

제 1 편 K-water 상수도공사

1990. .	제정
2009. 07. 17	1차 개정
2009. 07. 28	2차 개정
2010. 05. 19	3차 개정
2010. 10. 29	4차 개정
2011. 09. 01	5차 개정
2011. 10. 26	6차 개정
2011. 12. 02	7차 개정
2011. 12. 16	8차 개정
2012. 05. 04	9차 개정
2012. 06. 15	10차 개정
2012. 07. 02	11차 개정
2012. 12. 03	12차 개정
2013. 06. 27	13차 개정
2013. 11. 28	14차 개정
2013. 12. 19	15차 개정
2014. 08. 20	16차 개정
2014. 11. 20	17차 개정
2015. 04. 07	18차 개정
2016. 01. 08	19차 개정

제1편 K-water 상수도공사

제1장 상수도공사일반

1.1 총 설

1.1.1 목적 및 적용범위

이 지침은 K-water가 시행하는 상수도시설의 최적설계로 건설비용 절감과 운영관리의 효율성을 향상시킬 수 있는 과학적 설계를 목적으로 하며, K-water가 건설 및 관리하는 상수도시설의 신규, 확장 및 개·대체시설의 설계에 적용하고 기본설계와 실시설계에 공통적으로 적용한다.

1.1.2 내 용

이 지침은 최신기술 등을 반영하여 최근 개정된 상수도시설기준(환경부)을 토대로 작성되었으며, 상수도시설의 최적 설계를 위해 내부적으로 적용성이 검증된 사내 업무기준 등을 추가로 반영하였다.

1.1.3 적용방침

수돗물의 생산 및 공급과 관련하여 이 지침에 명시되지 않은 새로운 공법 또는 공정에 대해서는 소정의 실험을 수행한 후 설계에 반영하여야 한다.

1.1.4 적용대상

(1) 신규시설

상수도시설을 신설 할 경우에는 이 기준이 정하는 바에 따라 설계인자를 도출하여 설계에 반영하여야 한다. 단, 설계인자 도출을 위한 처리성 실험을 할 수 없을 경우 가장 유사한 기존 상수도시설의 운영실적 등에 대한 분석 결과를 신규시설 계획에 반영할 수 있다.

(2) 시설의 확장 및 개량

상수도시설의 용량 부족, 노후화 등의 사유로 확장하거나 개량할 필요가 있을 경우 기존 시설의 운영상태 진단 후 소정의 처리성실험 절차에 따라 설계인자를 도출하여 이를 반영하여야 한다.

1.2 기본계획

상수도시설기준의 “1.2 기본계획”을 따른다.

1.3 설계의 기본사항

상수도시설기준의 “1.3 설계의 기본사항”을 따른다.

제2장 수원과 저수시설

상수도시설기준의 “제2장 수원과 저수시설”을 따른다.

제3장 취수시설

상수도시설기준의 “제3장 취수시설”을 따른다.

제4장 도수시설

4.1 총 설

본 절은 상수도시설기준의 “4.1 총설”을 따른다.

4.2 도수관

4.2.1 총칙

상수도시설기준의 “4.2.1 총칙”을 따른다.

4.2.2 관종

상수도시설기준의 “4.2.2 관종”을 따른다.

4.2.3 관경

상수도시설기준의 “4.2.3 관경”을 따른다.

4.2.4 유속

상수도시설기준의 “4.2.4 유속”을 따른다.

4.2.5 불안정한 지반에서의 관매설

상수도시설기준의 “4.2.5 불안정한 지반에서의 관매설”을 따른다.

4.2.6 매설위치 및 깊이

상수도시설기준의 “4.2.6 매설위치 및 깊이”를 따른다. 단, 다른 지하시설물과의 이격거리를 최소 50cm 이상 확보토록 하며 현장여건에 따라 이격거리를 추가 확보할 수 있다. 또한 결정된 토피는 관부상 검토결과에 따라 심도를 증가시킬 수 있다.

4.2.7 접합정

상수도시설기준의 “4.2.7 접합정”을 따른다.

4.2.8 차단용 밸브와 제어용 밸브

상수도시설기준의 “4.2.8 차단용 밸브와 제어용 밸브”를 따른다. 단, 용도에 따른 밸브 및 밸브실 설치하는 아래 기준을 고려하여 설계한다.

(1) 설치형식

- 1) 밸브의 사용 토크(torque)는 최대 사용수압으로 계산하여 관경별 개폐회전수를 가능한 동일하도록 하는 것이 바람직하다.

(2) 제수밸브실

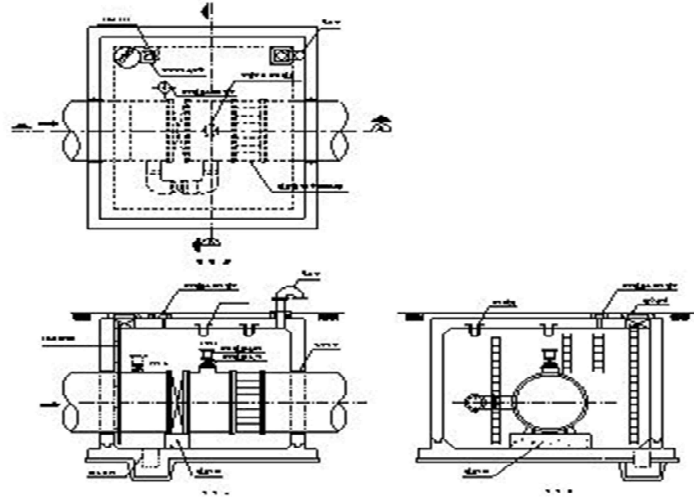
- 1) 밸브실의 주재료는 철근콘크리트 또는 강재 등을 사용한다. 단, 강재를 사용하는 경우에는 KS D 3503(일반 구조용 압연 강재)를 따르고 전식 및 부식에 대한 방지설비를 고려해야 한다.
- 2) 교통량이 많은 도로부지에 밸브실을 설치하거나 공사시행의 시급성을 요하는 경우에는 내구성과 수밀성이 확보된 기성제품을 사용할 수 있다.
- 3) 밸브실의 상부슬라브는 밸브실의 벽체와 일체화하거나, 상부슬라브를 파쇄하지 않고 분리시킬 수 있는 형식 등으로 현지여건을 고려하여 설치하여야 한다.
- 4) 밸브실(제수밸브실 및 Tie밸브실)은 유지관리를 위해 주관로 전후단 밸브실과 연계하여 운영이 가능하도록 위치를 고려하여야 하며, 밸브실 내부 최소 확보 공간은 <표 4-1>과 같다.

<표 4-1> 제수밸브실 내부규격 결정을 위한 최소확보공간

(단위 : m)

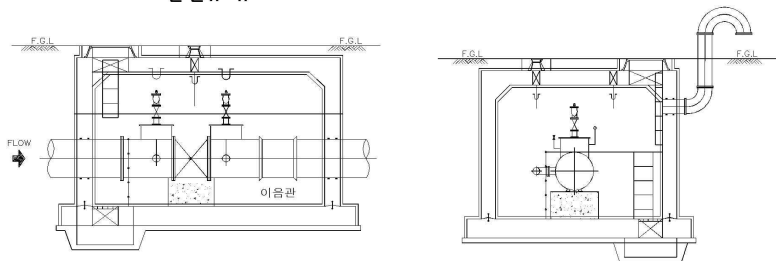
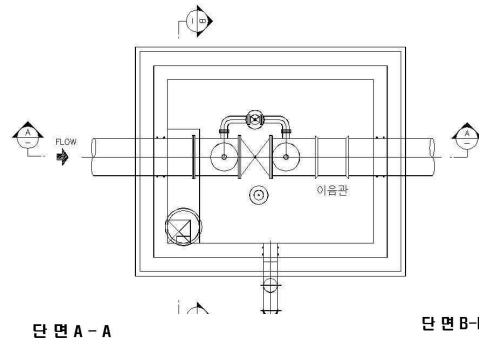
구 분	폭	길 이	하단 높이
측 정 기 준	관로(및 부속시설)의 최대 돌출부에서 벽면까지의 거리	관로(및 부속시설)의 전·후, 최후연결부(플랜지 또는 용접접합부)에서 벽면까지의 거리	관로(및 부속시설)의 최대 돌출부에서 바닥까지의 거리
소구경 (80 ~ 350mm)	0.3	0.3	0.4
중구경 (400 ~ 700mm)	0.4	0.4	0.5
대구경 (800 ~ 1,600mm)	0.6	0.5	0.6
특대구경 (1,650mm 이상)	0.6	0.5	0.7

- 5) 밸브의 바로 뒤에는 밸브접합관과 점검구를 설치하여 신축응력 및 유지관리를 고려하여야 하며 점검구는 관로상부에 설치하고 점검구 뚜껑에는 공기밸브를 설치하여야 한다. 다만, 주철관로 제수밸브실내 밸브접합관 설치시 이음관의 접합특성을 고려하여 이음관으로 대체 설치하고, Tie밸브실의 밸브는 효율적인 연계운영과 유지관리를 고려하여 이중으로 설치토록 하며 <그림 4-1> 과 같다.

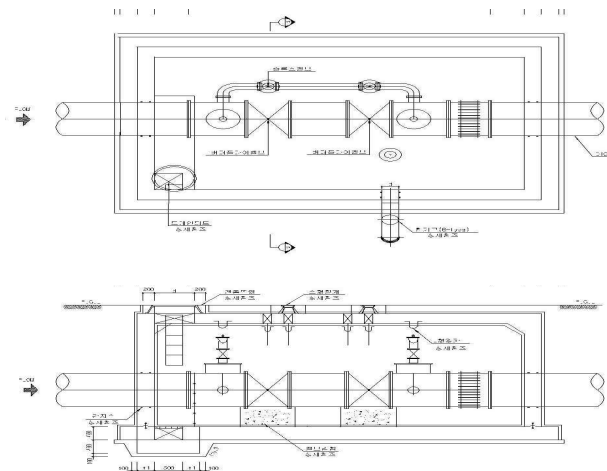


<강관구간 제수밸브실>

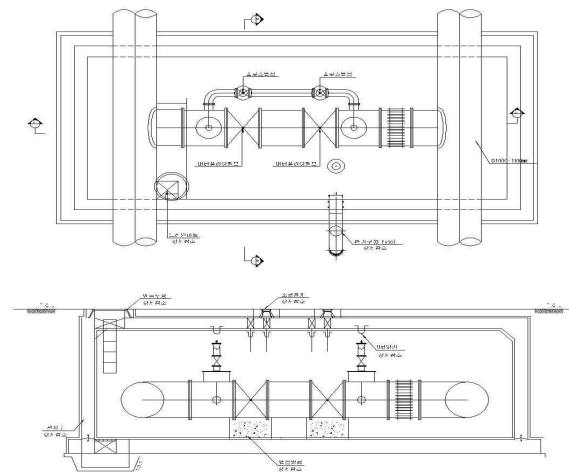
평면도



<주철관 제수밸브실>



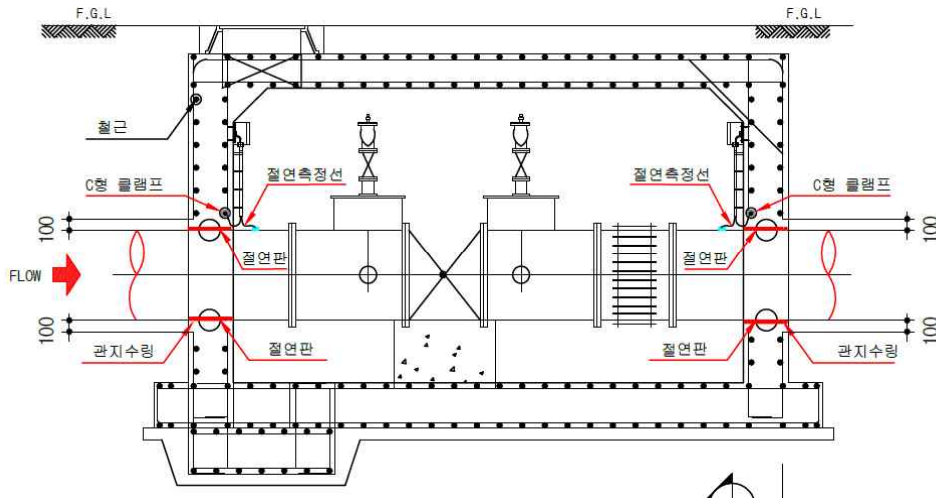
<Tie 제수밸브실 : 독립적 설치의 경우>



<Tie 제수밸브실 : 주관로 포함의 경우>

<그림 4-1> 제수밸브실

- 6) 밸브는 관로축방향의 변위를 수용할 수 있도록 받침대의 볼트접합부는 축방향으로 길게 하여 콘크리트 패드위에 안치하고 절연슬리브 또는 절연와셔 등을 사용하여 마크로셀 부식을 방지하여야 하며 밸브와 콘크리트관로의 벽체통과부는 동시에 수밀을 유지할 수 있어야 한다. (4.2.13. 신축이음관 참조)
- 7) 밸브실의 벽체 및 상부슬라브에는 밸브의 기어박스 또는 공기밸브의 유지보수를 위하여 U형 앵커 등을 설치하여야 한다.
- 8) 바닥면에는 배수피트를 설치하여 침수상태가 되지 않도록 하여야 하고 필요한 경우에 점검이 용이하도록 점검대(Check Plate)를 설치하여야 한다.
- 9) 밸브실의 상부맨홀에는 관로의 전식측정함을 함께 설치하는 것이 바람직하며, 현장조건에 따라 밸브실의 주변에 설치할 수 있다.
- 10) 밸브실은 수밀구조로 하여야 한다. 시공이음부는 이어치기 부위에 대한 콘크리트 치핑 등의 방법으로 소요접합성을 확보하여야 하며 필요시 지수판 등 수밀방법을 선정할 수 있다. 콘크리트 구체에 대하여는 지하수위가 높거나 하천통과부 및 침수가 우려되는 지점에서는 설치위치 및 필요성 등을 고려하여 방수의 형식 등을 검토하여야 한다.
- 11) 밸브실 구조물 중 수도관이 관통하는 벽체 부위의 철근과 수도관이 상호 절연이 되도록 10cm 이상 이격시키고 절연판을 삽입하여 절연시켜야 한다.
- 12) 벽체통과부 철근 말단부는 캡을 씌워 절연토록 하고 상,하부 횡단철근은 스페이스를 설치하여 간격유지 및 절연하여야 한다.
- 13) 제수밸브 설치 시 제수밸브와 밸브 Base 내 철근 또는 밸브실 바닥철근과 전기적으로 도통되지 않도록 절연대책이 강구되어야 한다.



<그림 4-2> 밸브실 절연판 및 측정선 설치도면

4.2.9 공기밸브

상수도시설기준의 “4.2.9 공기밸브”를 따른다.

4.2.10 배수(DRAIN) 설비

상수도시설기준의 “4.2.10 배수(DRAIN)설비”를 따른다.

단, 이토밸브는 슬루스(Sluice)형식으로 밸브디스크 홈이 없는 등의 구조로 사용 중 누수가 발생하지 않아야 한다.

4.2.11 맨홀과 점검구

상수도시설기준의 “4.2.11 맨홀과 점검구”를 따른다.

단, 밸브실 틀 및 뚜껑 뚜껑은 아래사항을 포함하여 검토한다.

- (1) 밸브실 뚜껑 및 틀은 주철재를 원칙으로 사용하되, 도시미관, 구조적 안정성, 유지관리 편의성 및 경제성 등을 고려하여 조정·적용할 수 있으며, 향후 증고 가능성이 있는 도로부내 밸브실 뚜껑 및 틀은 높이조절이 가능한 구조를 적용한다.
- (2) 밸브실 뚜껑은 밀폐형으로 하고, 관리자명, 마크, 기타 필요사항 등을 표시하여야 한다.

4.2.12 관로보호설비(수격방지설비)

상수도시설기준의 “4.2.12 관로보호설비(수격방지설비)”를 따른다.

4.2.13 신축이음관

상수도시설기준의 “4.2.13 신축이음관”을 따른다.

단, 도복장강관 관로의 신축이음은 아래내용을 포함하여 검토 한다.

(1) 노출되는 관로부

- 1) 노출부는 매설부 보다 온도변화가 크고, 관주변 흠에 의해 구속되지도 않아 관의 신축량이 크게 발생하므로 용접이음을 사용하는 도복장강관 관로에서는 20~30m의 간격으로 신축이음관을 설치하여야 하며, 사용 신축이음관의 신축량, 온도변화량, 관로 고정방법 등 현지조건에 부합할 수 있도록 하여야 한다.

- 2) 노출부는 주로 수관교 등 구조물에 설치되므로 관로를 고정하는 Anchor 설치방법은 그 구조물의 신축처리 방식에 적합하여야 한다. 따라서, 최근 교량의 신축이음 배치간격이 장대화되는 경향 등 주변여건을 고려하여 Anchor 설치방법 및 신축이음관 설치를 함께 계획하여야 한다.

(2) 매설되는 관로부

- 1) 매설되는 관로는 관로주변 흙의 마찰력으로 온도변화에 따른 신축변위량을 충분히 억제시키므로 밸브실과 밸브실 사이에 신축이음관이 필요하지 않으나, 일단(一端)이 자유단인 경우와 T형관 또는 신축이음관 등이 근접(100~200m)되어 설치되는 경우 및 제수밸브, 펌프 등 관로중간에 자유단이 발생하는 경우에는 밸브실내에 접합관을 설치하여야 한다.
- 2) 밸브접합관은 밸브실 내부에서 관로부설작업을 용이하게 하고 밸브실 주변에서 나타나는 잔류신축변위 및 미소한 수직방향의 부등침하를 수용하면서, 밸브실내의 밸브플랜지의 조임, 교체 등 유지보수에 필요한 여유공간을 제공할 수 있도록 물흐름 방향(편수압 작용 방향)에서 밸브 후단에 1개소를 설치하여야 한다.
- 3) 관의 제수밸브실의 벽체 관통부는 관로와 밸브실 벽체가 일체구조물이 되지 않도록 하고, 수팽창성 지수재료, 수밀장치 등으로 관과 벽체의 틈사이로 외부지하수가 침입할 수 없는 구조로 하여야 한다. 수팽창 지수재료를 사용할 경우 수팽창성 지수재료는 콘크리트 타설 후 양생초기에 팽창되지 않도록 강구하여야 한다.
- 4) 밸브실 주변지반에서 접합관 및 도복장강관 관로가 허용할 수 없는 부등침하가 발생할 경우, 또는 관주변 토사의 구속력이 부족하여 편수압을 주변지반에 소산시키기 곤란할 경우에는 별도의 대책을 수립하여야 한다.

(3) T형관, Y형관 등 분기관관의 접합부

- 1) 본관이 온도변화 등에 의해 신축변위를 일으킬때 분기관관의 접합부에서 전단응력이 발생한다. 강관은 허용인장응력에 비하여 허용전단응력이 상대적으로 작으므로 전단파괴될 가능성이 크게 된다. 따라서, 본관의 신축변위를 억제할 수 있도록 되메우기시 다짐을 충분히 하여 흙의 구속력을 증대시키여 하며, 필요에 따라 신축이음관을 설치할 수 있다.
- 2) 분기관측 밸브가 접합부 인근에 설치되어 밸브폐쇄에 따른 편수압 발생 또는 유지관리시 Flange Bolt 조임에 따른 신축변위가 발생하면서 접합부에 직접 인장응력을 발생시키므로 분기관측 밸브실내에 신축이음관 설치가 필요하게 된다. 그러나, 분기관관의 주변지반이 양호하고 일정한 구속거리가 확보되어 관로의 온도변화에 따른 신축변위를 흙과의 마찰력으로 제어할 수 있고, 분기관관의 보호공이 적절히 계획되었을 경우에는 분기관 주변에 신축이음관의 설치를 생략 할 수 있다.

(4) 최후의 접합장소 및 준수축이음

- 1) 시공계획 수립시 가능한 한 최후의 이음위치는 기 계획한 신축이음이 있는 곳이 되도록 하여 신축이음 설치수량을 줄이는 한편, 관부설 작업 및 용접 열응력 소산을 용이하도록 한다.
- 2) 관로부설 단계에서 매설 및 통수 초기까지 관이 노출되어 있거나 관주변 흙이 안정될 때까지, 관로의 신축량은 크고 주변지반의 구속력이 저하된 상태이므로 관로의 매

120~150m 간격으로 1개소의 준수축이음 연결부(Special Closure Lap Joint)를 설치하여 관로준공 초기까지의 신축량을 최대한 수용시키도록 하여야 한다.

- 3) 일반연결부 관로를 되메우기 등 매설작업 완료 후, 준수축이음 연결부는 일반 연결부 보다 깊게 수구에 삽구(Stab)하고 하루중 가장 기온이 낮은 시간대를 이용하여 이 연결부를 용접하여 최종관로를 형성시킨다.

4.2.14 관의 기초

상수도시설기준의 “4.2.14 관의 기초”를 따른다.

단, 아래의 관종별, 토질조건별 상세 검토사항을 포함하여 검토하도록 한다.

(1) 도복장강관 관로의 기초처리

1) 관두께 결정시 토질조건에 부합하는 토사 지반의 경우

① 원지반의 토질조건이 양호할 경우

추가굴착을 하지 않고 굴착된 원지반을 별도처리 없이 관부설을 할 수 있으나, 굴착면의 요철은 평활하게 처리 하여야 한다.

② 원지반의 토질조건이 양호하지 않을 경우

<표 4-2>와 같이 관저에서 추가 굴착하고 양질의 토사로 굴착 바닥면에서 관저 5cm까지는 소요다짐도로 충분히 다지고, 관저까지 잔여 5cm는 느슨하고 평활하게 포설하여 관로에 국부적 응력 집중이나 도복장부의 손상이 없도록 하여야 한다.

<표 4-2> 추가굴착 깊이

관 경(mm)	최소 추가굴착 깊이(cm)
500 ~ 900	20
1,000 ~ 2,000	30
2,000 이상	$0.2 \times \text{관경(cm)}$

(가) 관저 바닥에 포설할 양질의 토사는 <표 4-2>의 입도 범위내에 있거나 설계자가 토질시험결과 및 기타 관련 기술자료에 의해 결정한 재료를 말한다.

(나) 지반이 대체적으로 양호하여, 국부적인 응력집중을 일으킬 수 있는 큰입경의 암석등을 제거함으로써 <표 4-3>의 입도범위내에 해당할 경우 굴착계획고 5cm(깊이 방향) 범위내의 허용오차로 굴착하고, 과굴착된 부위는 아래의 양질의 토사를 포설하여 관저 처리를 할 수 있다.

<표 4-3> 양질토사의 입도분포

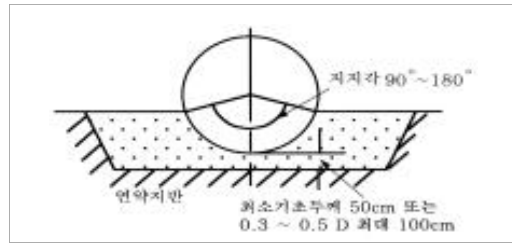
체 규 격	통 과 율
0.375"(9.5mm)	100 %
NO. 4	70 ~ 100 %
NO. 8	36 ~ 93 %
NO. 16	20 ~ 80 %
NO. 30	8 ~ 65 %
NO. 50	2 ~ 30 %
NO. 100	1 ~ 10 %
NO. 200	0 ~ 3 %

(다) 원지반의 자연함수비가 높고 장기압밀이 예상되는 지역에 양질의 토사를 포설하는 경우

지반 간극수의 배수를 촉진시켜 관로의 침하를 유발시킬 수 있으므로 사용상 주의를 요하며, 다짐상태에서 투수계수가 낮게 유지될 수 있는 재료를 별도 선정하여야 한다.

(라) 관부사 재료등 조립질의 양질토사에 대한 품질관리는 상대밀도(Dr. ; KS F 2345 <비점토성의 상대밀도 시험방법>)에 의거 시험되어야 한다.

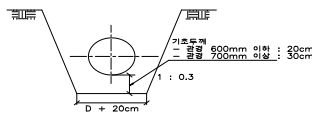
- 2) 관두께 결정시 설정된 토질조건에 부합하지 않는 연약지반의 경우 <그림 4-2>와 같이 관저 50cm 또는 관경의 0.3~0.5배(최대 100cm 이하)의 깊이로 추가굴착하고, 관저의 폭은 관경의 2~3배로 굴착하여 양질토를 포설 다짐하거나, 또는 지반을 효과적으로 보강하여 관로의 안정성을 확보할 수 있는 기초처리 공법을 이용하여야 한다. 치환된 양질토사의 다짐기준은 최소한 관두께 결정시 고려된 조건 이상이어야 한다.



<그림 4-2> 연약지반의 터파기 폭

- 3) 암반층이나 입경 200mm 이상의 느슨한 자갈층의 경우

- ① <그림 4-3> 과 같이 관저 30cm(관경이 600mm 이하의 경우 20cm) 깊이로 추가굴착을 하여야 하고, 관저의 폭은 "관경 + 20cm" 로 굴착하여야 한다.
- ② 모래 등 위에서 언급된 양질의 토사로 지지층을 포설·다짐하고 관부설이 끝날때까지 건조한 상태를 유지하도록 하여야 하며, 국부적인 집중하중이나 도복장부가 손상되지 않도록 하여야 한다.



<그림 4-3> 암반부의 터파기 폭(토피가 7m 이내인 경우)

- 4) 원지반의 토질조건이 양호하여 굴착 바닥면에 양질토사의 포설을 별도로 하지 않는 구간이더라도 시공도중 풀·나무뿌리 등 유기물, 국부적인 응력 집중을 일으킬 수 있는 단단한 물질 및 암석 등을 일부 포함하는 경우에는 해당부위를 관저 15cm 이상 추가굴착하여 이를 제거하고 양질의 토사로 치환하여야 한다.

- (2) 덕타일주철관의 연약지반관로 기초처리

- 1) 덕타일주철관의 각종이음의 굴곡허용각도는 <표 4-4>과 같이 1~5°이며, 이 각도 범위내의 관로는 지반침하에 순응할 수 있다.
- 2) 연약지반에 매설해야 할 경우 유지관리용 도로축조 계획을 연계한 상재하중의 증가분을 검토하여 필요에 따라 별도의 지반개량 또는 하중지지 방안을 강구하여야 한다. 단, 이

경우 경미한 연약지반에 대해서는 토질조사 결과에 따른 관로의 침하량을 산출하고 관이음의 허용변위량내에 들어가면 관저부를 관경 정도의 두께까지 모래 등으로 치환하여 관로의 침하를 수용할 수 있도록 하여야 하며, 모래를 치환재로 선정할 때는 치환재로 형성된 모래층이 오히려 배수층이 되어 관주변의 지하수 유출을 촉진시켜 하부의 연약층이 침하될 수 있으므로, 이에 대한 대책을 수립하여야 한다.

3) 지층이 급격히 변화하는 경우나 기초처리된 구조물부터 연약지반에 부설되는 경우에는 관로의 부등침하를 일으키기 쉽기 때문에 다음과 같은 대책이 필요하다.

- ① 기초공을 설치하고 신축성이 큰 이음을 적절한 위치에 사용한다.
- ② 예상침하량이 크게 나타나서 이음부가 이탈될 것으로 예상되는 경우에는 모래 등으로 원지반을 치환하거나, 침목을 관 길이 방향으로 상호 연결한 사다리 기초를 병용하여 신축성을 크게하고 동시에 이탈방지 압륜과 이탈방지 체결구 등 이탈방지이음을 사용한다.

<표 4-4> 주철관 조인트부의 굴곡허용 각도

구분 호칭지름(mm)	KP메카니칼 조인트	타이튼 조인트	메카니칼 조인트
80	5°	5°	5°
100	5°	5°	5°
120	5°	5°	5°
150	5°	5°	5°
200	4°	5°	4°
250	4°	5°	4°
300	4°	5°	4°
350	3°	4°	3°
400	3°	4°	3°
450	3°	3°	3°
500	3°	3°	3°
600	2°	3°	2°
700	2°	2.5°	2°
800	1.5°	2.5°	1.5°
900	1.5°	2.5°	1.5°
1000	1.5°	2°	1.5°
1100	1.5°	2°	1.5°
1200	1.5°	2°	1.5°

(3) 유리섬유강화 플라스틱관 관로의 기초처리

유리섬유강화 플라스틱 관로의 기초처리는 (1) 도복장강관 기초처리에 준한다.

4.2.15 이형관 보호

상수도시설기준의 “4.2.15 이형관 보호”를 따른다.

단, 관종별 이형관보호 상세사항을 참고하여 설계한다.

(1) 도복장강관 관로

- 1) 용접으로 연결되는 도복장강관은 관의 강성으로 관의 이탈을 방지할 수 있으나, 수작업으로 생산되는 이형관은 기계적 용접으로 생산되는 직관에 비해 품질의 신뢰도가

낮아 관로 전체의 내구년한을 감소시키며, 국관부의 경우 신축이음관을 설치하지 않아 온도변화에 따른 신축변위가 국관 불평균력을 증가시키게 되므로, 안전 및 직관부와 대등한 내구년한을 확보하기 위하여 관보호공을 설치하여야 한다.

2) 22½° 이하의 국관은 90°국관 불평균력의 28% 이하에 불과하므로 연약지반이 아닌 곳으로서 구속거리가 충분하고, 소요다짐도를 확보할 수 있으면 관보호공을 생략하여야 하나, 다음과 같은 경우에는 기술자의 판단하에 국관보호공을 설치할 수 있다.

- ① 관의 최종단부, 신축이음관, 제수밸브 설치 등으로 자유단이 발생하여 변위구속이 필요한 지점
- ② 22½° 국관 등을 연속 사용하는 수평, 수직굴곡이 심한 지점
- ③ Y자관, T자관 등으로 연결되어 계속적인 편수압이 발생하는 지점

3) 콘크리트 보호공을 설치할 경우에는 (2) 덕타일주철관 관로를 준용할 수 있다.

(2) 덕타일주철관 관로

1) 관로의 국관부나 T자관 등의 분기부 등은 수압에 의한 불평균력을 고려하여 관보호공을 설치하여야 한다.

2) 국관이나 T자관 등의 이형관이 받는 수압의 크기 및 형식은 <그림 4-4>과 같다.

3) 이형관 보호공

① 콘크리트 보호공

(가) 콘크리트는 관의 이음부를 일체화하여 시공하여야 하며 지정된 강도를 확보하여야 한다. 경우에 따라서는 철근을 사용하여 보강할 수 있다.

(나) 콘크리트 배면의 토질이 불량할 경우에는 되메우기 흙을 모래 등 양질토사로 교체하여 지지력을 증대시켜야 한다.

(다) 보호콘크리트의 크기는 토피에 의한 하중, 관의 자중, 물무게, 콘크리트중량 등에 의한 흙과의 마찰저항과 콘크리트 측면(배면)의 수동토압에 의한 저항 등을 더한 합력이 불평균력에 저항한다는 것을 기본으로 하여 결정하여야 하나, 그 중 콘크리트 측면(배면)의 수동토압에 의한 저항을 삭제하고 결정할 수 있다. 또는, 별첨1의 표를 표준으로 하여 현장조건에 따라 조정 사용할 수 있다.

② 이탈방지 이음

(가) 연약지반에서 보호콘크리트나 기초파일에 의한 불평균력 방지효과를 기대할 수 없거나, 도시내 배관 등에서 충분한 보호콘크리트를 시공할 수 없는 경우에는 보호콘크리트를 생략하거나 규모를 축소할 수 있도록 불평균력이 걸리는 관로의 이음에 이탈방지 이음을 사용할 수 있다.

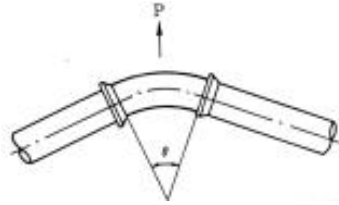
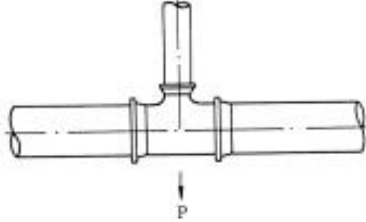
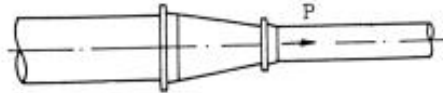
(나) 이탈방지 이음은 국가별, 제조회사별로 그 특성이 다르므로 제품선정시 허용수압이 사용수압에 비해 충분히 안전하여야 하고 부식성, 연약지반의 침하 특성등 주변 토질조건을 충분히 검토하여 불평균력이 발생하지 않는 정상관로와 동등한 내구성 및 안전성이 확보될 수 있는 제품이어야 한다.

(다) 이탈방지압륜 및 부속은 다음의 기계적 성질을 만족하여야 한다.

<표 4-5> 압륜 및 부속의 기계적 성질

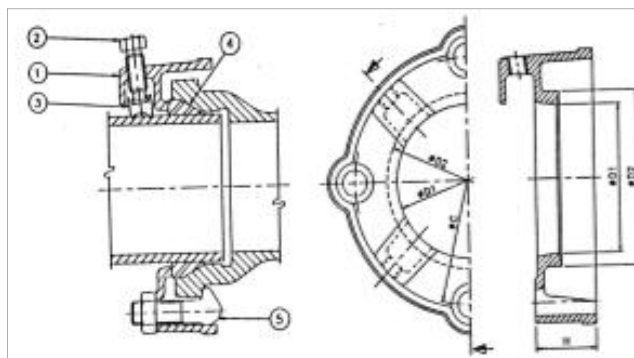
구 분	인장강도(N/mm ²)	연신율(%)	경 도(HB)	흑연구상화물(%)
기준치	450이상	10이상	140~210	80이상

<그림 4-4> 이형관이 받는 수압의 크기 및 형식

① 흐름방향이 변하는 경우(곡관) 	$P = 2p \cdot A \sin \frac{\theta}{2}$ A : 관의 단면적 p : 수압
흐름방향이 변하는 경우(T자관 및 배수T자관) 	$P = p \cdot a$ a : 관의 단면적(지관)
② 관경이 변하는 경우(편락관) 	$P = p \cdot (A - a)$ $A - a$: 관단면적의 차
③ 관로가 폐쇄되는 경우(밸브) 	$P = p \cdot a$

(라) 이탈방지이음에는 이탈방지 압륜과 이탈방지 체결구가 있으며, 참고로 이탈방지 이음의 종류와 구조는 <그림 4-5>, <그림 4-6>과 같다.

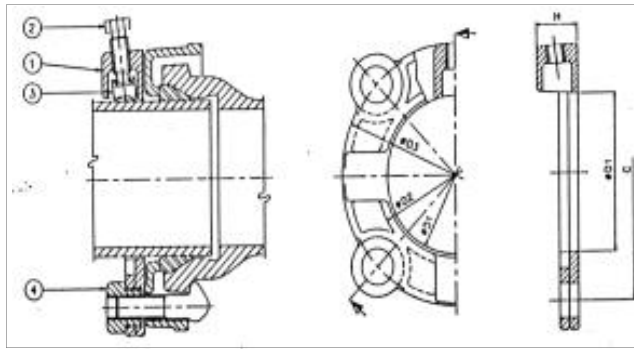
<그림 4-5> 이탈방지 압륜



번호	부 품 명	재질
①	압 륜 몸 체	GCD450
②	압 착 볼 트	"
③	스 파 이 크	"
④	KP 고무링	NBR
⑤	KP 볼트너트	GCD450

* GCD 450 : KS D 4302에 의한 주철품

<그림 4-6> 이탈방지 체결구



번호	부 품 명	재질
①	체 결 고 리	GCD450
②	압 착 볼 트	"
③	스 파 이 크	"
④	2단 너 트	"

(3) 유리섬유강화 플라스틱관 관로

- 1) 관로의 곡관부나 T자관 등 이형관 부위는 수압에 의한 불평균력을 고려하여 관보호공을 설치하여야 한다.
- 2) 이형관 보호를 위한 콘크리트 보호공은 11.2 닥타일주철관 관로 콘크리트 보호공에 준한다.

4.2.16 관로의 표식

상수도시설기준의 “4.2.16 관로의 표식”를 따른다.

4.2.17 전식 및 부식 방지

상수도시설기준의 “4.2.17 전식 및 부식 방지” 및 K-water 전기공사 설계지침을 따른다.

4.2.18 수압시험

상수도시설기준의 “4.2.18 수압시험”을 따른다.

4.2.19 수관교와 교량첨가관

상수도시설기준의 “4.2.19 수관교와 교량첨가관”을 따른다.

4.2.20 하저횡단(역사이편관)

상수도시설기준의 “4.2.20 하저횡단(역사이편관)”을 따른다.

4.2.21 철도 및 간선도로 횡단

상수도시설기준의 “4.2.21 철도 및 간선도로 횡단”을 따른다.

4.2.22 추진공법

상수도시설기준의 “4.2.22 추진공법”을 따른다.

4.2.23 쉬일드(SHIELD) 공법

상수도시설기준의 “4.2.22 쉬일드(SHIELD)공법”을 따른다.

4.2.24 전용도로

본 절은 상수도시설기준의 “4.2.24 전용도로”를 따른다.

4.2.25 펌프설비

상수도시설기준의 “4.2.25 펌프설비”를 따른다.

4.2.26 취약구간 관로복선화

(1) 적용범위

취약구간 복선화 관로는 다음과 같은 구간에 적용한다.

- 1) 국가하천 및 지방하천 횡단구간
- 2) 고속국도 및 국도 횡단구간
- 3) 대성토 도로 횡단구간
- 4) 철도 횡단구간
- 5) 해저통과구간
- 6) 기타 위험요소 통과구간

단, 상기 구간에서 누수사고 발생시 시설간 연계운영으로 수요처에 용수공급이 가능한 구간은 제외할 수 있다.

(2) 관경 규모

복선화 관경규모는 복선화 관로 중 1열 사고시에도 복선관로 상호 전환 등을 통하여 1일 평균급수량 이상 비상공급이 가능한 규모로 한다.

4.2.27 하천횡단

(1) 하천횡단공법

- 1) 관로공사시 부득이 하천을 횡단하게 되는 경우, 『하천법』 및 관계법령에 따라야 하며 하천관리청과 협의하여야 한다. 단 소하천의 경우 『소하천정비법』을 따른다.
- 2) 공사구간 내 토질, 장애물, 주변지형 등을 사전 조사하고, 공사의 난이도, 안정성, 유지관리성 등을 종합적으로 검토하여 적절한 공법을 선정한다.

(2) 하상매설관로

1) 관종

- ① 국가·지방하천 횡단관로의 관종은 이음부의 결합력이 우수한 도복장 강관으로 적용하여야 한다. 단, 소하천을 횡단할 경우 경제성, 내구성 및 유지관리의 용이성을 고려하여 관종을 선택할 수 있다.
- ② 관의 재질과 두께의 결정은 4.2.28 및 4.2.29를 따른다.

2) 매설심도

- ① 하상매설관로의 매설심도는 하천정비기본계획상의 평형하상고와 실측한 하천의 최심하상고 중 가장 낮은 하상고를 기준으로 관보호공 상단까지 최소 2.0m 이상 확보하여야 하며, 하천관리시설(계획 중인 시설 포함)에 지장을 주지 아니하여야 한다. 단, 소하천의 경우 최심하상고와 소하천정비종합계획상의 계획하상고 중 낮은 하상고를 기준으로 관보호공 상단까지 최소 1.5m 이상 확보하여야 한다.

구 분	매설심도 (관보호공 상단)	비 고
국가하천 지방하천	최심하상고와 하천정비기본계획상의 평형하상고 중 낮은 하상고를 기준으로 관보호공 상단까지 매설깊이 2m 이상	
소하천	최심하상고와 소하천정비종합계획상의 계획하상고 중 낮은 하상고를 기준으로 관보호공 상단까지 매설깊이 1.5m 이상	

- ② 암반지역 등 현장여건상 부득이하게 매설심도 확보가 곤란할 경우에는 별도로 관을 보호하는 조치를 강구하여야 한다.
- ③ 상기 (1)항의 적용기준에 부합되지 않는 하천횡단 구조물 주변, 만곡부(彎曲部), 급경사, 골재채취 및 하도준설 구간과 같이 급격한 하상변동이 예상되는 지역에서의 하천횡단은 원칙적으로 자제하여야 하며, 불가피할 경우, 별도의 수리학적 검토(유량·유사량, 지류유입 유사량, 입도분석 등)를 시행하여야 한다.

3) 콘크리트 보호공

- ① 하천횡단관로 콘크리트 보호공은 관의 이음부를 일체화하여 철근콘크리트로 시공하여야 하며, $f_{ck}=18\text{MPa}(N/mm^2)$ 이상의 강도를 확보하여야 한다.
- ② 콘크리트 배면의 토질이 불량할 경우에는 되메우기 흙을 모래 등 양질토사로 교체하여 지지력을 증대시켜야 한다.
- ③ 보호콘크리트의 크기는 관 내 불균형력에 저항하고, 국부적 세굴로 인한 관보호 Con'c 노출 시 외압에 견디며 부력에 안정한 규격이 확보되어야 한다. 즉, <별첨 1>의 이형관 보호공의 규격을 기준으로 하여 현장조건에 따라 조정 사용하여야 한다.

4.2.28 관의 재질

(1) 덕타일 주철관

- 1) 원관은 KS D 4311(덕타일 주철관) 및 KS D 4308(덕타일 주철이형관)에 따른다.
- 2) 내부라이닝은 KS D 4311에 의한 덕타일주철관의 경우 KS D 4316(덕타일주철관의 모르타르 라이닝) 또는 KS D 4317(덕타일주철관 내면 에폭시 수지분체 도장)을 따르고, KS D 4308에 의한 덕타일 주철이형관의 경우에는 KS D 4317(덕타일주철관 내면 에폭시 수지분체 도장)에 따른다.
- 3) 접합부속품은 KS D 4302(구상 흑연 주철품) 및 KS M 6613(수도용 고무)에 따른다
- 4) 취수장·가압장·정수장 등 구내에 노출된 상태로 설치되거나, 수중(원수 및 처리수)에 설치되는 주철관의 경우 관외부의 피복은 유지관리의 편의성, 시설의 쾌적성, 방식성능 및 음용수용으로서의 적합성이 확보될 수 있도록 세라믹도장 등에 의한 방법을 선정하여야 한다.

(2) 도복장강관(피복)

- 1) 도복장강관 내면 도장재 규격은 다음 중 어느 하나에 해당하여야 한다. 다만, 다음 규격에 적합한 제품 중 신뢰성(RS)인증을 취득한 제품을 우선 적용 할 수 있다.
- ① 「산업표준화법」 제15조에 따라 인증을 받은 제품
- ② 「산업표준화법」 제27조제2항에 따른 단체표준인증을 받은 제품으로서 수도법 제56조에 따른 한국상하수도협회가 인증한 제품

- ③ 「산업기술혁신 촉진법」 제16조에 따른 신제품 인증을 받은 제품
- ④ 그 밖에 환경부장관이 수도용 자재나 제품으로 사용하기에 적합하다고 인정하여 고시하는 자재나 제품
- 2) ③, ④의 경우 누락 또는 미달되는 시험항목에 대하여 국가표준체계(KS, KWWA SPS)에 준하는 시험을 실시하고 공인시험성적서 등 별도 품질적합여부를 확인하여야 한다.
- 3) 도복장강관 외면 도장재는 압출식 3층 폴리에틸렌 피복 또는 분말 용착식 3층 폴리에틸렌 피복 중에서 부설토양의 여건, 공사비(전식 및 부식방지시설비 포함)의 경제성, 내구성 및 유지관리의 용이성, 생산성 등을 고려하여 선정하여야 한다.

[참고] 관련 규격

- ① KS D 3565 상수도용 도복장강관
- ② KS D 3578 상수도용 도복장강관이형관
- ③ KS D 3589 압출식 폴리에틸렌 피복 강관
- ④ KS D 3619 수도용 폴리에틸렌분체 라이닝 강관
- ⑤ KS D 8502 (수도용 액상에폭시 수지도료 및 도장 방법)
- ⑥ KS F 4929 (세라믹메탈함유수지계 방수·방식재)
- ⑦ KWWA M208 (수도용 폴리우레탄 도장 강관)
- ⑧ KWWA D113 (수도용 폴리우레아 도장강관 및 이형관)
- ⑨ 우리공사규격(수도용강관 분말용착식 폴리에틸렌 3층 피복강관, 별첨2)
- ⑩ 기타 해당 RS인증제품 생산자가 제시하는 제조 및 검사 규격

(3) 유리섬유강화 플라스틱관

유리섬유강화 플라스틱관 및 부속자재는 KSM 3370(물공급용 유리섬유강화열경화성 플라스틱 압력관 및 이음관)에 따른다.

4.2.29 관두께 결정

(1) 강관의 두께

매설강관의 두께는 내압, 외압, 부등침하, 지진하중 등을 고려하여야 하며 최소두께 이상이어야 한다. 또한 강관 제작상의 두께에 대한 허용오차는 $\pm 50\mu\text{m}$ 이하를 기준으로 하고 두께 결정에는 고려하지 않는다.

1) 최소 관두께

$$t = \frac{D}{288} \text{ mm (관의 호칭지름 } D = 1,350\text{mm 이하일 경우)} \quad (4-1)$$

$$t = \frac{D + 508}{400} \text{ mm (관의 호칭지름 } D = 1,350\text{mm 초과할 경우)} \quad (4-2)$$

2) 내압에 의한 관두께

관내수압(동수압 + 수격압, 혹은 정수압) 2가지 중에서 큰값을 적용하여 산출한다.

$$t = \frac{p \cdot d}{2\sigma_{sa}} \quad (4-3)$$

t : 관두께(mm)

p : 관내수압(kg/cm²)

d : 관의 내경(mm)

σ_{sa} : 관의 허용응력(1,400kg/cm²)

3) 외압에 의한 관두께

외압에 의한 관두께 계산은 상수도시설기준에 부합되고 다음 사항을 준수하여야 한다.

- ① 토질조사 결과에 따른 주요 구간별 대표 토질정수중, 경제성 및 시공성을 고려하여 전체 설계구간의 대부분에 적용할 수 있는 지반의 토질정수를 기준으로 하여 트럭하중(도로구간 등 필요시)을 포함한 외부하중에 따라 관두께를 결정하여야 하며, 이때 고려한 토질정수가 확보되도록 시방서에 시공법 및 품질관리 기준을 규정하여야 한다.
- ② 상기 항의 기준지반이 트럭하중이 없는 개활지 등으로서 관로의 침하는 없을 것으로 예상되나, 자연함수비가 높은 점토질이고 일반적인 다짐관리가 곤란한 토질의 경우에는 토피의 과도한 침하 및 이에 따른 주변구조물의 악영향 등을 고려하여 시방서에 시공법 및 품질관리기준을 규정하여야 한다.
- ③ 상기 ①, ②항의 적용기준에 부합되지 않는 암반, 하저, 국부적 '트럭하중 발생구간, 관로의 침하가 발생할 수 있는 연약지반 등에 대해서는 각 조건별로 별도 대책을 수립하여야 한다.
- ④ 강관 매설후 되메우기, 토압 및 통과차륜 등 외압에 의한 관내도장 손상을 방지하기 위하여, 이들 중량에 의한 강관의 원주방향 관체변형율은 관경의 5% 미만, 시멘트 모르타라이닝관인 경우 관경의 3% 이내이어야 한다.
- ⑤ 외압에 의한 관저부의 휨응력은 관의 허용응력 이하이어야 한다.
- ⑥ 관로노출에 의한 대기압 또는 수중횡단으로 상재하중을 받는 경우에, 외압은 다음 이하가 되도록 하여야 하고, 안전율은 1.5 ~ 2.0으로 한다.

(가) $\frac{t}{D}$ 가 0.023 이하이고 파괴외압 P_e 가 41 kg/cm² 이하인 경우(좌굴파괴)

$$P_e = 3,500,000(t/D)^3 \quad (\text{kg/cm}^2) \quad (4-4)$$

(나) $\frac{t}{D}$ 가 0.023 이상이고 파괴외압 P_e 가 41 kg/cm² 이하인 경우(소성파괴)

$$P_e = 6,100(t/D) - 98 \quad (\text{kg/cm}^2) \quad (4-5)$$

- ⑦ 대기에 노출되는 강관을 교량형식으로 지지하고자 할 때 그 지지형식이 새들(Saddle) 또는 링 거어더(Ring Girder)인가에 따라 그 지지부의 응력을 검토하여야 한다.

⑧ 외압

(가) 토피에 의한 토압

- ㉔ Sheet pile 등 토류벽 시공에 따른 수직굴착 또는 토피가 200cm 이하인 경우

$$W_v = \gamma_s \cdot H \quad (4-6)$$

W_v : 토피에 의한 토압(kg/cm²)

γ_s : 흙의 단위중량(kg/cm³)

H : 토피(cm)

- ㉕ 일반제형 굴착의 경우

$$W_v = C_d \cdot \gamma_s \cdot B_d \quad (4-7)$$

C_d : Trench 상수(Marston식)

$$C_d = \frac{1 - e^{(-2K \cdot \mu' \cdot \frac{H}{B_d})}}{2K \cdot \mu'} \quad (4-8)$$

K : Rankine의 토압계수 ($K = \frac{1 - \sin\phi}{1 + \sin\phi}$)

μ' : 되메우기 흙과 비탈면의 마찰계수($\mu' = \tan\phi'$)

ϕ : 되메우기 흙의 내부마찰각

ϕ' : 되메우기 흙과 비탈면의 내부마찰각(보통 $\phi' \approx \phi$)

B_d : 관상단에서의 Trench 폭(cm)

- (나) 트럭하중에 의한 외압

$$W_t = \frac{2nP \cdot (1+i)}{[nL + (n-1) \cdot C + b + 2H \tan\theta] \cdot (a + 2H \tan\theta)} \quad (4-9)$$

W_t : 트럭하중에 의한 외압(kg/cm²)

P : 트럭의 후륜(1륜)하중(kg)

n : 점유폭에 접하여 나란한 트럭 대수

L : 후륜 중심간격 (일반적으로 175cm 적용)

C : 인접 트럭간의 후륜중심 간격(cm) (일반적으로 100cm 적용)

b : 후륜 접지폭(cm) (일반적으로 50cm 적용)

θ : 분산각(°) (일반적으로 45°적용)

a : 차륜 접지장(cm) (일반적으로 20cm 적용)

i : 충격계수(<표 4-6> 참조)

토 피(m)	i
$H \leq 1.5$	0.5
$1.5 < H < 6.5$	$0.65 - 0.1 H$
$H > 6.5$	0

<표 4-6> 충격계수

(다) 관체의 변형량

$$\Delta X = [2K_x \cdot (W_v + W_t) \cdot R^4] / [EI + 0.061E' \cdot R^3] \quad (4-10)$$

 ΔX : 관체의 수평방향 변형량(cm) R : 관의 평균반경(cm) E : 관의 탄성계수($2,100,000 \text{ kg/cm}^2$) I : 관의 단위폭당 단면이차모멘트(cm^4)

$$I = \frac{t^3}{12} \quad (4-11)$$

 K_x : 지지각에 의해 결정되는 수평방향 변형계수(<표 4-7> 참조) E' : 흙의 반력계수(kg/cm^2) (<표 4-8> 참조)<표 4-7> K_b , K_x 계수표

지지각	K_b	K_x	$(0.061 K_b - 0.083 K_x)$
60°	0.189	0.103	0.00307
90°	0.157	0.096	0.00171
120°	0.138	0.089	0.00107
150°	0.128	0.085	0.00082

<표 4-8> 흙의 반력계수표

흙의 종류 (통일 분류법에 따름)	다짐도에 따른 E' (kg/cm ²)		
	다짐 없음	약간의 다짐 Proctor 밀도로 < 85 % 상대 밀도로 < 40 %	중간정도의 다짐 Proctor 밀도로 ≥ 85 - 95 % 상대 밀도로 ≥ 40 - 70 %
세립토(LL > 50) 중정도의 소성부터 고소성까지의 흙 CH, MH, CH-MH	이용할 수 있는 데이터가 없다 : 토질 전문가와 협의. 기타의 경우는 $E' = 0$ 을 사용		
세립토(LL ≤ 50) 중정도의 소성부터 소성이 없는 흙까지 CL, ML, CL-ML (세립부분 25%이하)	3.5	14	28
세립토(LL ≤ 50) 중정도의 소성부터 소성이 없는 흙까지 CL, ML, CL-ML (세립부분 25%이상) 세립토를 함유한 조립토 GM, GC, SM, SC (12%이상의 세립토를 함유)	7	28	70
세립토를 거의 함유 않던가, 전혀 함유 하지 않은 조립토 GW, GP, SW, SP (12%이하의 세립토 를 함유)	14	70	140

(라) 휨응력

$$\sigma_b = \frac{2(W_v + W_t)Coef}{f \cdot z} \quad (4-12)$$

$$Coef = \frac{K_b \cdot R^2 \cdot EI + (0.061K_b - 0.083K_x)E' \cdot R^5}{EI + 0.061E' \cdot R^3} \quad (4-13)$$

 σ_b : 외압에 의한 관저부의 휨응력(kg/cm²) f : 형상계수(1.5) z : 관의 단위폭당 단면계수(cm²)

$$z = \frac{t^2}{6} \quad (4-14)$$

 K_b : 지지각에 의해 결정되는 관저에서의 휨모멘트 계수(<표 4-7> 참조)

4) 부등침하에 대한 관두께 검토

- ① 부등침하에 대한 검토는 상기 1)~3)항에 의한 관두께 적용이 곤란한 부등침하가 예상되는 구간을 대상으로 하며, 관로의 휨에 의한 응력, 내압에 의한 응력 및 온도변화에 의한 응력 등 축방향 총응력에 대한 변형율을 검토하여야 한다.
- ② 변형율 검토 결과에 따라 해당구간에 대해 관두께 변경, 신축이음, 지반개량 등을 통한

지지력 보강 등 유형별로 대책을 수립하여야 하며, (4-15)식에 의한 총응력에 대한 축방향 변형율이 0.1% 이내이어야 한다.

$$\varepsilon = \frac{\sigma}{E} \quad (4-15)$$

ε : 변형율

σ : 응력

5) 지진하중에 대한 관두께 검토

- ① 현재까지 국내의 관로에 대한 내진 설계기준은 없으나 최근 지진 발생추이에 따라 시설물의 중요도에 비추어 내진대책이 필요하므로 교량의 내진설계 기준을 준용하고 향후 기준 설정 결과에 따라 적용한다.
- ② 내압, 트럭하중, 온도변화에 의한 상시 축방향 변형율에 지진하중에 의한 축방향 변형율을 합한 합성 축방향 변형율은 0.3% 이내이어야 한다.

(가) 내압에 의한 관의 축방향 변형율 ε_i

$$\varepsilon_i = \frac{v \cdot p \cdot (D_o - t)}{2 \cdot t \cdot E} \quad (4-16)$$

v : 프와송비(0.3)

D_o : 관의 외경(cm)

(나) 트럭에 의한 관의 축방향 변형율 ε_c

$$\varepsilon_c = \frac{0.322 \cdot W_c}{z_c} \sqrt{\frac{I_c}{E \cdot K_v \cdot D_o}} \quad (4-17)$$

W_c : 트럭하중(kg/cm)

$$W_c = \frac{2 \cdot D_o \cdot P \cdot (1 + i)}{300 \cdot (a + 2H \cdot \tan \Theta)} \quad (4-18)$$

z_c : 관의 단면계수(cm³)

$$z_c = \frac{\pi}{32} \frac{D_o^4 - d^4}{D_o} \quad (4-19)$$

I_c : 관의 단면이차모멘트(cm⁴)

$$I_c = \frac{\pi}{64} (D_o^4 - d^4) \quad (4-20)$$

K_v : 연직방향 지반반력계수(일반적으로 1.0 적용)

(다) 온도변화에 의한 관의 축방향 변형율 ε_t

$$\varepsilon_t = \alpha \cdot \Delta T \quad (4-21)$$

α : 강관의 선팽창계수(= 1.2×10⁻⁵/°C)

ΔT : 온도 변화량

(라) 지진하중에 의한 관의 축방향 변형율 ε_{1e}

㉔ 매설관 위치에서 최대 수평변위

$$U_h = \frac{2}{\pi^2} \cdot S_v \cdot T_G \cdot K_h \cdot \cos \frac{\pi h}{2H_s} \quad (4-22)$$

U_h : 매설위치에서 지반의 수평변위 진폭(cm)

h : 지표면에서 관중심까지의 깊이(cm)

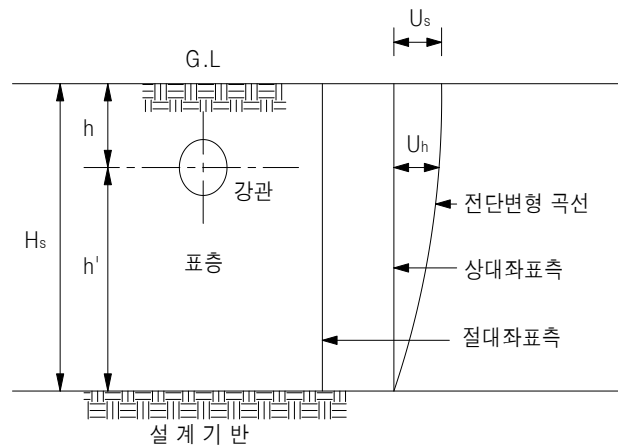
H_s : 표층의 지반 두께 ($h + h'$)(cm)

K_h : 내진 계산상의 기반면에 있어서 설계수평진도

S_v : 속도응답 스펙트럼(cm/sec)

h' : 관중심에서 기반까지의 깊이(cm)

T_G : 표층지반의 기본고유주기(sec)



설계기반 : V_s 가 300m/sec 정도 이상 또는 N치가 50 이상인 심도가 계속되는 지반

<그림 4-7> 매설관 위치의 최대 수평변위

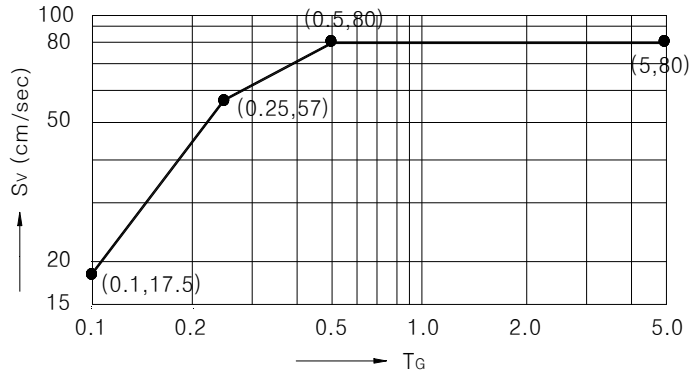
㉕ 표층지반의 기본고유주기

$$T_G = S \sum_{i=1}^n \frac{H_i}{V_{Si}} \quad (4-23)$$

H_i = 제 i 층의 두께(cm)

V_{Si} = 제 i 층의 전단 탄성파속도(cm/sec) : N 치로 추정(<표 4-7> 참조)

$S = 4$ (점성토), $S = 5.2$ (사질토)



<그림 4-8> 속도응답 스펙트럼(cm/sec)

㉔ 지진시의 지반 변형

$$\varepsilon_L = \pi \cdot U_h / L \quad (4-24)$$

$$\varepsilon_B = 2\pi^2 \cdot D_o \cdot U_h / L^2 \quad (4-25)$$

㉕ 지진동 파장

$$L = (2L_1 \times L_2) / (L_1 + L_2) \quad (4-26)$$

 L : 지진동 파장

$$L_1 = T_G \cdot \overline{V_s}$$

$$L_2 = T_G \cdot V_{os}$$

 $\overline{V_s}$: 표층지반의 평균 전단 탄성파속도(cm/sec)

$$\overline{V_s} = \frac{\sum H_i}{\sum \frac{H_i}{V_{Si}}} \quad (1-27)$$

 H_i : 제 i 층의 두께(cm) V_{os} : 기반면의 전단 탄성파속도(cm/sec)

(m/sec)

구 분		표 층 지 반	기 반
총 적 층	점 성 토	$122 N^{0.0777}$	$143 N^{0.0777}$
	사 질 토	$61.8 N^{0.211}$	$103 N^{0.211}$
흙 적 층	점 성 토	$129 N^{0.183}$	$172 N^{0.183}$
	사 질 토	$123 N^{0.125}$	$205 N^{0.125}$

<표 4-9> 전단 탄성파속도(V_s)의 산정식

㉞ 지반의 강성계수

$$K_{g1} = k_{g1} \cdot \gamma_s \cdot \frac{V_s^2}{g} (\text{kg/cm}^2) \quad (4-28)$$

$$K_{g2} = k_{g2} \cdot \gamma_s \cdot \frac{V_s^2}{g} (\text{kg/cm}^2) \quad (4-29)$$

 K_{g1} : 관측방향 지반의 강성계수(kg/cm^2) K_{g2} : 관측직각 지반의 강성계수(kg/cm^2) k_{g1} : 관측방향의 단위길이당 지반의 강성계수에 대한 정수(≒3) k_{g2} : 관측직각방향의 단위길이당 지반의 강성계수에 대한 정수(≒3) γ_s : 매설위치의 흙의 단위중량(kg/cm^3) V_s : 매설위치의 표층지반 전단 탄성파 속도(cm/sec) g : 중력가속도(980cm/sec^2)

㉞ 지반변위에 의해 생기는 관측방향 합성변형률

$$\varepsilon_{1e} = \sqrt{\varepsilon_{pL}^2 + \varepsilon_{pB}^2} \quad (4-30)$$

$$\varepsilon_{pL} = \alpha_1 \cdot \varepsilon_L = \alpha_1 \cdot \frac{\pi U_h}{L} \quad (4-31)$$

$$\varepsilon_{pB} = \alpha_2 \cdot \varepsilon_B = \alpha_2 \cdot \frac{2\pi^2 D_o U_h}{L^2} \quad (4-32)$$

r : 파동성분에 의한 계수(≈ 1.0)

ε_{pL} : 지진시 축방향 변화

ε_{pB} : 힘에 의한 축방향 변화

α_1 : 지반에 생긴 축변형 ε_L 의 관에 대한 전달율

α_2 : 지반에 생긴 힘변형 ε_B 의 관에 대한 전달율

$$\alpha_1 = \frac{1}{1 + \left(\frac{2\pi}{\lambda_1 L'}\right)^2} \quad \alpha_2 = \frac{1}{1 + \left(\frac{2\pi}{\lambda_2 \cdot L}\right)^4}$$

$$\lambda_1 = \left(\frac{K_{g1}}{EA}\right)^{\frac{1}{4}} \quad \lambda_2 = \left(\frac{K_{g2}}{E \cdot I}\right)^{\frac{1}{4}}$$

A : 관의 단면적(cm^2)

I : 관의 단면이차모멘트(cm^4)

L' : 외관상의 파장(cm)($L' = \sqrt{2}L$)

(2) 덕타일주철관의 두께

덕타일주철관의 관두께는 정수압, 수격압, 토피에 의한 토압 및 트럭하중에 의한 토압을 전부 동시에 고려하여 산정하여야 한다.

1) 덕타일주철관의 공칭관두께(T) 산정

① 내압에 의한 인장응력

$$\sigma_t = \frac{(P_s + P_d) \cdot d}{2t} \quad (4-33)$$

σ_t : 내압에 의한 인장응력(kg/cm^2)

P_s : 정수압(kg/cm^2)

P_d : 수격압(kg/cm^2)

d : 관의 내경(mm)

t : 관 두께(mm)

② 내압 및 외압에 의한 인장응력

$$\sigma_s = \sigma_t + 0.7\sigma_b \quad (4-34)$$

σ_s : 내압 및 외압에 의한 인장응력(kg/cm^2)

$0.7\sigma_b$: 힘응력(σ_b)을 인장응력으로 환산한 응력(kg/cm^2)

$$\sigma_b = \frac{6(K_f W_f + K_t W_t) R^2}{t^2} \quad (4-35)$$

K_f : 관저의 지지각에 의해 결정되는 계수(<표 4-10> 참고)

지지각	40°	60°	90°	120°	180°
관 상단	0.140	0.132	0.120	0.108	0.096
관 하단	0.281	0.223	0.160	0.122	0.096

<표 4-10> 관저의 지지각에 따라서 결정되는 계수치(K_f)

K_t : 관정 0.076, 관저 0.011

W_f : 토피에 의한 토압(kg/cm²)

W_f 는 4.1.3 (7)의 1) 토피에 의한 토압에 따른다.

W_t : 트럭하중에 의한 외압(kg/cm²)

$$W_t = 1.5 \alpha P \quad (4-36)$$

1.5 : 충격계수

α : 관구경 및 토피에 의해 정해지는 계수

(<그림 4-9>, <그림 4-10> 참조)

P : 트럭의 후륜(1륜)하중(kg)

③ 공칭관두께(T)의 결정

내압 및 외압에 의한 인장응력에 안전율을 다음과 같이 고려하고, 관의 인장강도를 S 로 하면

정수압에 대한 안전율 : 2.5

수격압에 대한 안전율 : 2.0

토피에 의한 토압안전율 : 2.0

트럭하중에 의한 토압안전율 : 2.0

$$S = 2.5\sigma_{ts} + 2.0\sigma_{td} + 1.4\sigma_b \quad (4-37)$$

σ_{ts} : 정수압에 의한 발생응력

σ_{td} : 수격압에 의한 발생응력

(4-37)식에 (4-33)식과 (4-35)식을 대입하고 R 을 $d/2$ 로 놓고 계산하면

$$S t^2 - (1.25P_s + P_d)d - 2.1(K_f W_f + K_t W_t)d^2 = 0 \quad (4-38)$$

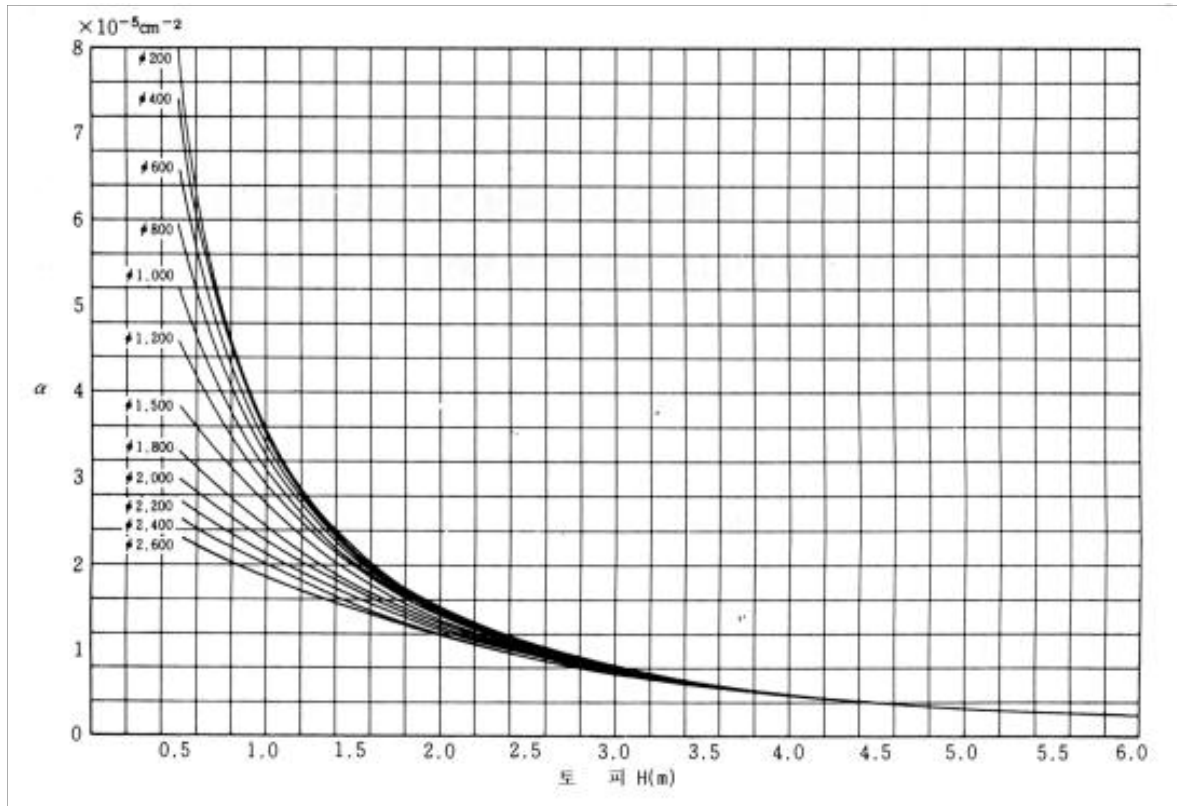
$$t = \frac{(1.25P_s + P_d) + \sqrt{(1.25P_s + P_d)^2 + 8.4(K_f W_f + K_t W_t)S}}{2S} d \quad (1-39)$$

최종적으로 공칭관두께 T는

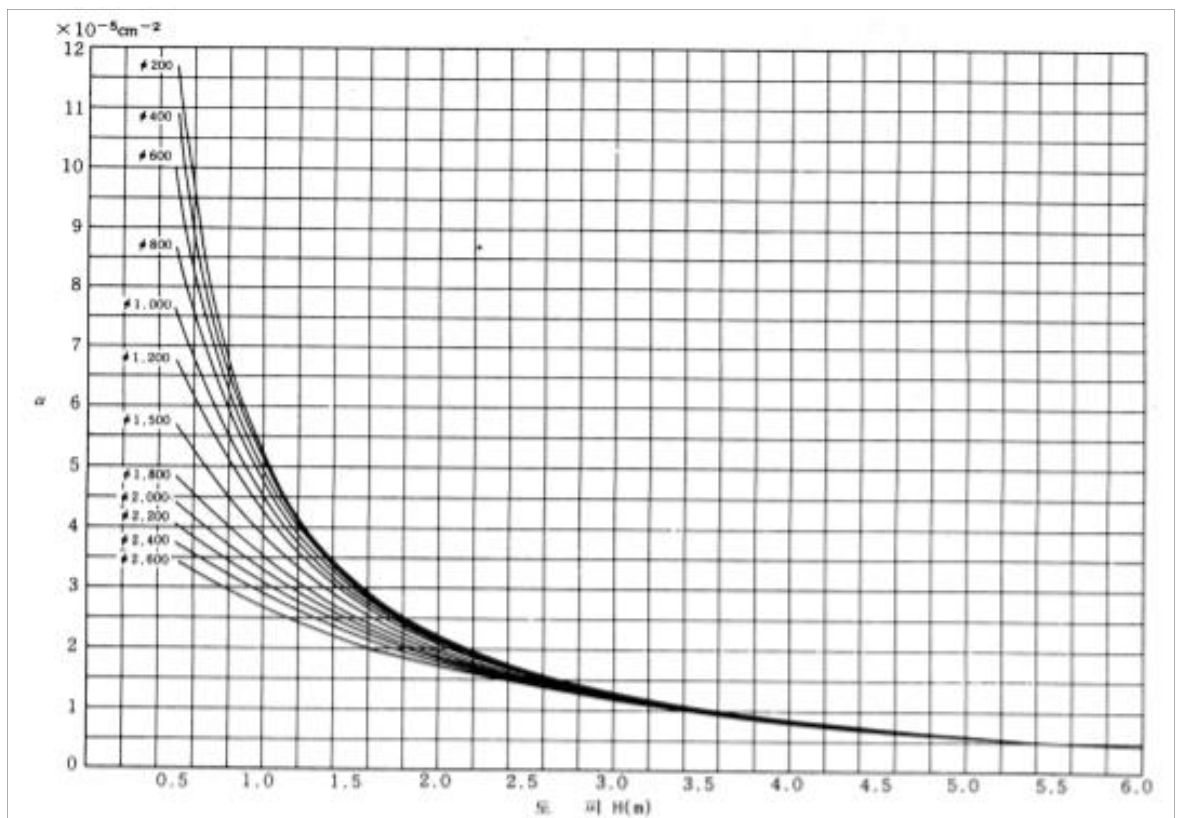
$$T = (t + 2) \times 1.1 \text{ mm} \quad t + 2 \geq 10 \text{ mm인 경우}$$

$$T = (t + 2) + 1.0 \text{ mm} \quad t + 2 < 10 \text{ mm인 경우}$$

이다. 관정, 관저의 양쪽에 대해서 계산하여 큰 쪽을 결정한다.



<그림 4-9> 트럭하중에 의한 토압계산을 위한 α 계수 그래프(트럭 1대)



<그림 4-10> 트럭하중에 의한 토압계산을 위한 α 계수 그래프(트럭 2대)

4.2.30 터파기

(1) 터파기시 고려사항

- 1) 터파기 단면은 되메우기시에 토사가 관저부까지 충분히 고르게 되도록 배려하여야 한다.
- 2) 연약지반이나 대구경 관로를 굴착하는 경우에는 토류공을 실시할 수 있다.
- 3) 연약지반의 경우 파일의 근입깊이를 충분히 크게하고 굴착부의 배수를 완전히 시행하여야 한다.
- 4) 굴착중의 강우·하수의 유입, 용천수 등에 대비하여 필요시 배수설비를 설치하여야 한다.

(2) 도복장강관 관로의 터파기 폭

1) 일반관로부

① 원지반의 토질조건이 양호한 경우

터파기 폭은 관저면을 기준으로 하여 "관경 + 20cm(한쪽여유폭) × 2"를 기준으로 <그림 4-11>과 같다.

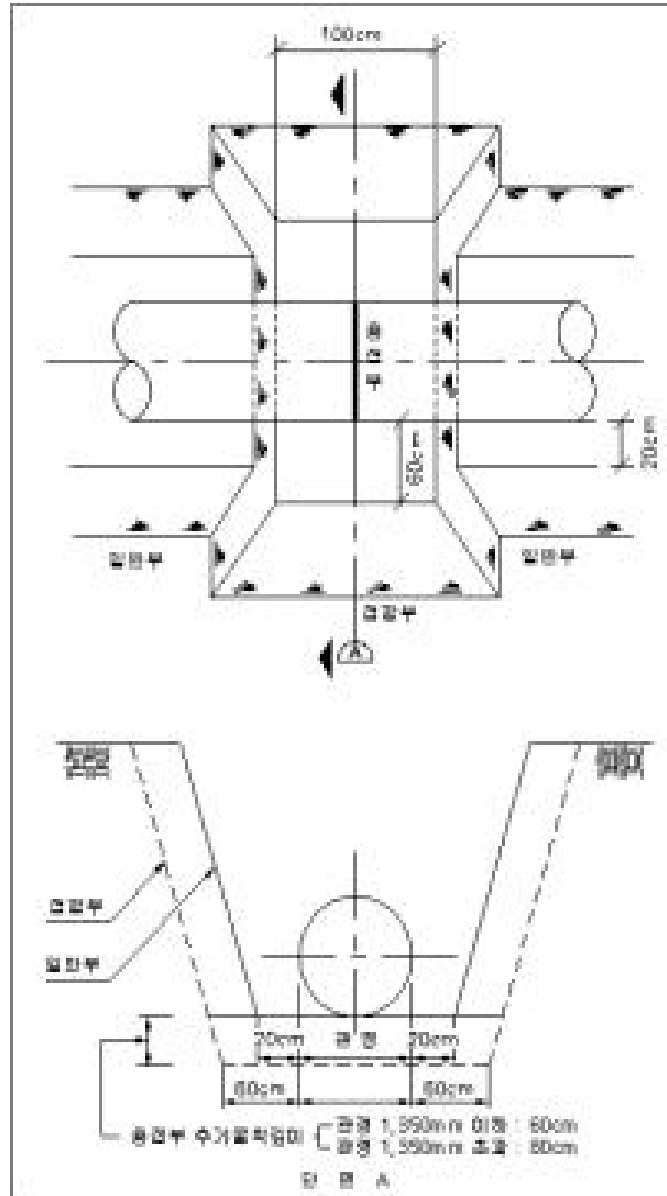
② 원지반의 토질조건이 양호하지 않거나 연약지반 또는 암반층 등의 경우 「4.2.14 관의 기초」에 따라 추가 굴착깊이를 확보하고 관저부 처리를 하여야 한다.

③ 주변 지장물이나 지반조건 등으로 토류벽을 이용한 수직 터파기의 경우 다짐장비 사용을 위한 최소폭의 확보 및 용접 접합부를 고려하여 한쪽여유폭은 (양측토류판 내측선 기준) 60cm를 확보하여야 한다.

2) 관로 접합부

① 용접접합방법의 경우 용접 시방규정에 적합하도록 용접작업에 필요한 최소공간이 확보되어야 한다.

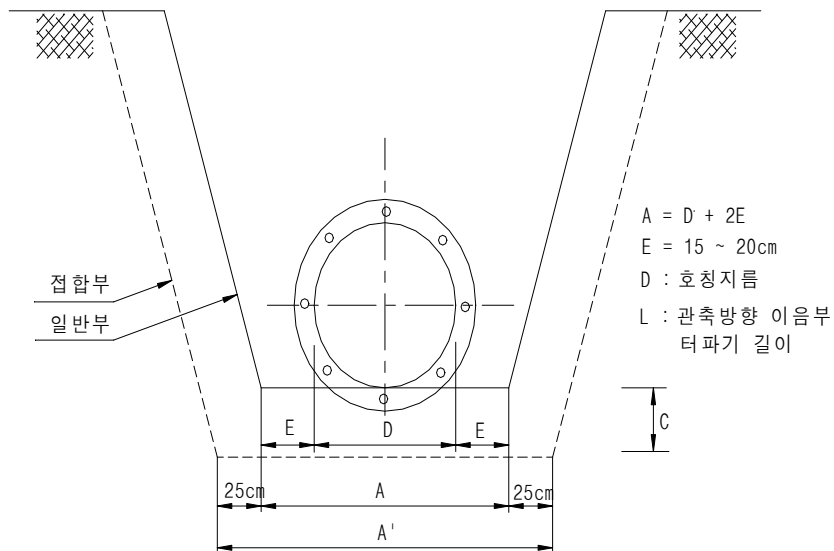
② 터파기 폭은 "관경 + 60cm(한쪽 여유폭) × 2", 관저 추가 굴착깊이는 60cm ~ 80cm, 길이 방향으로 100cm를 기준으로 하며 <그림 4-11>과 같다.



<그림 4-11> 관로의 터파기 표준도

(3) 덕타일주철관 관로의 터파기 폭

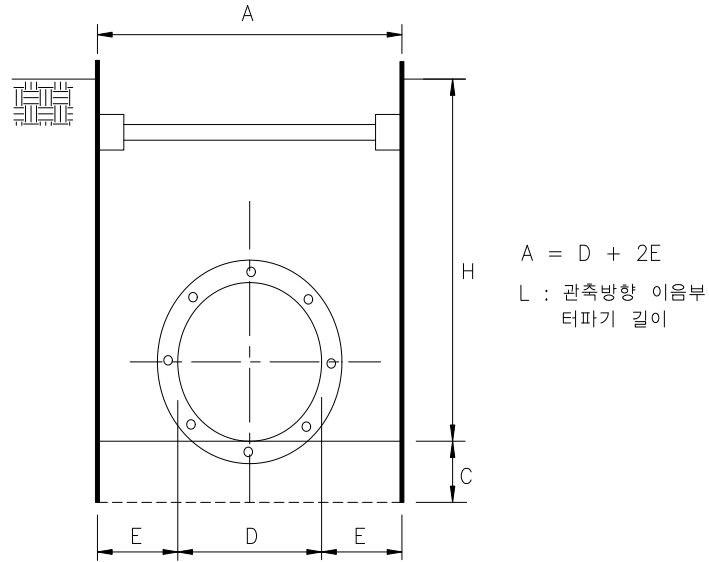
- 1) 제형으로 터파기를 할 경우, 터파기 폭은 <그림 4-12>, <표 4-11>을 기준으로 한다.
- 2) 조립식 흙막이 공법을 사용하여 터파기를 할 경우, 터파기 폭은 <그림 4-13>, <표 4-12>를 기준으로 한다.



<그림 4-12> 제형 터파기의 경우

호칭지름 (mm)	일반부	접 합 부		
	A(cm)	A' (cm)	C(cm)	L(cm)
80	38	88	25	70
100	40	90	"	"
125	45	95	"	80
150	45	95	30	"
200	50	100	"	"
250	55	105	"	"
300	60	110	"	"
350	75	125	40	90
400	80	130	"	"
450	85	135	"	"
500	90	140	"	"
600	100	150	"	"
700	110	160	50	"
800	120	170	"	"
900	130	180	"	100
1,000	140	190	"	"
1,100	150	200	"	"
1,200	160	210	"	"

<표 4-11> 제형 터파기의 경우 터파기 폭



<그림 4-13> 수직 터파기의 경우

호칭지름 (mm)	일반부		접합부	
	A(cm)	E(cm)	C(cm)	L(cm)
80	88	40	25	70
100	90	"	"	"
125	93	"	"	80
150	95	"	30	"
200	100	"	"	"
250	105	"	"	"
300	110	"	"	"
350	135	50	40	90
400	140	"	"	"
450	145	"	"	"
500	150	"	"	"
600	160	"	"	"
700	170	"	50	"
800	180	"	"	"
900	200	55	"	100
1,000	210	"	"	"
1,100	220	"	"	"
1,200	230	"	"	"

<표 4-12> Sheet Pile 또는 조립식 흙막이공법을 사용할 경우 터파기 폭

(4) 유리섬유강화 플라스틱관 관로의 터파기 폭

1) 일반관로부

- ① 제형으로 터파기할 경우, 터파기 폭은 관저면을 기준으로 하여 “관경 + 20cm(한쪽여유폭 × 2)”를 기준으로 한다.
- ② 주변 여건에 따라 토류벽을 이용한 수직터파기를 할 경우 다짐장비 사용을 위한 최소폭을

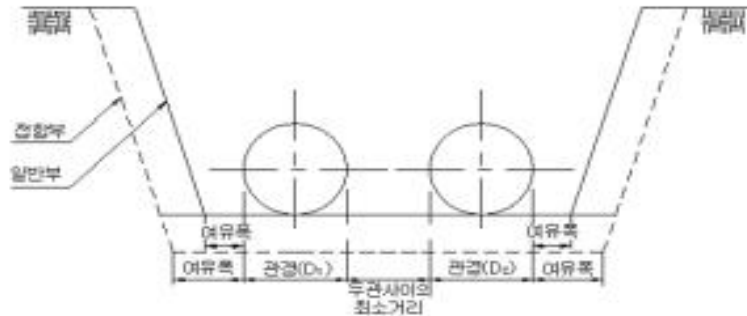
고려하여 한쪽여유폭은 토류관 내측선 기준 60cm를 확보하여야 한다.

2) 관로 접합부

- ① 유리섬유강화 플라스틱관 관로 접합부에 대한 터파기 폭은 (2) 도복장강관 관로의 터파기 폭의 일반관로부의 터파기 폭과 동일하게 적용한다.

3) 복선관로의 터파기 폭

- ① 터파기 폭은 관저면을 기준으로 하여 "두관 사이의 최소거리 + D1(관경) + D2(관경) + 한쪽여유폭×2"를 기준으로 <그림 4-14>와 같다.
- ② 두관 사이의 최소거리는 "접합부의 접합작업을 위한 필요간격"과 "밸브실에서 밸브설치를 위한 두관 사이의 필요간격 또는 관로 유지보수 등을 위한 필요간격" 중에서 가장 큰 두관 사이 거리에 1.2배를 기준으로 한다.
- ③ 한쪽 여유폭과 접합부의 관저 추가굴착깊이는 상기 (2) 도복장강관 관로의 터파기 폭의 ②관로접합부 항을 따른다.



<그림 4-14> 복선관로 터파기 경우

4.2.31 터파기 비탈면의 기울기

- (1) 터파기 비탈면의 기울기는 <표 4-13>을 기준으로 하며 용수·토질상태 등에 따라 조정할 수 있다.

토사, 풍화암	암, 도로부
1 : 0.5	1 : 0.3

※양쪽 터파기 비탈면의 조건이 서로 다른 경우 각각 해당기준을 적용

<표 4-13> 터파기 비탈면의 기울기

- (2) 상기 (1)항의 기준 보다 터파기 비탈면의 기울기를 크게 완화하여 과도한 굴착작업이 필요하거나 주변 지장물로 인하여 소요 기울기를 유지할 수 없을 경우, 경제성 및 안정성을 확보할 수 있는 토류벽 설치 등 굴착비탈면을 보강하여야 하며, 터파기 비탈면의 기울기는 채택한 공법의 필요에 따라 조정할 수 있다.

4.2.32 되메우기

- (1) 트럭하중이 고려되는 도로부 등의 경우

- ① 관상단 30cm까지 관주변은 양질의 모래로 도복장강관 관로의 기초처리와 같은 기준으로 치밀하게 채우되 포설두께는 다짐전 최대 20cm 이하로 하여 최소 95% 다짐도 이상으로

다짐작업을 균등하게 하고, 포설두께, 다짐도, 다짐방법 등은 관의 Haunch부에 공극이 발생하지 않도록 현장여건에 따라 적정하게 별도 선정할 수 있다. 단, Water jet 등 물을 이용한 다짐방법도 사용할 수 있으나, 이 경우 배수, 주변지반의 연약화 등에 대한 대책을 수립하여야 한다.

- ② 관상부 30cm까지 관주변 되메우기(Bedding)가 끝난 후, 계획 관매립고까지의 되메우기는 관두께 결정시 고려한 해당도로의 설계기준에 따라 소요 다짐도를 확보하여야 하며, 그 되메우기 재료는 다음과 같다.

- 1) 다음 물질이 포함되지 않은 재료이어야 한다

화석연료(석탄, 연탄, 기타)의 재, 각종폐기물(폐기물처리법에 규정된), 채소·나무뿌리 등 유기물, 큰암석, 동결된 흙덩어리 등 다짐의 균질성에 지장을 주거나 관로 방식층에 손상, 부식을 촉진시키는 물질

- 2) 별도의 규정이 없을때, 관로 상단 30cm부터 도로포장의 선택층까지는 100mm 크기 이내의 암석 혼입을 허용할 수 있다.

- 3) 되메우기시에는 양측면 높이를 동일하게 하여 다짐을 하여야 한다.

(2) 트럭하중이 없거나 되메우기시 발생하는 침하를 고려할 필요가 없는 경우

- ① 관상단 30cm까지 관주변은 양질의 토사로 도복장강관 관로의 기초처리와 같은 기준으로 치밀하게 채우되 포설두께는 다짐전 최대 20cm 이하로 하여 최소 95% 다짐도 이상으로 다짐작업을 균등하게 하고, 포설두께, 다짐도, 다짐방법 등은 관의 Haunch부에 공극이 발생하지 않도록 현장여건에 따라 적정하게 별도 선정할 수 있다.

- ② 관두께 결정 조건에 부합되면 양질의 토사로 되메우기 한 부위 이상의 부분에 한하여 원지반 굴착토 재료로 이용할 수 있으며 이때 관로에 손상줄 수 있는 혼합물은 포함되지 않아야 한다. 이 경우 관두께 증가에 따른 경제성을 감안하여 결정하여야 하고 또한 상기 불순물은 제거되어야 한다.

- ③ 원지반의 함수비가 과다하여 다짐이 곤란할 경우 관 상단 30cm에서 최종 계획고까지는 원지반 건조밀도의 100%로 되메우기를 하여야 한다.

(3) 관로경고용 테이프

상수도시설기준의 “4.2.16 관로의 표식”를 따른다.

단, 관로경고용 테이프 간격 및 열수 등 아래사항을 포함하여 검토한다.

- 1) 매설관에는 유지관리시 식별이 가능하고 굴착에 따른 관의 파열 등 사고예방의 목적으로 관로경고용 테이프를 설치하여야 한다.
- 2) 상수도 관로경고용 테이프의 간격 및 열수는 <표 4-14>와 같고, K-water의 CI가 연속 인쇄되어야 한다.

관 경	ø2600~ø1500	ø1350~ø800	ø700이하	비 고
간 격(mm)	850~300	750~200	-	
TAPE열수	3	2	1	

<표 4-14> 관로경고용 테이프의 간격 및 열수

4.2.33 상수도용 도복장강관 현장용접부 외부도복장

(1) 적용기준

1) 적용범위

우리공사에서 시행하는 광역상수도 및 공업용수도 시설중 도복장강관 현장용접부 외부도복장 설계에 적용한다.

2) 적용방법

이 기준은 도복장강관 현장용접부 외부도복장 설계의 일반적인 기준을 정한 것으로 현장여건을 감안하여 조정·적용할 수 있다.

(2) 도복장강관 현장용접부 외부도복장

1) 공법개요

도복장강관 현장용접부 외부도복장 설계기준에 적용될 공법의 개요는 다음과 같다.

구 분	테이프 도복장 (프라스틱계, 고무계)	세라믹코팅	비 고
재 료	- 프라이머 (역청재 또는 고무수지형) - 실링제 (역청재 또는 고무수지형) - 테이프 (프라스틱계 또는 고무계)	- 세라믹코팅제 (세라믹분말+금속분말 +폴리머+경화제) - 희석제 - 보강테이프 (Fiber Glass, 수축용섬유)	
시 공	- 강관 표면처리 - 프라이머 도포 - 실링제 주입 - 테이프감기	- 강관 표면처리 - 세라믹도포(60 μ 이상) - 보강테이프 감기 (여건에따라 제외가능)	
검 사	- 핀홀검사	- 도막두께측정 - 핀홀검사(습식)	

2) 설계기준

① 현장용접부 외부도복장 설계기준

신설 광역상수도 및 공업용수도, 그 외 상수도 관로공사 중 현장용접부 외부도복장은 다음기준에 의거 설계한다

구 분	설 계 기 준 (안)	비 고
○ 노출부 (수중, 대기중)	- 세라믹코팅 우선적용 ※ 테이프(프라스틱계 또는 고무계) 도복장 적용가능	- 맨홀, 공동구, 구조물내부 등
○ 매설부	- 테이프(프라스틱계 또는 고무계)도복장 ※ 연약지반 및 지하수가 높은지역등에는 세라믹코팅 적용가능	

② 세라믹코팅 보강테이프 설계기준

도복장강관 공장도복장 끝단 부분의 도막성능유지 및 현장 도복장시공의 품질제고를 위하여 세라믹코팅시 보강테이프 사용을 원칙으로 한다.

4.2.34 분기구계량기 및 TM/TC설비

(1) 분기구 계량기

광역상수도사업에서 분기구에 설치되는 계량기는 효율적인 시설 운영관리를 위하여 설치하며, 수용가와 협의하여 검침용으로 활용시 검침용으로 병용이 가능하도록 다음 기준에 의거 설치해야한다

1) 설치기준 및 형식

계량기는 유량계 설치 및 관리기준 제3장(계량장치 설치)에 의거 현장여건에 적합한 계량기를 설치하여야 하며, 이때 설치되는 계량기는 계량자료의 전송설비 설치가 가능한 형식이어야 한다.

2) 설치시기

수용가의 용수수수 시기를 고려하여 설치하여야 하며, 용수사용시기가 늦거나 수수시설 계획이 확정되지 않은 경우는 운영관리자가 지자체 수수계획에 맞추어 추후 설치할 수 있도록 하여야한다.

(2) 분기 제수밸브

분기 제수밸브는 분기구에 대한 원격제어가 가능토록 전동밸브를 설치토록 하고, 수리상 전체시설에 영향을 미치지 않는 소규경 분기구의 경우는 시설의 규모 및 여건 등을 고려하여 전동화의 필요성을 검토·설치하여야 한다

(3) 분기구 압력계측기

1) 설치위치

분기 제수밸브실 내에 1개소의 압력계를 설치하여 용수공급계통에 이상 유무 등을 판단할 수 있도록 하여야 한다.

2) 형식

압력계측기는 현장에서 판독 가능토록 지시계 부착형(아날로그 또는 디지털방식)으로 출력신호(4~20mA DC, 1~5V)를 전송할 수 있는 기능을 갖도록 하여야 한다

(4) TM/TC 설비

분기구에서의 유량 및 수압의 원격감시와 유량조절을 위한 전동밸브의 원격조절을 위하여 RS232C 통신방식에 의한 데이터 송·수신이 가능한 TM/TC설비를 설치토록 한다

1) 설치위치(국사포함)

분기제수밸브실이 수도전용용지에 설치된 경우는 변실상부에 국사를 설치하여 국사내에 전동밸브 액츄에이터와 TM/TC를 위한 설비를 설치하고, 그렇지 않은 경우는 인근의 적절한 위치에 별도의 수도용지를 확보하여 설치한다

2) 설치시기

- ① 수용가의 용수수수 시기를 고려하여 설치하여야 함.
- ② 용수사용시기가 늦거나 수수시설 계획이 확정되지 않은 경우는 국사시설까지 만 설치하고, 현장에 설치되는 TM/TC 설비는 전체시설과의 연계성 유지등을 위하여 사업시행시 필요설비를 구매·보관하여 운영관리자가 수수시기에 맞추어 추후 설치할 수 있도록 하여야 한다.

4.2.35 강관의 현장자동배관 및 자동용접

(1) 적용기준

1) 적용범위

우리공사에서 시행하는 광역상수도 및 공업용수도, 그 외 상수도 관로공사 중 강관의 현장 자동배관 및 내외부 자동용접 설계에 적용한다.

2) 적용방법

이 기준은 강관의 현장 자동배관 및 내외부 자동용접 설계의 일반적인 기준을 정한 것으로 현장여건을 감안하여 조정·적용할 수 있다.

(2) 현장 자동배관 및 자동용접 설계기준

1) 현장 자동배관 및 내외부 자동용접은 현장여건 및 장비의 특성 등을 고려하여 아래 적용기준을 정한 것으로, 현장 여건을 감안하여 조정·적용할 수 있다.

구 분	적 용 기 준	비 고
관 경	D1,000 ~ 3,000mm	
직관길이	6 ~ 12m	
용접가능구간	· 직선구간 및 수평곡관 22 1/2°이하적용 · 수직곡관의 경우 적용 불가	
용접기 대수	1대 ~ 2대	개소당

2) 수직터파기(가시설등) 구간의 경우는 현장의 시공성 및 공사비의 경제성 등을 감안하여 적용한다.

4.2.36 가설 흙막이 공법 선정

(1) 관로, 밸브실 및 추진기지 등 의 설치를 위한 가설 흙막이구조물 설계시에는 아래 사항을 면밀히 조사, 검토하여 가장 유리한 형식의 공법을 선정한다.

1) 가설 흙막이구조물의 구조적 안정성

2) 지형 및 지반조건

3) 굴착깊이 및 폭

4) 지하수위 및 투수성

5) 인접구조물의 이격거리, 노후화, 중요도

6) 지하매설물 현황

7) 공사시기, 공사기간

8) 민원발생 가능성 및 환경성

9) 교통조건, 장비의 진출입 가능성

10) 공사비

(2) 차수 및 지반보강 등이 별도로 필요한 경우에는 적용목적에 부합하는 보조공법을 선정한다.

4.3 도수거

상수도시설기준의 “4.3 도수거”를 따른다.

단, 도수터널의 설계는 「터널설계기준(국토부, 2007)」을 따르되 「상수도 시설기준(환경부, 2013)」를 준용하여 수로로 이용되는 점을 고려, 누수가 없도록 수밀성에 유의하여야 하므로 ‘비배수형 방수형식 터널’로 설계한다.

4.4 원수조정지

상수도시설기준의 “4.4 원수조정지”를 따른다.

제5장 정수시설

5.1 총설

상수도시설기준의 “5.1 총설”을 따른다.

단, 정수시설에서 정수된 물과 직접 접촉하는 자재와 제품은 수도법에 따른 위생안전기준 인증(KC)을 받은 자재와 제품을 사용하여야 한다.

5.2 착수정

상수도시설기준의 “5.2 착수정”을 따른다.

5.3 응집용 약품주입설비

상수도시설기준의 “5.3 응집용 약품주입설비”를 따른다.

단, 검수설비와 저장설비에 대하여는 기본사항은 상수도시설기준을 준용하되 설계시 아래사항을 포함하여 검토하도록 한다.

5.3.1 검수설비와 저장설비

상수도시설기준의 “5.3.5 검수설비와 저장설비”를 따른다.

(1) 저장탱크는 정수약품(응집제, 알카리제) 1종류 당 2개의 약품 저장탱크를 설치하고, 정수약품 3종류 이상 사용시에는 약품 저장탱크를 최대 4개로 하여 약품을 탄력적으로 선택 운영하여야 한다.

(2) 약품 저장탱크는 평균용량 이상으로 설치하여 운영상의 어려움이 없도록 한다.

약품 저장탱크 평균 용량 산정방법($\text{m}^3/\text{기}$) = 시설용량($\text{m}^3/\text{일}$) $\times$ 평균주입률(kg/m^3) $\times$ 10-3(g/kg) $\times$ A(일) / 비중

여기서, 평균주입률(kg/m^3) : 년평균 주입률(5개년 평균)

A(일) : 수처리제 적정 보유기준

비중 : 사용 수처리제의 비중

5.4 응집지

상수도시설기준의 “5.4 응집지”를 따른다.

5.5 침전지

상수도시설기준의 “5.5 침전지”를 따른다.

5.6 용존공기부상(Dissolved Air Floatation; DAF)

상수도시설기준의 “5.5 용존공기부상”를 따른다.

5.7 급속여과지

상수도시설기준의 “5.7 급속여과지”를 따른다.

5.8 완속여과지

상수도시설기준의 “5.8 완속여과지”를 따른다.

5.9 정수지

상수도시설기준의 “5.9 정수지”를 따른다.

5.10 부식성 개선

상수도시설기준의 “5.10 부식성 개선”을 따른다.

5.11 소독설비

상수도시설기준의 “5.11 소독설비”를 따른다.

5.12 전염소·중간염소처리

상수도시설기준의 “5.12 전염소·중간염소처리”를 따른다.

5.13 폭기설비

상수도시설기준의 “5.13 폭기설비”를 따른다.

5.14 오존처리설비

5.14.1 총칙

상수도시설기준의 “5.14.1 총칙”을 따르며 부위별 사용자재는 다음과 같다.

- (1) 오존용해주관에서부터 오존접촉지 유입관로까지는 고농도의 오존가스가 접하므로 STS316L이상 재질을 사용하며, 용해주관 전단은 일반강관을 적용한다.

- (2) 용해주관 이후 오존접촉조로의 유입관은 용해주관과 동등이하의 관경을 선정하고 적정 구배를 확보할 수 있도록 설치하여 유속저하에 따른 에어포켓 발생을 방지하며 이때의 관 접합은 관정접합으로 설계한다.
- (3) 오존접촉지 이후 잔류오존과 과산화수소에 의한 부식영향 등을 고려하여 오존접촉지 이후 관로, 밸브설비 등은 내구성이 확보될 수 있는 내오존성 재질을 고려하여야 한다.
- (4) 맛냄새 물질 및 미량유해물질 등이 유입되는 비상시에 대비하여 고도산화공정(AOP)의 도입을 고려할 수 있다. 이때 사용되는 산화제(과산화수소 등)의 부식성을 고려하여 관로 및 부속자재를 선정하여야 한다. 단, 원수수질 등을 고려하여 산화제의 투입빈도에 따라 자재선정을 고려할 수 있다.
- (5) 오존 또는 과산화수소 등의 산화제에 UV를 조사하여 OH라디칼을 생성하는 UV AOP공정 도입시 산화제의 주입위치는 UV조사 전단에 위치하도록 한다.

5.14.2 오존처리공정의 배열과 주입률

상수도시설기준의 “5.14.2 오존처리공정의 배열과 주입률”을 따른다.

단, 오존처리공정의 배열과 주입률 산정시에는 상수도시설기준의 “ 8.13.13 오존처리설비”에 제시된 오존주입방식을 참고하되 경제적인 오존주입률 결정과 잔류오존 최소화를 위해 운영관리 경험을 기반으로 제시된 아래사항을 우선적으로 고려한다.

- (1) 후오존의 경우 잔류오존 제어는 유량비례제어 대비 다지점 제어방식이 효율적이므로 우선 검토한다.
- (2) 전오존의 경우 원수특성에 의한 이물질에 의한 계측기 오류발생 가능성 등을 고려하여 유량비례제어방식을 우선 검토한다.

5.14.3 오존발생장치와 주입설비

상수도시설기준의 “5.14.3 오존발생장치와 주입설비” 및 K-water 기계공사 설계지침 (오존주입설비 설계기준)을 따르며, 아래사항을 포함하여 검토한다.

- (1) 오존의 전달 효율은(액체산소를 이용한 인젝터 주입방법 적용시) 최소 97%이상 유지되어야한다. 이때 오존 전달 효율 측정방식은 다음의 식에 의해 결정한다.

$$\text{전달효율(\%)} = \frac{(\text{주입오존량}) - (\text{배출오존량})}{(\text{주입오존량})} \times 100$$

- (2) 오존 용해주관의 경사는(인젝터를 이용하여 오존 가스를 주입할 경우) 오존가스의 역류에 의한 배관, 설비 등의 부식 방지 등을 위해 오존 접촉조 방향으로 3° 이상 높게 배치한다.

- (3) 오존 용해주관의 연장은 유지관리와 오존전달 효율을 고려하되, 아래사항을 고려하여 최소한의 배관연장으로 반영하고 후단부(L3)는 2D이상 되도록 설치한다.

$$L = \text{전단부}(L1) + \text{분사구간}(L2) + \text{후단부}(L3)$$

* L1= 점검구/과수 디퓨저/감시카메라 설치구/드레인 배관/안전울(1.2) 등 고려

< 산정 예>

$$\begin{aligned} L1 &: \text{점검맨홀}(700\text{mm}), \text{과수주입 디퓨저}(340\text{mm}), \text{감시카메라}(300\text{mm}), \text{드레인배관}(280\text{mm}) \\ &= (700 + 340 + 300 + 280) \times 1.2(\text{안전율}) = 1,950 \text{ mm} \end{aligned}$$

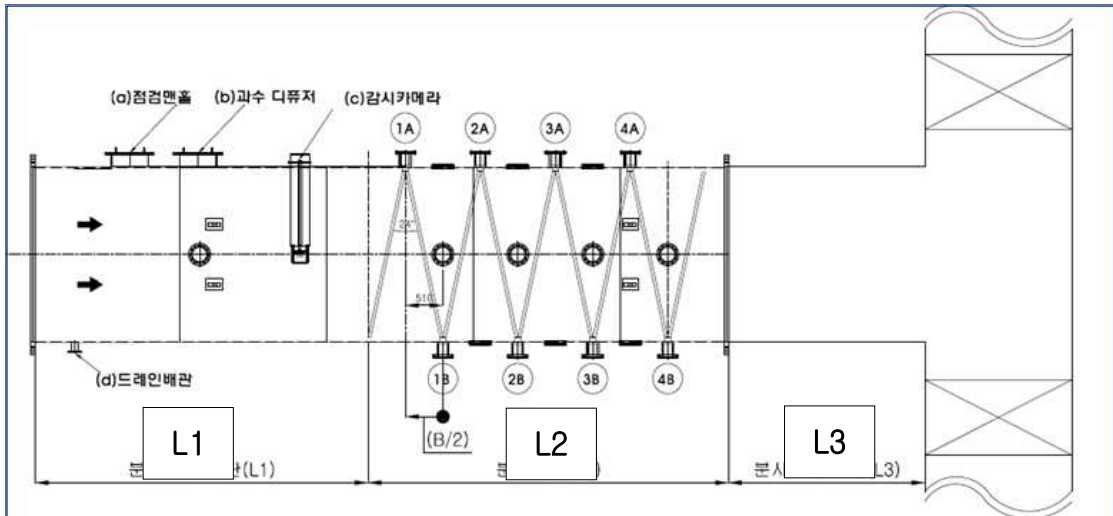
* L2 = 적정 유속, 노즐라인 분사각도, 조명창, 투시창 등 고려

$$L2 = 2(n+1) \times \tan(\theta/2) \times D \times a$$

D : 관경 n : 노즐라인

θ : 노즐분사각도 a : 여유율(1.1)

* L3= 용해주관 관경의 2D 이상



단, 접촉지 설치시는 아래사항을 포함하여 검토한다.

상수도시설기준(2010)의 “5.14.3 오존발생장치와 주입설비 (5) 접촉지”를 따른다.

- (1) 오존 접촉조의 유지관리를 위해 설치하는 출입맨홀(점검구)는 D1,100mm이상(STS 316L이상)으로 설치하고 오존가스에 의한 부식영향을 고려하여 오존가스가 접촉되지 않도록 접촉조 하부 측면에 설치하여 점검을 위한 진출입이 용이토록하며 플랜지 가스켓은 내오존성이 확보되는 재질을 적용한다.

- (2) 유량변동, 오존 주입가스의 풍량 변동에 의해 접촉조 내부 압력이 급격하게 변하여 접촉조 구조물의 안전성에 영향을 미치므로 오존 접촉조 상부에 공기 릴리프밸브(Reilief Valve)를 설치하여 접촉조 내부에 일정 이상의 양압이나 음압이 발생할 경우 밸브를 통하여 접촉조 내부의 압력이 조절되어야 한다.

5.14.4 배오존설비

본 절은 상수도시설기준(2010)의 “5.14.4 배오존설비”를 따른다.

5.14.5 잔류오존 제거

(1) 후오존 공정에서 과산화수소를 이용하여 화학적으로 잔류오존 제거를 위한 퀀칭(quenching) 시설은 별도 저감조(체류시간 5분 이상)를 확보하여 작업환경 및 작업자에 미치는 영향을 최소화 될 수 있도록 고려한다.

(2) 전오존 공정의 경우는 착수정에서의 대기확산 등으로 인해 오존취 방지를 위한 퀀칭설비 도입은 고려대상에서 제외되나 관련 법적기준을 충족할 수 없는 경우에는 설치를 검토하여야 한다.

5.14.6 안전설비 등

본 절은 상수도시설기준(2010)의 “5.14.5 안전설비 등”을 따른다.

단, 오존공정의 효율적 모니터링과 최적의 공정관리를 위해 자동분석장치를 설치하여 운영하여야 한다.

(1) 오존공정의 효율적 모니터링과 최적의 공정관리를 위해 자동분석장치를 설치하여 운영하여야 한다.

〈표-5-1〉 오존공정 자동분석장치

품 명	기 능	설치위치
고농도 오존계측기 (생산오존농도측정)	· 오존발생기에서 생산되는 오존가스 농도 측정용 (오존농도 × 가스량 = 오존 생산량) - 공기식 : 0~50g/N ^{m³} (보통 39g/N ^{m³}) - 산소식 : 0~200g/N ^{m³} (보통 150~170g/N ^{m³})	오존 발생기 유출 배관
용존 오존계측기	· 수중의 용존 오존 측정용 (0~2mg/L) · 전오존의 경우 센서식 설치	접촉조
누출 오존 감지기 (환경 오존 모니터)	· 기계, 배관, 토목 구조물 등에서 오존 누출 시 경보 발생을 위한 안전 장비 (센서식, UV식)	기계실, 기기주변 등
이슬점감지기	· 공급 가스 중의 수분측정용	오존발생기 유입 배관

(2) 액체산소 저장탱크 배치 검토시 차량에 의한 액체산소 보충이 원활하도록 차량 진입로를 설치한다.

5.15 자외선 소독설비

상수도시설기준의 “5.15 자외선 소독설비 등”을 따른다.

5.16 분말활성탄 흡착설비

상수도시설기준의 “5.16 분말활성탄 흡착설비”를 따른다.

5.17 입상활성탄 흡착설비

상수도시설기준의 “5.17 입상활성탄 흡착설비”를 따른다.

5.18 막여과설비

상수도시설기준의 “5.18 막여과설비”를 따른다.

5.19 맛.냄새 제거

상수도시설기준의 “5.19 맛·냄새 제거”를 따른다.

5.20 철.망간 제거설비

상수도시설기준의 “5.20 철·망간 제거설비”를 따른다.

5.21 기타 오염물질 처리

상수도시설기준의 “5.21 기타 오염물질 처리”를 따른다.

5.22 해수담수화시설

상수도시설기준의 “5.22 해수담수화 시설”을 따른다.

5.23 배출수 및 슬러지처리 시설

5.23.1 총칙

상수도시설기준의 “5.23 배출수 및 슬러지처리 시설 등”을 따른다.

5.23.2 케익 반출실

케익반출실은 슬러지 탈수기에서 배출되는 슬러지 케익을 정수장 외부로 반출하기 위한 수집, 보관 시설로 케익 반출작업의 효율성과 시설물 유지관리를 고려하여 다음과 같이 설치하여야 한다.

(1) 케익반출설비 구성요소

- 1) 케익호퍼 : 벨트프레스 탈수기 하부 배출설비로 슬러지 1차 저장 후 컨테이너로 배출
- 2) 케익슈트 : 필터프레스 탈수기 하부 배출설비로 탈수기 하부 개구부 넓이와 암롤박스 용량별 적재 면적사이에 슬러지가 쌓이지 않고 투하될 수 있는 기울기를 갖도록 사다리꼴 형태로 제작함
- 3) 암롤박스 : 슬러지 수집, 보관, 운반을 위한 장비
- 4) 중량계 : 슬러지의 반출량을 측정하기 위한 장치

(2) 케익반출실 출입구 높이

케익반출실의 출입구 높이는 차량의 진출입 및 암롤박스 상·하차 작업의 용이하도록 결

정하여야 하며, 암롤박스 용량별 제원 및 전면작업부지 확보 여부를 고려하여 다음과 같이 산정토록 한다.

용량 (m³)	암롤박스		암롤차량 타이어 높이 (t, 25톤 차량)	인양시 차량 최상단 높이	출입구 최소 높이	
	길이(l)	높이(h)			전면 작업부지 미확보시(전면 길이방향<17m) ^(주1)	전면 작업부지 확보시 (전면길이방향≥17m)
5	2.7	1.1	0.8	4.0	4.5	4.5 ^(주2)
10	3.6	1.5	0.8	4.5	5.0	
15	4.5	1.67	0.8	5.2	5.7	
20	5.8	1.3	0.8	5.8	6.3	
25	5.8	1.8	0.8	6.2	6.5	

* 인양시 차량 최상단 높이는 암롤박스 인양각도 45°를 고려하여 산정

** 출입구 높이는 인양시 차량 최상단 높이에 작업자 숙련도를 고려한 여유고 0.5m반영

(주1) 전면작업부지 길이 17m는 본 절의 (4)항 '폐기물 운반차량 진입로 설치 면적'을 참고

(주2) 도로설계기준 상 시설한계 높이 적용(설계기준 차량, 중대형자동차 높이 4.0m + 작업 여유고 0.5m)

(3) 케익반출실 구조

상층부 슬러지 탈수기에서 지상층에 위치한 슬러지 반출용 암롤박스 투하까지 작업에 소요되는 설비의 배치를 고려하여야 한다,

1) 높이 : 구조물 바닥고에서 중량계, 기초프레임, 암롤박스 높이, 케익호퍼 (케익슈트) 설치 및 여유고 (0.4~0.5m 고무패드설치길이 등)를 고려해야 함.

2) 넓이

① 구조물의 폭은 암롤박스 기초프레임 최외부로부터 벽면돌출부까지 유지관리를 위한 작업공간 (0.6m이상)을 확보 해야함.

② 구조물의 길이방향 후면은 천장에 설치된 cake chute와 배관 등 부속시설물의 설치 계획을 고려하여 시설물 최외부에서 벽면돌출부까지 작업공간 (0.6m이상)을 확보해야 하며 전면은 기초프레임 앞측에서 입구부까지 암롤박스 바퀴이동에 무리가 없도록 완만한 경사 (10°내외)의 철재 받침 설치, 셔터 동작을 위한 여유공간을 고려해야 함.

(4) 폐기물 운반차량 진입로 설치 면적 차량의 진출입 및 암롤박스 상하차 작업이 용이하도록 「도로설계기준」의 차량별 제원을 참고하여 진입도로를 설계함.

1) 차량의 진출입을 위한 최소확보 길이 구조물 전면 17m이상
=자동차길이(13m)+회전시 소요폭(3m)+여유거리(1m)

*도로설계기준설계기준차량별 제원(m)

(국토해양부, 2012)

설계기준 차량	길이	폭	높이	앞내민 길이	축거	뒷내민 길이	최소회전 반지름
중·대형자동차	13	2.5	4.0	2.5	6.5	4.0	12.0

2) 구내도로 접속부

케익반출작업이 용이하도록 완만한 경사의 접속부를 설치하고 시설물 보호를 위해

철재반침 등을 설치토록 함.

5.24 배출수 2차처리시설

“배출수처리시설 운영 및 설계 가이드라인(2011), K-water“을 따른다.

5.25 구내배관과 수로

상수도시설기준의 “5.25 구내배관과 수로”를 따른다.

5.26 관리용 건물

상수도시설기준의 “5.25 관리용 건물”을 따른다.

5.27 유량측정설비

상수도시설기준의 “5.26 유량측정설비”을 따른다.

5.28 수질시험설비

상수도시설기준의 “5.2 수질시험설비”를 따른다.

5.29 보안설비, 동결방지 대책

상수도시설기준의 “5.28 보안설비, 동결방지 대책”을 따른다.

제6장 송수시설

상수도시설기준의 “제6장 송수시설”을 따른다.

단, 송수시설에서 정수된 물과 직접 접촉하는 자재와 제품은 수도법에 따른 위생안전기준 인증(KC)을 받은 자재와 제품을 사용하여야 한다.

제7장 배수시설

상수도시설기준의 “제6장 송수시설” 및 K-water의 “상수도공사 설계지침 제4장 도수시설”을 따른다.

단, 송수시설에서 정수된 물과 직접 접촉하는 자재와 제품은 수도법에 따른 위생안전기준 인증(KC)을 받은 자재와 제품을 사용하여야 한다.

제8장 부대시설

8.1 구조물 방수/방식

8.1.1 관로 밸브실 방수

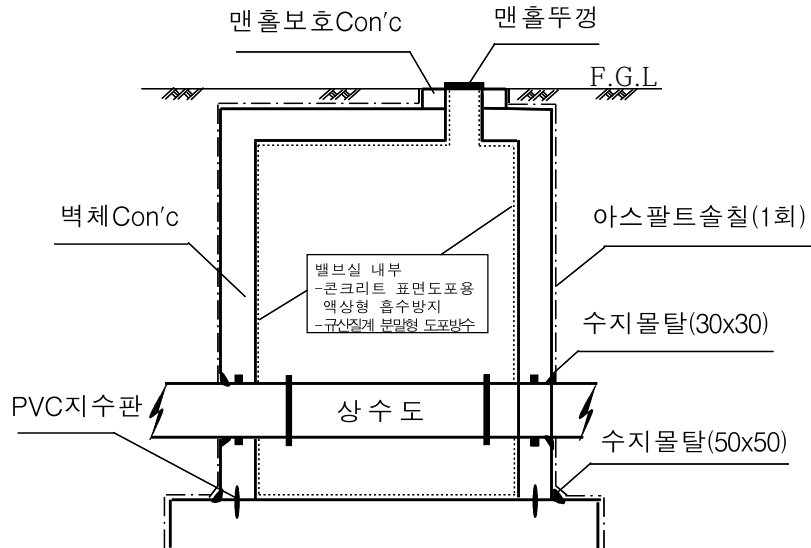
설계중이거나 설계용역이 신규로 발주되는 사업의 경우는 다음 기준에 의거 설계하며, 건설중인 사업은 현장여건을 감안하여 적용 가능한 경우에 한하여 적용한다.

(1) 설계기준

구 분	설계기준		비 고
	공 법	시공순서	
밸브실 내부	○ 콘크리트 표면도포용 액상형 흡수방지	○ 바탕처리 ○ 액상형 흡수방지제 2차도포 이상 (총도포량 0.6kg/m ² 이상)	○ 방수자재 품질기준 · 방수성능 : 내흡수성 0.5 kg/m ² · h ^{0.5} 미만 (BSEN 1062-3-1998) · 부착성능 등 기타사항은 ① 콘크리트 표면도포용 액상형 흡수방지는 KS F 4930 ② 규산질계 분말형 도포방수는 KS F 4918을 따르며 ③ 또한 전문시방서 관련조항에 명 시된 기준 및 해당규격에 따른 다
	○ 규산질계 분말형 도포방수	○ 바탕처리 ○ 규산질계 분말형 도포방수재 2차도포 이상 (전체두께 2mm이상)	
밸브실 외부	○ 기초와 벽체콘크리트 시공이음부 직각부 에 수지몰탈 충전(30×30) ○ 아스팔트 바름(솔칠1회)시행		표준단면도 참조
구체배관 주위	○ 콘크리트 타설시 관 주위에 v형 홈(30×30) 형성 후 수지몰탈 등으로 충전		“

※ 밸브실 방수공사에 대한 일반적인 기준을 정한 것으로 현장여건을 감안하여 조정·적용할 수 있다.

(2) 방수공사 시행 표준단면도



(3) 방수공사 시행시기

1) 밸브실 방수

방수공사 시행시기는 모체 콘크리트의 건조수축 및 부등침하 등에 의한 균열발생이 대부분 완료 예상되는 시기로서, 콘크리트 타설일로부터 약2개월이 경과된 후에 시행함을 원칙으로 하고, 적어도 설계강도가 발생하는 재령 28일 이후 시공하는 것으로 한다.

2) 밸브실 외부

거푸집 해체후 거푸집 간결재(FORM-TIE, FLAT-TIE 등 철재류)를 제거하고, 콘크리트 타설불량부 및 요철부 등을 정리한 후, 현장여건에 따라 적정시기에 시공이음부 수지몰탈 충전(50×50)과 외부벽면 아스팔트 바름을 시행한다.

3) 구체배관 주위

벽체 콘크리트 거푸집 조립시 관 주위를 따라 30×30mm의 v형 홈이 형성되도록 조치한 후 콘크리트 타설하고, 내부방수 시행전 v형 홈 부위에 수지몰탈 등으로 충전한다.

8.1.2 정수장 수처리구조물 방수/방식

(1) 적용기준

1) 적용범위

우리공사에서 시행하는 광역상수도 및 농업용수도 시설중 정수장구조물 내부방수공사 설계에 적용한다.

2) 적용방법

- ① 이 기준은 유지보수 설계시 또는 해당정수장의 수처리형식 및 약품투입등 특수한 조건에 따라 조정·적용할 수 있다.
- ② 이 기준에 포함되어 있지 않은 신기술 및 신공법등은 이 기준에도 불구하고 관련 규정에 의거 기술검토를 거쳐 적용할 수 있다.

(2) 정수장 수처리구조물 방수/방식

제1편 K-water 상수도공사

1) 공법개요

정수장 수처리 구조물 방수/방식 설계기준에 적용될 공법개요는 다음과 같다.

계열	에폭시		폴리우레탄	
공법	콘크리트용 에폭시수지계 방수/방식, 에폭시수지계 금속혼합물 방수/방식	세라믹 메탈 함유 수지계 방수/방식	폴리우레아수지 도막방수	폴리우레탄계 금속혼합물 방수/방식
재 료	○ 무용제계 에폭시수지 ○ 수계 에폭시수지 ○ 금속혼합물	○ 무용제계 세라믹 메탈계수지 ○ 수계 세라믹메탈계수지	○ 이소시아네이트 프리폴리머	○ 이소시아네이트 프리폴리머 ○ 금속혼합물
시공 방법	○ 바탕처리 ○ 바탕조정(1mm) ○ 방수/방식시공 ① 프라이머 도포 ② 에폭시 방수재 3차 도포 이상 (0.5mm이상) - 하도 0.2mm (200 μ m) - 중도 0.2mm (200 μ m) - 상도 0.1mm (100 μ m)	○ 바탕처리 ○ 바탕조정(1mm) ○ 방수/방식시공 ① 프라이머 도포 ② 세라믹메탈계 방수재 3차도포 이상 (0.4mm이상) - 하도 0.1mm (100 μ m) - 중도 0.15mm (150 μ m) - 상도 0.15mm (150 μ m)	○ 바탕처리 ○ 바탕조정(1mm) ○ 방수/방식시공 ① 프라이머 도포 ② 폴리우레아수지 방수재 3차도포 이상 (2mm이상) - 하도 0.7mm (700 μ m) - 중도 0.7mm (700 μ m) - 상도 0.6mm (600 μ m)	○ 바탕처리 ○ 바탕조정(1mm) ○ 방수/방식시공 ① 프라이머 도포 ② 금속혼합물 3차도포 이상 (0.43mm이상) - 하도 0.2mm (200 μ m) - 중도 0.2mm (200 μ m) - 상도 0.03mm (30 μ m)

※ 콘크리트 표면도포용 액상형 흡수방지 및 규산질계 분말형 도포방수 공법개요는 (8.1.1 관로 밸브실 방수)에 따른다.

2) 방수/방식 설계기준

정수장 수처리 구조물별 방수/방식 설계기준은 다음과 같다.

구 분	설 계 기 준	비 고
· 착수정	○ 에폭시계열 방수/방식 ○ 폴리우레탄계열 방수/방식	○ 방수자재 품질기준 - 방수성능 : 내흡수성 0.5 kg/m ² ·h ^{0.5} 미만 (BSEN 1062-3-1998) - 방식성능(C) : 2000 미만 (KS F 2711) - 부착성능 등 기타사항은 ① 콘크리트용 에폭시수지계 방수/방식은 KS F 4921 ② 세라믹 메탈 함유 수지계 방수/방식은 KS F 4929 ③ 폴리우레아수지 도막방수는 KS F 4922 ④ 금속혼합물 방수/방식은 KS F 4936을 따르며 ⑤ 또한 전문시방서 관련조항에 명시된 기준 및 해당규격에 따른다 ※ 모든 제품은 용출시험 등을 거쳐 먹는물 수질시험 항목에 부합되어야 하며, 해당 공종 착수전 공인기 관에서 발급하는 먹는물 수질기준 시험성적서(자료 제출일로부터 2년 이내의 성적서만 유효)를 제출하 여야 한다. ※ 정수시설 방수/방식은 「수도용 자재와 제품의 위생 안전기준 등에 관한 규칙」 제2조에 따라 위생안전 기준(KC인증)을 득한 제품을 사용하여야 한다. ※ 공사후 통수전 “정수장 방수방식 운영관리 기준”에 따라 공사면 세척수에 대하여 수질검사를 실시하고, 그 기준에 적합한 경우에 한해 통수한다.
· 혼화지		
· 응집침전지		
· 여과지		
· 정수지		
· 배출수지		
· 농축조		
· 지하구조물	○ 콘크리트 표면도포용	○ 물이 저장되지 않는곳 내부

및 관랑실	액상형 흡수방지 ○ 규산질계 분말형 도포방수	○ 방수자재 품질기준 - 방수성능 : 내흡수성 $0.5 \text{ kg/m}^2 \cdot \text{h}^{0.5}$ 미만 (BSEN 1062-3-1998) - 부착성능 등 기타사항은 ① 콘크리트 표면도포용 액상형 흡수방지는 KS F 4930 ② 규산질계 분말형 도포방수는 KS F 4918 을 따르며 ③ 또한 전문시방서 관련조항에 명시된 기준 및 해당규격에 따른다
-------	-----------------------------	---

- ※ 침전지, 배출수지, 농축조 바닥 등 기계설비가 부착되어 방식표면이 손상될 우려가 있는 부위 또는 여과지 바닥 등 타재료와의 부착성을 고려하여야 하는 부위에는 콘크리트 표면도포용 액상형 흡수방지 공법 적용가능
- ※ 각 공법중 현장여건 및 경제성 등을 감안하여 적용가능
- ※ 취수장, 가압장, 배수지 등의 구조물은 정수장 구조물 방수/방식 설계기준을 감안하여 현장여건에 맞게 적용가능하며, 배수지 방수/방식은 KC인증을 득한 제품을 사용하여야 함.

8.2 공동구

8.2.1 적용기준

(1) 적용범위

우리공사에서 시행하는 상·하수도 시설 등 공동구 설계에 적용한다.

(2) 적용방법

- 1) 이 기준은 시설물 배치, 수용 대상시설 등의 특수한 환경 조건에 따라 조정하여 적용할 수 있다.
- 2) 신기술, 신공법 등은 이 기준에도 불구하고 기술검토를 거쳐 적용 가능하다.

8.2.2 공동구 설계기준

(1) 일반기준

- 1) 공동구내 수용 대상시설의 종류, 수량 등을 감안하여 시설물의 원활한 유지관리와 향후 개·대체 및 확장 등이 용이하도록 공동구 설치계획을 수립하여야 한다.
- 2) 공동구는 시설물 배치계획에 따라 각 시설물간 최소 유지관리 동선이 유지되도록 설계하여야 한다.
- 3) 공동구 수용시설 외 구내 우수배관 등 타 시설은 공동구 설치와 연계 검토하여 매설깊이가 최소화되도록 설계하여야 한다.
- 4) 공동구부터 개별수배전반, 패널, 건물 등으로 전기, 계측제어용 배관 또는 케이블을 포설하여야 할 경우 및 비교적 간단한 배관만 수용할 경우 현장여건을 고려하여 배관용 케이블 Duct설치를 검토하여야 한다.
- 5) 공동구내 전력케이블 등에 의한 화재발생에 대비해 화재를 자동탐지할 수 있는 감지선형 감지설비 등을 갖추고 수신반에서 화재 를 감지할 수 있도록 계획하여야 한다.(소방법 시행령 제27조).

(2) 구조물 설계기준

- 1) 구조물 규격은 시설용량, 공동구내 수용 대상시설과 아래 제반사항을 고려하여 단면을 결정하여야 한다.
 - ① 배관설치 및 유지관리에 소요되는 공간
 - ② 토목 구조물상 기 설치된 규격
 - ③ 기기 반·출입을 위한 개구부, 유지관리용 계단, 환기시설 등
- 2) 공동구의 내공산정은 아래 내공 규격표와 단면도를 기준으로 하되 현장여건 및 수용 대상시설에 따라 조정할 수 있다.

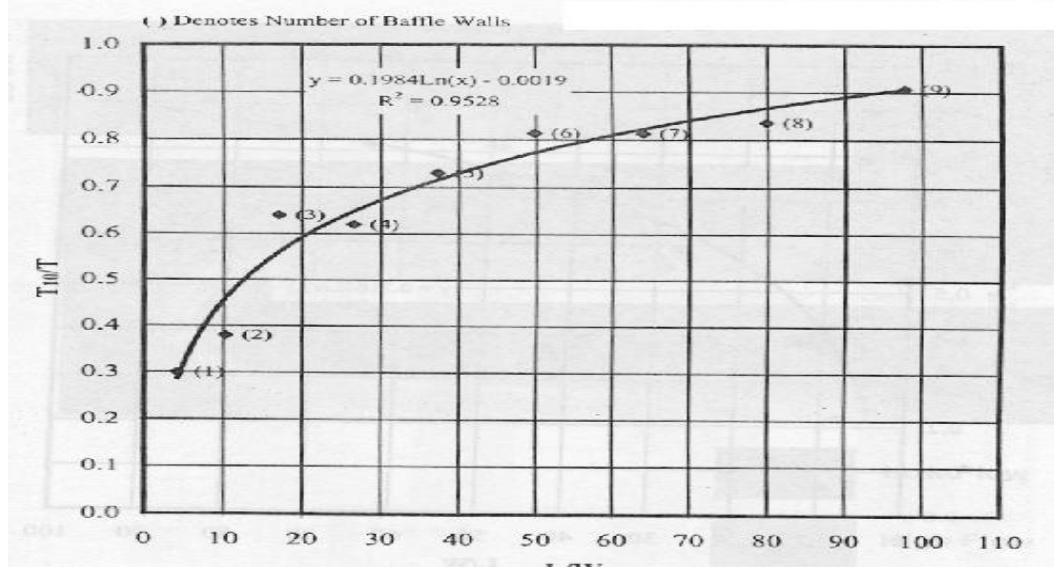
8.2.3 부대시설 설계기준

구 분		설 계 기 준	비 고
배 관		- 상수도관 받침대의 간격은 1.5~3.0m를 기준으로 환경에 따라 결정 - Bending Bolt 등을 하여 관의 움직임을 방지 - 공동구내 수용되는 주요 부속설비(각 설비의 주밸브 등)는 가능한한 노상에서 조작할 수 있도록 설계	
전력케이블		- 접지설비는 통신케이블의 접지설비 위치와 가능한한 이격시켜 통신장애 방지(최소 200mm 유지) - 케이블 트레이 수직지지대 설치간격은 1.0~1.5m를 기준으로 하되 케이블 용량에 따라 결정 - 케이블트레이는 부식 등이 발생치 않은 경량 재질일것.	
통신케이블		- 케이블트레이 수평길이는 0.1~0.5m 기준 설치 - 케이블트레이 수직간격은 일반적으로 0.2m 적용 - 공동구 바닥과 최하단 케이블의 거리는 최소 0.25m 유지	
조명설비	조도기준	40럭스	
	조명기구	- 광 원 : 형광등 또는 전구식 형광등 - 기구형태 : 방습, 방수 및 내부식성이 강한 제품을 사용	
	전열설비	50m마다 설치 ※ 간이공동구 20~30m, 지하철터널 20m, 일본 100m	
	비상조명	бат데리가 내장된 형광등을 일반형광등 3~4개 설치마다 1개 단위로 설치	
배수설비		- 공동구 양쪽에 최소 W150 x H100mm로 배수로를 설치하고 일정 간격으로 집수정 설치 - 집수정에는 배수펌프를 설치하고 배수된 물은 빗물받이 또는 U형측구 등으로 유도하고 배출수 및 약품배관을 포함하는 경우에는 누수에 대비하여 배출수처리시설의 조정조로 배관설치를 검토	
환기설비		- 공동구 내, 외부 온도차에 의한 결로현상 방지를 위해 환기가 될 수 있도록 한다. - 환기는 자연환기를 원칙으로 하되, 자연환기가 어려울 경우 강제환기를 병행하여 실시하고 환기 소요시간은 30분 이하가 되도록 설치	

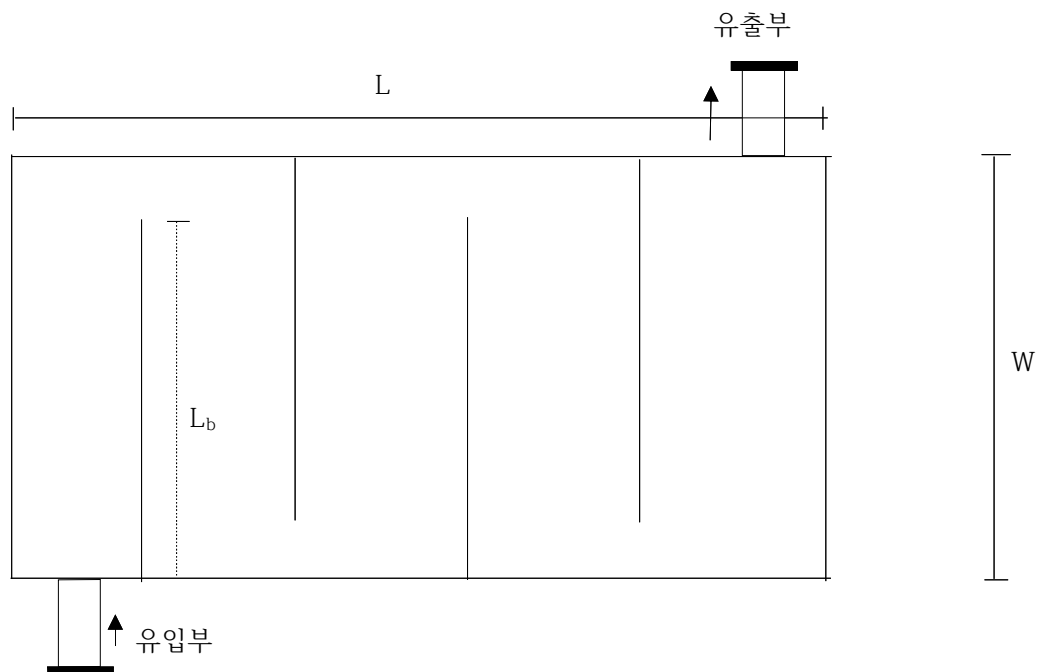
8.3. 도류벽설치

8.3.1 도류벽 규격 산정

- (1) Bishop(1993)등은 추적자 실험을 통하여 정수지내에 도류벽을 설치하여 조내에 수리학적 효율 개선 가능성 과 T_{10} 의 개선 가능성 평가를 실시하였는데 $L : W$ 비는 대략 20:1의 비에서 가장 효율적인 $T_{10}/T = 0.61$ 을 나타내고 이상의 비에서는 설치비용에 비해 효과가 크게 증가하지 않는다고 발표 함.



<그림 8-2> L_1/W_1 비에 따른 T_{10}/T (Baffling factor) 변화



(2) 도류벽 소요갯수 계산 (도류벽의 길이를 정수지 폭으로 가정)

$$\textcircled{1} \text{ 최적 } L_1/W_1 \text{ 비} = 20 : 1 = W(n+1) + \frac{L \times n}{(n+1)} : \frac{L}{n+1}$$

$$\textcircled{2} W(n+1)^2 + L \times n - 20 = 0$$

$$\textcircled{3} Wn^2 + (2W+L)n + (W-20L) = 0$$

$$\textcircled{4} \therefore n = \frac{-(2W+L) \pm \sqrt{(2W+L)^2 - 4W(W-20L)}}{2W}$$

 L_1 : 도류벽이 설치되어 있을 때의 실질적인 물 흐름 길이(m) W_1 : 도류벽이 설치되어 있을 때의 실질적인 물 흐름 폭(m) L : 정수지 길이(m) W : 정수지 폭(m) n : 도류벽 개수 L_b : 도류벽 길이(m)

도류벽 갯수 산출식	도류벽수(n) = $\frac{-(2W+L) \pm \sqrt{(2W+L)^2 - 4W(W-20L)}}{2W}$
---------------	--

(3) 도류벽 길이(L_b) 결정

$$L_1: W_1 = 20:1 = (L_b + \frac{(W-L_b)}{2}) \times 2 + L_b \times (n-1) + \frac{L}{(n+1)} \times n : \frac{L}{n+1}$$

$$\text{따라서 } \therefore L_b = \frac{\frac{(20L - L \times n)}{(n+1)} - W}{n}$$

도류벽 길이 산출식	도류벽길이(L_b) = $\frac{\frac{(20L - L \times n)}{(n+1)} - W}{n}$
------------	---

8.3.2. 도류벽 갯수 및 길이 산출 예

폭이 50m이고 길이가 110m인 정수지에 소독능 향상을 위하여 도류벽을 설치할 경우 적정한 도류벽의 갯수 및 길이는?

(1) 도류벽 갯수 결정

$$\therefore n = \frac{-(2 \times 50 + 110) \pm \sqrt{(2 \times 50 + 110)^2 - 4 \times 50(50 - 20 \times 110)}}{2 \times 50} = 4.82$$

따라서 소요 도류벽 수 : 5개

(2) 도류벽 길이 결정

$$\therefore L_b = \frac{\frac{(20 \times 110 - 110 \times 5)}{(5+1)} - 50}{5} = 45m$$

8.3.3 최적 소독능(CT) 결정을 위한 도류벽 설계

최적CT값을 위한 도류벽계수를 0.7이상 되게 설계하려면 장폭비를 1:20 이상으로 하고 아래 그림과 같이 유입 및 유출측에 오리피스형 Baffle을 추가한다

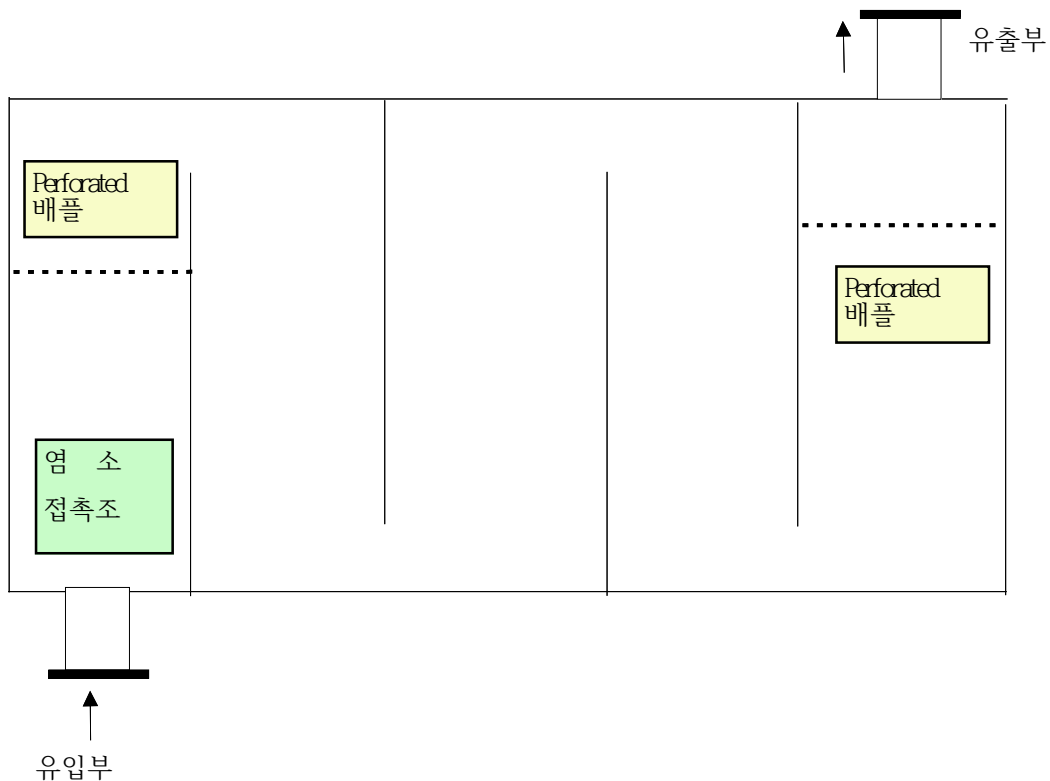
도류벽	계수	비 고
없음	0.1	도류벽 ^{주1)} 이 없고/ 교반이 되는 완전혼합조/ 유입 · 유출속도가 빠르고/ 폭에 비해 길이가 매우 짧음.
불량	0.3	유입 혹은 유출측에 저류벽이 있거나/혹은 여러 개의 유입과, 유출구를 가지고/내부도류벽이 없는경우
보통	0.5	유입 혹은 유출구에 저류벽 ^{주2)} 이 있으며 내부에도 수개 도류벽이 있는 접촉조
양호	0.7	유입에 유공 정류벽 ^{주3)} 이 있으며/ 내부에도 도류벽이나 유공정류벽이 있으며/ 유출위어 또는 오리피스형 유출위어를 가진 접촉조
완전	1.0	파이프라인 흐름형태로 폭에 비해 길이가 매우 긴 경우/ 유입 · 유출부에 유공 정류벽이 설치되어 있는 경우

주1) 도류벽 : 물을 정체시키지 않고 흐름을 일정하게 유도하는 시설.

주2) 정류벽 : 물의 흐름이 층류(Laminar)를 형성할 수 있도록 만들어진 유공벽.

주3) 저류벽 : 유입, 유출부 등에 물 흐름의 에너지를 분산시킬 목적으로 설치하는 시설.

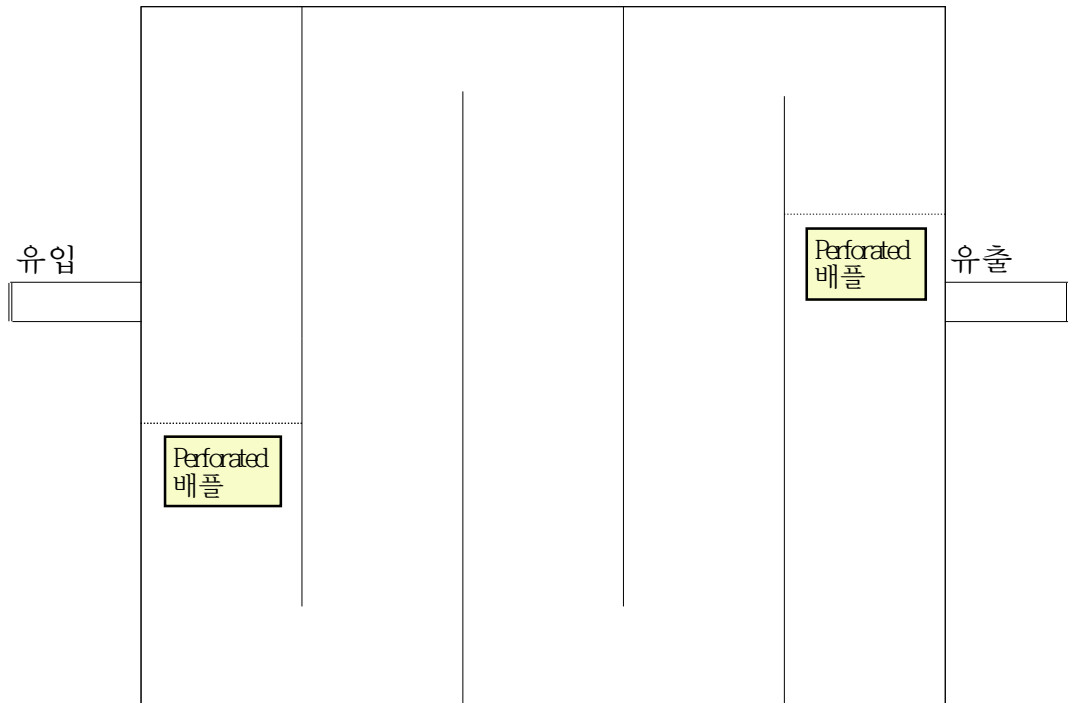
표1. USEPA 도류벽 계수



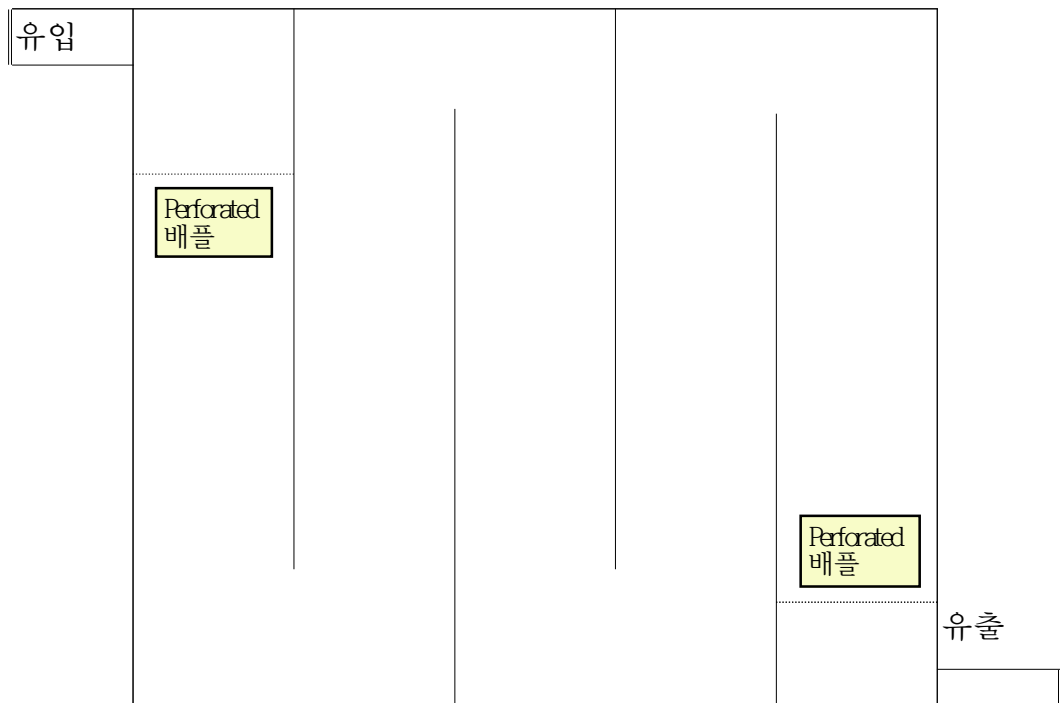
<그림8-3> 도류벽 및 유입 배플설치 예(최적 모형)

8.3.4. 정수지 유형별 최적 도류벽 설치도안

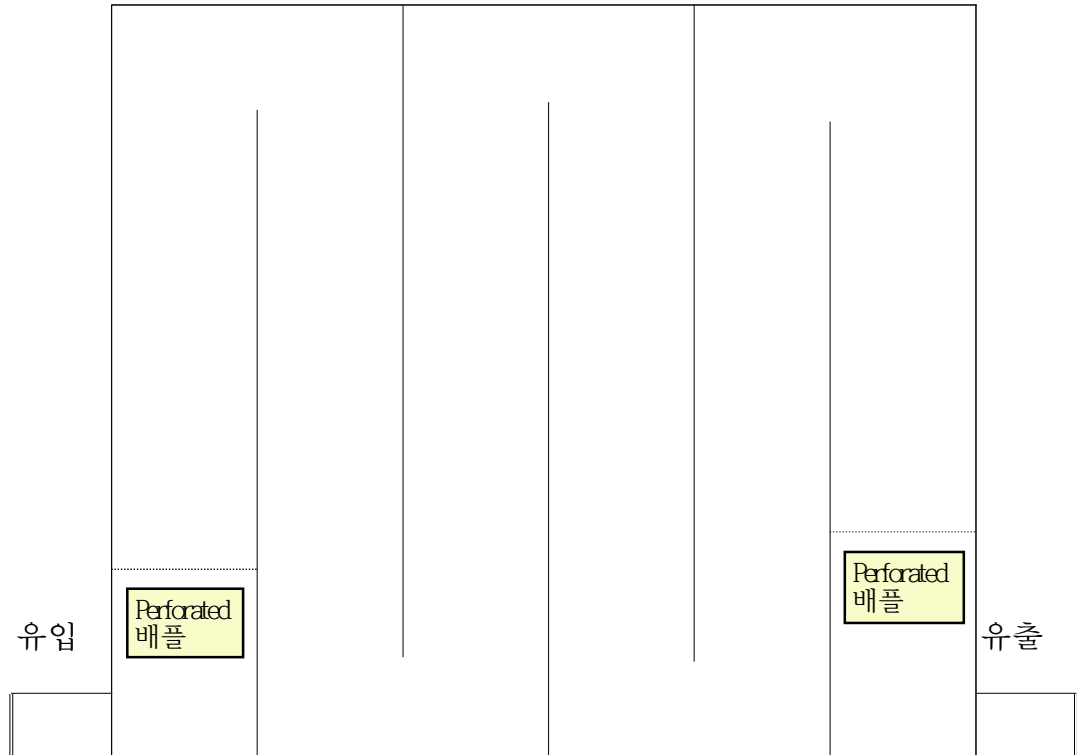
(1) 유형 1 (정수지 유입, 유출 라인이 정수지 중앙에 위치→사천, 와부3,4 등)



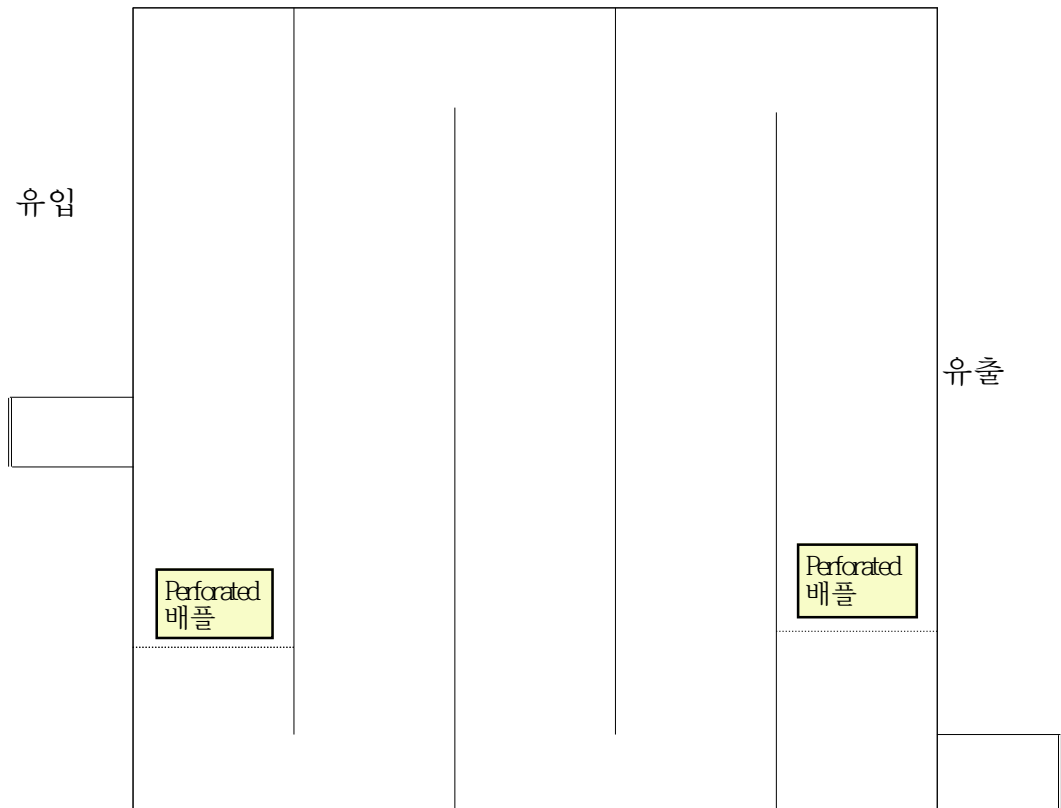
(2) 유형 2 (정수지 유입, 유출라인이 대각상에 위치→화순,보령,밀양,덕소,산성,고산 등)



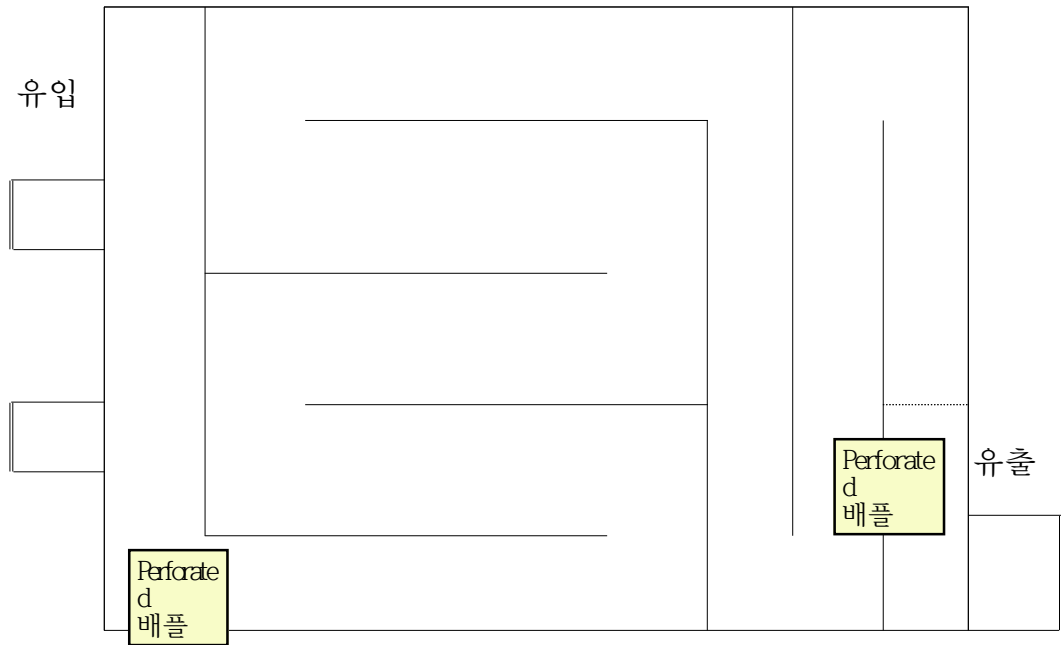
(3) 유형 3 (정수지 유입, 유출라인이 상·하단 평형 →청주,일산,부안,시흥,수지,포항,밀양 등)



(4) 유형 4 (정수지 유입, 유출라인이 중앙·하단 위치→항지,동화,충주)



(5) 유형 5 (정수지 유입 2라인, 유출라인이 아래→성남)



8.3.5. 도류벽 설치시 유의 사항

- (1) 도류벽 갯수가 정수지 및 배수지 유출부에 단회로 흐름(Short Circuited Flow)을 유발하는 경우는 물의 흐름을 원활하게 유도하기 위하여 도류벽 갯수를 조정할 수 있다.
- (2) 정수지 및 배수지 도류벽 설치시 유입·유출 지점에 유공 정류벽(Perforated Baffle) 설치를 권장하며, 설치 기준은 상수도시설기준상의 착수정 정류벽 설치 기준에 따른다.
- (3) 신규 정수장에는 도류벽 설치기준 원안을 그대로 적용하되, 운영중인 정수장에는 정수지내의 구조를 고려하여 장폭비 20:1 이상에서 도류벽 설치 및 갯수를 조정할 수 있다.

8.3.6. 도류벽 설치에 따른 소독능 효율 검증

효율검증을 위하여 도류벽 설치 전·후에 추적자 시험을 실시하고 그 결과를 도류벽 설치 현황(설치형식, 갯수, 재질, 평면도 등)과 함께 본사 보고.

8.4. 정수장 수처리구조물 주변 마감

8.4.1 적용기준

- (1) 적용범위
우리공사에서 시행하는 광역상수도 및 공업용수도시설의 정수장 수처리구조물주변 마감공법 설계에 적용한다.
- (2) 적용방법
 - 1) 이 기준은 정수장의 주변경관과의 조화등 환경조건에 따라 조정하여 적용할 수 있다.
 - 2) 신기술 및 신공법등은 이 기준에도 불구하고 기술검토를 거쳐 적용 가능하다.

8.4.2 정수장 수처리구조물 주변 마감기준

- (1) 수처리구조물 주변부 및 진입로는 시설물의 원활한 유지관리와 수처리 기능에 장애를 유발하지 않는 공법으로 시행하여야 한다.

구분	적용기준	비고
- 대상시설	- 비복개형 토목구조물	
- 자재선정	- 포장(블럭등)으로 시행하되, 현장여건을 고려하여 자재 선정	
- 마감색상	- 정수장의 자연환경과 조화를 이룰수 있는 색상으로 선정	

- (2) 구조물 주변 및 진입로의 폭원은 유지보수용 장비의 진,출입이 가능한 최소폭 이상으로 하되, 현장여건에 따라 가감 할 수 있다.

8.5. 수도용지 확보 및 유지관리용도로 축조

8.5.1 일반사항

- (1) 유지관리용 도로는 원활한 시설물의 유지관리를 위해 차량 및 장비의 통행에 지장이 없는 수준으로 조성하여야 한다.
- (2) 수도용지폭은 관로매설을 위한 터파기 상단폭과 유지관리용 도로축조에 필요한 폭 중 터파기 폭을 기준으로 한다.
- (3) 도심지 및 도심지 인근지역 등 장래 관로교체 부지확보 등이 곤란한 경우에는 교체부지를 확보하여 조성 할 수 있다.

8.5.2 수도용지 유지관리용 도로의 구조 및 용지폭 산정

관로 주변지역의 도로상황, 기존도로의 확장계획, 토지의 이용변경 등을 최대한 반영하여 수도용지 유지관리용 도로를 계획하여야 하며, 유지관리용 차량의 진행이 원활하고 장비의 이동공간이 확보될 수 있는 구조로 계획하여야 하며, 일반적인 수도용지 유지관리용 도로는 다음과 같다.

- (1) 유지관리용 도로의 구조 및 용지폭

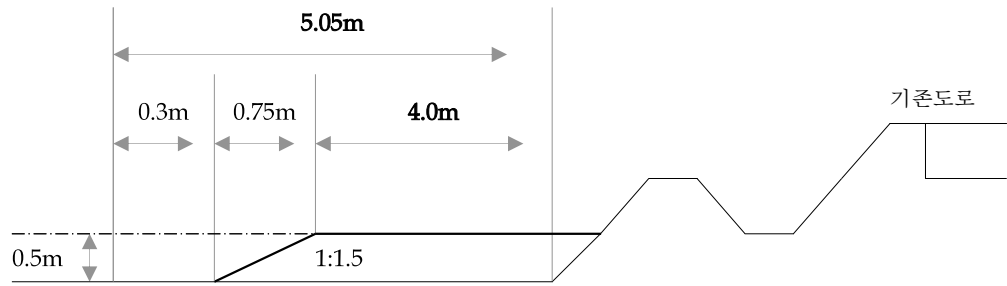
1) 도로의 구조

- ① 차량, 장비의 이동공간 확보 등을 고려하여 도로폭 4.0m, 높이 0.5m를 기준으로 하되 용지경계시설, 배수시설 및 토공유용계획 등을 고려하여 조정·적용할 수 있다.
- ② 유지관리용 도로 등의 시설물 보호를 위해 0.3m의 여유폭을 두어야 한다.

2) 용지폭 산정

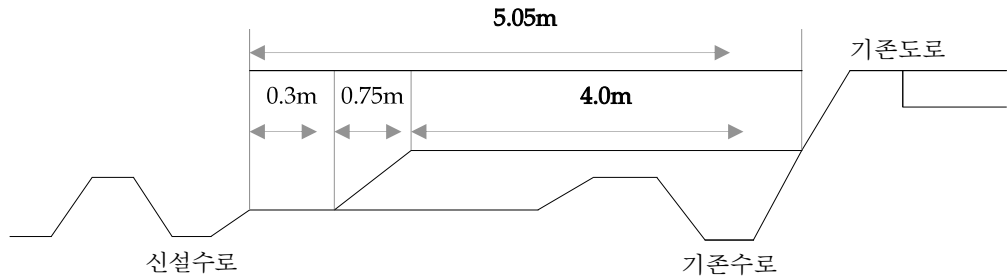
① 접도구간

- (가) 기존측구 존치구간



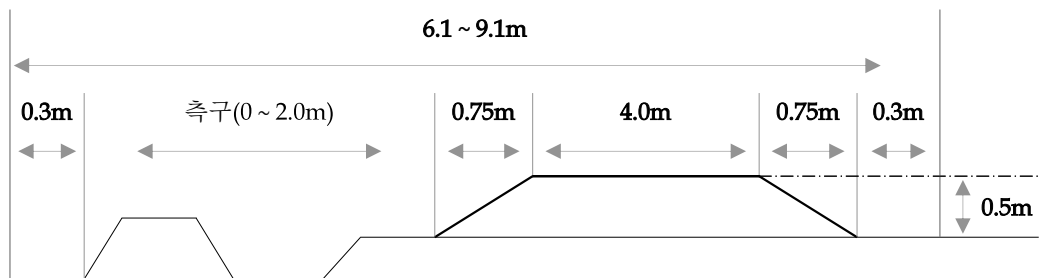
<그림 8-3> 기존측구 존치구간의 유지관리를 도로 축조단면

(나) 측구 신설구간



<그림 8-4> 측구 신설구간의 유지관리를 도로 축조단면

② 전답 및 임야구간



※ 측구는 주변여건에 따라 설치 폭을 탄력적으로 적용

<그림 8-5> 전답 및 임야구간의 유지관리를 도로 축조단면

3) 적용 용지폭

구 분	접도구간	전답 및 임야구간
수도용지폭	5.0m	6.0m

<표 8-1> 접도, 전답 및 임야구간 적용 용지폭

(2)단열 매설구간의 용지폭

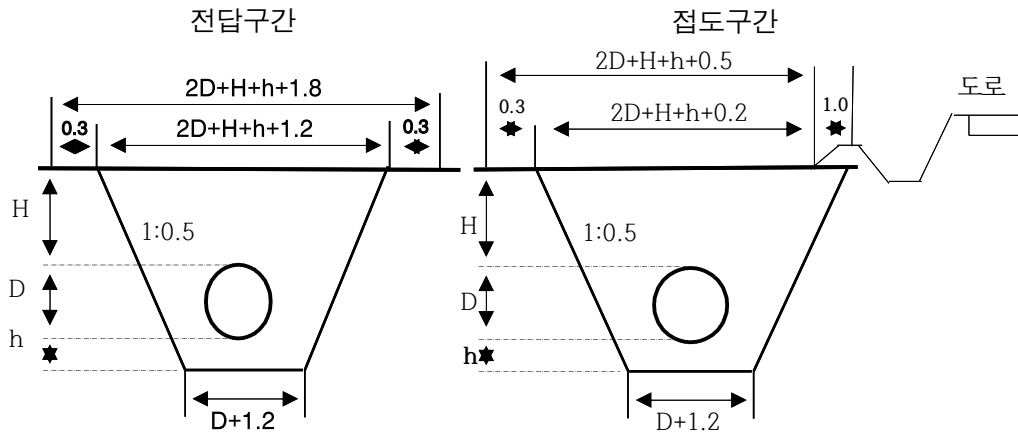
1) 기본설계사항

관경(D)	토피고(H, m)	한쪽여유폭(m)	추가굴착깊이(h, m)
1,350mm 이하	1.5	0.6	0.6
1,350mm 이상	D	0.6	0.8

<표 8-2> 단열매설구간의 기본설계사항

주) 토피고(H)는 유지관리용 도로의 성토고(0.5m)가 포함된 수치이며 용지폭 산정을 위한 가정값을 의미함

2) 용지폭 산정 : $2D + H + h + 1.8$



<그림 8-6> 단일매설구간의 수도용지폭 결정단면

3) 관경별 적용 용지폭

관경(mm)	600	800	1,000	1,500	2,000	2,600
구분						
전답구간	4.5m	5.0m	5.5m	6.5m	8.0m	10.0m
접도구간	3.5m	3.5m	4.0m	5.5m	7.0m	8.5m

<표 8-3> 단일매설구간의 관경별 적용 용지폭

(3) 복선매설 및 교체용지 고려구간의 용지폭

1) 기본설계사항

① 관 최소이격거리 : 1.5m

② 토피고(H)

관경(D)	토피고(H, m)
1,350mm 이하	1.5
1,350mm 이상	D

<표 8-4> 복선매설 및 교체용지 고려구간의 기본설계사항

주) 토피고(H)는 유지관리용 도로의 성토고(0.5m)가 포함된 수치이며 용지폭 산정을 위한 가정값을 의미함

4) 적용 수도용지폭

관경(mm)		600	800	1,000	1,500	2,000	2,600
구 분	전답구간	6.0m	6.0m	6.0m	6.5m	8.0m	10.0m
	접도구간	5.0m	5.0m	5.0m	5.5m	7.0m	8.5m
복선매설 및 교체부지 고려구간	전답구간	6.5m	7.5m	8.0m	9.5m	11.5m	14.0m
	접도구간	5.5m	6.0m	6.5m	8.5m	10.5m	12.5m

<표 8-6> 수도전용 유지관리용 용지폭

8.5.3 도로의 포장

수도용지 유지관리용 도로의 포장은 사리만을 부설함을 원칙으로 사리부설 두께는 15cm를 , 최대치수는 100mm를 원칙으로 하되, 현장여건 등을 고려하여 조정·적용할 수 있다.

8.6 관로표시물 및 영구측량표시석

8.6.1 적용범위

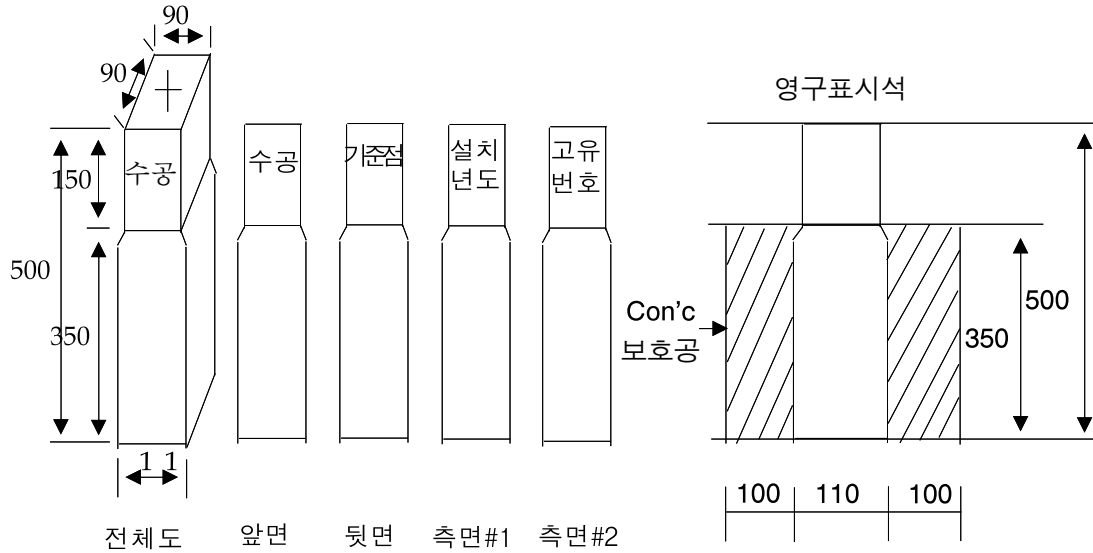
본 기준은 당해공사 구역내의 상수도관 부설 후 관매설지와 인접하여 설치되는 관로표시석, 관로표시못, 수도용지경계표시석, 영구측량표시석, 안내판에 대하여 적용한다.

8.6.2 용어의 정의

- (1) “관로표시석(못)”이라 함은 관로시공점을 표시하는 표시석(못)을 말한다.
- (2) “수도용지경계표시석”라 함은 수도용지의 경계를 표시하는 표시석을 말한다
- (3) “직선구간”이라함은 수도관로의 진행방향이 직선임을 의미하며, 용지의 경우 잔여지 보상 등으로 직선구간 중 일부의 토지 형상이 다각형이 된 경우에도 직선구간으로 간주한다.

8.6.3 규 격

- (1) 관로표시석, 수도용지경계표시석의 재료는 화강석을 사용하여야 하며, 표석의 글자 새김 및 규격은 K-water CIP(관로표시석, 수도용지경계표시석)에 따른다.
- (2) 관로표시못의 인식표지의 재료는 KS D 5101(동합금봉), KS D 6001(황동주문), 또는 이와 동등 이상의 것으로 사용하여야 하며, 규격은 K-water CIP(관로표시못)에 따른다.
- (3) 수도용지의 효율적인 관리를 위한 안내판(공사시행 주의 알림 안내판/중차량 통행금지 안내판/소형 안내판)의 규격은 K-water CIP(안내판)에 따른다.
- (4) 영구측량표시석의 재료는 화강석을 사용하여야 하며 표석의 글자 새김 및 규격은 다음과 같다.
 - 표석 규격 : 110mm×90mm×500mmH
 - 글 씨 체 : 한글 명조체(음각)
 - 글씨크기 : 6cm×6cm
 - 표석기초 : 100mm×100mm×350mm



<그림 8-9> 영구측량표시석

8.6.4 설치기준

- (1) 관로표시석, 수도용지경계표시석은 수도전용용지 및 국·공유지 등에 직선구간 매 200m마다, 곡관부 114°이상 변곡점 및 수도시설물의 유지관리를 위해 필요하다고 판단되는 곳에 설치하는 것을 원칙으로 하며 용지별 세부설치기준은 다음에 따른다.
 - 1) 수도용지 : 수도용지경계표시석을 직선구간일 경우 200m를 기준으로 용지 경계 양쪽에 설치하며, 용지에 변화가 있는 변곡점에는 추가하여 설치한다. 단, 용지폭이 3m미만인 경우에는 한지점은 왼쪽, 그 다음지역은 오른쪽에 설치한다.
 - 2) 국·공유지 : 수도용지경계표시석은 포장되지 않은 곳으로 차량 및 보행인의 통행에 지장이 없는 경우 매설관로의 중앙직상부에 설치한다. 단, 매설관로 중앙직상부 설치시 통행에 지장이 우려되는 경우에는 매설관로의 식별이 용이한 곳에 설치하여야 한다.
- (2) 도로 및 보차도부에는 관로매설 중앙부에 관로표시석을 변곡점 및 50m마다 설치하고 도로횡단부는 횡단도로 시·종점부와 20m마다 표시석을 설치하여야 하며, 물의 흐름방향에 화살표를 맞추어 설치하여야 한다.
- (3) 하천횡단, 철도횡단 지점이나 중차량의 통행 제한 등을 위한 안내판의 설치기준은 다음에 따른다.
 - 1) 중차량 진입금지 안내판 : 수도용지의 입·출구
 - 2) 공사시행 주의 알림 안내판 : 하천횡단, 철도횡단, 도로횡단 지점의 시·종점. 단 소하천일 경우 1개소만 설치한다.
 - 3) 소형안내판 : 필요한 지점에 선택하여 설치
- (4) 현장여건 및 향후 유지관리 등에 필요하다고 인정되는 지점은 관로표시물을 추가로 설치하여야한다.
 - 1) 영구측량표시점 선정 시 관로 중심선을 기준으로 좌우 50m범위내 시통을 감안하여 영구

보존될 수 있는 지점에 2km간격으로, 취·정수장, 가압장, 조절지 등의 시설물 위치 변경 시에는 각 시설용지내 2~3개소의 영구측량표시석을 설치하여야 한다.

- 2) 영구측량표시석 설치 시 지상으로 15cm 노출하고, 지하로 35cm 매립하여 설치한 후 고유번호(시점부터 일련번호 부여)를 기록하고, 점의조서를 작성·제출하여야 한다.

8.7 부단수 공법

8.7.1 범위

(1) 적용범위

광역 및 공업용수도, 지방상수도, 그 외 상수도 관로공사 중 부단수 공법 (부단수천공, 부단수 차단) 설계에 적용한다.

(2) 적용방법

이 기준은 부단수 공법 설계의 일반적인 기준을 정한 것으로 현장여건을 감안하여 조정·적용할 수 있다.

- (3) 신기술, 신공법 등은 이 기준에도 불구하고 "신기술·신제품등의 업무처리기준"에 의거 적용할 수 있다.

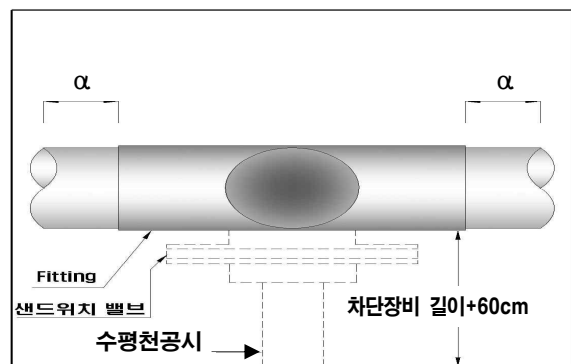
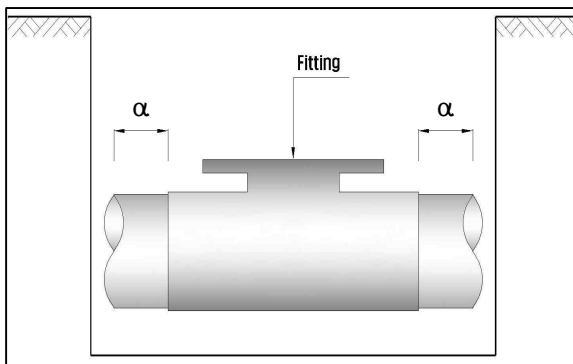
8.7.2 설계

(1) 기초처리

- 1) 연약지반에서 부단수 공법을 시행할 경우에는 기초 지반에 대한 안정성 검토를 실시하여 지반의 부등침하에 대응할 수 있도록 설계하여야 한다.

(2) 최소 작업공간

- 1) 현장 터파기시 부단수 차단 및 천공작업이 가능하도록 최소 작업공간을 고려하여야 한다.
- 2) 주관로에 수직방향으로 천공하는 경우, 할정자관 용접부 전·후 및 상·하에 최소 60cm 이상 여유공간을 확보한다.
- 3) 주관로에 수평방향으로 천공하는 경우, 천공방향으로 차단장비 길이에 여유폭 60cm를 추가 반영하여 작업공간을 확보한다.
- 4) 부단수 차단 후 관로 절단시, 할정자관 용접부에서 관로 절단까지 충분한 이격거리(α)를 확보한다.



(3) 임시배관 설치

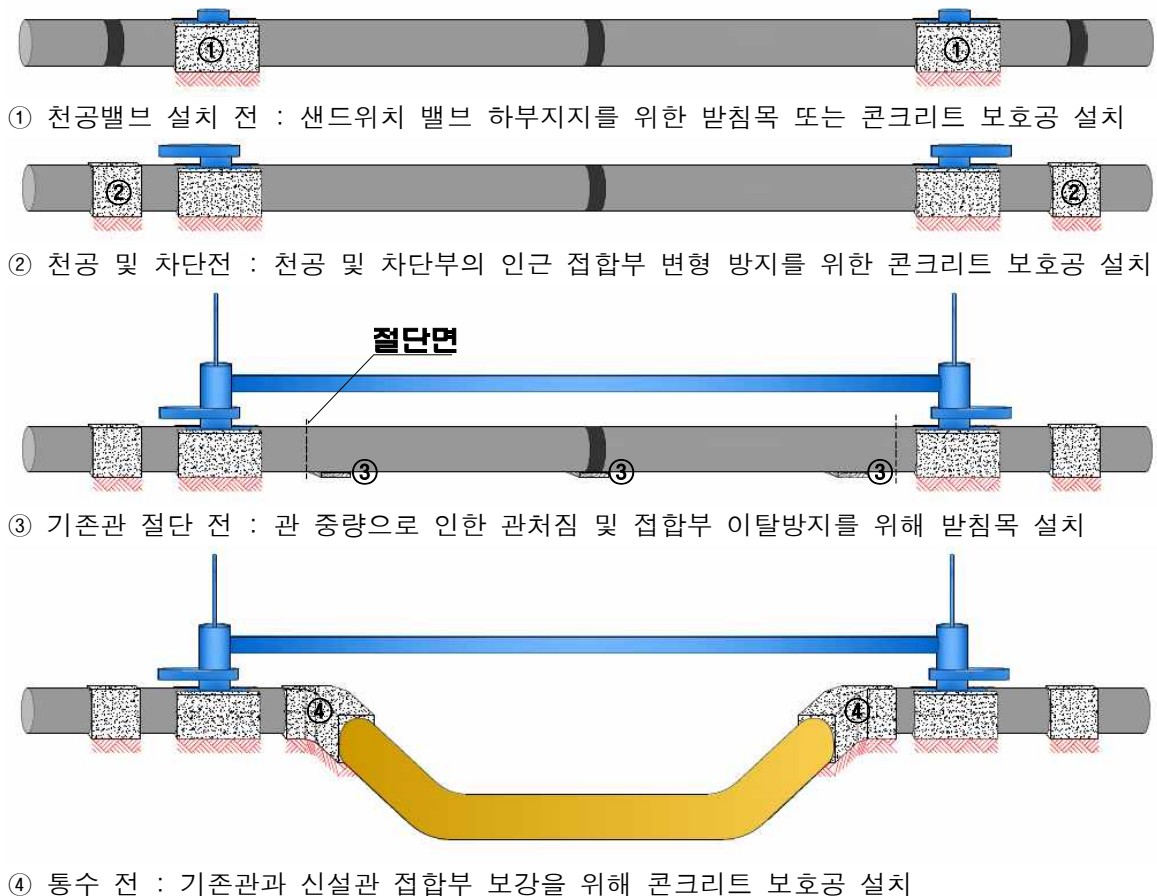
- 1) 임시배관의 관종은 이음부의 결합력이 우수한 도복장 강관으로 우선 적용하되 현장여건을 감안하여 타 관종을 검토할 수 있다.
- 2) 임시배관의 관경은 급수지역에 용수공급이 가능하도록 수리학적 검토를 실시하여 적정 관경을 적용하여야 한다.
- 3) 임시배관의 연결방법은 현장여건(주관로 관경, 차단구간 연장 등), 시공 목적 및 경제성 등을 감안하여 적용하여야 한다.

(4) 관 보호공 등

부단수 공법을 적용할 때에는 천공 차단 장비의 중량, 천공 작업에 따른 진동 발생, 차단 작업에 따른 수압의 불평균력 발생 등으로 관처짐 및 접합부 변형이 발생되므로 이와 같은 취약부에는 관 보호공 등의 보호조치를 설계 반영하여야 한다. 관 보호공에 대한 설계기준은 "4.2.15 이형관 보호"를 따르며 상세사항은 다음과 같다.

- 1) 부단수 공법을 적용한 구간의 보호 콘크리트는 $f_{ck}=18\text{MPa(N/mm}^2\text{)}$ 이상의 강도가 확보되는 콘크리트를 사용하도록 하고 경우에 따라서는 철근을 보강할 수 있다.
- 2) 부단수 공법 시공단계별(천공밸브 설치 전, 천공 및 차단 전, 기존관 절단 전, 통수 전 등) 발생할 수 있는 취약부에는 다음과 같이 받침목 또는 콘크리트 보호공을 설치해야 한다.
 - ① 천공밸브 설치 전 : 받침목 또는 콘크리트 보호공(밸브 하부지지)
 - ② 천공 및 차단 전 : 콘크리트 보호공(천공 및 차단부 인근 접합부 보강)
 - ③ 기존관 절단 전 : 받침목(기존관 절단부 지지), 콘크리트 보호공(절단부 인근 접합부 보강)
 - ④ 통수 전 : 콘크리트 보호공(기존관과 신설관 접합부 보강)
 - ⑤ 기술자의 판단하에 보강조치가 필요한 취약부

<관로이설공사 시 부단수 차단공법 적용 예>



제9장 급수설비

상수도시설기준의 “9장 급수설비”를 따른다.

제10장 내진설계

상수도시설기준의 “10. 내진설계”를 따른다. 단, 아래 기준을 고려하여 설계한다.

10.1.1 지진의 영향

지진시 구조물과 관로 등 구조의 건전성에 영향을 줄 수 있는 현상은 아래와 같으며, 이에 의한 효과는 다른 하중과 조합되어 설계시에 고려하여야 한다.

- ① 지진시의 지반 변위 또는 변형
- ② 구조물의 자중과 적재하중 등에 기인된 관성력
- ③ 지진시 토압
- ④ 지진시 동수압
- ⑤ 수면동요
- ⑥ 지진시 지반의 액상화
- ⑦ 지질이나 지형이 급변하는 지반의 지진시 이완 또는 붕괴

(1) 지진시 토압

1) 수평토압

토압계산시 사용하는 설계수평 가속도계수 (A_h)는 지진시 구조물의 변위발생 가능성을 고려하여 결정한다. 변위가 허용되는 구조물의 경우, 설계수평가속도계수는 지표면 최대가속도(a_{max})의 50%를 적용하고, 변위가 허용되지 않는 경우에는 지표면 최대가속도를 그대로 적용한다. 토압계산시 특별한 언급이 없는 경우 설계수직가속도계수 (A_v)는 고려하지 않는다. 또한, 지반-구조물 상호작용을 고려한 엄밀한 해석을 수행하여 신뢰성과 보수성이 입증된 경우에는 이를 설계가속도로 적용할 수 있다.

① 주동토압

- 점착력을 무시하는 경우

(가) 불포화토의 경우

$$p_{aE} = (1 - A_v) \left\{ \gamma h K_{AE} + \frac{qc \cos \alpha}{\cos(\alpha - \beta)} K_{AE} \right\} \quad (\text{식 10.1})$$

$$P_{aE} = (1 - A_v) \left\{ \frac{1}{2} \gamma h^2 K_{AE} + \frac{qc \cos \alpha}{\cos(\alpha - \beta)} h K_{AE} \right\} \quad (\text{식 10.2})$$

여기서, p_{aE} : 지진시 주동 토압응력(tonf/m²)

P_{aE} : 지진시 주동토압력(tonf/m)

K_{AE} : 지진시 주동토압계수

$$K_{AE} = \frac{1}{\cos\theta \cos^2\alpha \cos\alpha (\alpha + \delta + \theta)} \cdot \frac{\cos^2(\theta - \alpha - \theta)}{\left\{1 + \sqrt{\frac{\sin(\theta + \delta) \sin(\theta - \beta - \theta)}{\cos(\alpha + \epsilon + \theta) \cos(\alpha - \beta)}}\right\}^2}$$

단, $90^\circ \leq \alpha + \delta + \theta$ 인 경우에는 적용할 수 없다.

또 $\theta - \beta - \theta < 0$ 인 경우에는 $\theta - \beta - \theta = 0$ 로 계산한다.

$$\theta = \tan^{-1} \frac{A_h}{1 - A_v}$$

여기서, A_h : 설계수평가속도계수

A_v : 설계수직가속도계수

γ : 뒤채움흙의 단위중량(tonf/m³)

h : 지표면부터 토압을 구하고자 하는 위치까지의 깊이(m)

q : 상재 등분포 하중(tonf/m²)

α : 구조물 배면 또는 가상 배면이 연직면과 이루는 각(°)

β : 구조물 배면의 지표면이 수평면과 이루는 각(°)

θ : 뒤채움흙의 내부 마찰각(°)

δ : 구조물 벽면과 흙 사이의 마찰각 또는 가상 배면의 마찰각(°)

(나) 지하수면 아래의 경우

이 경우에는 다음 식에 의해 얻어진 토압응력(또는 토압력) 외에 수압을 고려하여야 한다.

$$p_{aE}' = (1 - A_v) \left\{ \gamma' h K_{AE} + \frac{q \cos \alpha}{\cos(\alpha - \beta)} K_{AE} \right\} \quad (\text{식 10.3})$$

$$P_{aE}' = (1 - A_v) \left\{ \frac{1}{2} \gamma' h^2 K_{AE} + \frac{q \cos \alpha}{\cos(\alpha - \beta)} h K_{AE} \right\} \quad (\text{식 10.4})$$

여기서, p_{aE}' : 지진시 지하수면 아래의 주동토압응력(tonf/m²)

P_{aE}' : 지진시 지하수면 아래의 주동토압력(tonf/m)

$$K_{AE}' = \frac{1}{\cos\theta \cos^2\alpha (\alpha - \delta - \theta)} \cdot \frac{\cos^2(\theta - \alpha - \theta)}{\left\{1 - \sqrt{\frac{\sin(\theta + \delta) \sin(\theta + \beta - \theta)}{\cos(\alpha - \epsilon - \theta) \cos(\alpha - \beta)}}\right\}^2}$$

$$\theta' = \tan^{-1} \left(\frac{A_h}{1 - A_v} \cdot \frac{\gamma'}{\gamma} \right)$$

γ' : 배면토의 수중단위중량(tonf/m³)

- 점착력을 고려하는 경우

점착력을 고려하는 경우에는 점성토의 자립 높이를 고려하여 식(9.5), (9.6)에 의해 산정한다.

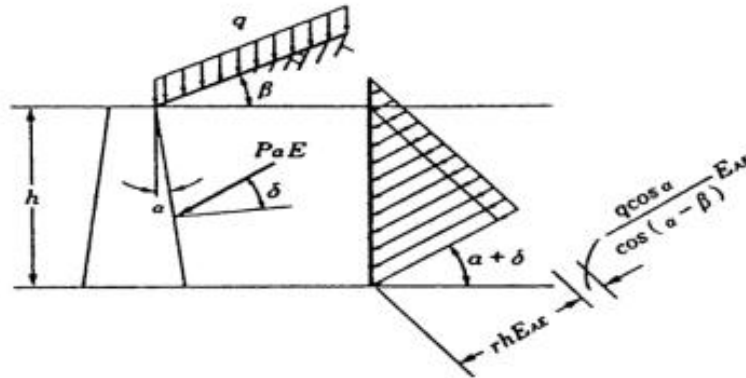
$$p_{aE} = \gamma(h - z_0) K_{AE} + \frac{q \cos \alpha}{\cos(\alpha - \beta)} K_{AE} \quad (\text{식 10.5})$$

$$P_{aE} = \frac{1}{2} \gamma (h - z_0)^2 K_{AE} + \frac{q \cos \alpha}{\cos(\alpha - \beta)} h K_{AE} \quad (\text{식 10.6})$$

여기서, z_0 : 점성토의 자립 높이(m)

$$z_0 = \frac{2C}{\gamma} \tan \left(45^\circ + \frac{\phi}{2} \right)$$

C : 배면토의 점착력(tonf/m^2)



<그림 10-1> 지진시 주동토압

② 수동토압

- 점착력을 무시하는 경우
 - (가) 불포화토의 경우

$$p_{PE} = (1 - A_v) \left\{ \gamma h K_{PE} + \frac{qc \cos \alpha}{\cos(\alpha - \beta)} K_{PE} \right\} \quad (\text{식 } 10.7)$$

$$P_{PE} = (1 - A_v) \left\{ \frac{1}{2} \gamma h^2 K_{PF} + \frac{qc \cos \alpha}{\cos(\alpha - \beta)} h K_{PE} \right\} \quad (\text{식 } 10.8)$$

여기서, p_{PE} : 지진시 수동토압응력(tonf/m²)

$$P_{PE} : \text{지진시 수동토압력(tonf/m)}$$

$$K_{AE} = \frac{1}{\cos \Theta \cos^2 \alpha (\alpha + \delta + \Theta)} \cdot \frac{\cos^2 (\vartheta - \alpha - \theta)}{\left\{ 1 + \sqrt{\frac{\sin (\vartheta + \delta) \sin (\vartheta - \beta - \theta)}{\cos (\alpha + \epsilon + \theta) \cos (\alpha - \beta)}} \right\}^2}$$

단, $\phi + \beta - \theta < 0$ 인 경우에는 적용할 수 없다.

(나) 지하수면 아래의 경우

$$p_{PE}' = (1 - A_v) \left\{ \gamma' h K_{PE} + \frac{q \cos \alpha}{\cos(\alpha - \beta)} K_{PE}' \right\} \quad (\text{식 } 10.9)$$

$$P_{PE}' = (1 - A_v) \left\{ \frac{1}{2} \gamma h^2 K_{PE} + \frac{q \cos \alpha}{\cos(\alpha - \beta)} h K_{PE} \right\} \quad (10.10)$$

여기서, p_{PF} : 지진시 지하수면 아래의 수동 토압응력(tonf/m²)

 P_{PE} : 지진시 지하수면 아래의 수동 토압력(tonf/m) K_{PE}' : 지진시 수동토압계수

$$K_{PE}' = \frac{1}{\cos \theta' \cos^2 \alpha (\alpha - \delta - \theta')} \cdot \frac{\cos^2(\theta - \alpha - \theta')}{\left\{ 1 - \sqrt{\frac{\sin(\theta + \delta) \sin(\theta + \beta - \theta')}{\cos(\alpha - \epsilon - \theta') \cos(\alpha - \beta)}} \right\}^2}$$

단, $\theta + \beta - \theta' < 0$ 인 경우는 적용할 수 없다.

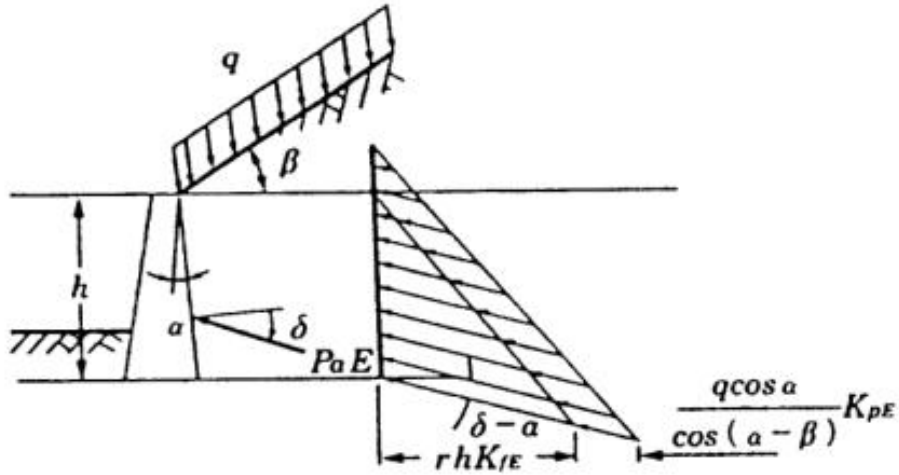
- 점착력을 고려하는 경우

$$p_{PE} = \gamma(h + z_0') K_{PE} + \frac{qc \cos \alpha}{\cos(\alpha - \beta)} K_{PE} \quad (\text{식 } 10.11)$$

$$P_{PE} = \frac{1}{2} \gamma (h + 2z_0') K_{PE} + \frac{qc \cos \alpha}{\cos(\alpha - \beta)} h K_{PE} \quad (\text{식 } 10.12)$$

여기서, z_0' : 지진시 수동상태일 때 점성토의 자립 높이(m)

$$z_0' = \frac{2C}{\gamma} \left(\tan 45^\circ - \frac{\phi}{2} \right)$$



<그림 10-2> 지진시 수동토압

(2) 지진시 상재압

지진시 매설 관로에 작용하는 상재압은 식 (10.13)으로 구한다. 단, 말뚝 등으로 지지되어 있는 관로에 작용하는 상재압은 식(10.14)로 계산하여도 좋다.

$$W_s = \gamma_s \cdot h D (1 \pm A_v) \quad (\text{식 10.13})$$

$$W_s = \frac{e^{2K_v(h/D)} - 1}{2K_\mu} \gamma_s D^2 (1 \pm A_v) \quad (\text{식 10.14})$$

여기서, W_s : 관로의 단위 길이당 연직 토압력(tonf)

h : 토피(m)

γ_s : 흙의 단위중량(tonf/m³)

D : 관로의 외경(m)

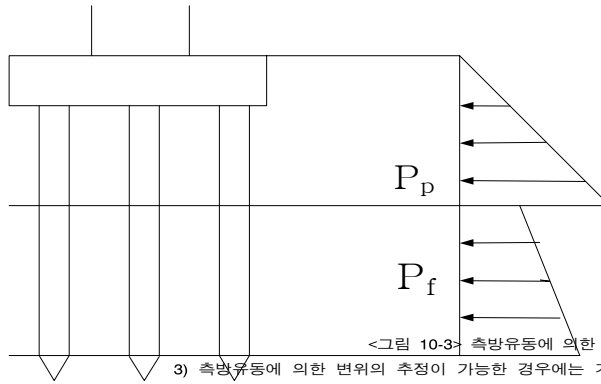
A_v : 설계수직가속도계수

K : Rankine의 주동토압 계수

μ : 마찰계수

(3) 지반 액상화에 의한 토압 및 부력

- 1) 액상화에 따르는 측방유동 가능성이 있는 지반에서는 유동으로 인한 외력을 고려하여 기초구조의 내진설계를 실시하여야 한다. 이 경우 상부구조 및 기초구조의 관성력 영향은 고려하지 않는 것으로 한다.
- 2) 측방유동에 의한 외력으로서 비액상화층에 대해서는 상시의 수동토압, 액상화층에 있어서는 토압계수 $K=0.3$ 의 외력을 적용할 수 있다.



- 3) 축방유동에 의한 변위의 추정이 가능한 경우에는 기초구조-지반스프링계 모델에 지반 변위를 입력시킴으로서 내진계산을 할 수 있다.
- 4) 관로 등 지중구조물 주변 토층의 액상화 가능성이 높은 경우에는 액상화지반의 부력에 의한 부상(浮上)시의 안정성을 검토해야 한다.
- 5) 지중구조물 부상 유무의 검토는 다음 방법에 의거한다.

$$F_u = \frac{W_b + Q_f}{V_0 \cdot \gamma_s} \quad (\text{식 10.15})$$

여기서, F_u : 부상안전율

W_b : 지중구조물의 단위 길이당 중량(내용물 중량을 포함)(tonf/m)

Q_f : 비액상화층의 전단저항력(tonf/m)

V_0 : 지중구조물의 단위길이당 체적(m^3/m)

γ_s : 지중구조물 주변토의 포화단위체적중량(tonf/m^3)

- 6) 비액상화층에 의한 전단저항력 Q_f 은 다음식의 전단응력 τ_s 를 계산하고 비액상화층에서의 총합을 구함으로써 산정할 수 있다.

$$\tau_s = C + K \sigma_v' \tan \phi \quad (\text{식 10.16})$$

위 식에서 C, ϕ 는 비액상화층의 점착력(tonf/m^2) 및 내부마찰각($^\circ$), K 는 정지토압계수로서 0.5로 가정하는 것이 좋다. 단 σ_v' 은 전단력을 예상하는 위치에서의 유효상재압(tonf/m^2)이다.

(4) 액상화의 예측 및 판정

- 1) 액상화의 예측 및 판정은 붕괴방지 수준에서 행한다.
- 2) 설계지진 규모는 지진구역 I, II 모두에 대하여 리히터 규모 6.5를 적용한다.
- 3) 내진 II등급의 시설물에 대하여 Seed와 Idness의 간편법에 근거한 액상화 간편법을 적용하여 예측·판정할 수 있다. 단 내진 II등급의 간편법에 의한 판정결과 안전율이 1.5미만이거나 내진 I등급시설물은 액상화의 상세 예측법을 적용하여 판정하여야 하며,

이 경우 허용안전율은 1.0을 기준으로 한다.

4) 다음의 경우에는 액상화 평가를 생략할 수 있다.

- ① 지진구역 II에서의 내진 II 등급 시설물
- ② 지하수위 위의 지반
- ③ 주상도상의 표준관입저항치(N)가 20이상인 지반
- ④ 대상지반심도가 20m 이하인 지반
- ⑤ 소성지수(PI)가 10이상이고 점토성분이 20% 이상인 지반
- ⑥ 세립토 함유량이 35% 이상인 경우
- ⑦ 상대밀도가 80% 이상인 경우
- ⑧ 지반분류가 $S_A \sim S_D$ 인 지반

(5) 동수압

물에 접하는 구조물은 지진시 동수압을 고려해야 하며, 동수압 크기의 계산은 다음에 의한다.

1) 내부동수압

① 취수탑

(가) 원통형

$$P(z_1) = A_h \cdot r_o \cdot \pi a_1^2 \cdot I\left(\frac{z_1}{h_1}\right)$$

여기서, $P(z_1)$: Z 의 높이에 작용하는 취수탑 내부 동수압력(tonf/m)

A_h : 설계수평가속도 계수($A_h = C_a \cdot I$)

r_o : 물의 단위체적중량(tonf/m³)

a_1 : 취수탑내부반경(m)

h_1 : 취수탑 내부수심(m)

z_1 : 취수탑 내부저면으로부터 임의의 상부지점까지 높이(m)

I : 제1종 변형 besseI 함수

$$I \cdot \left(\frac{z_1}{h_1}\right) = \sum_{i=0}^5 \frac{(-1)^i}{\lambda_i} \cdot I^{(i)}\left(\frac{a}{h}\right) \cdot \cos\left(\lambda_i \frac{z}{h}\right)$$

※ $I\left(\frac{z_1}{h_1}\right)$ 는 <표 10-1>의 besseI 함수표를 적용하며 표시되지 않는 경우는 선형보간하여 사용한다.

- 직사각형

πa_1^2 대신에 직사각형 내부단면적으로 치환

② 수 조

(가) 원통형

동수압 계산은 취수탑의 경우에 따른다.

(나) 직사각형

$$P(z) = \beta \cdot \frac{7}{8} \cdot r_0 \cdot A_h \cdot \sqrt{h \cdot z}$$

여기서, z : 수면을 원점으로 한 깊이방향의 좌표(m)

h : 수조의 수심(m)

β : 지진가속도 방향의 수로폭 B 와 수심 h 의 비에 따른 보정계수

단, B/h 가 표시되지 않는 경우는 선형보간하여 사용한다.

B/h	β
0.5	0.397
1.0	0.670
1.5	0.835
2.0	0.921
3.0	0.983
4.0	0.996
∞	1.000

2) 외부동수압

① 취수탑

(가) 원통형

$$P(z_2) = A_h \cdot r_o \cdot \pi a_2^2 \cdot K\left(\frac{z_2}{h_2}\right)$$

여기서, $P(z_2)$: z_2 의 높이에 작용하는 취수탑 외부 동수압력(tonf/m)

K : 제2종 변형 **bessel** 함수

a_2 : 취수탑 외부반경(m)

h_2 : 취수탑 외부수심(m)

z_2 : 취수탑 외부저면으로부터 임의의 상부지점까지 높이(m)

$$K\left(\frac{z_2}{h_2}\right) = \sum_{i=0}^5 \frac{(-1)^i}{\lambda_i} \cdot K^{(i)}\left(\frac{a}{h}\right) \cdot \cos\left(\lambda_i \frac{z}{h}\right)$$

※ $K\left(\frac{z_2}{h_2}\right)$ 는 <표 10-2>의 **bessel**함수표를 적용하며 표시되지 않는 경우는 선형보간하여 사용한다.

- 직사각형

πa_1^2 대신에 직사각형 외부단면적으로 치환

$$I\left(\frac{z_1}{h_1}\right) = \sum_{i=0}^5 \frac{(-1)^i}{\lambda_i} \cdot I^{(i)}\left(\frac{a}{h}\right) \cdot \cos\left(\lambda_i \frac{z}{h}\right)$$

$a/h \backslash z/h$	0.00	0.10	0.30	0.50	0.70	0.90
0.01	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0.9999
0.25	0.9989	0.9986	0.9951	0.9789	0.9080	0.5896
0.50	0.9579	0.9550	0.9295	0.8636	0.7182	0.3882
0.75	0.8572	0.8529	0.8163	0.7335	0.5797	0.2921
1.00	0.7403	0.7358	0.6986	0.6178	0.4770	0.2327
1.25	0.6334	0.6292	0.5951	0.5222	0.3987	0.1916
1.50	0.5440	0.5403	0.5100	0.4459	0.3386	0.1616
1.75	0.4717	0.4684	0.4418	0.3856	0.2921	0.1389
2.00	0.4137	0.4108	0.3873	0.3377	0.2556	0.1215
2.25	0.3669	0.3644	0.3434	0.2994	0.2265	0.1076
2.50	0.3289	0.3266	0.3078	0.2683	0.2030	0.0965
2.75	0.2975	0.2954	0.2784	0.2428	0.1837	0.0874
3.00	0.2714	0.2694	0.2540	0.2215	0.1676	0.0798
3.25	0.2493	0.2475	0.2333	0.2035	0.1541	0.0734
3.50	0.2304	0.2288	0.2157	0.1881	0.1425	0.0680
3.75	0.2141	0.2126	0.2004	0.1749	0.1325	0.0633
4.00	0.1999	0.1985	0.1872	0.1633	0.1238	0.0591
4.25	0.1875	0.1862	0.1756	0.1532	0.1162	0.0555
4.50	0.1765	0.1753	0.1653	0.1443	0.1094	0.0523
4.75	0.1667	0.1655	0.1561	0.1363	0.1034	0.0495
5.00	0.1579	0.1568	0.1479	0.1291	0.0980	0.0469

$$I^{(i)}\left(\frac{a}{h}\right)$$

$a/h \backslash i$	0	1	2	3	4	5
0.01	1.999876	1.998889	1.996920	1.993975	1.990064	1.985200
0.25	1.926210	1.505450	1.087722	0.805948	0.626343	0.507868
0.50	1.738532	0.930976	0.561358	0.393458	0.301611	0.244236
0.75	1.505450	0.626343	0.365722	0.256449	0.197198	0.160122
1.00	1.280545	0.463265	0.269936	0.189875	0.146351	0.119035
1.25	1.087722	0.365722	0.213670	0.150671	0.116320	0.094712
1.50	0.930976	0.301611	0.176743	0.124863	0.096505	0.078637
1.75	0.805948	0.256449	0.150671	0.106594	0.082454	0.067225
2.00	0.706331	0.222977	0.131290	0.092984	0.071973	0.058705
2.25	0.626343	0.197198	0.116320	0.082454	0.063855	0.052101
2.50	0.561358	0.176743	0.104411	0.074066	0.057382	0.046832
2.75	0.507868	0.160122	0.094712	0.067225	0.052101	0.042531
3.00	0.463265	0.146351	0.086660	0.061541	0.047709	0.038953
3.25	0.425610	0.134757	0.079870	0.056743	0.044000	0.035931
3.50	0.393458	0.124863	0.074066	0.052639	0.040826	0.033343
3.75	0.365722	0.116320	0.069047	0.049089	0.038080	0.031104
4.00	0.341572	0.108870	0.064666	0.045986	0.035679	0.029146
4.25	0.320368	0.102315	0.060807	0.043253	0.033563	0.027420
4.50	0.301611	0.096505	0.057382	0.040826	0.031684	0.025887
4.75	0.284905	0.091318	0.054323	0.038658	0.030004	0.024516
5.00	0.269936	0.086660	0.051573	0.036707	0.028494	0.023283

<표 10-1> Bessel 함수표

$$K \cdot \left(\frac{z_2}{h_2} \right) = \sum_{i=0}^5 \frac{(-1)^i}{\lambda_i} \cdot K^{(i)}\left(\frac{a}{h}\right) \cdot \cos\left(\lambda_i \frac{z}{h}\right)$$

$\begin{matrix} z/h \\ a/h \end{matrix}$	0.00	0.10	0.30	0.50	0.70	0.90
0.01	0.9998	0.9998	0.9997	0.9996	0.9988	0.9896
0.25	0.8983	0.8962	0.8779	0.8321	0.7296	0.4577
0.50	0.7367	0.7337	0.7083	0.6500	0.5375	0.3010
0.75	0.6081	0.6051	0.5802	0.5247	0.4229	0.2260
1.00	0.5129	0.5101	0.4873	0.4371	0.3475	0.1812
1.25	0.4416	0.4391	0.4184	0.3735	0.2944	0.1512
1.50	0.3868	0.3846	0.3659	0.3255	0.2552	0.1297
1.75	0.3437	0.3416	0.3247	0.2882	0.2250	0.1135
2.00	0.3090	0.3071	0.2916	0.2584	0.2011	0.1009
2.25	0.2805	0.2788	0.2646	0.2341	0.1818	0.0908
2.50	0.2567	0.2551	0.2420	0.2139	0.1658	0.0826
2.75	0.2366	0.2351	0.2230	0.1969	0.1524	0.0757
3.00	0.2194	0.2180	0.2066	0.1824	0.1410	0.0699
3.25	0.2045	0.2032	0.1925	0.1698	0.1311	0.0649
3.50	0.1914	0.1902	0.1802	0.1589	0.1226	0.0605
3.75	0.1800	0.1788	0.1694	0.1492	0.1150	0.0567
4.00	0.1698	0.1687	0.1597	0.1407	0.1084	0.0534
4.25	0.1606	0.1596	0.1511	0.1331	0.1025	0.0504
4.50	0.1525	0.1515	0.1434	0.1262	0.0971	0.0478
4.75	0.1451	0.1441	0.1364	0.1200	0.0923	0.0454
5.00	0.1383	0.1374	0.1301	0.1144	0.0880	0.0432

$$K^{(i)}\left(\frac{a}{h}\right)$$

$\begin{matrix} i \\ a/h \end{matrix}$	0	1	2	3	4	5
0.01	1.997893	1.985947	1.967330	1.944190	1.917860	1.889279
0.25	1.668310	1.075528	0.771075	0.596870	0.485663	0.408926
0.50	1.322459	0.673280	0.444054	0.330258	0.262630	0.217903
0.75	1.075528	0.485663	0.310307	0.227599	0.179610	0.148302
1.00	0.899948	0.378889	0.238195	0.173507	0.136407	0.112364
1.25	0.771075	0.310307	0.193195	0.140155	0.109941	0.090436
1.50	0.673280	0.262630	0.162466	0.117450	0.092070	0.075666
1.75	0.596870	0.227599	0.140155	0.101210	0.079193	0.065041
2.00	0.535683	0.200786	0.123225	0.088859	0.069475	0.057032
2.25	0.485663	0.179610	0.109941	0.079193	0.061881	0.050779
2.50	0.444054	0.162465	0.099240	0.714230	0.055783	0.045761
2.75	0.408926	0.148302	0.090436	0.065041	0.050779	0.041646
3.00	0.378889	0.136407	0.083066	0.059705	0.046598	0.038209
3.25	0.352922	0.126276	0.076806	0.055179	0.043054	0.035297
3.50	0.330258	0.117545	0.071423	0.052190	0.040010	0.032797
3.75	0.310307	0.109941	0.066745	0.047913	0.037368	0.030627
4.00	0.292614	0.103261	0.062642	0.044953	0.035054	0.028727
4.25	0.276818	0.097345	0.059014	0.042338	0.033009	0.027049
4.50	0.262630	0.092070	0.055783	0.040010	0.031190	0.025556
4.75	0.249819	0.087337	0.052887	0.037925	0.029561	0.024219
5.00	0.238195	0.083066	0.050278	0.036046	0.028093	0.023015

<표 10-2> Bessel 함수표

(6) 수면동요

저수조의 내진설계에서 필요에 따라 수면동요의 영향(월류 및 지붕슬래브에 가해지는 충격량)을 고려해야 한다.

참 고 문 헌

1. 상수도시설 내진 설계기준 마련을 위한 연구(환경부, 1998)
2. 수도시설내진공법 지침·해설(일본수도협회, 1997)
3. 항만 및 어항 설계기준(한국항만협회, 2000)
4. 내진설계기준연구(한국건설기술연구원, 1997.12)

별 첨

<1> 콘크리트 보호공

<2> 수도용강관 분말용착식 폴리에틸렌 3층 피복 방법

<별첨 1> 콘크리트 보호공**1. 적용기준**

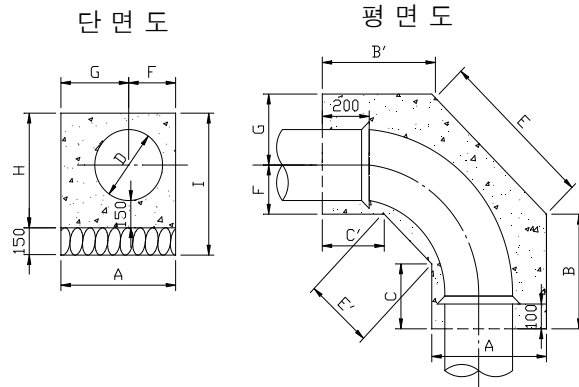
주철관의 각종 콘크리트 보호공은 다음 표를 표준으로 하여 현장조건에 따라 조정하며, 강관 및 기타 관종도 이를 준용할 수 있다.

2. 이형관의 불평균력

호칭지름 (mm)	수압 1kg/cm ² 당 이형관 탈출력(ton)					
	곡관 90°	곡관 45°	곡관 22°½	곡관 11°¼	곡관 5°¼	T자지관 및 맹 판
75	0.062	0.034	0.027	0.008	0.005	0.068
100	0.111	0.060	0.031	0.016	0.008	0.109
150	0.249	0.135	0.069	0.035	0.017	0.224
200	0.441	0.239	0.121	0.062	0.030	0.380
250	0.693	0.375	0.191	0.096	0.048	0.579
300	0.998	0.540	0.275	0.139	0.069	0.818
350	1.360	0.736	0.375	0.189	0.094	1.099
400	1.775	0.960	0.490	0.247	0.123	1.423
450	2.247	1.217	0.620	0.312	0.156	1.786
500	2.774	1.502	0.765	0.386	0.192	2.190
600	3.996	2.162	1.102	0.555	0.277	3.125
700	5.437	2.943	1.500	0.756	0.376	4.220
800	7.103	3.844	1.960	0.987	0.491	5.489
900	8.990	4.865	2.480	1.249	0.621	6.925
1,000	11.100	6.006	3.062	1.543	0.767	8.511
1,100	13.430	7.269	3.706	1.867	0.929	10.280
1,200	15.980	8.652	4.411	2.222	0.105	12.190
1,350	20.220	10.940	5.580	2.811	1.399	15.390
1,500	24.970	13.520	6.889	3.472	1.727	18.970
1,600	28.430	15.390	7.842	3.952	1.966	21.380
1,650	30.240	16.390	8.344	4.204	2.092	22.730
1,800	35.960	19.460	9.926	4.999	2.487	26.820
2,000	44.400	24.030	12.250	6.172	3.070	33.360
2,200	53.710	29.080	14.820	7.468	3.715	40.360
2,400	63.890	34.580	17.630	8.881	4.418	47.520

3. 콘크리트 보호공

3.1 곡관 90°(ø 75~350mm)일 경우



<그림 1>

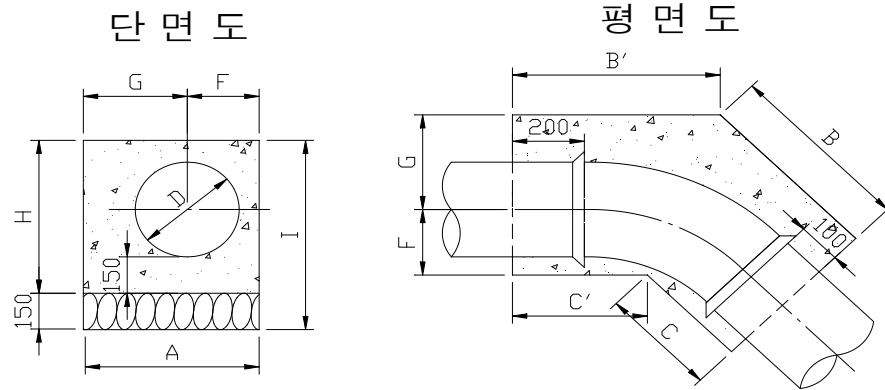
참조 : <그림 1>

구분 D	치 수 (mm)										
	A	B	B'	C	C'	E	E'	F	G	H	I
75	330	424	441	278	296	373	83	140	190	290	440
100	350	424	441	278	296	373	83	150	200	310	460
150	400	461	520	295	354	439	108	170	230	360	510
200	450	513	569	326	383	538	166	200	250	410	560
250	550	540	635	312	407	580	124	250	300	465	615
300	650	624	718	355	449	746	207	300	350	520	670
350	750	652	733	341	423	787	166	350	400	570	720

참조 : <그림 1>

구 분 D	재 료		
	콘 크 리 트(m³) 40-180-8	잡 석 (m³)	거푸집(6회) (m²)
75	0.09	0.05	0.73
100	0.10	0.05	0.79
150	0.14	0.07	1.04
200	0.19	0.08	1.33
250	0.28	0.11	1.62
300	0.43	0.15	2.15
350	0.53	0.17	2.43

3.2 곡관 11½°, 22½°, 45°(ø 75~350mm)일 경우



<그림 2>

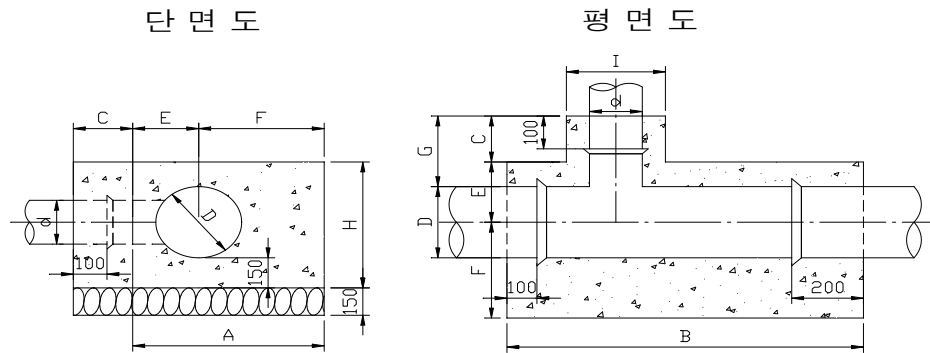
<참조 : 그림 2>

구 분 D	치 수 (mm)								
	A	B	B'	C	C'	F	G	H	I
75	300	473	541	341	409	140	160	290	440
100	320	473	541	341	409	150	170	310	460
150	370	532	590	379	437	170	200	360	510
200	430	588	644	410	466	200	230	410	560
250	520	611	656	395	440	250	270	465	615
300	620	675	718	418	461	300	320	520	670
350	720	742	774	444	476	350	370	570	720

<참조 : 그림 2>

구 분 D	재 료		
	콘 크 리 트(m³) 40-180-8	잡 석 (m³)	거푸집(6회) (m²)
75	0.07	0.04	0.68
100	0.08	0.04	0.73
150	0.11	0.05	0.93
200	0.15	0.07	1.15
250	0.20	0.08	1.36
300	0.29	0.11	1.69
350	0.38	0.13	2.02

3.3 정자관 (ø 75~350mm)일 경우 ※는 주문품 표시임.



<그림 3>

참조 : <그림 3>

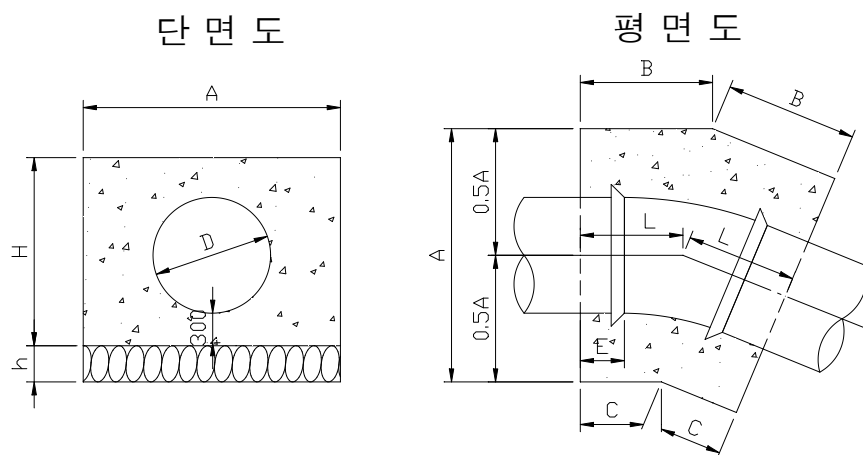
구 분 D × d	치 수 (mm)								
	D' / 2	A	B	C	E	F	G	H	I
75 × 75	46.5	300	940	230	100	200	283.5	310	175
100 × 75	59.0	300	1,010	250	100	200	291.0	310	175
100 × 100	59.0	300	1,010	255	100	200	296.0	310	200
※ 150 × 75	84.5	350	1,090	260	120	230	296.0	360	175
150 × 100	84.5	350	1,090	265	120	230	301.0	360	200
150 × 150	84.5	350	1,090	270	120	230	306.0	360	250
200 × 100	110.0	450	1,060	275	150	300	315.0	410	200
200 × 150	110.0	450	1,180	300	150	300	340.0	410	250
200 × 200	110.0	450	1,180	300	150	300	340.0	410	300
250 × 100	130.8	500	1,130	265	180	320	314.2	465	200
250 × 150	130.8	500	1,130	270	180	320	324.2	465	250
※ 250 × 200	130.8	500	1,250	280	180	320	329.2	465	300
250 × 250	130.8	500	1,250	285	180	320	334.2	465	350
300 × 100	161.4	550	1,140	275	200	350	313.2	520	200
300 × 150	161.4	550	1,140	280	200	350	318.6	520	250
300 × 200	161.4	550	1,330	300	200	350	338.6	520	300
※ 300 × 250	161.4	550	1,330	305	200	350	343.6	520	350
300 × 300	161.4	550	1,330	305	200	350	343.6	520	400
350 × 100	187.0	650	1,210	260	250	400	323.0	570	200
350 × 150	187.0	650	1,210	260	250	400	323.0	570	250
350 × 200	187.0	650	1,210	260	250	400	323.0	570	300
350 × 250	187.0	650	1,410	295	250	400	358.0	570	350
※ 350 × 300	187.0	650	1,410	295	250	400	358.0	570	400
350 × 350	187.0	650	1,410	300	250	400	358.0	570	450

주) D' : 관의 외경

참조 : <그림 3>

구 분 D	재 료		
	콘 크 리 트(m^3) 40-180-8	잡 석 (m^3)	거푸집(6회) (m^2)
75 × 75	0.10	0.05	0.90
100 × 75	0.10	0.05	0.95
100 × 100	0.10	0.05	0.95
150 × 75	0.13	0.06	1.19
150 × 100	0.14	0.07	1.19
150 × 150	0.14	0.07	1.19
200 × 100	0.18	0.08	1.40
200 × 150	0.21	0.09	1.52
200 × 200	0.21	0.09	1.51
250 × 100	0.23	0.09	1.66
250 × 150	0.23	0.10	1.66
250 × 200	0.26	0.11	1.78
250 × 250	0.27	0.11	1.78
300 × 100	0.27	0.10	1.90
300 × 150	0.28	0.11	1.90
300 × 200	0.32	0.12	2.12
300 × 250	0.33	0.13	2.12
300 × 300	0.34	0.13	2.11
350 × 100	0.36	0.13	2.22
350 × 150	0.36	0.13	2.22
350 × 200	0.37	0.13	2.22
350 × 250	0.43	0.15	2.48
350 × 300	0.44	0.16	2.47
350 × 350	0.45	0.16	2.47

3.4 곡관 114°(D = 400~3,000mm)일 경우



<그림 5>

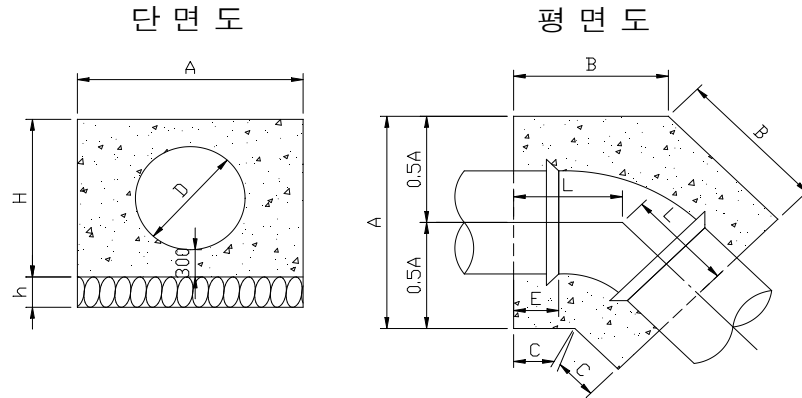
참조 : <그림 5>

구 분 D	치 수 (mm)						
	A	B	C	E	H	h	L
400	800	840	760	250	800	200	800
450	900	850	750	250	850	200	800
500	900	1,000	900	300	900	200	950
600	1,150	1,000	900	300	1,000	300	950
700	1,750	1,060	940	350	1,200	300	1,000
800	1,800	1,040	860	290	1,350	300	950
900	1,900	1,040	860	290	1,450	300	950
1,000	2,100	1,100	900	290	1,550	300	1,000
1,100	2,200	1,100	900	330	1,650	300	1,000
1,200	2,300	1,100	900	330	1,750	300	1,000
1,350	2,550	1,130	870	330	1,900	300	1,000
1,500	2,700	1,130	870	330	2,150	300	1,000
1,650	2,850	1,180	900	370	2,400	300	1,040
1,800	2,000	1,300	1,000	470	2,550	300	1,150
2,000	3,200	1,460	1,140	620	2,750	300	1,300
2,200	3,400	1,570	1,230	710	2,950	300	1,400
2,400	3,600	1,680	1,500	660	3,150	300	1,500
2,600	3,800	1,790	1,600	700	3,350	300	1,600
2,800	4,000	1,990	1,700	850	3,550	300	1,700
3,000	4,200	2,010	1,800	900	3,750	300	1,800

참조 : <그림 5>

구 분 D	재 료		
	콘 크 리 트(m^3) 40-180-8	잡 석(m^3)	거푸집(6회) (m^2)
400	0.82	0.26	3.59
450	0.97	0.29	3.93
500	1.17	0.34	4.65
600	1.65	0.66	5.54
700	3.43	1.05	8.23
800	3.66	1.03	8.99
900	4.03	1.08	9.75
1,000	4.94	1.26	11.14
1,100	5.36	1.32	11.96
1,200	5.79	1.38	12.79
1,350	6.83	1.53	14.43
1,500	8.08	1.62	16.68
1,650	9.78	1.78	19.39
1,800	11.74	2.07	21.94
2,000	14.71	2.50	25.62
2,200	17.44	2.86	28.98
2,400	21.68	3.43	33.67
2,600	25.16	3.87	37.55
2,800	29.68	4.43	42.28
3,000	33.08	4.80	45.94

3.5 곡관 22½°(D = 400~3,000mm)일 경우



<그림 6>

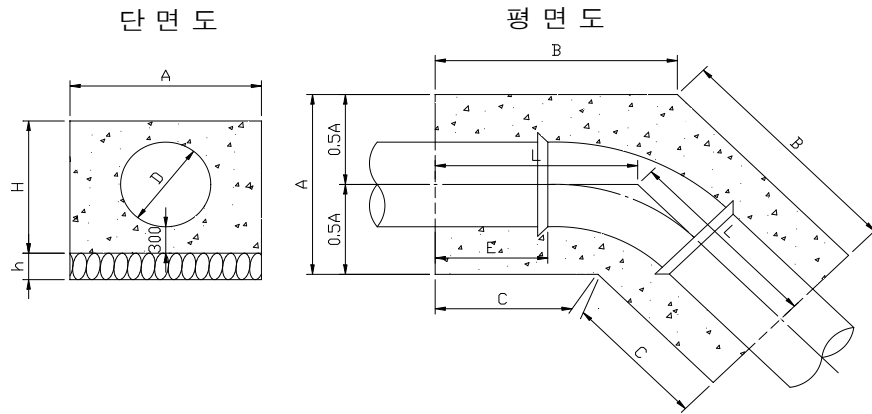
참조 : <그림 6>

구 분 D	치 수 (mm)						
	A	B	C	E	H	h	L
400	1,300	830	570	280	900	200	700
450	1,350	880	620	300	950	200	750
500	1,400	940	660	300	1,000	200	800
600	1,600	1,060	740	320	1,100	300	900
700	1,700	1,120	780	280	1,200	300	950
800	1,800	1,230	870	310	1,350	300	1,050
900	1,900	1,330	970	320	1,450	300	1,150
1,000	2,100	1,400	1,000	290	1,550	300	1,200
1,100	2,200	1,460	1,040	280	1,650	300	1,250
1,200	2,300	1,530	1,070	330	1,750	300	1,300
1,350	2,550	1,800	1,300	580	1,900	300	1,550
1,500	2,700	2,020	1,480	770	2,150	300	1,750
1,650	2,850	2,570	1,980	1,600	2,400	300	2,280
1,800	3,000	2,810	2,190	1,820	2,550	300	2,500
2,000	3,200	3,130	2,470	2,110	2,750	300	2,800
2,200	3,400	3,400	2,700	2,280	2,950	300	3,050
2,400	3,600	3,670	2,930	2,380	3,150	300	3,300
2,600	3,800	3,940	3,160	2,480	3,350	300	3,550
2,800	4,000	4,210	3,390	2,580	3,550	300	3,800
3,000	4,200	4,480	3,620	2,680	3,750	300	4,050

참조 : <그림 6>

구 분 D	재 료		
	콘 크 리 트(m³) 40-180-8	잡 석 (m³)	거푸집(6회) (m²)
400	1.46	0.36	4.61
450	1.69	0.41	5.10
500	1.93	0.45	5.61
600	2.66	0.86	6.92
700	3.15	0.97	7.87
800	4.05	1.13	9.53
900	4.87	1.31	10.91
1,000	5.93	1.51	12.38
1,100	6.70	1.65	13.61
1,200	7.53	1.79	14.89
1,350	10.58	2.37	18.61
1,500	14.13	2.84	23.13
1,650	21.39	3.89	31.24
1,800	25.53	4.50	35.71
2,000	31.69	5.38	42.12
2,200	38.00	6.22	48.45
2,400	44.99	7.13	55.21
2,600	52.69	8.09	62.41
2,800	61.12	9.12	70.05
3,000	70.32	10.21	78.11

3.6 곡관 45°(D=400~3,000mm)일 경우



<그림 7>

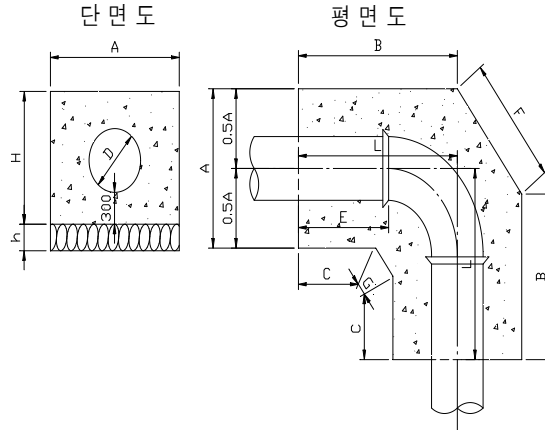
참조 : <그림 7>

구 분 D	치 수 (mm)						
	A	B	C	E	H	h	L
400	1,300	970	430	270	900	200	700
450	1,350	1,030	470	280	950	200	750
500	1,400	1,090	510	290	1,000	200	800
600	1,600	1,280	620	350	1,100	300	950
700	1,700	1,550	850	410	1,200	300	1,200
800	1,800	2,100	1,400	980	1,350	300	1,750
900	1,900	2,410	1,690	1,190	1,450	300	2,050
1,000	2,100	2,600	1,800	1,260	1,550	300	2,200
1,100	2,200	2,870	2,030	1,420	1,650	300	2,450
1,200	2,300	3,190	2,310	1,720	1,750	300	2,750
1,350	2,550	3,490	2,510	1,970	1,900	300	3,000
1,500	2,700	3,850	2,850	2,310	2,150	300	3,350
1,650	2,850	4,990	3,610	3,600	2,400	300	4,300
1,800	3,000	5,470	4,030	4,040	2,550	300	4,750
2,000	3,200	6,120	4,580	4,640	2,750	300	5,350
2,200	3,400	6,670	5,030	5,050	2,950	300	5,880
2,400	3,600	7,220	5,480	5,400	3,150	300	6,350
2,600	3,800	7,770	5,930	5,750	3,350	300	6,820
2,800	4,000	8,320	6,380	6,100	3,550	300	7,290
3,000	4,200	8,870	6,830	6,450	3,370	300	7,760

참조 : <그림 7>

구 분 D	재 료		
	콘 크 리 트(m³) 40-180-8	잡 석 (m³)	거푸집(6회) (m²)
400	1.46	0.36	4.61
450	1.69	0.41	5.10
500	1.93	0.45	5.61
600	2.81	0.91	7.14
700	3.97	1.22	9.07
800	6.75	1.89	13.31
900	8.69	2.34	16.13
1,000	10.87	2.77	18.58
1,100	13.13	3.23	21.53
1,200	15.92	3.80	25.04
1,350	20.49	4.59	29.63
1,500	27.05	5.43	36.89
1,650	40.44	7.35	50.68
1,800	48.50	8.55	58.66
2,000	60.55	10.27	70.17
2,200	72.88	11.93	81.49
2,400	86.56	13.72	93.64
2,600	101.66	15.62	106.63
2,800	118.22	17.64	120.46
3,000	136.30	19.78	135.11

3.7 곡관 90°(D=400~3,000mm)일 경우



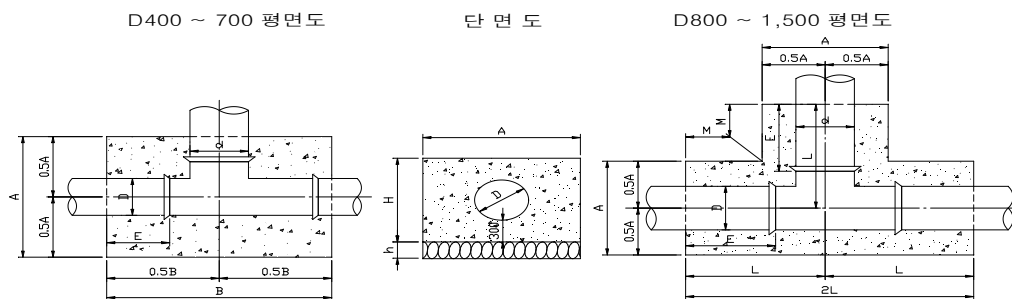
<그림 8>

참조 : <그림 8>

구 분 D	치 수 (mm)								
	A	B	C	E	F	G	H	h	L
400	1,300	1,150	300	490	920	300	900	200	1,150
450	1,350	1,350	480	690	950	310	950	200	1,350
500	1,400	1,560	650	800	990	290	1,000	200	1,560
600	1,600	1,800	800	940	1,130	290	1,100	300	1,800
700	1,700	2,200	1,140	1,240	1,220	320	1,200	300	2,200
800	1,800	3,200	2,100	2,130	1,270	320	1,350	300	3,200
900	1,900	3,500	2,310	2,330	1,340	340	1,450	300	3,500
1,000	2,100	3,700	2,500	2,460	1,410	360	1,550	300	3,650
1,100	2,200	3,970	2,730	2,620	1,480	380	1,650	300	3,900
1,200	2,300	4,290	3,010	2,920	1,550	400	1,750	300	4,200
1,350	2,550	4,590	3,210	3,170	1,620	430	1,900	300	4,450
1,500	2,700	4,950	3,550	3,510	1,690	440	2,150	300	4,800
1,650	2,850	6,090	4,310	4,800	1,780	460	2,400	300	5,750
1,800	3,000	6,570	4,730	5,240	1,830	480	2,550	300	6,200
2,000	3,200	7,220	5,280	5,840	1,900	500	2,750	300	6,800
2,200	3,400	7,770	5,730	6,250	1,970	520	2,950	300	7,330
2,400	3,600	8,320	6,180	6,600	2,040	540	3,150	300	7,800
2,600	3,800	8,870	6,630	6,950	2,110	560	3,350	300	8,270
2,800	4,000	9,420	7,080	7,300	2,180	580	3,550	300	8,740
3,000	4,200	9,970	7,530	7,650	2,250	600	3,750	300	9,210

구 분 D	재 료		
	콘 크 리 트(m^3) 40-180-8	잡 석 (m^3)	거푸집(6회) (m^2)
400	2.17	0.54	5.80
450	2.79	0.66	6.92
500	3.46	0.80	8.11
600	4.93	1.59	10.24
700	6.86	2.10	13.17
800	11.83	3.29	20.31
900	14.20	3.79	23.52
1,000	17.64	4.46	26.90
1,100	20.63	5.04	30.54
1,200	24.18	5.71	34.75
1,350	30.44	6.75	40.36
1,500	39.01	7.75	49.21
1,650	54.66	9.85	64.70
1,800	64.20	11.21	73.73
2,000	78.31	13.15	86.67
2,200	92.83	15.04	99.45
2,400	108.85	17.05	113.11
2,600	126.42	19.19	127.64
2,800	145.59	21.46	143.03
3,000	166.42	23.85	159.30

3.8 정자관 (D=400~1,500mm)일 경우



<그림 9>

참조 : <그림 9>

구 분 D	치 수 (mm)				
	A	B	E	H	h
400×400	1,300	1,800	490	900	200
450×450	1,350	2,100	610	950	200
500×500	1,400	2,400	720	1,000	200
600×600	1,600	2,800	850	1,100	300
700×700	1,700	3,200	980	1,200	300

참조 : <그림 9>

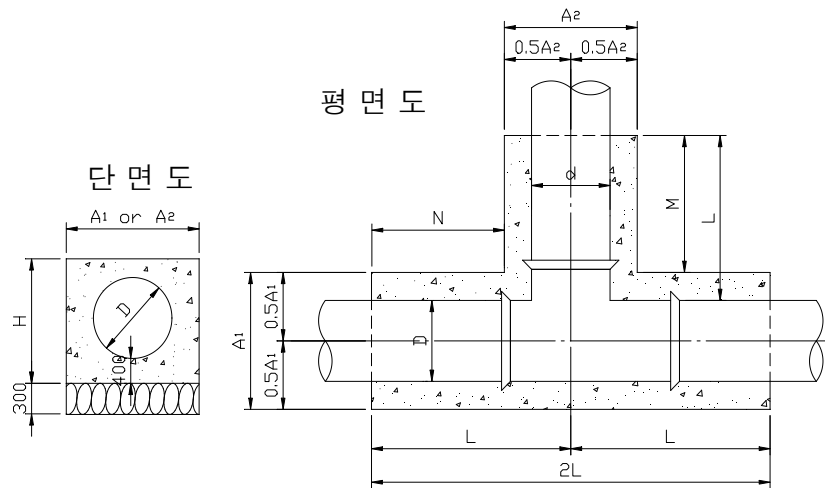
구 분 D	치 수 (mm)					
	A	H	L	M	E	F
800×800	1,800	1,350	1,950	1,050	1,260	1,280
900×900	1,900	1,450	2,150	1,200	1,380	1,400
1,000×1,000	2,100	1,550	2,300	1,250	1,460	1,480
1,100×1,100	2,200	1,650	2,500	1,400	1,590	1,610
1,200×1,200	2,300	1,750	2,750	1,600	1,780	1,800
1,350×1,350	2,550	1,900	3,050	1,780	1,970	2,000
1,500×1,500	2,700	2,150	3,350	2,000	2,170	2,200

참조 : <그림 9>

구 분 D	재 료		
	콘 크 리 트(m ³) 40-180-8	잡 석 (m ³)	거푸집(6회) (m ²)
400×400	2.11	0.47	5.20
450×450	2.79	0.59	6.17
500×500	3.36	0.67	7.01
600×600	4.93	1.34	8.83
700×700	6.53	1.63	10.61
800×800	9.09	2.67	16.72
900×900	11.05	3.14	19.55
1,000×1,000	13.62	3.69	22.29
1,100×1,100	16.10	4.22	25.53
1,200×1,200	19.25	4.90	29.51
1,350×1,350	25.06	6.02	35.32
1,500×1,500	32.74	7.05	43.72

(h : D 800mm이상 300mm)

3.9 정자관 (D=1,650~2,400mm)일 경우



<그림 10>

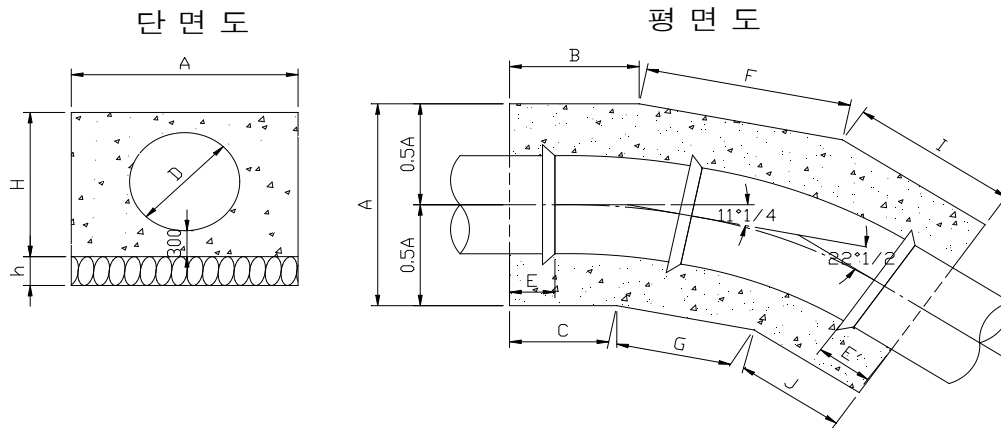
참조 : <그림 10>

구 분 D	치 수 (mm)					
	A ₁	A ₂	H	L	M	N
1,650×1,650	2,850	2,750	2,400	5,300	3,100	3,200
1,800×1,650	3,000	2,700	2,550	5,000	3,500	3,650
1,800×1,800	3,000	3,000	2,550	5,000	3,500	3,500
2,000×1,650	3,200	2,700	2,750	5,500	3,900	4,150
2,000×1,800	3,200	3,000	2,750	5,500	3,900	4,000
2,000×2,000	3,200	3,200	2,750	5,500	3,900	3,900
2,200×1,650	3,400	2,700	2,950	6,000	4,300	4,650
2,200×1,800	3,400	3,000	2,950	6,000	4,300	4,500
2,200×2,000	3,400	3,200	2,950	6,000	4,300	4,400
2,200×2,200	3,400	3,400	2,950	6,000	4,300	4,500
2,400×1,650	3,600	2,700	3,150	6,400	4,600	5,050
2,400×1,800	3,600	3,000	3,150	6,400	4,600	4,900
2,400×2,000	3,600	3,200	3,150	6,400	4,600	4,800
2,400×2,200	3,600	3,400	3,150	6,400	4,600	4,700
2,400×2,400	3,600	3,600	3,150	6,400	4,600	4,600

참조 : <그림 10>

구 분 D	재 료		
	콘 크 리 트(m^3) 40-180-8	잡 석(m^3)	거푸집(6회) (m^2)
1,650×1,650	60.73	11.62	47.20
1,800×1,650	66.22	11.84	51.57
1,800×1,800	67.40	12.15	51.90
2,000×1,650	81.20	13.72	58.81
2,000×1,800	82.71	14.07	59.21
2,000×2,000	82.43	14.30	59.37
2,200×1,650	97.93	15.72	66.41
2,200×1,800	99.82	16.11	66.87
2,200×2,000	99.63	16.37	67.07
2,200×2,200	99.25	16.63	67.65
2,400×1,650	114.45	17.55	73.34
2,400×1,800	116.72	17.96	73.85
2,400×2,000	116.65	18.24	74.09
2,400×2,200	116.37	18.52	74.31
2,400×2,400	115.89	18.79	74.51

3.10 곡관 11¼°+ 22½°조합 (D = 400~3,000mm)일 경우

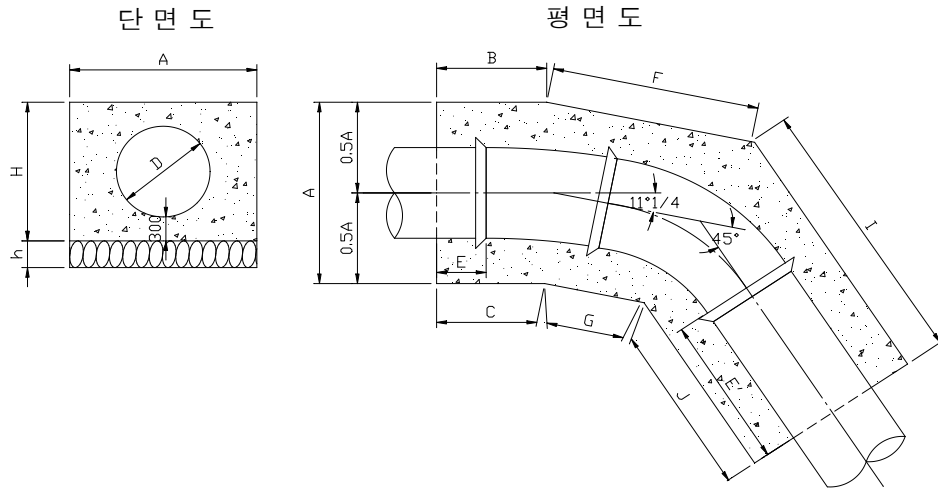


<그림 11>

참조 : <그림 11>

구 분 D	재 료		
	콘 크 리 트(m³) 40-180-8	잡 석 (m³)	거푸집(6회) (m²)
400	2.79	0.68	6.79
450	3.12	0.73	7.39
500	3.80	0.86	8.56
600	5.04	1.58	10.22
700	6.04	1.79	11.73
800	7.45	2.00	13.85
900	8.72	2.23	15.58
1,000	10.95	2.65	17.99
1,100	12.48	2.90	19.88
1,200	13.54	3.04	21.19
1,350	16.74	3.53	24.35
1,500	22.26	4.22	30.48
1,650	32.56	5.70	41.38
1,800	39.49	6.71	48.21
2,000	48.24	7.89	56.50
2,200	58.53	9.22	65.79
2,400	69.58	10.60	75.44
2,600	81.96	12.09	85.90
2,800	95.56	13.68	97.03
3,000	110.51	15.37	108.86

3.11 곡관 11¼°+ 45°조합 (D = 400~3,000mm)일 경우

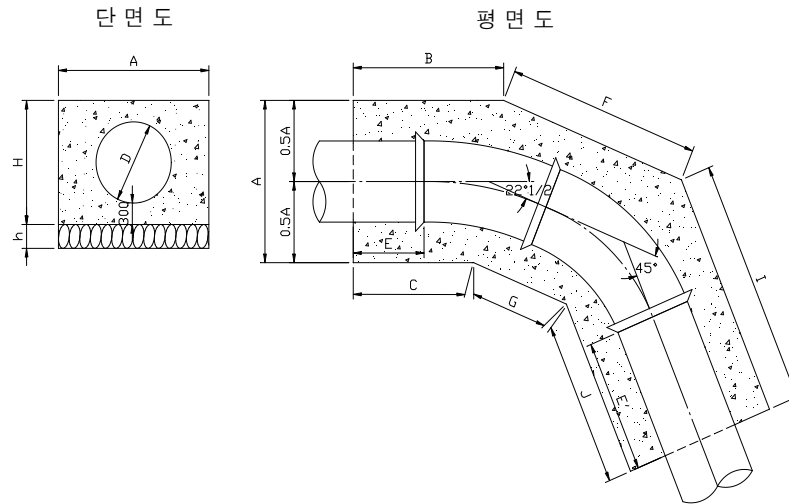


<그림 12>

참조 : <그림 12>

구 분 D	재 료		
	콘 크 리 트(m³) 40-180-8	잡 석 (m³)	거푸집(6회) (m²)
400	2.87	0.69	6.88
450	3.06	0.73	7.39
500	3.76	0.87	8.61
600	4.95	1.59	10.23
700	5.93	1.79	11.73
800	8.68	2.32	15.47
900	11.68	2.91	19.06
1,000	14.81	3.44	21.87
1,100	17.82	4.09	25.82
1,200	21.32	4.69	29.59
1,350	27.93	5.75	35.37
1,500	36.23	6.77	44.02
1,650	55.16	9.60	63.28
1,800	69.47	11.55	75.64
2,000	78.89	12.93	85.40
2,200	95.42	15.07	99.60
2,400	112.94	17.24	114.21
2,600	132.67	19.59	129.98
2,800	154.36	22.09	146.76
3,000	178.08	24.73	164.55

3.12 곡관 22½°+ 45°조합 (D = 400~3,000mm)일 경우

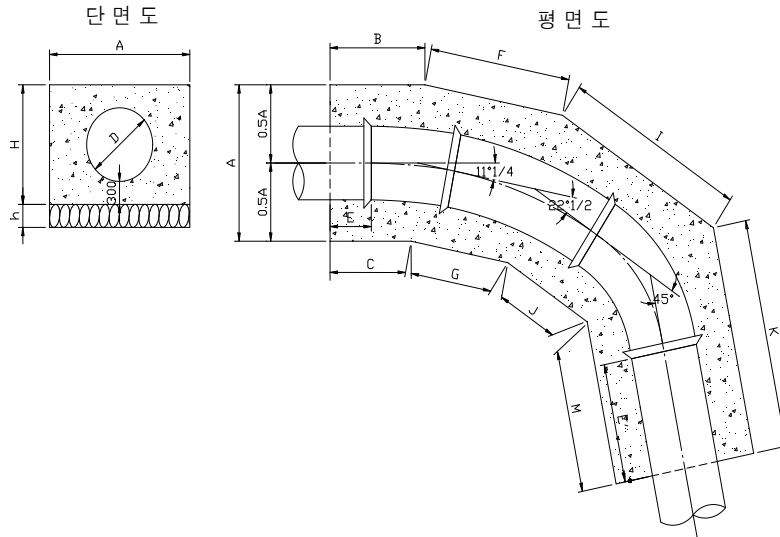


<그림 13>

참조 : <그림 13>

구 분 D	재 료		
	콘 크 리 트(m³) 40-180-8	잡 석 (m³)	거푸집(6회) (m²)
400	2.58	0.62	6.41
450	2.92	0.69	7.11
500	3.42	0.78	8.01
600	4.81	1.54	10.00
700	6.13	1.84	11.95
800	10.40	2.81	17.90
900	13.54	3.45	21.78
1,000	17.19	4.13	25.28
1,100	20.89	4.88	29.78
1,200	24.97	5.64	34.38
1,350	32.53	6.89	41.07
1,500	43.05	8.18	51.51
1,650	62.86	11.20	72.26
1,800	74.94	12.98	83.75
2,000	91.74	15.28	98.85
2,200	110.68	17.73	115.03
2,400	131.40	20.38	132.51
2,600	154.28	23.22	151.29
2,800	179.35	26.23	171.29
3,000	206.68	29.43	192.53

3.13 곡관 11¼°+ 22½°+ 45°조합 (D = 400~3,000mm)일 경우

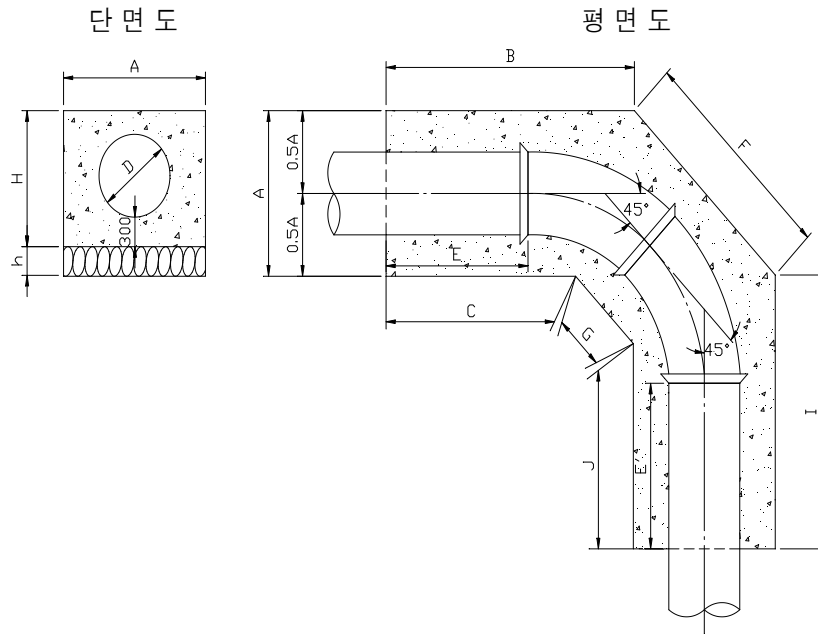


<그림 14>

참조 : <그림 14>

구 분 D	재 료		
	콘 크 리 트(m³) 40-180-8	잡 석 (m³)	거푸집(6회) (m²)
400	3.23	0.77	6.41
450	3.68	0.86	7.11
500	4.47	1.00	8.01
600	6.56	2.03	10.00
700	8.81	2.53	11.95
800	15.96	4.07	17.90
900	20.94	5.02	21.78
1,000	26.79	6.04	25.28
1,100	33.04	7.15	29.78
1,200	40.79	8.42	34.38
1,350	54.16	10.38	41.07
1,500	73.10	12.45	51.51
1,650	114.59	17.59	72.26
1,800	138.09	20.45	83.75
2,000	173.52	24.25	98.85
2,200	212.67	28.16	115.03
2,400	256.88	32.38	132.51
2,600	306.57	36.90	151.29
2,800	361.99	41.71	171.29
3,000	423.43	46.80	192.53

3.14 곡관 45°+ 45°조합 (D = 400~3,000mm)일 경우

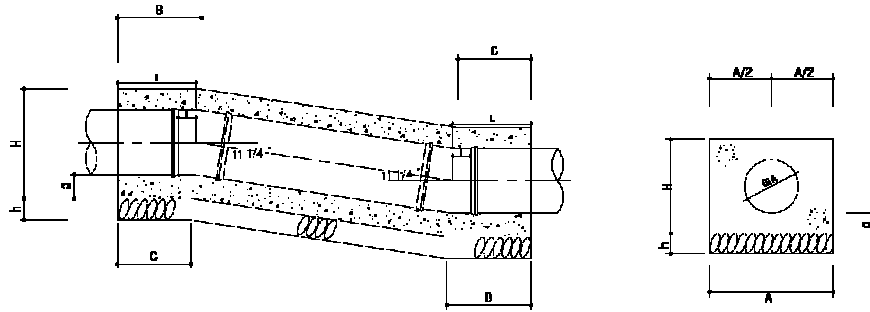


<그림 15>

참조 : <그림 15>

구 분 D	재 료		
	콘 크 리 트(m³) 40-180-8	잡 석 (m³)	거푸집(6회) (m²)
400	2.53	0.62	6.41
450	2.96	0.70	7.19
500	3.79	0.87	8.61
600	5.71	1.82	11.32
700	7.94	2.40	14.59
800	13.54	3.73	22.49
900	17.29	4.56	27.44
1,000	21.96	5.49	31.94
1,100	26.86	6.47	37.70
1,200	32.24	7.52	43.94
1,350	41.45	9.11	52.09
1,500	54.64	10.77	65.27
1,650	78.87	14.34	89.92
1,800	94.22	16.61	104.33
2,000	115.43	19.58	123.52
2,200	139.37	22.82	144.47
2,400	164.30	26.03	165.49
2,600	191.71	29.45	187.94
2,800	221.69	33.08	211.80
3,000	254.32	36.91	237.08

3.15 곡관 11¼° 종단굴곡 (D=400~3,000mm)일 경우



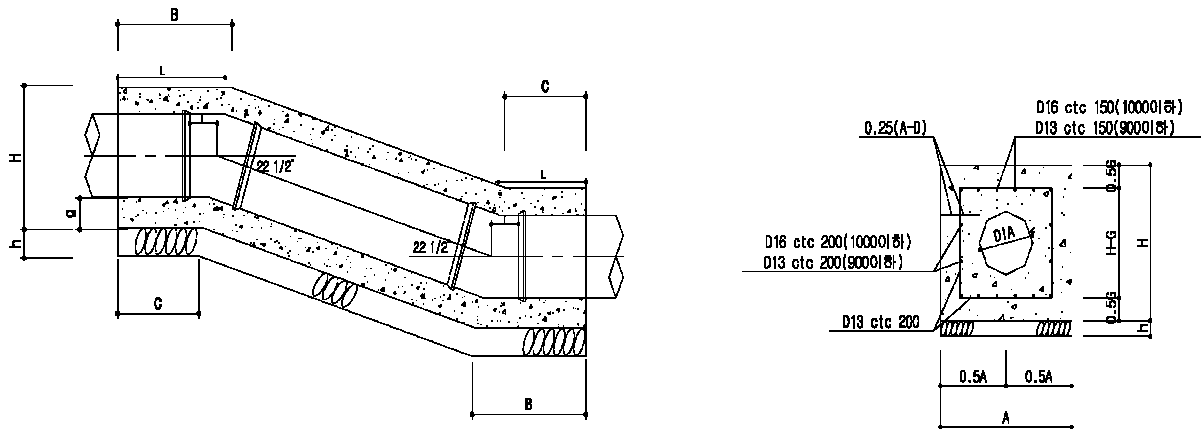
<그림 16>

참조 : <그림 16>

구 분 D	치 수 (mm)								
	A	B	C	E	g	H	h	L	I
400	700	840	760	250	200	750	200	800	550
450	750	840	760	250	200	800	200	800	550
500	800	940	860	250	200	850	200	900	650
600	900	1050	950	340	200	950	300	1000	650
700	1000	1050	950	340	200	1050	300	1000	650
800	1150	1060	940	340	200	1200	300	1000	660
900	1300	1060	940	330	200	1300	300	1000	660
1,000	1350	1170	1030	440	200	1400	300	1100	710
1,100	1500	1170	1030	430	200	1500	300	1100	670
1,200	1650	1180	1020	430	200	1650	300	1100	670
1,350	1800	1190	1010	420	300	1900	300	1100	670
1,500	2050	1200	1000	420	300	2100	300	1100	670
1,650	2250	1230	1020	450	300	2250	300	1130	670
1,800	2400	1310	1090	520	300	2400	300	1200	680
2,000	2600	1420	1180	620	300	2600	300	1300	680
2,200	2800	1530	1270	710	300	2800	300	1400	690
2,400	3000	1640	1370	810	300	3000	300	1500	840
2,600	3200	1750	1470	910	300	3200	300	1600	900
2,800	3400	1860	1570	1010	300	3400	300	1700	850
3,000	3600	1970	1670	1110	300	3600	300	1800	900

구 분 D	재 료		
	콘 크 리 트(m³) 40-180-8	잡 석 (m³)	거푸집(6회) (m²)
400	2.56	1.34	3.20
450	2.82	1.44	3.44
500	3.48	1.73	4.03
600	4.35	2.29	4.76
700	5.06	2.54	5.32
800	6.70	2.93	6.34
900	8.05	3.31	7.07
1,000	9.10	3.75	7.98
1,100	10.50	4.13	8.66
1,200	12.86	4.54	9.85
1,350	16.07	4.95	11.65
1,500	20.51	5.64	13.56
1,650	23.88	6.31	15.05
1,800	27.40	7.10	16.66
2,000	32.28	8.21	18.83
2,200	37.80	9.42	21.18
2,400	46.55	10.99	24.52
2,600	54.65	12.51	27.53
2,800	61.20	13.91	29.95
3,000	70.56	15.59	33.17

3.16 곡관보호공 22½°종단굴곡 (D=400~3,000mm)일 경우



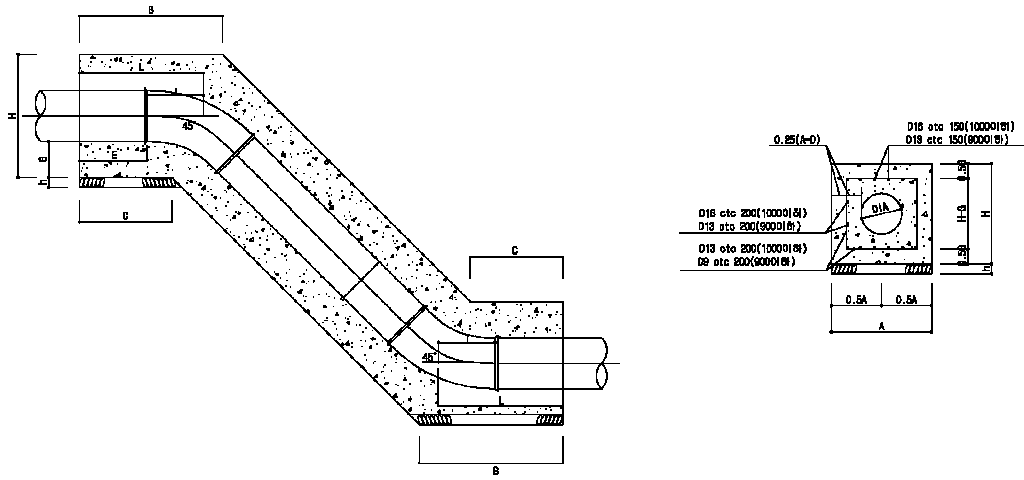
<그림 17>

참조 : <그림 17>

구 분 D	치 수 (mm)								
	A	B	C	E	G	H	h	L	I
400	750	880	720	380	200	800	200	800	420
450	850	890	710	340	200	900	200	800	450
500	850	1000	800	400	300	1000	200	900	500
600	1000	1110	890	420	300	1100	300	1000	580
700	1150	1220	980	430	300	1200	200	1100	670
800	1350	1440	1160	550	300	1400	300	1300	740
900	1500	1450	1150	470	300	1550	300	1300	830
1,000	1650	1660	1340	590	300	1600	300	1500	910
1,100	1750	1670	1330	520	400	1750	300	1500	970
1,200	1850	1790	1410	620	400	1900	300	1600	970
1,350	2100	1810	1390	620	400	2100	300	1600	970
1,500	2250	1930	1470	710	400	2300	300	1700	980
1,650	2450	2460	1640	1370	400	2450	300	2050	680
1,800	2600	2640	1760	1530	400	2600	300	2200	680
2,000	2800	2880	1920	1710	400	2800	300	2400	690
2,200	3000	3120	2080	1620	400	3000	300	2600	770
2,400	3200	3360	2240	1770	400	3200	300	2800	920
2,600	3400	3600	2720	1920	400	3400	300	3000	1070
2,800	3600	3840	2880	2070	400	3600	300	3200	1220
3,000	3800	4080	3040	2220	400	3800	300	3400	1370

구 분 D	재 료		
	콘 크 리 트(m^3) 40-180-8	잡 석 (m^3)	거푸집(6회) (m^2)
400	2.79	1.40	3.70
450	3.64	1.60	4.36
500	4.31	1.79	5.11
600	5.98	2.50	6.21
700	8.04	2.95	7.44
800	12.71	4.31	9.89
900	16.08	4.87	11.53
1,000	19.73	6.10	13.02
1,100	22.98	6.53	14.62
1,200	26.89	7.27	16.43
1,350	33.60	8.26	18.85
1,500	39.94	9.31	21.44
1,650	46.06	11.41	23.56
1,800	52.78	12.89	26.01
2,000	62.77	15.02	29.50
2,200	75.28	17.44	33.62
2,400	90.77	20.17	38.44
2,600	115.41	24.18	44.67
2,800	135.37	27.37	50.18
3,000	157.26	30.75	56.01

3.17 곡관 45°종단굴곡 (D=400~3,000mm)일 경우



<그림 18>

참조 : <그림 18>

구 분 D	치 수 (mm)								
	A	B	C	E	g	H	h	L	I
400	900	1100	690	470	300	1000	200	900	430
450	1000	1200	780	530	300	1050	200	1000	470
500	1000	1430	970	680	300	1100	200	1200	510
600	1250	1470	730	600	400	1300	300	1200	600
700	1350	1690	1110	710	400	1400	300	1400	790
800	1650	1850	1150	720	500	1700	300	1500	770
900	1750	2080	1370	840	500	1850	300	1700	860
1,000	1800	2310	1480	960	500	2000	300	1900	940
1,100	2050	2340	1470	870	500	2100	300	1900	1030
1,200	2150	2560	1640	1070	500	2200	300	2100	1030
1,350	2400	2610	1590	1060	500	2450	300	2100	1030
1,500	2700	2660	1540	1060	500	2700	300	2100	1040
1,650	2850	3530	2410	2300	600	2850	300	3000	700
1,800	3000	3920	2680	2590	600	3000	300	3300	710
2,000	3200	4360	3040	2990	600	3200	300	3700	710
2,200	3400	4800	3400	3300	600	3400	300	4100	830
2,400	3600	5150	3660	3590	600	3600	300	4400	950
2,600	3800	5500	3920	3880	600	3800	300	4700	1070
2,800	4000	5850	4180	4170	600	4000	300	5000	1190
3,000	4200	6200	4440	4460	600	4200	300	5300	1310

구 분 D	재 료		
	콘 크 리 트(m^3) 40-180-8	잡 석 (m^3)	거푸집(6회) (m^2)
400	4.88	1.86	5.20
450	6.09	2.27	5.90
500	7.08	2.70	6.67
600	10.36	3.39	8.41
700	14.69	4.62	10.54
800	23.21	5.96	14.02
900	29.57	7.20	16.62
1,000	34.72	8.11	18.97
1,100	42.76	9.39	21.14
1,200	48.66	10.68	23.17
1,350	60.15	11.92	26.68
1,500	74.89	13.43	30.70
1,650	93.58	18.55	35.74
1,800	110.00	21.53	39.97
2,000	132.31	25.52	45.62
2,200	160.76	30.08	52.44
2,400	189.23	34.31	59.03
2,600	220.45	38.81	65.99
2,800	254.50	43.58	73.33
3,000	291.49	48.62	81.04

<별첨 2> 수도용강관 분말 용착식 폴리에틸렌 3층 피복 방법

1. 적용범위

이 규격은 한국수자원공사 수도시설의 도·송수관로, 취·정수장내의 구내 및 구체배관에 대하여 수도용 강관의 외면을 보호하기 위한 수도용강관 분말 용착식 폴리에틸렌 3층 피복에 대하여 적용한다.

2. 인용규격

다음의 규격은 이 규격에 인용됨으로써 이 규격의 일부를 구성하며, 이러한 인용규격은 그 최신판을 적용한다.

- KS D 3565 상수도용 도복장 강관
- KS D 3578 수도용 도복장 강관 이형관
- KS D 3589 압출식 폴리에틸렌 피복강관
- KS D 3607 분말용착식 폴리에틸렌 피복강관
- KS M 3012 폴리에틸렌 시험방법
- KS M ISO 306 플라스틱 - 열가소성플라스틱 - 비커트 연화온도(VST) 시험방법
- KS M ISO 1133 플라스틱 - 열가소성플라스틱의 용융 질량 흐름(MFR) 및 용융 체적 흐름의 측정
- KS M ISO 1183 플라스틱 - 비발포 플라스틱의 밀도 측정 방법
- KS M ISO 2555 플라스틱 - 액상, 현탁상 및 분산상 수지 - 브룩필드법에 의한 겔보기 점도의 측정
- KS M ISO 2808 도료와 바니시 - 도막 두께 측정
- KS M ISO 2815 도료와 바니시 - 부흐홀츠 압흔 시험 방법
- KS M ISO 3001 플라스틱 - 에폭시 컴파운드 - 에폭시 당량의 측정
- KS M ISO 3251 도료와 바니시 - 도료, 바니시 및 도료와 바니시 결합체의 불휘발분 함량 측정법
- KS M ISO 4892-2 플라스틱 - 실험실 광원에 의한 폭로 시험 방법
- KS M ISO 8501-1 도료 및 관련제품의 도장전 강철 기재 조정 - 표면 세정 육안평가
- KS M ISO 8503-1 도료와 관련 제품의 도장 전 철강 소지 조정-마찰 세정된 철강 소지의 표면 거칠기 특성
- ISO 527-2 Plastic - Determination of tensile properties - Part 2
- ISO 4287-1 Surface roughness - Technology - Part 1
- KS M ISO 18553 폴리올레핀 관, 이음관, 컴파운드의 안료 및 카본 블랙 분산도 평가 방법
- EN 10285 Steel tubes and fittings for onshore and offshore pipelines - External three layer extruded polyethylene based coatings
- ASTM D 1921 Standard Test Methods for Particle Size(sieve analysis) of Plastic Materials

3. 용어정의

3.1 폴리에틸렌(Polyethylene: PE)

폴리에틸렌이란 나프타를 열분해하여 제조한 에틸렌(C_2H_4)의 중합체($-CH_2-$) $_n$ 를 말한다.

3.2 폴리에틸렌 분말

폴리에틸렌 분말이란 폴리에틸렌을 분말로 제조한 것을 말한다.

3.3 변성 폴리에틸렌

3.3.1 변성 폴리에틸렌이란 폴리에틸렌을 기저로하여 화학적으로 개질한 폴리에틸렌을 말하며, 피복공정에서는 분말에폭시층과 외부 폴리에틸렌층과의 사이에서 화학적 결합을 이루는 접착층으로 사용되는 것을 말한다.

3.3.2 접착층으로 사용되는 변성 폴리에틸렌은 외부 폴리에틸렌과의 기저(구조 및 밀도범위)가 유사한 것이어야 한다.

3.4 분말에폭시

분말에폭시란 에폭사이드기($R-C_2H_3O-$)를 갖는 열경화성 수지로서 경화제 및 촉매가 함유되어 있어 강관과 외부 폴리에틸렌층과의 화학적 결합을 이루는 것으로서 강한 접착력 부여를 목적으로 사용되는 것을 말한다.

4. 피복층의 구성

분말 용착식 폴리에틸렌 3층 피복의 구성은 표 1에 의한다.

표 1 피복의 구성

피복종류	기 호	구 성	적 용
분말용착식 3층 PE	3LC	1층: 에폭시(분말) 프라이머	직 관
		2층: 변성 폴리에틸렌 접착제	
		3층: 분말용착 폴리에틸렌 외장	이형관

5. 제조공정

5.1 표면 전처리

5.1.1 강관은 블라스트 연마처리가 되어야 한다. 블라스트 처리된 표면의 거칠기(Rz)는 40~90 μm 이내로 KS M ISO 8503-1에 따라 측정하며, 처리 정도는 KS M ISO 8501-1에 따라 Sa 2 $\frac{1}{2}$ 이되어야 한다.

5.1.2 블라스트 연마 처리를 행하기 전에 강관 표면은 건조되어야 하고 오염물(오일, 그리스, 임시 음극 방식 등)이 없어야 하며, 피복 부착력 또는 표면 전처리에 유해한 표면 결함(슬리브, 라미네이션 등)이 없어야 한다.

5.2 강관예열

전처리된 강관을 230℃±20까지 예열한다.

5.3 피복적용

피복은 3층으로 이루어져야 하고, 확립된 절차에 따라 제조 공장에서 행해져야 한다.

5.3.1 1층

강관 표면을 연마한 후 분말의 에폭시 수지 도막을 형성해야 한다. 건조된 도막의 최소두께는 80 μ m로 하고 KS M ISO 2808의 방법 5에 따라서 검사하여야 한다.

5.3.2 2층

2층은 1층과 3층간의 접착력과 조화를 부여하기 위한 고분자로 이루어지며 도막의 최소두께는 140 μ m로 한다.

5.3.3 3층

3층은 폴리에틸렌으로 최외곽층을 이룬다. 두께는 균일하여야 하며 표 2에 주어진 전체 피복두께의 요구사항을 만족하여야 한다. 피복에 요구되는 특성을 만족한다면 폴리에틸렌에 안료와 첨가제를 넣어도 되나 최소한 다음의 시험을 수행하여야 한다.

- 원재료의 정량분석
- KS M ISO 18553에 따른 안료와 첨가제의 분산 정도 결정

표 2 전체 피복층의 최소 두께

강관 호칭지름 A	80~150	200~1,000	1,100~2,000	2,100~3,000
피복 두께(mm)	2.0	2.5	3.0	3.5

주) 서브머지드 아크 용접관의 경우 용접부의 피복두께는 표2 에 주어진 두께의 10%를 감할 수 있다.

5.4 피복층 냉각

피복층을 형성시킨 후 냉각속도는 폴리에틸렌 제조자의 추천에 따른다.

5.5 끝단부 처리

관 끝단부의 피복은 용접합을 고려하여 구매자가 요구에 따라 끝단으로부터 소정길이 만큼 피복을 적용하지 않거나 적용된 피복을 강관표면의 손상이 없는 방법으로 벗겨내어야 하며 절단부는 30°이하의 베벨각을 형성하여야 한다.

6. 피복 요구사항

6.1 피복 원소재 물성

원소재에 대하여는 표 3에 명시된 항목에 관한 시험성적서를 구비하여 제시하여야 한다.

표 3 원소재의 기본물성

구 분	항 목	단 위	기 준 치	시 험 방 법
1층 (에폭시층)	비중 평균입도 겔화시간 경화조건	- μm sec $^{\circ}\text{C}$, min	1.42 ± 0.05 50 ± 20 50 ± 10 $240\pm 20, 5\pm 1$	KS M 3012 ASTM D 1921 DIN 55990
2층 (변성폴리에틸렌층)	밀도 인장강도 연신율 경도 연화점	g/cm^3 kN/cm^2 % HD $^{\circ}\text{C}$	0.915 이상 1.18이상 300이상 40이상 85이상	KS D 3589 부속서2
3층 (폴리에틸렌층)	밀도 인장강도 연신율 내환경성 경도 연화점 흡수율 절연피괴전압	g/cm^3 kN/cm^2 % hr HD $^{\circ}\text{C}$ % KV	0.915 이상 1.18이상 300이상 96이상 40이상 85이상 0.01이하 30이상	KS D 3589 부속서1

6.2 적용 피복 물성

적용된 피복은 표 4와 같은 물성이 요구되며, 표 4에 명시된 시험방법에 의한 결과치가 기준치와 동등하거나 이상이어야 한다.

표 4 완성피복의 물성

구 분	항 목	기 준 치	시 험 방 법
1층 (에폭시층)	경화도 두께	원소재의 유리전이온도의 변화치 (ΔT_g)에 기초하여 판정 $\geq 80\mu\text{m}$	KS D 3589 부속서A KS D 3589 부속서B (두께 검사)
2층 (변성폴리에틸렌층)	두께	$\geq 140\mu\text{m}$	KS D 3589 부속서B (두께 검사)

구 분	항 목	기 준 치	시 험 방 법
완성층	두께	80~150A : $\geq 2.0\text{mm}$ 200~1,000A : $\geq 2.5\text{mm}$ 1,100~2,000A : $\geq 3.0\text{mm}$ 2,100~3,000A : $\geq 3.5\text{mm}$	KS D 3589 부속서B (두께 검사)
	외관 및 연속성 핀홀 충격저항	색상 및 외관이 균일하고, 피복의 질에 해로운 결함이 없을 것 핀홀이 없어야 함 $\geq 5\text{J} \times k / \text{피복두께}(\text{mm})$ · J : 충격에너지(Joules) · k : 200A이상 1.0 · k : 150A이하 0.85	KS D 3589 부속서C KS D 3589 부속서D
	당김강도 내침입저항성 절연저항(R_s)	$\geq 100 \text{ N/10 mm}$ ($23 \pm 2^\circ\text{C}$) $\leq 0.3\text{mm}$ ($23 \pm 2^\circ\text{C}$) ① 100일간 침지후 $R_s \geq 10^8 \Omega \text{ m}^2$ ② 70일간 침지 후의 R_s 값이 100 일간의 값보다 클 때, 그때의 비 율은 $a = \frac{100\text{일간의 } R_s}{70\text{일간의 } R_s} \geq 0.8$	KS D 3589 부속서E KS D 3589 부속서F KS D 3589 부속서G
	파단연신율 자외선에 대한 저항	$\geq 350\%$ ($23 \pm 2^\circ\text{C}$) 노출후 파단연신율 $\geq$ 노출전 50% 또는 노출전 $65\% \leq$ 노출후 용융흐름지수 (ΔMFR) $\leq$ 노출전 135%	KS D 3589 부속서H KS D 3589 부속서J.1
	열안전성	노출전 $65\% \leq$ 노출후 ΔMFR $\leq$ 노출전 135%	KS D 3589 부속서J.2
	음극박리	평균값 $\leq 8\text{mm}$ 최대값 $\leq 10\text{mm}$	KS D 3589 부속서K
	굴곡성	$R \geq 19.6 \times \text{샘플두께}(\text{mm})$ (R : 손상이 없는 곡률반지름)	

7. 검사

모든 피복관은 제작전 제작사양서 및 시험검사 절차서를 발주자에게 제출, 승인을 취득한 후 제작에 착수할 수 있으며 승인도서 및 표 5에 따라 관련시험 및 검사를 받아야 한다.

표 5 시험항목별 최소 검사주기

항 목	최소 검사 주기
블라스트 세정전 표면 조건	모든 관
블라스트 세정전 표면의 조도	설비교체(shift)마다 1회
블라스트 세정 표면의 육안 특성	모든 관
피복전 가열온도	1시간마다 1회
경화도	1회
외관 및 연속성	모든 관
피복 두께	1시간마다 1개
핀홀	모든 관
충격저항	폴리에틸렌 로트마다 1회
당김강도	폴리에틸렌 로트마다 1회
내침입도	폴리에틸렌 로트마다 1회
절연저항	1회
파단연신율	폴리에틸렌 로트마다 1회
자외선에 대한 안전성	폴리에틸렌 로트마다 1회
열안전성	폴리에틸렌 로트마다 1회
음극박리	폴리에틸렌 로트마다 1회
굴곡성	폴리에틸렌 로트마다 1회

8. 기타

8.1 표기

8.1.1 강관 외면 표기

피복강관의 외면에 백색 페인트를 사용하여 4개소(90°)를 표기하며 직관의 경우 관길이를 균등 분할하여 원주방향으로 다음과 같은 내용을 표기한다.

주문자명	피복 제조자명
원관의 기호	
원관의 치수(호칭×두께×길이)	
피복의 종류	
제조년월, 생산번호	
파이프 NO.	
검사자 성명	

* 글씨 크기: 25mm×25mm, 글자색깔: 흰색

8.1.2 경고표지

황색바탕의 흑색글씨로 자외선 노출에 대한 경고내용의 표지(12cm×7cm)를 인쇄(내수성 용지)하여 강관의 양단에 부착한다.

8.2 취급

피복관은 매우 조심스럽게 다루어 설치전까지 피복의 건전성 및 내면의 청정성을 유지하여야 한다.

8.3 차량적재 및 운송

피복손상을 방지할 수 있도록 적절한 적재조임 장비(바인더, 스트랩, 벨트)를 사용하고, 모든 체인이나 관 지지대간에는 충분한 패드를 댄다.

8.4 저장

8.4.1 저장장소는 바위, 돌맹이 및 기타 뾰족한 물질 등이 없어야 한다.

8.4.2 관과 관의 접촉부위는 고무와 같은 물질로 패드를 대고, 최하단의 관이 구르지 않도록 패드 웨지를 설치한다.

8.4.3 저장을 위해 적재시에도 적절한 하적장비(바인더, 스트랩, 벨트)를 사용하도록 한다.

8.4.4 관의 적층은 관의 두께, 피복두께 및 외부 온도에 따라 제한되지만, 최대한 3층 이내로 적층한다.

8.4.5 야적시 외부 자외선으로부터 열화되는 것을 방지하기 위하여 햇빛 차단용 덮개를 사용하며, 공기가 잘 통하도록 한다.

8.5 보수

공장에서 피복공정시 피복의 보수는 허용되지 않는다.