허용응력의 상한치
허용압축응력	$f_{ck}/4$ 이하	5.4 {55.1}
허용휨인장응력	f_{tk} 이하	0.29 {3.0}
허용지압응력	$0.3 f_{ck}$ 이하	5.9 {60.2}

주) f_{ck} : 설계기준강도 f_{tk} : 설계기준 인장강도(KSF2423 콘크리트의 인장강도 시험방법에 의해서 구한다)

--

표참(3-3) 철근콘크리트의 허용응력

(N/mm², {kg/cm²})

應力の 種類		設計基準強度			
		18 {180}	24 {240}	30 {300}	40 {400} ^(주-1)
許容 휨 壓縮應力(δ_{ca})		7 {70}	9 {90}	11 {110}	14 {140}
許容전단 응력	硬 引張鐵筋의 計算을 하지 않는 경우(τ_{at})	보의 경우		0.4 {4}	0.45 {4.5}
		슬래브의 경우 ^(주-2)		0.8 {8}	0.9 {9}
	硬 引張鐵筋의 計算을 하는 경우(τ_{at})	전단력만의 경우 ^(주-3)		1.8 {18}	2.0 {20}
허용부작 응력	形 鋼	0.6 {6}	0.7 {7}	0.8 {8}	0.9 {9}
	普通圓形鋼	0.7 {7}	0.8 {8}	0.9 {9}	1.0 {10}
	異 形 棒 鋼	1.4 {14}	1.6 {16}	1.8 {18}	2.0 {20}
許容支壓應力(δ_{ca})		$0.3 f_{ck}$			

주-1) 허용휨 압축응력 이되는 “40이상”의 의미이다.
주-2) 압발(押拔, 인발의 반대개념) 전단에 대한 값이다.
주-3) 비틀림의 영향을 고려하는 경우는 이 값을 할증하여도 좋다.

(2) 철근의 허용응력은 「콘크리트 구조설계기준」의 규정을 참고해서 정한 표참(3-4)의 값을 초과하면 안 된다.

표참(3-4) 철근의 허용인장응력

(단위 : N/mm², {kg/cm²})

철근의 종류	SR300	SD300A, B	SD350	SD400
① 일반적인 경우의 허용응력	157(147) {1,600(1,500)} ^(주-1)	176 {1,800}	196 {2,000}	206 {2,100}
② 피로강도로 정하는 허용응력	157(147) {1,600(1,500)}	157 {1,600}	176 {1,800}	176 {1,800}
③ 항복강도로 정하는 허용응력	176 {1,800}	176 {1,800}	196 {2,000}	216 {2,200}

주-1) ()내는 경량골재 콘크리트에 대한 값이다.
주-2) ③은 지진시의 영향을 고려하는 경우 철근 겹이음질이나 정착길이를 계산하는 경우에 적용한다.

(3) 철근콘크리트의 수중에서의 휨 및 전단강도는 공기 중의 그것에 비하여 저하하는 경우도 있으므로 이 경우에는 허용응력을 낮게 설정하는 것이 필요하다.

(4) 온도변화, 건조수축 및 지진의 영향을 고려하는 경우의 허용응력 할증은 「콘크리트 구조설계기준」을 참고하여 정한 것이다. 콘크리트 부재나 구조물의 운반 등 시공작업에 수반하여 발생하는 일시적하중은 하중 상태나 콘크리트의 재령 등을 고려해서 허용응력을 높게 하여도 좋도록 하였다. 그러나 일시적하중의 크기 등은 설계 및 시공조건에 따라 현저하게 다르므로 허용응력을 높이는 데는 한계를 두지 않고 책임기술자의 판단에 맡기는 것으로 하였다.

3-4 콘크리트 재료

콘크리트의 재료는 한국산업규격에 적합한 것 또는 이와 동등 이상의 적절한 품질을 갖는 것을 원칙으로 한다.

〔참 고〕

(1) 시멘트

시멘트는 「KS L 5201 포틀랜드 시멘트」, 「KS L 5210 고로슬래그 시멘트」, 「KS L 5401 포틀랜드포졸란 시멘트」, 「KS L 5211 플라이애시 시멘트」에 규정되어 있는 것을 쓰는 것을 원칙으로 한다. 그 밖의 시멘트는 시험, 과거의 실적 등에 의해서 성능을 확인한 후 사용한다.

(2) 물

콘크리트 배합에 사용되는 물은 청결한 것으로서 일반적으로 산, 기름, 알칼리, 염분, 유기물 그리고 콘크리트 및 철근에 유해한 물질을 포함하지 않아야 한다. 프리스트레스트 콘크리트 또는 알루미늄 제품을 매입한 콘크리트의 배합에 사용하는 물과 골재의 표면수는 유해량의 염소이온을 함유해서는 안 된다. 식수로서 부적당한 물은 다음에 열거한 사항을 만족하지 못하면 콘크리트에 사용할 수 없다.

- ① 동일 수원의 물을 사용하여 이에 적절한 배합설계를 하여야 한다.
- ② 식수로 적합하지 않은 물로 만들어진 모르타르 시험체의 7일과 28일 강도는 식수로서 만들어진 같은 형태의 공시체 강도의 최소한도 90% 이상의 강도를 가져야 한다. 사용한 물의 차이에 따른 강도비교 시험은 물 이외에는 같은 조건의 모르타르를 사용하여 실시하고, 그 시험을 KS L 5105(수경성 시멘트 모르타르의 압축강도 시험방법)에 따라 준비, 시험하여야 한다.

(3) 混和材

콘크리트를 제조할 때 사용하는 혼화재료는 다음 규정에 따라야 한다.

- ① 혼화재료 사용할 플라이애시는 KS L 5405(플라이 애시)에 적합한 것이어야 한다.
- ② 혼화재료 사용할 콘크리트용 팽창제는 KS F 2562(콘크리트용 팽창제)에 적합한 것이어야 한다.
- ③ 혼화재료 사용할 고로 슬래그 미분말은 KS F 2563(콘크리트용 고로 슬래그 미분말)에 적합한 것이어야 한다.
- ④ ①, ② 및 ③ 이외의 혼화재료로는 실리카폼, 규산질 미분말 및 고강도용 혼화재 등이 있다. 이들 혼화재에 대해서는 아직 품질의 규격이 없고 또 사용방법도 다양하므로 이를 사용함에 있어서는 미리 충분히 조사, 시험을 하여 품질을 확인하고 사용방법도 검토하여 제조한 콘크리트의 내구성에 영향이 없도록 하여야 한다.

(4) 混和劑

화학혼화제의 품질과 사용은 다음 규정에 따라야 한다.

- ① 화학혼화제는 한국산업규격 KS F 2560(콘크리트용 화학혼화제)에 규정한 것과 같거나, 또는 이와 동등 이상의 것을 사용하여야 한다.
- ② 화학혼화제를 사용할 경우에 충분한 품질조사와 시험을 거친 후 책임기술자의 승인을 얻어야 한다.
- ③ 화학혼화제는 콘크리트 배합을 결정할 때에 사용했던 제품과 동일한 성분 및 성능을 공사 중 일관되게 유지하여야 한다.
- ④ 염화칼슘 또는 염소이온을 포함하는 화학혼화제는 프리스트레스트 콘크리트, 알루미늄 제품을 매입한 콘크리트 또는 아연 도금한 고정형 금속형틀을 사용한 콘크리트의 경우에 사용하지 않아야 한다.

(5) 골재

골재는 한국산업규격(KS)에 정한 것과 같거나 또는 이와 동등 이상의 것을 사용하여야 한다. 골재는 적당한 경도나 입도를 가지며, 깨끗하고 내구성이 있는 것으로, 점토 덩어리, 유기물, 세장석면 등의 해로운 물질을 포함하지 않아야 하며, KS F 2526(콘크리트용 골재), KS F 2527(콘크리트용 부순 골재), KS F 2534(구조용 경량골재), KS F 2543(콘크리트용 동 슬래그 골재), KS F 2544(콘크리트용 고로 슬래그 골재)에 규정된 품질로 하여야 한다.

위 규격품이 아니더라도 KS F 2502(골재의 체가름 시험방법), KS F 2503(굵은 골재의 비중 및 흡수율 시험방법), KS F 2504(잔골재의 밀도 및 흡수율 시험방법), KS F 2529(구조용 경량 잔골재의 밀도 및 흡수율 시험방법), KS F 2533(구조용 경량 굵은골재의 밀도 및 흡수율 시험방법), KS F 2468(경량콘크리트 골재의 불순물 시험방법)의 골재와 관련된 한국산업규격(KS)에 규정한 것과 같거나, 또는 이와 동등 이상의 것을 사용하여야 한다. 그리고 이외에는 시험에서 적당한 입도로서 소요 품질의 콘크리트를 만들 수 있다고 입증되는 경우에만 책임기술자의 승인 하에 사용할 수 있다.

(6) 염화물 이온량

철근의 부식방지를 위해서 굳지 않은 콘크리트의 총 염화물이온량은 원칙적으로 0.30kg/m^3 이하로 하여야 한다. 다만 책임기술자의 승인을 받는 경우 0.60kg/m^3 까지 허용될 수 있다. 그러나, 이미 굳은 콘크리트의 총 염화물이온량에 대한 검토가 염소이온 농도에 의해 이루어질 경우, 재령 28일 이후의 콘크리트에서 최대 수용성 염화물이온농도 시험은 KS F 2713(콘크리트 및 콘크리트의 재료의 염화물 분석 시험 방법) 또는 KS F 2715(모르타르 및 콘크리트의 수용성 염화물 시험 방법)에 따라 시행하고, 「콘크리트 구조 설계기준」의 표 4.5.4의 값으로 검토할 수 있다.

(7) 알칼리 골재 반응대책

알칼리 골재반응을 억제하기 위해서는 다음의 네 가지 대책 중 어느 것이든 하나를 이행해야 한다.

- ① 「KS F 2545 골재의 알칼리 잠재반응시험방법(화학적 방법)」이나 「KS F 2546 시멘트와 골재의 배합에 따른 알칼리 잠재반응시험방법(모르타르봉 방법)」에 의한 시험결과 무해함이 확인된 골재를 사용
- ② 「KS L 5201 포틀랜드 시멘트 부속서(저알칼리형 포틀랜드 시멘트)」의 규정에 적합한 시멘트를 사용
- ③ 「KS L 5210 고로슬래그 시멘트」에 적합한 고로슬래그 시멘트(슬래그 치환율 50%이상의 것이 바람직하다)나, 「KS L 5211 플라이애시 시멘트」에 적합한 플라이애시 시멘트 B종 또는 C종, 또는 혼화재를 혼합한 시멘트로서 알칼리 골재반응 억제효과가 확인된 것을 사용
- ④ 알칼리량이 표시된 포틀랜드시멘트 등을 사용하고, 콘크리트 1m^3 에 포함된 총 알칼리량을 Na_2O 로 환산하여 3.0kg 이하가 되게 한다.

(8) 각종 시멘트 중에서 내해수성이 양호한 시멘트는 중용열 포틀랜드 시멘트, 고로슬래그 시멘트 및 플라이애시 시멘트라고 말하고 있다. 이들 시멘트는 해수에 대한 내구성이 우수하고, 장기강도의 증진이 크고, 수화열이 적은 등의 이점이 있으나, 다른 한편으로는 초기강도가 낮다고 하는 결점도 있으므로 이들 시멘트를 사용할 때는 초기양생에 충분한 주의를 기울일 필요가 있다. 특히, 고로슬래그 시멘트는 콘크리트 중의 철근에 대한 방식성능이 우수하다는 관점에서 볼 때 내해수성 콘크리트가 필요한 구조물에는 이들 세 가지 시멘트를 사용하는 것이 바람직하다. 이 경우 콘크리트의 충분한 양생은 극히 중요하다.

(9) 철근콘크리트는 해수를 혼합수도 사용해서는 안 된다. 무근콘크리트에는 淸淨한 淡水를 구하기 곤란한 경우에 한하여 해수를 혼합수로 사용할 수 있다. 해수를 사용하면 시멘트의 응결시간이 단축되고, 콘크리트의 반죽질기가 조기에 상실되는 경향이 있으므로 주의를 요한다. 이 경우 필요에 따라서는 응결지연제를 쓰는 것도 좋다.

혼화제로 AE제, 감수제, AE감수제, 고성능 AE감수제는 「KS F 2560 콘크리트용 화학혼화제」에 적합한 것을 쓰는 것을 원칙으로 한다. 그 밖의 혼화제는 시험, 과거의 실적 등에 의해서 성능을 확인한 후 사용한다.

3-5 콘크리트의 품질 및 성능

콘크리트는 품질이 균일하고, 작업에 적합한 워커빌리티를 가지며, 소요강도, 내구성, 수밀성, 균일저항성 및 강재를 보호하는 성능을 갖지 않으면 안 된다.

[해설]

- (1) 콘크리트는 구조물의 종류, 환경조건, 부재단면 등에 따라 소요의 품질 및 성능을 갖지 않으면 안 된다. 콘크리트는 일반적으로 레디 믹스트 콘크리트를 사용하는 것을 표준으로 한다.
- (2) 콘크리트는 기상작용, 해수의 화학적 및 물리적 작용, 파랑이나 표류고형물에 의한 충격이나 마모 등의 기계적 작용, 내부강재의 부식, 알칼리 골재반응, 동결융해작용 등의 유해한 작용에 대한 저항성을 갖지 않으면 안 된다.
- (3) 콘크리트의 성능저하기구

해수의 작용을 받는 콘크리트의 주된 열화작용에는 다음과 같은 것들이 있다.

 - ① 동결융해작용

콘크리트가 동결융해작용을 반복적으로 받으면 콘크리트중의 수분結晶에 생기는 팽창압이 반복작용하게 되어 콘크리트에 국부적 또는 전반적인 파괴가 발생한다.
 - ② 해수중의 鹽類의 작용에 의한 열화

해수중의 硫酸이온은 시멘트 수화물중의 수산화칼슘 및 알루미늄(Al_2O_3)와 반응하여 애트링가이드($3CaO \cdot Al_2O_3 \cdot 3CaSO_4 \cdot MH_2O$)를 형성한다. 이 반응에 수반되는 용적팽창으로 인한 압력에 의해 콘크리트에 균열이 발생한다.
 - ③ 수산화칼슘의 溶脫

시멘트수화물중의 수산화칼슘은 해수에 용해되어 그 용출에 의해서 콘크리트는 다공질의 조직으로 변하고 취약해진다.
 - ④ 철근의 腐蝕에 의한 성능저하

콘크리트치기가 불완전한 경우 콘크리트 자체의 열화, 과도한 균열 등에 의해서 염화물 이온이 철근표면에 도달하고, 파의 처오름 등에 의한 산소 및 물이 충분히 공급되는 경우에 철근은 녹이 슬고, 그 팽창압에 의해서 콘크리트의 피복부에 균열이 생기면서 피복부 콘크리트가 탈락하는 현상이 발생한다.
 - ⑤ 해로운 골재반응에 의한 성능저하

반응성골재를 사용하는 경우 또는 알칼리성분을 많이 함유한 시멘트를 사용하는 경우에는 골재와 시멘트가 해로운 화학반응을 일으키고 콘크리트에 이상한 균열과 팽창을 일으켜 부분적 또는 전반적인 붕괴에 이르게 된다.
 - ⑥ 파랑이나 표류고형물의 작용에 의한 열화

앞에 기술한 제반작용에 기인하여 열화된 콘크리트는 파랑이나 표류하는 고형물의 충격으로 표면열화가 다시 가속된다. 건전한 콘크리트도 표사 등의 작용을 지속적으로 받으면 마모가 진행되기도 한다.

[참 고]

- (1) 물·시멘트비는 콘크리트의 소요강도 및 내구성을 고려해서 정하여야 한다. 좋은 골재는 철근의 배근이나 부재의 단면에 지장이 없는 한 최대횡수가 가급적 굵은 것을 사용하는 것이 좋다.
- (2) 콘크리트의 반죽질기는 작업에 적합한 범위로 가급적이면 슬럼프차가 적지 않으면 안 된다. 콘크리트는 AE 콘크리트를 쓰는 것을 원칙으로 하고, 공기량은 4.5%를 표준으로 한다. 한냉지나 동해의 위험이 있는 지역에서는 공기량을 할증시킬 수도 있다.
- (3) 표참(3-5)은 콘크리트의 일반적인 배합조건 및 콘크리트강도의 특성치를 나타낸 것이고, 책임기술자는 이 표를 참고로 (1)항의 내용을 감안하여 적절한 배합 및 강도를 설정하지 않으면 안 된다. 특히 동결융해가 심한 지역에서는 물·시멘트비를 더 적게 하는 것이 바람직하다.

표참(3-5) 구조부재별 콘크리트 배합조건 및 강도특성치 참고표

종 류	구조부재의 종류예	배 합 조 건			굵은 골재의 최대치수(mm)	콘크리트 강도의 최소 특성치 (N/mm ² , {kgf/cm ² })
		최대 물 · 시멘트비(%)		슬럼프 (cm)		
		동결 융해가 자주 반복되는 지역	영하의 기온이 되 는 것이 드문지역			
무 근 콘크리트	방파제상부공, 케이슨의 덮개콘크리트	60	60	8, 12	40	18 {180}
	본체블록, 이형블록(소파, 피복)	60	60	8, 12	40	18 {180}
	포대콘크리트, 근교블록	60	60	8, 12	40	18 {180}
	계류시설상부공, 홍벽계선 직주기초(중력식)	55	60	8, 12	40	18 {180}
철 근 콘크리트	계선주기초(말뚝식) 홍벽, 계선시설상부공 ^(주-3)	55	60	8, 12, 15	20, 25, 40	24 {240}
	잔교상부공	45	45	8, 12, 15	20, 25, 40	35 {350}
	L형, 소파블록, 케이슨, 우물통, 중공블록	45	45	8, 12, 15	20, 25, 40	35 {350}
	버팀벽, 버팀말뚝 상부공	55	55	8, 12, 15	20, 25, 40	24 {240}
에이프론포장		-	-	2.5, 6.5	20, 40 ^(주-4)	휨 : 4.5

주-1) 콘크리트 치기가 끝난후 초기재령에서 파랑의 충격, 침수의 위험이 있는 경우나 한냉지에서 시공하는 경우 등에는 특성치를 24N/mm²로 해도 좋다.

주-2) 대형의 이형블록은 특성치를 할증시켜도 좋다. 예를 들면 35톤~50톤형에는 21N/mm², 이를 초과하는 규격의 것에 대하여는 적절하게 검토하여 정한다.

주-3) 잔교상부공은 제외한다.

주-4) 자갈의 경우는 25mm, 부순자갈의 경우는 20mm로 한다.

주-5) 내구성 설계기준 적용시는 콘크리트 설계기준을 참고하여 정한다(표 4.5.2 P.78)

- (4) 속채움 콘크리트의 설계기준강도는 개정 전의 기준에 135kgf/cm^2 (슬럼프 15cm)로 되어 있었던 바, 속채움 콘크리트는 주로 케이슨의 질량을 확보하기 위하여 사용되고 있기 때문에 기준강도를 규정하는 것이 불합리하다. 따라서 이번 개정기준에서는 속채움콘크리트를 책임기술자의 판단으로 적절히 선택할 수 있게 표에서 삭제하였다.
- (5) 콘크리트 강도의 특성치는 일반적으로 재령 28일에서의 강도로 표시한다. 표참(3-5)에 보이는 최대 물·시멘트 비 및 강도의 특성치는 항만에서 기존 콘크리트구조물의 조사결과와 해수의 작용을 받는 콘크리트의 내구성에 관한 각종 연구성과 등을 기초로 항만공사에 사용되는 표준적인 배합을 참고하여 정한 것이다. 표참(3-5)에는 각종구조물에 적당하다고 생각되는 굵은 골재의 최대치수와 슬럼프를 나타내었다. 표참(3-5)의 최대 물·시멘트비를 준수하면 압축강도가 강도의 특성치와 비교해서 지나치게 높게되는 경우가 있다. 과거(1965~1975년)의 조사결과로 보면 물·시멘트비 50%에 있어서도 압축강도가 30N/mm^2 정도이고, 압축강도가 특성치와 비교해서 지나치게 높다고 말하는 일은 적었다. 그러나 근년에 들어와서 압축강도만이 콘크리트의 품질규격으로 되어 있기도 하고, 일부 시멘트는 분말도의 증가 또는 C3S(에라이트)의 증가에 의해서 28일 압축강도가 크게 되도록 하는 경우도 있다. 이 경우 28일 압축강도는 확실히 증가하나 장기 압축강도나 내구성은 같은 물·시멘트비의 28일 압축강도가 작은 경우에 비하여 우수하다고 할 수는 없다. 따라서 28일 압축강도가 높다는 이유만으로 물·시멘트비를 크게 하는 것은 바람직하지 않다.
- (6) 최근에는 적절한 혼화재료를 조합하는 것에 따라 높은 유동성과 우수한 재료분리 저항성을 가짐으로서 自己充填性을 발휘하는 고유동성 콘크리트가 개발되고 있다. 고유동성 콘크리트를 사용함으로써 過密하게 배근된 부재나 강판셀로 밀폐된 공간 등 통상적인 방법으로는 콘크리트치기가 불가능한 부분에 콘크리트를 칠 수 있게 되었다. 콘크리트공사의 생산성을 높이고 합리화, 신뢰성 확보와 그에 따른 내구성의 향상이라는 효과도 거둘 수 있기 때문에 구조형식, 시공조건 등에 따라서는 고유동성 콘크리트의 이용을 고려하는 것이 좋다.
- (7) 내구성을 향상시키기 위해서 설계에서 고려하여야 할 사항은 구조물의 설치개소나 중요도, 내용연수, 부재의 종류 등에 따라 서로 다르다.
- (8) 무근콘크리트 및 철근콘크리트에서 콘크리트의 사용재료나 품질, 설계세목에 관하여 내구성면에서 검토하여야 할 항목은 다음과 같고 이 내용은 사전에 충분히 검토하여 두지 않으면 안 된다.

<무근콘크리트>

- ① 콘크리트 재료는 내구성이 우수한 것, 해로운 골재반응을 일으키지 않는 것을 사용할 것과(본편 3.4 콘크리트 재료 참조)
- ② 소요의 내구성을 갖는 배합으로 할 것과
- ③ 시공이음은 되도록 피할 것과(9)참조)
- ④ 부재단면을 키우고, 소요내용연수와 관련하여 콘크리트 표면이 손상되거나 마모되는 경우에 대비하거나, 적당한 재료로 표면을 보호할 것(1) 참조)

<철근콘크리트>

- ⑤ 철근콘크리트는 앞의 4개항목외에 철근의 腐蝕에 유해한 영향을 주는 재료의 사용을 피할 것과(본편 3.4 콘크리트 재료 참조)
- ⑥ 철근의 피복두께를 두껍게 할 것과(11)참조)
- ⑦ 구조설계상 휨균열발생을 적게 억제할 것과 (본편 3-2 한계상태설계법에 의한 설계의 기본 참조) 이들 대책이외에도 보조수단으로서 유기재료, 무기재료를 사용한 콘크리트 표면의 피복, 에폭시 수지 도장철근, 콘크리트중의 鋼材에 대한 전기방식법 등을 써도 좋다.

(9) 시공이음

항만구조물의 경우 피해가 콘크리트의 시공이음부로부터 발생하는 일이 많다. 이 때문에 될 수 있으면 시공이음은 두지 않는 것이 바람직하지만 콘크리트의 수축이나 시공성의 배려에서 부득이하게 시공이음을 둘 필요가 있을 때에는 시공이음부에 적절한 처리를 해두어야 한다. 강도상의 이유로 에폭시 등의 수지를 쓰는 것도 생각할 수 있으나 이들 시공이음은 강도면에서는 충분한 성능을 갖고 있으면서도 내구성면에서 문제가 생길 수 있기 때문에 주의할 필요가 있다.

(10) 철근피복

철근콘크리트 부재에서 철근의 피복은 표참(3-6)에 나타난 값 이상을 표준으로 한다. 콘크리트 공장제품(전주, 말뚝 등)에서 콘크리트 품질이 균일하고, 다짐, 양생 등의 시공관리도 현장치기콘크리트에 비해서 확실히 되고 있을 때는 충분한 검토를 거쳐 표참(3-6)의 값보다 낮추어도 좋다. 양생방법으로 증기양생을 시행하는 경우에는 콘크리트의 내해수성에 문제가 생길 가능성이 있으므로 철근피복두께를 저감하지 않는 것이 바람직하다.

표참(3-6) 철근피복두께의 표준치

① 해수에 직접 접하는 부분, 해수에 씻기는 부분 및 심한해풍을 받는 부분	8cm
② 그 밖의 부분	5cm

(11) 표면보호

모래입자를 함유하는 流水, 모래·자갈이 포함된 파랑의 작용 등 심한 마모, 충격 등이 작용하는 구조물에는 적절한 재료로 표면을 보호하거나 부재단면 또는 철근피복두께를 증대시킬 필요가 있다. 표면보호재료는 목재, 양질의 석재, 鋼材, 고분자 재료를 쓴 표면도장(Coating), 폴리머 습浸 콘크리트 등이 있다.

(12) 구조형식

구조물의 구조형식여하는 염해발생 여부 등과 관계가 있다. 부재별로는 보, 슬래브가 기둥, 벽보다도 염해를 받기 쉬운 경향이 있다. 염해의 원인이 되는 염화물 이온, 산소, 물은 콘크리트 표면으로부터 침입하므로 표면적은 되도록 적은 쪽이 좋다. 예를 들면 T형보, I형보 보다 箱型보 또는 슬래브를 채용하는 것이 바람직하다. 콘크리트가 열화되는 경우에 쉽게 보수, 보강 또는 교체할 수 있는 구조형식을 채용하는 것도 생각해 볼 수 있다.

3-6 수중 콘크리트

수중콘크리트는 「콘크리트 표준시방서」 및 「항만공사 표준시방서」에 따라서 설계, 시공하는 것을 원칙으로 한다.

[해 설]

종래의 일반적인 수중콘크리트에 대하여 현재에는 셀룰로즈 또는 아크릴계 수용성 고분자를 주성분으로 하는 수중불분리성 혼화제를 사용하는 수중불분리성 콘크리트의 사용이 일반화되어 있다.

[참 고]

- (1) 주요한 구조부재는 프리팩트 콘크리트, 트래미를 사용하는 방법 또는 콘크리트 펌프를 사용하는 방법에 의해서 시공하는 것을 원칙으로 한다.
- (2) 시공이음은 원칙적으로 두지 않는다.

-
- (3) 수중에서 시공하는 철근콘크리트의 철근피복은 10cm이상으로 한다. 이 값은 현장치기 말뚝이나 지하연속 벽에 사용하는 수중콘크리트의 기준 등을 참고하여 정한 것이다.
 - (4) 수중불분리성 콘크리트는 항만공사 뿐 아니라 해양부를 가로지르는 교량의 교각 등 대형수중구조물에 사용되고 있다. 수중불분리성 콘크리트는 「콘크리트 표준시방서」의 「13-2 수중불분리성 콘크리트」에 정해진 바에 따른다.

제 4 장 역청재료

4-1 일 반

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. 아스팔트 이외의 역청재료로는 타르(Tar), 피치(Pitch) 또는 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) 한국산업규격에 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 표참(4-1)과 같다.

표참(4-1) 스트레이트 아스팔트의 규격

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

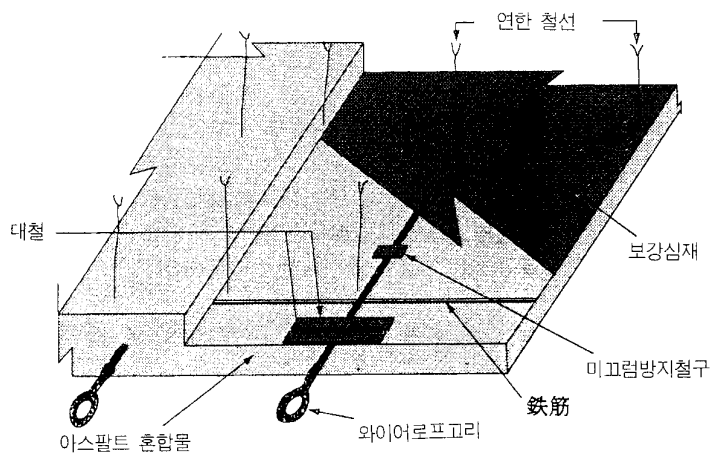
4-2 아스팔트 매트

4-2-1 일 반

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

[해 설]

- (1) 아스팔트 매트는 아스팔트, 채움재(석회석가루), 모래 및 쇄석을 혼합한 혼합물에 보강재 및 들어올리는데 쓸 와이어 로프고리를 매입한 매트모양으로 성형한 것이다.(도해(4-1)참조)



도해(4-1) 摩擦增大매트의 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.

[참 고]

- (1) 아스팔트 매트와 강도 및 시공성은 혼합물의 배합, 보강재, 매트의 두께, 치수에 따라 다르다. 혼합물의 배합은 본편 4-2-3 배합에 의해서 결정하는 것을 표준으로 하고, 보강재는 본편 4-2-3의 [참고] (4)에 보인 押拔시험에 의하여 결정하는 것이 바람직하다.
- (2) 아스팔트 매트의 두께는 그 용도나 요구되는 강도, 힘에 의한 처짐 특성 등을 고려해서 결정되나, 마찰증대 매트의 경우에는 잔존두께, 하중에 의한 변형량, 사석 등에 파고들어가는 양 등을 고려해서 정한다.
- (3) 마찰증대매트의 마찰계수는 제2편 제15장 마찰계수를 참조할 것

4-2-2 재 료

아스팔트 매트¹⁾의 재료는 소요의 강도 및 내구성을 얻을 수 있도록 적절히 선정한다.

[해 설]

아스팔트 매트¹⁾의 재료로는 다음과 같은 것들이 사용되고 있다.

- (1) 아스팔트
석유아스팔트의 규정에 적합한 스트레이트 아스팔트(표참(4-1) 참조) 또는 「KS M 2204 블론아스팔트 표참(4-2) 참조」 나 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 채움재」의 규격에 적합한 것
- (4) 쇄석
「KS F 2525 도로용 부순골재」 및 「KS F 2357 아스팔트 혼합물용 골재」의 규격에 적합한 것으로 입경이 2.5~20mm인 것

[참 고]

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

표참(4-2) 블론아스팔트의 규격

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

- (2) 쇄석은 아스팔트 매트¹⁾의 굵은 골재이고, 아스팔트매트의 강도에 중요한 영향을 주므로 양질의 것이 아니

면 안 된다. 쇠석의 최대입경은 시공면에서 매트두께의 1/6이하로 하는 것이 바람직하나 마찰증대 매트등 큰 압력이 작용하는 경우에는 이보다 큰 것을 사용하는 것이 좋다.

- (3) 아스팔트 매트는 앞의 재료외에 보강재 및 매트를 들어올리는데 쓸 와이어로프가 필요하다. 보강재료는 통상 글래스 클로스, 글래스 섬유테이프 등이 사용되고 있다.

4-2-3 배 합

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 표참(4-3)의 값을 표준으로 사용하여도 좋다.

- (2) 아스팔트 혼합물은 온도에 민감하므로 여름철 시공시에는 유동(Flow)하기 어려운 것을, 겨울철 시공시에는 일정한 유연성을 유지할 수 있는 것을 사용할 필요가 있다.

- (3) 마찰증대 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.

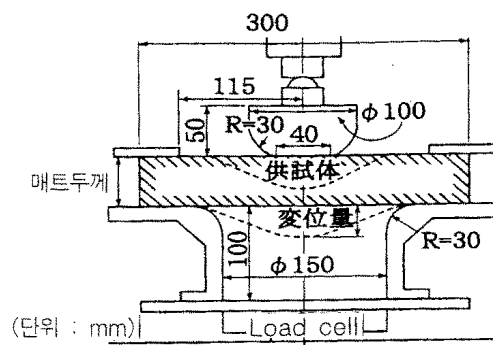
- (4) 혼합물의 시험은 일본 「石油學會誌 제7권 제8호 (1964)」에 실린 「아스팔트 이용 최근의 개발 (板倉忠三 등)」에서 제시하고 있는 방법을 준하는 것이 좋다. 다만, 휨시험 및 압축시험은 일반적으로 온도 20℃, 재하속도 20mm/분의 조건으로 시행한다. 매트의 압발시험은 혼합물에 補強材를 넣은 사방 30cm인 공시체를 일반적으로는 도참(4-1)에 보이는 재하장치를 사용하고 온도 20℃, 재하속도 50mm/분의 조건으로 시행한다.

- (5) 시험결과의 판정배합시험결과의 판정기준치는 각각의 제반조건에 따라 설정하는 것이 바람직하다. 이 판정기준의 예 하나를 보이면 표참(4-4)과 같다.

표참(4-3) 아스팔트 혼합물의 배합표준

재 료	중 량 비(%)	
	마찰증대용	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) “더스트”는 0.074mm이하의 모래 및 채움재, “잔골재”는 0.074mm~2.5mm 굵기의 쇠석, 모래 및 채움재. “굵은 골재”는 2.5mm이상 굵기의 쇠석



도참(4-1) 압발시험장치(예)

표참(4-4) 시험결과의 판정기준치(예)

試驗項目	摩擦增大매트	洗掘防止매트	
		普通매트	強化매트
混合物の 試驗			
比 重 試 驗	2.2이상	2.2이상	
휨 試 驗			
强 度	2.0N/mm ² {20.4kgf/cm ² }이상	1.0N/mm ² {10.2kgf/cm ² }이상	
휨 量	3mm이상	3mm이상	
壓 縮 試 驗			
强 度	2.0N/mm ² {20.4kgf/cm ² }이상	1.0N/mm ² {10.2kgf/cm ² }이상	
押 拔 試 驗			
最 大 荷 重	-	8kN이상	15kN이상
変 位 量	-	10mm이상	30mm이상

4-3 포장용 재료

포장용 재료는 특수한 하중조건에 놓여있는 구역을 제외하고는 원칙적으로 「아스팔트 포장 설계·시공요령」에 의한다.

[해설]

여기에서 말하는 「특수한 하중조건에 놓여있는 구역」이라 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 완속주행상태에 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 「제8편 제16장 부두들」을 참조할 수 있다.

[참고]

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.

4-4 샌드매스틱

4-4-1 일 반

[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 사석층에 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.

4-4-2 재 료

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 채움재」의 규정에 적합한 것을 쓴다.

[참 고]

- (1) 수중시공용 샌드매스틱에 사용하는 아스팔트는 수중에 유하시켰을 때 사석층의 간극에 공극이 없게 충전시켜야 되므로 충분한 유동성을 갖게 하기 위하여 앞서와 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 微알카리성의 채움재와 잘 부착하므로 미알카리성을 나타내는 석회석가루로 채움재를 사용하기로 하였다.

4-4-3 배 합

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 자연 조건 등에 의해서 필요로 하는 반죽질기 및 강도가 다르게 되므로 이와 같이 규정한 것이다.

[참 고]

(1) 배합일반

수중에 시공하는 샌드매스틱의 배합은 표참(4-5)의 값을 쓰는 경우가 많다. 표중에서 더스트란 모래 및 채움재중 0.074mm체를 통과하는 것을 말하고, 잔골재란 모래나 채움재중 0.074mm체에 잔류하는 것을 말한다.

(2) 배합시험

수배합을 결정하는데는 일반적으로 다음의 시험을 실시한다.

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

(3) 시험결과 판정

배합시험결과는 각각 다음조건을 만족하도록 결정한다.

① 유동성시험

가. 수중에 시공하는 샌드매스틱의 流下時間은 20~60초의 범위로 한다.
나. 流下台를 유하하는 샌드매스틱의 표면에 생긴 균열은 샌드매스틱이 切斷된 樣相을 나타내는 것은 아니다.
다. 모래는 샌드매스틱에서 분리되어 흘러내리지 않는다.

② 비중시험 : 1.95이상

③ 휨시험 : 강도는 1.0N/mm²이상, 휨처짐량은 5.0mm이상

④ 압축시험 : 1.0N/mm²이상

(4) 샌드매스틱 소요량 산정법

사석층에 시공하는 샌드매스틱의 소요량은 식(참4-1)로 산출한다.

$$V = \alpha A(h\nu + d)$$

(참4-1)

여기서,

- V : 샌드매스틱의 소요량(m³)
- A : 샌드매스틱을 시공하는 사석층의 면적(m²)
- h : 샌드매스틱을 시공하는 사석층 두께(m)
- ν : 샌드매스틱을 시공하는 사석층의 공극률
- d : 사석층상의 샌드매스틱 피복두께(m)
- α : 하층사석층에 주입되는 것을 고려한 할증율

(5) 설계상 제한 사항

샌드매스틱을 설계함에 있어 제한사항으로는 다음 것들이 있다.

- ① 강한 충격파압 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.

제 5 장 석 재

5-1 일 반

石材는 그 사용목적에 따라 所要의 品質 및 性能을 갖는 동시에 경제성을 고려해서 選定한다.

[참 고]

- (1) 일반적으로 석재는 방파제·계류시설 등 항만 구조물에 다량으로 쓰여지는 재료이다. 석재의 선정은 구조물의 안정성 및 공사비에 크게 영향을 주므로 충분히 검토하고 선정하여야 하며. 석재의 결점 및 등급, 석재의 분류는 「KS F 2530 석재」에 따른다,
- (2) 석재의 품질은 산지 및 암석의 종류에 따라 1등급, 2등급 및 3등급으로 구분되며, 품질의 기준은 표참(5-1)과 같다.

표참(5-1) 석재의 품질

등 급	기 준
1 등 품	▣ (3)항에 표시한 결점이 거의 없는 것 ▣ 크기는 비슷한 것
2 등 품	(3)항에 표시한 결점이 심하지 않은 것
3 등 품	(3)항에 표시한 결점이 실용상 지장이 없는 것

- (3) 石材의 缺點은 다음과 같다
 - ① 치수의 부정확, 구부러짐, 균열, 얼룩, 썩음, 빠진 조각, 오목
 - ② 연석에서는 위에 기록한 것 외에 반점 및 구멍
 - ③ 치장용에는 특히 색조 또는 조직의 불균일 및 물듦
- (4) 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, 사괴석으로 분류되고, 물리적 성질은 표참(5-2)와 같으며. 같은 분류의 석재에도 생산지 및 채취위치에 따라 물리적 성질이 크게 다를 수가 있으므로 주의하지 않으면 안 된다.

표참(5-2) 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
	회록암	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 {1,949}

5-2 기초사석

기초사석으로 쓰이는 석재는 편평·세장한 것이 아니고 견경, 치밀, 내구적이며 풍화나 동결융해로 파괴될 염려가 없는 것이라야 한다.

[해설]

사용석재를 결정할 때는 시험을 통하여 충분히 재질을 파악한 다음에 구득의 난이, 운반능력, 가격 등을 고려하여 정하여야 한다.

[참고]

- (1) 기초사석의 허용지지력은 「제4편 제2장 알은기초의 지지력」을 참조한다.
- (2) 대형삼축압축시험을 행하지 않고 강도정수를 결정하는 경우의 기준으로서 일축압축강도가 30N/mm²이상이면 전단강도가 0.02N/mm², 내부마찰각이 35°는 기대할 수 있다는 결과를 제시하고 있다.

5-3 뒷채움재

뒷채움재료는 내부마찰각 및 단위체적중량 등의 재료특성을 고려해서 선정한다.

[해설]

일반적으로 뒷채움 재료로는 割石, 막자갈, 玉石, 철강슬래그 등이 사용된다. 土丹, 砂岩 및 철강슬래그는 재질이 균일하지 않으므로 이들의 사용을 검토할 때는 신중히 조사하지 않으면 안 된다.

[참 고]

(1) 일반적으로 쓰이고 있는 뒷채움재의 설계값으로는 표참(5-3)의 값을 사용하는 예가 많다.

표참(5-3) 뒷채움재의 설계치

뒷채움재 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 쉬운재질의 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 석재」에 가까운 것이다.
- (3) 막자갈이란 선별하지 않은 자갈로서 모래와 자갈이 반 정도씩 섞여있는 것을 말한다.
- (4) 사면경사도는 표에 있는 뒷채움 재료를 해수 중에서 시공하는 경우 시공 시에 낙하하여 자연적으로 형성 되는 경사도의 표준적인 값을 나타낸 것이다. 일반적으로 뒷채움 시공 시 파랑의 영향이 적은 곳에서는 작은 값을 취하고, 파랑의 영향이 있는 곳에서는 큰 값을 취한다.
- (5) 철강슬래그는 본편 8-2 슬래그를 참조한다.

5-4 노반재료

노반재료는 소요의 지지력을 얻을 수 있는 것으로 다음 작업이 용이하고, 내구성을 고려해서 선정하여야 한다.

[해 설]

노반재료로서는 보통 입상재료, 시멘트 안정처리재, 역청 안정처리재 등에 사용한다. 입상재료로서는 쇄석, 철강슬래그, 막자갈, 산자갈, 막캔돌, 쇄석더스트, 모래 등이 있고, 이들을 단독으로 사용할 때와 두 가지 이상의 입상재료를 혼합해서 사용하는 경우가 있다.

[참 고]

노반은 상부에서 전달되는 상재하중을 분산해서 노상에 전달하는 역할을 하는 것으로 보통 하층노반과 상층노반으로 분류한다. 하층노반에는 비교적 지지력이 적고, 저렴한 재료, 상층노반에는 지지력이 큰 양질의 재료를 사용한다.

노반으로서의 소요지지력 및 사용재료에 대한 규정은 콘크리트포장과 아스팔트포장에 따라 어느 정도 다르다. 이에 대해서는 「제8편 제16장 부두 틀」, 「아스팔트 포장설계·시공요령」, 「도로포장설계·시공지침」을 참조하여 적용한다.

제 6 장 목 재

6-1 목재의 품질

6-1-1 보통구조용 목재

보통구조용 목재로 사용하는 목재는 해당하는 한국산업규격(KS)에 적합한 것 또는 이와 동등이상의 품질을 갖는 것을 선정하여야 한다.

[해설]

보통구조용 목재라 함은 나무말뚝을 제외한 구조용 목재를 말한다. 중요한 항만구조물의 주요부재로 목재를 사용하는 것은 내구성이 적으므로 좋지는 않으나, 부득이해서 사용하는 경우에는 본장을 적용한다.

[참고]

- (1) 품질의 선정에는 그 용도가 인장재, 압축재, 접합재의 어느 것인가에 따라 용이구멍, 섬유경사, 갈라짐, 휘어짐 등에 주목하고, 주요구조부재에 대해서는 되도록 썩을 위험이 없고 내구성이 큰 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.

6-1-2 나무말뚝재

나무말뚝재로는 내구성, 강도 등을 고려하여 소나무재 (赤松, 黑松)로서 가공하지 않은 것이 가장 적당하다.

[해설]

- (1) 나무말뚝재의 선정 시는 다음사항을 고려하여야 한다.
 - ① 갈라짐 등의 결점이 없는 것으로 껍질을 제거한 원구에서 말구까지의 직경이 대략 비슷한 것으로 할 것
 - ② 말뚝재의 꾸부러짐의 한도는 말뚝머리와 말뚝 끝을 연결하는 중심선이 말뚝 밖으로 나오지 않는 것으로 하거나 또는 길이의 0.5% 이내로 할 것
- (2) 나무 말뚝재는 내구성, 강도 등의 면에서 소나무의 가공하지 않은 것이 가장 적당하다고 하고 있다.

6-2 목재의 허용응력도

6-2-1 일 반

목재의 강도는 그 구조물에 요구되는 變形上의 제한도 고려하여 각종 요인에 의한 강도의 증감을 총체적으로 고려해서 결정하여야 한다.

[해설]

목재의 강도는 재료의 종류, 함수율, 기타의 요인에 의해서 매우 다른 것이 일반적인 현상이기 때문에 안전율

도 이런점을 예상하여 겹보기 안전율로 되어 있다.

6-2-2 보통 구조용 목재의 허용응력도

보통구조용 목재의 허용응력도는 습윤정도 등에 의한 강도의 감소나 이상시 하중에 대한 할증을 고려해서 적절히 정한다.

[참 고]

- (1) 구조용 목재의 허용응력 조정계수는 「KS F 2162 구조용 목재의 허용 응력 조정계수」에 따라야 한다.
- (2) 목재의 섬유방향 허용응력도 및 섬유직교방향의 허용응력도는 목재의 재질관련 설계기준에 따른다.

6-3 집성재의 품질

구조용으로 사용하는 集成材는 構造大斷面集成材의 재질관련 한국산업규격(KS F 3021)이나 설계기준 등의 규격에 적합한 것 또는 이와 동등이상의 품질을 갖는 것으로 한다.

6-3-1 집성재의 허용응력도

집성재의 허용응력도는 사용목적에 따라 적절히 정한다.

[참 고]

집성재의 허용응력은 한국산업규격(KS F 2162)에 따라야 한다.

6-4 목재의 접합

목구조의 접합방식은 구조물 또는 구조부재의 소요성능을 고려해서 산정한다.

6-5 목재의 보수

목재를 충해 또는 부식이 많은 곳에 사용하는 경우에는 이들에 의한 피해를 방지하도록 노력한다.

[해 설]

목재의 결점은 충해, 부식 및 재질의 취약에 있고, 특히 항만구조물에서는 비교적 짧은기간에 큰 피해를 주는 해충에 대해서 충분한 방어대책이 필요하다.

제 7 장 기타 재료

7-1 기타 금속재료

강재이외의 금속재료를 사용하는 경우에는 사용부위, 목적, 환경조건, 내구성, 경제성 등을 감안하고 최적 재료를 선정한다.

[참 고]

항만시설에 사용하는 강재이외의 금속으로는 스테인리스 강, 알루미늄, 티탄 등이 있다.

(1) 스테인리스 강

스테인리스 강은 KSD 3702, 3703, 3705, 3706에 정해진 품질을 원칙으로 사용 한다. 스테인리스강은 방식 목적으로 쓰는 경우가 많으나, 해양환경 하에서 스테인리스강의 내식성은 그 종류에 따라 크게 다르기 때문에 재료 선정 시에는 시험결과나 과거의 실적을 참고해서 정하는 것이 바람직하다.

(2) 알루미늄

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

(3) 티탄

티탄은 강도/질량 비가 크다. 즉 강도(두께0.2mm이상 1.5mm이하일 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 수10Å의 산화피막(O₂)이 형성되어 쉽게 不動態化하기 때문에 해수 중에서도 孔蝕 및 隙間腐蝕에 현저히 강하고, 거의 부식되지 않는다. 이 성질을 이용해서 강구조물의 방식재료로 사용되는 경우가 있다.

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

7-2 플라스틱과 고무

플라스틱 및 고무를 쓰는 경우에는 사용하는 부위, 사용목적, 환경조건, 내구성, 경제성 등을 감안하며 적절한 재료를 선정한다.

[참 고]

(1) 항만공사에 있어서 플라스틱 및 고무제품의 용도에는 다음과 같은 것이 있다.

① 지오신세틱(Geo-Synthetic)

지오신세틱이라는 용어는 종래부터 있었던 「지오텍스타일(Geotextile)」(투수성이 있는 시트(Sheet)모양의 고분자 재료제품)과 불투수성의 膜狀구조제품인 「지오멤브레인(Geomembrane)」을 포함하여 총칭하는 것으로 광의의 지오텍스타일, 지오멤브레인, 지오컴포지트(Geocomposite)가 있다. 지오신세틱에는 透水性재료와 遮水性재료가 있고, 각각의 특징은 다음과 같다.

가. 透水性材料

織布(Geo-Woven)의 재질은 일반적으로 폴리에스테일이고, 제조법은 縱絲와 橫絲를 직각으로 교차시켜 織造한 제품이다. 不織布(Geo-Nonwoven)의 재질은 직포와 같이 직조하는 구조가 아니고, 역학적·화학적 또는 溶劑를 사용하여 섬유를 접착시키거나, 맞물려 접착시키는 방법 또는 두가지 방법을 함께 적용하여 제조하는 Textile구조(布構造)이다.

㉔ 장섬유 : 스판본드(Spun Bond)로 대표되며 사용섬유가 아주 길고, 두께가 일반적으로 10mm이하로서 비교적 얇으면 두께의 조정이 쉽지 않다.

㉕ 단섬유 : (反毛 ; 再生毛) 펠트(Felt)로 대표되며 사용섬유가 약 3~5cm정도로 짧다. 두께는 일반적으로 10mm이상이고 두께의 조정이 용이하다.

나. 遮水性材料

遮水板으로 대표되며 직포 등에 軟質의 鹽化비닐을 塗布한 불투수성 멤브레인 구조이다.

항만공사에서 지오신쉴텍의 용도로는 다음과 같은 것들이 있다.

㉔ 성토보강대책

준설점토를 사용한 매립지반상에 양질토를 뿌릴 때 양질토의 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 채용하는 예가 많다.

㉕ 吸出 및 세굴방지대책

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

② 이음재료

콘크리트구조물의 시공이음부에는 지수관이나 이음판, 주입이음재가 쓰인다. 지수관은 염화비닐 수지제가 대부분이고 경질염화비닐 시트 및 필름이 제조되고 있다. 이음판은 염화비닐 폴리에틸렌 등의 플라스틱 폼(Foam)製の 것이 있고, 주입이음재로는 폴리설퍼아이드계, 실리콘계, 부틸고무계, 클로로프렌 고무계의 彈性씰링재가 사용되고 있다.

③ 방충재

고무방충재는 KS M 6709(고무방현재)의 품질을 사용하는 것을 원칙으로 하며, 또한 클로로프렌계의 합성고무 또는 천연고무가 사용되고 있다. 시험방법은 KS M 6518 가황고무 물리시험 방법에 의한다.

④ 지반주입재 : 「본편 7-4 주입재료」 참조

⑤ 도장재료 : 「본편 7-3 도장재료」 참조

⑥ 씰(Seal)재

배사관 이음, 沈埋函 씰고무가스켓트 등이 있다.

⑦ 접착제

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

⑧ 피복(Lining)재

강재 및 철근의 방식 또는 보호재로 쓰여지고 있다.

⑨ 드레인(Drain)재

드레인재로서 특수한 硬質비닐로 만든 고무와 부직포로 만든 필터를 조합한 복합구조인 것과 폴리염화

비닐을 특수가공한 多孔質의 단일구조로 된 것이 있다.

⑩ 이음, 받침재

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

⑪ 부대설비 등

부표, 함선 등 부체에는 FRP製の 것이 있고, 사다리, 난간, 차막이 등의 부대설비에는 고무 FRP製가 있다.

⑫ 發泡스티로폼(Styrofoam)

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

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

① 방사포(防砂布)

뒷채움층 내로 토사가 침입하는 것을 방지하기 위한 방사포는 뒷채움층의 시공방법, 잔류수위의 크기, 뒷채움사면의 고르기 정도 등의 시공조건을 고려해서 결정할 필요가 있다.

사석마운드 저면에 부설해서 지반토사의 흡출을 방지하기 위하여 쓰이는 방사포는 파고, 조류, 사석의 크기 등의 시공조건을 고려해서 결정할 필요가 있다. 표참(7-1)(a)~(b)에 시공조건이 양호한 경우 부직포와 직포의 최저규격을 나타내었다.

표참(7-1)(a) 不織布 防砂시트의 최저규격

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

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

표참(7-1)(b) 織布 방사시트의 최저규격

종 별	두 겹	인장강도	신 율	비 고
직 포	0.47mm이상	4,080N/5cm이상	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, 표참(7-2)에 나타난 규격이상의 것을 쓰는 것이 바람직하다. 한냉지 등에서는 고무재가 사용되는 예도 있으며 표참(7-3)에 나타난 규격이상인 것을 쓰는 것이 바람직하다.

표참(7-2) 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 0769 (르라페 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

표참(7-3) 고무製 방사판의 최저규격

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

③ 고무계 매트
마찰증대용으로 쓰여지는 고무계 매트는 재생고무를 사용한 것과 새로운 고무를 사용한 것이 있다. 품질은 표참(7-4)을 기준으로 하는 예가 많다.

표참(7-4) 재생고무 및 새로운 고무의 품질

시험항목			강도 등		시행조건 · 방법
			재생고무	새로운 고무	
물	노 화 전	인장강도	4.9 N/mm ² 이상	9.8 N/mm ² 이상	KS M 6782
		引裂强度	18 N/mm 이상	25 N/mm 이상	KS M 6783
		경 도	55~77(눈금)	70±5(눈금)	KS M 6784
		신 율	160% 이상	250% 이상	KS M 6782
리	노 화 후	인장강도	3.9 N/mm ² 이상	9.3 N/mm ² 이상	KS M 6782
		引裂强度	—	—	
		硬 度	老化前 값의 ±8 이내	老化前 값의 ±8 이내	KS M 6784
		伸 率	140% 이상	200% 이상	KS M 6782
험	압축영구변형		—	45% 이하	KS M 6670 노화온도 70±1° 노화시간 24 ⁰ / ₂ 시간

7-3 도장재료

도장재료의 선정에는 다음사항을 고려한다.

- (1) 도장의 목적
- (2) 도장면의 재질 및 특징
- (3) 도료의 성능 및 성분
- (4) 경제성
- (5) 유지관리

[해설]

- (1) 도장재료는 방청, 방식, 표면보호, 살충, 내열, 미관, 표지용 등의 여러 가지 용도에 맞는 품질이 만들어지고 있다. 또 도장면의 재질에 따라서도 콘크리트용, 금속재료용, 목재용 등으로 분류되기도 한다. 이들 중에서 도장의 목적 및 도장면의 소재에 가장 적합한 도장재료를 선정할 필요가 있다.
- (2) 도장재료는 일반적으로 성상 또는 성능이 다른 2~3종류의 도료를 중첩하여 바르고, 전체로서 필요한 성능을 발휘시킨다. 여기에는 숏프라이머(Shop Primer), 초벌(下塗) 도료, 재벌도료 및 정벌도료가 있고 각각의 역할이나 목적 등에 따라 적절히 조합하여 선정 사용할 필요가 있다.

[참 고]

- (1) 항만구조물의 방청·방식목적으로 도장하는 경우는 「본편 2-4-5 도복장 공법」 이외에 한국강구조학회에서 발행한 강구조 설계기준과 강구조물의 시공 및 유지관리를 참고할 수 있다.
- (2) 임항교통시설인 교량의 도장재료 선정에서는 「도로교 표준시방서」, 「강도로교 도장편람」, 「도로교 염해 대책지침」을 참고할 수 있다.
- (3) (1),(2)이외의 도장에 대해서도 앞에 열거한 문헌을 참고하는 것이 좋다.
- (4) 도로의 색조에는 많은 종류가 있고 도장의 목적, 경관, 경제성 등을 고려해서 색을 결정하는 것이 일반적이다. 경관을 고려하는 경우의 색조로 많이 쓰이는 여섯 계통(폴리우레탄 수지계도료)의 색에 대한 특성은 표참(7-5)에 나타난 바와 같다.

표참(7-5) 색계열별 특성

특보색성성 \ 색계열	灰色系	靑色系	黄色系	橙色系	赤色系	綠色系
保色性	◎~○	○	○	○	○	○
變褪色이 눈에 띠지 않음	◎	○	○	○	△	○
경제성	1	2	3	4	5	2
隱蔽力	◎	○	△	△	○~△	○
耐藥品性	◎	◎	○	○	○	◎

주: 경제성 항에 보이는 숫자는 저렴성 순위
◎ 복수, ○ 대략 만족, △ 주의를 요함

- (5) 路面 표지용 塗料(Traffic Paint)는 아래와 같이 구분한다.
- ① 常溫건조형 도료
알키드(Alkyd) 수지, 비닐수지, 아크릴 수지 등을 쓴 것으로 내구성이 약하기 때문에 간단한 보수용으로 쓰인다.
 - ② 加熱건조용 도료
특수한 합성수지를 쓴 것으로 가열해서 스프레이로 칠한다. 速乾형으로 작업성이 뛰어나고 내마모성이 우수하다. 특히 한냉지에서 많이 쓰인다.
 - ③ 溶着형 도료
가열용융한 것을 도장하고 냉각시킨다. 속건형으로 도막이 두껍고 내구성이 우수하다. 특히 시가지에서 주로 쓰인다.
 - ④ 接着형시트
비닐수지 등을 비히클(Vehicle)로 제작한 시트를 접착한다.

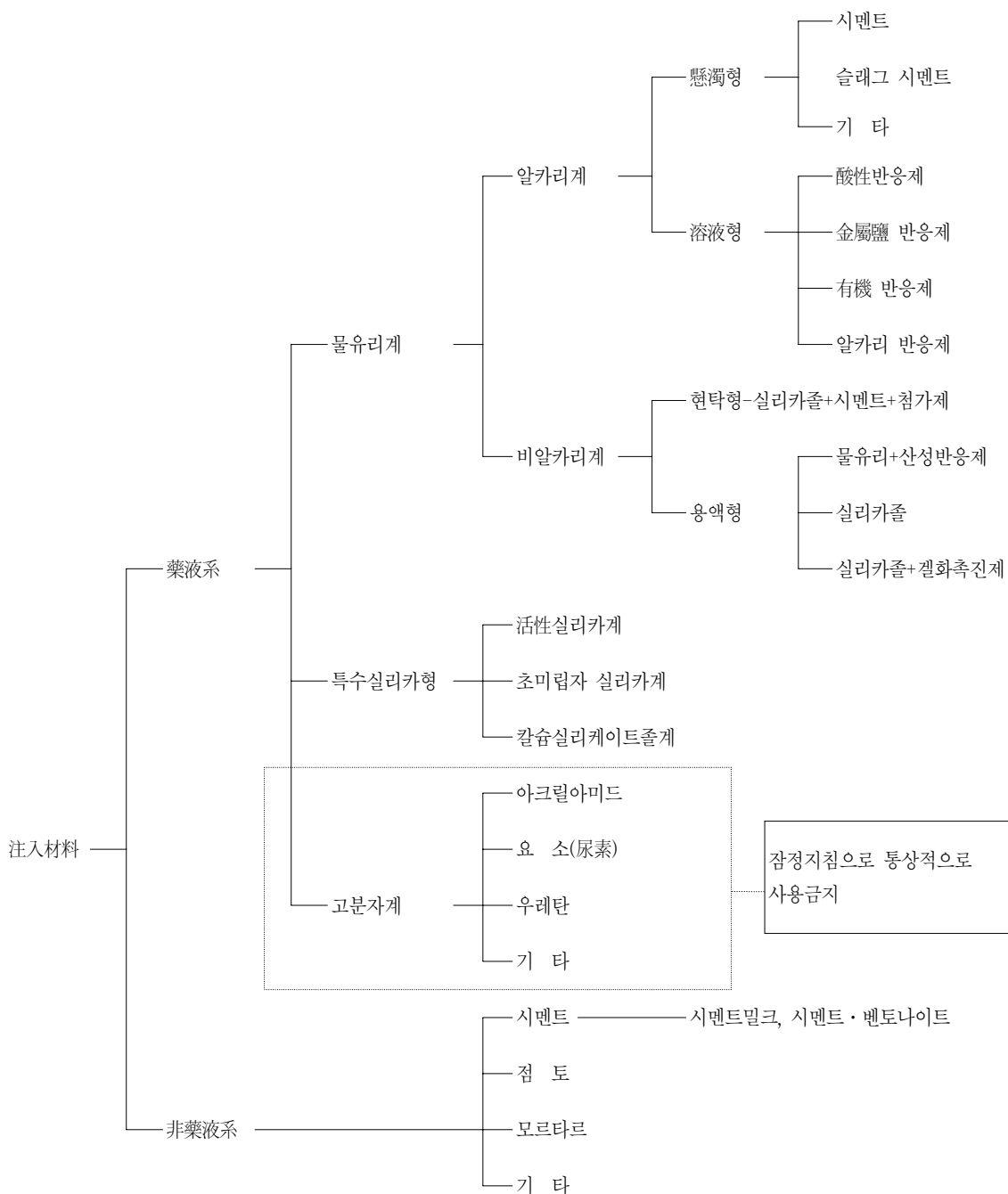
7-4 주입재료

7-4-1 일 반

주입공법은 시공조건상의 특성에 따라 적절히 선정하고 주변 환경에 대해서도 유념하여 실시한다.

[해설]

주입공법이란 암반, 지반, 구조물주변, 구조물내부, 굽은골재 등의 공극에 재료를 충전하여 지하수의 이동을 저지하거나, 지반의 강화를 도모하는 것으로 주입대상물의 특성에 따라 각종 주입재료가 쓰여 지고 있다. 주입재료는 사용원료를 기준하여 분류하면 다음과 같다.



[참 고]

주입제중에는 다소의 독성이 있는 것이 있기 때문에 주입공법을 시행할 때는 「약액주입공법에 의한 건설공사의 시공에 관한 잠정지침(일본 건설성, 1974)」 등을 참고한 후 지하수의 수질오염이나 이에 수반하는 인간의 건강에 피해를 입히는지에 충분히 주의해서 시공할 것. 이 잠정지침의 요점은 다음과 같다.

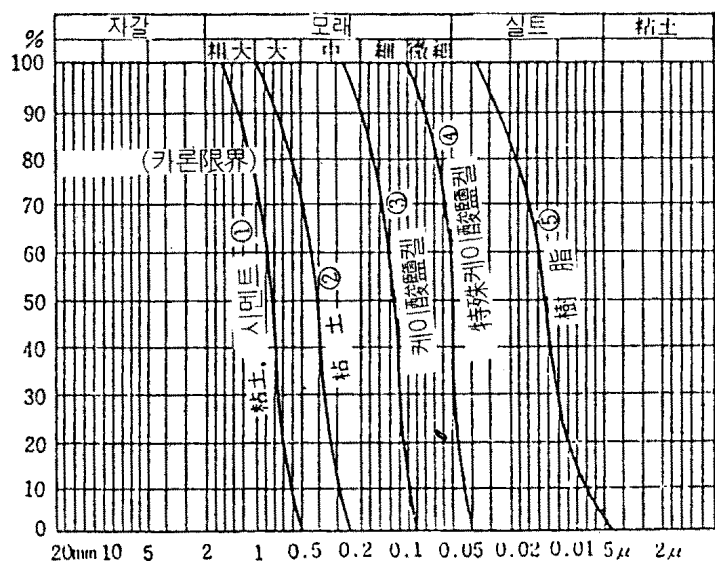
- (1) 사전에 토질조사, 지하매설물조사, 지하수위조사를 시행할 것
- (2) 사용하는 약액은 공사시공 중 긴급사태가 발생하면 응급조치를 취하고 재료로는 물유리계의 약액(케이산 나트륨이 主劑)으로서 독극물 또는 弗素化合物이 포함되어 있지 않는 것에 한함(비약액계는 지침의 대상이 아님)
- (3) 현장주입시험을 시행할 것
- (4) 주입작업 및 약액의 보관에는 충분히 주의하고 노동재해의 발생을 방지하며 이상상태가 발생하는 경우는 적절한 조치를 강구할 것
- (5) 배출수 및 배수시설에 생기는 이토의 처리는 기준 또는 법령이 정하는 규정에 적합할 것. 殘土 및 殘材의 처분은 수질오염 또는 인간의 건강에 피해가 발생하지 않도록 조치할 것
- (6) 지하수 또는 공공용 수역 등의 수질이 기준에 적합한 상태를 유지하고 있는지의 감시를 철저히 할 것

7-4-2 주입재료의 성질

주입재료는 대상으로 하는 지반조건과 소요성능을 고려해서 선정한다.

[해 설]

주입재료에 요구되는 기본적 성질은 浸透性, 充填固結性, 固結物의 강도와 不透水性 등으로 특히 침투성에 의해서 주입대상지반에 적합한지 여부가 좌우된다. 지반의 토질입도별 각종 주입재료의 침투한계는 도해(7-1)과 같다.



도해(7-1) 지반의 토질입도별 주입재료의 침투한계

[참 고]

- (1) 주요 약액주입재료의 재료 및 특성은 제품에 따라 약간씩 다르기는 하나 각종 제품의 소개 자료에 의하면 표참(7-6)에 나타난 바와 같다.

표참(7-6) 주입재료의 성질

分類	主要構成物質	比重	粘土 CPS	pH	壓縮強度 $\sigma_7(N/cm^2)$	겔화시간	겔화시간의 調整方式	注入 方式	最適 土質
물 유 리 계	케이산나트륨(主劑) 硬化劑(懸濁液型, 有機系 無機系溶液型) 促進劑	1.1 } 1.3	2 } 10	6 } 12	30~150	數秒 } 수시간	促進劑 添加量	一液 또는 二液	자갈, 모래
시 멘 트 계	시멘트 벤토나이트 슬래그 시멘트	2.4 } 3.2	1 } 2	>12		數分 } 시멘트 硬化時間	反應劑 添加量	一液 또는 二液	자갈, 모래
아 크 릴 아 미 드 계	아크릴아미드(主劑) 開始劑 促進劑 抑制劑 기타 補助劑	1.0	1.2	6 } 8		數秒 } 數時間	促進劑 및 抑制劑 添加量	一液 또는 二液	粒徑 0.01mm

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

7-5 매립재료로 쓰이는 폐기물

[참 고]

폐기물을 매립재료로 처분하는 경우는 폐기물의 처리에 관한 법령(폐기물관리법) 및 해양오염방지에 관한 법령(해양오염방지법)이 정하는 바에 따라야 한다.

폐기물의 처리에 관한 적용 예를 정리하면 표참(7-7)과 같다.

표참(7-7) 폐기물의 처리에 관한 法律의 適用관계

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

주 : 해양시설이란 해역에 설치된 공작물을 말한다.

7-6 복합소재(複合素材)

복합소재의 주요 구성재인 강화섬유와 플라스틱 수지는 고강도, 고내구성, 내부식성의 특성이 있는 재료로서 한국산업규격(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 표참(7-8)의 요구조건을 만족해야 한다.

표참(7-8) 경화된 수지의 요구조건

특성	조건	시험방법
인장강도	55 MPa	KS M 3006
탄성계수	3000 MPa	KS M 3006
신장율	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 표참(7-9)의 요구조건을 만족해야 한다.

표참(7-9) 유리섬유(E-glass)의 물성치 요구조건

특성	조건	시험방법
인장강도	3.5×10^3 MPa	KS L 2513
탄성계수	7.4×10^5 MPa	KS L 2513
신장율	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 설계시 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 사용환경

제 8 장 재생자원재료

8-1 일 반

재생자원 재료를 이용하는 경우에는 재료의 특성 및 구조물의 특성에 따라 적절히 이용한다.

[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 土石재료로 매립재, 노반재, 지반개량재, 콘크리트용 골재 등으로 이용되고 있다.
- (2) 슬래그, 석탄회, 콘크리트 덩어리, 아스팔트 콘크리트 덩어리 등을 재생자원재료로 이용할 때에는 폐기물의 처리에 관한 법령 및 해양 오염방지에 관한 법령을 검토할 필요가 있다.
재생자원 재료가 폐기물이나 아니냐하는 것은 그 재료의 物性이 객관적, 본질적으로 정하여진 것은 아니고, 일반적으로 그 재료가 유용하고 다른 사람에게 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 검토할 필요가 있다.

[참고]

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 부가가치의 창출 등 큰 의미를 가질 수 있다. 따라서 이제까지 문제가 있는 폐기물을 매립처분 한다는 식의 부정적인 생각이 아니고 그 재생자원 재료의 특징을 장점으로 활용한다는 긍정적인 발상으로 이들 재료를 적극적으로 이용할 필요가 있다.

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.

이들에 관하여 수집된 자료는 많지 않으나 「석탄회 및 철강 슬래그의 활용기술(高橋邦夫, 항기연자료 No. 886, 1996)」을 참고할 수 있다.

8-2 슬래그

[참 고]

여기서는 철강(鐵鋼)슬래그, 동수쇄(銅水碎)슬래그, 웨로닉켈수쇄(水碎)슬래그에 대해서 소개한다.

철강슬래그는 제철공장에서 대량으로 발생하는 산업폐기물로서 고로슬래그와 제강슬래그로 대별된다. 고로슬래그는 銑鐵을 만드는 과정에서 나오는 슬래그이고(銑鐵 1톤당 약 300Kg生成), 서서히 냉각 처리한 高爐徐冷슬래그와 加壓水를 분사하여 급격히 냉각시킨 高爐冷却슬래그(高爐水鎖슬래그)로 나누어진다. 제강슬래그는 선철을 鋼으로 만드는 제강공정에서 나오는 슬래그이고, 製鋼爐의 종류에 의해서 轉爐슬래그와 電氣爐슬래그로 나누어진다.(전로슬래그의 경우 粗鐵 1톤당 약 130Kg 생성하며, 전기로산화슬래그와 전기로환원슬래그가 있다).

해양용 케이슨 채움용으로는 KS F 2579(케이슨 채움재용 철강슬래그)에 의해 고로슬래그 단독이나 고로슬래그와 제강슬래그를 혼합제조 사용하고 있다. 또한 도로의 기층 및 보조기층, 공항활주로, 철도의 노반 등에도 이와 같은 복합슬래그를 사용하고 있다. 高爐徐冷슬래그는 종래 鑛滓등으로 알려졌었으며 도로용재 등으로 사용되어온 粒狀재료로서 대략 전량이 유효하게 이용되고 있다. 수쇄슬래그는 경량의 모래모양 재료로서 고로슬래그 시멘트의 원료로 이용되고 있는 외에 그 경량성을 살려 항만구조물의 뒷채움재료 등으로 이용되고 있고 이것도 100% 가깝게 이용되고 있다. 수쇄슬래그의 이용은 일본기준 제5편 7-6 수쇄슬래그 치환공법을 참고할 수 있다.

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. 표참(8-1)에 슬래그와 흙의 화학성분비교 및 표참(8-2)에 제강슬래그와 高爐徐冷슬래그의 물리적·역학적 특성을 나타내었다.

표참(8-1) 화학성분비교

(單位：%)

成分 \ 種類	高 爐 슬래그	轉 爐 슬래그	電氣爐슬래그		山 土	安山岩	普通포틀랜드 시 멘 트
			酸化슬래그	還元슬래그			
SiO ₂	33.8	13.8	19.0	27.0	59.6	59.6	22.0
CaO	42.0	44.3	38.0	51.0	0.4	5.8	64.2
Al ₂ O ₃	14.4	1.5	7.0	9.0	22.0	17.3	5.5
T-Fe	0.3*	17.5	15.2	1.5	—	3.1*	3.0**
MgO	6.7	6.4	6.0	7.0	0.8	2.8	1.5
S	0.84	0.07	0.38	0.50	0.01	—	2.0***
MnO	0.3	5.3	6.0	1.0	0.1	0.2	—
TiO ₂	1.0	1.5	0.7	0.7	—	0.8	—

注) * : FeO, ** : Fe₂O₃, *** : SO₃

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

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

표참(8-2) 철강슬래그의 物理·力學特性

	製鋼슬래그	高爐슬래그	
		MS-25	CS-40
絶乾密度(g/cm ³)	3.19 ~ 3.40	—	—
吸水率(%)	1.77 ~ 3.02	—	—
單位体積重量(kN/m ³)	19.7 ~ 22.9	17.2 ~ 17.8	16.7 ~ 17.2
最適含水比(%)	5.69 ~ 8.24	8.8 ~ 9.4	8.4 ~ 9.0
最大乾燥密度(g/cm ³)	2.34 ~ 2.71	2.18 ~ 2.21	2.13 ~ 2.17
修正CBR(%)	78 ~ 135	170 ~ 204	152 ~ 186
透水係數(cm/s)	10 ⁻² ~ 10 ⁻³	10 ⁻² ~ 10 ⁻³	—
内部摩擦角(°)	40 ~ 50	—	—

동수쇄(銅水碎)슬래그는 銅製鍊 工程에서 발생하는 것으로 물로 급속 냉각하여 얻어지는 모래모양의 재료로 粒子密度가 모래보다 크다. 입자의 파쇄는 쉽고, 내부마찰각과 투수성은 해사와 같은 정도이다. 동의 용융 제련시 부산물로서 국내 생산량은 연간 약 70만톤 정도이며, KS F 2543(콘크리트용 동슬래그 골재)에 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.

웨어니켈수쇄슬래그는 스테인리스강등의 원료인 웨로니켈의 제로시에 얻어지는 재료로 입자밀도가 모래보다 크다. 웨로니켈수쇄슬래그는 케이슨 속채움재로 사용한 실적이 있다.

이상의 슬래그는 어느 것이든 기본적으로 管理形의 산업폐기물로서 천연골재의 부족과 석산개발에 따른 환경 파괴 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.

8-3 석탄회

[참 고]

석탄회는 석탄의 종류나 보일러의 연소방식에 따라 성상을 달리하고, 회수된 장소에 의거 플라이 애시와 크링커 애시로 구별된다.

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.

일본에서는 항만 공사에 쓰일 경우 유리한 성질로는 포졸란 활성에 의한 硬化와 중량이 가볍다는 점을 들 수

있다. 이들 특성을 살려서 연약지반의 표층개량(트래피커 빌리티 확보), 노반(노상)재료 및 호안 뒷채움 재료(토압저감)로 이용할 수 있는 현지 實證 실험도 행해진바 있다. (「석탄회 및 철강슬래그의 활용기술(高橋邦夫, 항기연 자료 No. 886, 1997)」 참조)

기타 심층 혼합처리공법의 재료로 이용하거나, 석탄회 고화물의 SCP용 모래 대체 재료로 이용하는 등의 기술이 개발되어가고 있다.

석탄회에 대하여서도 관리형의 산업폐기물인 점은 「본편 8-2 슬래그」와 같고, 슬래그와 같이 환경문제에 충분한 주의를 기울여 효과적인 이용에 노력하여야 한다.

플라이 애시의 품질은 KS L 5405(플라이 애시)에 의거 표참(8-3)의 요구사항 이상이어야 한다.

표참(8-3) 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
강열감량 ^① %			3.0 이하	5.0 이하
밀 도 g/cm ³			1.95 이상	1.95 이상
분말도 ^②	45 μ m제 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 강열감량의 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.

8-4 폐콘크리트로 생산된 재생골재

[참 고]

- (1) 폐콘크리트는 콘크리트 구조물 해체 등의 경우에 발생하고, 철근등의 철재는 일반적으로 분리해내고 있다. 콘크리트용(재생골재로 만든 콘크리트 적용분야 표참(8-5))으로 사용되는 폐콘크리트(기존콘크리트 구조물의 철거로부터 얻어지는 콘크리트 또는 파괴된 콘크리트)로부터 생산된 재생 굵은 골재와 재생 잔골재에 대한 것은 KS F 2573(콘크리트 재생골재)에 의하며, 그 주요내용은 다음과 같다.

표참(8-4) 재생콘크리트의 물리적 성질

항목	종별	재 생 굵 은 골 재			재 생 잔 골 재	
		1 종	2 종	3 종	1 종	2 종
흡 수 율(%)		3이하	5이하	7이하	5이하	10이하
밀 도		2.2이상			2.2이상	
마모감량(%)		40이하			-	
입자모양 판정 실적율(%)		55이상			53이상	

표참(8-5) 재생골재의 유해물 함유량 허용 값

항 목		재 생 굵 은 골재	재 생 잔골재
구 분			
0.08mm체 통과량 시험에서 손실된 량(%)	콘크리트의 표면이 마모작용을 받는 경우	1.5 이하	5 이하
	그 밖의 경우	1.5 이하	7 이하

표참(8-6) 재생골재로 만든 콘크리트의 적용분야

재생콘크리트 종류	설계기준강도 (MPa)	사용재생골재의 종류		이 용 용 도
		굵은 골재	잔골재	
1급	21이하 18초과	1 종	천연골재	교량 하부공, 옹벽, 터널라이닝
2급	18이하 15초과	2 종	천연골재 또는 1종	콘크리트블록, 도로구조물 기초, 측구 집수받이 기초, 중력식옹벽, 중력식교대
3급	15이하	3 종	2종(천연잔골재 또는 1종재생잔 골재도 적용)	막콘크리트, 강도가 요구되지 않는 채움 콘크리트, 건축물의 비구조체 콘크리트

- (2) 폐콘크리트는 주로 노반재료로 이용되어 왔으나, 최근 천연골재의 부족과 골재생산에 따른 환경파괴 등으로 인한 재생골재 사용의 필요성이 대두되고 있다.
- (3) 콘크리트 덩어리의 재이용 방안 중 특히 재생골재에 대해서는 흡수율 및 안정성에 따라 굵은 골재로 3종류, 잔골재는 2종류로 분류하고, 이들의 조합에 따라 철근콘크리트용, 무근콘크리트용, 버림콘크리트용으로 용도를 구분하고 있다. 재생골재를 사용한 콘크리트는 보통 골재를 쓴 콘크리트에 비해서 강도 발현이 약간 적으나, 최근의 연구결과를 보면 해체에 수반되는 미분말을 많이 함유하여 흡수율이 큰 재생골재를 콘크리트용 골재로 사용한 경우에도 시공성이나 내구성면에서 그다지 뒤떨어지지 않다는 사실도 보고되고 있다. 또한 재생골재를 쓴 콘크리트에 대한 해양환경 하에서의 제반 성질도 차츰 해명되어가고 있는 것으로 볼 때 앞으로는 주로 무근콘크리트나 버림 콘크리트용 골재로 폐콘크리트를 적극적으로 이용하는 노력이 필요하다.
- (4) 폐콘크리트를 토석재료로 이용하는 경우, 내부마찰각등 재료의 정수는 발생하는 폐콘크리트 마다 다르기 때문에 현재로서는 표준적인 수치를 제시하는 것은 곤란하다.

8-5 준설토사

[참 고]

준설토사는 매립재로 수토(受土)하여 왔으나 준설품사 시기에 조성중인 매립지가 없는 경우에는 항만지역내의 폐기물처분장이나 준설토 투기장에 매립 처분되고 있다. 한편 항만이나 해상공항의 정비사업에서 안벽이나 호안의 뒷채움, 매립지조성, 연약지반의 개량 등의 목적으로 많은 양의 토사(지반재료)가 매립되었다. 사질토계의 준설토 매립이나 뒷채움재는 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.

이제까지의 사례로 보면 표층을 고화한 후에 연직드레인을 타설하여 압밀을 촉진시키는 지반개량공법이 잘 쓰여지고 있다. 또 근년에 와서는 준설토를 고화처리한 후 매립이나 뒷채움에 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.

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 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.

輕量混合處理土工法은 액성한계이상으로 함수비를 조정해서 슬러리화한 준설토에 시멘트계 고화재와 氣泡 또는 發泡비드등의 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, 硬質粘土와 같은 역학적 특성을 나타낸다.

경량 혼합처리토 공법의 공사비는 시공규모에 따라 크게 변하고, 현재로서는 일본의 고베항과 도쿄국제공항에서 시공한 실적이 있다.

이들 외에도 준설토 탈수플랜트로 탈수처리한 후 매립재로 활용하는 방법도 있다.

8-6 기 타

8-6-1 아스팔트 콘크리트 재생골재

[참 고]

아스팔트 콘크리트 재생골재에 대해서는 KS F 2572(아스팔트 콘크리트 재생골재)에 의하며, 품질에 대한 주요 내용은 다음과 같다.

- (1) 겉모양 : 아스팔트 재생골재의 최대 입경은 40mm이하이고 저장 중 다른 골재와 섞이거나 나무 조각, 금속편 등 이물질이 섞이지 않아야 한다.

표참(8-7) 아스팔트 재생골재의 품질

구재 아스팔트 함량 %	구재 아스팔트 침입도 25℃ 1/10mm	씻기 시험에서 손상되는 양%
3.8이상	20이상	5이하

표참(8-8) 재생 아스팔트 골재의 품질

항목	종류	60 - 70 (AP - 5)	85 - 100 (AP - 3)
침입도(25℃)1/10mm		60 이상 70 이하	85 이상 100 이하
인 화 점 ℃		260 이상	260 이상
신 도 (15℃) cm		100 이상	100 이상
삼염화 에탄 가용분		99.0 이상	99.0 이상
박막가열 질량변화율 %		0.6 이하	0.6 이하
박막가열 침입도 잔류율 %		55 이상	50 이상
증발 후 침입도 비 %		110 이하	110 이하
밀 도 (15℃) g/cm ³		1000 이상	1000 이상

표참(8-9) 재생 아스팔트의 점도에 따른 품질기준

항 목		명 칭	
		A C - 10	A C - 20
점 도	60℃, P	1000±200	2000±400
	135℃, cSt	250 이상	300 이상
침입도 25℃ (100g 5초)		80 이상	60 이상
인 화 점 ℃ (COC)		219 이상	232 이상
삼염화 에탄 가용분(%)		99 이상	99 이상
박막가열 시험 후 잔	점 도 (60℃)	5000 이하	5000 이하
류율에 대한 시험	신 도 (60℃) cm ^①	75 이상	50 이상

(주) ① 신도가 100미만 이어도 15.5℃에서 신도가 5cm/min 비율로 100이상 이면 관계없다.

표참(8-10) 재생 첨가제의 품

동 점 도(60℃) cSt	80 ∞ 100
인 화 점	230 이상
박막 가열 후 점도비(60℃)	2 이하
박막 가열 질량 변화율(%)	±3 이하

8-6-2 굴패각

[참 고]

한국해양연구원에서 2000년 12월부터 2003년 12월까지 해양수산부 R&D 사업으로 “굴패각 혼입 특수콘크리트개발”을 연구하였다. 그 결과

- (1) 혼합콘크리트의 최적단위수량은 $175\text{kg}/\text{m}^3$
- (2) 최대 단위체적중량 : $0.95\sim 1.25\text{t}/\text{m}^3$, 최소 단위체적중량 : $0.71\sim 0.81\text{t}/\text{m}^3$ (모래보다 단위체적 중량이 적은 경량재로 우수),
- (3) 투수계수는 모래보다 훨씬 커서 탁월한 배수능력보유 : $7.5\times 10^{-3}\sim 8.9\times 10^{-3}\text{cm}/\text{s}$ (미립분을 포함하는 경우), $8.8\times 10^{-2}\sim 1.1\times 10^{-1}\text{cm}/\text{s}$ (미립분을 포함하지 않는 경우),
- (4) 『샌드컴팩션 파일(SCP) 공법』에서 주된 재료로서 모래만을 사용하였으나 자연건조 상태의 모래와 굴패각을 2:1 혼합 시 시험결과 내부마찰각 : $35\sim 55^\circ$ (모래와 동일하거나 약간 커서 연약지반의 배수재로 적용가능)
- (5) 굴패각 고화제를 이용한 천공 개량공법 : 준설토 함수비가 50%인 경우와 굴패각 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 굴패각 콘크리트 혼화제 및 잔골재로서 활용방법 둘째 굴패각을 친환경 고화제로서 지반개량공법의 활용 방안 셋째 파쇄한 굴패각을 모래와 적절히 혼합하여 SCP 지반개량 공법 및 뒷채움재 활용법이 있다. 우리나라에서는 부산신항 배후도로(2공구) 현장에서 모래와 굴패각의 배합비율을 달리하여 모래다짐말뚝을 타설하고 시험결과를 검토하였다. (굴패각 혼입 특수콘크리트 개발, 한국해양연구원 2000.12 ~ 2003.12 윤 길림)