

KDS 64 10 30 : 2017

방식

2017년 8월



건설기준 제·개정에 따른 경과 조치

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

건설기준 제·개정 연혁

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

건설기준	주요내용	제·개정 (년.월)
항만설계기준	• 항만설계기준 제정 • 설계조건, 수역시설, 외곽시설, 계류시설, 기타시설, 준설 및 매립 등 기타항만공사에 관계되는 설계의 일반방침과 기준을 수록	제정 (1971.12)
항만설계기준	• 조사연구가 진전됨에 따라 국내기술향상에 도움이 되도록 개정	개정 (1979.12)
항만시설물 설계기준서	• 항만의 재개발, 워터프런트 개발사업 추진 전망에 따라 항만법 제26조에 근거하여 기술의 체계화, 표준화의 기준 수립 및 시설물의 안정성과 경제성을 고려하여 개정	개정 (1993.12)
항만 및 어항 설계기준	• 해양수산부가 새로 발족되어 항만 및 어항 설계기준·해설 및 항만시설의 기준에 관한 규칙과 어항관련 법규에서 정하는 어항 시설에 대한 설계기준을 통합하고, 설계 및 시공과정과 시공이후 건설관리 및 시설물 유지관리 관련내용 신설하여 개정	개정 (1999.12)
항만 및 어항 설계기준	• 연안정비시설물을 포함하고 관련법령 및 최신기술 변화요인 반영, 항만시설장비의 안전성 제고를 위한 설계품속 및 하중 계수 상향, 재추산 심해파의 적용근거 마련 등 개정	개정 (2005.12)
항만 및 어항 설계기준·해설	• 변화된 항만건설여건 반영과 태풍, 이상파랑 등 해양외력의 기후변화 대응, 선박 및 장비의 대형화, 저탄소 녹색성장, 항만재해 저감을 고려하고 해외 건설사업 진출에 도움이 될 수 있도록 국제 설계기준과 연계성 향상하여 개정	개정 (2014.04)

제 정 : 2017년 8월 16일	개 정 : 년 월 일
심 의 : 기술자문위원회	자 문 검 토 : 국가건설기준센터 건설기준위원회
소 관 부 서 : 해양수산부 항만기술안전과	
관련단체 (작성기관) : 한국항만협회	

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
2. 조사 및 계획	2
3. 재료	2
4. 설계	3
4.1 전기방식법	3
4.2 피복방식법	12



KDS 64 10 30 방식

1. 일반사항

1.1 목적

해양 강구조물은 육상 강구조물에 비해서 가혹한 부식 환경 하에 놓여 있어서 부식이 심하게 발생하므로 적절한 방식대책이 필요하다. 따라서 이 기준의 목적은 전기방식법 및 피복방식법 등을 적용하여 해양 강구조물의 내구연수를 증가시킬 뿐만 아니라 부식에 따른 작업중지, 효율저하, 오염 등을 최소화함으로써 경제적, 사회적 손실을 방지하는데 있다.

1.2 적용범위

- (1) 강재의 방식적용범위는 부두의 강관말뚝을 비롯한 항만 관련 모든 강구조의 시설물에 적용한다.
- (2) 대기부의 강구조물은 피복방식법을 적용한다.
- (3) 비말대와 간판대는 피복방식법과 전기방식법을 병용한다.
- (4) 해중부에 침지된 구조물의 경우 전기방식법을 적용한다.

1.3 참고기준

KS D 3003 항만 및 해양 구조용 내식성 강재(HSM 500)
 KS D 3300 항만 및 해양 구조용 내식성 강관(STKM 500)
 KS D 9401 방청·방식 용어
 KS M 5000 도료 및 관련 원료의 시험방법
 ISO 8501-1 Preparation of steel substrates before application of paints and related products
 - Visual assessment of surface cleanliness
 SSPC-VIS 1-89 Visual standard for abrasive blast cleaned steel

1.4 용어의 정의

- 미생물 부식 : 미생물의 대사물질에 의해 금속에 양극반응과 음극반응을 촉진하거나 미생물의 균체자체가 산소농담전지를 형성하여 부식의 원인이 된다. 특히 혐기성 박테리아나 호기성 박테리아에 의해 금속표면이 부식되어 파괴되는 현상을 나타낸다.
- 부식(腐蝕) : 부식은 금속표면의 원자가 그 결정격자에서 이탈하여 환경성분과 화학적 또는 전기화학적으로 반응하는 것이다. 그러므로 금속이 부식되기 위해서는 금속의 결합력을 형성하고 있으면서 원자의 주위를 돌고 있는 전자가 먼저 분리되어야 하는데 전자의 분리를 위해 필요한 것이 전장이며 이 전장을 형성시키는 것을 전위차 (Potential difference)라고 하고 이는 외적 혹은 내적 환경적인 불균일에 의해서 생긴다. 따라서 금속이 어떤 환경적 불균일에 의해서 전위차가 생기면 전자가 움직이게 되고 전지가 형성되어 전류가 흐른다. 이 전류를 부식전류(Corrosion current)라 하며 이 전류의 근원이 되는 전지를 부식전지(Corrosion cell)라 한다.
- 부식허용두께 : 금속제품에 사용도중의 부식에 의하여 손실될 것을 미리 계산하여 그만큼을 더한 두께
- 비말대 : 대기부와 간만대 사이부분으로서 해상구조물에서 부식이 가장 심하게 나타나는 부분을 말한다.
- 전기방식법 : 강구조물의 부식을 방지하기 위한 방법으로 양극방식법과 음극 방식법으로 구분하고 음극방식법은 외부전원방식과 희생양극방식으로 구분한다. 외부전원방식은 외부직류전원장치의 양극(+)은 외부전원용 전극에 연결하고 음극 (-)은 방식대상체(강구조물, 매설배관 등)에 전기적으로 연결하여 부식을 방지하는 방법이다. 희생양극방식은 비전위의 희생양극(Zn, Al 등)을 귀전위의 방식대상체 (강구조물, 매설배관 등)에 연결하여 부식을 방지하는 방법이다.
- 피복방식법 : 강재 또는 콘크리트 구조물 방식을 위하여 부식환경으로부터 차단 시키는 방법으로 구조물의 표면을 처리한 후 도장, 라이닝, 보호카바 등을 설치 해서 피복하는 방식을 말한다.

1.5 기호의 정의

내용 없음

2. 조사 및 계획

내용 없음

3. 재료

내용 없음

4. 설계

4.1 전기방식법

4.1.1 강재의 적용 방식법

- (1) 강재의 방식대책은 강재시설물이 설치되어 있는 곳의 자연 상황에 따라서 전기방식법 또는 피복방식법 등 적절한 방식공법을 적용한다. 이 경우 D.L($\pm$)0.0m 이하의 부분은 전기방식법, D.L(-)1.0m 이상의 상부는 피복방식법으로 방식대책을 강구해야 한다.
- (2) 간판대 및 해중부는 부식환경에 따라 집중부식 등이 생길 위험이 있으므로 전기방식법에 등에 의한 방식을 적용한다. 또한 부식허용두께를 감안하여 방식설계를 하여야 한다.
- (3) 강널말뚝 등의 배면토중부는 해측과 비교해서 부식속도가 느리기 때문에 방식을 다르게 할 수 있다. 그러나 배면매립토가 폐기물의 영향 등으로 부식성이 강하다고 판단되는 경우는 사전 조사를 실시하고 방식대책을 강구한다. 특히 부식인자인 호기성, 혐기성 박테리아 등으로 인한 미생물부식(MIC)이 발생하여 비말대보다 심한 강구조물의 부식이 발생할 수 있다. 따라서 강구조물에 필요한 경우 살균처리, 기계적 표면세척, 완전한 배수시설, 음극방식법, 피복방식법 등과 같은 방식대책을 세워야 한다.
- (4) 간판대 윗부분 즉 해상대기부는 피복방식법, 해중부 및 해저토중부에는 전기방식법을 적용하는 것이 바람직하며 가장 실적이 많고 신뢰성도 확인되었다. 해중부에 피복방식법을 적용하는 경우는 특히 내구성을 고려하여 피복재를 선정해야 하며 시공 시는 목재 등 해상 부유물의 충돌에 의한 손상은 물론 파압에 의한 손상도 고려하여야 한다. 그리고 해중부 및 해저토중부에 전기방식을 적용할 경우 피복재의 열화나 손상을 고려하여 피복재가 열화된 곳이나 손상부를 전기방식으로 보완할 수 있다.
- (5) 방식대상 구조물이 신설 구조물인가, 이미 설치된 기존 구조물인가에 따라 적용할 수 있는 방식법이 달라질 수 있다. 즉 신설 구조물에는 적용할 수 있어도 기설 구조물에는 적용할 수 없는 공법이 있는데 이것은 기 설치된 구조물을 방식할 때는 시공조건에 제약을 받는 경우가 있기 때문이다. 또한 간판대인가 해중부인가 하는 방식대상 부분에 따라서도 적용공법이 달라진다. 이들 외에도 부식 환경조건, 시공조건, 내용연수 등에 대해서 각 방식공법의 특성을 고려하여 신뢰성이 높은 공법을 선정한다.
- (6) 방식효과를 장기간 유지하기 위해서는 사용 중에 적절히 유지관리를 하여야 한다. 즉 지속적으로 적절한 시점에 방식을 적용하고 있는 부위에 대한 방식전위 측정 및 육안점검을 실시하고 그 건전성을 평가함과 동시에 필요시에는 추가방식공사 또는 강재의 보수를 실시한다.

[해설]

- (1) 강재의 표면에는 양극과 음극이 존재(성분의 불균일, 조직의 불균일, 표면상태의 불균일, 응력의 불균일, 환경의 불균일 등에 의해서 양극과 음극이 존재)한다.
- (2) 그리고 이들 양극과 음극이 존재하는 금속표면에 수분이 존재하면 양극과 음극의 전위차에 의해서 음극은 환원반응이 일어나며 양극은 산화반응이 발생함으로써 양극 부에서 부식하게 된다.
- (3) 강재의 부식 환경은 산성, 중성 및 알칼리성 등 다양하며 항만 강구조물이 설치되는 해양이나 담수 토양 등은 pH가 거의 중성이며 이 환경에서는 물과 염소이온 및 용존 산소가 중요한 역할을 한다.
- (4) 강재를 중성 수용액에 담그면 표면에서는 전술한 바와 같이 양극반응(Anodic reaction)과 음극반응(Cathodic reaction)에 의한 무수히 많은 부식전지가 형성된다. 부식전지의 양극(Anode)과 음극(Cathode)에서는 해설 식 (4.1-1), 해설 식 (4.1-2)와 같은 반응이 동시에 그리고 같은 속도로 진행한다.

양극의 산화반응 : $Fe \rightarrow Fe^{2+} + 2e^-$ 해설 식 (4.1-1)

음극의 환원반응 : $O_2 + 2H_2O + 4e^- \rightarrow 4OH^-$ 해설 식 (4.1-2)

해설 식 (4.1-1)은 강재가 산화(부식)되는 과정으로서 양극반응이며 해설 식 (4.1-2)는 물과 산소에 의한 환원반응으로서 음극반응이라 한다. 따라서 전체적인 강재의 부식 반응은 해설 식 (4.1-3)으로 표시할 수 있다.

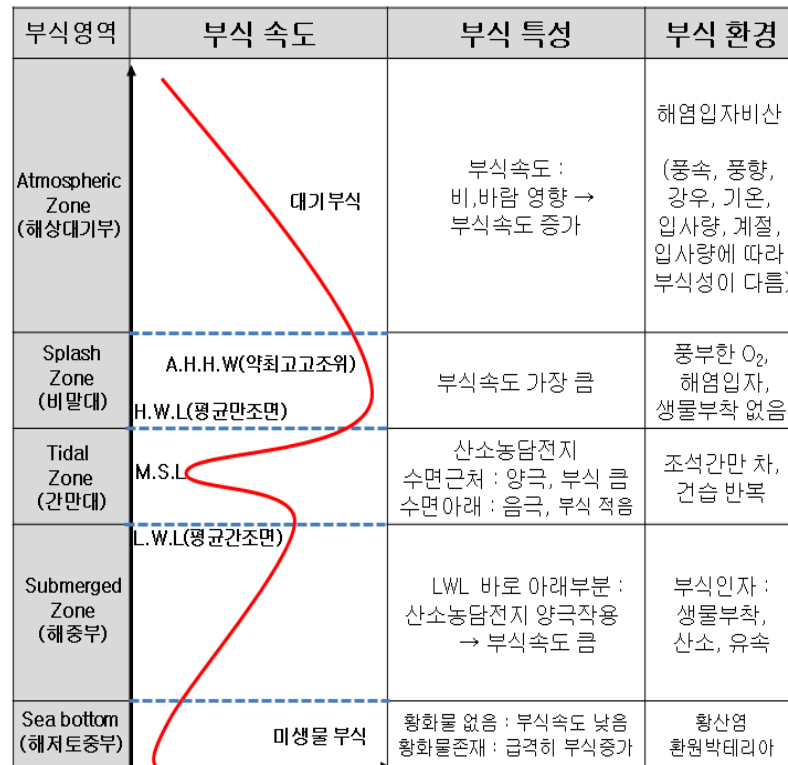
$2Fe + O_2 + 2H_2O \rightarrow 2Fe(OH)_2$ 해설 식 (4.1-3)

해설 식 (4.1-3)의 $2Fe(OH)_2$ 는 강재표면에 생성되며 다시 산화반응과 탈수반응을 거쳐 수화산화철 [$FeOOH$, Fe_2O_3 (적색), Fe_3O_4 (흑색), FeO (녹색)] 즉 다양한 형태의 녹이 발생하게 된다.

- (5) 해수 중에 설치된 강관말뚝의 수심방향 부식분포는 일반적으로 해설그림 (4.1-1)과 같다. 즉 해수가 비산하는 비말대는 특히 부식이 심하고, 그 중에서도 약최고고조위(A.H.H.W) 바로 윗부분에서 부식속도가 최대가 된다.

한편 해설 그림 (4.1-1)의 수중부에서는 D.L(±)0.0m 바로 아랫부분에서 부식속도가 가장 빠르다. 이 부분의 부식속도는 강구조물의 환경조건, 단면형상 등에 따라 크게 다르나 주로 해중부의 염분과 용존산소에 의한 영향이 크다. 일반적으로 청정해수 중의 강널말뚝 구조물이나 강관말뚝 구조물에서는 D.L(±)0.0m 바로 아랫부분의 부식속도가 해중부의 부식속도와 큰 차이가 없는 경우가 많으나 구조물의 환경에 따라서는 D.L(±)0.0m 바로 아랫부분의 부식속도가 해중부의 값보다 커지며, 심한 경우에 비말대를 상회하는 경우도 있으므로 주의가 필요하다. 이런 심한 국부부식을 집중부식이라 한다.

- (6) 용존산소의 접근이 가장 어려운 해저토중부에서는 부식율이 크게 낮아지지만 해안의 진흙속에 흔히 관찰되는 황산염환원박테리아와 같은 미생물부식(MIC)에 의해 부식속도가 급격히 증가될수 있다.



해설 그림 (4.1-1) 강재의 부식속도분포

4.1.2 환경별 강재의 부식속도

강재의 부식속도는 부식 환경 조건에 따라 상이하므로 해당시설이 설치된 환경조건을 고려하여 결정한다.

[해설]

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

- (1) 강재의 부식속도는 환경에 따라 차이가 많으나, 일반적으로 아래 표와 같이 강재의 부식속도의 표준치를 나타낸다. 강재의 부식속도는 일반적으로는 기설 강구조물의 조사 결과 등을 기초로 하여 정리한 해설 표 (4.1-1)을 표준으로 한다.

방식

그러나 해설 표 (4.1-1)은 평균값이며 강재의 사용조건에 따라 이 수치를 상회하는 경우도 있으므로 강재의 부식속도를 결정할 때는 되도록 유사한 조건하에 있는 부식 조사 결과를 참조하는 것이 바람직하다. 또한, 해설 표 (4.1-1)의 값을 사용하는 경우 이 수치는 한쪽면의 부식속도이므로 강재 양면이 모두 부식 환경에 노출되어 있는 경우 양면의 수치를 합해서 사용한다.

해설 표 (4.1-1) 강재의 부식속도의 표준치

부식 환경		부식속도(mm/년)
해상측	A.H.H.W 이상	0.3
	A.H.H.W ~D.L(-)1.0m까지	0.1~0.3
	D.L(-)1m~해저부까지	0.1~0.2
	해저 토층 중	0.03
육상측	육상 대기 중	0.1
	토중(土中)(잔류수위 이상)	0.03
	토중(土中)(잔류수위 이하)	0.02

- (2) 해설 표 (4.1-1)의 A.H.H.W 이상의 수치는 A.H.H.W 직상부의 부식속도이다. 또 A.H.H.W에서 해중부까지의 부식속도는 수역 및 수심에 따라 변한다는 사실이 부식실태조사에 의해 명확히 밝혀진 바 있어 해당 수역의 부식실적을 토대로 결정하는 것이 바람직하다.

해설 표 (4.1-1)은 참고수치로서 변화폭을 고려하여 표시하였다.

수심방향에 대하여는 환경조건이 다른 간만부와 해중부를 구분해서 생각하는 것이 바람직하며 이 경우 경계는, D.L(-)1.0m정도가 적절하다.

집중부식의 부식속도는 해설 표 (4.1-1)의 값을 크게 상회하므로 이 표 값에 적용되지 않는다.

- (3) 강관말뚝의 내측과 같이 밀폐된 공간에는 산소의 공급이 차단되므로 부식을 고려하지 않아도 되지만, 일정시간의 경과에 따라 파공, 산소유입 등에 의한 부식환경에 놓이게 되므로 부식에 대한 영향을 고려하여야 한다.
- (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.
- (5) KS D 3003 항만 및 해양 구조용 내식성 강재(HSM500)와 KS D 3300 항만 및 해양 구조용 내식성 강관(STKM500)은 KS에 명시된 바와 같이 비말대에서 일반 강재 대비 60% 수준의 부식속도를 적용할 수 있다.

4.1.3 전기방식법의 구분

전기방식법은 희생양극방법과 외부전원방법을 이용하여 항만 및 어항 구조물의 부식 방지와 각종설비의 사용수명연장을 목적으로 하며, 해양 강구조물의 전기방식법은 음극 방식 중에서 통전방식에 따라 희생양극방식과 외부전원방식으로 구분하여 적용한다.

[해설]

- (1) 희생양극방식은 알루미늄(Al), 마그네슘(Mg), 아연(Zn) 등의 양극을 강구조물에 접합시켜 양 금속간의 전위차에 의해 발생하는 전류를 방식전류로 이용하는 방식법이다.
- (2) 희생양극의 산화반응에 의해서 생성된 전자가 음극의 강구조물 표면에서 물과 용존산소와 함께 환원반응($O_2 + 2H_2O + 4e^- \rightarrow 4OH^-$)만이 일어나며 강재의 표면에서는 양극의 산화반응($Fe \rightarrow Fe^{2+} + 2e^-$)이 발생하지 않는다. 따라서 강재의 표면에서는 부식이 발생하지 않는다. 다시 말해서 강재의 표면에는 두 금속간의 전위차에 의해서 발생하는 방식전류로 인해 강재의 표면은 모두 음극이 되어 환원반응만 일어나게 된다.
- (3) 희생양극방식의 경우 양극의 유지관리가 용이하기 때문에 우리나라에서는 항만강구조물의 전기방식의 경우 대부분이 희생양극방식을 채용하고 있다. 희생양극재료의 성능은 해설 표 (4.1-2)에 표시한 바와 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 대기 중에 장기간 노출되지 않도록 해야 한다.

해설 표 (4.1-2) 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(아론치(A·h/g))		2.87		0.82	2.20	2.21
해중부 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 0.03 mA/cm ²	전류효율(%)	65*		65	40	50
	발생전기량(A·h/g)	1.86*		0.53	0.88	1.11

주) *표시 수치는 성분별 구성비에 따라 달라질 수 있음.

방식

- (4) 희생양극방식에서 양극을 강재에 접속시키기 위한 방법으로는 수중용접이 일반적이다. 강널말뚝식 계류시설에서는 지진 시에 배후의 지반이 침하해서 강널말뚝에 과도한 토압이 작용하는 경우, 수중용접부에서 고응력에 의한 취성파괴 사례가 보고된 적이 있으므로 응력부식균열(SSCC)에 대한 대책이 필요하다.
- (5) 외부전원방식은 외부 직류전원을 양극을 통해 음극인 강구조물에 연결시켜 방식전류를 공급하는 방식법으로 전류를 보내는 양극은 해수 중에서 납은 합금 전극 이외에 고가이나 성능이 우수한 백금도금 티타늄전극, 나이오비움(Niobium) 전극 및 산화 금속물을 피막 시킨 피막산화금속(Mixed metal oxide) 전극 등의 불용성양극을 사용한다. 외부전원방식은 출력전압을 자유로 조절할 수 있으므로 유속이 빠르거나 하천수의 혼입 등으로 환경변화가 심한 곳이나 정밀한 전위제어가 필요한 곳에 적합하다.

4.1.4 전기방식법

- (1) 전기방식법의 적용범위는 부두 강관말뚝의 D.L(±)0.0m 이하로 한다.
- (2) D.L(±)0.0m 이상에 대해서는 피복방식법에 의한 방식을 실시하는 것이 필요하며, 이때 D.L(±)0.0m 직하부는 부식되기 쉬운 부분이기 때문에 D.L(-)1.0m 까지는 피복방식을 확대하여 실시한다.
- (3) 항만공사에 있어서는 강관말뚝이나 강널말뚝을 항타한 후 상부공이 시공되기까지 무방식 기간이 존재하며 또한 전기방식의 양극 교체 시에도 무방식 기간이 존재한다. 이 무방식 기간에 강재에 심한 집중부식이 발생할 수 있으므로 가능한 무방식 기간을 줄이기 위해 노력해야 하며 전기방식을 적용하기 전에 충분한 육안관찰을 통하여 부식의 상태를 점검한다.
- (4) 항만강구조물의 방식전위는 해수염화은전극(Ag/AgCl) 기준으로 -800mV 이하로 한다.

[해설]

- (1) 전기방식의 효과(방식율)는 해설 표 (4.1-3)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 전기방식법의 적용범위는 평균고조위(H.W.O.M.T) 이하로 한다. 다만, 수면부에 피복방식법을 적용하는 경우 이 방식부 이하 부분을 방식 범위로 한다. 평균저조위(L.W.O.M.T)이하의 방식율은 90%를 표준으로 한다.
해수침지율 및 방식율은 해설 식 (4.1-4) 및 해설 식 (4.1-5)와 같이 나타낼 수 있다.

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

해설 식 (4.1-4)

$$\text{방식율} = \frac{\text{미방식 시편의 질량감소량} - \text{방식시편의 질량감소량}}{\text{미방식 시편의 질량감소량}} \times 100(\%) \quad \text{해설 식 (4.1-5)}$$

해설 표 (4.1-3) 전기방식의 방식율

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

(2) 방식전위

- ① 강구조물에 전기방식법을 적용하여 방식전류를 공급할 때 강구조물의 전위(고저항 전위차계로 기준전극과 피방식체의 강재와의 전위차를 측정된 값)는 점차 낮아지고 (용존산소와 물 및 전자에 의한 환원반응에 의해서 낮은 전위가 되고) 어느 일정전위에 도달하게 되면 부식이 억제되게 된다. 이 전위를 방식전위라 한다.
- ② 전위 측정에는 환경이 변화하여도 안정된 값을 유지하는 전극을 기준으로 사용한다. 기준이 되는 전극을 기준전극이라 하며, 해수 중에서는 해수염화은전극 이외에 포화 카로멜전극, 염화수은전극, 포화황산동전극이 사용되는 경우도 있다.
방식전위는 측정에 사용하는 기준전극의 종류에 따라 달라지며 기준전극의 종류에 따라 다음과 같은 방식전위 값을 갖는다.
포화카로멜전극기준 - 770mV(SCE) 이하
해수염화은전극기준 - 800mV(SSC) 이하
포화황산동전극기준 - 850mV(CSE) 이하
- ③ 도장과 전기방식(특히 외부전원방식)을 병용하는 경우에는 과잉전류에 의해 즉 과방식에 의해서 도막이 열화하지 않도록 주의할 필요가 있다. 이 경우 전위는 -800 ~ -1,100mV(SCE) (포화카로멜전극기준)가 바람직하다.

해설 표 (4.1-4) 전기방식개시시의 방식 전류밀도 (mA/m²)

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

방식

(3) 방식전류밀도

- 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. KCS 64 50 10 전기방식 공사에 의하면 특수해역에서 유속이 1m/s, 2m/s, 5m/s에 대하여 초기방식전류밀도값은 각각 160, 230, 270mA/m²로 그리고 정상상태의 방식전류밀도는 80, 115, 135 mA/m²로 제시하고 있다. 따라서 최종 방식전류밀도값은 해당지역의 기존구조물의 실적 및 환경을 고려해서 결정하는 것이 바람직하다.
- ③ 보통 해역에서 전기방식 개시 시점의 방식전류밀도는 나강재면과 도장 강재면에 대하여 해설 표 (4.1-5)의 값을 참고한다.

해설 표 (4.1-5) 강관말뚝과 도장 파일의 외부환경조건에 따른 최적 따른 최적방식전류밀도

(단위: mA/m²)

환 경			강관말뚝 전기방식		도장말뚝 전기방식
			초기방식 전류밀도	정상방식 전류밀도	초기전류밀도
일반해역	항 내	해중부 토 중	100 20	50 10	20 + 100 x S
	항 외	해중부 토 중	100 x F 20 x F	50 x F 10 x F	20 x F+ 100 x S
특수해역	오 염	해중부 오염토중 토 중	100 x K 150 x K 20 x K	50 x K 100 x K 10 x K	20 x K + 100 x S
	조 류	1m/s 2m/s 5m/s	160 230 270	80 115 135	

비고: F는 해역의 파랑, 조류의 정도에 따라 1.0~1.5까지의 범위로 한다.

K는 오염정도에 따라 1.2~1.5까지의 범위로 한다.

S는 도막의 열화 및 손상에 의해 발생하는 강의 손상율(손상피복면적/전피복 면적)로, 도장계에 따라 0.1~0.25까지의 범위로 한다.

- ④ 방식기간이 경과하면 발생전류가 감소되기 때문에 양극의 수명을 구할 때 사용하는 평균발생전류는 방식기간에 따라 다음과 같이 적용하는 경우가 많다.

5년간 방식의 경우 : 초기발생전류 $\times 0.55$

10년간 방식의 경우 : 초기발생전류 $\times 0.52$

15년간 방식의 경우 : 초기발생전류 $\times 0.50$

15년 이상 방식의 경우 : 15년 값을 적용한다.

- ⑤ 전기방식의 적용범위가 도장으로 피복된 곳이 있는 경우에는 피복재의 손상률을 예상하여 방식전류밀도의 값을 정한다. 해수 중에는 다음과 같이 정하여도 좋다.

도장 : $20 + 100S \text{ mA/m}^2$

콘크리트 : $10 + 100S \text{ mA/m}^2$

유기 라이닝 : $100S \text{ mA/m}^2$

여기에서 S는 손상률(=피복손상면적/전피복면적)이다. 단, 상기 식에서 구한 방식전류밀도가 상기 본문 중에 나타나는 값을 초과하는 경우는 해설 표 (4.1-4)의 값을 적용한다.

4.2 피복방식법

4.2.1 적용범위

- (1) D.L (-) 1.0 m 보다 상부의 구조물에 대한 방식은 피복방식법을 적용하여야 한다.
- (2) 항만강구조물에서 해수의 침지 시간이 짧은 부분은 전기방식법을 적용할 수 없기 때문에 피복방식법을 적용한다.

[해설]

이 기준 4.1 전기방식법에서 설명한 것과 같이 전기방식법의 적용범위는 평균저조위 이하로 했으나 이 부분은 집중부식이 발생하기 쉬우며 또 파랑의 영향, 계절적인 해수면 변동 등으로 해수 침지시간이 짧아지는 경우가 있으므로 D.L (-) 1.0 m 보다 상부는 피복방식법을 병용한다.

[참고]

수심이 얕은 해역의 강널말뚝식 호안에는 구조물의 깊이방향 전체에 피복방식을 하는 경우도 있다. 해중부를 피복방식법과 전기방식법을 병용하면 희생양극의 수명연장을 기대할 수가 있다.

4.2.2 적용공법

항만강구조물에 적용하는 피복방식법은 다음의 4종류에서 선택하여 적용하여야 한다.

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

[해설]

- (1) 피복방식은 기본적으로는 피방식체를 부식 환경으로부터 차단시키는 방식방법이다. 피복방식법의 적용범위는 그 종류에 따라 달라지며 간만대, 비말대, 해상대기부를 주 대상으로 하는 경우와 해중부에도 적용하는 경우가 있다. 또 해중부에는 전기방식법과 병용하는 경우와 피복방식법만 적용하는 경우가 있고 신설구조물에만 적용하는 공법과 기설구조물에도 적용가능한 공법이 있다. 피복방식법은 다양하나 항만강구조물에 적용하는 공법은 이 기준에서 나타난 것으로 한다.

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

표면처리 후의 강재면은 화학적으로 산화반응이 지속되며 공기 중에서는 산화의 진행이 빠르기 때문에 표면처리 후 신속히 피복방식재를 시공을 하지 않으면 안 된다.

또 공사 시에는 피복방식면에 손상을 주지 않도록 주의할 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 도장계는 KCS 64 50 20 피복방식공사를 참고하여 적용한다.

가혹한 부식 환경에 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 열화 상태에 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 신설 공사와 다른 종류의 재도장용 프라이머를 쓰는 경우가 있다. 구도막의 열화상태, 표면 처리의 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 전기방식법을 병용할 수도 있다.

주된 유기라이닝에는 다음과 같은 종류가 있다.

- ① 폴리에테렌 라이닝
- ② 우레탄 엘라스토마 라이닝
- ③ 초후막형 라이닝
- ④ 수중시공형 라이닝
- ⑤ 방식테이프 라이닝

방식

⑥ FRP 라이닝

⑦ 고무 라이닝

(3) 페트롤레이텀 피복방식

본 방식은 원유에서 감압증류에 의해 분리된 석유 왁스의 한 종류인 페트롤레이텀을 주성분으로 하여 부식억제제 등을 첨가한 페트롤레이텀계 방식재에 의해 강재를 피복하는 방식법이다. 파랑 등 외력의 작용에 대해서 피복한 방식재를 보호하고 또한 부식 환경으로 부터 차단하기 위해 보호커버를 설치한다. 이 공법에는 하지처리를 시행한 강재면에 페이스트 도포→페트롤레이텀 테이프 시공→PVC 시트 시공→마지막으로 FRP, FRV 등의 보호커버를 설치하는 방법 외에 방식재, 완충재, 보호커버가 일체화한 것을 장착하는 방법도 있다. 이 공법은 수중에서도 시공할 수 있기 때문에 기설 시설에도 적용할 수 있다.

(4) 무기라이닝

무기라이닝에는 모르타르라이닝, 금속라이닝, 전착라이닝 등이 있다.

① 모르타르라이닝은 시멘트 모르타르나 콘크리트에 의한 피복을 총칭한 것으로 거푸집을 떼어 내는 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 시공 시에는 표면처리와 용사조건에 대한 충분한 관리가 필요하다. 시공이 적절하면 양호한 방식성을 나타낸다.

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

4.2.3 공법의 선정

피복방식법의 선정 및 공사시방결정시에는 각 공법의 특성을 고려하고 다음사항에 대해서 조사 및 검토하여야 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 피복방식의 열화상태
- (8) 당초의 설계조건

[해설]

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

① 환경조건

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

② 방식범위

구조물의 형상이나 전기방식법 등 다른 방식법과의 병용여부에 따라 피복방식에 의한 방식범위가 결정된다. 공법마다 각기 적용범위가 다르므로 구조물의 방식범위에 적합한 공법을 선정한다.

③ 내용연수

구조물의 내용연수 및 채도장 등 채시공을 전제할 것인가의 여부는 공법 선정 및 공사시방의 결정과 밀접한 관계가 있다. 피복방식법의 내용연수는 현재까지 충분히 조사되었다고 말하기 어렵기 때문에 과거의 현장실적을 통해 검증된 공법과 방식 재료를 사용하는 것이 바람직하다. 특히, 내용연수를 파악하기 위해서는 KCS 64 50 20 피복방식공사 및 방식기술편람(건설교통부)을 참고할 수 있다.

④ 유지관리

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

방식

⑤ 시공조건

피복방식법에는 공장시공이나 현장시공 등 시공 장소가 제한되는 경우가 있다. 해상 시공의 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 해상요건을 고려하여 적절한 공기를 선정할 필요가 있다.

⑦ 기 타

피복방식법의 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), 기존피복방식의 열화상태

기설 강구조물에 새로이 피복방식을 하는 경우에는 기설강구조물의 부식상태나 피복 방식의 열화상태를 조사한다.

⑨ 초기의 설계조건

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

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

집필위원	분야	성명	소속	직급
	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	이욱한	(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
	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

기술자문위원회	분야	성명	소속	직급
	총론	송인철	(주)헤인이앤씨	부사장
	파랑·조석	김규한	가톨릭관동대학교	교수
	파랑·조석	이달수	(주)헤인이앤씨	기술고문
	수역시설· 준설및매립	한명식	(주)유신	부사장
	지반·내진	권오순	한국해양과학기술원	책임연구원
	내진	김동수	한국과학기술원	교수
	코크리트· 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

해양수산부	성명	소속	직책
	박준권	항만국	국장
	김우철	항만기술안전과	과장
	장기문	항만기술안전과	사무관
	이광석	항만기술안전과	주무관

설계기준
KDS 64 10 30 : 2017

방식

2017년 8월 16일 발행

(관련단체)

한국항만협회

07271 서울시 영등포구 양산로 53(양평동 3가)

월드메르디앙 비즈센터 707호

☎ 02-2165-0090 E-mail : kpha@koreaports.or.kr

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

(자문검토)

국가건설기준센터

해양수산부

30110 세종특별자치시 다솜2로 94 (어진동)

정부세종청사 5동 항만기술안전과

☎ 044-200-5951

<http://www.mof.go.kr>