

제 15 편 해저 파이프라인(Pipeline)

제 1 장 총 칙

1-1 적용범위

본편은 해저 Pipeline을 부설, 또는 이것을 개조하는 경우에 적용한다. 또한, 본편에서 대상으로 하는 해저 Pipeline은 다음에 제시하는 시설들이다.

- (1) 해면 하, 또는 해저면 하에 부설하는 도관 등 및 기타의 공작물과 이들의 부대설비
- (2) 해면 하로부터 해면상 또는 육상에 이르는 도관 등으로서 해당 도관의 최초에 설치되는 차단밸브까지의 부분 및 기타의 공작물과 이들의 부대설비

[해설]

- (1) 해면 하에 부설되는 Pipeline 전부를 해저 Pipeline이라 한다. 해면상에 올라온 Pipeline은 석유 Tanker용 시설상의 Pipeline 또는, 육상의 Pipeline이지만 일반적으로 위로 올라온 부근의 도관에 차단밸브를 설치하고 있으므로 본편에서의 해저 Pipeline은 이들 차단밸브 상호간을 말한다. 또한, 수송하는 물질에 대하여는 그 안전성이 요구되는 석유류를 주로 대상으로 한다.

1-2 정 의

본편에서 다음에 열거하는 용어는 아래에 정하는 바에 따른다.

- (1) 「석유」는 원유, 휘발유, 등유, 경유 및 중유를 말한다.
- (2) 「도관(導管)」이란 Pipeline에 속하는 강관(鋼管)을 말한다.
- (3) 「도관계(導管系)」는 도관 등 및 기타의 공작물과 이들의 부대설비에 의하여 구성되는 수송계통을 말한다.
- (4) 「해저 Pipeline」이란 석유의 수송을 행하는 다음에 열거하는 시설의 총체를 말한다.
 - ① 해저면 또는 해저면 하에 부설하는 도관 등 및 기타의 공작물과 이들의 부대설비
 - ② 해저면으로부터 해면상 또는 육상에 이르는 도관 등에서 해당도관의 최초에 설치되는 밸브까지의 부분(이하 「Riser부」라 말한다.) 및 기타의 공작물과 이들의 부대설비
- (5) 「석유 Terminal」이란 Pump 또는 Tank를 설치하고, 석유 Tanker에 석유의 송출 또는 석유 Tanker로부터 석유의 수입을 행하는 장소를 말한다.
- (6) 「상용압력」이란 정상시에 있어서 도관내의 최고 운전압력을 말한다.
- (7) 「(도관등의) 매설깊이」란 부유토(浮遊土)를 제거한 해저면으로부터 도관 정부(頂部)까지의 거리를 말한다.

제 2 장 노선의 선정

해저 Pipeline의 노선은 항만시설 등의 현황 및 장래계획, 해상교통량 및 해면이용의 상황과 지형, 지진 및 파랑·자연조건에 대하여 조사·검토하여 적절히 선정한다.

[해설]

- (1) 해저 Pipeline의 노선이 항만 시설(항로, 박지 등 수역시설을 제외), 해안보전시설 및 이들의 계획법선과 교차 또는 인접하는 것은 원칙적으로 피하도록 한다. 단, 해당시설의 기능을 방해하지 않도록 조치를 강구하는 경우 및 도관 등의 Riser부에 대하여는 이 제한을 받지 않는다.
- (2) 일반적으로, 해저 Pipeline의 노선은 가장 그 부설거리가 짧게 되도록 기종점(起終點)을 직선으로 연결하는 것이 경제적이다. 그러나 기존의 항만 시설이나 해상교통을 고려하여 안전한 노선 선정의 필요성 때문에 평면적으로 직선노선이 되는 것은 거의 없다. 노선의 선정에 있어서는 다음사항을 고려한다.
 - ① 항만시설 등의 현황과 장래계획
항만시설 또는 해안보전시설의 법선과 교차하지 않도록 해저 Pipeline의 노선을 선정하여야 한다. 또, 이들 시설의 계획법선에 대하여도 같은 배려가 필요하나 부득이 수역시설을 횡단하지 않을 수 없는 경우에는 적절한 조치를 강구한 뒤, 최단거리로 횡단하도록 선정한다.
 - ② 해상교통과 해면이용
선박으로부터의 투묘, 주묘에 의한 위험을 피하기 위하여 해저 Pipeline을 부설할 예정 해역에서의 항행 선박의 선형, 항로, Anchor의 중량 등을 조사하고 아울러 긴급시 또는 이상 기상시에 선박의 피박방법을 파악하여 이들의 영향이 없는 노선의 선정을 행한다. 또, 어업 및 레저 관계에 대하여도 그 이용상황을 조사한다.
 - ③ 자연조건 등
자연조건 등은 해저 Pipeline의 부설 후의 안전성, 매설깊이의 결정 및 부설방식에 중요한 것이므로 항목별로는 다음과 같은 조사를 행한다.
가. 해저의 지형(수심, 기복, 표사 등)의 조사
나. 해저의 지질(표층토질, 단층, 물리시험 등)의 조사
다. 파랑, 조류, 바람등의 조사
라. 해저장애물, 부설물, 매설물 및 위험물의 조사
 - ④ 노선 선정에 있어서 유의사항
이상의 조사결과를 기본으로 도관 등을 안전히 유지할 수 있는 평면 및 종단형상을 갖는 노선을 선정하여야 하나, 도관 등을 해저면 하에 매설하는 경우에는 암반, 암초 등의 단단한 지반 지역이나 지반의 지지력을 기대할 수 없는 연약지반 지역을 피하는 것이 필요하다. 또, 지진시에 해저지반이나 퇴폐운 흙이 액상화(液狀化)할 우려가 있느냐 없느냐를 충분히 검토한다.
- (3) 위에 열거한 사항에 대하여 조사검토를 종합적으로 평가하여 노선을 선정하게 되는데, 해저 Pipeline의 부설후의 유지, 보수 등이 곤란한 시설인 점을 고려하여 경제성보다는 Pipeline의 안전성 확보라는 관점에서 노선의 선정을 행하고, 대안 2~3개 노선을 계획해 두어야 한다.

[참고]

노선의 선정에 있어 조사해야 할 항목을 표참(2-1)에 보여준다.

표참(2-1) 조사항목 및 내용

항 목	내 용
항만시설 등의 현황과 장래계획	항만시설 (외곽, 계류, 수역시설) 해안보전시설 (호안, 제방 등) 기타의 시설 (검역요지, 등표 등) } 위치, 법선 등
해상교통과 해면이용	통항선박의 선형, 항로, Anchor의 중량 긴급 투묘의 방법, 피박지 어선의 행동, 어업구역의 위치 레저 수역의 위치 기타
자연조건	해저지형 (수심, 기복, 표사 등) 해저지반 (토질, 표층 등) 파랑, 조류, 풍 등
기 타	장해물 (침선, 콘크리트 등) 부설물 (케이블, 파이프라인 등) 위험물 (기뢰, 폭탄 등)

제 3 장 설계의 기본방침

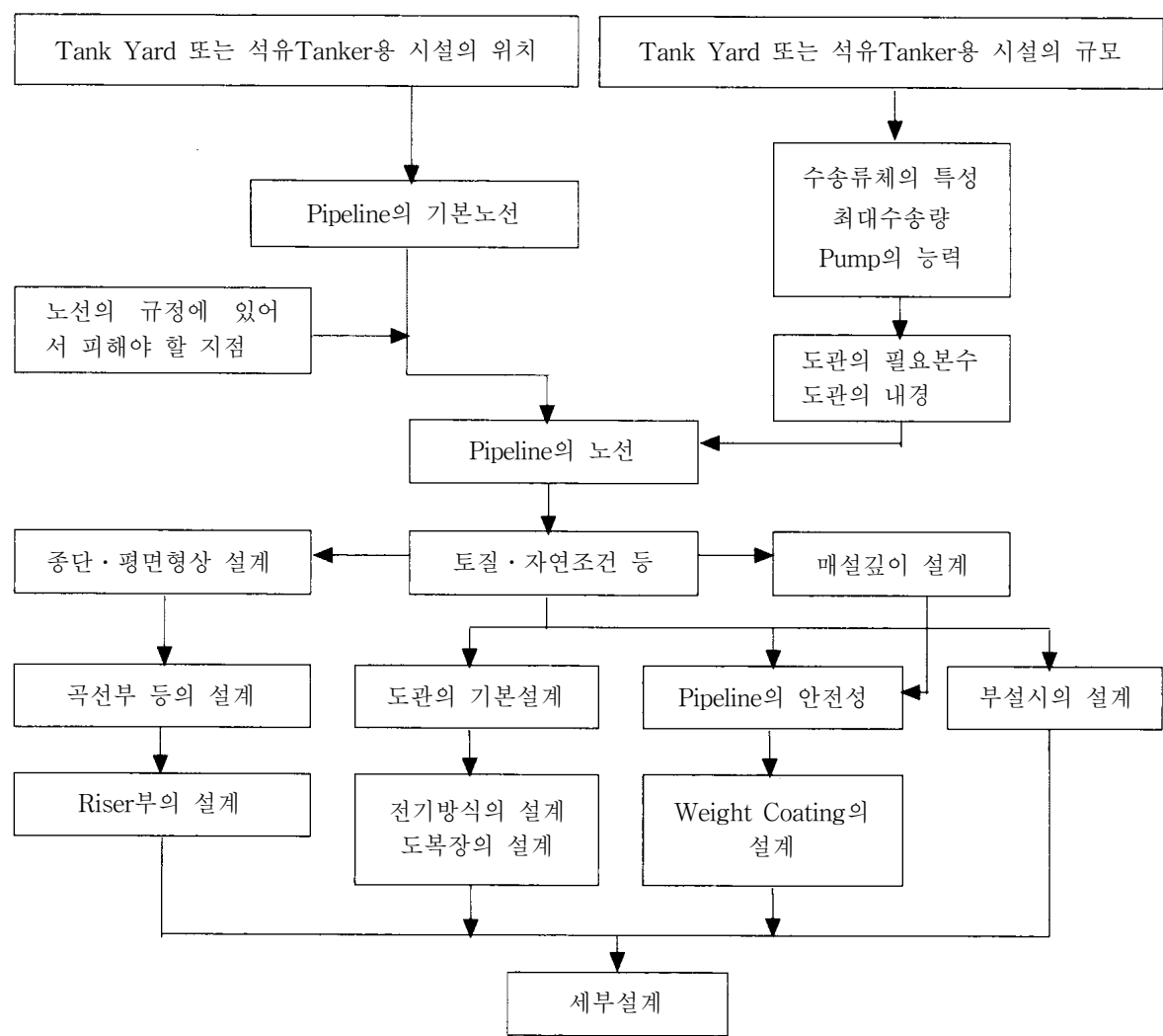
해저 Pipeline의 설계는 부설 또는 사용시 안전상 필요한 기능을 만족시키도록 행한다. 설계에 있어서는 수송하는 유체 등의 조건, 노선부근의 자연조건, Pipeline의 Riser부 부근의 지형조건 및 해상교통 상황 등에 관한 조사를 실시한 후 이들 조사결과를 고려한다.

[해설]

- (1) 설계에 있어서는 수송유체 등의 조건, 해저지형, 지질조건을 상세히 파악하기 위하여 필요한 조사를 한다.
- (2) 수송유체 등의 조건은 계획 최대수송량, 유체 등의 특성(예를 들면 점도, 비중 등)이며, 이들로부터 필요로 한 도관의 본수, 도관의 내경 등이 구해지는 것이다. 이들 기본적인 개념에 대하여는 본편 4-8 내압을 참조할 것.
- (3) 해저지형 및 지질조건에 대하여는 노선의 선정에 관한 조사의 단계에서 기본적인 조사는 하고 있으나, 추정된 노선에 따라 상세한 조사가 필요하게 된다. 심천측량(深淺測量)은 음향측심기 등에 의해 노선을 따라 법선 직각방향으로 실시하고 지질의 전반적인 조사는 음파탐지 등에 의하여 실시하고, Sampling, Sounding 및 Core Boring을 행한다.

[참 고]

- (1) 해저 Pipeline의 설계절차에 대하여는 세부설계에 이를 때까지 매우 넓은 범위의 지식이 필요하고, 또 이들에 관한 기술개발도 활발히 행해지고 있으므로 이들 성과를 고려하여 합리적이고 안전한 설계를 행하는 것이 필요하다.
- (2) 설계에 있어서 해저 Pipeline의 내용연수(耐用年數)를 어떻게 취하느냐는 중요한 사항이지만 다른 Pipeline에 관한 기준 등에 있어서도 사고방식이 명확하지는 않고, Pipeline 그 자체에 요구되는 기능발휘연한(機能發揮年限)에 의하여 결정되는 것이다. 석유 Tanker-용 시설과 관련된 해저 Pipeline에서는 계류시설 자체의 내용연수를 고려하여 정할 필요가 있다.
- (3) 해저 Pipeline의 설계절차는 도참(3-1)에 나타낸 순서에 따르는 것이 바람직하다.



도참(3-1) 해저 Pipeline의 설계 순서

제 4 장 설계외력 및 하중

4-1 외력 및 하중의 종류

도관등의 구조는 다음 외력 및 하중 등에 대하여 안전한 것으로 한다.

- (1) 풍압력
- (2) 파 력
- (3) 수류력
- (4) 지진력
- (5) 토 압
- (6) 수 압
- (7) 자중 및 재하하중
- (8) 부 력
- (9) 내 압
- (10) 투묘에 의한 충격하중
- (11) 온도변화의 영향
- (12) 부설시의 하중
- (13) 타공사에 의한 영향
- (14) 진동의 영향

[해 설]

- (1) 도관 등에 작용하는 하중 중에서 토압, 수압, 자중 및 재하하중, 부력 및 내압을 주하중(主荷重)이라 하고 풍압력, 파력, 수류력, 지진력, 투묘에 의한 충격하중, 온도변화의 영향, 부설시의 하중, 타 공사에 의한 영향, 진동의 영향은 종하중(從荷重)이라 한다.
- (2) 도관 등에 작용하는 하중은 설계에 있어서 고려해야 할 것이며, 해저 Pipeline의 부설조건에 따라 적절히 선택할 필요가 있다.
- (3) 종하중은 원칙적으로 한 종류만이 주하중에 추가된다. 단, 풍압력, 파력 및 수류력에 대하여는 필요에 따라 동시에 작용시켜도 된다.

4-2 풍압력

Riser부의 도관들에 대하여는 이에 작용하는 풍압력을 고려한다.

[해 설]

- (1) 도관 등에 작용하는 풍압력은 수평방향으로 작용하는 것으로 하고 도관들의 유효수직투영면적에 대하여 1.5kN/m^2 로 한다. 이 값은 도로공사표준시방서(건교부)에 준한 값이며, 완전한 원통형 단면의 도관(단관)에 대한 것이다. 따라서 도관들의 주위에 각이 진 단면의 방호구조물 또는 보강재 등이 연결되어 있는 경우에는 그 형상에 따라서 상기의 값보다 큰 풍압력을 고려할 필요가 있다.

- (2) 도관이 다발로 되어 있는 경우에는 단관인 경우와 풍의 흐름이 다르므로 풍동실험 등에 의하여 구한 풍압력의 값을 사용할 필요가 있다.

4-3 파력 및 수류력

Riser부의 도관 등, 부설과정에 있는 도관 등 및 매설하지 않는 경우의 도관들에 대하여는 이들에 작용하는 파력 및 수류력을 고려한다.

[해설]

- (1) 파력의 산정은 제2편 5-5 수중 부재에 작용하는 파력, 수류력의 산정은 제2편 7-2 수중부재 및 구조물에 작용하는 흐름의 힘에 준한다.
- (2) 해저 파이프라인은 원칙적으로 해저면하에 매설되게 되므로 부설 후는 Riser부의 도관들을 제외하고 파랑·조류의 영향을 받지 않는다고 보아도 된다. 따라서 파력 및 수류력을 고려하여야 하는 것은 Riser부 및 해저설치의 도관 등에서 매설되지 않는 경우이다. 또, 부설단계에서 파랑·조류의 영향을 받는 경우에도 고려할 필요가 있다.

[참고]

- (1) Riser부의 도관 등에 작용하는 파력 등은 아래의 방법에 의하여 구하면 된다.
- ① 해수 중에 있는 도관 등(원주부재)에 작용하는 파랑에 의한 항력 및 관성력은 제2편 5-5 수중부재에 작용하는 파력에 의하여 산정한다.
 - ② 도관 등이 복수이거나 방호구조물의 부재가 도관 등에 인접하여 있는 경우에는 그 영향이 있고, 도관 등 또는 부재가 수류의 방향에 직각으로 설치된 경우에는 항력계수가 증가한다. 이 경우 도관 등끼리 또는 도관 등과 부재(원주의 경우)의 순간격이 직경의 2.5배 이상이면 영향은 없다고 봐도 된다. 또, 도관 등 또는 부재가 흐름의 방향과 평행인 경우에는 항력계수는 상당한 범위에 걸쳐서 감소한다. 관성력계수에 대하여도 인접부재의 영향에 의한 증감이 인정된다.
이 때문에 인접부재가 있는 경우의 항력계수 및 관성력계수는 일률적으로 결정하는 것은 어렵고 모형실험 등에 의하여 결정하는 것이 바람직하다.
 - ③ 쇄파의 영향을 받는 경우에는 그 영향도 고려할 필요가 있다.
 - ④ 파와 조류가 동시에 작용하는 경우에는 한 방향 흐름의 속도와 파의 수립자속도를 벡터 합성으로 한다.
- (2) 부설과정에 있는 도관 등 및 매설하지 않는 경우의 도관 등에 작용하는 수류력 등
- ① 부설과정에 있는 도관 등 및 매설하지 않는 경우의 도관 등이 해저면상에 있는 상태에서는 조류 또는 파랑 의한 영향을 받으므로 식(참4-1)을 만족시키는 것이 필요하다(도참(4-1) 참조).

$$(W - B - F_L)\mu \geq F_D \quad (\text{참4-1})$$

여기서,

W : 도관 등의 단위 길이당의 중량 (kN/m)

B : 도관 등의 단위 길이당의 부력 (kN/m)

F_L : 조류 등에 의하여 생기는 단위 길이당의 양력 (kN/m)

F_D : 조류 등에 의하여 생기는 단위 길이당의 항력 (kN/m)

μ : 도관 등(Concrete Coating)과 해저지반의 마찰계수 (=0.5~0.6)

② 양력 및 항력은 식(참4-2) 및 식(참4-3)에 의하여 구할 수가 있다.

$$F_L = \frac{1}{2} C_L \rho_o A_L v^2 \quad (\text{참4-2})$$

$$F_D = \frac{1}{2} C_D \rho_o A_D v^2 \quad (\text{참4-3})$$

여기서,

F_L : 물체에 작용하는 흐름과
직각방향의 양력 (kN)

F_D : 물체에 작용하는 흐름
방향의 항력 (kN)

C_L : 양력계수

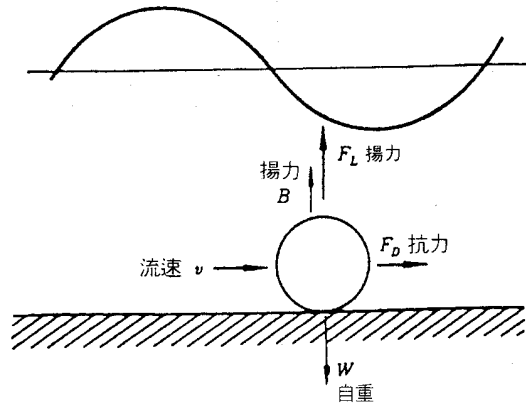
C_D : 항력계수

A_L : 흐름과 직각방향의 물
체의 투영면적 (m^2)

A_D : 흐름 방향 물체의 투영
면적 (m^2)

v : 유속 (m/s)

ρ_o : 해수의 밀도 (t/m^3)



도참(4-1) 도관들에 작용하는 흐름에 의한 힘들

식(참4-2) 및 식(참4-3)에서 양력계수 C_L 은 1.0, 항력계수 C_D 는 1.0을 표준으로 한다.

③ 조류의 속도에 대하여는 조류의 연직방향의 유속분포가 해저지형, 해저마찰, 수온, 염분 등에 따라 변화하고, 또 표층과 저층에서는 유향이 반대로 되는 경우가 있으므로 실측 등에 의한 조사를 실시하는 것이 바람직하다.

4-4 지진력

해수 중에 있는 도관 등에 대하여는 관성력 및 동수압, 해저면 하에 매설되는 도관 등에 대하여는 토압 및 지반의 변위에 의한 영향을 고려함과 동시에 필요에 따라 관성력 및 동수압을 고려한다. 또, 해저 지반의 액상화에 대하여도 고려한다.

[해설]

- (1) 지진에 의한 관성력은 구조물, 석유 및 토괴(土塊)등의 자중에 지진계수를 곱하여 구할 수가 있다. 또한, 관성력의 작용위치는 자중의 중심위치로 하고, 그 작용방향은 수평 2방향 및 연직방향으로 한다.
- (2) 내진성의 검토에 사용하는 설계 수평지진계수, 설계 연직지진계수 또는 암반노두에 고려하는 수평 지진구역계수 등에 대하여는 해당지역의 지진의 활동도, 지진 등의 특성 및 지반에서의 지진동의 증폭도 등을 충분히 고려하여 적절히 정하여야 한다.
- (3) 지반의 액상화에 대하여는 해저지반과 주변의 되메운 흙의 양자에 대하여 검토를 한다. 액상화에 의하여 해저 Pipeline이 부상(浮上)하는 것이 생각되나 부상한 경우에도 Pipe가 좌굴 또는 파단(破斷)하지 않도록 검토해 두어야 한다.

[참 고]

- (1) 일반적으로 수심에 비하여 도관의 지름이 적으므로 도관에 작용하는 동수압은 배제한 물이 갖는 관성력으로 생각하여 식(참4-4)에 의하여 구하고, 작용방향은 관성력의 방향과 일치시킨다.

$$P_W = \frac{\pi}{4} k_i \gamma_w D^2 \quad (\text{참4-4})$$

여기서,

- P_W : 지진동에 의한 동수압 (kN/m)
 k_i : 설계 수평지진계수 k_h 또는 설계 연직지진계수 k_v
 γ_w : 해수의 단위체적중량 (kN/m³)
 D : 도복장 등을 포함한 도관의 외경 (m)

- (2) 도관 정부(頂部)에 작용하는 지진시 토압은 본편 4-5 토압에 의한다.
 (3) 지반의 지표면에서의 수평변위는 식(참4-5)에 의하여 산정할 수가 있다.

$$U_h = \frac{2}{\pi^2} S_v T k_{oh} \quad (\text{참4-5})$$

여기서,

- U_h : 지표면의 수평변위의 최대치 (m)
 S_v : 단위지진구역계수당의 응답속도치 (m/s)
 T : 표층지반의 고유주기 (s)
 k_{oh} : 암반노두에서의 수평지진구역계수

4-5 토 압

매설된 도관 정부(頂部)에 작용하는 토압으로는 연직방향의 등분포 하중을 고려한다.

[참 고]

- (1) 매설된 도관 정부(頂部)에 작용하는 토압은 연직방향의 등분포 하중으로 하고 지진의 영향을 고려한 경우를 제외하고 식(참4-6)에 의하여 구할 수가 있다. 단, 도관의 저부(底部)를 말뚝의 견고한 기초로 지지하는 경우는 식(참4-7)에 의하여 구할 수가 있다.

$$W_h = \gamma' h D \quad (\text{참4-6})$$

$$W_h = \frac{\exp(k \frac{h}{D}) - 1}{k} \gamma' D^2 \quad (\text{참4-7})$$

여기서,

- W_h : 도관 정부(頂部)의 단위길이당의 연직방향 토압 (kN/m)
 γ' : 흙의 수중단위체적중량 (kN/m³)
 h : 도관의 매설깊이 (m)

D : 도복장을 포함한 도관의 외경 (m)

k : 흙의 내부마찰계수와 Rankine 토압계수와 곱으로 표시된 계수

(도관 주위의 지반이 사질토인 경우는 0.4, 점성토의 경우는 0.8)

(2) 도관정부에 작용하는 지진시의 토압은 식(참4-6) 또는 식(참4-7)로 구하는 토압에 $(1+kv')$ 를 곱하여 구할 수가 있다.

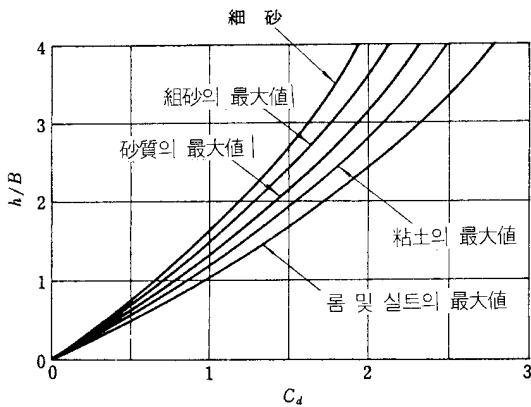
(3) 도관의 매설깊이가 깊은 경우에는 그 매설깊이와 도관정부에서의 Trench 폭과의 비를 감안하여 식(참4-6) 대신에 식(참4-8)에 의하여 토압을 구하여도 된다. 단, 식(참4-8)을 사용하는 경우에는 식(참4-6)에 의한 계산결과와의 비교검토를 행하여야 한다.

$$W_h = \gamma' B D C_d \quad (\text{참4-8})$$

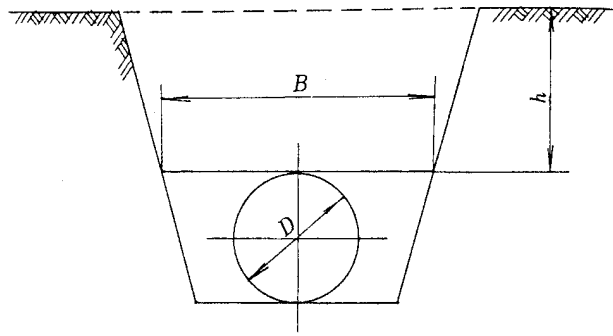
여기서,

B : 도관 정부에서의 Trench의 폭 (m)

C_d : 하중계수 (도참(4-2) 및 도참(4-3)에 의한다.)



도참(4-2) 하중계수 C_d



도참(4-3) 매설도관의 상황

4-6 수 압

작용하는 수압으로는 매설 깊이에서의 최대정수압을 고려한다.

[해설]

정수압의 산정에 있어서는 기왕최고조위에 그 지점에서의 설계파고의 1/2을 더한 것을 해면으로 본다.

[참고]

수압은 매설 깊이에서의 최대정수압으로서 식(참4-9)에 의하여 구할 수가 있다.

$$P_w = w_o H \quad (\text{참4-9})$$

여기서,

P_w : 정수압 (kN/m^2)

w_o : 해수의 단위체적중량 (kN/m^3)

H : 해면으로부터 설치도관의 저면까지의 거리 (m)

4-7 자중 및 재하하중

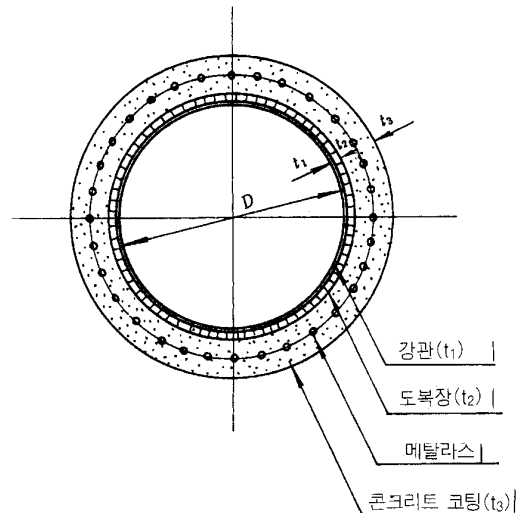
- (1) 수송하는 석유의 중량은 각기 종류에 따라서 적절히 산정한다.
- (2) 도관 및 그 부속물의 중량은 필요에 따라서 고려한다. 또한, 도복장 weight Coating을 행한 경우에는 이들의 중량도 고려한다.

[해설]

도관 부설 후의 안정성의 확보 및 부설시의 자중조절 또는 외력에 의한 손상으로부터 보호하기 위하여 일반적으로, 도관 외면에 콘크리트 코팅(Concrete · Coating)을 행한다. 코팅에는 메탈라스(Metal Lath)를 사용하는 경우도 있다. 자중산정에는 이를 코팅의 중량도 고려하는 것이 필요하다. 이 중량으로부터 부력을 뺀 값이 도관의 해수 중에서의 중량이 되고 부설시의 응력계산의 기본이 된다. 또, 도복장, Weight Coating의 단위체적중량은 습윤상태에서 산정한다.

[참고]

도관 및 그 부속물의 중량은 필요에 따라 고려하고 도복장 및 Weight Coating을 행한 경우의 도관의 중량은 식(참4-10)에 의하여 구한다. 또, 도관에 작용하는 부력은 식(참4-11)에 의하여 할 수가 있다.



$$W = \pi \{ (D - t_1)t_1\gamma_1 + (D + t_2)t_2\gamma_2 + (D + 2t_2 + t_3)t_3\gamma_3 \} \quad (\text{참4-10})$$

$$B = \frac{\pi}{4} \{ D + 2(t_2 + t_3) \}^2 \omega_o \quad (\text{참4-11})$$

여기서,

W : 단위길이당의 도관의 중량 (kN/m)

B : 단위길이당의 부력 (kN/m)

D : 강관의 외경 (m)

t_1, t_2, t_3 : 각기 강관, 도복장, Weight · Coating의 두께 (m)

$\gamma_1, \gamma_2, \gamma_3$: 각기 강관, 도복장, Weight · Coating의 단위체적중량 (kN/m^3)

ω_o : 해수의 단위체적중량 (kN/m^3)

4-8 내 압

내압으로는 상용압력을 사용한다.

[해설]

- (1) 상용압력이란 정상시의 운전시의 최고압력으로서 고저차 등에 의한 정지압력수두, 도관마찰에 의한 손실 수두의 합계치이다.
- (2) 기름의 요동작용 등에 의한 Surge압력의 상승에 대하여 상용압력의 10%를 넘지 않는 압력 안전장치를 설치할 것이 필요하다. 이와 같은 조치가 취해져 있으면 내압으로는 상용압력을 사용해도 된다.

4-9 투묘에 의한 충격하중

매설된 도관 등에 대하여는 주변의 상황에 따라 선박의 투묘에 의한 충격하중을 고려한다.

[해설]

해저 Pipeline의 부설노선에 Anchor가 낙하한 경우, Anchor가 직접도관에 닿지 않을 매설깊이가 주어져 있으므로 일반적으로는 안전하다. 그러나 Anchor 낙하에 의하여 도관에 충격적인 하중이 작용되게 되므로 이에 대하여 검토할 필요가 있다.

[참고]

충격하중은 식(참4-12)에 의하여 구할 수가 있다(도참(4-4) 참조).

$$W_a = \frac{WD}{(L + 2h \tan\theta_1)(B + 2h \tan\theta_2)}(1 + i) \quad (\text{참4-12})$$

여기서,

W_a : 충격에 의하여 생기는 단위길이당의
하중 (kN/m)

W : Anchor의 수중중량 (kN)

D : 도관의 외경 (m)

L : Anchor의 저부의 길이 (m)

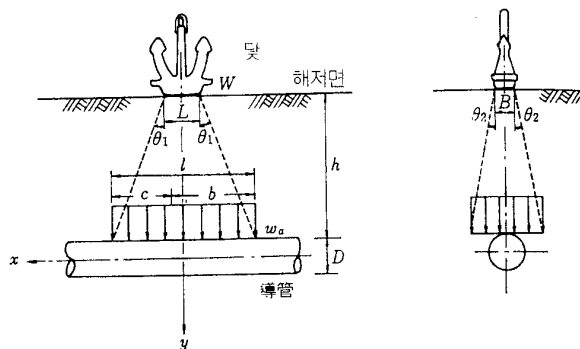
B : Anchor의 저부의 폭 (m)

h : 도관의 매설깊이 (m)

θ_1, θ_2 : 분포각 (°)

i : 충격에 의한 할증계수

충격에 의한 할증계수 i 의 값은 자동차 하중이나 열차하중에 의한 것과는 그 특성이 다르다는 보고도 있다. 따라서 할증계수는 실험 등에 근거하여 적정한 값을 사용하는 것이 필요하다.



도참(4-4) 충격하중의 상태

4-10 진동의 영향

Riser부의 도관 등에 대하여는 조류, 바람 등에 의하여 생기는 진동의 영향을 고려한다.

[해설]

해저 Pipeline의 Riser부의 도관 등에서 고정식 계류시설상에 Rise하는 도관 등은 수심이 크고, 중간 지점등도 없으므로 조류, 바람 등에 의하여 도관 등이 진동하는데 대한 검토가 필요하다.

[참고]

(1) 조류 등에 의한 진동의 영향에 대하여는 식(참4-13)으로 검토해도 된다.

$$f_k > 2f_o \text{ 또는 } f_k < 0.5f_o \quad (\text{참4-13})$$

여기서,

f_k : 조류 등에 의하여 생기는 칼만와류(渦流)의 발생진동수

f_o : 도관의 고유진동수

식(참4-13)이 만족되지 않는 경우에는 진동의 영향이 커진다고 생각되므로 진동특성을 검토하여 필요에 따라서 도관의 강성을 크게 하거나 중간지지를 설치하는 등의 진동대책을 강구하여야 한다.

(2) 조류 등에 의하여 생기는 칼만와류에 의하여 발생하는 진동수는 식(참4-14)에 의하여 주어진다.

$$f_k = S \frac{U}{D} \quad (\text{참4-14})$$

여기서,

S : Strouhal수

U : 조류 등의 유속 (m/s)

D : 도관의 외경(방식피복 등을 포함) (m)

(3) 바람에 의한 진동의 영향을 방지하기 위하여 도관 등의 외경과 도관 등의 지지간격의 관계를 식(참4-15)를 만족하도록 한다. 단, 특별한 진동대책을 강구한 뒤 그 효과를 풍동실험에 의하여 확인한 경우는 제외한다.

$$D \geq \frac{\ell}{30} \sqrt{\frac{0.8}{t}} \text{ 또는 } D \geq \frac{\ell}{40} \quad (\text{참4-15})$$

여기서,

D : 방식피복 등을 포함한 도관의 외경 (m)

ℓ : 도관의 지지간격 (m)

t : 도관의 두께 (m)

4-11 온도변화의 영향

설계에 사용하는 온도차는 예상되는 최고 또는 최저온도와 평균온도와의 차를 표준으로 한다.

[해설]

- (1) 평균온도란 년평균온도이다.
- (2) 加熱導管 (高粘度의 석유를 수송하기 위하여 가열하는 도관)의 경우에는 최고가열온도와 평균온도의 차를 써서 설계한다.
- (3) 온도차는 사용 중인 도관의 온도와 시공시의 해저지반의 온도와의 차를 써야 되지만 적절한 온도과악이 곤란하므로 상기와 같은 표현을 하고 있다.

[참고]

일반적으로 수송하는 석유류 및 수압시험에 쓰이는 물 등의 온도를 도관온도로 하여 해수의 표면 및 해저부근의 온도를 지반 내 온도로 해도 된다. 통상은 온도차로서 20~30℃를 쓰고 있다. 단, Riser부의 도관 등은 온도변화가 심하므로 충분한 검토가 필요하게 된다.

4-12 부설시의 하중

도관 등의 부설에 있어서는 부설방법, 사용기기, 작업조건 등에 비추어 부설의 각 단계에서 도관 등에 작용하는 하중을 적절히 고려한다.

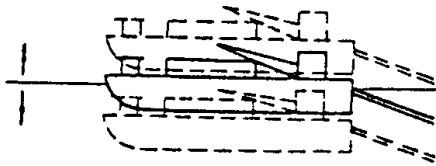
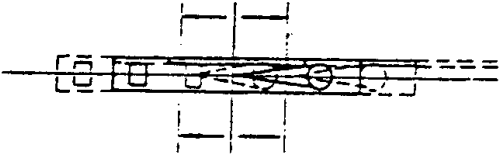
[해설]

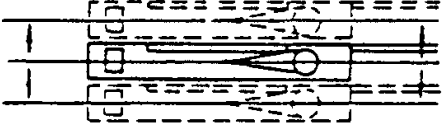
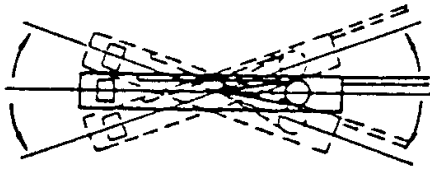
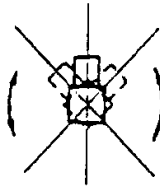
도관 등의 부설작업의 각 단계에서 도관 등에 작용하는 하중은 부설방법, 사용기기, 능력, 조작방법, 작업의 환경조건에 따라 다르다. 도관 등에 작용하는 하중은 정적하중 및 동적하중이 있으나, 이들 하중을 정확히 파악하여 도류관이 안전하다는 것을 확인해 둘 필요가 있다.

[참고]

- (1) 도관에 작용하는 하중은 대개 다음과 같이 분류된다.
 - ① 정적하중 : 도관 등의 중량, 부력
 - ② 동적하중 : 파랑·조류에 의한 항력, 양력 및 부설선의 동요에 의한 하중
- (2) 이들 하중 중에서 정적하중은 작용방향, 크기도 일정하여 파악하기 쉽다. 동적하중은 작용방향, 크기, 빈도가 시시각각 변화하지만, 해저 Pipeline의 규모에 따라서는 정적하중으로 보아 설계하여도 괜찮은 경우도 있다. 표해(4-1)에 부설시에 예상되는 하중을 나타낸다.

표참(4-1) 부설시의 하중

분 류	방 향	하중원	하 중	계산방법
정 적	연 직	중 력	중량 - Pipe 중량 - 도복장 - Concrete · Coating - 삽입물	본편 4-7 자중 및 재하하중 참조. 식(참4-10)에 따른다.
		부 력	부력 - Pipe 본체 - 보조 floater	본편 4-7 자중 및 재하하중 참조. (1) 중공일 때 : 식(참4-11)에 의한다. (2) 주수할 때 : $B = \pi(D - t_1 + t_2 + t_3)(t_1 + t_2 + t_3)w_o$ 기호 및 단위는 식(참4-11)과 같다.
		조 류	양력(揚力) 항력(抗力)	본편 4-3 파력 및 수류력 참조. 식(참4-2) 및 식(참4-3)에 의한다.
	수 평	파 랑	파력	파의 특성을 고려하여 규칙파 또는 불규칙파에 대한 구조물의 동적응답을 구한다.
동 적 (海象에 의한 것)		조 류	와류	본편 4-10 진동의 영향 참조. 와류의 발생진동수는 Strouhal수에 의하여 식(참4-14)로 구한다.
동 적 (부설선의 동요에 의한 것)	연직면내		선박의 동요에는 면내(面内)의 움직임과 주위의 회전의 2가지가 있다. 히브(heave)  서지(surge)  피치(pitch) 	

분 류	방 향	하중원	하 중	계산방법
동 적 (부설선의 동요에 의한 것)	연직면의		스웨이(sway)	
			야유(yaw)	
			롤(roll)	
기 타			선상 또는 Stinger상의 Roller와 같은 지점에서의 집중하중, Lifting Wire에 의한 집중하중	

제 5 장 재 료

도관 등의 재료는 강재로 하고 한국산업규격(KS)에 적합한 것 또는 이와 동등 이상의 기계적 성질을 갖는 것을 사용한다. 단, 도관에 강관을 사용하는 것이 구조상 불가능한 경우에는 그렇지 아니하다.

[해설]

- (1) 사용하는 재료는 수송하는 석유의 종류, 수송조건, 부설방법 등을 고려하여 설계 허용응력을 만족하는 성질을 갖는 것 중에서 강재(鋼製)의 것은 강도, 연성, 용접성, 파괴성 등의 특성을 고려하여 적절히 선정한다.
- (2) 도관의 재료에는 강관을 사용하는 것이 가장 좋으나, 특별한 경우로서 일점 계류식 또는 다점 계류식의 부표에는 Rubber제(製)의 도관(이하 Hose라 한다)을 사용한다.

[참고]

- (1) 도관 등의 재료에 관한 한국산업규격으로는 다음과 같은 것이 있다.

① 도관

KS D 3562 압력배관용 탄소 강관

KS D 3564 고압배관용 탄소 강관

KS D 3570 고온배관용 탄소 강관

KS D 3583 배관용 Arc 용접탄소강 강관

(장축 이음부의 전선(전선)에 대하여 비파괴검사를 행한 것에 한 함)

② 용접식 관이음

KS B 1541 배관용 강재 맞대기 용접식 관 이음쇠

KS B 1543 배관용 강판제 맞대기 용접식 관 이음쇠

(KS B 1541로 입수되지 않는 치수의 것으로 용접이음의 검사를 한 것에 한한다.)

③ 플랜지식 관이음

KS B 1503 강재 용접식관 Flange

KS B 1511 철강제관 Flange의 기본치수

④ 밸브

KS B 2361 주강 Flange형 밸브

- (2) 한국산업규격과 동등이상의 기계적 성질을 갖는 것으로는 API(미국석유회), ASTM(미국기계시험협회), ANSI(미국국가규격협회), JIS(일본공업규격) 등에 있는 규격의 것이 있다.

제 6 장 도관의 설계

6-1 도관의 최소두께

도관의 두께는 본편 6-2 도관의 허용응력, 본편 6-3 도관에 생기는 응력의 산정에 의하여 결정한다.

[해설]

- (1) 도관의 두께는 설계상 예측할 수 없는 하중에 대한 안전의 확보, 수송유체에 의한 내면부식, 청소기기(Scraper, Pig) 등에 의한 마모 등을 배려하여 결정할 필요가 있다.
- (2) 도관의 두께는 원칙적으로 표해(6-1)의 수치이상으로 한다.

표해(6-1) 최소두께

외 경(mm)	최소두께(공칭두께) (mm)
114.3미만	4.5
114.3이상 139.8미만	4.9
139.8이상 165.2미만	5.1
165.2이상 216.3미만	5.5
216.3이상 355.6미만	6.4
355.6이상 508.0미만	7.9
508.0이상	9.5

[참고]

내면부식에 대한 여유 두께를 보는 경우는 1.0~1.5mm 정도면 적당하다.

6-2 도관의 허용응력

- (1) 도관의 허용인장응력 및 허용압축응력은 도관의 재료의 규격최소 항복점강도에 다음과 같은 안전계수 및 장축이음의 효율을 곱한 값으로 한다.
 - ① 안전계수는 0.5로 한다.
 - ② 장축이음의 효율은 이음 없는 강관, 전기저항 용접강관 및 Arc 용접강관에서는 1.0으로 한다.
단, 배관용 Arc 용접탄소강 강관에서는 모든 비파괴 검사를 행하지 않는 것은 0.9로 한다.
- (2) 허용전단응력 및 허용지압응력은 허용인장응력에 각각 0.6 및 1.4를 곱한 값으로 한다.
- (3) 도관에 생기는 응력은 다음 기준에 적합하여야 한다.
 - ① 하중에 의하여 생기는 도관의 원주방향 응력 및 축방향 응력은 해당도관의 허용응력을 넘지 않는다.
 - ② 내압에 의하여 생기는 도관의 원주방향 응력은 해당도관의 규격 최소항복점강도의 40%이하이다.
 - ③ 하중에 의하여 생기는 도관의 원주방향 응력, 축방향 응력 및 관축에 수직인 방향의 침단응력을 합성한 응력은 해당도관의 규격최소 항복점강도의 90%이하이다.

(3) 주하중에 대하여 다음의 종하중을 고려하는 경우에는 허용응력을 각기 다음에 제시하는 값에 따라서 할증할 수 있다.

① 주하중과 풍압력	1.25
② 주하중과 파력 및 수류력	1.25
③ 주하중과 지진력	1.70
④ 주하중과 투묘에 의한 충격하중	1.50
⑤ 주하중과 온도변화의 영향	1.25
⑥ 주하중과 부설시의 하중	1.80
⑦ 주하중과 타공사에 의한 영향	1.50

[해설]

도관의 허용응력은 사용하는 재료의 규격 최소항복점, 하중의 조합, 응력의 방향에 따라 다르고 표해(6-2)에 나타낸 바와 같이 된다. 허용인장응력은 식(해6-1)로 나타낸다.

$$\sigma_a = S\eta f$$

(해6-1)

여기서,

- σ_a : 허용인장응력 (N/mm²)
- S : 안전계수 (=0.5)
- η : 장축이음의 이음효율
- f : 강관의 규격최소 항복점강도 (N/mm²)

표해(6-2) 도관의 허용응력의 종류

하중의 조합	응력의 방향	응력의 종류			비 고
		인장 · 압축	첨 단	지 압	
내압만 작용시	원 주	0.4 f	인장×0.6	인장×1.4	(a) 주하중이란 내압, 토압, 수압, 부력등 평상시 작용하고 있는 하중을 말한다. (b) 종하중은 ①온도변화의 영향, ②파력 및 수류력, ③ 풍압력 중 어느 것 하나로 한다. f ; 강관의 규격최소 항복점 강도 (N/mm ²)
주 하 중	원주 · 축	0.5 f			
주하중+종하중	관 축	0.625 f			
주하중+지진력	관 축	0.85 f			
주하중+타공사의 영향	관 축	0.75 f			
주하중+부설시의 하중	관 축	0.9 f			
주하중+지진력	합 성	0.9 f			

(2) 도관에 생기는 응력은 원주방향응력이 지배적이지만 축방향응력도 큰 경우가 있으므로 합성응력의 검토를 행하여야 한다.

[참 고]

합성응력은 식(참6-1)에 의하여 구할 수 있다.

$$\sigma_e = \sqrt{\sigma_{cs}^2 + \sigma_{ls}^2 - \sigma_{cs}\sigma_{ls} + 3\tau^2} \quad (\text{참6-1})$$

여기서,

- σ_e : 합성 응력 (N/mm²)
- σ_{cs} : 원주방향 응력 (N/mm²)
- σ_{ls} : 축방향 응력 (N/mm²)
- τ : 관축에 수직인 방향의 접단 응력 (N/mm²)

6-3 도관에 생기는 응력의 산정

내압, 토압 등의 하중에 의하여 도관에 생기는 원주방향 응력 및 축방향 응력은 적절한 산정방법에 근거하여 구한다.

[참 고]

- (1) 내압에 의하여 도관에 생기는 원주방향 응력은 식(참6-2)에 의하여 구할 수가 있다. 또, 매설된 도관의 축방향 응력은 식(참6-3)에 의하여 구할 수가 있다.

$$\sigma_{ci} = \frac{P_i(D-t)}{2t} \quad (\text{참6-2})$$

$$\sigma_{li} = \nu\sigma_{ci} \quad (\text{참6-3})$$

여기서,

- σ_{ci} : 내압에 의하여 도관에 생기는 원주방향 응력 (N/mm²)
- σ_{li} : 내압에 의하여 도관에 생기는 축방향 응력 (N/mm²)
- P_i : 상용압력 (N/mm²)
- D : 도관의 외경 (mm)
- t : 도관의 두께 (mm)
- ν : 도관의 poisson 비

또한, 도관의 두께는 도관의 공칭 두께로부터 부의 두께 치수 허용차 및 내면 부식대(腐蝕帶)를 뺀 값으로 한다. 또, 방식피복 및 전기방식을 강구하는 경우에는 외면 부식량을 통상두께에서 고려하지 않아도 된다.

- (2) 외부하중에 의한 원주방향 응력

- ① 토압, 충격하중 등에 의하여 생기는 도관의 원주방향 응력은 식(참6-4)에 의하여 구할 수가 있다.

$$\sigma_{co} = \frac{D_t K_B W_T r E I_t}{E I_t + 0.061 K_h r^4 + 2 P_i D_t r^3 K_x} \times \frac{1}{Z_t} \quad (\text{참6-4})$$

여기서,

- σ_{co} : 외부하중에 의하여 생기는 원주방향 응력 (N/mm²)
 W_T : 도관 축방향 단위길이당의 연직 외부하중 (N/mm)
 r : 도관의 반경 (mm)
 t : 도관의 두께 (mm)
 P_i : 도관의 압력 (N/mm²)
 E : 도관의 탄성계수 (N/mm²)
 I_t : 도관의 단면2차 모멘트 (mm⁴/mm) $I_t = t^3/12$
 Z_t : 도관의 단면계수 (mm³/mm) $Z_t = t^2/6$
 D_ℓ : 처짐 시간계수
 K_B : 도관의 저부에서의 휨 모멘트 계수
 K_x : 도관의 연직방향의 변형에 대한 계수
 K_h : 수평방향 지반 반력계수 (N/mm³)

- ② 처짐 시간계수 D_ℓ 은 충분히 다져진 모래 또는 사질토의 지반에 매설하는 경우 또는 도관의 측면이 도관의 반경이상의 폭에 걸쳐 모래 또는 사질토로 치환되어 충분히 다져진 경우에는 1.0, 기타의 경우에는 1.5로 한다.

휨 모멘트계수 K_B 및 변형에 대한 계수 K_x 는 표참(6-1)에 주어진 값을 사용하면 된다.

표참(6-1) K_B 및 K_x 의 값

기상의 상황	K_B	K_x
충분히 다져진 기초	0.125	0.083
보통의 기초	0.138	0.089

- ③ 식(참6-4)은 Spangler의 연구에 의해 유도된 것으로 말뚝 등으로 지지된 매설관에는 적용할 수 없다. 식(참6-4)의 분모의 제 1항은 도관의 탄성에 의한 저항, 제 2항은 축토압에 대한 보정항, 제 3항은 내압에 의한 보정항을 나타내며 엄밀하게는 식(참6-5)으로 나타낸다.

$$\sigma_{co} = \frac{D_\ell K_B W_T r E I_t + (0.061 D_\ell K_B - 0.082 K_x) W_T K_h r^5 + 2(D_\ell K_B - 0.125) D_\ell K_x W_T P_i r^4}{E I_t + 0.061 K_h r^4 + 2 P_i D_\ell r^3 K_x} \times \frac{1}{Z_t} \quad (\text{참6-5})$$

식(참6-5)에서 분자의 제2항 및 제3항을 생략한 근사식이 식(참6-4)이다. 도관의 외경과 두께의 비가 75 이상인 대구경의 박육관의 경우에는 오차가 무시되지 않으므로 식(참6-5)으로 계산하는 것이 바람직하다. 또, 처짐 시간계수 D_ℓ 은 대구경의 박육관에 대하여는 1.0보다 크게 취할 필요가 있고, 일반적으로 외경과 두께의 비에 따라 D_ℓ 을 1.25~1.50로 해야 한다고 한다.

- (3) 투묘의 충격하중에 의하여 생기는 도관의 축방향응력은 식(참6-6)에 의하여 해도 된다.

$$\sigma_{ta} = \frac{W_a}{2\beta^2 Z} e^{-\beta\ell/2} \sin \frac{\beta\ell}{2} \quad (\text{참6-6})$$

$$\beta = \sqrt[4]{\frac{K_v D}{4EI}}$$

여기서,

σ_{ta} : 도관에 생기는 축방향응력 (N/mm)

D : 도관의 외경 (mm)

K_v : 연직방향 지반반력계수 (N/mm³)

EI : 도관의 휨 강성 (N/mm²)

ℓ : 충격하중의 도관축 방향의 작용거리 (mm)

W_a : 충격하중 (N/mm)

Z : 도관의 단면계수 (mm³)

또한, 충격하중 W_a 는 본편 4-9 투묘에 의한 충격하중의 식(참4-12)에 따른다.

(4) 온도변화에 의한 축방향 응력은 식(참6-7)에 의하여 구한다.

$$\sigma_{lt} = E\alpha\Delta t \quad (\text{참6-7})$$

여기서,

σ_{lt} : 온도변화에 의한 축방향 응력 (N/mm²)

E : 도관의 탄성계수 (N/mm²)

α : 도관의 선팽창 계수 (1/°C)

Δt : 온도변화량 (°C)

(5) 지진의 영향에 의하여 도관에 생기는 축방향 응력은 다음 방법으로 구해도 된다.

- ① 해저면보다 상의 수중에 있는 도관에 대하여는 관성력 및 동수압 등을 써서 축방향 응력을 산정한다. 관성력 및 동수압 등에 대하여는 본편 4-4 지진력을 참조할 것.
- ② 해저면하에 매설되는 도관에 대하여는 지진시의 도관의 축변형률에 의한 축방향 응력 및 휨에 의한 축방향 응력과의 합성치로 한다. 지반의 변위에 의하여 생기는 표층 지반면보다 아래에 매설되어 있는 도관의 축방향의 응력은 다음에 의하여 구해도 된다.

$$\sigma_L = \alpha_1 \frac{\pi U_h}{L} E \quad (\text{참6-8})$$

$$\sigma_B = \alpha_2 \frac{2\pi^2 D U_h}{L^2} E \quad (\text{참6-9})$$

여기서,

σ_L : 축 변형률에 의하여 도관에 생기는 축방향 응력 (N/mm²)

σ_B : 휨에 의하여 도관에 생기는 축방향 응력 (N/mm²)

U_h : 지표면에서의 지진동의 수평 변위진폭 (mm)

L : 표층 지반에서의 지진동의 파장 (mm)

D : 도관의 외경 (mm)

E : 도관의 탄성계수 (N/mm²)

α_1 : 도관의 축방향 변위진폭에 대한 보정계수

α_2 : 도관의 축직각 방향 변위진폭에 대한 보정계수

보정계수 α_1 및 α_2 는, 각기 식(참6-10) 및 식(참6-11)으로 구한다.

$$\alpha_1 = \frac{1}{1 + \left(\frac{2\pi}{\lambda_1 \ell}\right)^2} \quad (\text{참6-10})$$

여기서,

$$\lambda_1 = \sqrt{\frac{k_1}{EA}}$$

$\ell = \sqrt{2} L$: 겹보기 파장 (mm)
 k_1 : 축방향의 변위에 관한 단위길이당의 지반반력계수 (N/mm²)
 A : 도관의 단면적 (mm²)

$$\alpha_2 = \frac{1}{1 + \left(\frac{2\pi}{\lambda_2 L}\right)^4} \quad (\text{참6-11})$$

여기서,

$$\lambda_2 = \sqrt[4]{\frac{k_2}{EI}}$$

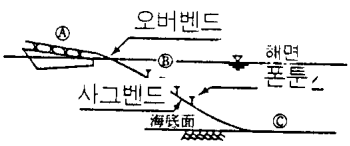
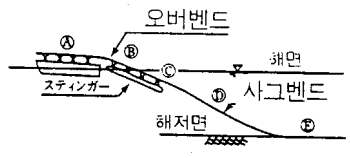
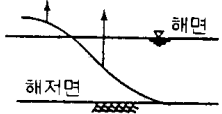
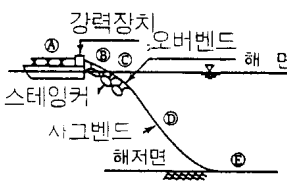
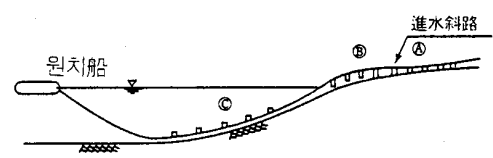
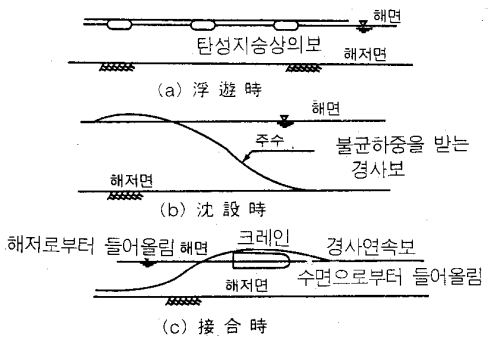
k_2 : 관축 직각방향의 변위에 관한 단위길이당의 지반반력계수 (N/mm³)
 I : 도관의 단면2차모멘트 (mm⁴)

지진시의 설계에 고려하는 지표면의 파동의 수평변위진폭은 본편 4-4 지진력의 식(참4-5)에 의하여 구한다. 지진의 영향에 의하여 도관에 생기는 합성 축방향 응력은 상기 방법에 의하여 구한 σ_L, σ_B 를 적절한 방법에 따라 합성하여 산정한다.

(6) 부설시의 응력은 다음과 같이 고려하는 것이 일반적이다.

- ① 도관의 부설시의 각 단계에서 생기는 하중에 의하여 발생하는 도관의 응력은 해저 Pipeline의 규모, 부설 방법 및 자연조건을 고려하여 적절한 방법에 의하여 구한다.
- ② 대수심에서 정적인 해석과 도관 및 Stinger를 포함한 동적해석에 대하여는 해저 Pipeline은 수심이 30m전 후에는 도관의 지름도 비교적 크고 강성도 큰 것이 사용되므로 종래 행해져온 구조 역학적 수법이 적용되는 범위로 생각된다. 수심이 큰 경우나 파랑, 조류 등의 동적하중의 영향이 큰 경우에는 가급적 동하중에 대한 응답해석을 행하는 것이 바람직하다. 부설과정에 있는 도관의 구조역학상의 취급은 부설방법, 부설과정 그리고 상대적인 강성에 따라 (휨 강성으로 외력에 저항) 강성이 저하하면 Catenary곡선 (축력으로 외력에 저항)에 가까워진다고 생각하면 된다.
- ③ 부설선법, 해저예항법 또는 부유예항법중 어느 것을 사용하는 경우에도 예항, 침설, 파랑, 조류 기타의 영향을 고려에 넣고 설계 계산 등을 행한다. 설치시에 있어서의 하중의 영향에 대한 안전성을 확인하지 않으면 안 된다.
- ④ 표참(6-2)에 부설방법 별로 도관의 구조상의 형태를 나타낸다. 표참(6-3)에 응력해석의 이론을 나타낸다.

표참(6-2) 부설시에 있어서 Pipeline의 구조상의 형상과 기능

부설방법	작업	해저부 부설 작업시	Riser관 거치시
부 설 선 법	(1) 스테이징거를 사용하지 않고, 부력조정만으로 파이프 형상 유지	 ① 오버벤드 ② 중간에 반력을 받는 변형의 큰보 ③ 탄성지승상의보	
	(2) 직선스테이징거를 사용하여 파이프 형상 유지	 ① 오버벤드 ② 부등지점상의 보 ③ 경사진 연속보 ④ 경사진보 ⑤ 탄성지승상의 보	 해저에서 달아올린 경사된 연속보
	(3) 장력과 힌지스테이징거로 파이프 형상 유지	 ① 연속보 ② 부등지점상의 보 ③ 커브지점상의 경사보 ④ 말린부분(변형이 큰 보) ⑤ 탄성지승상의 보	
해 저 예 항 법		 ① 연속보 ② 부등지점상의 보 ③ 떠있는 받침대 상의 축력을 받는보	
부 유 예 항 법		 (a) 浮遊時 (b) 沈設時 (c) 接合時 탄성지승상의보 불균하중을 받는 경사보 경사연속보 수면으로부터 들어올림	

표참(6-3) 해저 Pipeline의 응력해석이론 일람표

이 론	보통의 교량이론	축력에 의한 Bending 변형을 고려한 보이론(주-보이론)	보통의 Gateway 이론	Bending 저항을 고려한 Catenary 이론
좌표의 취하는 법과 미소길이의 양단에 생각하는 단면력				
평형 조건식	$R_A = R_B = \frac{1}{2}wl$ $M_x = R_A x - \frac{1}{2}wx^2$	$R_A = R_B = \frac{1}{2}wl$ $M_x = R_A x - \frac{1}{2}wx^2 - Ty$	$V = F \sin \theta_B = wl$ $H = F \cos \theta_B$	$T_A = T_B \cos \theta_B - Q_B \sin \theta_B$ $Q_A = wl - T_B \sin \theta_B - Q_B \cos \theta_B$ $M_x = M_A + Q_A x - \frac{1}{2}x \int_0^x wds - T_{Ay}$
힘과 변형의 관계식	$\frac{M_x}{EI} = \frac{1}{p} = 1 \frac{d^2y}{dx^2}$	$\frac{M_x}{EI} = \frac{1}{p} = \frac{d^2y}{dx^2}$	$S = \frac{H}{q} \tan \theta$	$\frac{M_x}{EI} = \frac{1}{P} = \frac{-\frac{d^2y}{dx^2}}{\left[1 + \left(\frac{dy}{dx}\right)^2\right]^{3/2}}$
Deflection 곡선 의 방정식	$y = \frac{wl^4}{24EI} \left(\frac{x}{l} - \frac{2x^3}{l^3} + \frac{x^4}{l^4} \right)$	$y = \frac{w}{TP^2} \left[\frac{\cosh\left(\frac{Pl - Px}{2}\right)}{\cosh \frac{Pl}{2}} - 1 \right] + \frac{w}{2T} (l - x)$	$y = \frac{C}{2} (e^{x/l} + e^{x/l})$	$\frac{d^2y}{dx^2} = 9Z^2 \frac{dy}{dx} \frac{d^2y}{dx^2} \frac{d^3y}{dx^3} - 15Z^4 \left(\frac{dy}{dx}\right)^2 \left(\frac{d^2y}{dx^2}\right)^3 + 3Z^2 \left(\frac{d^2y}{dx^2}\right) + \frac{1}{EI Z^3} \left[H \frac{d^2y}{dx^2} + \frac{w}{Z} \right]$ 여기서, $Z = \left[1 + \left(\frac{dy}{dx}\right)^2\right]^{-1/2}$

6-4 좌 굴

도압 및 수압 등에 의하여 생기는 외부압력에 대하여 도관의 좌굴의 검토를 행한다.

[해설]

해저 Pipeline은 항상 도압, 수압 등의 외압이 작용함과 동시에 하역을 행하지 않는 상태, 즉 내압이 Zero (대기압)가 되는 경우도 있고, 때로는 도관 내가 부분적으로부터 부압 상태가 되는 것도 예상된다. 이와 같은 상황을 가정하여 외압에 대한 도관의 좌굴의 검토를 행하여 안전성을 확인해 두어야 한다.

[참고]

- (1) 좌굴강도의 산정에 대하여는 식(참6-12)에 나타낸 Timoshenko에 의한 박육관의 이론 좌굴식, 식(참6-13)에 보여준 타원관의 좌굴식 및 식(참6-14)에 보여준 ANSI B31.4 (Liquid Petroleum Transportation Piping Systems)에 의한 산정식 등이 있다.
- (2) 좌굴 강도는 도관의 외경과 둘레두께의 비에 따라 다르며 각각의 산정식은 도참(6-1)에 보여준 바와 같은 차이가 있다. 해저 Pipeline의 경우는 비교적 대구경의 도관으로 도관의 외경과 둘레두께의 비(D/t)는 80~100인 경우가 많다.

이 경우에는 어느 산정식에 따르더라도 좌굴 강도의 값의 차이는 거의 없다. 단, 엄밀히는 이들 산정식은 등분포하중, 비구속을 조건으로 하고 있으며 해저 Pipeline에 적용함에 있어서는 그 조건, 도관의 재질에 맞게 적절한 검토를 행하여야 한다. 또, 휨 좌굴에 대하여는 필요에 따라 검토를 행할 것이 필요하다.

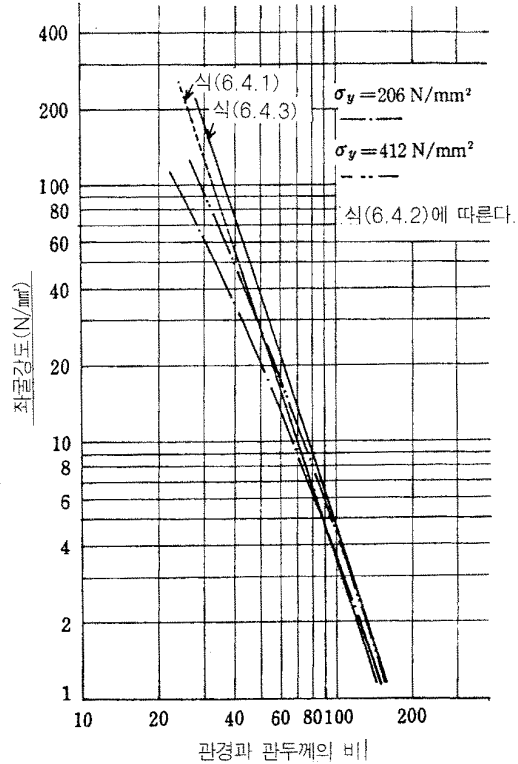
$$q_{cr} = \frac{2E}{1-\nu^2} \left(\frac{t}{D} \right)^3 \quad (\text{참6-12})$$

$$P_{cr} = \frac{1}{2} \left\{ \frac{\sigma_y}{m} + (1+6mn)q_{cr} \right\} \pm \sqrt{\left\{ \frac{\sigma_y}{m} + (1+6mn)q_{cr} \right\}^2 - \frac{4\sigma_y q_{cr}}{m}} \quad (\text{참6-13})$$

$$P_e = \frac{3.30 \times 10^{-6}}{\left(\frac{D}{t} \right) \left(\frac{D}{t} - 1 \right)^2} \quad (D/t \geq 47) \quad (\text{참6-14})$$

여기서,

- q_{cr} : 이론 좌굴하중 (N/mm²)
- P_{cr} : 타원관 좌굴하중 (N/mm²)
- P_e : 좌굴하중 (N/mm²)
- E : 도관의 탄성계수 (N/mm²)
- ν : 도관의 Poisson 비



도참(6-1) 좌굴 강도의 산정

D : 도관의 외경 (mm)
 t : 도관의 두께 (mm)
 σ_y : 도관의 항복점 응력 (N/mm²)
 $m = D/2t$
 $n = 2e$
 e : 타원율

6-5 관이음의 설계

- (1) 도관에 사용하는 관이음의 설계는 도관의 설계에 준하여 행하는 이외에 관이음의 유연성 및 응력집중을 고려한다.
- (2) 도관을 분기하는 경우에는 미리 제작된 분기용 관이음 또는 분기 구조물을 사용한다. 이 경우 분기 구조물에는 원칙적으로 보강판으로 붙인다.
- (3) 분기용 관이음, 분기 구조물 및 Reducer는 원칙적으로 석유 Terminal, 계류시설 또는 이에 비슷한 구조물에 설치한다. 단, Riser부의 강제의 도관과 접속할 목적으로 설치되는 경우 등에 필요한 경우에는 해저에 설치할 수도 있다.

[해설]

- (1) 관이음의 유연성 및 응력 집중에 대하여는 본편 6-6 Bend부의 설계에 따른다.
- (2) 해저 Pipeline에 있어서는 분기부를 설치하는 일은 적으며 그 시공예도 거의 없으나 도관의 분기부외에 도관의 온도변화에 의한 신축, 조류, 바람 등에 의한 진동 및 지진동등에 의하여 과대한 응력이 생기지 않도록 고려하여야 한다.

6-6 Bend부의 설계

- (1) 도관의 Bend부의 설계는 도관의 설계에 준하여 행하는 외에 Bend 유연성 및 응력집중을 고려한다.
- (2) 도관의 Bend부에는 다음의 경우를 제외하고 미리 제작된 Bend관을 사용한다. 단, 마이트 Bend관을 사용하는 경우는 내압에 의하여 생기는 원주방향 응력이 도관의 규격 최소항복점 강도의 20%이하의 경우에 한한다.
 - ① 현장에서 적절한 최소 곡률반경에 따라서 냉각 Bending을 하는 경우
 - ② 현장에서의 시공조건 기타 특별한 이유에 의하여 부득이한 경우로서 3℃를 넘지 않는 각도로 도관의 접합을 행하는 경우
 - ③ Riser부등에서 주위조건 등의 이유에 의하여 도관을 현장에서 Bending하면서 설치하는 경우
 - ④ 육상에서 도관Coil을 제작하여 해상에서 펴면서 설치하는 경우

[해설]

- (1) 관이음 및 Bend부의 유연성 및 응력 집중은 변위가 구속되지 않는 導管系(Piping System)에 대하여 아래와 같이 고려한다.

① 유연성

직관부의 휨강성(EI)에 대한 관이음부 및 Bend부의 휨강성의 감소율(유연성 Factor)이라 하며, 관이음 또는 Bend관 등의 형상 및 구조에 따라 적절히 정한다.

② 응력집중

관이음부 및 Bend부에 온도변화, 압력변화, 지진 등에 의한 변형이 생긴 경우에는 응력 집중이 일어난다. 따라서 도관계의 설계에 있어서는 응력 집중을 고려하여 어느 부분에 있어서는 규정의 허용 응력을 넘지 않도록 설계하여야 한다.

③ 합성 응력

휨 및 내압에 의하여 생기는 축방향 응력 및 원주방향 응력과 비틀림에 의하여 생기는 접단응력을 합성한 응력이 규격 최소 항복점 강도의 90%이하가 되는 것을 확인하여야 한다.

- (2) 현장에서 냉각 Bending을 행하는 경우의 최소 Bending반경은 표해(6-3)에 제시한 값으로 한다. 이때 도관의 지름은 도관의 외경 2.5%이상 감소해서는 안 된다.

표해(6-3) 최소 Bending반경

도관의 외경(mm)	최소 Bending반경(mm)
$D \leq 318.5$	18D
$318.5 < D \leq 355.6$	21D
$355.6 < D \leq 406.4$	24D
$406.4 < D \leq 508.0$	27D
$508.0 \leq D$	30D

- (3) Bend부에 대하여는 현장의 냉각 Bending에 대하여 일반적으로 상기(2)의 규제(제한)가 시행되고 있다. 해저 Pipeline에서는 수심 및 주위조건에 따라서는 기제품 Bend관의 설치가 곤란하고 위험하기 때문에 현장 냉각 Bending방식(Bending Shoe, Tube)이나 심해설치를 위하여 Reel Barge법(Reeled Coil Method)이 개발되어 외국에서는 이미 실용화되고 있다.

이와 같은 경우에는 Bending에 의한 형상의 변화 (관경, 직원도, 두께) 및 재료의 변화 (강도, Elongation, Ductility 등)을 고려하여 현장 Bending 후의 Bend관의 성능을 확인해 두는 것이 필요하므로 실험 또는 경험 등에 의한 확인이 필요로 한다.

[참 고]

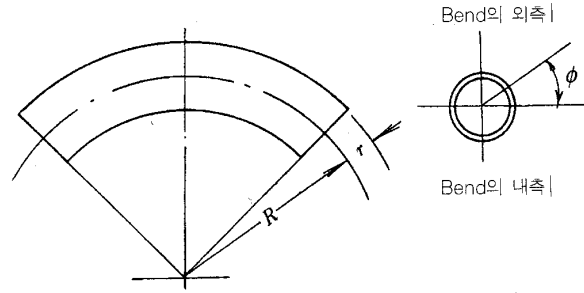
- (1) 유연성 및 응력집중에 대하여는 구조물의 형상의 만곡 또는 불연속성 등 형상의 일관성을 잃은 것이 원인이 되어 일어난다. 한편, 단순한 단면감소에 의한 응력 집중도 있어 해석은 특정의 것을 제외하고 곤란하다고 한다. 특정의 것에 대하여는 실험결과도 보고되어 있으나 필요에 따라 실험에 의한 검토를 행할 필요가 있다.
- (2) [해설] (1) 3)에 제시한 합성 응력의 계산은 본편 6-2 도관의 허용 응력에 제시한 식(참6-1)을 써도 된다.
- (3) Bend관이 내압을 받을 경우의 원주방향 응력은 식(참6-15)에 의하여 구한다.

$$\sigma_{ci} = \frac{2R + r \sin \theta}{2(R + r \sin \theta)} \frac{P_i(D - t)}{2t} \quad (\text{참6-15})$$

여기서,

- σ_{ci} : 내압에 의하여 Bend관에 생기는 원주
방향 응력 (N/mm²)
 R : Bend관의 곡률 반경 (mm)
 r : 관의 외반경 (mm)
 D : 관의 외경 (mm)
 t : 관의 두께 (mm)
 P_i : 상용압력 (N/mm²)
 ϕ : 도참(6-2) 참조

σ_{ci} 는 $\phi = -\pi/2$ 에서 최대가 되나, 외압에 의한
응력의 최대치를 일으키는 위치와는 반드시
일치하지 않으므로 주의를 요한다.



도참(6-2) Bend 부

6-7 밸브의 설계

- (1) 밸브는 도관과 동등이상의 강도를 갖는 것을 사용한다.
- (2) 밸브(석유 Terminal 또는 계류시설내의 도관에 설치하는 것 및 역밸브는 제외)는 원칙적으로 Pig의 통과에 지장이 없는 구조로 한다. 이 경우 밸브와 도관과의 접속은 원칙적으로 맞대기 용접으로 한다.
- (3) 밸브를 용접에 의하여 도관에 접속하는 경우에는 접속부의 두께가 급변하지 않도록 시공한다.
- (4) 밸브는 해당 밸브의 자중 등에 의하여 도관에 이상한 응력을 발생시키지 않도록 설치한다.
- (5) 밸브는 도관의 팽창 및 수축, 지진력 등에 의한 이상한 힘이 직접 작용하지 않도록 고려하여 설치한다.
- (6) 밸브의 개폐속도는 기름의 충격작용을 고려한다.
- (7) 밸브를 해저에 설치하는 경우에는 밸브의 구조, 조작의 방법, 점검 및 보수의 방법에 대하여, 도관의 보안상 지장이 없음을 확인한다.

[해설]

- (1) 해저에 설치되는 밸브는 다른 장소에 설치되는 밸브와 다음과 같은 점이 다르므로 그 강도, 신뢰성, 보전에 대하여는 특별한 배려가 필요하다.
 - ① 차단을 필요로 하는 기회가 비교적 적다.
 - ② 고장 난 경우 수리가 용이하지 않고 교체가 매우 곤란하다(특히 용접의 경우).
 - ③ 비교적 손질이나 보수가 곤란하다.
 - ④ 도관의 응력이 밸브에 직접 전달되는 가능성이 높다.
 - ⑤ Pig의 통과를 가능하게 할 필요가 있다.
 - ⑥ 해수와의 접촉이 밸브의 내외에서 각각 생긴다.
 - ⑦ 비상시의 경우 인력조작에 비교적 시간이 걸린다.
 - ⑧ Pipeline 방식과의 관계에서 수소에 민감한 재료의 사용에는 문제가 있다.
 - ⑨ 지진 후의 성능 확인이 용이하지 않다.
 - ⑩ 밸브의 추가설치가 곤란하다.

(2) 해저에 밸브를 설치할 때에는 다음과 같은 것을 고려하여야 한다.

- ① 밸브의 강도는 도관과 완전히 동등 이상으로 할 필요가 있고, 설치 후에 해당밸브의 필요가 없어진 경우에도 도관의 일부로서 남아있어도 문제가 없도록 할 필요가 있다.
- ② 제어, 원격조작, 직접조작에 대하여 밸브의 기능이 발휘되도록 충분히 배려하여야 한다.
- ③ 도관계의 방식을 고려하여 접합법, 밸브의 방식피복, 밸브의 재질을 적절히 선정할 필요가 있다.

6-8 Riser부의 설계

- (1) 도관 등의 Riser부는 본편 제4장 설계외력 및 하중의 규정외에 호안·지지구조물 및 도관의 부동침하 등을 고려하여 설계한다.
- (2) 도관 등의 Riser부의 Bend부분은 Elbow 또는 이에 준하는 굴절부가 없는 것을 사용한다. 직관을 굽혀서 설치하는 경우 그 구조와 품질은 본편 제5장 재료의 규정에 따른다.
- (3) 도관 등의 Riser부에는 적절한 방식대책을 강구한다.
- (4) 도관 등의 Riser에는 다음에 정하는 바에 따라 방호공을 설치한다. 또, 부표식 계류시설에 이르는 도관 등의 Riser부에 강제 이외의 것을 사용하는 경우에는 이 제한 밖이다.
 - ① 파랑 및 선박과 나무 등의 표류물에 의한 외력에 대하여 도관 등의 안전이 확보되도록 견고하게 내구성을 갖으며 또, 도관 등의 구조에 대하여 지장을 주지 않는 구조로 한다.
 - ② 선박 및 나무 등의 표류물에 의한 방호공에 대한 충격을 완화하기 위하여 필요한 곳에 충격완충 조치를 강구해 둔다.

[해 설]

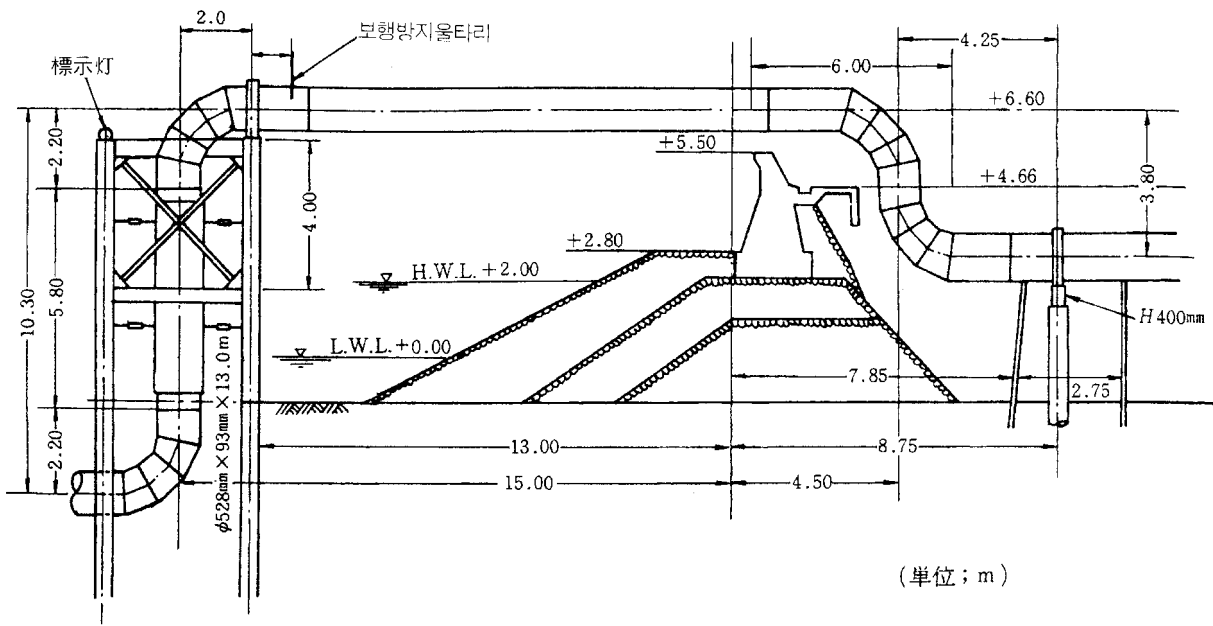
- (1) Riser부에 작용하는 외력 및 하중의 종류에는 다음과 같은 것이 있으므로 이들 중 필요한 것에 대하여 충분한 강도를 갖는 효과적인 구조로 하여야 한다.
 - ① 내 압
 - ② 자 중
 - ③ 파 력
 - ④ 수류력
 - ⑤ 온도변화의 영향
 - ⑥ 지진력
 - ⑦ 선박 및 표류물 등에 의한 충격력
 - ⑧ 지지 구조물 및 riser부에서의 진동현상
 - ⑨ 풍압력
- (2) Riser부의 도관에 대한 방호공의 설계는 제8편 계류시설에 준하여 행하고 특히 충격력 및 지진력에 대하여는 충분한 검토를 행하여야 한다.
- (3) Riser부의 도관 및 방호공의 설계에 있어서 유의할 사항은 Riser부 부근의 해저지반의 침하량, 허용변위량, 지진시 응력, 육상호안 등의 원호활동 등이며 구조해석을 행함과 동시에 이들 모든 사항에 대한 검토를 충분히 행하는 것이 필요하다. 또, 해저 Pipeline과 육상 Pipeline을 포함하여 Riser부 부근의 도관에 대하여 전체의 배관계로서의 응력 계산을 행하는 것도 필요하다.

(4) Riser부에서는 다음의 방식대책을 강구한다.

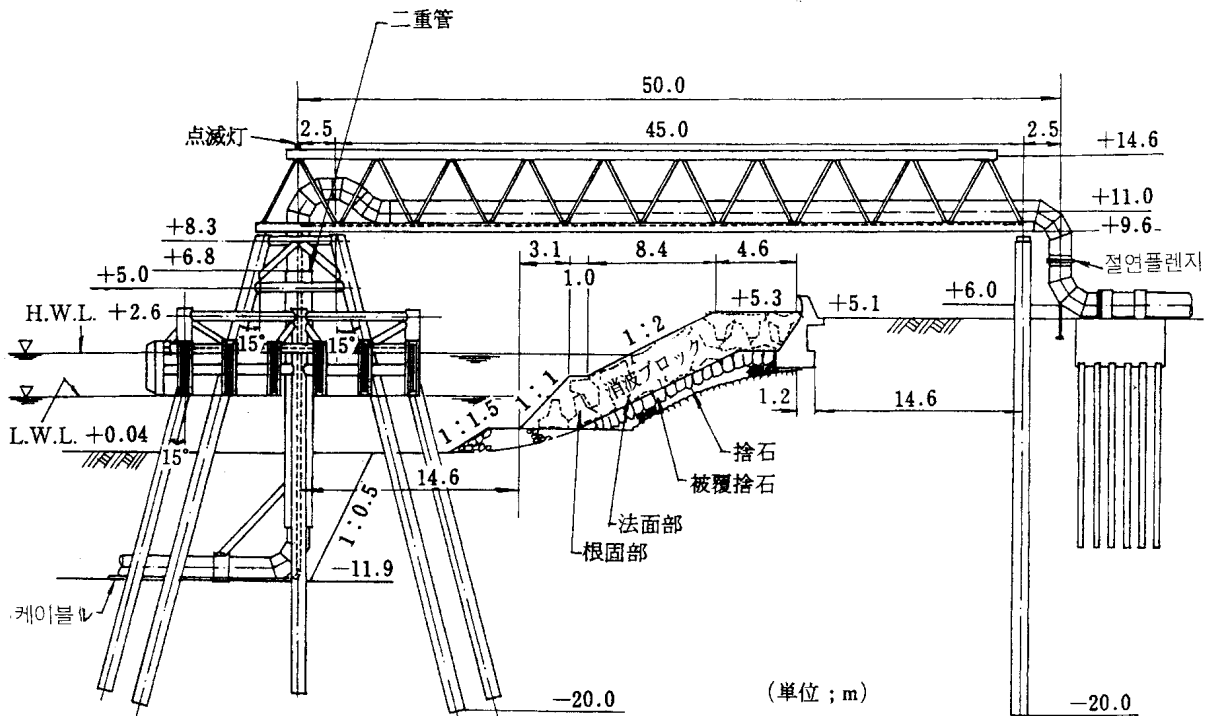
- ① Riser부는 소위 Splash Gone을 포함하여 해수, 비말, 공기, 일광등의 영향을 받으므로 외면은 적절히 피복하여야 한다. 또, 보수 관리에도 특히 주의할 필요가 있다.
 - ② Riser부에서 해수 중에 잠긴 부분에는 해저 Pipeline의 일부로서 전기방식을 적용하게 되는데 지지구조물, 고정식 계류시설 및 호안등과의 관계를 충분히 고려하여 계획 및 보수 관리를 행하는 것이 필요하다.
 - ③ Riser부의 관 내부를 해수로 치환하는 경우에는 방식대, 내면방식의 적용 등 이외에 관의 두께의 계측관리를 정기적으로 행하여야 한다.
 - ④ 전기방식의 관계에서 Riser부와 고정식 계류시설과의 연결시에는 필요한 곳을 절연할 필요가 있다.
- (5) 해저 Pipeline에서 구조상의 가장 약점이 되어있는 것이 Riser부이며 또, 해면상에 Rise Up됨으로서 선박, 기름나무 등이 표류물의 충돌의 가능성이 있다. 따라서 Riser부의 도관의 주위를 둘러싸는 형상의 방호공을 설치하는 것이 필요하게 된다. 방호공은 Riser부의 도관이 연직에서 수평으로 굽어지는 Bend부의 가태를 겸하게 된다.
- (6) 방호공의 구조 및 충격완충조치는 다음에 따른다.
- ① 도관의 Riser부에 설치되는 방호공은 선박, 나무 등의 표류물이 도관에 직접 충돌하지 않는 구조로 함과 동시에 충돌에 의한 충격의 영향이 도관에 직접 전달되지 않는 구조로 한다.
 - ② 방호공이 설계에 있어서는 도관의 규모, Riser부 부근의 수심, 기초지반, 지진, 풍, 파랑, 조류, 표류물의 크기 및 접근속도 등을 고려한다.

[참 고]

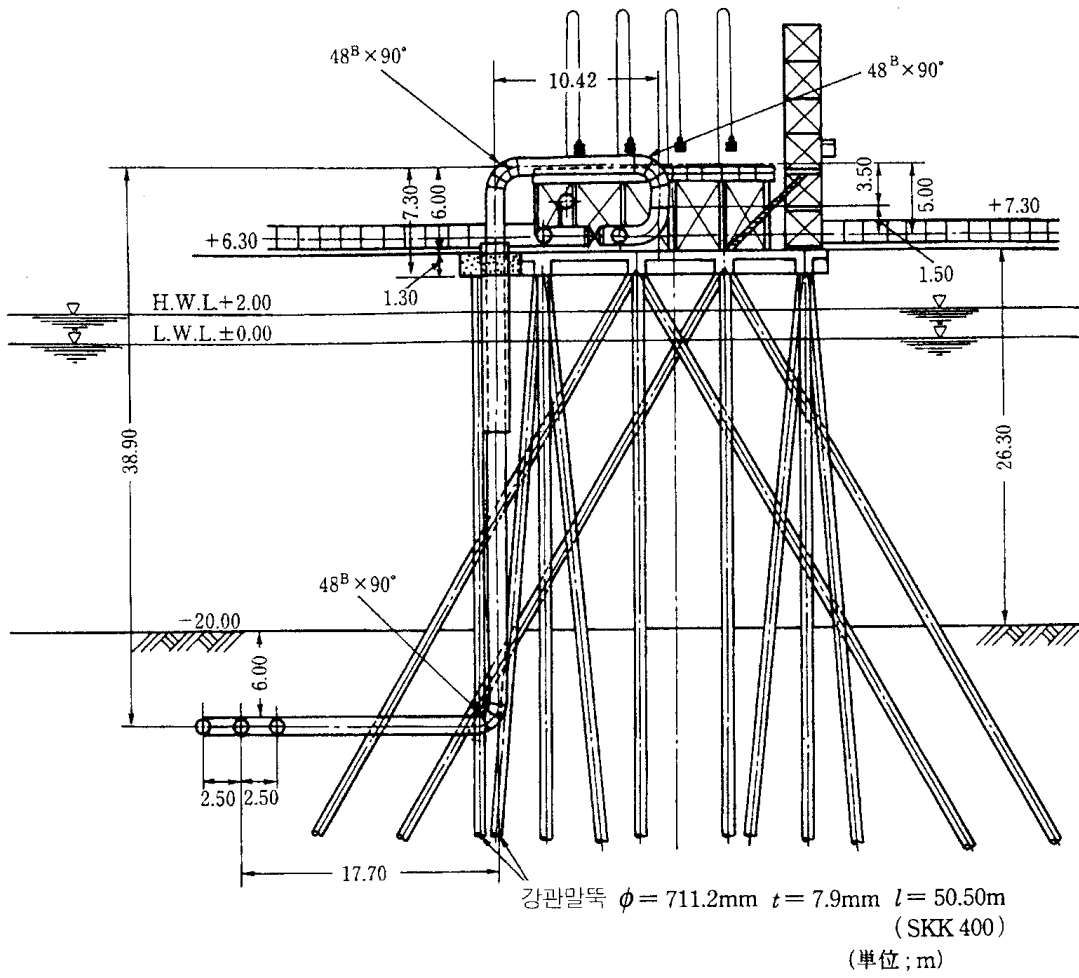
- (1) Riser부의 도관을 Platform 또는 Sea Berth에 지지 고정하는 방법이 많이 있다. 일반적으로 천해역에서의 Riser부의 도관의 지지방법은 도관의 Deflection 구조물의 변위를 Riser부의 도관에 작용시키지 않도록 Riser부의 도관과 구조물과의 접촉에 있어서는 가동받침, Rubber판 또는 Teflon판 등을 설치한다.
심해에 있어서는 Riser부의 도관자신의 중량도 크고, 도관의 연직부의 길이가 길기 때문에 구조물의 변위 및 Riser부의 도관의 변위는 충분히 도관이 갖는 유연성에 의하여 흡수되므로 지지방법에 용접 등에 의한 고정방식을 채용하는 경우가 많다.
- (2) Riser부의 도관을 해저에서 지지하는 것은 거의가 도관의 자중의 지지에 관하는 것이다. 해저가 연약지반인 경우, 도관의 자중에 의한 침하, 압밀침하에 의한 도관에 응력이 생긴다. 이들 침하대책으로서 Riser부의 도관하단에 Concrete Block, 골재 등의 기초공을 설치하는 등의 대책이 취해지고 있으나 압밀침하에 대하여는 지반개량을 행하는 것이 가장 효과적이다.
- (3) 도관을 호안 등의 하에 부설하고 Riser부를 육상부에 설치한 사례도 보인다.
- (4) 방호공의 구조형식은 다양하나 일반적으로 강관을 사용한 구조가 많고, 육상 Riser부에서는 도참(6-3)(A), (B)에 제시한 구조예가 있다. 고정식 계류시설 측의 구조예로는 도참(6-4)가 있고 고정식 계류시설의 구조상, 육상 Riser부와 같은 구조로 하는 것이 곤란한 경우가 많으나 그 대체로서 Riser부의 도관을 이중관으로 하는 경우가 많다.



도참(6-3)(a) 육상 Riser부의 구조 예



도참(6-3)(b) 육상 Riser부의 구조 예



도참(6-4) 고정식 계류시설측 Riser부의 구조 예

제 7 장 방식, 접합방법 및 가열 보온설비

7-1 방식피복

- (1) 해저 Pipeline에는 내구성이 있고 또 전기절연저항이 큰 도복장재에 의하여 외면부식을 방지하기 위한 조치를 강구한다.
- (2) 도관 등의 용접 이음부는 내구성과 전기절연저항을 갖는 적절한 피복을 적용한다.

[해설]

방식피복의 목적은 도관 전체의 금속표면이 전해질과 전기적으로 절연되는 것이다. 이를 위하여 도장재는 전해질 중에서 장기간동안 안정된 고 전기절연저항을 갖는 것으로 부설공사중이나 부설후의 외력에 의한 손상에 강한 저항성이 있어야 한다. 일반적으로 도복장에서 도장재는 전기절연저항을 높이고 복장재는 도장재의 기계적 강도를 보장하는 것이 목적이다.

[참고]

- (1) 해저 Pipeline의 부식 문제는 외부부식과 내부부식으로 나누어진다. 외부부식은 모든 해저 Pipeline의 공통 문제이고 현재에도 주요한 Pipeline은 방식피복과 전기방식법을 병용함으로써 외부부식을 방지하고 있다. 내부부식은 도관을 통하여 이송하는 석유의 부식성분이나 보안을 위하여 치환되는 해수에 의하여 일어난다. 가솔린, 등유, 경유 등의 석유제품에서는 내부부식을 고려할 필요가 없다. 그러나 해수 또는 유정(油井)으로부터 나온 수분, 가스성분, 이산화탄소, 이산화유황 등을 포함하는 미처리 원유에서는 내부부식이 문제가 될 수 있다. 내부부식 대책으로는 부식대, 내부도복, 전기방식법 등을 들 수 있으나 부식대를 보고, 또 부식의 정도를 검사하는 방법이 가장 많이 쓰이고 있다.

- (2) 도복장재에는 다음에 열거한 것 또는 이와 동등이상의 방식효과를 갖는 것을 사용한다.

① 도장재

KS D 3589 Polyethylene 피복 강관

KS D 8306 수도용 강관 Asphalt 도복장 방법에 정하는 Asphalt Enamel 또는 Blown Asphalt

KS D 8307 수도용 강관 Coal Tar Enamel 도복장 방법에 정하는 Coal Tar Enamel

② 복장재

KS D 8306 수도용 강관 Asphalt 도복장 방법에 정하는 Vinylon Cloth, Glass Cloth 또는 Glass Mat

- (3) 전항에서 규정하는 동등 이상의 방식효과를 갖는 재료로는 다음과 같은 것이 있다.

① Tar Epoxy 피복

② Plastic 피복 (유 Under Coat 또는 무 Under Coat)

③ Plastic 방식 Tape

④ 열수축형 Plastic Sheet 또는 열수축형 Plastic Tube

또한, 동등이상의 성능을 갖는지 여부의 판단을 함에 있어서 다음과 같은 특성의 검토를 요한다.

① 피복의 절연성, 내구성, 내수성 등

② 피복의 밀착성, 강도, 연성 등

③ 공장 및 현장에서의 작업성

이제까지 Asphalt계 또는 Coal Tar Enamel계의 두꺼운 피복이 사용되어 왔으나 최근에는 Plastic계 외면피복을 사용하게 되었다.

- (4) 도복장(방식피복)에는 PVC계열테이프처럼 50~55%만 감아도 되는 것과 PE계열테이프처럼 안쪽층(Inner layer), 바깥층(Outer layer)으로 구성되는 것이 있으나 그 형식을 불문하고 KS D 8500 수도용 강관 외면 테이프 도복장 방법에 규정하는 방식 피복방법에 적합한 것, 또는 이와 동등이상의 방식효과를 갖는 피복을 행한다.
- (5) 도관 등의 외면 보호로는 이상과 같은 피복대책 이외에 필요에 따라서 중량조절 또는, 외력에 의한 손상으로부터 보호하기 위하여 도복장 위에 Concrete Coating을 시공하는 경우도 있다.
- (6) 장기적인 사용을 전제로 하는 해저 Pipeline은 석유제품 또는 수입원유를 취급하므로 특별한 경우를 제외하면 해수교환을 하지 않는 한 도관의 내면 부식은 별로 문제가 되지 않는다. 내면부식양은 원유수송 Line에서 해수교환을 하는 경우에 연간 0.2~0.3mm 정도이다.

7-2 전기방식

- (1) 해면 하 또는 해저면 하에 설치되는 도관 등에는 원칙적으로 전기방식을 실시한다.
- (2) 전기방식을 시행하는 경우에는 근접한 매설물 및 기타 구조물에 대하여 간섭이 미치지 않도록 필요한 조치를 강구한다.

[해설]

- (1) 해저 Pipeline에서는 부식성이 극히 클 뿐 아니라 부설공사시에 도복장에 손상을 주는 일이 적지 않으므로 도복장만으로 완전히 방식한다는 것은 불가능하다. 특히, 해저에서는 토양의 비저항이 낮기 때문에 도복장에 Pin Hole 등의 결함이 있으면 여기에 부식이 집중하여 급격히 공식이 진행되며, 수년 사이에 관벽을 관통하는 경우도 드물지 않다. 따라서 도복장과 전기방식을 병용하는 것이 필요하다.
- (2) 전기방식에는 ① 희생양극방식, ② 외부전원방식이 있으며, 기본적으로는 일반 항만구조물의 방식법과 같다.
- (3) 희생양극방식을 사용하는 경우에는 양극의 종류, 형상치수, 부착방법을 방식효과, 내용연수 및 보수를 고려하여 결정한다.
- (4) 외부전원방식을 사용하는 경우에는 전극의 설치위치 및 설치방법은 방식효과 및 간섭방지를 충분히 고려함과 동시에 파랑, 조류 등의 영향으로 전극 및 부속설비가 손상되지 않도록 고려한다.
- (5) 방식전류 값은 해저 Pipeline이 설치되는 환경의 부식성, 도복장 정도, 관길이 및 관두께 등에 의하여 달라진다. 이들 중 가장 영향이 큰 것은 부설 후의 도복장 상태이며 해저 Pipeline의 부설방식 시공상태를 충분히 고려하고 도복장 자체의 절연저항 저하도 고려하여 방식전류 값을 정한다.

[참고]

- (1) 육측으로부터 전기를 공급하는 경우에는 근접 구조물에 간섭이 미치지 않도록 전기방식을 설치할 필요가 있다. 이를 위하여는 전류양극방식이 바람직하나, 도관 등의 설치 환경에 따라서는 외부전원방식을 필요로 하는 경우도 있다. 이 경우 외부전원방식에 있어서는 출력조정 등의 전류 경감을 위한 조치를 취하거나 또는 다른 구조물 및 도관 등과의 사이를 Lead선으로 연결하는 등의 조치를 취할 필요가 있다.
- (2) 해저 Pipeline에서는 경로상에서의 관대지전위(管對地電位)의 측정이 곤란하다. 외부전원방식에서 한쪽으로부터 전류를 공급하는 경우에는 다른 쪽의 관대지전위가 방식전위보다 낮다.

7-3 도관의 접합방법

- (1) 도관의 접합은 용접에 의하여 실시한다. 단, 용접이 적절하지 않은 경우에는 안전상 필요한 강도를 갖는 Flange접합을 할 수 있다.
- (2) Flange 접합을 하는 경우에는 접합부를 점검할 수 있도록 하며, 석유의 누출확산을 방지하기 위한 조치를 강구한다.

[참 고]

- (1) 용접이 적절하지 않은 경우의 예를 들면 다음의 경우를 말한다.
- ① Flexible Hose와 접속하는 경우
 - ② 고정식 계류시설에서 밸브, 절연용 계수 등을 설치하는 경우
 - ③ 해저 도관에서 분기를 내거나 다른 도관과 연결하는 경우
- (2) Flange 접합부분은 점검이 가능하게 하고 또 위치가 확인되도록 하는 것이 원칙이지만 그 내용은 도관의 사용목적, 설치깊이 등에 따라 다르다. 매설시 Case by Case의 검토가 필요하다.

7-4 용접시공법

- (1) 도관의 용접은 Arc용접 또는 이와 동등이상의 용접효과를 갖는 방법에 따른다.
- (2) 도관의 용접은 수중에서 해서는 안 된다. 단 용접부를 물로부터 차단하여 행하는 경우에는 이 제한을 받지 않는다.

[해 설]

- (1) 용접 방법은 Arc용접 또는 이와 동등이상의 용접효과를 갖는 방법으로 하고 용접결과를 용접시공법 확인 시험을 실시한다. 단 용접작업자는 용접법 및 도관에 따른 자격 또는 능력을 가진 자이어야 하며, 또 용접시공 및 관리는 능력 있는 용접기술자의 계획에 근거함과 동시에 그 지도에 따른다.
- (2) 용접기기 또는 용접 장치 및 그 부속품은 현장의 작업에 적합한 성능과 용량을 갖고 용접재료는 용접법 및 도관 재료의 종별, 화학적 성질, 기계적 성질에 따라서 모든 규격에 적합한 것을 사용한다.

[참 고]

- (1) 도관 등의 용접은 Arc용접 또는 이와 동등이상의 용접효과를 갖는 방법에 따른다. 여기서 말하는 이와 동등이상의 용접효과를 갖는 방법에는 다음과 같은 것이 있다.
- ① 피복 Arc용접 (즉, 수용접)에 쓰이는 용접기에는 변압기식, 발전기식 (전동 또는 Engine 구동) 정류기식 등의 직류 또는 교류 Arc용접기로 도관의 종류 및 치수와 사용하는 용접봉의 종류 및 치수에 적합한 특성과 충분한 용량을 갖춘 것.
 - ② 자동 및 반자동 Arc용접에는 도관의 종류 및 치수와 사용하는 용접법 및 용재에 적합한 특성과 충분한 용량을 갖는 용접기로서 적절한 제어장치 및 용재공급장치를 갖춘 것.
 - ③ Arc용접 이외의 용접법에 사용하는 용접기에는 도관의 종류 및 치수와 용접법에 적합한 특성과 충분한 용량을 갖는 용접기로서 적절한 제어장치 및 필요한 부수장치를 갖춘 것.

(2) 용접 시공법 확인시험에 대하여는 본편 9-1 용접부의 비파괴 시험에 준한다.

(3) 관련 규격에는 아래의 것이 있다.

① 용접기기

KS C 9602 교류 Arc용접기

KS C 9605 정류기식 직류 Arc용접기

KS C 9607 용접봉 Holder

KS C 9623 교류 Arc용접용 전격방지 장치

KS C 3317 600V 고무절연 캡타이어 Cable

KS C 3332 고무절연 클로로프렌 시스케이블

KS C 3602 600V 비닐절연 캡타이어 Cable

KS C 3321 용접용 Cable

KS P 8141 차광보호구

KS P 8142 용접용 보호면

KS M 6673 방진 Mask

② 용접재료

KS D 7004 연강용 피복 Arc용접봉

KS D 7006 고장력 강용 피복 Arc용접봉

7-5 가열 및 보온을 위한 설비

도관에 가열 또는 보온을 위한 설비를 설치하는 경우에는 화재 예방상 안전하고 또 다른 악영향을 주지 않는 구조로 한다.

[해설]

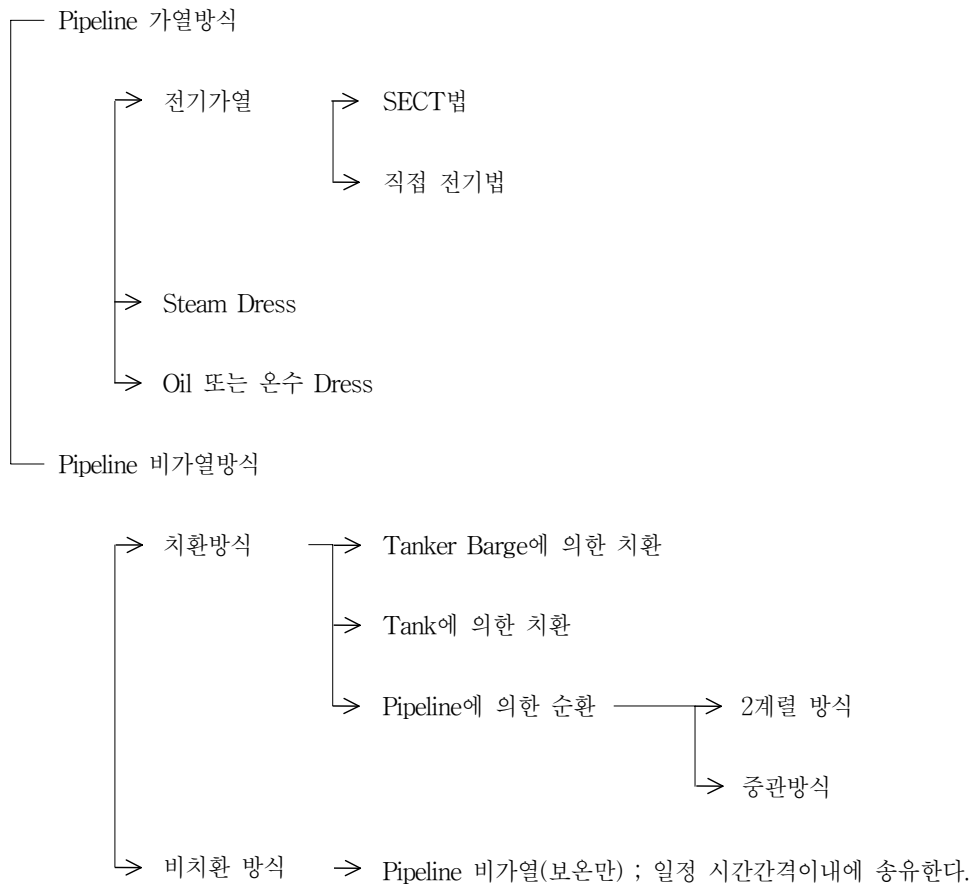
가열배관은 저유황유인 Minas원유라든가 Bunker C와 같이 상온에서 점성이 높고 왁스(Wax)분이 다량 함유되어 쉽게 응고하는 유체에 있어서 수송 중에 유체의 유동점보다 높은 온도를 유지할 필요가 있어 가열, 보온 대책으로 사용되는 것이다.

[참고]

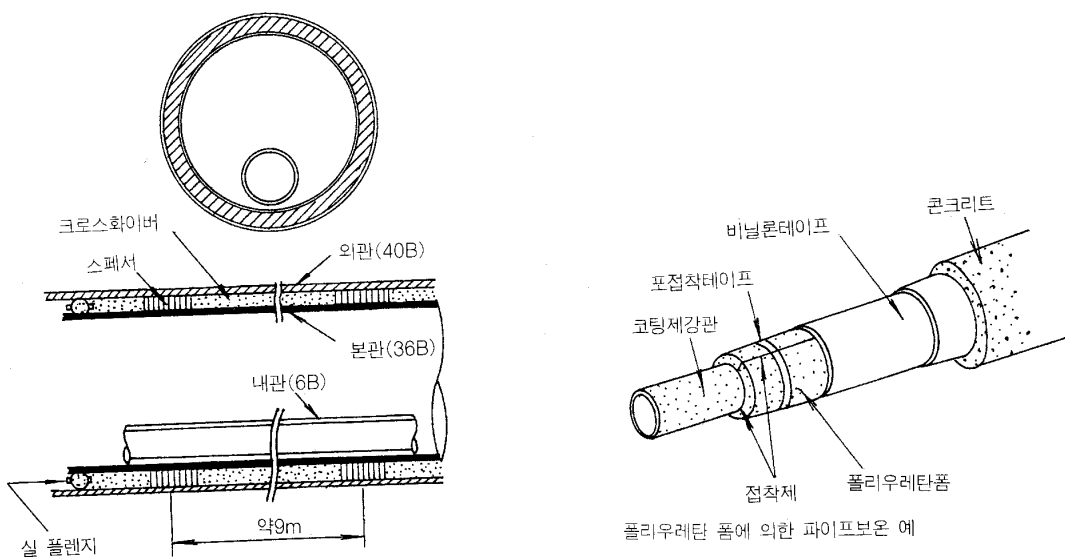
(1) 해저 Pipeline의 가열보온 System의 용이성은 도참(7-1)에 제시한 바와 같이 분류되며 System의 열손실 해석을 함으로서 경제성, 유지·관리의 용이성 등을 비교하여 적절한 방법을 채용하게 된다.

(2) 보온구조의 예를 도참(7-2)에 나타낸다. 또, 가열구조의 예로는 도참(7-1)에 보여주는 바와 같이 3중관 구조인 것이 있다.

가열보온 System



도참(7-1) 가열보온 System의 분류



도참(7-2) 보온구조의 예

표참(7-1) 3중관의 구조와 설계제원

(a) 구조도		
(b) 설계제원		
Sea Berth 형식	일점계류 Buoy식 Sea Berth	
해저배관 길이	3,000m	
해저 최심부	해면하 27m	
해저온도	8℃	
취급문제	미나스 원유(응고점 35℃) 및 중동원유	
양유조건		
양유량 허용압력손실 입구온도 출구온도	미나스 원유	중동원유
	5,000kl/h 0.3N/mm ² {3.2kgf/cm ² } 50℃ 40℃이상	7,500kl/h 0.6N/mm ² {6kgf/cm ² } 20℃ —
순환유 조건		
순환유 종류	중동원유 (치환유)	
순환량	450kl/h	
순환유 온도	50℃ (입구에서)	
설계압력	1.6N/mm ² {16kgf/cm ² }	
배관치수		
내 관	12B SCH 40 STPG 370	
본 관	38B 10mm 두께 SM400A	
보호관	42B 12mm 두께 SS400	
보 온	Rockwool 25mm 두께 (열전도율 0.035 kcal/m/h/℃)	
부설 조정	외주에 60mm의 Concrete Lining을 실시한다.	
부설 공법	해저예항법	
방 식	외부전원법	

주) 비상시 기타에 따라 미나스 원유를 관내에 남겨둔 채 방치한 경우의 응고는 계산에 의하면 본관 벽으로부터 6~7cm두께의 응고두께가 형성되는 정도이다.

제 8 장 도관(導管) 등의 부설(敷設)

8-1 일 반

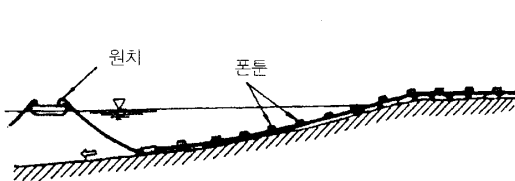
- (1) 도관 등을 해저에 부설하는 경우에는 매설(埋設)을 원칙으로 한다. 단, 다음의 경우에는 매설하지 않고 해저에 부설할 수 있다.
- ① 선박의 투묘(投錨)에 의한 손상이나 선박 항행시 지장 등의 우려가 없고, 저인어업(底引漁業) 등에서 어구(漁具), 어업시설(漁業施設) 등에 손상을 주지 않는 경우
 - ② 해저가 암반 등 단단한 지반이고, 도관을 콘크리트 등으로 보호하는 경우
- (2) 해저 파이프라인 부설시에는 파이프라인의 규모, 작업조건 등을 고려하여 적절한 부설방법을 선정한다.

[해 설]

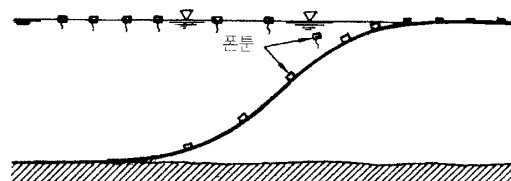
- (1) 해저파이프라인은 부설공정(敷設工程)이 가장 중요하므로 적절한 부설공법 및 기기(機器)를 선정하여 면밀한 계획과 관리로 부설시의 안전을 도모할 필요가 있다.
- (2) 부설공법에는 해저예항법(海底曳航法), 부유예항법(浮遊曳航法), 부설선법(敷設船法) 등이 있고, 여기에는 부설선, 윈치(Winch) 또는 예항기기(曳航機器), 각종 선박 등이 필요하다. 파이프라인의 지름, 길이, 주위 조건에 따라 적절한 공법과 기기를 선택하여야 한다.
- (3) 도관의 부설시 응력은 관의 공기 중 및 수중중량, 부함(浮函 : Pontoon) 등의 배치, 수심, 파랑, 조류, 조석, 선박의 동요 등의 복잡한 영향을 받는다. 따라서 계획 및 설계단계에서 여러 가지 조건을 충분히 검토하여 시공시에는 계획, 설계시의 검토내용을 기초로 하여 적절한 작업 시방과 이상시의 조치방법 등 기술된 시공지침서(Manual) 등을 마련할 필요가 있다.

[참 고]

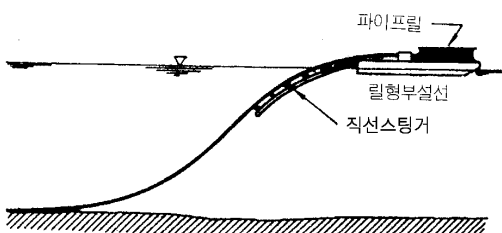
해저파이프라인 부설방식을 예시하면 도참(8-1)과 같고 각 방식별 특성은 표참(8-1)와 같다.



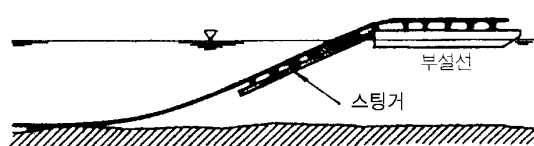
(a) 해저예 항법



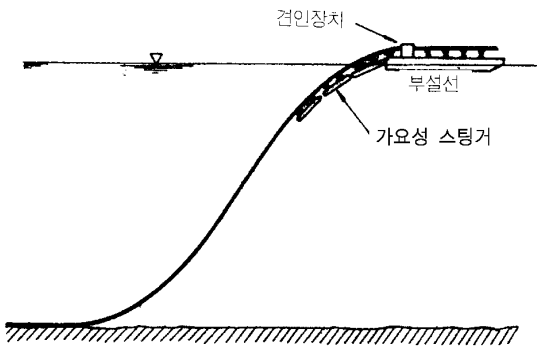
(b) 부유예 항법



(c) Reel 관 부설법



(d) 부설선법



(e) 대수심 부설선법

도참(8-1) 해저배관 부설방식(예)

표참(8-1) 부설방식별 특성

구 분	해저예항법	부유예항법	부설선법
1. 작업방법	육상제작장에서 조립한 긴 관을 바다쪽에서 해상관고정용대선(台船 : Barge)을 끌거나, 또는 건너편 대안에서 윈치로 끌어가면서 해저에 부설하는 방법	육상 또는 해상에 조립한 긴 관을 물에 띄운상태에서 부설 위치까지 예항하고, 관접합용대선상에서 해저관을 부상(浮上)시켜 해상 용접하여 침설(沈設)하는 방법	작업선상에서 해저관의 단관(單管)을 용접하여 연장하고 그때마다 작업선을 이동시키면서 침설해가는 방법
2. 제작장 (Pipe yard)	관로의 연장선상에서 길이가 긴 관의 제작 및 예항용공간과 기재(器材) 및 진수설비가 필요	관로의 연장선상이 아니라도 길이가 긴 관의 제작 및 예항, 진수를 위한 공간과 기재가 필요	강관저장장 외에 육상제작장은 필요하지 않다.
3. 주변조건	해저조건이외의 영향은 별로 받지 않는다. 기상변화에 대한 적응성이 좋아 작업 중단 후 계속작업도 가능	비교적 정온한 기상·해상조건이 요구된다. 기상의 급변(急變)에 대한 적응성이 나빠, 작업 중단 후 계속작업에 있으나 어려움이 있다.	주변조건의 영향은 거의 받지 않는다. 기상변화에 대한 적응성이 좋아 작업 중단 후 계속작업도 가능
4. 사용기재 (使用器材)	대형예항시설 필요	용접용 대선 이외의 특수설비는 필요하지 않다. 여러 척의 선박이 필요	특별 장비(裝備)를 장착한 부설선을 필요로 한다. 다른 선박은 별로 필요치 않다.
5. 관중량 조절	해저와의 마찰력을 적게 하여 예항력을 줄이기 위해 관의 수중 중량이 가볍도록 한다.	해면에서 해저로 강관이 유연하게 굽어지도록 관의 수중중량이 가볍도록 조절한다.	부설선에서 해저로 강관이 유연하게 굽어지도록 조절한다.
6. 적용범위	◦ 제작장, 해저조건이 좋은 곳에서는 어느 정도의 대형 공사까지도 가능 ◦ 관로가 복잡하거나 대규모 공사시에는 부적절 ◦ 해상조건이 나쁜 곳에서도 적용가능(풍파, 조류 등)	◦ 소규모 작업시 경제성이 있다. ◦ 복잡한 관로도 가능 ◦ 해상조건이 정온한 곳에 적합 ◦ 악천후 발생빈도가 많은 경우 작업이 연속되지 않고, 매번 단절되므로 작업일수만 충분하면 비교적 안전	◦ 비교적 장대(長大)한 해저관 작업에 적합 ◦ 복잡한 관로에는 부적합

8-2 도관 등의 교차(交差)

신설도관 등은 기 부설된 도관 등과 교차시키지 않는 것을 원칙으로 하나 부득이한 경우에는 다음에 정하는 바에 따른다.

- (1) 기 부설된 도관 등에 유해한 영향을 주지 않도록 설치한다.
- (2) 매설이 필요한 경우에는 충분한 깊이로 매설한다. 이 경우 선박의 항행 등에 지장이 없으면 아주 완만한 경사로 복도할 수 있다.
- (3) 기 부설된 도관 등의 저부(底部)를 굴착할 수 있을 경우에는 기 부설된 도관 등과 약 1m이상의 거리를 두고 필요한 경우에는 방호조치(防護措置)를 하고 설치한다.

8-3 기 부설된 도관 등과의 수평거리

신설 도관 등은 기 부설된 도관 등으로부터 원칙적으로 30m이상 떨어지게 부설한다. 단, 하역용 돌핀(Platform)위에 부설하는 경우나 동일경로(同一經路)에 도관 등을 증설(增設)하는 경우 등에서는 부득이한 경우에는 이격거리를 짧게 할 수 있다.

[해설]

기 부설된 도관 등과의 거리를 30m이상을 원칙으로 한 것은 기 부설된 도관 등의 되메우기 시공 예로부터 도관 중심에서 되메우기 단면의 비탈어깨까지의 거리가 15m정도이면 충분하다고 보아 결정한 것이다.

8-4 도관 등 상호접촉방지(接觸防止)

2열(列)이상 도관 등을 동시에 부설하는 경우에는 해당 도관 등이 서로 접촉하는 일이 없도록 필요한 조치를 강구한다.

[해설]

2열 이상의 도관을 동시에 부설하는 경우 다음 중 어느 방법이나 동등이상의 효과가 있는 방법으로 해당 도관 등이 서로 접촉하지 않도록 한다.

이 경우 표지설비 설치, 잠수부 조사, 음향탐사 등에 의한 도관 등의 위치를 검사하고 되메우기 전 또는 필요하다고 판단되면 되메우기 후에 음향탐사 등에 의한 방법으로 도관 등의 상대위치를 확인한다.

- (1) 도관 등 서로를 형강(形鋼) 등으로 연결하거나 또는 구조물로 지지, 고정하여 부설하는 방법
- (2) 충분한 이격거리를 두고 부설하는 방법
- (3) 부설 후 적절한 이격거리가 되도록 도관 등을 이동시키는 방법
- (4) 도관 등의 부설위치를 정밀하게 제어(制御)하는 방법

8-5 매설깊이

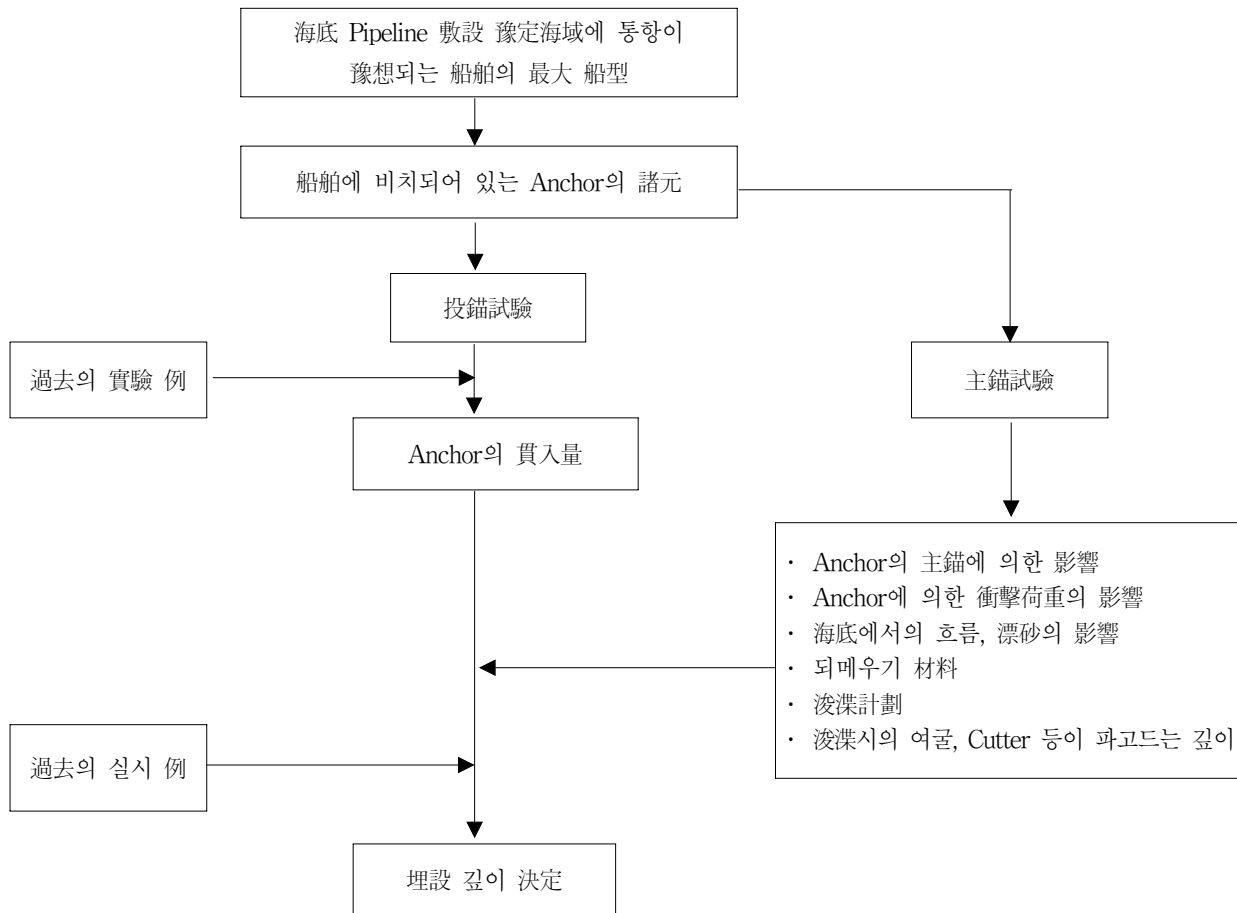
- (1) 도관 등의 매설깊이는 선박의 투묘(投錨), 주묘(走錨), 어구·어업시설(漁具·漁業施設), 해저지형, 도관 및 지지지의 안정, 해저 토질, 수심 등을 고려하여 결정한다. 이를 위하여 노선선정(路線選定) 이외에 필요에 따라 투묘시험(投錨試驗), 토질시험 등을 시행한다.
- (2) 매설 장소에 준설계획이 있는 경우에는 준설시 커터(Cutter) 등이 파고드는 깊이 등을 고려하여 매설깊이를 적절하게 결정한다.

[해설]

- (1) 도관 등은 해역을 항행하는 선박이 해저파이프라인위에 앵커를 낙하시켜도 도관 등에 직접 손상을 주지 않을 정도의 깊이, 주묘(走錨), 투묘시의 충격하중 또는 세굴에 대해서도 안전한 깊이로 매설하여야 한다.
- (2) 부득이 준설계획이 있는 항로 등을 횡단하여 도관을 설치하는 경우는 적어도 준설계획선 아래 60cm 깊은 면을 가상 해저면으로 하여 매설깊이를 결정하여야 한다. 또한 준설시의 커터 등이 파고드는 깊이나, 여굴량이 60cm를 넘을 우려가 있을 경우에는 예상되는 준설방법에 따라 준설계획선 아래로 적절한 치수만큼 깊은 면을 가상해저면으로 볼 필요가 있다.

[참고]

- (1) 도관 등을 해저지반에 매설하는 경우의 매설깊이 결정은 해저파이프라인의 가장 중요한 사항중 하나이다. 이미 해저파이프라인 부설시마다 수많은 매설깊이 결정관련 실험이 행해지고 있지만 통일된 방법은 아직 확립되어 있지 않다. 매설깊이의 기준값을 결정하는 것은 현실적으로는 어려우므로 다음 도참(8-2)에 나타난 절차에 따라 필요한 조사를 하고, 매설깊이를 결정하는 것이 바람직하다.



도참(8-2) 埋設깊이 결정 절차

(2) 여러 가지 요인을 고려한 뒤 매설깊이를 결정하게 되는데 매설깊이를 결정하는 지배적인 요인은 투묘에 의한 앵커의 관입량이다. 앵커관입량 파악은 투묘시험을 하는 것이 가장 정도(精度)가 높고 현재로서는 다음과 같은 투묘시험 방법 등이 있다.

- ① 해상에서 실선(實船)에 의한 실물 투묘시험
- ② 해상에서 비실선(非實船, 크레인船 等)에 의한 실물 투묘시험
- ③ 육상에서의 크레인에 의한 모형 투묘시험

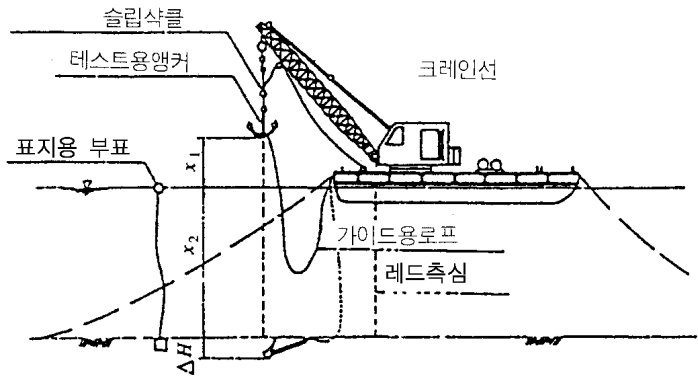
①의 방법은 해저파이프라인 부설예정해역에서 운항되는 최대선박을 이용하여 시험을 행하고 투묘깊이를 측정하는 것으로 실선(實船)으로 시험하게 되므로 선형이 크지 않을 때 행해지고, ②의 방법은 실선의 시험이 곤란한 경우, 실선을 대체하여 크레인선 등을 이용하고 대형선형에 적재하는 실물앵커를 투묘하는 방법이고, ③의 방법은 육상에 해저지형을 형성하고 모형(模型)앵커를 투묘하는 방법이다.

(3) 투묘시험방법은 해저파이프라인 규모 등에 따라서 적절히 선택하여야 하나 어떤 방법을 선정하더라도 앵커의 중량·형상·치수, 공중낙하높이, 수심, 해저지질 등이 관련되므로 면밀한 조사와 계획이 필요하다.

(4) 투묘시험방법은 다음의 표참(8-2)와 같고 비실선(非實船)에 의한 투묘시험의 관계내용은 도참(8-3)을 참고로 한다.

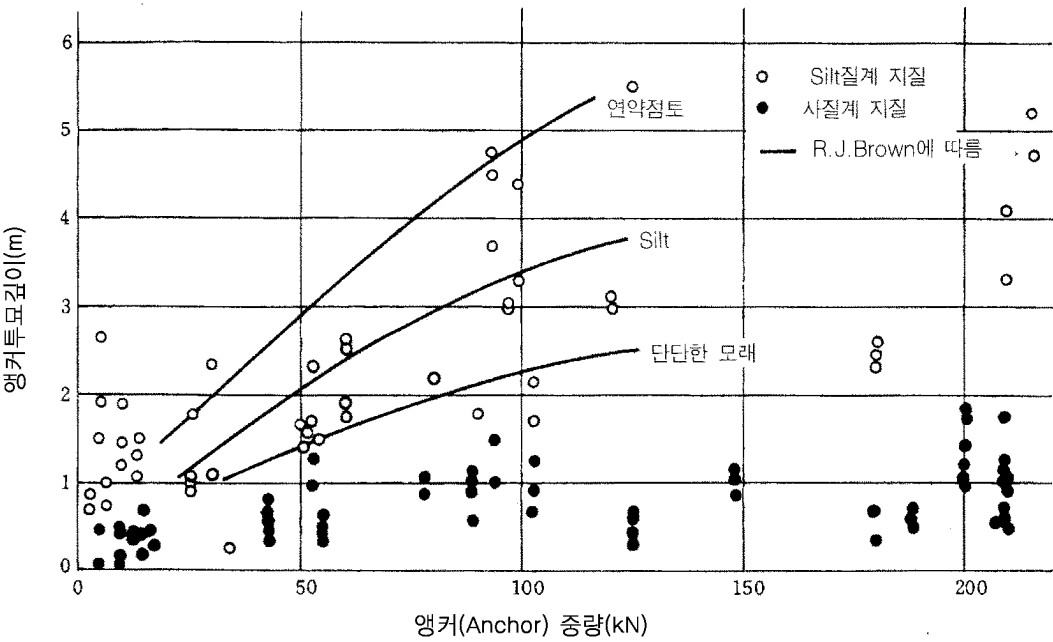
표참(8-2) 투묘시험 방법

시험방법	시험장소	사용기기	사용앵커
실선시험	해상	실선	실물
비실선시험	해상	크레인선	실물
육상시험	육상	크레인	모형



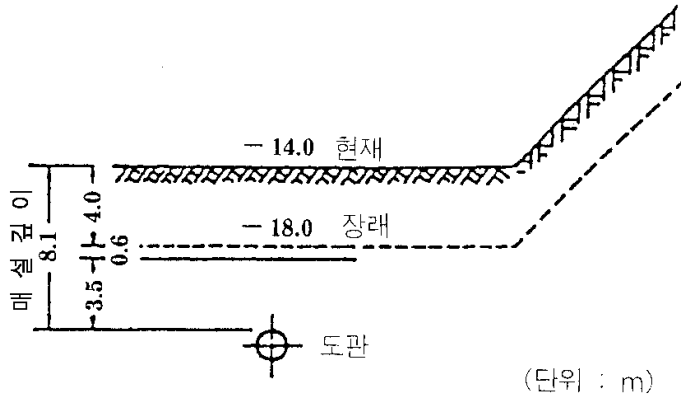
도참(8-3) 비실선에 의한 투묘시험

(5) 과거의 투묘시험 자료에 의한 앵커의 투묘깊이와 앵커중량 관계도는 도참(8-4)과 같다.



도참(8-4) 앵커관입량과 앵커중량

- (6) 준설계획이 있는 경우, 예를 들어 현재수심 (-)14.0m의 항로에서 장래 (-)18.0m까지 준설할 계획이 있고, 투묘시험 등 기타상황에서 매설깊이를 3.5m로 결정한 경우, 도참(8-5)와 같이 매설깊이는 현재 수심 [(-)14.0m]보다 8.1m 깊은 (-)22.1m에 매설하여야 한다. 그림에서 표시된 깊이 0.6m는 매설깊이를 결정하기에 앞서 기준해저면을 정하기 위한 값이나 장래 실제 준설시에는 사용하는 준설기기에 따라 준설선의 커터 등이 예정 준설심도보다 2~3m 깊은 지반까지도 박히는 예가 있기 때문에 이점을 고려하여 정하여야 한다.



도참(8-5) 준설계획이 있는 경우의 매설깊이

8-6 세굴방지를 위한 조치

도관 등의 매설위치는 가능하면 세굴우려가 있는 장소는 피하도록 한다. 부득이 세굴 우려가 있는 장소에 매설할 경우에는 다음 제시내용 중 한 가지 조치는 강구함으로서 세굴의 영향을 받지 않도록 한다.

- (1) 세굴방지를 목적으로 하는 구조물 등의 설치나 기 설치된 구조물의 개조·철거 등을 한다.
- (2) 조류, 폭풍, 하천의 영향 등에 의한 세굴우려가 있는 경우에는 세굴이 예상되는 깊이를 해저면으로 보고, 도관 등을 매설한다.
- (3) 조류가 매우 빠르고 또 해저지반이 단단한 경우에는 되메우기 재료나 성토재를 세굴되지 않을 재료로 선정하고 필요한 경우 콘크리트, 샌드 매스틱(Sand mastic) 등을 사용하여 되메우기 재료나 성토재료를 보강한다.

[참 고]

세굴 우려가 있는 장소는 다음과 같은 경우이다.

- (1) 해류·조류의 영향으로 해저가 파여지거나, 표사현상이 일어날 우려가 있는 장소
- (2) 해안선의 침해측에 있는 쇄파대의 영향으로 해저가 파여질 우려가 있는 장소
- (3) 해안부근에서 해안이나 구조물 등의 영향으로 해저가 파여질 우려가 있는 장소
- (4) 기타 자연현상 등의 영향으로 해저가 파여질 우려가 있는 장소

8-7 굴착 및 되메우기

- (1) 굴착 및 되메우기는 관의 지름, 매설깊이, 해저토질, 수심 및 기타의 주위조건에 적합한 방법으로 시공한다.
- (2) 도관 등을 부설하기 전에 굴착이 필요한 경우에는 부설방식, 수심, 해저토질 등을 고려하여 충분한 여유가 있게 굴착한다.
- (3) 도관 등을 부설한 후에 굴착이 필요한 경우에는 도관 등에 손상이나 과대한 응력이 발생하지 않도록 굴착한다.
- (4) 되메우기시에는 도관 및 도관의 도복장(塗覆裝)에 손상을 주지 않도록 시공한다.

〔해설〕

- (1) 굴착폭은 다음과 같이 정한다.
 - ① 굴착저면의 최소폭은 도관외경(導管外徑)에 되메우기 및 시공오차를 고려하여 여유를 둔다.
 - ② 굴착단면의 상면폭은 굴착시의 사면의 안정, 되메우기 작업방법 등의 조건을 고려하여 결정한다.
 - ③ 도관을 부설하기 전에 굴착을 할 경우, 굴착단면에 토사가 유입될 것을 예상하여 여유 있게 굴착 단면을 정하고 굴착단면 마무리처리 대책을 강구한다.
- (2) 굴착저면은 도관이 연속하여 저면에 지지되도록 평탄하게 시공한다.
- (3) 도관을 부설하기 전에 굴착할 때에는 필요에 따라 굴착단면 마무리처리, 전석 등의 제거, 돌출물이 있는 경우 이들을 제거하고, 굴착저면의 상태에 따라서는 굴착깊이를 더 파고, 모래 등으로 되메워 고르기를 하는 수도 있다.
- (4) 굴착저면의 상태는 계획된 단면형상대로 굴착되었는지를 음향측심기 또는 잠수부를 동원하여 확인할 필요가 있다.
- (5) 도관 부설 후 굴착단면의 되메우기는 다음 요령으로 한다.
 - ① 되메우기는 도관 등 및 그 피복(塗服裝)에 손상을 주지 않는 방법으로 한다.
 - ② 되메우기 재료는 지진시 액상화(液狀化)하지 않는 재료를 선정한다. 액상화가 예상되면 도관의 부상(浮上), 이동을 방지하는 조치를 강구하여야 한다.
 - ③ 되메우기 전에 도관이 바르게 위치하였는지를 음향측심기, 잠수부 등을 동원하여 조사·확인하고, 되메우기 후에는 표면의 상태와 도관의 위치를 음향측심기, 해저지층 탐사기 등을 사용하여 조사·확인하여야 한다.
- (6) 암반 등에서의 도관매설은 다음의 요령으로 한다.
 - ① 해저가 암반 등의 단단한 지반일 때는 적절한 방법으로 단면을 굴착하고, 바닥면은 모래 등으로 평탄하게 고르기 한 뒤 도관을 부설하고 되메우기를 한다.
 - ② 되메우기에는 토사, 자갈, 사석(捨石), 콘크리트 등을 사용하며, 사석을 사용하는 경우 석괴에 의한 도관 및 피복에 손상을 주지 않도록 주의하여야 한다.
 - ③ 조류가 심한 장소에서는 토사가 유실될 우려가 있으므로 자갈이나 사석 등을 사용하고 표면에는 포대콘크리트 등으로 고정시켜야 한다.
 - ④ 굴착이 잘 되지 않는 곳에서는 지반면상에 도관 등을 부설하고 콘크리트 등으로 피복·방호 한다.

[참 고]

- (1) 해저파이프라인 매설공법은 도관 등의 부설에 앞서 매설장소를 굴착하고, 굴착단면 안에 도관 등을 부설한 후 되메우는 선행굴착법(先行掘鑿法)과 도관 등을 해저면에 부설한 후 도관 등의 하부를 특수한 굴착기로 굴착하여 도관 등을 침설시키는 수중굴착법(水中掘鑿法)이 있다.

① 선행굴착법

일반적으로 항만공사시의 준설과 같은 형식의 기초터파기로서 일반준설공사시 준설을 “면”으로 한다면 해저파이프라인은 선으로 말할 수 있다. 해저파이프라인의 경우 그래브 준설선이 일반적으로 많이 사용되지만 해저토질, 준설깊이, 굴착 폭에 따라서는 펌프 준설선, 버킷 준설선, 디퍼·백호 준설선, 수중 불도저(Bulldozer) 등도 사용된다.

② 수중굴착법

도관 등을 해저면에 부설한 후 도관하부의 토사를 고압의 워터 제트(Water jet) 등으로 절삭하여 붕괴시켜 니수화(泥水化)한 토사를 수중펌프로 도관의 양측으로 배출하고, 도관을 침설(沈設)시키는 방법으로 1회당 굴착깊이는 1.5m정도가 된다. 수중굴착기는 도관을 기준틀(Guide)로 하여 롤러(Roller)로 이동시키는 기구(機構)를 가지고 있다.

수중굴착기를 크게 나누면 다음의 3종류가 있다.

- 가. 도관하부의 토사를 고압 제트를 이용한 물로 저지반을 붕괴시켜 샌드 펌프(Sand pump) 또는 에어리프트 펌프(Airlift pump) 등으로 도관의 양측에 배토하는 방법
- 나. 도관하부의 토사를 위의 가.와 같이 펌프로 배출하지만 이 배출도를 후방의 이미 시설된 도관의 되메우기에 사용하는 방법
- 다. 도관하부의 토사를 고압 제트를 이용한 물로 유동상태로 만들어 교란된 토사가 침강, 압밀하기 전에 도관의 자중으로 침하시키는 방법

- (2) 매설공법은 부설작업의 용이, 공사기간, 비용 등의 관점에서 수중굴착법이 효율성이 좋으나 특수한 수중 굴착기가 필요하고, 또한 시공조건에도 제약이 있으므로 선행굴착법으로 시행하는 경우가 많다.

8-8 부양(浮揚) 방지

매설된 도관 등이 부양 또는 이동할 우려가 있는 경우에는 다음 내용 중 어느 한가지의 조치를 강구한다.

- (1) 사용시 도관 등의 단위체적중량(單位體積重量)은 주위의 토사가 사질토일 때는 흙의 포화단위체적중량(飽和單位體積重量) 이상, 점성토(粘性土)일 때는 액성한계에서의 흙의 단위체적중량이상으로 한다.
- (2) 토사의 교란이 크리프(Creep)에 의하여 부상할 우려가 없는 깊이에 도관 등을 부설한다.

[참 고]

해저에 매설된 해저파이프라인은 주위의 지반과 함께 이동하며, 또한 지반이 불안정하면 압밀에 의하여 침하하거나, 부력과 크리프에 의하여 부상하며 특히 지반이 액상화 되면 이런 현상이 심해질 수 있다. 정도가 가벼우면 해저 파이프라인이 받는 영향이 적고 안전상 무시할 수 있으나 지반의 부등침하, 액상화에 의한 부상, 침하, 이동 등이 현저하면 안전면에서 당연히 문제가 된다. 따라서 현재까지 해저파이프라인은 많은 경우 다

음과 같은 내용을 검토하고, 부양방지조치를 하고 있다.

- (1) 예상 압밀침하량이 적은 안정된 지반상에 부설한다.
- (2) 관 주위의 토사가 액상화하여도 부상하지 않도록 필요한 중량을 얹어 눌러 놓는다.(Weight · counting 등)
- (3) 관의 강도·연성(延性)과 용접이음의 품질이 충분히 우수한 것으로 하여 해저 파이프라인의 손상에 대한 안전도를 높게 한다.
- (4) 매설깊이를 충분히 하여 해저면으로부터의 교란의 영향을 받지 않도록 한다.
- (5) 계류앵커나 계류말뚝에 도관을 고정시킨다.

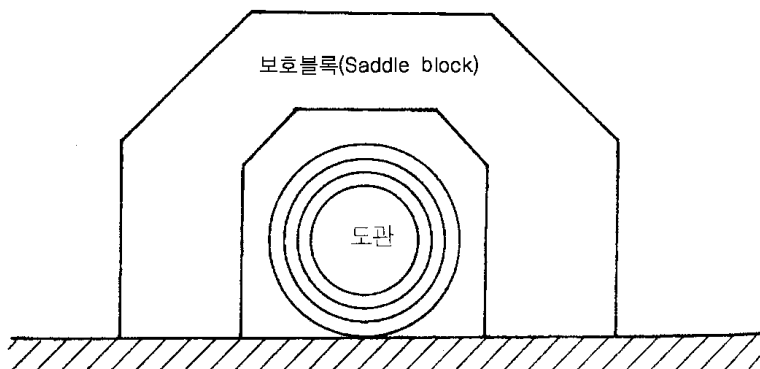
8-9 비매설(非埋設) 도관 등

도관 등을 매설하지 않고 부설하는 경우 다음의 대책을 강구한다.

- (1) 도관 등이 연속하여 해저면에 지지되도록 한다. 또한 해저면에 전석, 노출암 등의 장애물이 있을 경우 이들을 제거하거나 도관 등의 선로를 변경한다.
- (2) 필요하면 보호용 구조물의 보강시공 또는 이동방지를 위한 보호블록(Saddle block) 등을 설치한다.

[해설]

- (1) 도관 등을 매설하지 않을 때에는 부설저면을 고르기하고, 고정정착(固定定着) 등이 잘되도록 충분히 유의하여야 한다. 파이프라인 저면의 고르기는 도관 등이 연속적으로 지지될 수 있도록 평탄하게 시공한다. 매설하지 않는 도관 등의 부설저면 고르기는 해저면에 배관이 접지(接地)되도록 종단형상으로 검토하여야 한다.
- (2) 도관 등이 조류 또는 부설저면의 경사 등으로 부상, 이동 및 활동 등의 우려가 있을 경우, 도해(8-1)과 같이 보호블록(Saddle block) 등의 고정정착(固定定着) 시설을 한다. 매설하지 않는 도관 등은 조류에 의한 영향외에 파압에 의하여 큰 압력을 받기도 하므로 이들의 설계외력 평가시 전례가 없으면 실험 등에 의한 검토도 필요하다. 관에는 외력이 작용할 뿐 아니라 관 바닥이 세굴되어 그 부분의 관에 공진(共振)이 발생할 수도 있는 등 그 외의 정착장치의 구조배치에도 관련되므로 충분한 조사와 검토가 필요하다.



도해(8-1) 보호블록 단면(예)

8-10 직립부(Riser)의 설치 방법

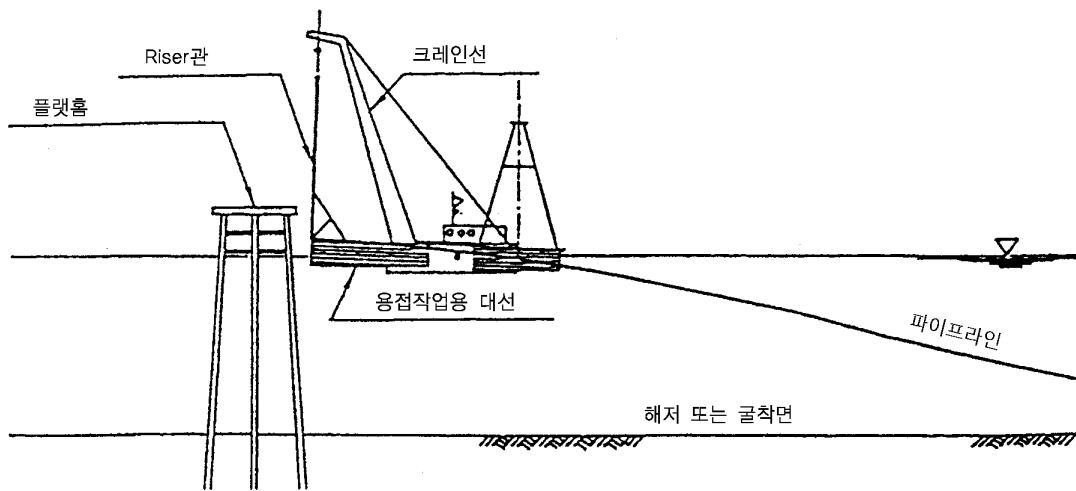
- (1) 도관 등의 직립부는 적절한 지지구조물(支持構造物)로 지지한다.
- (2) 도관 등의 직립부에 근접하여 설치한 밸브(Valve), 절연용(絶緣用) 이음 등은 과대한 축력(軸力)이나 휨모멘트(Bending moment)를 받지 않도록 설치한다.
- (3) 지지구조물의 설치, 도관 등의 직립부 설치 및 해저수평부와 접합은 수심, 주위조건 및 도관 등의 시방(示方)에 따라 적절한 시공법으로 시공한다.

[해설]

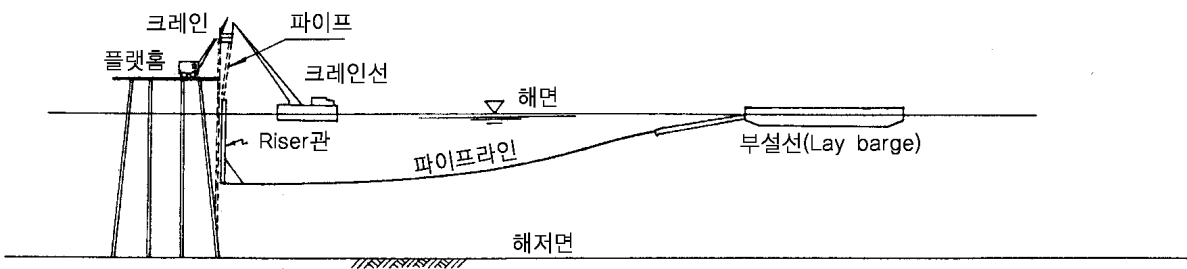
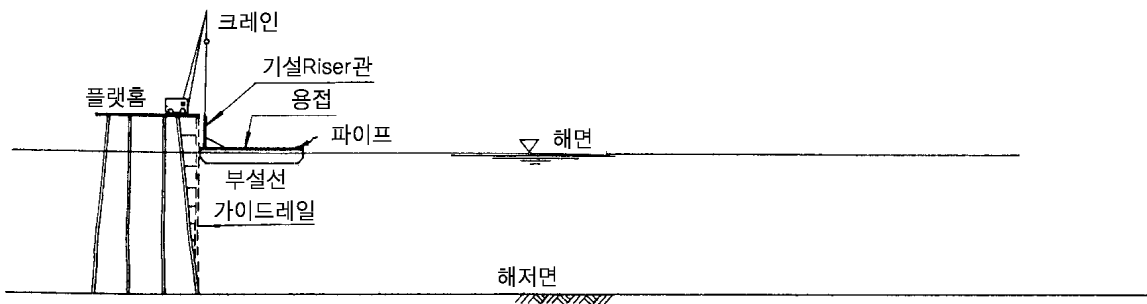
- (1) 직립부는 그 특수성으로 인하여 직립부가 설치되는 구조물(고정식 계류시설 등) 및 보호구조물과 함께 종합적으로 균형(均衡)이 맞도록 설치하고, 보수 관리할 필요가 있다.
- (2) 직립부는 육상부, 호안, 지지구조물, 해저부와 같이 지지조건이 변하고, 또 침하정도가 서로 다른 장소에 설치되므로 시공 및 보수관리에 특히 주의를 요한다.
- (3) 직립부를 고정식 계류시설에 설치할 때에는 직립부에 생길 수 있는 온도에 의한 신축(伸縮)과 부등침하 등으로 발생하는 휨응력을 직립부 배관계의 굴곡변형(屈曲變形)에 의하여 흡수할 수 있는 구조로 하고, 구조물에 설치하는 방법도 이에 부합하도록 한다. 그 외에도 직립부의 수직방향 하중(배관의 자중, 내용물 등)은 고정식 계류시설하역용 돌핀의 슬래브 등에 지지시키고 수평방향에는 필요로 하는 변위(變位)를 허용할 수 있는 구조로 할 필요가 있다.
- (4) 직립부의 만곡부는 미리 제작된 곡관(曲管)을 사용하는 것을 원칙으로 하나 수심 등의 관계로 시공상 부득이한 경우에는 직관(直管)을 구부러서 설치한다. 이런 경우, 구부림 후의 관의 성능은 사전에 확인해 두어야 한다.
- (5) 직립부 설치방법은 해저상황, 호안 또는 고정식 계류시설 등 구조물의 상태, 조류, 파랑, 관의 치수, 수심 등에 적합한 방법으로 시공한다.

[참고]

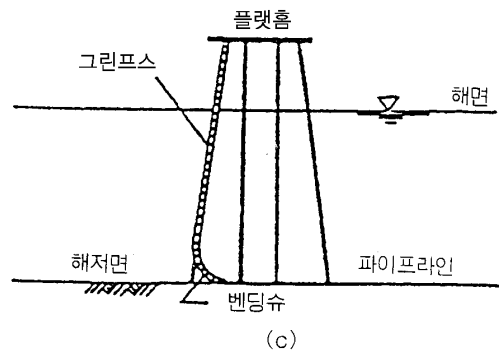
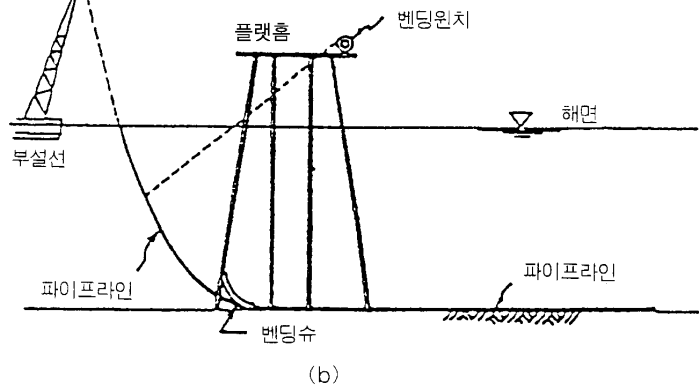
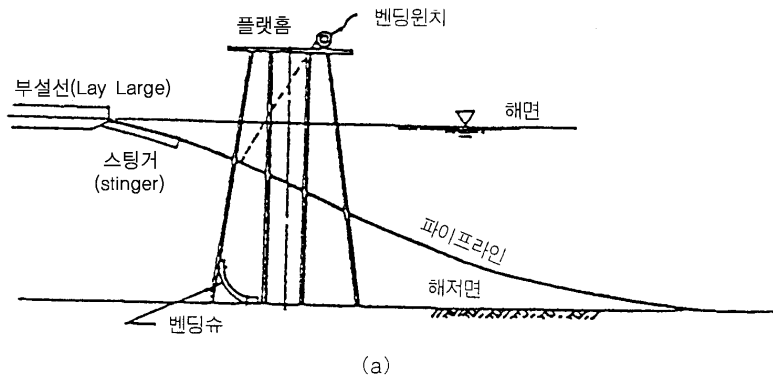
- (1) 직립부의 지지구조에는 설치후의 지반·구조물의 부등침하를 고려하고 강도 및 굴곡변형을 검토하여 구조형식과 함께 적절한 설치방법을 채택할 필요가 있다. 이 때문에 해저지반의 치환개량, 중량물 등에 의한 인공침하 촉진 등에 의하여 설치후의 침하를 방지하고 지상·해상부의 접속 및 지지구조와의 정착(定着)은 해당 부분의 해저지반이 안정된 후에 시행하는 것이 바람직하다.
- (2) 도관 등의 직립부 하단(下端) 및 인근 해저는 과대한 침하를 방지하기 위하여 필요에 따라 지반개량을 하는 것이 바람직하다.
- (3) 직립부를 고정식 계류시설에 고정시키는 방법은 여러 가지가 있으며 이들은 구조물 슬래브의 구조, 높이, 하역용 돌핀상의 배관형상에 따라 각각 다르다. 일반적으로 천해부(淺海部)에서는 해저 파이프라인 굴곡변형부의 움직임이 직접 직립부에 작용하지 않도록 직립부와 구조물과의 접속부에는 가동식(可動式) 받침(Shoe)으로 고무판 또는 테프론(Teflon)판 등을 설치하여 구조물과 직립부 사이의 완충재(緩衝材)로 사용하는 등의 지지방법을 채용하고 있다.
- (4) 직립부와 육상부와의 현장접합은 직관부에서 시공하지만 곡관은 지상에서 직관과 용접하는 것이 바람직하다.
- (5) 도참(8-6)~도참(8-9)는 고정식 계류시설 및 석유생산 계통의 플랫폼에서의 직립부 설치방법의 대표적인 네 가지 공법을 소개한다.



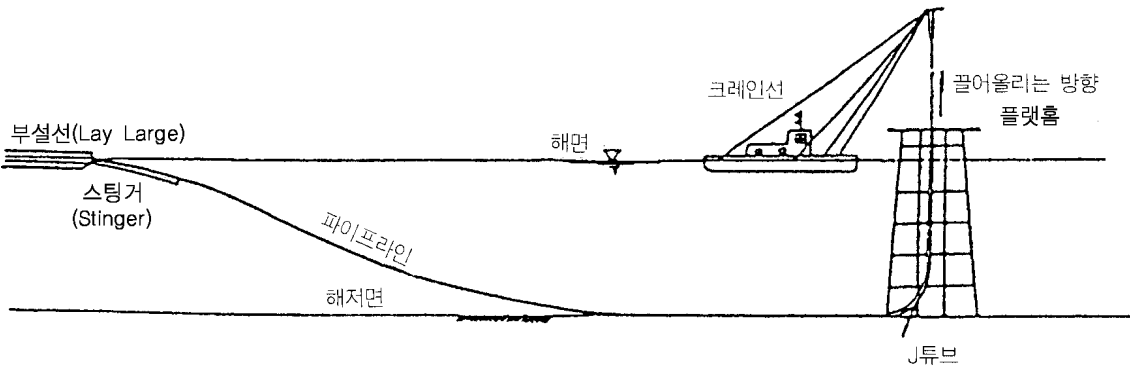
도참(8-6) 기 제작 곡관 설치방법



도참(8-7) 가이드 레일(Guide rail) 공법



도참(8-8) 벤딩 슈(Bending shoe) 공법



도참(8-9) 제이튜브(J-tube) 공법

제 9 장 도관 등의 시험 검사

9-1 용접부의 비파괴 시험

- (1) 도관 등의 용접부는 방사선 투과시험(放射線 透過試驗)이나 초음파 탐상시험(超音波 探傷試驗)과 자분 탐상시험(磁粉 探傷試驗) 또는 침투 탐상시험(浸透 探傷試驗)을 시행하여 이에 합격하여야 한다.

(2) 도관 등의 용접부중 진동, 충격, 온도변화 등에 의하여 손상될 우려가 있는 부위는 방사선 투과시험 및 초음파 탐상시험과 함께 자분 탐상시험 또는 침투 탐상시험을 시행하여 합격하여야 한다.

(3) 아크(Arc) 용접의 경우 비파괴 시험의 합격기준은 해저파이프라인 용접부의 비파괴 검사방법의 기준에 따른다. 아크용접이외의 경우에는 미리 적절히 정하여진 시험실시 요령 및 판정 기준을 사용한다.

[해 설]

- (1) 도관 등의 파손 및 누설의 원인이 되는 결함이 없음을 확인하기 위하여 원칙적으로 용접개소 전체를 방사선 투과시험으로 검사한다.

(2) 도관 등의 용접부중 진동, 충격, 온도변화 등에 의하여 손상이 생길 우려가 있는 부위란 직립부의 도관등을 지칭한다.

9-2 내압시험(內壓試驗)

- (1) 도관 등을 새로 부설하거나 개량하는 경우에는 내압시험을 실시한다.
- (2) 내압시험은 다음의 정하는바에 따른다.
- ① 시험압력은 상용압력의 1.5배 이상으로 한다.
 - ② 물을 사용하여 시험한다.
 - ③ 도관 등의 안에 주입한 물의 온도와 도관 등의 외부 온도가 대략 평형상태 일 때부터 시험을 개시하고, 시험시간은 24시간 이상으로 한다.

[해설]

내압시험은 해저파이프라인의 완성검사의 일환으로 시행되는 중요한 시험이다. 따라서 24시간 이상동안 시험압력을 유지하면서 상태를 관찰하여 기록하고, 누수가 되지 않음을 확인할 필요가 있다.

제 10 장 보안설비

10-1 일 반

도관계(導管系)의 보안을 위한 설비(이하, 保安設備라 한다)는 아래에 정하는 바에 따른다. 단, 본편 10-2 운전상태의 감시장치, 본편 10-3 경보장치, 본편 10-4 안전제어장치 및 본편 10-8 감진(感震)장치의 규정은 도관 등의 연장(도관 등의 기점 또는 종점이 두개이상 있는 경우에는 임의의 기점으로부터 임의의 종점까지의 도관 등의 연장 중 최대의 것, 이하 같다)이 15km를 넘는 경우 또는 도관 등의 상용압력이 93N/cm^2 이상이고, 또 도관 등의 연장이 7km 이상인 경우에 한하여 적용한다.

[참고]

상기의 규정은 위험물의 규제에 관한 규정에 근거하고, 이송취급소(배관 및 Pump와 이에 부속되는 설비에 의하여 위험물의 이송의 취급을 행하는 취급소)의 설비 등에 관한 기술상의 기준의 적용범위를 참조하여 정한 것이다.

10-2 운전상태의 감시장치

도관계에는 Pump 및 밸브의 작동상황이나 운송상태 등 해당 도관계의 운전상태를 감시하는 장치를 설치한다.

[해설]

감시장치는 해저 Pipeline에 의하여 석유류 등을 수송 중, 본 장에서 정하는 각종 보안설비의 상황이 일원적

으로 감시할 수 있고, 또 이상이 생긴 경우에 적절한 조치를 강구할 수가 있으며, 또 이상의 발생을 소방기관 등에 통지할 수 있는 System이어야 한다.

10-3 정보장치

도관계에는 다음에 정하는 바에 따라 압력이 이상 압력의 상승 등 사고가 발생한 경우에 그 내용을 정보하는 정보장치를 설치한다.

- (1) 정보장치의 수신부는 해당 정보장치가 경보를 알리는 경우에 즉시 필요한 조치를 강구하는 것이 가능한 장소에 설치한다. 이 장소는 초대형 석유 Tanker등에 대하여 지시 및 연락을 행하는 장소로 한다.
- (2) 정보장치는 다음의 기능을 갖는다.
 - ① 도관 등의 압력이 상용압력의 1.05배를 넘었을 때 경보를 알린다.
 - ② 원격조작에 의하여 폐쇄하는 차단 밸브의 폐쇄를 위한 제어가 불가능해졌을 때 경보를 알린다.
 - ③ 감진장치 또는 강진계가 설정치 이상의 가속도의 지진동을 검지한 경우 경보를 알린다.
 - ④ 정보장치의 수신부는 다음의 기능을 갖는다.
 - ⑤ 이상한 사태가 발생할 경우에 Lamp 또는 Buzzer에 의하여 각 사태별로 표시할 수 있고, 또 해당사태를 검지한 곳을 지적할 수 있다.
 - ⑥ 정보장치의 기능이 정상인 것을 확인할 수 있다.

[해설]

Tanker로부터 송유를 개시할 때, 기타의 Tank쪽의 밸브를 폐쇄한 상태인 경우나 오조작에 의하여 소정의 밸브가 열리지 않은 경우에는 상용압력을 넘는 압력상승이 생기므로 신속히 Tanker에 연락하여 송유 Pump를 정지함과 동시에 기타의 운전 감시실에 연락하여 계로의 밸브를 열도록 지시하여야 한다.

10-4 안전제어장치

- (1) 초대형 석유 Tanker에 송유하는 경우의 도관계에는 다음의 제어기능을 갖는 안전제어장치를 설치한다.
 - ① 압력안전장치, 차단밸브 감진장치 기타의 보안을 위한 주요설비 등의 제어회로가 정상인 것이 확인되지 않으면 Pump가 작동하지 않는 제어기능
 - ② 보안상 이상한 사태가 발생한 경우에 재해의 발생을 방지하기 위하여 차단밸브 등을 자동 또는 수동에 의하여 안전하고 신속하게 폐쇄하는 제어기능을 갖는 안전제어장치를 설치한다.
- (2) 초대형 석유 Tanker로부터 송유하는 경우의 도관계에는 보안상 이상한 사태가 발생한 경우에 재해의 발생을 방지하기 위하여 차단밸브 등을 자동 또는 수동에 의하여 안전하고 신속하게 폐쇄하고 제어기능을 갖는 안전제어 장치를 설치한다.

[해설]

- (1) 초대형 석유 Tanker로부터 또는 초대형 석유 Tanker에 송유하는 도관계에는 System의 한편이 불특정의 초대형 석유 Tanker가 되므로 석유 Terminal측의 자동제어기능을 전 System에 적용할 수가 없다. 특히,

석유 Tanker Pump를 송유에 사용하는 경우에는 Terminal측과 초대형 석유 Tanker측과의 연락에 의하여 쌍방의 준비와 System이 정상인 것을 확인하고 송유를 할 필요가 있다.

- (2) 보안상 이상한 사태의 정보는 석유 Terminal, 초대형 석유 Terminal 송유시의 작업선, 해상 Patrol선, 기타로부터 경보수신부에 모여져 여기서부터 필요한 부서로 연락된다. 이 경우에도 자동 및 운동은 전 System에 미칠 수가 없으므로 신속히 압송기 및 차단밸브를 정지 또는 폐쇄하는 수순을 정해두고, 실시하여야 한다.

10-5 압력안전장치

- (1) 도관계에는 도관의 압력이 상용압력을 넘지 않고 또, 기름의 부딪치는 작용 등에 의하여 생기는 압력이 상용압력의 배를 넘지 않도록 제어하는 장치(압력 안전장치)를 설치한다. 단, 이와 동등이상의 보안상의 효과를 갖는 조치를 강구한 경우에는 이 제한 밖이다.
- (2) 압력안전장치의 재질 및 강도 등은 도관 등의 예에 따른다.
- (3) 압력안전장치는 도관계의 압력변동을 충분히 흡수할 수 있는 용량을 갖는다.

[해설]

- (1) 도관내의 압력이 상용압력을 넘지 않게 하는 장치는 석유 Terminal측에 압송기를 장치하는 때는 육상 Pipeline에 준하여 생각하면 된다. 초대형 석유 Tanker의 압송기를 사용하는 경우에는 그 압송기의 성능 및 제어에 의존하지만 이용하는 대상석유 Tanker를 충분히 고려하여 상용압력이 설치되어 있으면 문제는 일어나지 않는다. 또한, 상기의 「동등이상의 보안상의 효과를 갖는 조치를 강구한 경우」란 송유용 압송기(초대형 석유 Tanker의 압송기를 포함)가 낼 수 있는 최고 압력 및 기름이 부딪치는 압력 등에 충분히 견딜 수 있도록 도관계를 설계하는 경우 등이 생각된다.
- (2) 기름 부딪치는 작용 등에 의하여 생기는 압력을 제어하는 장치는 석유 Terminal측에 설치하는 것이 필요하다. 따라서 석유 Terminal 측에는 충분한 용량의 압력안전장치와 기름을 제거하기 위한 배관 및 유조를 장비하는 것이 필요하다. 초대형 석유 Tanker로부터 송유하는 경우에는 압력안전장치보다 상류측(초대형 석유 Tanker측)의 밸브의 오조작에 의한 기름 부딪침 압력은 흡수할 수 없으므로 압력안전장치를 설치한 경우라도 압력안전장치의 상류측의 도관계>Loading Arm을 포함)의 강도에 대하여 충분히 내압을 고려함과 동시에 초대형 석유 Tanker의 압송기로부터 해당 장치까지의 밸브가 송유 중에 닫히는 일이 없도록 설비 및 운전에 충분히 배려하는 것이 필요하다.

10-6 누설 검지장치

導管系에는 導管系 等 내를 一定壓力로 정지시켜 해당압력을 측정하므로서 석유의 누설을 검지할 수 있는 장치, 또는 이와 동등이상의 성능을 갖는 장치를 설치한다. 또한, 압력계측 위치는 차단밸브(逆止밸브를 除外)를 설치하는 개소 부근으로 한다.

[해설]

- (1) 導管系內의 압력을 측정하므로서 자동적으로 석유의 누설을 검지하는 장치는 상시압력의 변동을 측정하는 것이다.

- (2) 導管系内の 압력을 일정하게 정지시키고, 또 해당압력을 측정함으로써 석유의 누설을 검지하는 장치는 육상에서는 긴급 차단 밸브의 전후의 압력치를 측정할 수 있는 것으로 되어있다.

[참 고]

초대형 석유 Tanker로부터 또는 초대형 석유 Tanker로 송유하는 도관 등에서는 수송정지시기가 상당히 걸리므로 이 시기를 이용하여 내압(누설)시험을 행하는 것이 정기검사로써 유효하다고 한다. 이 경우 해저 설치구간에 석유를 채운 상태에서 導管系内に 상용의 압력 또는 이에 가까운 압력을 더하여 압력의 측정 및 Patrol에 의하여 누설 유무를 확인하는 것이 좋다. 의문이 생겼을 경우에는 Patrol의 강화 등에 의하여 실제의 누설의 유무를 조사하게 된다. 상용 압력에 의한 내압(누설)시험을 행하기 위하여는 소형의 Test용 Pump를 설치하는 등의 조치가 필요하다.

10-7 차단밸브·역지(逆止)밸브

- (1) 導管系에는 계류시설에 관한 개소 및 육상부로서 수역과의 경계선 부근의 개소에 차단 밸브를 설치한다. 단, 부표식 계류시설인 경우 및 초대형 석유 Tanker로 직접 Rising하는 경우에는 차단밸브 대신에 이와 동등이상의 차단밸브 기능을 갖는 逆止밸브를 설치할 수 있다.
- (2) 육상부로서 수역과의 경계선 부근이 개소에 설치되는 차단밸브는 원격조작 및 현지조작에 의하여 폐쇄하는 기능을 갖는다.
- (3) 차단밸브의 설치는 다음에 따른다.
 - ① 차단밸브의 폐쇄상태가 그 설치장소에 용이하게 확인된다.
 - ② 차단밸브를 육상부에 설치하는 경우에는 點檢上(Valve Pit)의 속에 설치하는 등, 차단밸브의 보수·점검·조작에 편리하고, 또 차단밸브에 과대한 하중이 걸리지 않도록 설치한다.
 - ③ 차단밸브를 해상에 설치하는 경우에는 안정된 장소를 택하여 과대한 하중이 걸리지 않도록 하고, 또 보수·점검·조작에 편리하게 설치한다.
 - ④ 차단밸브는 해당 차단밸브의 관리를 행하는 자 및 해당관리를 행하는 자가 지정한 자 이외에 의하여 수동으로 개폐되지 않도록 한다.
 - ⑤ 역지밸브를 해저에 설치하는 경우에는 보수·점검의 편리를 고려하고 또, 逆止밸브에 과대한 외력이 걸리지 않을 설치개소 및 설치방법을 택한다.

[해 설]

- (1) 차단밸브의 설치목적은 해저 Pipeline에 누설 등의 이상사태가 발생한 경우, 즉 양측의 밸브를 폐쇄함으로써 사고의 확대를 방지하고 피해를 최소한으로 억제하는 것이다.
- (2) 차단밸브의 기능은 필요시에 즉시 작동하는 것이어야 하며, 따라서 그 조작은 현장에서 조작 가능할 뿐 아니라 운전감시 장치에서도 원격조작 가능한 것으로 해두면 좋다.
- (3) 차단밸브의 동력원은 신뢰성이 높고, 필요한 때에 확실히 차단밸브를 폐쇄할 수 있는 것이라야 한다. 예비 동력원을 확보해 두는 것이 필요하다.
동력원으로는 공기압 또는 유압을 사용하는 경우에는 기름 부딪치는 작용 등을 일으키지 않도록 차단밸브의 수순과 밸브의 폐쇄시간을 정하여 폐쇄하도록 하여야 한다.

10-8 감진(感震)장치

도관계의 경로에는 감진장치를 설치한다.

- (1) 도관계의 경로 25km이내 거리마다의 개소 및 안전상 필요한 곳, 이 경우, 석유 Terminal 등은 도관계의 경로에 포함한다. 또한, 감진계도 함께 설치하는 것이 바람직하다.
- (2) 감진장치는 일정한 가속도 이상의 지진 등을 감지하였을 때 작동하는 기능을 가져야 하고, 또한 계류시설 등에 설치하는 경우에는 진동의 증폭을 고려하여 해당 감진장치의 감지가속도를 정하여야 한다.
- (3) 감진계는 10~1,000Gal의 가속도 지진동을 감지할 수 있는 성능을 가져야 한다.

[해 설]

- (1) 해저 Pipeline 경로에 일정 규모 이상의 지진동을 일으킨 경우에는 해당 지진동을 즉시 감지하고 운전감시 장치에서 경보발령, Pump정지, 차단밸브의 폐쇄 등 보안상 필요한 조치를 취하기 위하여 감진장치를 설치할 필요가 있다.
- (2) 감진장치를 계류시설 등에 설치하는 경우에는 지반(지진동)의 가속도와는 다르기 때문에 지진동의 가속도에 따라 구조물(감진장치 설치위치)의 가속도를 추정하여 경보를 받도록 한다.

[참 고]

해저 Pipeline의 일정규모 이상의 지진동을 받은 경우에 해당 導管系에 어떤 외력이 작용했는지를 파악하여 보안상 지장이 있느냐를 검토하기 위하여 감진계도 함께 설치하는 것이 바람직하다.

10-9 예비동력원

보안설비에는 예비동력원을 설치한다.

- (1) 상용 동력원이 고장 난 경우에 자동적으로 안전하게 예비동력원에 전환되도록 한다.
- (2) 예비 동력원은 보안설비를 유효하게 작동할 수 있는 용량을 갖는다.

[참 고]

해저 Pipeline에서는 특별한 경우를 제외하고 동력을 필요로 하는 설비는 육측의 석유 Terminal부근 및 고정식 계류시설에 집중하고 있다. 육상설비에 대하여는 육상 Pipeline과 같이 취급하나 그 이외의 설비에 대하여도 육상 Terminal의 설비에 가까운 경우, 해저 Pipeline에 대한 보안조건을 만족하면 Terminal설비에 대한 예비동력원과 공통하도록 해도 된다.

10-10 보안용 접지·절연

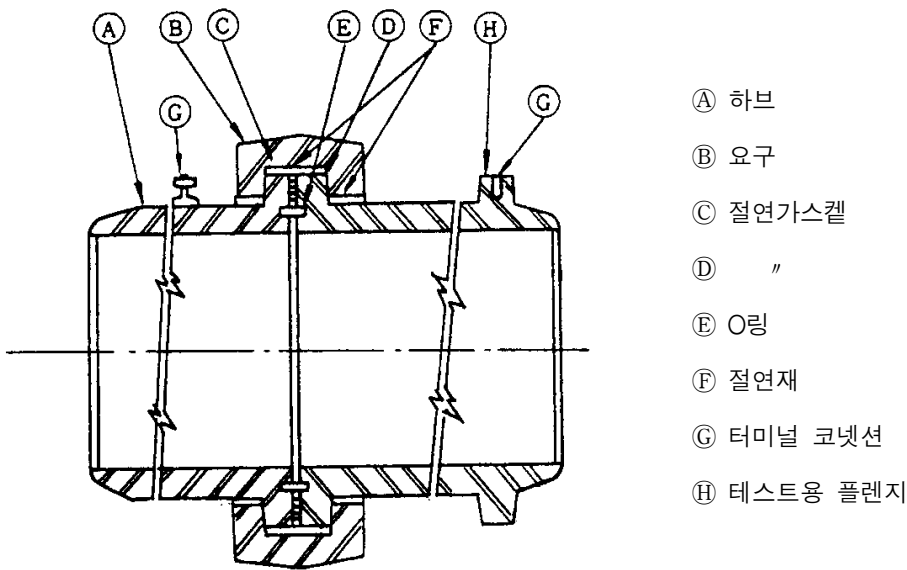
보안용 접지 및 절연용 이음 등은 원칙적으로 해면 아래 또는 해저면 아래에 설치되는 도관 등에는 설치하지 않는다. 또한, 절연용 이음은 도관 등의 Riser부에 설치한다.

[해설]

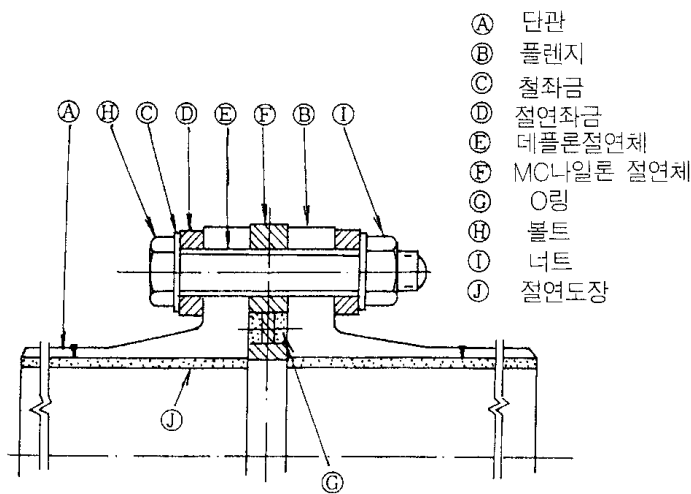
해저 도관부는 해수 또는 해수로 포화한 흙 중에 설치되므로 보안용 접지 및 절연용 이음 등은 설치하지 않는 것이 원칙이다. 그러나 환경의 차이에 의하여 해저부의 도관과 육상부의 도관과의 사이에는 Macro 부식 전류가 발생하기 쉽다. 따라서 해저 도관과 육상 도관과의 접속부 특히 Riser부에는 절연용 이음을 설치하는 것이 필요하다.

[참고]

절연용 이음에는 Flange형 또는 용접형 등이 있으나 수송하는 유체 설치부근의 구조 등을 고려하여 선정한다. 도참(10-1)에 용접형 절연용 이음, 도참(10-2)에 Flange형 이음의 구조를 나타낸다.



도참(10-1) 용접형 절연용 이음



도참(10-2) Flange형 이음의 구조

10-11 표 지

도관 등의 Riser부에는 해당부분을 밝히는 등화를 설치한다. 또한, 해당 등화의 설치개소, 양식 등에 대하여는 해당 도관 등의 보안상 유효한 것으로 하는 외에 선박의 항행을 방해할 우려가 없는 것으로 한다.

10-12 보안설비의 작동시험

도관계의 보안설비는 사용개시 전의 소정의 검사에 의하여 정상적이고 유효하게 작동하는 것을 확인한다.

[해설]

작동시험은 보안설비가 소정의 기능을 발휘하는 것을 확인하기 위하여 행하는 것이다. 각각의 보안설비의 기능은 제작용장의 품질관리나 시험에서 확인된 것임은 당연하지만 전체의 보안체제 중에서 개개의 설비가 유효하게 작동하느냐를 확인하는 것이 필요하다.

[참고]

작동시험을 행하는 보안설비로서는 경보장치, 안전제어장치, 압력안전장치, 소화설비 및 예비동력원 등이 있다.

10-13 기타 설비

10-13-1 확산방지 기자재

해저 Pipeline의 노선부근에는 누설된 석유류의 확산을 방지하기 위하여 필요한 기자재를 확보한다.

[해설]

해저 Pipeline으로부터 석유류가 누설된 경우, 누설된 석유류가 해면에 확산하여 이차적인 재해를 유발시킬 가능성이 있으므로 누설된 석유류가 확산하는 것을 방지하는 기자재를 필요한 곳에 확보해 두어야 한다. 이 경우의 확산방지 기자재로는 일반적으로 Oil Fence가 최적이라고 생각되나 기름 회수선등을 신속히 활용할 수 있는 조치도 강구해두는 것이 필요하다.

10-13-2 소화설비

해저 pipeline의 노선부근에는 일정량 이상의 포말소화약제 기타 소방 활동에 필요한 기재를 확보한다.

[해설]

누설된 석유류가 화재가 발생한 경우에 즉시 소화활동이 실시될 수 있도록 해저 Pipeline의 노선부근 적절한 곳에 일정량 이상의 포말소화약제 기타 소방 활동에 필요한 기재를 수납해 둘 기자재 창고, 기자재 보관 장소 등을 확보해 둘 필요가 있다.

10-13-3 통보설비

- (1) 해저 Pipeline의 노선부근 적절한 곳에 긴급사태를 통보할 수 있는 설비(이하, 통보설비라 한다)를 설치한다.
- (2) 통보설비의 수신부는 긴급 통보를 받은 경우에 즉시 필요한 처리를 강구할 수 있는 장소에 설치한다.
- (3) 통보설비의 수신부를 설치하는 장소에는 해상보안기관, 소방기관등에 긴급 통보가 되는 전용 설비를 설치한다.

[해설]

해저 Pipeline에 관계되는 사고를 발견한 자가 즉시 필요한 조치를 강구할 수 있는 자에게 연락할 수 있게 하기 위하여 해저 Pipeline의 노선부근 적절한 곳에 통보 설비를 설치해 둘 필요가 있다. 또, 통보설비의 수신부를 설치하는 장소에는 사고의 통보가 있는 경우에 해저 Pipeline노선에 관계하는 해상보안기관, 소방기관 등에 즉시 해당사고를 통보하기 위한 전용 설비를 설치해 둘 필요가 있다.

10-13-4 침하등 측정장치

Riser부의 도관 및 Riser부의 방호공에는 필요에 따라 지반의 침하에 의하여 생기는 도관의 변위를 정기적으로 점검 또는 측정할 수 있는 장치를 설치한다.

[참고]

측정장치에는 다음과 같은 것이 있으며, 그 중 어느 것을 설치하면 된다.

- (1) 지지구조물과 호안·육안 또는 해저 수평부와의 침하량 차를 측정하기 위한 표점 또는 Scale 등
- (2) Riser부의 도관 Strain을 측정하는 Strain Gauge
- (3) Riser부의 도관에의 부하를 측정하기 위하여 지지물에 포함되는 Load Cell 및 계측장치

10-13-5 유류치환장치

도관내의 석유류를 완전히 물 또는 불연성 Gas로 치환할 수 있는 장치를 설치한다.

[해설]

- (1) 선박의 충돌사고 등에서 작업용 Dolphin 등이 넘어져 무너진 경우, 해저 Pipe의 절손에 의하여 석유류가 대량으로 유출하는 것을 방지하기 위하여 Riser Pipe의 하단을 Goose Neck으로 하고 그 부분으로부터 상부의 석유류를 물 또는 질소 Gas 등으로 치환하는 장치를 설치할 필요가 있다. 이 경우 치환의 방법은 물로 치환하는 경우에는 해저 Pipe내부의 부식을 고려하여 이 부분의 관의 둘레두께를 두껍게 하거나 또는 방식 대책을 강구할 필요가 있다.
- (2) 치환한 석유류는 소형 유조선 등에 받아서 육상의 Tank에 넣어야 한다. 치환한 물은 석유류를 받을 때마다 육상의 Tank에 압입하게 된다. 질소 Gas 등으로 치환의 경우에는 Gas의 노출을 극히 적게 하지 않으면 보급이 용이하지 않다. 이 경우에는 관의 부식 염려는 없다.

제 11 장 보수 및 보안관리

해저 Pipeline의 운용에 관계되는 자는 해저 Pipeline의 보수를 위하여 다음의 규정을 관리한다.

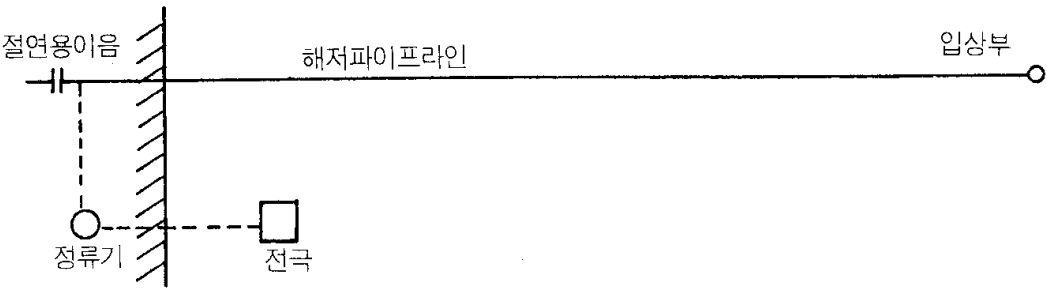
- (1) 해저 Pipeline의 전기방식의 효과를 확인하기 위하여 해저 Pipeline의 말단부 부근에 측정점을 설치하고 전위의 측정을 행한다.
- (2) Riser부의 도관 두께를 계속하고 설계시에 설정된 두께가 내면부식 또는 마모가 진행되고 있음을 인지한 경우에는 내부방식, 도관의 교체, 내압제한 등 필요한 조치를 강구한다.
- (3) 도관의 매설깊이를 조사하여 설계시의 매설깊이가 주요 또는 세굴 등에 의하여 변경되었다고 인정된 경우에는 신속히 설계시의 매설깊이로 복구하는 등의 조치를 강구한다.
- (4) 도관의 Riser부는 필요에 따라 정기적으로 침하의 측정과 동시에 지진 등의 강력한 외력을 받는 경우에 그 때마다 침하상태를 조사하고 필요한 측정을 행한다. 또, 도관 및 방호공에 유해한 응력이 발생할 우려가 있다고 인정되는 경우에는 즉시 설치환(設置換) 등의 조치를 강구한다.

[해 설]

- (1) 해저 Pipeline에는 외면의 부식을 방지하기 위하여 도복장(防蝕被覆)과 함께 외부전원방식 또는 희생양극방식의 전기방식을 실시한다. 그 경우 전기방식의 측정은 전극으로부터 가장 멀리 떨어진 지점의 효과가 확인 되도록 정기적으로 실시한다.
- (2) 해저 Pipeline의 석유를 해수로 치환하는 경우 부설 후 정기적으로 관 두께를 측정하고, 부식의 진행상황을 확인할 필요가 있다.
- (3) 매설한 도관이 표사현상에 의하여 세굴될 우려가 있는 곳에서는 정기적으로 또는 필요하다고 인정되는 때에 매설깊이를 측정한다.
- (4) 부등침하의 우려가 있는 연약지반에 도관을 설치하는 것은 해저 Pipeline의 노선선정의 단계에서 피하도록 해야 하나, 해저 Pipeline의 경우에는 육상과 해저 또는 고정식 계류시설과 해저와 같이 지지조건이 급변하는 곳이 존재한다. 이에 대하여는 설계 단계에서 침하량을 측정하여 침하의 영향을 고려하더라도 허용 침하량이 따로 정해지기 때문에 침하량 측정을 할 필요가 있다.

[참 고]

- (1) 예를 들어 외부전원방식을 채택한 고정식 계류시설에서는 도참(11-1)과 같이 Riser부 측정점에서 전위를 측정하여 효과를 확인한다. 또 절연용 이음을 사용하는 경우에는 그 절연효과도 아울러 측정하는 것이 바람직하다.



도참(11-1) 전위 측정

- (2) 부식의 진행이 확인되는 경우에는 Pig 통과법 또는 부식억제제를 첨가하는 등의 내부방식법을 적용한다.
- (3) Pipe의 둘레두께나 변형을 내부에서 조사하는 방법으로서 Pig에 의한 방법이 있다. Pig에 의한 도관의 조사에는 자화와류(磁化渦流), 초음파, Camera 등에 의한 방법이 있는데 조사목적에 따라 정한다.