

4. 도 수 시 설

4. 도 수 시 설

4.1 총설

4.1.1 기본사항

도수시설은 취수시설에서 취수된 원수를 정수시설까지 끌어들이는 시설로 도수관 또는 도수거, 펌프설비 등으로 구성된다.

도수시설이 사고가 발생할 경우에 도수량의 저하나 도수의 정지에 의해 광범위하게 영향을 끼칠 우려가 있으므로 필요량을 확실하게 도수할 수 있도록 함과 동시에 높은 신뢰성이 요구된다. 이 때문에 송·배수시설에서의 계통연결의 유무 등을 고려하여 도수노선의 복수화에 관해서도 검토해야 한다.

한편 도수시설의 설계에서는 적절한 노선의 선정, 시설의 내진성 및 내구성의 확보, 도수중의 수질오염방지, 유지관리의 용이성, 경제성 등에 대해서도 충분하게 검토할 필요성이 있다. 이 경우 몇 개의 노선에 대한 답사, 지표지질 자료수집(필요시 지질조사 시행) 등을 행하여 시점·종점간의 고저차 관계, 길이, 지형, 지세, 건설의 난이도 등에 대해 검토한 후에 수리적으로나 경제적으로 최적의 노선을 선정해야 한다.

특히 교체주기가 비교적 짧은 전기·기계·계측제어설비의 배치 등에는 장래의 교체계획을 근거로 하여 검토함과 동시에 장래의 시설교체에 관해서도 고려해 두는 것이 중요하다.

또한 유지관리를 합리적으로 수행하기 위해 수위, 수압, 도수량 등을 항상 감시·제어할 수 있는 계측제어설비를 설치하고, 이들 자료는 연속적으로 축적·정리함으로써 장래의 시설의 개량·교체에 유용할 수 있도록 하여야 한다.

또한 조사결과 기존 도수시설에 사고가 발생할 우려가 높은 경우에는 보강과 개량 또는 별도의 노선설치 등을 검토해야 한다.

그 밖에도 지형, 지질, 민원, 지가(地價) 등을 고려하여 지형조건이 가능하다면 원수를 일시 저류하였다가 갈수시나 수질오염 사고시 또는 긴급시 등의 비상급수시에 수량 확보를 도모하기 위한 원수조정지를 만드는 것을 검토해 볼 필요가 있다.

4.1.2 계획도수량

도수시설의 계획도수량은 계획취수량을 기준으로 한다.

【해설】

계획도수량은 계획취수량을 기준으로 하되 장래 확장에 대한 수원의 취수량 증가 가능성이 있을 경우에는 장래의 확장 분을 포함하여 미리 계획하는 것이 유리하다.

특히 시공이 곤란한 장소(터널, 하천횡단 등), 장래의 확장 분을 별도로 시공하기보다 동시에 시공하는 편이 장기적인 측면에서 경제적인 장소, 장래의 확장분에 대한 용지매수나 용지취득이 곤란할 것으로 예상되는 장소 등에 관해서도 장래 확장 분을 포함하여 계획하는 쪽이 유리하다.

4.1.3 도수방식

도수방식의 선정에서는 취수원에서 정수장까지의 고저관계, 계획 도수량의 대소, 노선의 입지조건, 건설비, 유지관리비 등을 종합적으로 비교·검토하여 결정해야 한다.

【해설】

도수방식은 취수시설과 정수시설간의 표고, 계획도수량의 대소, 노선의 입지조건, 건설비, 유지관리비 등을 종합적으로 고려하여 결정한다.

도수방식에는 시점인 취수시설에서 그 종점인 정수장간의 표고, 노선에 따른 지형과 지세 등에 따라 자연유하식, 펌프가압식 및 병용식이 있다.

노선에 따른 지형과 지세가 비교적 평탄하고 또한 시점과 종점간의 유효낙차가 충분히 있는 경우에는 안정성이 높고 관리가 용이하며 동력비가 불필요하다는 것 등으로부터 자연유하식이 일반적이다.

시점수위보다 종점수위가 높은 경우나 유효낙차가 적어 자연유하식이 불가능한 경우는 펌프가압식을 채택한다.

수로의 형식은 관수로식과 개수로식으로 분류되지만, 펌프가압식에서는 일반적으로 관수로식을 채용한다.

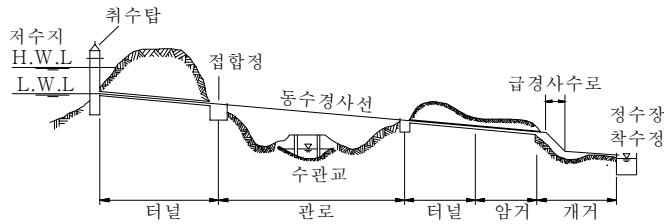
자연유하식에 있어서도 관수로식과 개수로식이 있지만, 어떤 것을 채용할 것인가는 노선에 따른 지형, 지세, 용지취득의 난이, 공사의 시공성, 유지관리의 용이성이나 경제성, 환경에의 영향 등을 검토하여 결정한다.

관수로식은 일반적으로 공공도로 밑을 점용할 수 있으며 장애물에 대해서도 비교적 용이하게 우회할 수 있고 오염을 방지할 수 있다는 등으로부터 채용하는 경우가 많다.

개수로식은 도수량이 큰 경우나 시점과 종점간의 유효낙차가 비교적 작은 경우에 적합하지만, 증발에 의한 물 손실, 외부로부터의 수질오염, 토사의 유입에 의한 매몰 등의 문제가 있기 때문에 이들에 관해서 미리 조사하여 채택여부를 결정한다.

노선선정에서는 개수로로 하는 경우라도 하천, 산, 산골짜기, 철도, 도로 등을 횡단하는 경우에는 수관교, 터널 및 역사이편 등 지형과 지세에 따라 관수로와 개수로로 병용할 수도 있다(<그림-4.1.1> 참조).

또한 시점과 종점간의 수위차가 과대할 때는 수로중간에 급경사수로로 설치하거나 집합정을 설치하고 제수밸브로 조절하는 방식도 사용된다.



<그림 4.1.1> 도수노선 종단면도

4.1.4 도수 노선

도수 노선의 선정은 다음 각 항에 적합해야 한다.

1. 몇 개의 노선에 대해서 건설비 등의 경제성, 유지관리의 난이도 등을 비교·검토하고, 종합적으로 판단하여 결정하는 것이 바람직하다.
2. 원칙적으로 공공도로 또는 수도용지로 한다.
3. 수평이나 수직방향의 급격한 굴곡을 피하고, 언제라도 최소동수경사선 이하가 되도록 노선을 선정한다.

【해설】

1.에 대하여 ; 노선의 선정에 대해서는 몇 개의 노선에 대해 먼저 도면상에서 조사를 하고 다음에 현장 답사하여 설계상 문제가 되는 점을 조사한다. 또 이들 노선에 대해서 용지취득비, 건설비 등의 경제성, 자연재해에 대한 안전성, 유지관리의 난이성 등에 대해서 비교·검토하고, 종합적으로 판단하여 노선을 결정하는 것이 바람직하다.

도수거의 경우에는 균일하고 완만한 수면경사를 얻을 수 있는 용지확보의 가능성, 구릉지, 하천·산골짜기를 횡단하는 경우의 터널, 수로교, 역사이편 등에 관해서 공사의 난이성 및 공사비용 등에 관해서 검토해야 한다.

2.에 대하여 ; 도수관은 상수도에 있어 가장 중요한 간선의 일부이므로 그 관로는 유지관리상 사유지를 피해 공공도로 또는 수도용지 내에 매설하는 것이 바람직하다.

유지관리상 수도용지가 이상적이지만, 용지취득 또는 가옥이전이 곤란하며 고액의 매수비용을 요하는 곳도 있으므로 먼저 공공도로 이용을 원칙으로 하되 공공도로가 없을 경우나 있어도 도로 폭이 협소하거나 지나치게 우회하는 경우 또는 굴곡이 심하여 도수관로의 노선으로서 부적당한 경우에는 되도록 수도용지를 확보하여 수도전용 노선을 고려한다.

장래 수도전용 노선을 공공도로에 편입하는 것을 조건으로 매수를 용이하게 할 수도 있다. 이런 경우와 또 부근의 발전에 따라 장래 공공도로가 예상될 때는 당초부터 공공도로로서 노면하중을 고려하여 흙덮기와 관 두께를 고려해서 설계한다.

공공도로에 매설하는 경우는 먼저 하천횡단이나 철도횡단과 같은 특수한 장소에 대해서 점용이 가능한 지 사전에 각 관리자와 협의하여 시행한다.

3.에 대하여 ; 수평이나 수직방향의 급격한 굴곡은 손실수두를 크게 하고 수리학적으로 좋지 않으며 수압과 유속에 따라 관로와 외측을 향하는 힘이 작용하여 구조상의 약점으로 되므로 피

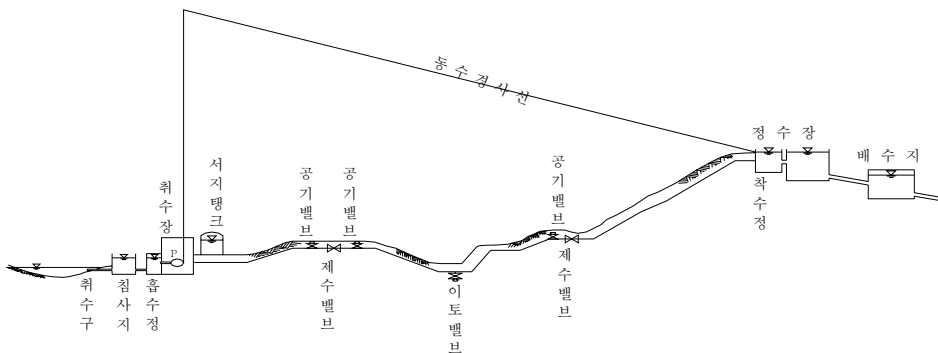
해야 한다.

관로의 일부가 동수경사선보다 높을 경우에는 관 상부의 관내 압력이 대기압보다도 작아지고, 거기에 수중의 공기가 분리되어 축적되면 통수에 방해가 될 뿐 아니라, 만일 조인트에 틈이 있거나 관에 균열이 생기면, 주위에서 역으로 빗물과 오수가 관내로 흡인하여 위생상으로도 좋지 않다. 따라서 관로 상 어떤 지점도 동수경사선보다 항상 낮게 위치하도록 노선을 선정한다.

4.2 도수관

4.2.1 총칙

도수관은 취수지점으로부터 정수장까지 원수를 관수로 도수하는 시설로서 도수관 본체, 펌프설비, 차단·제어용 밸브, 공기밸브 및 유량계, 배수(排水)설비, 접합정, 조압수조, 감압밸브, 그 외 부속설비로 구성(<그림-4.2.1> 참조)되는데, 부속설비를 배치할 때에는 관수로로서의 수리조건에 적합하고 유지관리를 고려한 적절한 것을 선택하여 적재적소에 배치해야 한다.

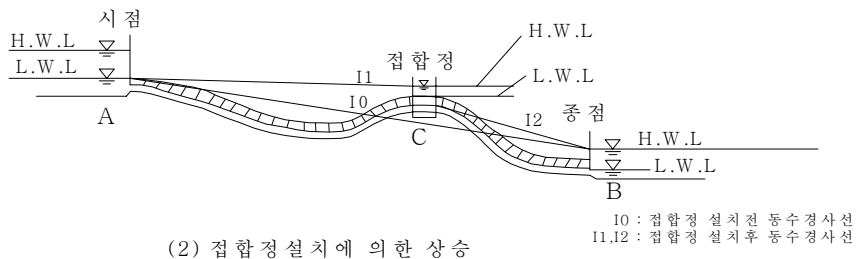
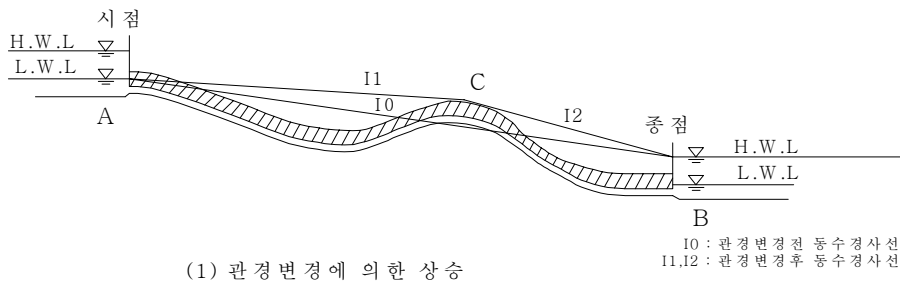


<그림-4.2.1> 도수관로도

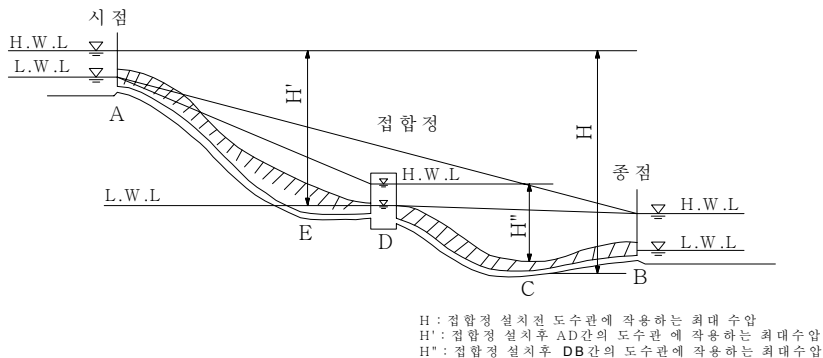
도수관은 주로 전용도로나 공공도로에 개착공법으로 매설하며 지반, 지형 및 지층에 대한 사전조사를 충분히 실시하고 적절한 관중 선정과 기초공 및 이형관보호 등을 실시한다. 또 도수관로가 하천, 철도, 주요도로 등을 횡단하거나 지형적으로 최소동수경사선을 넘는 산악, 구릉 등을 횡단할 때는 수관교 가설, 추진공법, 터널공법 또는 쉬일드(shield)공법 등 비개착공법을 채택하는데, 이들 공법은 개착공법에 비하여 대개 3배 이상 공사비가 소요되며 사고발생시의 복구에도 곤란한 경우가 많으므로 가능한 최단거리로 횡단하도록 한다. 상기 공법 중 어느 것을 택하는 가를 결정하기 위해서는 연장, 지형, 지질, 재해에 대한 안전성과 공사비 등을 종합적으로 검토해야 한다.

도수관의 노선은 관로가 항상 동수경사선 이하가 되도록 설정하고 항상 정압이 되도록 계획한다. 관로의 위치가 동수경사선 보다 위가 되는 것을 피할 수 없는 경우에는 지세를 잘 조사하여 부압이 생기는 장소의 상류 측에 대해서는 관경을 크게 하고 하류 측에 대해서는 관경을 작게 하거나 접합정을 설치함으로써 동수경사선의 상승시킬 수 있다(<그림-4.2.2> 참조).

관로에 작용하는 최대정수압이 부득이 고압이 되는 경우에는 특수한 고압관을 사용하거나 그 지점 상류 측의 적당한 위치에 접합정을 설치한 다음 자유수면에 압력을 개방하여 최대정수압을 감소시켜야 한다(<그림-4.2.3> 참조).



<그림-4.2.2> 동수경사선 상승사례



<그림-4.2.3> 도수관 정수압 경감사례

도수관의 초기 도수량은 계획도수량에 크게 미달할 때가 많으므로 소유량시의 유량조절 설비와 계량설비를 측관으로 설치해 두는 것이 바람직하다.

4.2.2 관종

수도관의 관종은 다음 각 항을 기본사항으로 해서 선정해야 한다.

1. 관의 재질에 의해서 물이 오염될 우려가 없어야 한다.
2. 내압과 외압에 대하여 안전해야 한다.
3. 매설조건에 적합해야 한다.
4. 매설환경에 적합한 시공성을 지녀야 한다.

【해설】

수도관으로서는 덕타일주철관, 강관, 유리섬유복합관, 스테인리스강관, 경질염화비닐관 및 수도용 폴리에틸렌관 등의 관종을 사용한다. 이 관들은 각각 재료, 제조방법, 규격치수, 강도 및 내외면 도장 등이 다르기 때문에 다음 각 항에 기초하여 위생성, 호환성, 내구성, 유지관리의 용이성 등을 고려하여 최적의 것을 선정한다. 실제로는 한국산업규격(KS) 또는 한국상하수도협회 규격(KWWA) 등의 규격이 있으므로 규격에 맞는 관종 및 관두께의 제품을 사용한다.

도수관로가 자연유하식으로 수압이 낮고 수압변동도 적으며 또한 지반이 견고하고 부등침하 등도 없으며 또 지진시의 지반변동에 의한 관체 및 조인트에의 영향이 없는 경우에는 프리스트레스트 콘크리트관 및 원심력철근 콘크리트관 등을 쓸 수도 있다.

1.에 대하여 ; 관의 재질에 기인하여 물이 오염될 우려가 없는 것으로 안전성이 확인된 것을 선정하여 사용한다.

수도사업자는 지금까지 <표-4.2.1>과 <표-4.2.2>에 나타난 관종을 수도관으로 사용하여 왔지만, 이들의 규격에 의한 관이 반드시 수질에 적합하다고는 할 수 없다. 이 때문에 법령에 정해진 시험을 실시하여 기준에 적합하다는 것을 확인한 다음에 관종 및 내·외부 도장방법을 선정해야 한다.

2.에 대하여 ; 관은 내압 및 외압 모두에 견딜 수 있는 강도를 지닌 것이어야 한다. 내압은 실제로 사용하는 관로의 최대정수압과 수격압을 고려한다. 또한 외압은 토압, 노면하중 및 지진력 등을 고려한다. <표-4.2.3>는 각 관종별 시험수압을 표시하였다.

관종의 선정시 강관, 덕타일주철관 등의 관두께는 실제로 작용하는 내압, 외압, 부등침하, 지진하중 등을 고려하여 관종별로 규격에 맞는 압력관을 사용해야 하며, 어떠한 경우라도 최소 관두께 이상이어야 한다. 관종별 관두께 계산식은 아래 【참고-4.2.1】에 따른다.

3.에 대하여 ; 매설장소의 제반조건, 즉 토질상태, 지하수의 상황, 기타 지하매설물의 유무 및 노면하중 등을 고려하여 최적의 관종을 선정한다. 특히 부식성이 강한 토질이나 지하수가 지역적으로 예상되는 경우에는 부식에 강한 관종을 선정한다. 한편 유기용제의 영향 등이 있는 장소에서는 경질염화비닐관 및 수도용 폴리에틸렌관 등의 사용은 피해야 한다.

4.에 대하여 ; 관종에 따라서 조인트의 구조가 다르며 이것이 시공의 난이도를 지배하는 큰 요소가 되므로 다른 지하매설물이 많이 매설되어 있는 경우나 조기에 되메우기가 요구되

는 경우에는 그 조인트의 구조에 대한 시공성도 고려하여 관종을 선정한다. 또한 매설환경에 따라서는 휨성, 이탈에 대한 저항, 신축성 등 플렉시블한 신축이음을 고려해야 하는 것도 있다.

<표-4.2.1> 배수관으로 사용되는 관종의 특징

재질별	장 점	단 점
덕타일 주철관	(1) 강도가 크고 내구성이 있다. (2) 강인성이 뛰어나고 충격에 강하다. (3) 이음에 신축 휨성이 있고 관이 지반의 변동에 유연하다. (4) 시공성이 좋다. (5) 이음의 종류가 풍부하다.	(1) 중량이 비교적 무겁다. (2) 이음의 종류에 따라서는 이형관 보호공을 필요로 한다. (3) 내외의 방식 면에 손상을 입히면 부식되기 쉽다.
강관	(1) 강도가 크고 내구성이 있다. (2) 강인성이 뛰어나고 충격에 강하다. (3) 용접이음에 의해 일체화가 가능, 지반의 변동에는 장대한 관로로서 유연하다. (4) 가공성이 좋다. (5) 라이닝(lining)의 종류가 풍부하다.	(1) 용접이음은 숙련공이나 특수한 공구를 필요로 한다. (2) 전식에 대한 배려가 필요하다. (3) 내외의 방식 면에 손상을 입히면 부식되기 쉽다.
경질염화 비닐관	(1) 내식성이 뛰어나다. (2) 중량이 가볍고 시공성이 좋다. (3) 가공성이 좋다. (4) 내면조도가 변화하지 않는다. (5) 고무윤형은 조인트의 신축성이 있고, 관이 지반 변동에 유연하게 대응할 수 있다.	(1) 저온시에 내충격성이 저하한다. (2) 특정 유기용제 및 열, 자외선에 약하다. (3) 표면에 상처가 생기면 강도가 저하한다. (4) 조인트의 종류에 따라 이형관 보호공을 필요로 한다.
수도용 폴리에틸렌관	(1) 내식성에 우수하다. (2) 중량이 가볍게 시공성이 좋다. (3) 용착 접속으로 일체화할 수 있고, 관체에 유연성이 있으므로 관로가 지반 변동에 유연하게 대응할 수 있다. (4) 가공성이 좋다. (5) 내면조도가 변하지 않는다.	(1) 열이나 자외선에 약하다. (2) 유기용제에 의한 침투에 조심해야 한다. (3) 용착 접속으로는 우천시나 용천수지반에서의 시공이 곤란하다. (4) 용착 접속은 컨트롤러나 특수공구를 필요로 한다.
스테인리스 강관	(1) 강도가 크고, 내구성이 있다. (2) 내식성이 우수하다. (3) 강인성이 뛰어나고 충격에 강하다. (4) 라이닝이나 도장을 필요로 하지 않는다.	(1) 용접 접속에 시간이 걸린다. (2) 이종금속과의 절연처리를 필요로 한다.

<표-4.2.2> 국내에서 생산되는 상수도용 관종

관 종	규 격	관경(mm)
덕타일주철관	KS D 4311	80~2600
덕타일 주철 이형관	KS D 4308	80~2600
상수도용 도복장 강관	KS D 3565	80~3,000
상수도용 도복장 강관 이형관	KS D 3578	80~3,000
일반 배관용 스테인리스강관	KS D 3595	8~ 300
수도용 에폭시수지 분체 내외면 코팅강관	KS D 3608	6~500
수도용 폴리에틸렌 분체 라이닝 강관	KS D 3619	15~ 100
프리스트레스트 콘크리트 실린더관	KS F 4406	500~2,000
이음매 없는 동 및 동합금 관	KS D 5301	8~150
원심력 철근콘크리트 관	KS F 4403	150~3,000
수도용 경질 염화비닐관	KS M 3401	13~300
수도용 경질 염화비닐 이음관	KS M 3402	13~300
수도용 폴리에틸렌관	KS M 3408	16~300
수도용 폴리에틸렌관의 이음관	KS M 3411	16~150
물공급용 유리섬유 강화 열경화성 플라스틱 압력관 및 이음관	KS M 3370	200~2,000

비고 : 수도용 강관 콜타르 에나멜(coal-tar enamel) 도복장 방법(KS D 8307).

수도용 강관 아스팔트 도복장 방법(KS D 8306).

수도용 타르 에폭시 수지도료 및 도장방법(KS D 8501).

수도용 액상 에폭시 수지도료 및 도장방법(KS D 8502).

덕타일주철관의 모르타르라이닝(KS D 4316)]

덕타일주철관 내면에폭시수지분체도장(KS D 4317)

<표-4.2.3> 관종별 시험수압

방법 관종	관경 및 시험			시험수압(MPa(kgf/cm ²))		
				1종관	2종관	3종관
덕타일주철관(KS D 4311)	호칭지름(mm)					
	300 이하			7(71.4)	6(61.2)	5(51.0)
	350~600			6(61.2)	5(51.0)	4(40.8)
	700~1000			5(51.0)	4(40.8)	3.2(32.6)
	1100~2000			4(40.8)	3.2(32.6)	2.5(25.5)
	2100~2600			3.2(32.6)	2.5(25.5)	1.8(18.4)
덕타일주철이형관(K S D 4308)	호칭지름(mm)			수압시험(MPa(kgf/cm ²))		
	300 이하			3.0(30.6)		
	350~600			2.5(25.5)		
	700~1200			2.0(20.4)		
	1350~2600			1.0(10.2)		
상수도용 도복장강관(KS D 3565)	종류의 기호			수압시험(MPa(kgf/cm ²))		
	STWW 290			2.5(25.5)		
	STWW 370			3.4(35.7)		
	STWW 400	호칭	A	2.5(25.5)		
		두께	B	2.0(20.4)		
상수도용 도복장강관이형관(KS D 3578)	종류의 기호			최고허용압력(MPa(kgf/cm ²))		
	F 12			1.2(12.5)		
	F 15			1.5(15.3)		
	F 20			2.0(20.4)		
수도용 에폭시수지 분체 내외면 코팅 강관(KS D 3608)	최고허용압력 1.0 MPa(10.2 kgf/cm ²)					
수도용 폴리에틸렌 분체 라이닝강관(KS D 3619)	정수두 100 m이하					
수도용 폴리에틸렌관(KS M 3408)	사용압력 0.75 MPa(7.6 kgf/cm ²) 수압시험 2.5 MPa(25.5 kgf/cm ²)					
수도용 폴리에틸렌이음관(KS M 3411)	수압시험 2.5 MPa(25.5 kgf/cm ²)					
수도용 경질염화비닐관(KS M 3401)	사용압력 0.75 MPa(7.65 kgf/cm ²)이하 수압시험 4 MPa(40.8 kgf/cm ²)이하					
수도용 경질 염화비닐 이음관(KS M 3402)	수압시험 4 MPa(40.8 kgf/cm ²)이하					
일반배관용 스테인리스 강관(KS D 3595)	사용압력 1.0 MPa(10.2 kgf/cm ²)					

[참고-4.2.1] 관두께 계산식

1. 덕타일주철관의 관두께 계산식

정수압, 수격압, 토피에 의한 토압, 트럭하중에 의한 토압을 전부 동시에 고려하여 유도한다.

지금, 정수압을 P_s , 수격압을 P_d 로 나타내면, 내압에 의해 발생하는 인장응력 σ_t 는

$$\sigma_t = \frac{(P_s + P_d)d}{2t}$$

이다.

또한 토피에 의해 발생하는 굽힘모멘트(bending moment)를 M_f , 트럭하중에 의해 발생하는 굽힘모멘트를 M_t 라고 하면, 외압에 의해 발생하는 굽힘응력(bending stress) σ_b 는

$$\sigma_b = \frac{M_f + M_t}{Z}$$

$$Z = \frac{bt^2}{6}$$

b : 단위길이

$$\therefore \sigma_b = \frac{6(M_f + M_t)}{t^2}$$

가 된다.

토피에 의한 토압을 W_f , 트럭하중에 의한 토압을 W_t 로 나타내면

$$M_f = K_f \cdot W_f \cdot R^2$$

$$M_t = K_t \cdot W_t \cdot R^2$$

이므로, 이것을 위의 식에 대입하면

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

로 된다(<참고도-4.2.1>).

그런데 σ_b 는 굽힘응력이므로 인장응력(tensile stress)으로 환산하기 위해서 0.7을 곱하고, 허용응력(allowable stress)을 σ_s 라고 하면, 관두께는 다음 식을 만족하도록 결정하면 되는 것으로 된다.

$$\sigma_t + 0.7\sigma_b = \sigma_s$$

여기서, 정수압에 대한 안전율 2.5

수격압에 대한 안전율 2.0

토피에 의한 토압안전율 2.0

노면하중에 의한 토압안전율 2.0

을 대입하고, 관재질의 인장강도를 S 로 하면 계산식은

$$2.5\sigma_{ts} + 2.0\sigma_{td} + 1.4\sigma_b = S$$

여기서,

σ_{ts} : 정수압(hydrostatic pressure)에 의한 발생응력

σ_{td} : 수격압(water hammer pressure)에 의한 발생응력

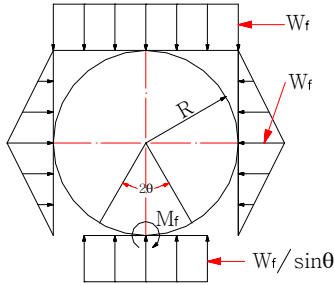
$R \approx Dm/2$ 로 놓고 풀면

$$S_t^2 - (1.25P_s + P_d)dt - 2.1(K_f W_f + K_t W_t)Dm^2 = 0$$

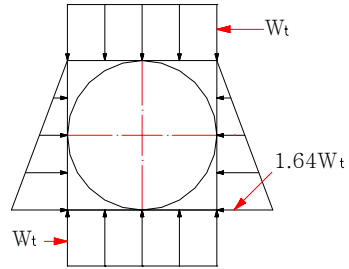
$Dm \approx d$ 로 두고 t 에 대해 풀면

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

으로 된다(<참고도-4.2.2> 참조).



<참고도-4.2.1> 토피에 의한 하중분포



<참고도-4.2.2> 노면하중에 의한 하중분포

여기서,

t : 계산 관 두께(mm)

d : 관 구경(mm)

P_s : 정수압(MPa)

P_d : 수격압(MPa)

W_f : 토피에 의한 토압(kN/mm²)

W_t : 노면하중에 의한 토압(kN/mm²)

S : 관재의 인장강도(N/mm²)

K_f : 관 밑바닥(bottom)의 지지각에 의해 정해지는 계수로 <참고표-4.2.1>와 같다.

K_t : 관 상단 76×10^{-6} 관 밑바닥 11×10^{-6}

그 위에 공칭관두께 T 는

$T = (t + 2) \times 1.1$ (mm) $t + 2 \geq 10$ mm인 경우와

$T = (t + 2) \times 1$ (mm) $t + 2 < 10$ mm인 경우

이다.

관의 상단과 밑바닥의 양자에 관해서 계산하여 큰 쪽을 채용한다.

<참고표-4.2.1> 관의 밑바닥의 지지각에 의해 정해지는 계수치(덕타일주철관)

관 밑바닥의 지지각 위치	40°	60°	90°	120°	180°
관 상단	140×10^{-6}	132×10^{-6}	121×10^{-6}	108×10^{-6}	96×10^{-6}
관 밑바닥	281×10^{-6}	223×10^{-6}	1640×10^{-6}	122×10^{-6}	96×10^{-6}

2. 강관의 관두께 계산식

1) 내압에 의한 검토

$$\sigma_t = \frac{P \cdot D}{2 \cdot t}$$

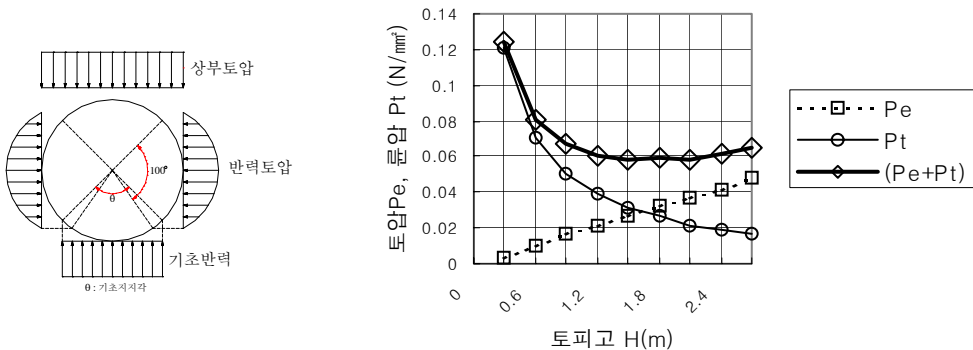
σ_t ; 내압에 의한 원주방향 응력도(circumferential direction stress)(N/mm²)

P ; 내압(MPa)

D ; 관의 내경(mm)

t ; 관두께(mm)

2) 외압에 대한 검토(<참고도-4.2.3> 및 <참고도-4.2.4> 참조)



<참고도-4.2.3> 토압분포 모델

<참고도-4.2.4> 매설관 미치는 토압 · 룬압(25톤트럭)

o 변형량(deformation)

$$\Delta X = \frac{2 \cdot K_x \cdot (W_v + W_t) R^4}{E \cdot I + 0.06146 \cdot E' \cdot R^3}$$

o 굽힘응력도(bending stress)

$$\sigma_b = \frac{2}{f \cdot Z} (W_v + W_t) \times \frac{K_b \cdot R^2 EI + (0.06146 K_b - 0.08303 K_x) E' R^5}{E \cdot I + 0.06146 \cdot E' \cdot R^3}$$

σ_b : 외압에 의한 관 밑바닥의 굽힘 응력도(N/mm²)

f ; 형상계수 1.5

Z : 관 단위폭의 단면계수

$$Z = \frac{t^3}{6} \text{ (mm}^3\text{)}$$

t 는 관두께(mm)

W_v : 연직토하중 강도(kN/m²)

W_t : 차륜하중(kN/m²)

R : 관의 평균반경(계산을 간략하게 하기 위해서는 호칭 지름을 사용해도 된다.)(mm)

E : 강재의 탄성계수 $E = 200,000 \text{ N/mm}^2$

I : 관의 단위 폭의 단면 2차모멘트 $I = \frac{t^3}{12} \text{ (mm}^3\text{)}$

E' : 흙의 반력계수(N/mm)(<참고표-4.2.2> 참조)

K_b : 관 밑바닥에서의 굽힘모멘트 계수(<참고표-4.2.4> 참조)

K_x : 수평방향 변형계수

ΔX : 수평방향의 변형량(직경분)(mm)

흙의 반력계수 E' 의 표준치에 있어서의 다짐정도(degree of compaction)와 시공방법의 관계는 통상 <참고표-4.2.3>와 같다. 설계에 사용하는 E' 는 일반적으로 <가벼운 다짐>을 사용한다. 다만, 토질, 토류공법 등에 따라서는 E' 값을 저감시켜도 된다.

<참고표-4.2.2> 흙의 반력계수 E'

흙의 종류	다짐 정도에 의한 E' (N/mm ²)		
	<다지지 않음>	<가벼운 다짐> 플록타밀도로 85 % 미만 상대밀도로 40% 미만	<중정도의 다짐> 플록타밀도로 85~95%이상 상대밀도로 40~70% 이상
세립토(fine grained soil)(LL> 50 이상) 중정도의 소성(plasticity)에서 높은 소성까지의 흙 CH, MH, CH-MH	이용할 데이터가 없다 ; 유사격의 토질기술자에게 상담하고, 기타의 경우에는 $E'=0$ 을 사용할 것.		
세립토(LL≤ 50) 중정도의 소성에서 소성이 없는 흙까지 CL, ML, ML-CL (조립부분 25% 이하)	0.35	1.4	2.8
세립토(LL≤50) 중정도의 소성에서 소성이 없는 흙까지 CL, ML, ML-CL (조립부분 25% 이하) 세립토를 포함한 조립(coarse grained)토 GM, GC, SM, SG (12%이상의 세립토를 포함)	0.7	2.8	7.0
세립토를 거의 포함하지 않거나 전연 포함하지 않은 조립토 GM, GP, SW, SP (12%이하의 조립토를 포함)	1.4	7.0	14.0

<참고표-4.2.3> 다짐정도와 시공방법

다 짐 정 도	관체 측면의 다짐 방법
<다지지 않음>	punning과 tamping rod 로 1층의 마감두께 30 cm 정도
<가벼운 다짐>	tamper나 compacter와 temper rod로 3 회 이상으로 1층의 마감두께 30cm
<중간 정도의 다짐>	과거의 실적이나 현장시험 등에 의한 시험방법과 그에 따른 E' 값이 확실하게 기대될 수 있는 경우

<참고표-4.2.4> 관의 밑바닥 지지각에 의해 정해지는 계수치

기초 지지각	K_b	K_x	$(0.061K_b-0.083K_x)$
60°	189×10^{-6}	103×10^{-6}	3.07×10^{-6}
90°	157×10^{-6}	96×10^{-6}	1.71×10^{-6}
120°	138×10^{-6}	89×10^{-6}	1.07×10^{-6}
150°	128×10^{-6}	85×10^{-6}	0.82×10^{-6}

3) 허용응력(<참고표-4.2.5 참조>)

<참고표-4.2.5> 허용응력

명 칭	종류의 번호	허용응력(kN/mm ²)
상수도용 도복장강관	STWW 290	100
상수도용 도복장강관	STWW 370	125
상수도용 도복장강관	STWW 400	140
일반구조용 강관	SS 400	140
용접구조용 압연강재	SM 400	140

4) 허용변형률(<참고표-4.2.6>)

<참고표-4.2.6> 허용변형률(%)

내면도장	도 장	모르타르
허용변형률	5	3

3. 경질염화비닐관의 관두께 계산식

1) 내압과 관두께

$$t \geq \frac{P \cdot D}{2\sigma + P}$$

t : 최소관두께

P : 사용압력(MPa)

σ : 설계응력 10.8 MPa

D : 외경(mm)

2) 외압과 굽힘, 발생응력(external pressure, deflection and generated stress)

염화비닐관을 흙 속에 매설된 경우, 돌 등에 의한 국소적 지지가 없도록 하려면, 호칭 지름 300 이하에서는 토피 60 cm 이상이면 토압이나 윤압의 외하중에 대하여 굽힘률(deflection rate)은 5 % 이하, 응력은 설계응력 19.6 N/mm² 이하에서 문제로 할 필요는 없다.

또 지지각 즉 모래기초를 튼튼히 함으로써 응력은 상당히 작아진다.

☐ 굽힘 응력(bending stress)

$$\sigma = \frac{(K_1 \cdot P_e + K_2 \cdot P_t) r^2}{Z} \text{ (N/mm}^2\text{)}$$

☐ 휨 응력(deflection stress)

$$\delta = (K_3 \cdot P_e + K_4 \cdot P_t) \frac{r^4}{E \cdot I} \text{ (mm)}$$

☐ 휨률(deflection rate)

$$\frac{\delta}{2r} = (K_3 \cdot P_e + K_4 \cdot P_t) \frac{r^4}{2r \cdot E \cdot I} \times 100 \text{ (\%)}$$

여기서

P_e : 매설관에 가해지는 토압(N/mm²)

P_t : 매설관에 가해지는 윤압(N/mm²)

☐ : 토압 및 윤압에 의해 생기는 매설관의 굽힘응력(N/mm²)

⊗ : 토압 및 윤압에 의해 생기는 매설관의 휨응력(N/mm²)

▼ : 관 두께 중심반경(mm)

t : 관 두께(mm)

Z : 단면계수= $t^2/6$ (mm³/mm)

I : 단면2차 모멘트= $t^3/12$ (mm⁴/mm)

E : 굽힘탄성률(bending elastic module ; 여기서는 3,334 N/mm²)

K_1, K_2 : 굽힘모멘트계수(bending moment coefficient)

K_3, K_4 : 휨계수(deflection moment coefficient)

<참고표-4.2.7> 토압·윤압(25톤 트럭)계산치(경질염화비닐관)

토압·윤압(N/mm ²) \ 토피(m)	0.6	0.9	1.2	1.5	1.8	2.1	2.4
토압 P_e	0.0108	0.0162	0.0216	0.0270	0.0324	0.0378	0.0432
윤압 P_t	0.0701	0.0491	0.0378	0.0307	0.0253	0.0214	0.0185
합계 $P_v=P_e+P_t$	0.0809	0.0653	0.0594	0.0577	0.0577	0.0592	0.0617

<참고표-4.2.8> 굽힘모멘트계수

굽힘모멘트계수	지지각	60°		90°		120°	
	관의 위치	관정	관바닥	관정	관바닥	관정	관바닥
K_1		0.132	0.223	0.120	0.160	0.107	0.121
K_2		0.079	0.011	0.079	0.011	0.079	0.011

<참고표-4.2.9> 휨계수

휨계수 \ 지지각	60°	90°	120°
K_3	0.102	0.085	0.070
K_4	0.030	0.030	0.030

<참고표-4.2.10> 경질염화비닐관의 설계에 사용하는 여러 수치

호칭 지름	관두께 중심반경 r (mm)	단면계수 Z (mm ³ /mm)	단면2차모멘트 I (mm ⁴ /mm)
40	22.00	2.667	5.333
50	27.75	3.375	7.594
75	41.55	5.802	17.11
100	53.45	8.402	29.83
150	77.70	15.36	73.73
200	102.3	22.04	126.7
250	126.4	33.61	238.6
300	150.5	48.17	494.4

<참고표-4.2.11> 매설염화비닐관의 휨 응력과 휨률(deflection rate 焼率)

단위 휨 응력 σ : N/mm², 휨률 $\delta/2r$: %

호칭 지름	지지각	항목	토피(m)						
			0.6	0.9	1.2	1.5	1.8	2.1	2.4
40	60°	σ	1.26	1.09	1.06	1.15	1.36	1.57	1.79
		$\delta/2r$	0.096	0.094	0.10	0.11	0.12	0.13	0.15
	90°	σ	1.24	1.06	1.01	1.03	1.07	1.14	1.29
		$\delta/2r$	0.090	0.085	0.089	0.096	0.11	0.12	0.13
	120°	σ	1.22	1.02	0.961	0.964	0.992	1.04	1.10
		$\delta/2r$	0.086	0.078	0.079	0.084	0.091	0.098	0.11
50	60°	σ	1.59	1.37	1.33	1.45	1.71	1.98	2.24
		$\delta/2r$	0.14	0.13	0.14	0.16	0.17	0.19	0.21
	90°	σ	1.56	1.33	1.27	1.29	1.34	1.43	1.62
		$\delta/2r$	0.13	0.12	0.13	0.14	0.15	0.16	0.18
	120°	σ	1.53	1.28	1.21	1.21	1.25	1.31	1.39
		$\delta/2r$	0.12	0.11	0.11	0.12	0.13	0.14	0.15
75	60°	σ	2.07	1.79	1.74	1.89	2.23	2.38	2.93
		$\delta/2r$	0.20	0.20	0.21	0.23	0.26	0.28	0.31
	90°	σ	2.03	1.73	1.66	1.69	1.75	1.87	2.12
		$\delta/2r$	0.19	0.18	0.19	0.20	0.22	0.24	0.27
	120°	σ	1.99	1.67	1.58	1.58	1.63	1.71	1.81
		$\delta/2r$	0.18	0.16	0.17	0.18	0.19	0.21	0.22
100	60°	σ	2.37	2.05	1.98	2.16	2.55	2.95	3.34
		$\delta/2r$	0.25	0.24	0.26	0.28	0.31	0.35	0.38
	90°	σ	2.32	1.90	1.90	1.93	2.00	2.14	2.42
		$\delta/2r$	0.23	0.22	0.23	0.25	0.27	0.30	0.32
	120°	σ	2.28	1.91	1.89	1.81	1.86	1.95	2.07
		$\delta/2r$	0.22	0.20	0.20	0.22	0.23	0.25	0.27
150	60°	σ	2.74	2.36	2.29	2.50	2.95	3.41	3.87
		$\delta/2r$	0.31	0.30	0.32	0.35	0.39	0.43	0.47
	90°	σ	2.69	2.29	2.19	2.23	2.31	2.47	2.80
		$\delta/2r$	0.29	0.27	0.28	0.31	0.34	0.37	0.40
	120°	σ	2.63	2.21	2.08	2.09	2.15	2.25	2.39
		$\delta/2r$	0.27	0.25	0.25	0.27	0.29	0.31	0.34
200	60°	σ	3.30	2.85	2.77	3.02	3.56	4.11	4.67
		$\delta/2r$	0.41	0.40	0.42	0.46	0.51	0.57	0.63
	90°	σ	3.24	2.76	2.64	2.69	2.79	2.98	3.37
		$\delta/2r$	0.38	0.36	0.38	0.41	0.44	0.49	0.53
	120°	σ	3.18	2.66	2.51	2.52	2.59	2.72	2.88
		$\delta/2r$	0.36	0.33	0.33	0.36	0.38	0.42	0.45
250	60°	σ	3.31	2.86	2.77	3.02	3.57	4.12	4.68
		$\delta/2r$	0.41	0.40	0.42	0.47	0.52	0.57	0.63
	90°	σ	3.25	2.77	2.65	2.69	2.80	2.99	3.38
		$\delta/2r$	0.38	0.36	0.38	0.41	0.45	0.49	0.54
	120°	σ	3.18	2.67	2.52	2.53	2.60	2.73	2.89
		$\delta/2r$	0.36	0.33	0.34	0.36	0.38	0.42	0.45
300	60°	σ	3.28	2.83	2.74	2.99	3.53	4.07	4.63
		$\delta/2r$	0.40	0.39	0.42	0.46	0.51	0.56	0.62
	90°	σ	3.21	2.74	2.62	2.66	2.77	2.95	3.35
		$\delta/2r$	0.38	0.36	0.37	0.40	0.44	0.48	0.53
	120°	σ	3.15	2.64	2.49	2.50	2.57	2.70	2.86
		$\delta/2r$	0.36	0.33	0.33	0.35	0.38	0.41	0.45

주) 휨 응력은 관정과 관 바닥의 계산치에서 큰 쪽을 기재한다.

부분은 관 바닥의 계산치를 나타낸다.

4. 수도용 폴리에틸렌관의 관두께 계산식

수도용 폴리에틸렌관의 설계내압 1.0 MPa(약 10.2 kg/cm² : 사용압력 0.75 MPa에 수격압 0.25 MPa를 고려한 내압에 상당)으로 50 년 후의 안전율이 2가 되도록 관 두께가 설계되어 있다.

수도용 폴리에틸렌관의 적용범위를 사용압력 0.75 MPa로 정하고 있으며 수격압 0.25 MPa이하이면 안전율 2이상이 확보되는 것으로 된다.

한편, 외압에 대해서는 실제 매설실험의 결과로서 수압만을 고려하였을 때보다 토압과 수압을 동시에 계산하였을 때가 비뚤어짐이나 휨이 커지지 않은 것으로 알려져 있다.

따라서 수도용 폴리에틸렌관의 관두께는 통상의 매설조건에서는 내압에 대한 안전성만을 검토하면 된다.

다만, 과대한 노면하중이 예상되는 등 특별한 매설조건인 경우에는 내압에 대한 안전성검토와 외압에 대한 안전성검토를 각각 별도의 방법(내·외압을 분리하여 생각하는 방식)을 적용한다.

1) 내압에 대한 검토

▣ 허용응력

내압에 대한 허용응력은 재료인 PE100의 MRS(장기정수압강도※) 10 MPa에 대하여 안전율 2를 본 5 MPa이하로 한다.

※ MRS(장기정수압강도)

장기정수압강도는 관이 20℃에서 50년 이상 견딜 수 있는 둘레방향 응력의 것으로 장기정수압강도의 시험방법(ISO TR 9080)에 의해 구한다. 그 결과, 수도용 폴리에틸렌관의 장기정수압강도는 10 MPa이상으로 된다.

▣ 수치계산의 예

내압에 의해 발생하는 인장둘레방향응력은 Naday식(4-1)으로 계산한다.

$$\sigma = P(D-t)/2t \dots\dots\dots(4-1)$$

여기서, σ : 인장둘레방향응력(MPa)

P : 설계내압(MPa)

t : 관의 최소두께(mm)

D : 관의 기준외경(mm)

식(4-1)의 계산결과를 <참고표-4.2.12>에 나타내었다. 이 결과 수도용 폴리에틸렌관은 모두 호칭 지름에서 허용응력(5 MPa)을 밑돌도록 설계되어 있는 것이 판명된다.

<참고표-4.2.12> 내압에 의해 발생하는 인장둘레방향응력

관 종	설계 내압	호칭 지름	설계내압에 의해 발생하는 인장하고 둘레방향응력
수도용 폴리에틸렌관	1 MPa	75	4.89 MPa
		100	4.88 MPa
		150	4.89 MPa

2) 외압에 대한 검토

▣ 허용휨률(allowable deflection rate)

원통형관의 허용휨률은 주로 수리특성이나 포장 면에의 영향으로부터 일반적으로 관외경의 5% 이하로 되어 있다. 수도용 폴리에틸렌관도 이 값을 허용휨률로 한다.

▣ 허용굽힘응력(allowable bending rate)

수도용 폴리에틸렌관의 외압에 의한 굽힘응력에 대한 허용치는 인장항복 세기에 대한 안전율 2.5를 본 값으로 한다.

따라서 허용응력=인장항복 세기/안전율=20/2.5=8 MPa(81.6 kg/cm²)이다.

▣ 수치계산의 예

외압에 대한 검토를 3.경질염화비닐관의 관 두께 계산식에 준하여 계산하였다. 계산결과를 <참고표-4.2.13>에 나타내었다. 또 계산에는 다음의 식과 수치를 사용하였다.

<참고표-4.2.13> 토압, 윤압에 의한 굽힘 응력과 휨률의 계산결과(수도용 폴리에틸렌관)

E' : 되메우기 흙이 받는 수동저항계수

σ : 최대굽힘 응력(MPa)

V : 휨률 ($\frac{\text{휨량}}{\text{관외경}} \times 100$) %

되메우기흙	지지각	토피	0.6m		0.8m		1.2m		1.5m	
		호칭지름	σ _{max}	V	σ _{max}	V	σ _{max}	V	σ _{max}	V
모래다짐 E'=100	60°	75	4.79	1.55	3.63	1.17	2.46	0.80	2.01	0.65
		100	4.79	1.55	3.62	1.17	2.46	0.80	2.00	0.65
		150	4.75	1.54	3.61	1.17	2.47	0.808	2.01	0.65
	120°	75	3.21	1.34	2.43	1.01	1.65	0.69	1.34	0.56
		100	3.21	1.34	2.43	1.01	1.65	0.69	1.34	0.56
		150	3.18	1.33	2.41	1.01	1.66	0.69	1.35	0.56
사질토질 다짐 E'=70	60°	75	5.22	1.77	3.95	1.34	2.68	0.91	2.19	0.74
		100	5.21	1.77	3.94	1.34	2.68	0.91	2.19	0.74
		150	5.17	1.76	3.93	1.34	2.69	0.91	2.20	0.75
	120°	75	3.58	1.53	2.71	1.16	1.83	0.78	1.50	0.64
		100	3.58	1.53	2.71	1.16	1.83	0.78	1.50	0.64
		150	3.55	1.52	2.70	1.15	1.84	0.79	1.51	0.64
고무다짐 E'=40	60°	75	5.79	2.06	4.37	1.56	2.97	1.06	2.42	0.86
		100	5.78	2.06	4.37	1.56	2.97	1.06	2.42	0.86
		150	5.74	2.05	4.36	1.56	2.98	1.07	2.43	0.87
	120°	75	4.07	1.78	3.08	1.35	2.09	0.92	1.71	0.75
		100	4.07	1.78	3.08	1.35	2.09	0.91	1.71	0.75
		150	4.04	1.77	3.07	1.35	2.10	0.92	1.72	0.75

- a) 토압의 계산 : 마스톤의 식
b) 윤압(輪壓)의 계산 : 푸시네스크의 식
c) 되메우기 흙의 단위체적 질량 : 18 kN/m³
d) 관 상단부의 흙 폭 : 0.50 m
e) 윤하중의 조건 : 25톤 트럭 2대 병행주행
d) 폴리에틸렌수지의 굽힘 탄성률 : 100 MPa
e) 관의 치수

[참고-4.2.2] 관종(관두께) 선정의 예

1. 덕타일주철관의 관종 선정의 예

<참고표-4.2.14> 덕타일주철관 관종 선정표(관 바닥 지지각 $2\theta=60^\circ$)

토피 (m)		3.0					2.4					2.1					1.8				
호칭 직경	최고사용압력 (정수압)MPa	2.0	1.5	1.0	0.75	0.45	2.0	1.5	1.0	0.75	0.45	2.0	1.5	1.0	0.75	0.45	2.0	1.5	1.0	0.75	0.45
80~200		3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
250~300		3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
350		1	3	3	3	3	1	3	3	3	3	1	3	3	3	3	1	3	3	3	3
400		2	3	3	3	3	2	3	3	3	3	2	3	3	3	3	2	3	3	3	3
450		2	3	3	3	3	2	3	3	3	3	2	3	3	3	3	2	3	3	3	3
500		1	2	3	3	3	1	3	3	3	3	1	3	3	3	3	2	3	3	3	3
600		2	2	4	3	3	2	3	3	3	3	2	3	3	3	3	2	3	3	3	3
700		2	3	3	3	3	2	3	3	3	3	2	3	3	3	3	2	3	3	3	3
800		1	2	3	3	3	2	3	3	3	3	2	3	3	3	3	2	3	3	3	3
900		1	2	3	3	3	1	2	3	3	3	1	2	3	3	3	2	3	3	3	3
1000		1	2	3	3	3	2	2	3	3	3	2	2	3	3	3	2	3	3	3	3
1100		1	2	3	3	3	1	2	3	3	3	1	2	3	3	3	2	3	3	3	3
1200		1	2	3	3	3	2	2	3	3	3	2	2	3	3	3	2	2	3	3	3
1350		1	2	3	3	3	1	2	3	3	3	1	2	3	3	3	2	2	3	3	3
1500		1	2	3	3	3	2	2	3	3	3	2	2	3	3	3	2	2	3	3	3
1600		1	2	3	3	3	2	2	3	3	3	2	2	3	3	3	2	2	3	3	3
1650		1	2	2	3	3	2	2	3	3	3	2	2	3	3	3	2	2	3	3	3
1800		1	2	2	3	3	1	2	3	3	3	1	2	2	3	3	2	2	3	3	3
2000		1	2	2	3	3	1	2	3	3	3	2	2	2	3	3	2	2	3	3	3
2100		1	2	2	3	3	2	2	3	3	3	2	2	2	3	3	2	2	3	3	3
2200		1	2	2	3	3	1	2	3	3	3	2	2	2	3	3	2	2	3	3	3
2400		1	2	2	3	3	1	2	3	3	3	2	2	2	3	3	2	2	3	3	3
2600		1	2	2	3	3	1	2	3	3	3	2	2	2	3	3	2	2	3	3	3

토피 (m)		1.5					1.2					0.9					0.6				
호칭 직경	최고사용압력 (정수압)MPa	2.0	1.5	1.0	0.75	0.45	2.0	1.5	1.0	0.75	0.45	2.0	1.5	1.0	0.75	0.45	2.0	1.5	1.0	0.75	0.45
80~200		3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
250~300		3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	1	3	3	3	3
350		1	3	3	3	3	1	3	3	3	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
400		2	3	3	3	3	2	3	3	3	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
450		2	3	3	3	3	2	3	3	3	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
500		2	3	3	3	3	2	3	3	3	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
600		2	3	3	3	3	2	3	3	3	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
700		2	3	3	3	3	2	3	3	3	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
800		2	3	3	3	3	2	3	3	3	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
900		2	3	3	3	3	2	3	3	3	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1000		2	3	3	3	3	2	3	3	3	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1100		2	3	3	3	3	2	3	3	3	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1200		2	3	3	3	3	2	3	3	3	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1350		2	3	3	3	3	2	3	3	3	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1500		2	3	3	3	3	2	3	3	3	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1600		2	3	3	3	3	2	3	3	3	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1650		2	3	3	3	3	2	3	3	3	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1800		2	3	3	3	3	2	3	3	3	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2000		2	3	3	3	3	2	3	3	3	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2100		2	3	3	3	3	2	3	3	3	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2200		2	3	3	3	3	2	3	3	3	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2400		2	3	3	3	3	2	3	3	3	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2600		2	3	3	3	3	2	3	3	3	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

비고 : 1. 표 중의 수치는 관 종을 표시한다.

2. 부설상태 : 평지구

3. 인장강도 ; 420N/mm²

4. 윤하중 ; 245 kN 트럭 2대 평행 동시통과 충격에 대하여 50%증가한 것으로 한다.

5. 수직압 ; 0.55 MPa

6. 흙의 단위체적중량 ; 18 kN/m³

7. 호칭직경 300mm 이하의 관에 대해서는 분수전의 구멍관계 때문에 1종관 사용을 원칙으로 하지만 3종관을 사용하는 경우에는 수
도용 새들분수전을 사용해야 한다.

8. 토피 0.6m, 0.9m의 호칭직경 350mm 이상에 대해서는 천층 매설대상 호칭 직경범위 외의 것이므로 -표를 하였다.

2. 강관의 관종별 선정 예

<참고표-4.2.15> 강관의 관종 선정 예

- (1) 관의 기초지지각 ; 90°
- (2) 흙의 반력계수 ; 1.4 N/mm²
- (3) 흙의 단위체적 중량 ; 1.8 kN/m³
- (4) 연직 토하량 ; 수직(垂直)공식
- (5) 트럭 하중량 ; T-25 트럭 2대
- (6) 최고허용압력은 수격압 0.5 MPa를 포함한다.
- (7) 허용변형률 ; 5%

도파(m)	0.9				1.2				1.5				1.8				2.1				2.4				2.7				3.0			
최고허용압력 (MPa)	1.2	1.5	2.0	2.5	1.2	1.5	2.0	2.5	1.2	1.5	2.0	2.5	1.2	1.5	2.0	2.5	1.2	1.5	2.0	2.5	1.2	1.5	2.0	2.5	1.2	1.5	2.0	2.5	1.2	1.5	2.0	2.5
호칭직경(A)																																
80A~300A	290		370		290		370		290		370		290		370		290		370		290		370		290		370		290		370	
350A~600A	A		-		A				A				A				A				A				A				A			
700A~800A			-		B				B				B				B				B				A				A			
900A~1000A			-		A				A				A				A				A				S				S			
1100A~1200A			-		A				A				A				A				A				A				A			
1350A			-		A				A				A				A				A				S				S			
1500A~1650A			-		A				A				A				A				A				A				A			
1800A~2000A			-		A				A				A				A				A				S				S			
2100A~3000A			-		A				A				A				A				A				A				A			

- 비고 1. 표 중의 숫자는 STWW290 및 STWW370을 나타낸다.
 2. 표 중의 숫자는 STWW400의 A 및 B시리즈를 나타낸다.
 3. 표 중의 영문 S는 A시리즈의 관 두께를 초과하는 경우를 나타낸다.

4.2.3 관경

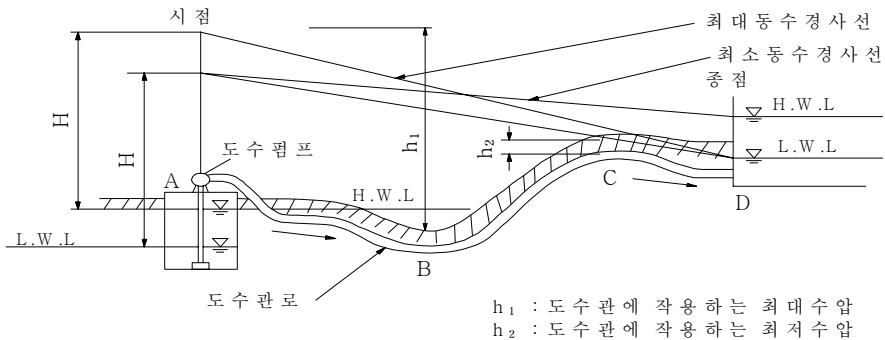
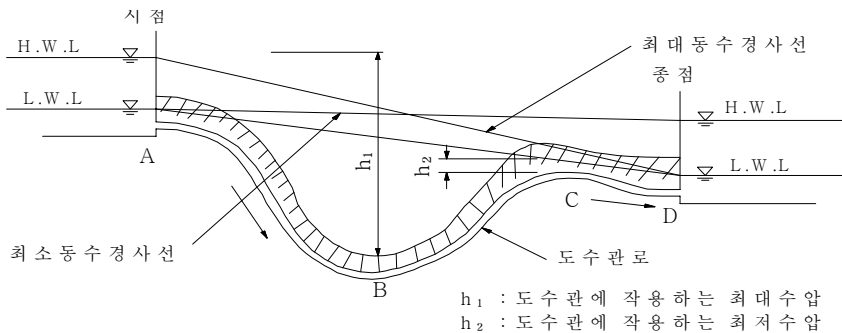
도수관의 관경은 다음 각 항을 기준으로 한다.

1. 관경을 산정할 때에는 시점의 수위는 저수위, 종점의 수위는 고수위를 기준으로 하여 동수경사를 산정한다.
2. 덕타일주철관 또는 강관을 사용하는 경우에는 통수년수의 경과에 따라 통수능력이 감소되므로 설계시 15~20 년 후를 고려하여 산정한다. 다만, 시멘트모르타르, 액상에 폭시수지도료 등으로 내구성이 있는 도장을 시공한 관은 통수능력이 거의 감소되지 않는 것으로 본다.
3. 펌프 도수인 경우는 펌프양정과 관경과의 사이에 경제적 관계를 고려하여 설계한다.

【해설】

1.에 대하여 ; 도수관은 어떤 조건하에서도 계획도수량을 도수해야 하므로 관경은 동수경사로서 고려할 수 있는 최소의 경우에 대해서 산정해 두면 안전하다.

도수관로는 자연유하인 경우에는 시점과 종점이 모두 자유수면을 가지며 각각 고수위와 저수위가 있기 때문에 시점의 저수위와 종점의 고수위인 경우가 가장 작은 동수경사인 최소 동수경사(<그림-4.2.4(1)> 참조)가 된다. 펌프도수인 경우에는 펌프흡수정의 저수위와 정수장 착수정과의 수위차 및 도수관로의 손실수두로부터 펌프의 전 양정을 산정하면 된다(<그림-4.2.4(2)> 참조). 관로의 손실수두를 산정할 때 마찰손실을 먼저 산정하고 곡관부와 그 외의 손실수두를 가산한다. 다만, 곡관과 기타 이형관이 적을 경우에는 이들의 손실을 무시하고 계산해도 지장은 없다.



<그림-4.2.4> 도수관로 동수경사선

2.에 대하여 : 프리스트레스트(P.S.)콘크리트 관 및 원심력 철근콘크리트 관에서는 통수년수의 경과에 따른 통수능력의 감소는 거의 없다고 볼 수 있지만, 덕타일주철관 또는 도복장강관이 내면에 충분한 내구성이 있는 도복장을 시공하지 않은 것은 통수년수에 따라 내면에 관석(scaling)이 생겨 단면이 축소되고 조도가 증가하여 통수능력이 점차로 감소한다.

따라서 새롭게 관을 부설할 때는 새로운 관의 내면상태에 따라 관경을 정하기 때문에 통수년수가 경과하면 유량이 부족하게 된다. 그러나 관의 내용년수가 경과된 후까지 고려하는 것이 안전하기는 하나 비경제적이다. 그러므로 15~20년 후의 관 내면상태를 고려해서 관경을 정해 두는 것이 바람직하다.

한편, 펌프가압식인 경우에는 관의 내용년수와 기계, 전기시설의 내용년수를 고려하여 유속 계수 변화에 의한 손실수두를 염두에 두고 계획한다.

이상은 도수관을 신설할 때를 설명한 것이나 확장 또는 개량의 경우는 기존 설치된 관과 신설관을 각기 다른 조도계수를 적용하여 계산해야 한다. 기존 설치된 관의 조도는 될 수 있는 한 실측하는 것이 바람직하다. 일반적으로 사용되는 관수로의 유량공식은 하젠·윌리엄스(Hazen-Williams)공식으로서 그 공식과 각 C값에 대한 관경별 유량도는 <그림-4.2.5>과 같다.

하젠·윌리엄스 공식은 다음과 같다.

$$V = 0.84935 \cdot C \cdot R^{0.63} \cdot I^{0.54} \dots\dots\dots (4-2)$$

$$Q = AV \dots\dots\dots (4-3)$$

$$h_L = 10.666 \cdot C^{-1.85} \cdot D^{-4.87} \cdot Q^{1.85} \cdot L \dots\dots\dots (4-4)$$

여기서, V : 평균유속(m/s)

C : 유속 계수

R : 경심 = $D/4$ (m)

I : 동수경사 = h/L

L : 연장(m)

h_L : 길이 L (m)에 대한 마찰손실수두 H (m)

D : 관 내경(m)

Q : 유량(m^3/s)

A : 관 단면적(m^2)

위 식에서 C 는 유속 계수로서, 여기에서는 $C = 110$ 에 대한 유량도표를 예시하였다.

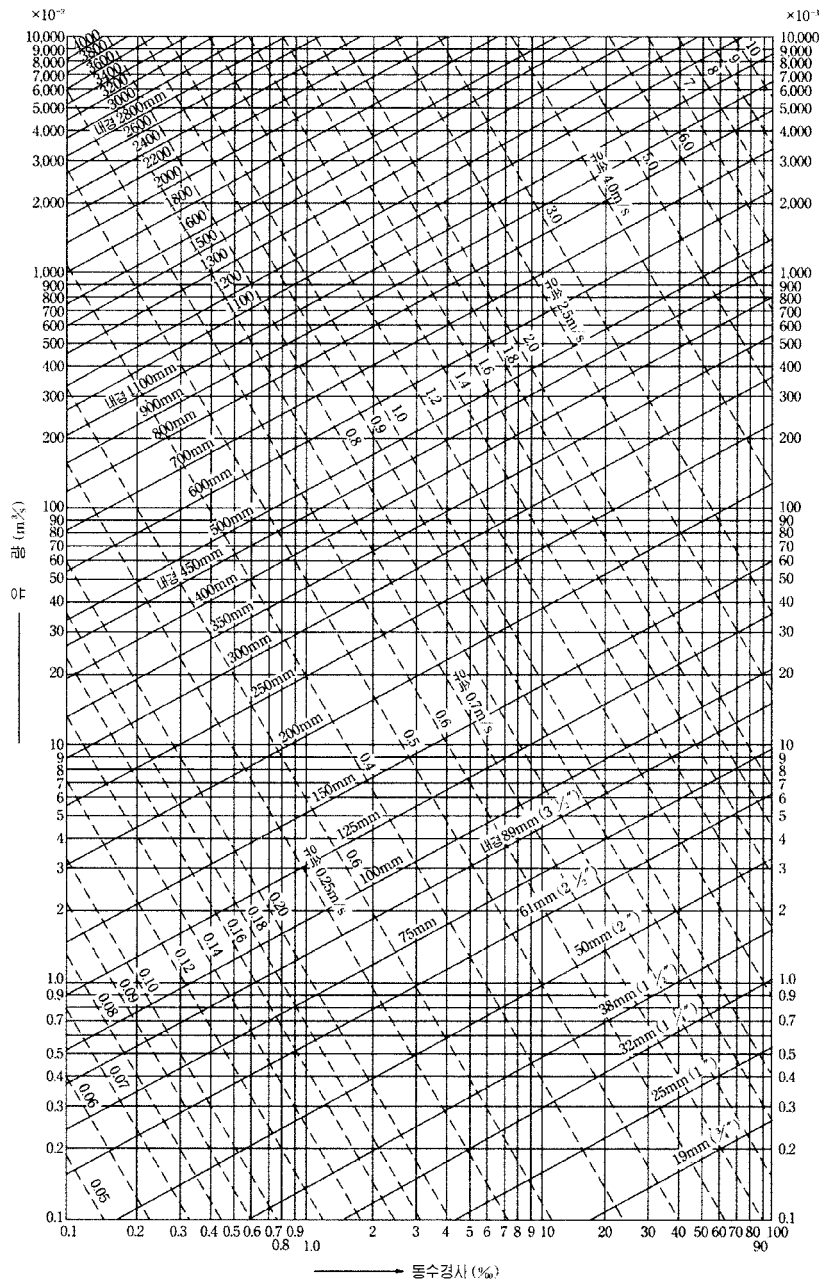
일반적으로 매설된 C 의 값은 관내면의 조도에 따라 다르나 주철관의 신설관은 130 정도로 보며 수질의 영향에 따라 상이하고 통수년수의 경과에 따라 점차 감소되므로 15~20년 후를 고려하여 100~110 정도를 사용하는 것이 적당하나, 대구경관의 경우에는 120을 적용한 사례도 있으므로 설계시 기존 관로의 C 값을 조사하여 반영해야 한다.

3.에 대하여 ; 펌프도수의 경우에는 도수관의 관경과 펌프양정과의 상관관계를 무수히 조합할 수 있는데, 관경을 작게 하면 관의 부설비가 저렴하나 통수저항을 증가시켜 동수경사가 급하게 됨과 동시에 손실수두가 커지기 때문에 펌프양정이 커진다. 따라서 펌프 설비비가 커질 뿐만 아니라 장래에 걸쳐서 전력비가 높아져 비경제적으로 된다.

반대로 관경을 너무 크게 하면 펌프설비비는 적으나 관의 부설비가 증가되어 어느 경우에도 비경제적인 설계가 되기 쉽다.

일반적으로 관로관계비용과 펌프관계비용의 합산치를 연간 총경비(건설비, 이자, 시설의 감

가상각비 및 유지관리비의 합산치)의 형태로 생각하면, 그 동안에 주어진 유량에 대하여 총 경비가 최소이며 가장 경제적인 환경이 반드시 하나 존재하는데 이를 상수도관로의 경제적 환경이라고 한다. 이것은 송수관과 배수관에 관해서도 마찬가지로 펌프가압식 수도관의 경제적 환경으로 된다.



<그림-4.2.5> Hazen-Williams 공식도표(C=110)

이 경우 유속, 유량, 동수경사가 각각의 관경에 대한 경제유속, 경제유량, 경제동수경사가 된다. 즉, 이들의 경제적 수리제원은 주어진 관종, 부설조건에 대하여 하나의 물가체계상에서는 각 관경별로 항상 일정값을 표시하는 것이다.

경제적 설계조건에 영향을 미치는 요소로서는 관부설의 재료비 및 인건비, 펌프 설비비(가건물 포함), 건설자금의 이자율, 관 및 펌프설비의 감가상각률과 유지보수율(고정자산 보존율), 전기요금 등이 있고 그 중 하나가 변동하면 경제적 제원이 따라서 변화한다.

4.2.4 유속

도수관을 설계할 때의 평균유속은 다음 각 항에 의한다.

1. 자연유하식인 경우에는 허용최대한도를 3.0 m/s로 하고, 도수관의 평균유속의 최소한도는 0.3 m/s로 한다.
2. 펌프가압식인 경우에는 경제적인 유속으로 한다.

【해설】

1.에 대하여 ; 자연유하식 도수관인 경우에는 시점과 종점간의 낙차를 최대한도로 이용하여 유속을 가능한 한 크게 하는 쪽이 관경이 최소가 된다. 유속이 커지면, 밸브조작시가 비정상적인 유량변동에 의해 압력이 불안정하게 되거나 관내면의 마찰 등이 생기기 때문에, 덕타 일주철관, 동관, 경질염화비닐관 등에 대한 기왕의 실적을 참고하여 관내평균유속의 허용최대한도를 3.0 m/s정도로 한다. 또한, 도수관 평균유속의 최소한도는 모래입자의 침전을 방지하기 위하여 0.3 m/s로 한다.

2.에 대하여 ; 펌프가압식 도수관로인 경우에는 경제적인 관경에 대한 유속으로 하는 것이 바람직하다. 4.2.3 관경(P) 참조.

4.2.5 불안정한 지반에서의 관 매설

부득이 하여 지반이 불안정하고 위험한 위치에 관을 매설할 경우에는 충분히 지질을 조사하고 다음에 열거하는 조치를 취한다.

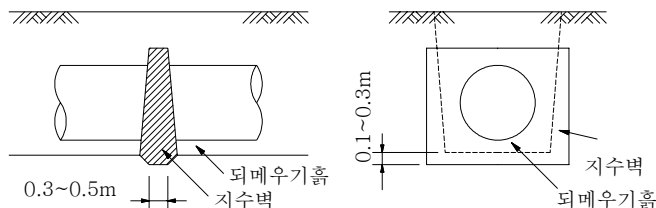
1. 비탈면은 충분한 법면 보호공을 실시하여 법면이 침식되거나 붕괴되는 일이 없도록 하고 표면수와 침투수 및 지하수를 배제하는 것을 고려한다.
2. 급경사의 도로 또는 경사면에 연하여 관을 매설하는 경우에는 관체의 흘러내림 및 되매우기 흙의 유실을 방지하기 위하여 지수벽을 설치한다.
3. 연약지반에 관을 매설하는 경우에는 부등침하를 고려한 관종과 접합방법을 선정한다. 또 관의 침하를 억제하기 위해서 필요에 따라 지반을 미리 개량하는 등의 조치를 강구한다.
4. 액상화의 우려가 있는 지반에서는 적절한 관종·접합방법의 선정 외에 필요에 따라 지반을 개량한다.

【해설】

1.에 대하여 ; 도수관로의 매설은 단층, 파쇄대, 사태가 발생할 가능성이 있는 지대나 급경사면, 비탈머리나 비탈기슭 또는 성토된 지질 등으로 지반이 불량한 장소는 되도록 피해야 하지만, 부득이 이러한 위험지대에 관을 매설할 때는 표층퇴적물, 지하수 및 산지의 거동 등에 대해서 사전에 충분히 조사한 다음 필요한 보호조치를 한다.

비탈면에 등고선을 따라 관을 매설하는 경우에는 비탈면 보호와 아울러 비탈면 배수를 충분히 고려한다. 비탈면을 보호하기 위해서는 비탈기슭에 측구를 설치함과 아울러 비탈면으로부터 용출수가 있더라도 비탈면을 침식하지 않도록 종횡의 배수구를 설치해야 한다. 소량의 누수라도 지하에 침투하여 비탈면의 붕괴를 조장·유발시킬 염려가 있기 때문에 특히 유념하여 설계한다.

2.에 대하여 ; 급경사의 도로 또는 경사면에 연하여 관을 부설하는 경우에는 콘크리트 또는 불투수성이 높은 점질토의 지중(natural soil)을 기반으로 하여 지수벽을 만들어서 관체를 흘러내리거나 강우에 의한 되메우기 흙의 유출을 방지한다(<그림-4.2.6> 참조).



<그림-4.2.6> 지수벽 사례

3.에 대하여 ; 연약지반에 관을 매설할 경우에는 우선 관의 부등침하에 견디는 강도와 조인트성능을 갖는 관종과 접합방법을 선정한다. 또 관의 침하를 억제하기 위하여 지반을 개량하거나 말뚝박기기초를 해야 한다.

지반개량공법에는 환토법(換土法), 다짐공법, 탈수압밀법, 고결법 등이 있으며 충분한 토질조사와 토질시험을 실시한 다음에 채용할 공법을 결정한다.

부등침하를 방지하기 위해서 통나무를 쓰는 경우도 있지만, 이 경우 통나무에 직접 관체를 접촉시키면 응력이 집중되기 때문에 접촉면에 고무판 등 쿠션재를 댄다. 더욱이 통나무간격을 적절하게 정한다.

수관고 또는 밸브실 등 구조물의 부착부에는 부등침하에 따른 응력집중이 생기기 때문에 플렉시블한 신축접합을 사용한다.

4.에 대하여 ; 사질지반으로 지하수위가 높고 자연재해 등으로 지하수압이 급격하게 상승함으로써 액상화될 가능성이 높다고 판정되는 장소에는 적절한 관종과 접합방법을 선정하고 필요에 따라 지반개량 등을 한다.

관종의 선정에서는 액상화가 발생하였을 때 관체의 좌굴, 파열, 조인트의 이탈 등에 견디며 어느 정도의 신축을 흡수할 수 있는 조인트구조로 하거나 관체의 강도 및 신축에 대응하도록 관로전체를 용접 등에 의한 일체 구조로 한다.

4.2.6 매설위치와 깊이

관로의 매설위치와 깊이는 다음 각 항에 적합해야 한다.

1. 공공도로에 관을 매설할 경우에는 「도로법」 및 관계법령에 따라야 하며 도로관리자와 협의해야 한다.
2. 도로관리자와의 협정이 없을 경우와 공공도로 이외에 관을 매설할 경우는 매설깊이를 관경 900 mm 이하는 120 cm 이상, 관경 1,000 mm 이상은 150 cm 이상으로 하여야 하지만, 노면하중을 고려할 필요가 없을 때는 그러하지 아니한다. 또 노면하중을 고려해야 할 위치에 대규모 관을 부설할 경우에는 매설깊이가 관경보다 작지 않게 해야 한다.
3. 노면하중을 고려할 필요가 있으나 지반이 암반인 경우 등으로 부득이 매우 얇게 매설해야 할 경우에는 별도로 관을 보호하는 조치를 해야 한다.
4. 한냉지에서 관의 매설깊이는 동결심도보다 깊게 한다.
5. 주요 관로에는 필요에 따라 표시석을 일정 구간마다 설치하고 매설위치, 매설깊이, 관종 및 관리기관명 등을 표시한다.

【해설】

1.에 대하여 ; 공공도로에 관을 매설할 때는 「도로법」에 의해 도로관리자에게 점용원을 제출하고 허가를 받아야 한다. 매설물의 위치와 깊이에 대해서는 도로관리자와 상수도, 하수도, 지하철, 가스, 전력, 전신, 전화 등 지하매설물시설자와의 사이에는 매설물의 위치와 깊이를 도로의 종별에 따라 협정하여 두는 것이 보통이고 특별한 경우를 제외하고는 그 협정을 따라야 한다.

하천부지, 궤도부 또는 사유지에 관을 매설하는 경우에는 해당 부지관리자 또는 토지소유자와 협의한 다음에 사용승인을 얻어야 한다.

「도로법시행령」에서는 토피의 표준은 120 cm(부득이한 경우 60 cm)로 규정되어 있지만, 수관교 부착부의 제방횡단개소나 다른 매설물과 교차관계 등으로 토피를 표준 또는 규정치까지 얻지 못하는 경우에는 도로관리자 또는 하천관리자와 협의한 다음에 토피를 60 cm까지 감소할 수 있다.

2.에 대하여 ; 매설관의 깊이는 토압과 노면 동하중에 대하여 관이 안전하도록 정하는 것이므로 그에 필요한 깊이는 토질, 노면상태, 도로등급과 종별에 따라 다르고 또 관의 재질, 구조, 관경에 따라 정해지는 것이나 관경이 클수록 흠뻑기를 많이 한다. 따라서 도로에도 보도 밑이나 중차량의 교통을 불허하는 수도용지 내에 매설할 경우에는 표준보다 얇게 해도 좋다.

3.에 대하여 ; 수관교 연결부의 제방 횡단장소나 다른 매설물과의 교차관계 또는 기초지반이 견고한 암반일 경우 등으로 매설깊이를 표준 또는 규정치까지 깊게 매설하지 못할 경우에는 흠뻑기를 60 cm까지 감소시킬 수 있으며 이 때에는 관의 바로 윗부분의 노면에 콘크리트 또는 철근콘크리트의 슬래브(slab)를 놓거나 라멘(rahmen)으로 관을 싸서 보호한다.

4.에 대하여 ; 한냉지에서는 동결심도보다 20 cm 이상 깊게 매설해야 하며 구경 500 mm 이상의 관에서는 관경의 0.5 배 이상 깊게 매설하지 않으면 안 된다.

동결심도는 건교부 국립건설시험소에서 1980년부터 1989년까지 10년에 걸쳐 57개소를 조사하여 1989년에 발간된 동결심도 조사보고서에 의하면 인제 135 cm, 홍천 125 cm, 황계 115 cm, 속초 95 cm, 춘천 82 cm, 서울 79 cm 등이다(7.5.5 매설위치와 깊이(P) 참조).

4.2.7 접합정

접합정은 다음의 각 항에 적합해야 한다.

1. 원형 또는 각형의 콘크리트 또는 철근콘크리트로 축조한다. 다만, 구조상 안전한 것으로 충분한 수밀성과 내구성을 지니며 용량은 계획도수량의 1.5 분 이상으로 한다.
2. 유입속도가 큰 경우에는 접합정 내에 월류벽 등을 설치하여 유속을 감쇄시킨 다음 유출관으로 유출되는 구조로 한다. 또 수압이 높은 경우에는 필요에 따라 수압제어용 밸브를 설치한다.
3. 유출관의 유출구 중심높이는 저수위에서 관경의 2 배 이상 낮게 하는 것을 원칙으로 한다.
4. 필요에 따라 양수장치, 이토관, 월류장치를 설치하고 유출구와 이토관에는 제수밸브 또는 제수문을 설치한다.

【해설】

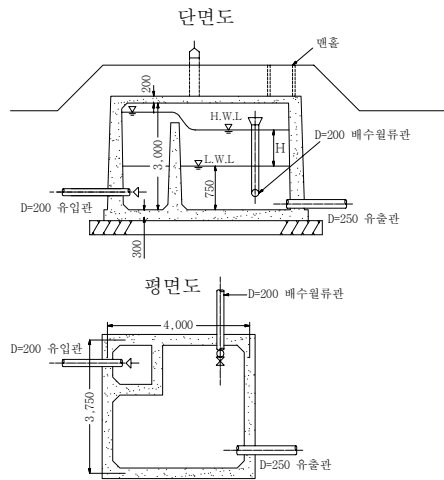
1.에 대하여 ; 관로의 도중에 설치하는 접합정은 주로 관로의 수압을 조절할 목적으로 설치하기 때문에 그 위치는 관로에 작용하는 수압 외의 수리적 상황을 종합적으로 검토하여 결정한다. 통상 접합정은 철근콘크리트, 프리스트레스트콘크리트, 강관 등으로 만들어지는데 어떠한 경우에도 수밀성과 내진성을 지닌 구조로 한다.

접합정의 용량은 수압을 조절함과 함께 수면의 동요를 흡수하고 원활하게 도수할 수 있는 것으로 통상 계획도수량의 1.5 분 이상으로 하며 수심은 3.0~5.0 m를 표준으로 한다. 계획도수량이 작을 때에는 수면면적이 작아져서 수면동요를 흡수할 수 없기 때문에 최소 10 m²정도가 바람직하다. 구조 및 형상은 5.2 착수정(P)을 참조한다.

2.에 대하여 ; 관로의 수압경감을 목적으로 접합정을 설치한 경우에는 접합정의 상류 측 관내의 유속이 클 때에는 접합정내에서 난류가 되어 유출관에 공기를 끌어들일 우려가 있고 또 접합정의 수위는 일정한 것이 바람직하므로 유입속도가 큰 경우에는 접합정내에 월류벽을 설치하여 유입에너지를 분산시켜서 유속을 줄이고 접합정내 수위의 안정을 도모하는 것이 필요하다(<그림-4.2.7> 참조).

3.에 대하여 ; 유출구가 저수위에 가까울 때는 유출관 속으로 공기를 끌어 들여 통수능력 저해의 원인이 되므로 이것을 방지하기 위해 저수위보다 관경의 2 배 이상 낮게 설치하면 안전하나 대구경 관로의 경우에는 현실적으로 어려움이 있으므로 적절하게 조정한다.

4.에 대하여 ; 제수밸브, 공기밸브, 배수(排水)설비 등의 부속설비는 4.2.8 차단용 밸브 및 제어용 밸브(P), 4.2.9 공기밸브(P), 4.2.10 배수설비(P)의 해설이나 4.2.12 관로보호설비(수격방지 설비)(P)의 해설을 참조하면 도움이 될 것이다.



<그림-4.2.7> 집합정 (단위 : mm)

4.2.8 차단용 밸브 및 제어용 밸브

차단용 밸브 및 제어용 밸브의 설치는 다음 각 항에 의한다.

1. 도 · 송 · 배수관의 시점, 종점, 분기장소, 연결관, 주요한 이토관, 중요한 역사이편부, 교량, 철도횡단 등에는 원칙적으로 제수밸브를 설치한다.
2. 수압이 높은 장소로서 관경이 400 mm 이상의 제수밸브에는 부제수밸브를 설치하거나 보조밸브내장형 밸브를 사용한다.
3. 제수밸브실은 도로의 종류별, 배관의 구경별 및 현장조건에 따라 소형, 중형, 대형으로 구분하며 밸브실 전후 관로의 안정성을 확보한다.
4. 제수밸브실은 설치 및 유지관리가 용이하도록 충분한 공간을 확보하며 이상수압 발생시 즉시 감지하기 위한 수압계의 설치 등 배수 및 점검을 위한 설비를 갖추어야 한다.
5. 밸브는 수질에 영향을 주지 않아야 한다.

【해설】

차단용 밸브로서는 제수밸브, 버터플라이밸브가 사용되며 유량과 수압의 제어용 밸브로서는 버터플라이밸브와 콘밸브가 많이 사용되고 있다. 이들 밸브의 기능에 대하여 비교 검토하여 가장 적절한 밸브를 적당한 장소에 배치한다.

1.에 대하여 ; 차단용 밸브는 통상 밸브본체의 전개(全開)나 전폐(全閉)에 의해 관로 내 수류를 통수하거나 차단하는 것이다.

배수구역이나 배수블록의 설정 또는 변경, 관로의 공사나 사고 등의 비상시에도 차단 등 조작할 필요가 생겼을 때에 확실히 작동하는 것을 사용한다.

제어용밸브는 공급구역내의 동수압을 될 수 있는 한 일정하게 유지하고 물 수요에 따른

필요수량을 급수하기 위해서 구역 내 지형의 고저, 건축물의 규모 등 지역특성, 관로의 배치 상황에 따라서 밸브의 개도조정으로 적절하게 수량과 수압을 제어할 수 있어야 한다.

관로는 안정급수를 확보하기 위해서 여유를 고려한 관경으로 결정하는 것이므로 사고시에 는 물론이고 공급량의 시간적 변동에 따른 수량·수압을 제어할 수 있는 밸브를 사용한다.

밸브(차단용, 제어용밸브)는 관망의 구성상황, 지형을 배려한 동수압의 평균화, 합리적 수운 용 및 관로의 유지관리 등을 적절하게 할 수 있도록 적당한 장소에 설치한다. 또한 평상시 및 비상시 등에 있어서의 수운용상의 요소로는 제어용밸브를 배치한다.

밸브설치장소를 구체적으로 예시하면 다음과 같다.

1) 도·송수관

관로에서도 충수, 통수, 배수(排水) 등의 작업과 사고시를 고려하여 1~3 km간격으로 제수 밸브를 설치하는 편이 좋다.

2) 배수본관

(1) 관로의 시점, 분기점, 교차부, 수관교·역사이편부의 양단, 배수(排水)관의 분기부 부근에 설치하는 외에 관로가 길 경우에는 1~3 km마다 설치한다.

(2) 표고차가 크고 긴 사면의 상부 및 하부에는 반드시 설치한다.

3) 배수지관

배수본관에서의 분기부, 수관교와 역사이편부의 양단, 배수관의 분기부 부근에는 반드시 설치하며 분기부나 교차부에는 배수지관망의 구성상황에 따라 설치한다.

2.에 대하여 ; 일반적으로 차단용 밸브는 완전히 닫힌 상태에서의 밸브를 여는 조작개시나 밸브를 닫는 조작시의 종료직전에 밸브개폐에 요하는 토크(torque)가 커진다. 이 토크는 밸브 본체에 작용하는 수압이 높을수록 또한 관경이 커질수록 크다.

따라서 수압이 0.40 MPa(약 4.08 kg/cm²) 이상이고 관경 400 mm 이상의 밸브에는 본관보다도 관경이 몇 단 작은 바이패스를 만들고 여기에 밸브를 설치하거나 보조밸브내장형의 밸브를 설치하여 본 밸브의 개폐에 앞서서 이 바이패스밸브를 열어서 하류 측에 통수하여 상·하류의 압력차를 경감하고 본 밸브를 용이하게 개폐하는 것이 필요하다. 상·하류의 압력차가 있더라도 버터플라이밸브 등을 사용하면 용이하게 밸브의 개폐할 수 있다.

배수본관의 통수능력에 비하여 소량의 수량을 통수해야 할 때에는 본 밸브를 완전히 닫고서 바이패스밸브를 완전히 열어서 통수하면 편리하다.

3.에 대하여 ; 일반적으로 관경 400 mm 이상의 배수본관밸브에 대하여 밸브실을 설치하지만, 교통량이 많은 장소, 자동차가 통과하는 도로 밑에 밸브실을 설치하는 경우에는 이들의 조건에 견딜 수 있는 견고한 구조로 한다.

밸브실은 밸브를 교체할 수 있는 구조로 하며 맨홀에는 내식성 사다리를 고정하여 점검이나 정비를 위해 안전하게 출입할 수 있도록 한다.

밸브의 개폐조작을 쉽게 하기 위해서 스피들의 위치에 키대의 연장을 정확하게 고정시켜 둔다.

맨홀뚜껑은 변형 또는 설치불량으로 소음의 원인이 되기 때문에 그와 같은 일이 일어나지 않는 구조와 설치방법으로 한다.

계측용이나 밸브구동용의 전기·기계설비가 설치되는 경우에는 수밀성을 높이고 실내의

습도가 높지 않도록 대책을 강구한다.

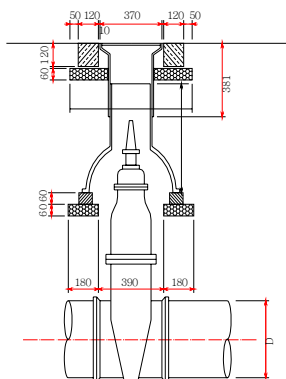
관경 350 mm 이하의 밸브에는 보호통을 쓰며 밸브 주위에 쇠석기초 등의 공사를 하고 그 위에 보호통을 놓고 되메운 다음 충분히 다짐을 하여 보호통이 경사 등으로 밸브의 개폐에 지장을 초래하는 것이 없도록 한다. 밸브실 기준은 <표-4.2.4>와 같다. 밸브 뚜껑의 설치 예를 <그림-4.2.8>에 나타내었다.

<표 4.2.4> 밸브실 기준

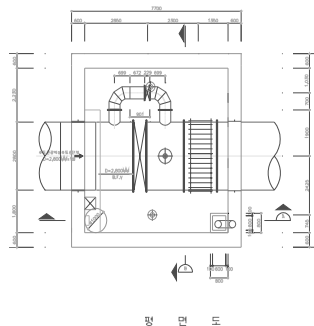
구분	밸브실명	적용 관종	적용관경(mm)	적 용 장 소	기 타
소형	밸브 보호통	덕타일 주철관	D80~300	보도 및 폭이 좁은 도로, 도로 폭 6m이하로서 중차량 통행이 빈번하지 않은 도로	제수밸브실 규격 은 제수밸브 치수 에 의함.
중형	원형(圓形) 밸브실	덕타일 주철관	D80~300	도로 폭 15 m이하의 도로. 소형 밸브실 설치가 곤란한 경우	
대형	구형(矩形) 밸브실(A)	덕타일 주철관	D80~250	도로폭 20 m이상의 차도	
	구형(矩形) 밸브실 (B)	덕타일 주철관	D300~600	D 400 mm이상 제수밸브 설치 시·도로 폭 20 m이상 차도에 D 300 mm 제수밸브 설치시	제수밸브실 규격 은 버터플라이밸 브 치수에 의함.
	구형(矩形) 밸브실 (C)	덕타일주 철관 또는 강관	D700 이상	D 700 mm이상 제수밸브 설치	
기타	이토 및 공기밸브실	덕타일 주철관	D80~300	도로 폭 15 m이하의 도로	

주) : (1) 밸브실 표준도는 많이 사용되고 있는 관종, 제수밸브실의 규격을 기준함.

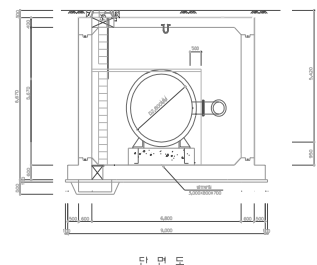
(2) 상수도용 밸브실 뚜껑(KS D 6021) 및 틀은 개량 원형뚜껑 및 틀이 생산될 때까지 기존 철
개와 병행 사용 가능.



<그림-4.2.8> 밸브뚜껑 설치예



<그림-4.2.9> 밸브실 설치사례(수도권광역상수도)



4.에 대하여 ; 밸브실은 밸브와 일체구조로 되어 중량이 커지기 때문에 될 수 있는 한 지반이 양호한 장소를 골라서 설치한다.

부득이 연약지반이나 액상화가 우려되는 사질지반 등에 설치할 때에는 기초공사를 하거나 지반을 개량한다. 특히 밸브실 부근의 관로는 지반의 부등침하나 액상화 될 때에 밸브실과는 다른 거동을 보이며 사고발생 가능성이 크므로 적절한 대책을 강구하여 관로의 안정성을 확보한다. 밸브의 설치 예를 <그림-4.2.9>에 나타내었다.

5.에 대하여 : 차단용 밸브, 제어용 밸브도 오랜 세월에 걸쳐 사용하는 사이에 밸브박스나 밸브 본체의 도장이 노후되어 녹이 발생하며 적수의 원인이 되거나 개폐를 곤란하게 하는 원인이 되고 있다. 이들 밸브에 사용되는 도장에 대해서는 도포막으로서의 특성이 뛰어나고 수질에 영향을 미치지 않는 도료를 사용해야 한다.

밸브의 도장으로서에는 에폭시수지 분체도장, 에폭시수지 도장 등이 있다.

관경 350 mm이하의 제수밸브로서는 유로에 흠이 없으며 밸브박스에는 에폭시수지 분체도장을 하고 밸브 본체에 고무시트(seat)를 붙인 소프트실(seal) 밸브 등도 있다.

4.2.9 공기밸브

공기밸브의 설치는 다음 각 항에 적합해야 한다.

1. 관로의 돌출부 상단에 설치하나 제수밸브의 중간에 돌출부가 없는 경우에는 높은 쪽의 제수밸브 바로 밑에 설치해야 한다.
2. 관경 400 mm 이상의 관에는 반드시 쌍구공기밸브 또는 급속공기밸브를, 관경 350 mm 이하에 대해서는 단구공기밸브를 설치한다.
3. 공기밸브에는 필요에 따라 보수용의 제수밸브를 설치한다.
4. 매설관에 설치하는 공기밸브에는 밸브실을 설치하며, 밸브실의 구조는 견고하고 밸브 관리가 용이한 것으로 한다.
5. 한냉지에 대해서는 적절한 동결방지대책을 강구한다.

【해설】

1.에 대하여 ; 공기밸브 설치의 목적은 관내에 공기를 배제하거나 흡인하기 위해서이다. 관로의 돌출부상단에는 물속에 용해되어 있는 공기가 유리되어 축적되어 에어포켓(air pocket)을 형성하며 이 에어포켓부분을 제거하지 않으면 통수 단면적을 감소시켜서 원활한 통수를 방해하며 때로는 관로의 사고를 유발하는 경우도 있으므로 적절하게 자동적으로 배제시켜야 한다. 또 관을 부설할 때나 단수 후에 물을 다시 채울 때는 관내의 공기를 배제하면서 충수해야 하며 또 공사할 때나 작업상 필요에 따라 단수하고 관내의 물을 빼내는 경우에는 관내가 진공에 가깝게 되어 외압 때문에 관이 변형될 염려가 있다. 그러므로 이런 경우에는 공기를 자동적으로 관내에 빨아 들여야 한다. 이러한 목적을 달성하기 위해서 관로에는 적당한 장소에 공기밸브를 설치한다.

가장 공기가 모이기 쉬운 관로의 돌출부상단은 전체 관로를 통한 최고부가 아니고 국부적인 그 부근의 최고지점이며 관로의 종단면도내에서의 모든 돌출부를 말한다. 예를 들면, 수관교의

정부(top)는 이것에 해당된다.

관로연장이 길고 또한 관로의 종단도에 돌출부가 없는 경우에는 충수 또는 배수(排水)에 요하는 시간을 적절하게 하도록 제수밸브와 제수밸브 사이에 공기밸브를 설치한다. 관로연장이 긴 경우에는 유지관리를 위해서 1~3 km의 간격으로 제수밸브를 설치하기 때문에 공기밸브는 이들 제수밸브중 위치가 높은 쪽의 제수밸브의 바로 밑의 가까운 곳에 설치하면 좋다.

배수지관에는 급수관이 분기되며 관내의 공기는 급수장치로부터 배출되기 쉽다. 배수지관을 신설할 때 및 유지관리를 위한 충수·배수(排水)시에는 흡·배기에 소화전을 이용할 수 있다.

2.에 대하여 ; 공기밸브에는 단위시간에 있어서의 흡·배기량의 대소에 따라 급속공기밸브, 쌍구공기밸브 및 단구공기밸브로 나누어진다.

단위시간당의 흡기량은 배수로(排水路)의 단위시간당 배수(排水)가능량, 관내수량 및 허용배수(排水)시간에 의해서 정한다. 단위시간당의 배기량은 충수시 관의 공급능력, 안전한 충수속도 및 허용충수시간 등에 의해서 정한다. 공기밸브는 이러한 검토에 의해서 적절한 종류를 선택한다.

예컨대, 배수로(排水路)가 작은 하천인 경우에 배수(排水)시에 그 수위가 일정하다고는 할 수 없으며 단위시간당의 배수가능량은 수위가 낮으면 크고 수위가 높으면 작아지기 때문에 지금까지의 경험에 근거하여 관경 400 mm 이상의 본관에는 급속공기밸브 또는 쌍구공기밸브를, 관경 350 mm 이하의 본관에는 단구공기밸브를 설치하는 것이 좋다.

관경 800 mm 이상의 대구경관에는 맨홀용 T자관과 뚜껑을 이용하여 공기밸브를 붙이면 맨홀을 겸할 수 있기 때문에 유지관리상 좋다.

특히 동수경사선상에 설치된 터널 입·출구 등에는 공기배제용관(stand pipe)을 세우는 것이 바람직하다. 관경에 따른 공기밸브의 적용구경은 다음 <표-4.2.5>와 같다.

<표-4.2.5> 쌍구 및 급속공기밸브 적용구경

쌍구공기밸브		급속공기밸브	
구경(mm)	관경(mm)	구경(mm)	관경(mm)
80	400~600	80	400~900
100	600~900	100	600~1,200
150	900이상	150	900 이상
200	1,600이상	200	1,600 이상

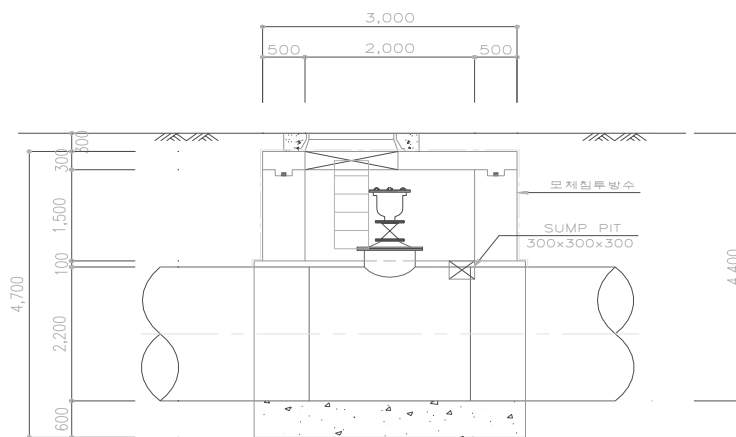
3.에 대하여 ; 공기밸브의 구조는 간단하지만, 구(ball)나 고무패킹이 파손되기 쉽고 교체나 수리를 해야 할 필요가 생기는 경우가 많기 때문에 관로를 단수시키지 않기 위해서 공기밸브용 T자관과 공기밸브의 사이에 보수용의 제수밸브를 설치한다. 또 공기밸브실이 작고 좁거나 얇은 곳에는 밸브실의 상부에서 제수밸브를 조작할 수 있도록 공기밸브와 제수밸브가 일체로 제작된 공기밸브를 사용하면 개폐조작이 용이하고 얇게 문힌 배관에 설치하기도 쉽다. 공기밸브는 그 기능을 완전하게 발휘하기 위하여 수평으로 설치한다.

4.에 대하여 ; 공기밸브에는 수관교, 교량첨가부를 제외하고 공기의 배제나 공기밸브의 유지관리를 쉽게 하기 위해서 밸브실을 설치한다. 특히 매설관의 공기밸브에는 반드시 밸브실을 설치하며 밸브실은 철근콘크리트제 또는 콘크리트블록 쌓기로 하고 밸브를 보수할 수 있는 크기

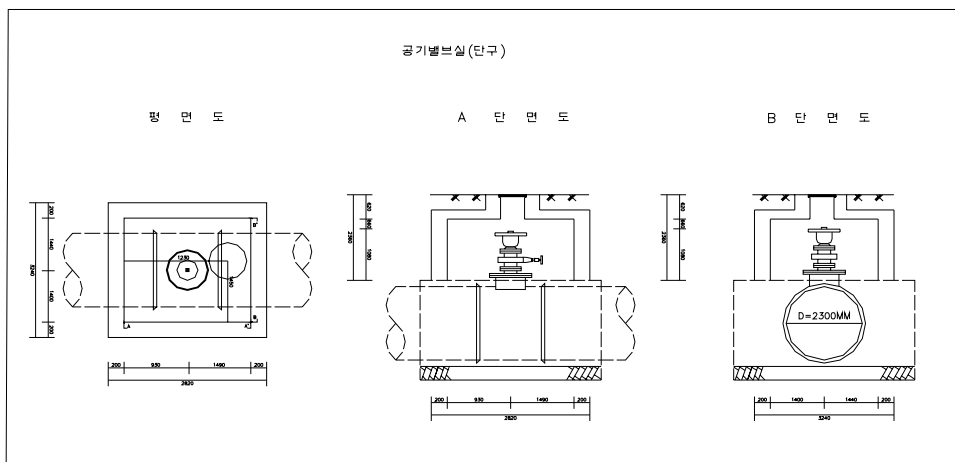
로 한다. 밸브실내에는 빗물 등이 고이기 쉽기 때문에 외부로 배수(排水)할 수 있는 구조로 한다. 공기밸브실 주위의 지하수위가 높을 경우에는 외부에서 물이 역으로 유입되지 못하도록 필요한 높이의 관을 이어서 높게 하며 밸브실내에 공기의 유출입이 용이하도록 환기구를 설치한다.

급속공기밸브, 단구공기밸브 및 쌍구공기밸브의 예를 <그림-4.2.10~4.2.12>에 나타내었다.

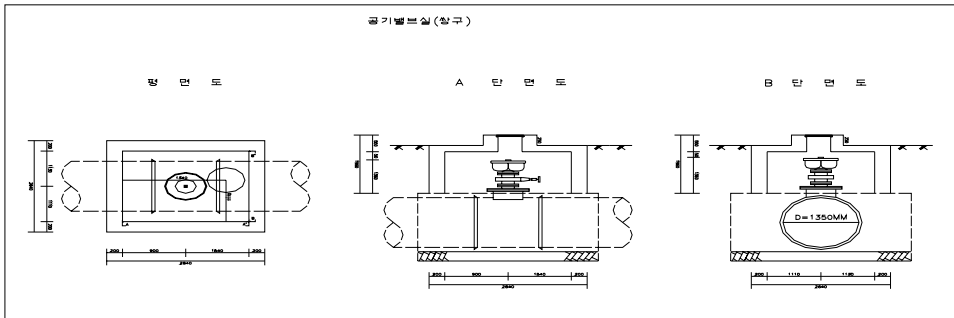
5.에 대하여 ; 한냉지에서는 공기밸브의 동결을 방지하기 위하여 매설관의 공기밸브실 뚜껑을 이중구조로 하거나 밸브실내에 적당한 방한재를 채워야 하며 수관교나 교량첨가부의 공기밸브에는 외상자를 씌우고 그 속에 발포스티로폴 등의 방한재를 충전하는 등을 하여 공기밸브의 동결을 방지할 필요가 있다. 동결방지장치를 부가한 급속공기밸브를 사용하면 보다 효과적이다.



<그림-4.2.10> 급속공기밸브 설치사례(수도권광역상수도)



<그림-4.2.11> 단구공기밸브 설치사례(전주권광역상수도)



<그림-4.2.12> 쌍구공기밸브 설치사례(전주권광역상수도)

4.2.10 배수(drain)설비

배수(排水)설비는 다음 각 항에 적합하도록 설치한다.

1. 관로의 낮은 굴곡부 하단에 적당한 배수로(排水路), 하수관거 또는 하천 등(이하 「수로 등」 이라고 한다)이 있는 부근을 선정하여 배수설비(이토관)를 설치한다.
2. 이토관의 관경은 도수관경의 1/2~1/4로 하고 가능하면 치수가 큰 것을 택한다.
3. 방류수면이 관저보다 높을 때는 이토관과 토출구 도중 필요에 따라 배수실을 설치한다.
4. 토출구 부근 호안은 방류수에 의해 침식 또는 파괴되지 않도록 견고하게 축조한다.

【해설】

1.에 대하여 ; 배수(排水)설비의 설치 목적은 관을 매설하였을 때에 관 바닥에 남은 이토나 모래 등 협잡물을 배출하고 관내에 발생한 탁질수의 배제와 공사 및 사고 등 비상시나 평소 유지관리상 관내 청소와 정제수의 배제 등을 목적으로 설치한다. 따라서 그 설치 위치는 관로의 낮은 굴곡부 부근에 관경에 알맞은 배수량을 수용할 수 있을 정도의 배수로가 있는 곳을 선정한다.

배수(排水)설비를 도·송·배수본관에만 설치하고 배수(配水)지관에 대해서는 배수(排水)를 소화전에 의존하는 경우도 있지만, 소화전만으로는 모든 협잡물들을 배출할 수 없기 때문에 와권식 T자관(주 : 배수본관과 분기관의 하단부 높이가 동일하게 접속된 T자관)과 소화전을 써서 수질보전을 한층 충실하게 할 필요가 있다.

배수(排水)설비는 관로의 낮은 곳에서 배제(排除)할 수 있는 수로 등의 부근에 설치하는 것이 바람직하다. 또 배수관(排水管) 분기지점 근처의 적절한 지점에 밸브를 설치하여 효율적으로 배수(排水)할 수 있도록 한다.

관로가 특히 낮은 곳이 아니라도 부근에 적당한 배출장소가 있을 때는 되도록 이토관을 설치하는 것이 좋다. 가깝게 적당한 수로가 없을 때는 배수관로가 상당한 거리가 되더라도 가장 가까운 수로에 까지 이토관을 매설하는 것이 바람직하다. 또 이토관은 제수밸브와 제수밸브 사이에 적어도 한 개는 설치하는 것이 바람직하다.

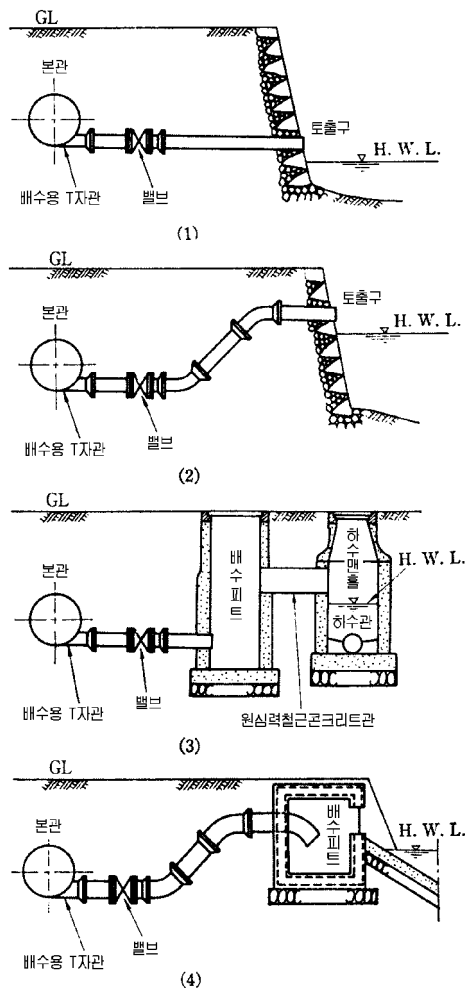
일시적으로 대량을 배수하는 것은 수로 등에 영향을 주기 때문에 배수관경이 제약되는 경우가 있지만, 가능한 한 배수량에 적합한 관경으로 하는 것이 바람직하다.

배수관로에서의 토출구는 수로 등에서의 오수역류를 방지하기 위해서 수로 등의 고수위보다 높은 위치에 설치한다.

방류수면이 관 밑바닥보다 높은 경우에는 관내수를 완전히 배수하기 위해서 배수관로의 도중에 배수실(catch basin)을 설치하여 펌프로 배수해야 한다.

배수관로의 토출구 부근이 방류에 의해서 침식 또는 파괴될 우려가 있는 경우에는 콘크리트, 그물망, 사석 등의 방호공을 한다. 일시적으로는 배수시에 강관말뚝을 한줄로 세우거나 목재의 뗏목을 띄우는 등으로 하여 방호하는 것도 있다. 또한 배수실을 철근콘크리트조로 하여 토출구에서 분출수의 에너지를 줄이고 그 월류구의 폭을 될 수 있는 한 크게 하여 유속을 감하여 방류하는 방법도 있다.

대구경관의 배수관로 토출구 등에는 필요에 따라 위험을 방지하기 위한 조치를 강구한다. 배수설비 배치의 예를 <그림-4.2.13(1)~(4)>에 나타내었으며, <그림-4.2.13(1)>의 경우에는 배수관의 개략적인 배수량 산정표를 <표-4.2.6>에 나타내었다.

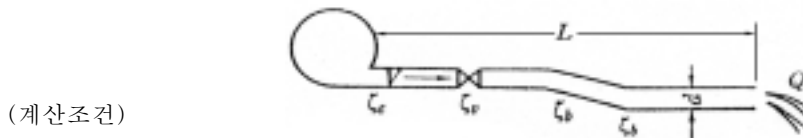


<그림-4.2.13> 배수관, 배수실, 토출구

<표-4.2.6> 배수관(排水管)의 개략적인 배수량 산정표

L = 50m (단위 ; m³/min)

개도		1/8	2/8	3/8	4/8	5/8	6/8	전개	개도		1/8	2/8	3/8	4/8	5/8	6/8	전개
100#	개구면적(m ²)	0.0009	0.0027	0.0034	0.0046	0.0057	0.0067	0.0079	250#	개구면적(m ²)	0.0062	0.0142	0.0226	0.0291	0.0358	0.0416	0.0491
	스핀들회전속도	1.7	3.5	5.2	7.0	8.6	10.4	13.8		스핀들회전속도	3.1	6.7	9.2	12.3	15.4	18.2	24.6
	본수관압 MPa	0.05	0.44	0.74	0.85	0.91	0.93	0.95		본수관압 MPa	0.05	2.9	6.0	8.0	9.2	9.8	10.2
		0.10	0.63	1.05	1.21	1.29	1.31	1.33			0.10	4.2	8.4	11.3	13.0	13.9	14.4
		0.15	0.76	1.27	1.48	1.57	1.61	1.63			0.15	5.1	10.3	13.9	15.9	17.0	17.7
		0.20	0.87	1.48	1.70	1.82	1.86	1.90			0.20	5.9	12.0	16.1	18.5	20.1	20.6
		0.25	0.97	1.65	1.91	2.05	2.09	2.11			0.25	6.6	13.4	18.0	20.7	22.4	23.0
		0.30	1.06	1.80	2.11	2.24	2.27	2.31			0.30	7.3	14.7	19.7	22.7	24.5	25.2
		0.35	1.16	1.95	2.26	2.39	2.46	2.48			0.35	7.5	15.9	21.3	24.5	26.5	27.3
		0.40	1.57	2.09	2.43	2.56	2.63	2.67			0.40	8.3	17.0	22.7	25.2	28.3	29.4
150#	개구면적(m ²)	0.0021	0.0050	0.0077	0.0091	0.0127	0.0149	0.0177	300#	개구면적(m ²)	0.0094	0.0173	0.0315	0.0420	0.0516	0.0601	0.0707
	스핀들회전속도	2.2	4.4	6.5	8.9	11.1	13.3	17.7		스핀들회전속도	3.7	7.4	11.1	14.8	18.4	22.1	29.5
	본수관압 MPa	0.05	1.0	1.9	2.3	2.5	2.6	2.7		본수관압 MPa	0.05	4.3	9.9	12.3	14.5	15.7	16.5
		0.10	1.5	2.7	3.3	3.6	3.7	3.8			0.10	6.0	12.7	17.4	20.5	22.2	23.3
		0.15	1.8	3.3	4.0	4.4	4.6	4.7			0.15	7.4	15.5	21.3	25.0	27.2	28.6
		0.20	2.0	3.8	4.7	5.1	5.3	5.4			0.20	8.6	17.9	24.7	29.0	31.5	32.9
		0.25	2.3	4.2	5.2	5.6	5.9	6.0			0.25	9.6	20.0	27.6	32.4	35.3	36.8
		0.30	2.5	4.6	5.7	6.2	6.4	6.6			0.30	10.5	21.9	30.2	35.5	38.6	40.3
		0.35	2.7	5.0	6.1	6.7	7.0	7.1			0.35	11.3	23.7	32.6	38.3	41.6	43.5
		0.40	2.9	5.3	6.6	7.1	7.4	7.6			0.40	12.1	25.3	34.9	41.0	44.5	46.7
200#	개구면적(m ²)	0.0040	0.0090	0.0137	0.0186	0.0228	0.0267	0.0314	400#	개구면적(m ²)	0.0168	0.0368	0.0564	0.0749	0.0920	0.1070	0.1256
	스핀들회전속도	3.0	5.9	8.9	11.8	14.7	17.7	23.6		스핀들회전속도	4.3	8.6	12.9	17.2	21.5	25.9	34.5
	본수관압 MPa	0.05	1.9	3.6	4.5	5.2	5.5	6.0		본수관압 MPa	0.05	7.7	16.4	23.5	28.4	31.6	33.4
		0.10	2.6	5.1	6.3	7.4	7.8	8.0			0.10	10.9	23.3	33.3	40.1	44.6	47.3
		0.15	3.2	6.3	7.7	9.0	9.5	9.8			0.15	13.3	28.5	40.8	49.1	54.7	58.0
		0.20	3.7	7.3	9.0	10.4	11.0	11.3			0.20	15.4	32.9	47.0	56.7	63.2	66.8
		0.25	4.2	8.1	9.9	11.6	12.3	12.6			0.25	17.2	36.8	52.7	63.4	70.6	74.8
		0.30	4.6	8.9	10.9	12.7	13.4	13.8			0.30	18.8	40.3	57.6	69.5	77.3	81.8
		0.35	4.9	9.6	11.8	13.8	14.5	14.9			0.35	20.3	43.6	62.3	70.1	83.5	88.5
		0.40	5.3	10.2	12.6	14.7	15.5	15.9			0.40	21.7	46.6	66.6	80.2	89.2	94.5



(계산조건)

$$H = (\zeta_e + \zeta_v + 2\zeta_b + \lambda \frac{L}{d}) \frac{v^2}{2g} = (1.6 + 2\zeta_b + \lambda \frac{L}{d}) \frac{v^2}{2g} \quad \therefore v = \frac{4.43}{\sqrt{1.6 + \zeta_v + \lambda \frac{L}{d}}} \sqrt{H} (m/s)$$

$$\text{유량 } Q \text{는 } Q = \frac{\pi}{4} d^2 v = \frac{\pi}{4} d^2 \frac{4.43}{\sqrt{1.6 + \zeta_v + \lambda \frac{L}{d}}} \sqrt{H} (m^3/s)$$

여기서 H : 배수본관의 수압(m) ζ_b : 곡관손실계수(0.04)

L : 배수관(排水管)의 길이(m) ζ_v : 밸브의 손실계수

d : 배수관(排水管) 관경(m) λ : 배수관(排水管)의 마찰손실계수(신관, 라이닝없음)

ζ_e : 유입손실계수(0.5)

밸브의 개도와 ζ_v와의 관계

관경과 λ와의 관계

개도	1/8	2/8	3/8	4/8	5/8	6/8	전개	관경	100	150	200	250	300	400
ζ _v	90	16	5.5	2.3	1.0	0.385	0	λ	0.045	0.040	0.036	0.031	0.027	0.024

2.에 대하여 : 이토관의 관저고는 본관의 관저고와 일치시켜야 하며 관내를 충분히 세척하기 위해서는 상당히 빠른 유속이 필요하기 때문에 이토관의 관경 규격에서 관경 1,650 mm 이상의 특대구경관 이외에는 주 관경의 1/2~1/4 정도로 하면 되지만, 가능하면 크게 하는 것이 유지관리가 편리하다. 소구경관에서는 이토관 대신 T자관을 사용할 때도 있다. 그러나 관경 500 mm 이상의 관에서는 토출구의 수로가 범람할 염려가 있으므로 이런 때에는 배출 가능한 장소마다 여러 개의 배수(排水)설비를 설치할 수도 있다.

3.에 대하여 : 방류수로의 하수가 관내로 역류하지 못하게 토출구는 반드시 방류수로의 고수위보다도 높게 설치한다. 세척수 배출만을 배출하기 위하여 설치한 이토관에서는 방류수면보다 토출구를 높게 하는 것이 좋으나 관내에서 물을 완전하게 빼내고자 할 때는 이토관의 도중에 별도의 배수실을 설치하여 펌프로 배출할 수 있도록 한다.

4.에 대하여 : 토출구 부근이 대량의 방류수에 의하여 침식 또는 파괴될 염려가 있는 장소는 반드시 보호공을 설치한다.

4.2.11 맨홀 및 점검구

관경 800 mm 이상의 관로에 대해서는 관로의 시공과 유지관리시의 내부 누수공의 확인이나 검사와 보수를 위하여 필요한 장소에 맨홀을 설치한다. 또한 800 mm 미만의 관에는 점검구를 둘 수 있다.

【해설】

맨홀은 관경 800 mm 이상의 관로를 부설할 때에 덕타일주철관의 내면조인트, 강관의 접합 등을 위한 작업요원의 출입구, 재료·기자재의 반출입구 등 관 매설공사 시공 및 관로매설 후의 내부점검 등의 유지관리에 활용하기 위해서 설치한다.

설치지점은 공기밸브 설치지점이 일반적이지만, 강관 접합부의 용접이나 도장을 할 때에는 관내의 강제배기 등을 위해 필요에 따라 공기밸브 이외의 지점에 설치한다. 특히 사고 가능성이 많은 수관교, 역사이편, 제수밸브, 지형과 지질이 변화하는 장소와 기타 중요한 장소에 설치하고 또 일반적인 관로에도 토피가 큰 장소에는 외부로부터의 검사와 보수가 불가능하므로 특히 맨홀 설치가 필요하다.

맨홀의 T자관의 크기는 대개 직경 600 mm로 충분하다. 맨홀은 보통 상향으로 뚜껑을 설치하고 공기밸브를 접속한다. 공기밸브를 설치하지 않은 지점에는 구경 600 mm의 플랜지 뚜껑으로 밀폐한다.

관경 800 mm 미만의 관에도 맨홀설치 방법에 준하여 점검구를 둬으로써 시공 및 유지관리할 때에 관로내부에 감시카메라 등을 삽입하여 내부상태를 점검·확인할 수 있고 기존관로의 보수나 갱생에도 활용할 수 있다.

맨홀 및 점검구의 실은 4.2.9 공기밸브(P)의 4에 준한다.

4.2.12 관로보호설비(수격방지 설비)

수격작용으로 관로에 영향을 미칠 우려가 있는 경우에는 이를 경감시키기 위해 다음 각 항에 의한 보호설비를 설치하는 것이 바람직하다.

1. 압력저하에 따른 부압방지 대책으로서 플라이휠(fly wheel), 에어챔버(air chamber), 조압수조(surge tank), 공기밸브 등을 설치한다.
2. 압력상승에 따른 배관 및 가압설비의 보호대책으로서 안전밸브(safety valve) 즉, 스윙 체크밸브(swing check valve), 급폐형 체크밸브, 콘밸브(cone valve) 또는 니들밸브(needle valve), 수격완화밸브(relief valve), 에어챔버(air chamber), 바이패스라인(bypass line) 등을 설치한다.
3. 사고의 경우를 고려하여 필요에 따라 관을 2계열로 매설하고 중요한 장소에 연결관을 설치하는 것이 바람직하다.

【해설】

1.과 2.에 대하여 ; 수격방지에 대해서는 **8.2.8. 펌프의 수격작용(P)**을 참조한다. 펌프의 급격한 기동(起動), 정지 또는 밸브의 개폐에 의한 물의 운동상태 급변에 따라서 관로에 커다란 압력상승 또는 저하를 일으키는데, 이와 같은 비정상상태의 수리현상에 의해서 발생하는 압력변동 현상을 수격작용이라고 하며, 이 작용을 완화하고 경감하는 장치를 수격방지 설비라고 한다.

펌프양수시 관로연장이 긴 경우는 펌프의 운전개시, 정지, 정전 기타의 사고가 있을 때나 하류 측 제수밸브의 개폐시 등에 관로에 이상 수격압이 일어나기 때문에 필요에 따라 그 완화대책으로서 안전밸브 또는 자유수면을 가진 조압수조(surge tank)를 설치해야 한다.

또 관경이 크고 연장이 길 경우에는 도중 관로의 파열사고에 대비하여 자동차단밸브를 설치하면 안전하다.

도·송수중의 펌프가 급격히 구동력을 잃은 경우, 회전속도의 저하에 의해서 양수능력을 잃고, 관내압력은 급속히 저하한다. 관내 압력이 그 온도에서 물의 포화증기압 이하가 되면 관내 물속의 공기가 기화하고 공동부(cavitation area)가 발생하여 수주분리를 일으키는데, 어느 시기가 경과하면 역류가 시작되어 수주가 다시 결합될 때에 큰 압력을 유발하여 관로를 파손시키는 일도 있다.

이 경우는 에어챔버(air chamber) 또는 한 방향 조압수조를 설치하는 것이 안전하다. 또 관경이 크고 연장이 길 경우에는 도중 관로의 파열사고에 대비하여 자동차단밸브를 설치하면 안전하다.

노선계획의 측면에서 보면 펌프장의 토출측이 급격히 올라가 있는 장소나 지형여건상 관로가 돌출형이 되는 장소에 커다란 수격작용이 발생한다.

수격작용을 경감하는 데는 압력저하 및 압력상승을 경감하는 방법이 있는데, 실제로 무엇이 문제가 되는가를 검토하고, 필요에 따라서 여러 방법을 병용하여야 한다.

3.에 대하여 ; 관로의 사고시 다른 계통에서 보급이 안 될 경우 또는 복구가 곤란할 것으로 예상될 경우에는 전 노선이나 위험성이 큰 구간의 관로를 2계열로 하고 중요한 장소에 연결관을 설치하여 사고시의 안전을 기하는 것이 바람직하다.

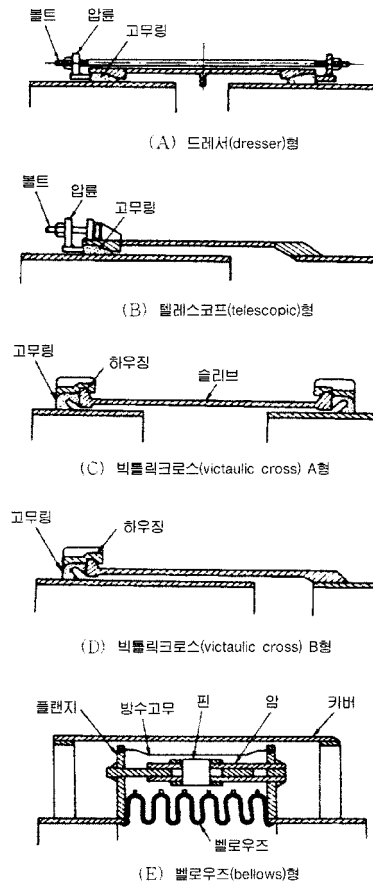
4.2.13 신축이음

신축이음은 다음 각 항에 적합하도록 한다.

1. 신축자재가 아닌 이음을 사용하는 관로 등에는 20~30 m마다 신축이음을 설치하고 연약지반이나 구조물과의 접합부(tie-in point) 등 부등침하의 우려가 있는 장소에는 휨성이 큰 신축이음을 설치한다.
2. 매설되는 수도용 도복장강관의 관로부에는 별도의 신축이음관이 필요하지 않으나 제수밸브, 펌프 등 관로 중간에 자유단이 발생하는 경우에는 밸브실 내에 신축이음관을 설치하고 밸브실 통과부에는 관이 축방향으로 변위될 수 있게 하되 외부지하수 등이 침입할 수 없는 구조로 한다.

【해설】

신축이음을 설치하는 목적은 연약지반 등에서의 부등침하를 흡수하거나 노출배관에 대해서 온도에 의한 관로의 신축에 대응시킴과 동시에 자연재해 등의 응력을 흡수하기 위해서이다. 따라서 관로의 안전성을 확보하기 위해서 신축이음을 적절히 배치한다(<그림-4.2.14> 참조).



<그림-4.2.14> 도복장강관의 신축이음

1.에 대하여 ; 연약지반 등 부등침하가 광범위하게 생길 것으로 예측되는 장소에 대해서는 관로전체에 유연한 신축이음을 사용한다. 수관교나 역사이편(inverted siphon)과 같은 구조물과의 접합부에 휨성이 있는 신축이음을 쓰는 경우에는 추정침하량을 흡수할 수 있는 휨성만으로 선정하는 것이 아니고, 내·외압, 내구성 및 수밀성에 대한 안전성을 검토한 다음에 최적의 것을 선정한다. 수관교 등의 노출부는 온도변화에 의한 관의 신축이 커지므로 신축이음을 삽입한다.

2.에 대하여 ; 도복장강관은 온도응력에 대하여 강도가 크고 또한 용접접합이기 때문에 관로로써 일체감을 갖는 동시에 흠에 의한 구속감이 있기 때문에 신축이음을 거의 사용하지 않고 설계하고 있지만, 제수밸브, 곡관, T자관의 전후지점에 한하여 온도응력이 일어나면 파손될 염려가 있는 곳에는 신축이음을 삽입한다. 이 경우에는 편압에 대해 밸브를 보호할 대책이 필요하다.

강관 부설공사에서 최후의 접합 장소는 용접에 따른 열응력을 적게 하기 위하여 신축이음을 설치함이 좋으며 그렇지 않을 경우 하루 중 기온이 가장 낮은 시간대에 용접을 하는 것이 바람직하다.

4.2.14 관의 기초

관을 매설할 때에는 다음 각 항을 따라야 한다.

1. 매설관의 기초는 지반의 상태와 지층을 사전에 조사하여 사용 관종을 선정하고 최적의 공법을 채택한다.
2. 관을 매설할 때의 다짐이 적절하게 되도록 되메우기 흙을 선정한다.
3. 견고한 지반과 연약지반이 단층으로 접해 있을 때와 관의 한쪽이 구조물에 고정되어 있을 때는 부등침하에 대비하여 알맞은 시공법, 관종, 신축이음을 사용한다.

【해설】

1.에 대하여 ; 매설관의 기초는 지반의 상태, 하중조건 및 사용 관종의 특성을 고려하여 설계한다.

1) 기초의 형상

덕타일주철관의 기초는 원칙으로 평평한 밑바닥으로 하고 특별한 기초는 필요하지 않다. 강관도 통상의 토질과 토피이면 특별한 기초를 필요로 하지 않지만, 굴착바닥이 딱딱한 암반인 경우 및 자갈 등을 포함한 지반인 경우에는 관의 단면방향 응력이나 변형을 저감시킬 목적으로 모래채움(sand bed)을 한다. 경질염화비닐관 및 수도용 폴리에틸렌관은 원칙으로 굴착바닥에 0.10 m이상의 모래 또는 양질토를 쓴다.

2) 관의 밑바닥 지지각

관의 두께계산 등에 사용되는 관의 밑바닥 지지각은 지반상태나 되메우기 흙의 종류 및 기초의 지지각을 감안하여 결정한다. 덕타일주철관에 대해 매설조건별로 구한 예를 표시하면, <표-4.2.7>과 같다.

강관이나 스테인리스강관에 대해서는 60°~150°의 기초지지각이 표시되며 일반적으로는 90°를 쓴다고 되어 있다. 관체를 지지하는 기초는 모래 또는 양질토를 사용하고 설계지지각

이상으로 다짐을 한다. 충분히 다짐이 되지 않으면, 기대한 것과 같은 설계지지각을 얻을 수 없으며 관체의 안전성을 확보하기 어려울 수도 있다.

<표-4.2.7> 각 매설조건에 대한 지지각

구 분	매 설 조 건	지지각
A	일반적인 지반인 경우	60°
	구의 바닥이 강고한 경우에 바닥에 모래를 채운 경우	
	구의 바닥이 강고한 경우에 되메우기흙을 모래로 치환한 경우	
B	구의 바닥이 강고한 경우	40°

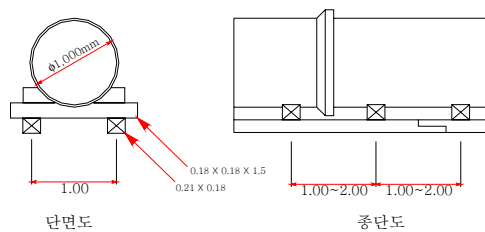
2.에 대하여 ; 되메우기 흙의 양부는 되메우기나 다짐할 때의 시공성을 좌우할 뿐만 아니라 관로의 안전성에도 크게 영향을 미친다. 특히 강관, 경질염화비닐관 및 수도용 폴리에틸렌관에 대해서는 관체의 손상을 야기할 수 있는 자갈이나 깬돌 등을 포함하고 있어서는 안 된다. 굴착토만으로 설계조건을 충족하는 양질토를 얻을 수 없는 경우에는 모래 또는 양질토를 쓸 필요가 있다.

3.에 대하여 ; 충적층 등의 연약한 지반에서는 관의 설치가 곤란할 뿐만 아니라 장래 관로의 부등침하를 일으킬 우려가 있다. 연약지반 등에 관로를 매설하는 경우에는 지반상황이나 관로침하량에 관해 검토하고 적절한 시공방법, 관중, 신축이음을 사용한다.

연약층이 얇은 지반에 관을 매설하는 경우에는 관의 중량, 관내수의 중량, 되메우기 토압 등을 고려하여 관의 하부에서의 토압증가분 등을 계산하고 침하량을 추정한 다음 관중이나 신축이음의 특성과 재질을 충분히 파악하여 안전대책을 강구한다.

관의 밑바닥 아래로 관경의 1/5~1/2정도(최저 0.15 m)는 모래 또는 양질토로 치환하거나 통나무사다리를 병용한 기초로 하는 것이 바람직하다.

통나무사다리기초는 <그림-4.2.15>에 예시한 바와 같이 관체의 하부를 모래 또는 양질토로 치환하고 그 위에 통나무 및 침목을 설치하고 켜기 등을 박아 넣어서 사다리모양으로 하여 고정시킨 것이다.



<그림-4.2.15> 통나무 사다리기초

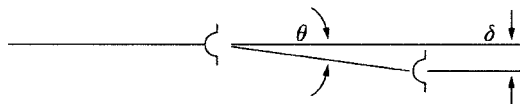
관체에 발생하는 응력은 관저의 지지각에 따라 많은 영향을 받으므로 지지각을 크게 하는 것이 어느 경우에도 유리하다. 또 사다리기초나 침목기초에서 침목의 간격이 너무 넓으면 이 부분에 관체응력이 집중되며 특히 변형되기 쉬운 강관에서는 관체의 좌굴(座屈)에 대한 안전성에 관해서도 충분히 검토한다.

덕타일주철관의 각종 조인트의 휨성은 <표-4.2.8>과 같고 이 굴곡허용각의 범위 내이면

관로는 지반의 부등침하에 순응할 수가 있다.

<표-4.2.8> 덕타일주철관 조인트부의 굴곡허용강도

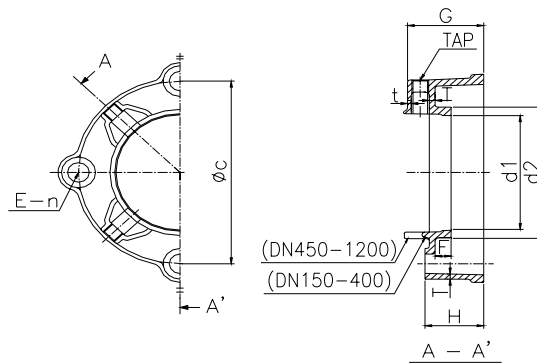
호칭지름 구분	KP 메커니컬	타이튼조인트	메커니컬조인트
φ80 mm	5°	5°	5°
100	5°	5°	5°
125	5°	5°	5°
150	5°	5°	5°
200	4°	5°	4°
250	4°	5°	4°
300	4°	5°	4°
350	3°	4°	3°
400	3°	4°	3°
450	3°	3°	3°
500	3°	3°	3°
600	2.0°	3°	2.0°
700	2.0°	2.5°	2.0°
800	1.5°	2.5°	1.5°
900	1.5°	2.5°	1.5°
1000	1.5°	2.0°	1.5°
1100	1.5°	2.0°	1.5°
1200	1.5°	2.0°	1.5°
1350	1.3°	2.0°	1.3°
1500	1.3°	2.0°	1.3°
1600	1.3°	2.0°	1.3°
1650	1.3°	2.0°	1.3°
1800	1.3°	2.0°	1.3°
2000	1.3°	2.0°	1.3°
2100	1.3°	-	1.3°
2200	1.3°	-	1.3°
2400	1.3°	-	1.3°
2600	1.3°	-	1.3°



연약층이 깊은 경우 또는 배관 공사를 위하여 중기계가 들어갈 수 없는 대단히 연약한 지반에 배관할 경우에는 환토법(換土法), 샌드드레인(sand drain) 등의 탈수압밀공법, 고결법(固結法) 등의 근본적인 지반개량이 필요하지만, 일반적인 연약지반에 대해서는 콘크리트기초, 침목기초, 사다리기초 또는 환토기초로서 관저 이하의 토사를 관경 1/3~1/1 정도의 두께까지 잔자갈이나 양질의 모래로 치환하고 관의 주위도 강모래 등으로 되메우기 한다.

연약지반에서의 이형관 보호공에 중량이 큰 콘크리트블록을 사용하면 부등침하의 원인이 되므로 이탈방지압륜과 같은 경량의 보호공이 유리하다(<그림-4.2.16> 참조). 또 지하수위가 높고

관중량이 가벼울 경우에 관내가 비어 있으면 부상되는 일이 있으므로 대책이 필요하다.



<그림-4.2.16> 이탈방지압륜

4.2.15 이형관 보호

이형관 보호에는 각 항에 적합해야 한다.

1. 관내수압은 안전성을 고려하여 최대정수압에 수격압을 더한 것으로 한다.
2. 덕타일주철관 및 경질염화비닐관의 이형관 보호에는 원칙적으로 콘크리트 블록에 의한 보호한다. 다만, 소구경관로에서 관외주면의 구속력을 충분히 기대할 수 있는 경우에는 이탈방지압륜 등을 사용한다.
3. 용접이음의 강관·스테인리스강관 및 용착조인트의 수도용 폴리에틸렌관에는 이형관 보호 등을 경감 또는 생략할 수 있다. 다만, 신축이음이 불평균력을 억제하기 위한 유효 길이의 범위 내에 설치되어 있는 경우에는 콘크리트블록 등에 의해 보호한다.

【해설】

곡관, T자관, 편탁관 등의 이형관에는 수평, 수직 모두 관내의 수압에 의해 불평균력을 받는데 불평균력의 크기는 수압, 관경 및 각도가 클수록 커진다. 수압에 의한 불평균력은 이형관의 종류에 따라서 [참고-4.2.3] 의 1~4에 나타난 식으로 계산할 수 있다.

이 불평균력의 작용에 따라서 이형관이 외측으로 밀려나가서 조인트가 이탈할 우려가 있으므로 이형관을 보호해야 한다.

1.에 대하여 ; 이형관 보호에 대한 관내 수압은 최대정수압에 수격압을 가산한 것으로 한다.

보호공의 크기를 결정할 때에 관내 수압에 의한 불평균력에 대해서 저항하는 요소, 즉 되메움흙의 중량, 토압저항력, 관외주의 마찰구속력을 고려해야 하는 여부는 관의 이음형식 및 관로의 매설상황 등에 따라서 판단한다.

매설관 주위에 다른 매설물들이 많은 시가지 등에서 방호배면이 굴착될 가능성이 있는 경우에는 그 영향을 고려한다.

2.에 대하여 ; 보호 콘크리트 블록의 크기를 결정하는 데는 여러 가지 방안이 고려될 수 있

는데, 일반적으로는 다음에 따른다.

토피(土被)에 의한 하중, 관의 중량, 물의 중량 및 콘크리트 블록의 중량에 의한 흙과의 마찰 저항과 콘크리트 블록배면의 수(주)동토압(passive(active) earth pressure)에 의한 저항을 합한 것이 불평균력에 저항하는 것이라는 방안을 기본으로 하고, 그중 일부의 저항력(예를 들면 주동토압 저항력)을 삭제하는 경우도 있다. 계산방법은 [참고-4.2.4] 를 참조한다. 또 연약지반이나 콘크리트블록 설치의 공간에 제약이 있는 경우 등은 이탈방지압륜을 사용한다.

덕타일주철관의 이탈방지압륜으로는 <그림-4.2.16>과 같은 특수압륜이 사용되고 있으며 불평균력이나 토질조건에 따라 관로의 일체화 길이를 계산한다. 한편, 고수압관로나 보호장소 부근을 반복해서 파낼 가능성이 있는 경우에는 콘크리트블록을 병용하는 것이 바람직하다.

소구경관로에서 지반이 부식성이 아니고 관외주의 흙의 구속력을 충분히 기대할 수 있는 경우에는 이탈방지압륜을 이용하여 관로를 일체화해도 된다.

어느 것이나 이탈방지압륜에 설정되어 있는 허용수압에 불평균력이나 토질조건에 따라 충분한 안전율이 예상되는 수압 이하의 관로에만 사용한다. 이 때의 관로일체화길이의 계산방법은 [참고-4.2.5] 을 참조한다. 부득이 부식성 지반에서 이탈방지압륜을 사용하는 경우에는 폴리에틸렌슬리브 피복 등의 적절한 방법을 강구하여 방지대책에 만전을 기해야 한다.

3.에 대하여 ; 용접이음의 강관, 스테인리스강관 및 용착조인트의 수도용 폴리에틸렌관은 관로가 일체화되어 있어 내압에 의한 불평균력을 관 자체의 강도에 따라 흡수하기 때문에 이형관 보호를 경감 또는 생략할 수 있다.

관로에 신축이음 등이 설치되어 있고 구속길이가 부족한 경우에는 콘크리트블록 등으로 이형관을 보호해야 한다. 그러나 연약지반 등에 콘크리트 보호공을 설치할 경우에는 침하 등에 주의해야 한다. 수구이음의 절관(切管) 또는 원심력금형주철관을 사용한 경우에는 미캐니컬조인트 등에 준하여 특히 보호공을 강화한다. 강관의 곡관부 검토방법을 [참고-4.2.6] 에 나타내었다.

[참고-4.2.3] 콘크리트블록 설계방법

1. 곡관부에 수평으로 불평균력이 가해지는 경우(<참고도-4.2.5> 참조)

μW : 콘크리트지면에서 흙과의 마찰저항력

E : 콘크리트배면의 수동토압저항력

P : 곡관부의 불평균력

이라고 하면,

$$P < \mu W + E$$

여기서

$$P = 2pA \sin \frac{\theta}{2}$$

여기서

P : 수압에 의해 굴곡부에 작용하는 외력의 합(kN)

p : 관내수압(kN/m²)

A : 관단면적(m²)

θ : 굴곡각도(도)

W : 콘크리트의 저면에 걸리는 총중량(kN)

W_1 : 토피에 의한 하중(kN)

W_2 ; 관 및 물의 중량(kN)

W_3 ; 콘크리트의 중량(kN)

μ : 콘크리트와 흙의 마찰저항계수

로 하면

$$\mu W = \mu(W_1 + W_2 + W_3)$$

로 된다.

l : 콘크리트배면의 투영 장(m)

γ : 흙의 단위중량(kN/m³)

C_e : 수동토압계수

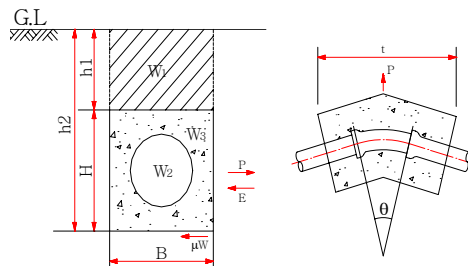
로 하면

$$E = \frac{1}{2} C_e \cdot r \cdot (h_2^2 - h_1^2) \cdot l$$

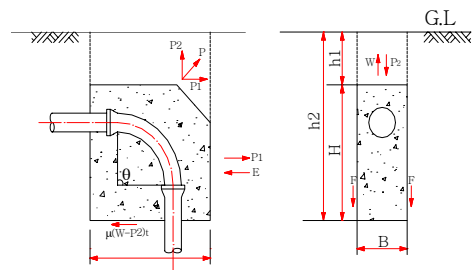
여기서,

$$C_e = \tan^2(45^\circ + \frac{\phi}{2})$$

ϕ : 흙의 내부마찰각(도)



<참고도-4.2.5> 수평곡관 보호콘크리트



<참고도-4.2.6> 수평곡관 보호콘크리트

2. 곡관부에 수직상향으로 불평균력이 작용하는 경우(<참고도-4.2.6> 참조)

P_1 : 불평균력 P 의 수평분력(kN)

P_2 ; 불평균력 P 의 수직분력(kN)

$\mu(W - P_2)$; 콘크리트저면에서 흙과의 마찰저항력(kN)

E : 콘크리트배면의 수동토압저항력(kN)

F ; 콘크리트측면의 주동토압저항력(kN)

으로 하면, 수평분력 에 대해서는

$$P_1 = P \sin \frac{\theta}{2} < \mu(W - P_2) + E$$

이 되고, 수직분력에 대해서는

$$P_2 = P \cos \frac{\theta}{2} < W + F$$

이 된다.

B : 콘크리트의 폭

l : 콘크리트의 길이

$$C_e = \tan^2(45^\circ - \frac{\theta}{2}) : \text{주동토압계수}$$

로 하면,

$$F = \frac{1}{2} C_e \cdot r \cdot (h_2^2 - h_1^2) \times 2(B + l)\mu$$

이 된다.

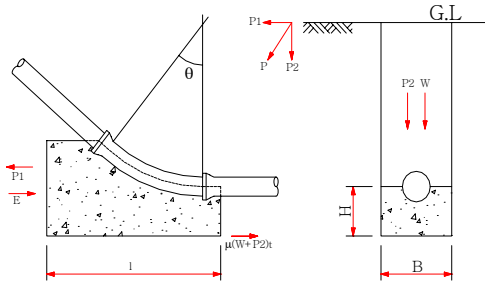
3. 곡관부에 수직하향으로 불평균력이 작용하는 경우(<참고도-4.2.7>)

$$P_1 = P \sin \frac{\theta}{2} < \mu(W + P_2) + E$$

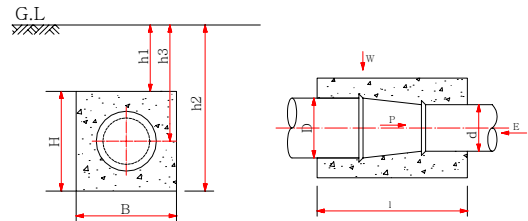
$$P_2 = P \cos \frac{\theta}{2} \cdot \frac{W + P_2}{B \cdot l} < \sigma$$

σ : 지내력

지내력이 부족한 경우에는 기초말뚝을 쓴다.



<참고도-4.2.7> 수직하향곡관 보호콘크리트



<참고도-4.2.8> 편락관의 보호콘크리트

4. 편락관에 불평균력이 작용하는 경우(<참고도-4.2.8>)

μW : 콘크리트저면에서 흙과의 마찰저항력(kN)

E : 콘크리트배면에서 수동토압저항력(kN)

P : 편락관에 가해지는 불평균력(kN)

으로 하면

$$P < \mu W + E$$

여기서

$$P = p \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (D^2 - d^2)$$

여기서

p : 수압(kN/m³)

D : 실외경(큰 직경)(m)

d ; 실외경(소직경)(m)

$$E = \frac{1}{2} C_e \cdot r \cdot (h_2^2 - h_1^2) \cdot B - \frac{\pi}{4} \cdot d^2 \cdot r \cdot C_e \cdot h_3$$

5. 수치계산의 예

1) 설계조건

(1) 수압에 관하여 : 정수압에 수직압을 더한 것으로 한다.

(2) 지반의 여러 물성치에 관하여 : 대구경관인 경우에는 토질조사를 하고 실측치를 사용하여 설계검토를 하는 것이 바람직하지만, 일반적인 계획에서는 <참고표-4.2.16>~<참고표-4.2.18>을 참고하면 된다.

(3) 불평균력표

수압 0.1 MPa당의 불평균력을 보면 <참고표-4.2.19>와 같다.

2) 45°곡관의 계산 예

(1) 계산조건(각 계산의 예 공통)

호칭직경 : $D = 600$ mm(실 외경 $D_2 = 0.6308$ m)

수압 : $p = 1.0$ MPa = 1000 kN/m²

관종 : 3종관

토피 : 1.2 m

<참고표-4.2.16> 콘크리트와 흙의 마찰계수

흙의 종류	마찰계수	흙의 종류	마찰계수
다져진 흙	0.50	모래자갈	0.60
젖은 흙	0.33	점토	0.20~0.50
잔자갈	0.60	마른 모래	0.50
굵은 자갈	0.50	보통 흙 또는 젖은 모래	0.20~0.33

<참고표-4.2.17> 토사의 단위체적중량과 내부마찰각

종별	상태	단위체적중량(t/m ³)	내부마찰각(도)
보통 흙	건조된 것	14	30~40
	수분이 있는 것	16	45
	물이 포화된 것	18	25~30
모래	건조된 것	16	30~35
	수분이 있는 것	18	40
점토가 섞인 모래	수분이 포화된 것	20	20~25
	건조된 것	15	20~45
	수분이 있는 것	19	20~25
점토	건조된 것	16	40~45
	수분이 있는 것	20	20~25
	물이 포화된 것	-	14~20
실트		17	10~20

<참고표-4.2.18> 지반의 허용지지력

흙 의 종 류	허용지지력(kN/m ²)	흙 의 종 류	허용지지력(kN/m ²)
점토	50~200	단단한 모래	500~700
모래가 섞인 흙	300~400	갯자갈	500~800
수분이 많은 모래	10~300	흙돌, 사암	700~2500
수분이 작은 모래	300~500	경암	2000~5000

<참고표-4.2.19> 수압에 의한 불평균력표

호칭직경 D(mm)	수압 0.1 MPa당 불평균력표(kN)				
	90°곡관	45°곡관	22 $\frac{1}{2}$ °곡관	11 $\frac{1}{4}$ °곡관	T자관, 수도꼭지, 밸브
80	0.96	0.52	0.27	0.13	0.68
100	1.55	0.84	0.43	0.21	1.09
150	3.17	1.72	0.88	0.44	2.24
200	5.38	2.91	1.48	0.75	3.80
250	8.19	4.43	2.26	0.14	5.79
300	11.57	6.26	3.19	1.60	8.18
350	15.54	8.41	4.29	2.15	10.99
400	20.12	10.89	5.55	2.79	14.23
450	25.25	13.67	6.97	3.50	17.86
500	30.97	16.76	8.54	4.29	21.90
600	44.20	23.92	12.19	6.13	31.25
700	59.68	32.30	16.47	8.27	42.20
800	77.63	42.01	21.42	10.76	54.89
900	97.93	53.00	27.02	13.58	69.25
1000	120.37	65.14	33.21	16.68	85.11
1100	145.36	78.67	40.11	20.15	102.79
1200	172.44	93.32	47.58	23.90	121.93
1350	217.70	117.82	60.06	30.18	153.94
1500	268.23	145.16	74.00	37.18	189.67
1600	302.39	163.65	83.43	41.92	213.82
1650	321.38	173.93	88.67	44.55	227.25
1800	379.32	205.29	104.65	52.58	268.22
2000	471.80	255.34	130.17	65.40	333.62
2100	520.14	281.50	143.51	72.10	367.79
2200	577.40	312.49	159.30	80.04	408.28
2400	671.07	363.18	185.15	93.02	474.52
2600	800.15	433.04	220.76	110.91	565.79

주) 외경으로 계산.

(2) 곡관부의 불평균력

$$\begin{aligned}
 P &= 2p \cdot A \cdot \sin \frac{\theta}{2} \\
 &= 2 \times 1000 \times \frac{\pi}{4} \times 0.6308^2 \times \sin \frac{45^\circ}{2} \\
 &= 239.190 \text{ (kN)}
 \end{aligned}$$

여기서

P : 곡관의 불평균력(kN)

p : 수압(kN/m²)

$$A: \text{관의 단면적} = \frac{\pi}{4} D_2^2 (\text{m}^2)$$

Φ : 관의 굴곡각도(도)

(3) 지반에 관한 계산조건(각 계산의 예 공통)

흙과 콘크리트의 마찰계수 : $\mu = 0.5$

흙의 내부 마찰각 : $\Phi = 30^\circ$

(4) 수평곡관 45° 의 경우(<참고도-4.2.9>)

물의 단위체적중량 : $\gamma_w = 1 \text{ (t/m}^3\text{)}$

흙의 단위체적중량 : $\gamma_s = 1.63 \text{ (t/m}^3\text{)}$

콘크리트의 단위체적중량 : $\gamma_c = 2.35 \text{ (t/m}^3\text{)}$

a. 토피에 의한 하중(W_1)

수직공식에 의한다.

$$\begin{aligned} W_1 &= 2 \cdot l_1 \cdot B \cdot \gamma_s \cdot h_1 \cdot g \\ &= 2 \times 1.25 \times 1.40 \times 16 \times 0.815 \\ &= 45.640 \text{ (kN)} \end{aligned}$$

b. 관과 물의 중량(W_2)

$$\begin{aligned} W_2 &= (W_p + \frac{\pi}{4} D^2 \cdot 2l_1 \gamma_w \cdot g) \\ &= 3.082 + \frac{\pi}{4} \times 0.6^2 \times 2 \times 1.25 \times 9.8 \\ &= 10.007 \text{ (kN)} \end{aligned}$$

W_p : 관의 질량(t)

c. 콘크리트에 의한 중량(W_3)

$$\begin{aligned} W_3 &= \left[2l_1 (B \cdot H - \frac{\pi}{4} D_2^2) \gamma_c \cdot g \right] \\ &= \left[2 \times 1.25 \times (1.40 \times 1.40 - \frac{\pi}{4} \times 0.6308^2) \right] 2.35 \times 9.8 \\ &= 94.730 \text{ (kN)} \end{aligned}$$

D_2 : 관의 실외경(m)

d. 콘크리트의 저면에 걸리는 총하중(W)

$$\begin{aligned} W &= W_1 + W_2 + W_3 \\ &= 45.640 + 10.014 + 94.730 = 150.384 \text{ (kN)} \end{aligned}$$

e. 콘크리트저면에서의 흙과의 마찰저항력(μW)

$$\mu W = 0.5 \cdot 150.377 = 75.189 \text{ (kN)}$$

f. 콘크리트배면의 수동토압에 의한 저항력(E)

$$\begin{aligned} E &= \frac{1}{2} C_e \cdot \gamma_s (h_2^2 - h_1^2) l \cdot g \\ &= \frac{1}{2} \times 3.0 \times 16 \times (2.215^2 - 0.815^2) \times 2.84 \\ &= 289.135 \text{ (kN)} \end{aligned}$$

$$C_e' : \text{수동토압계수} = \tan^2(45^\circ + \frac{\phi}{2})$$

Φ : 흙의 내부마찰각(도)

h_1 : 블록 상면까지의 깊이(m)

h_2 : 블록 저면까지의 깊이(m)

g. 방호콘크리트의 총저항력(R)

$$\begin{aligned} R &= \mu W + E \\ &= 75.189 + 289.135 \\ &= 364.324 \text{ (kN)} \end{aligned}$$

h. 안전율(S_f)

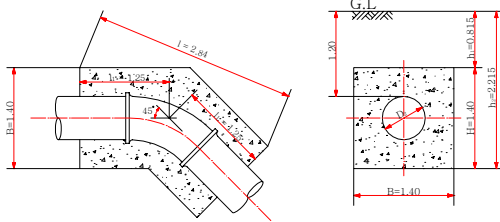
$$\begin{aligned} S_f &= \frac{R}{P} \\ &= \frac{364.324}{239.190} = 1.52 > 1.5 \end{aligned}$$

설계안전율 1.5이상으로 안전하다.

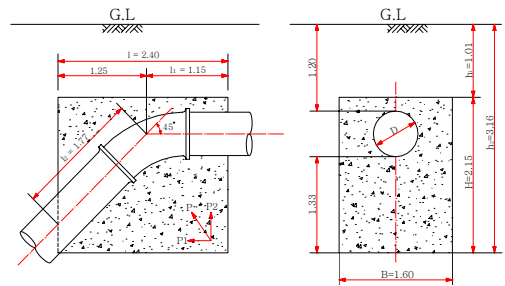
i. 방호콘크리트를 지지하는데 필요한 지내력(σ)

$$\begin{aligned} \sigma &= \frac{W}{2Bl_1} \\ &= \frac{150.377}{2 \times 1.40 \times 1.25} \\ &= 42.96 \text{ (kN)} \end{aligned}$$

따라서 지내력은 50 kN/m² 이상 필요하다.



<참고도-4.2.9> 수평곡관 45°의 수치계산 예(단위 : m)



<참고도-4.2.10> 수직상승곡관 45° 수치계산예(단위 : m)

(5) 수직상향 곡관 45°인 경우(<참고도-4.2.10>)

a. 곡관부의 불평균력

$$\begin{aligned} \text{수평분력 } P_1 &= P \sin \frac{\theta}{2} \\ &= 239.190 \times \sin \frac{45^\circ}{2} \\ &= 91.534 \text{ (kN)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{수직분력 } P_2 &= P \cos \frac{\theta}{2} \\ &= 239.190 \times \cos \frac{45^\circ}{2} \\ &= 220.983 \text{ (kN)} \end{aligned}$$

b. 수평분력에 대한 저항력의 검토

a) 토피에 의한 하중(W_1)

$$\begin{aligned} W_1 &= l \cdot B \cdot \gamma_s \cdot h_1 \cdot g \\ &= 2.40 \times 1.60 \times 16 \times 1.01 \\ &= 62.054 \text{ (kN)} \end{aligned}$$

b) 관 및 물의 중량(W_2)

$$\begin{aligned} W_2 &= \left(W_p + \frac{\pi}{4} D^2 (l_1 + l_2) \gamma_w \right) g \\ &= 3.597 + \frac{\pi}{4} \times 0.6^2 \times (1.15 + 1.77) \times 9.8 \\ &= 11.688 \text{ (kN)} \end{aligned}$$

W_p : 관의 중량(t)

c) 콘크리트의 중량(W_3)

$$\begin{aligned} W_3 &= \left\{ B \cdot H \cdot l - \frac{\pi}{4} D^2 (l_1 + l_2) \right\} \gamma_c \cdot g \\ &= \left\{ 1.60 \times 2.15 \times 2.40 - \frac{\pi}{4} \times 0.6308^2 \times (1.15 + 1.77) \right\} \times 23 \\ &= 168.899 \text{ (kN)} \end{aligned}$$

d) 콘크리트의 저면에 걸리는 총하중(W)

$$\begin{aligned} W &= W_1 + W_2 + W_3 \\ &= 62.054 + 11.688 + 168.899 \\ &= 242.641 \text{ (kN)} \end{aligned}$$

e) 콘크리트 저면에서 흙과의 마찰저항력($\mu(W-P_2)$)

$$\begin{aligned} \mu(W-P_2) &= 0.5 \times (242.641 - 229.983) \\ &= 10.829 \text{ (kN)} \end{aligned}$$

f) 콘크리트배면의 수동토압에 의한 저항력(E)

$$\begin{aligned} E &= \frac{1}{2} C_e \cdot \gamma_s (h_2^2 - h_1^2) B \\ &= \frac{1}{2} \times 3.0 \times 16 \times (3.16^2 - 1.01^2) \times 1.60 \\ &= 344.275 \text{ (kN)} \end{aligned}$$

g) 수평분력에 대한 방호콘크리트의 총저항력(R_h)

$$\begin{aligned} R_h &= \mu(W-P_2) + E \\ &= 10.829 + 344.275 \\ &= 355.104 \text{ (kN)} \end{aligned}$$

h) 안전율(S_f)

$$S_f = \frac{R_h}{P_1}$$

$$= \frac{355.104}{91.534} = 3.88 > 1.5$$

설계안전율 1.5이상으로 안전하다.

c. 수직분력에 대한 저항력의 검토

a) 중량에 의한 저항력(W)

$$W = 242.641 \text{ (kN)}$$

b) 콘크리트측면의 주동토압에 의한 저항력(F)

$$\begin{aligned} F &= \frac{1}{2} C_e \cdot \gamma s(h_2^2 - h_1^2) 2(B + l) \mu \\ &= \frac{1}{2} \times 0.333 \times 16 \times (3.16^2 - 1.01^2) \times 2(1.60 + 2.40) \times 0.5 \\ &= 95.536 \text{ (kN)} \end{aligned}$$

$$C_e' : \text{주동토압계수} = \tan^2(45^\circ - \frac{\phi}{2})$$

c) 수직분력에 대한 저항력(R_v)

$$\begin{aligned} R_v &= W + F \\ &= 242.641 + 95.536 \\ &= 338.177 \text{ (kN)} \end{aligned}$$

d) 안전율(S_f)

$$\begin{aligned} S_f &= \frac{R_v}{P_2} \\ &= \frac{338.177}{220.983} = 1.53 > 1.5 \end{aligned}$$

설계안전율 1.5이상으로 안전하다.

d. 방호콘크리트를 지지하는데 필요한 지내력(σ)

$$\begin{aligned} \sigma &= \frac{W}{B \cdot l} \\ &= \frac{242.641}{1.60 \times 2.40} \\ &= 63.19 \text{ (kN)} \end{aligned}$$

따라서 지내력은 70 kN/m² 이상 필요하다.

(6) 수직하향곡관 45°인 경우(<참고도-4.2.11>)

a. 곡관부의 불평균력

$$\begin{aligned} \text{수평분력 } P_1 &= P \sin \frac{\theta}{2} \\ &= 239.190 \times \sin \frac{45^\circ}{2} \\ &= 91.534 \text{ (kN)} \end{aligned}$$

$$\text{수직분력 } P_2 = P \cos \frac{\theta}{2}$$

$$= 239.190 \times \cos \frac{45^\circ}{2}$$

$$= 220.983 \text{ (kN)}$$

b. 수평분력에 대한 저항력

a) 토피에 의한 하중(W_1)

$$W_1 = l \cdot B \cdot \gamma_s \cdot H_1 \cdot g$$

$$= 2.00 \times 1.10 \times 16 \times 0.78$$

$$= 27.456 \text{ (kN)}$$

b) 관과 물의 중량(W_2)

$$W_2 = (W_p + \frac{\pi}{4} \times D^2 (l_1 + l_2) \gamma_w) \cdot g$$

$$= 2.575 + \frac{\pi}{4} \times 0.6^2 \times (1.05 + 1.04) \times 9.8$$

$$= 8.366 \text{ (kN)}$$

W_p : 관의 질량(t)

c) 콘크리트에 의한 하중(W_3)

$$W_3 = \left\{ B \cdot H \cdot l - \frac{\pi}{4} D^2 (l_1 + l_2) \right\} \gamma_c \cdot g$$

$$= \left\{ 1.10 \times 1.45 \times 2.00 - \frac{\pi}{4} \times 0.6308^2 \times (1.05 + 1.04) \right\} \times 23$$

$$= 58.347 \text{ (kN)}$$

d) 콘크리트의 저면에 걸리는 총중량(W)

$$W = W_1 + W_2 + W_3$$

$$= 27.456 + 8.366 + 58.347$$

$$= 94.169 \text{ (kN)}$$

e) 콘크리트저면에서 흙과의 마찰저항력($\mu(W + P_2)$)

$$\mu(W + P_2) = 0.5 \times (94.169 + 220.983)$$

$$= 157.576 \text{ (kN)}$$

f) 콘크리트배면의 수동토압에 의한 저항력(E)

$$E = \frac{1}{2} C_e \cdot \gamma_s (h_2^2 - h_1^2) B$$

$$= \frac{1}{2} \times 3.0 \times 16 \times (2.23^2 - 0.78^2) \times 1.10$$

$$= 115.223 \text{ (kN)}$$

g) 수평분력에 대한 방호콘크리트의 총저항력(R_v)

$$R_v = \mu(W + P_2) + E$$

$$= 157.576 + 115.223$$

$$= 272.799 \text{ (kN)}$$

h) 안전율(S_f)

$$S_f = \frac{R_v}{P_1}$$

$$= \frac{272.799}{91.534} = 2.98 > 1.5$$

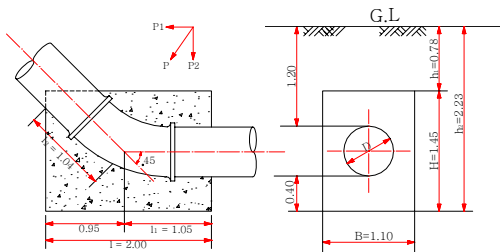
설계안전율 1.5이상으로 안전하다.

c. 수직분력에 대한 저항력(R_v)

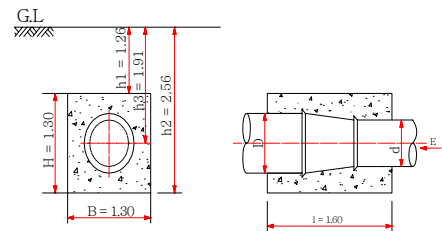
수직분력에 대한 저항력은 방호콘크리트를 지지하는데 필요한 지내력(Ⅲ) 로서 검토한다.

$$\begin{aligned} R_v(\sigma) &= \frac{W + P_2}{B \cdot l} \\ &= \frac{94.169 + 220.983}{1.10 \times 2.00} \\ &= 143.25 \text{ (kN)} \end{aligned}$$

따라서 지내력이 150 kN/m² 이상이면 좋다.



<참고도-4.2.11> 수직하향곡관 45° 수치계산의 예(단위: m)



<참고도-4.2.12> 편락관 수치계산의 예(단위: m)

3) 편락관의 계산 예(<참고도-4.2.12>)

(1) 계산조건

호칭직경(대구경측) : $D = 600 \text{ mm}$ (실외경 $D_2 = 0.6308 \text{ m}$)

(소구경측) : $d = 500 \text{ mm}$ (실외경 $d_2 = 0.528 \text{ m}$)

토피 : 1.6 m

수압 : $p = 1.3 \text{ MPa}$ ($13.26 \text{ kg/cm}^2 = 1300 \text{ (kN/m}^2)$)

콘크리트와 흙의 마찰계수 : $\mu = 0.50$

흙의 내부 마찰각 : $\phi = 30.00 \text{ (deg)}$

흙의 단위체적 질량 : $\gamma_s = 1.63 \text{ (t/m}^3)$

물의 단위체적 질량 : $\gamma_w = 1.0 \text{ (t/m}^3)$

콘크리트의 단위체적 질량 : $\gamma_c = 2.35 \text{ (t/m}^3)$

(2) 불평균력 : P

$$\begin{aligned} P &= p \cdot \frac{\pi}{4} (D^2 - d^2) \\ &= 1300 \times \frac{\pi}{4} \times (0.6308^2 - 0.528^2) = 121.628 \text{ (kN)} \end{aligned}$$

(3) 콘크리트저면에서 흙과의 마찰저항력(μW)

a. 토피에 의한 하중(W_1)

수직공식에 의한다.

$$\begin{aligned} W_1 &= h_1 \cdot B \cdot l \cdot \gamma_s \\ &= 1.26 \times 1.30 \times 1.60 \times 16 = 41.933 \text{ (kN)} \end{aligned}$$

b. 관과 물의 하중(W_2)

$$W_2 = 4.116 \text{ (kN)}$$

c. 콘크리트에 의한 하중(W_3)

$$W_3 = 52.4 \text{ (kN)}$$

d. 마찰저항력(μW)

$$\begin{aligned} \mu W &= W_1 + W_2 + W_3 \\ &= 41.933 + 4.116 + 52.4 = 98.449 \text{ (kN)} \end{aligned}$$

$$\mu W = 0.5 \times 98.452 = 49.226 \text{ (kN)}$$

(4) 블록배면의 토압(E)

$$E = 0.5 C_e \cdot \gamma_s \cdot (h_2^2 - h_1^2) \cdot B - \frac{\pi}{4} \cdot d_e^2 \cdot \gamma_s \cdot C_e \cdot h_3$$

$$C_e = \tan^2(45^\circ + \frac{\phi}{2})$$

$$= \tan^2(45^\circ + \frac{30^\circ}{2}) = 3.0$$

$$\begin{aligned} E &= 0.5 \times 3.0 \times 16 \times (2.56^2 - 1.26^2) \times 1.30 - \frac{\pi}{4} \times 0.528^2 \times 16 \times 3.0 \times 1.91 \\ &= 134.865 \text{ (kN)} \end{aligned}$$

(5) 안전율(S_f)

$$S_f = \frac{\mu W + E}{P} = \frac{49.226 + 134.865}{121.628} = 1.51 > 1.5$$

이상의 계산에서 블록 저항력의 불평균력에 대한 안전율은 1.5 이상으로 되었다.

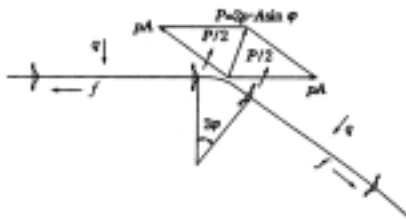
(6) 방호콘크리트를 지지하는데 필요한 지내력(σ)

$$\sigma = \frac{W}{B \cdot l} = \frac{98.449}{1.3 \times 1.6} = 47.33 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

따라서 지내력은 50 kN/m² 이상 필요하다.

[참고-4.2.4] 덕타일주철관 이탈방지압륜의 일체화길이 계산법

1. 기본적인 고려사항



위의 그림에서

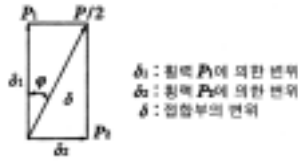
$f > p \cdot A$ (주로 수직곡관부나 역사이편부) 또는 $f + q > P/2$ (수평곡관)의 조건을 만족하도록 계산한다.

$P/2$ 를 분해하여 힘의 균형 및 변위의 관계를 보이면, 다음과 같다.

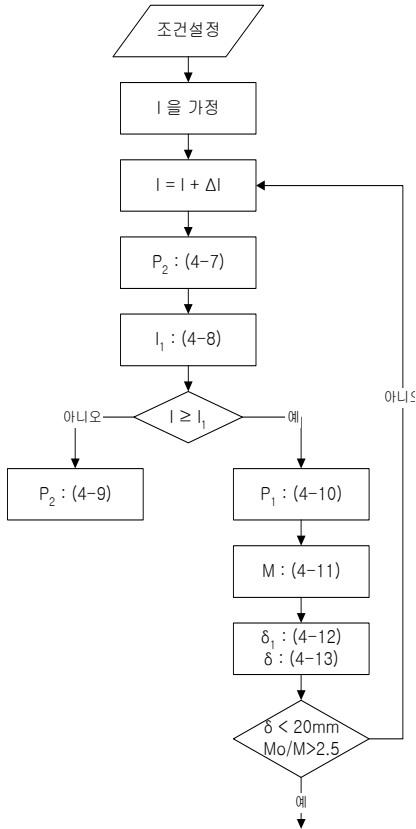
$$P = 2p \cdot \sin \phi$$

$$P_1 \cos \phi + P_2 \sin \phi = P/2$$

2. 수평곡관부의 방호계산 방법



수평곡관에 대해서는 이탈방지압력으로 일체화된 관로를 탄성보로 보아서 구한다. 다음에 나타낸 순서(<참고도-4.2.13>)로 조인트의 일체화길이를 구한다.



$$P = 2p \cdot A \sin \frac{\theta}{2} \dots\dots\dots (4-5)$$

$$\beta = \sqrt[4]{\frac{K \cdot D_2}{4E \cdot l}} \dots\dots\dots (4-6)$$

$$\alpha = a \cdot E \cdot \mu \cdot \gamma \cdot H' \cdot \pi$$

$$X = \frac{\cosh 2\beta l + \cos 2\beta l + 2}{\sinh 2\beta l + \sin 2\beta l}$$

$$P_2 = -\frac{\beta \cdot a}{K} X \tan^2 \frac{\theta}{2} + \sqrt{\left(-\frac{\beta \cdot a}{K} X \tan^2 \frac{\theta}{2}\right)^2 + \frac{P \cdot \beta a \tan \frac{\theta}{2}}{K \cos 2 \frac{\theta}{2}}} - X \quad (7)$$

$$l_1 = \frac{P_2}{\mu \cdot \gamma \cdot H' \cdot \pi \cdot D_2 \cdot g} \dots\dots\dots (4-8)$$

$$P_2 = \mu \cdot \gamma \cdot H l' \cdot \pi \cdot D_2 \cdot l \dots\dots\dots (4-9)$$

$$P_1 \cos \frac{\theta}{2} + P_2 \sin \frac{\theta}{2} = \frac{\theta}{2} \dots\dots\dots (4-10)$$

$$Y = \frac{\cosh 2\beta l - \cos 2\beta l}{\sinh 2\beta l + \sin 2\beta l} \dots\dots\dots (4-11)$$

$$Y = \frac{P_1}{2\beta} Y \dots\dots\dots (4-12)$$

$$\delta_1 = \frac{P_1 \cdot \beta}{K \cdot P_2} X \dots\dots\dots (4-13)$$

$$\delta \cos \phi = \delta_1 \dots\dots\dots (4-14)$$

$$\delta \cos \phi = \delta_2$$

여기서

P : 곡관에 작용하는 불평균력 (kN)

a : 철관부의 단면적 (m^2)

p : 설계수압 (MPa)

$$a = \frac{\pi}{64} (D_2^2 - D_1^2)$$

θ : 곡관의 구부러짐 각 (도)

μ : 흙과 관의 마찰계수

A : 통수단면적 (m^2)

γ : 되메우기흙의 단위체적중량(kN/m^3)

K : 지반반력계수

H' : 유효토피 (m)

D_2 : 관외경 (m)

$$H' = H + \frac{D^2}{2}$$

E : 덕타일주철관의 탄성계수($1.6 \times 10^8 \text{ kN/mm}^2$)

H : 토피 (m)

I : 철관부의 단면2차모멘트(m^4)

l : 한쪽의 일체화 길이 (m)

$$I = \frac{\pi}{64} (D_2^4 - D_1^4)$$

Mo : 이음쇠의 한계굽힘모멘트($kN \cdot m$)

D_1 : 관내경 (m)

M : 이음쇠에 발생하는 모멘트($kN \cdot m$)

<참고도-4.2.13> 계산순서 플로차트

계산 순서

- ① (1)식에 의해 불평균력 P 를 구한다.
- ② l 을 가정하여 (3)식에서 축력 P_2 를 구하고, (4)식에서 유효장 l_1 을 구한다.
- ③ $l \geq l_1$ 인 경우에는 (6)식에서 횡력 P_1 을 구한다.
- ④ $l < l_1$ 인 경우에는 바꾸어서 (5)식에서 P_2 를 구하고 (6)식에서 P_1 을 구한다.
- ⑤ (7)식에서 굽힘모멘트 M 을 구한다.
- ⑥ (8)식 및 (9)식에서 이형관부의 이동량 δ 를 구한다.
- ⑦ $\delta < 0.020$ m M 의 안전율이 2.5이상인 지를 확인하며 만족하지 않는 경우에는 또 한번 ①~⑥의 계산을 되풀이하여 ⑦의 조건을 만족할 때까지 되풀이하여 계산한다.

3. 수평곡관부의 수치계산의 예(φ600 조인트인 경우)

1) 계산조건

설계수압 : $p = 1.5$ (MPa) = 1500 (kN/m²)

토파 : $H = 1.2$ (m)

흙의 단위체적 질량 : $\gamma = 1.63$ (t/m³)

지반 반력계수 ; $K = 4000$ (kN/m³)(<참고표-4.2.20> 참조)

관과 흙의 마찰계수 ; $\mu = 0.4$ (<참고표-4.2.21> 참조)

관외경 ; $D_2 = 0.6308$ (m)

곡관의 곡각 ; $2\phi = 45^\circ$

<참고표-4.2.20> 지반반력계수 (K값)

흙의 성질	K (kN/m ³)
아주 연약한 실트 또는 점토	2800~14000
연약한 실트 또는 점토	14000~28000
보통 점토	28000~140000
단단한 점토	140000~
모래(마찰력 없음)	28000~83000

주) K 값은 관로주변 흙의 다짐정도에 따라 다르기 때문에 안전을 고려하여 $K=2000 \sim 5000$ 을 사용하는 것이 좋다.

<참고표-4.2.21> 관과 흙의 마찰계수

지반의 종류	마찰계수 μ	
	폴리에틸렌슬리브 있음	폴리에틸렌슬리브 없음
단단한 지반	0.4	0.5
중정도의 지반	0.3	0.4
연약지반	0.2	0.3

2) 불평균력의 계산

$$\begin{aligned}
 P &= 2p \cdot A \sin \phi = 2p \cdot \frac{\pi}{2} D_2^2 \cdot \sin \phi \\
 &= 2 \times 1500 \times \frac{\pi}{4} \times 0.6308^2 \times \sin 22.5^\circ
 \end{aligned}$$

$$=358.785 \text{ (kN)}$$

3) 조인트에 발생하는 굽힘모멘트의 계산

곡관 편측의 일체화길이를 $l = 11.3 \text{ m}$ 로 가정하여, (3)식에서 P_2 를 구한다.

$$P_2 = -\frac{\beta \cdot a}{K} X \tan^2 \phi + \sqrt{\left(-\frac{\beta \cdot a}{K} X \tan^2 \phi\right)^2} + \frac{P \cdot \beta \cdot a \tan \phi}{K \cos \phi} X$$

$$= 405.331 \text{ (kN)}$$

여기서

$$\beta = \sqrt[4]{\frac{KD_2}{4EI}} = 239.198 \times 10^{-3} \text{ (m}^{-1}\text{)}$$

$$a = a \cdot E \cdot \mu \cdot \nu \cdot H' \cdot \pi \cdot g = 1.230 \times 10^8$$

$$X = \frac{\cosh 2\beta l + \cos 2\beta l + 2}{\sinh 2\beta l + \sin 2\beta l} = 1.026$$

상기 P_2 로부터 유효장 l_1 을 구한다.

$$l_1 = \frac{P_2}{\mu \cdot \gamma \cdot H' \cdot \pi \cdot D_2 \cdot g} = 21.1 \text{ (m)}$$

여기서, $l = 11.3 < l_1 = 21.1$ 이므로, (5), (6)식에서 P_2, P_1 을 구한다.

$$P_2 = \mu \cdot \nu \cdot H' \cdot \pi \cdot D_2 \cdot l \cdot g = 217.184 \text{ (kN)}$$

$$P_1 = \frac{\frac{P}{2} - P_2 \sin \phi}{\cos \phi} = 104.212 \text{ (kN)}$$

(7)식으로부터 M 을 구하면

$$M = \frac{P_1}{2\beta} Y = \frac{104.212}{2 \times 239.198 \times 10^{-3}} \times 0.990 = 215.658 \text{ (kN} \cdot \text{m)}$$

여기서

$$Y = \frac{\cosh 2\beta l - \cos 2\beta l}{\sinh 2\beta l + \sin 2\beta l} = 0.990$$

4) 이형관부의 이동량 계산

(8)식에서 관측직각방향의 이동량 δ_1 을 구한다.

$$\delta_1 = \frac{P_1 \cdot \beta}{K \cdot D_2} X = \frac{104.212 \times 239.198 \times 10^{-3}}{4000 \times 0.6308} \times 1.026 = 0.0101 \text{ (m)}$$

따라서 불평균력 방향의 이동량 (9)식에서

$$\delta = \frac{\delta_1}{\cos \phi} = \frac{0.0101}{0.924} = 0.0110 \text{ (m)}$$

5) 가정한 일체화길이 l 의 타당성 확인

조인트에 발생하는 굽힘모멘트의 안전율 S_f 는

$$S_f = \frac{M_o}{M} = \frac{540}{215.658} \approx 2.50 \text{ (목표안전율을 만족)}$$

$M_o=540 \text{ (kN} \cdot \text{m)}$ 은 $\Phi 600$ 조인트의 한계굽힘모멘트(<참고표-4.2.22> 참조)이고, 이형관부의 이동량 δ 는,

$$\delta = 0.0110 \text{ (m)} < 0.020 \text{ (m)} \text{ (허용이동량 이하)}$$

이다. 따라서 곡관 편측의 일체화길이는 11.3 m 이상이면 좋다.

<참고표-4.2.22> 이탈방지압륜의 한계굽힘모멘트와 한계수압

호칭 직경(mm)	한계굽힘모멘트 : M_o' (kN · m)	한계수압(MPa)
80	4.4	7.5
100	7.4	
150	17	
200	24	
250	35	
300	130	
350	160	6.0
400	220	
450	280	
500	360	
600	540	
700	820	
800	1180	4.0
900	1630	
1000	2010	3.6
1100	2600	3.2
1200	3140	3.0

계산에 사용하는 한계굽힘모멘트는 다음 식으로 구한다.

호칭 직경 900 mm 이하 $M_o = M_o'$.

호칭 직경 1,000 mm 이상 $M_o = M_o' \sqrt{1 - \frac{H}{H_o}}$

여기서

M_o : 계산에 사용하는 한계굽힘모멘트 (kN · m)

M_o' : <표-4.2.22>에 보인 한계굽힘모멘트(kN · m)

H : 설계내압(MPa)

H_o : <표-4.2.22>에 보인 한계수압(MPa)

[참고-4.2.5] 이탈방지압륜에 의한 이형관부의 보호방법

1. 이탈방지압륜을 적용할 수 있는 관로

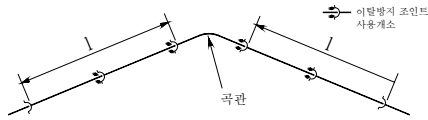
- 1) 사용수압(정수압+수격압)이 허용수압이하일 것. 여기서 말하는 허용수압이란 실험으로 구한 한계수압에 안전율(2 이상)을 고려한 값이다.
- 2) 연약지반이나 부등침하가 생길 우려가 없는 지반일 것.
- 3) 부식성 지반이 아닐 것.

2. 일체화길이(사용개수) 계산방법

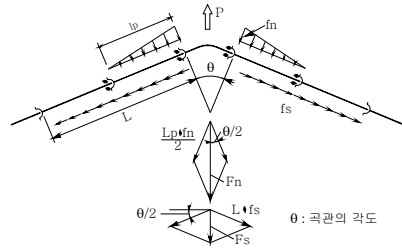
1) 수평곡관에 사용하는 경우

(1) 이탈방지압륜의 사용방법

<참고도-4.2.14>에 도시한 바와 같이 곡관의 양단으로부터 L (계산으로 구한 일체화길이)이내의 조인트에는 전부 이탈방지압륜을 사용한다.



<참고도-4.2.14> 이탈방지 조인트의 사용개소



<참고도-4.2.15> 수평곡관에 사용하는 경우

(2) 계산식(<참고도-4.2.15>)

곡관에 작용하는 불평균력에 대하여 곡관에 인접한 직관 1본분의 수동토압저항력과 일체화길이분의 마찰저항력이 작용하는 것으로 본다.

a. 수압에 의한 불평균력 P

$$P = 2p \cdot A \cdot \sin \frac{\theta}{2}$$

p : 수압(kN/m²)

A : 관의 단면적($= \frac{\pi}{4} \cdot D_2^2$, D_2 : 관의 실외경(m)) (m²)

b. 주위면 마찰력에 의한 합력 F_s

$$F_s = 2 \sin \frac{\theta}{2} \cdot L \cdot f_s$$

f_s : 단위길이당의 마찰저항력

$$f_s = \mu \cdot \gamma \cdot H_c \cdot D_2 \cdot g$$

μ : 관과 흙의 마찰계수(구체적 숫자는 <참고표-4.2.21> 참조)

γ : 흙의 단위체적질량(kN/m³)(구체적인 숫자는 <참고표-4.2.17> 참조)

H_c : 관중심까지의 토피(m)($= h_1 + \frac{D_2}{2}$, h_1 : 관상단까지 토피(m)),

L : 관로일체화길이(m)

c. 직관부의 수동토압에 의한 합력 F_n

$$F_n = 2 \cos \frac{\theta}{2} \cdot L_p \cdot f_n \cdot \frac{1}{2}$$

f_n : 단위길이당의 수동토압저항

$$f_n = \frac{1}{2} C_e' \cdot \gamma \cdot (h_2^2 - h_1^2) \cdot R \cdot g$$

C_e' : 수동토압계수

$$C_e' = \tan^2(45^\circ + \frac{\phi}{2})$$

ϕ : 흙의 내부 마찰각(도)(구체적 숫자는 <참고표-4.2.17> 참조)

h_2 : 관 밑바닥까지의 토피(m)

h_1 : 관 상단까지의 토피(m)

R : 원형단면에 의한 감소율 $R = 1/2$ 로 한다.

L_p : 곡관에 인접한 직관 1본의 길이.

다만, 특수 압륜을 1개 사용한 경우($L \leq L_p$)는 L_p 를 L 로 대체한다.

d. 힘의 균형

$$P \leq \frac{F_3 + F_n}{S_f}$$

S_f : 안전율

(13)식을 만족하도록 일체화길이 L 를 계산한다.

e. 일체화길이의 계산순서

최초에 (14)식으로 L 를 계산한다.

$$L' \geq \frac{S_f \cdot p \cdot A \cdot \sin \frac{\theta}{2}}{\sin \frac{\theta}{2} \mu \cdot \gamma \cdot H_c \cdot \pi \cdot D_2 \cdot g + \frac{1}{4} \cos \frac{\theta}{2} C_e' \cdot \gamma (h_2^2 - h_1^2) R \cdot g}$$

(14)식으로 구한 L' 가

$L' \leq L_p$ 일 때에는 L' 가 구하는 일체화길이 L 이다. 또한 $L' > L_p$ 일 때에는 (15)식으로 L 을 계산한다.

$$L \geq \frac{S_f \cdot p \cdot A \cdot \sin \frac{\theta}{2} - \frac{1}{4} \cos \frac{\theta}{2} L_p \cdot C_e' \cdot \gamma (h_2^2 - h_1^2) R \cdot g}{\sin \frac{\theta}{2} \mu \cdot \gamma \cdot H_c \cdot \pi \cdot D_2 \cdot g}$$

2) 수직곡관에 사용하는 경우(<참고도-4.2.16>)

(1) 이탈방지압륜의 사용방법

수평곡관에 사용하는 경우와 같다.

(2) 계산식에 의해 빠지는 힘 $p \cdot A$ 에 대해 일체화길이분의 마찰저항력만이 작용한다고 본다.

a. 주면마찰력 $F_{\text{ㄷ}}$

$$F_{\text{ㄷ}} = f_{\text{ㄷ}} \cdot L$$

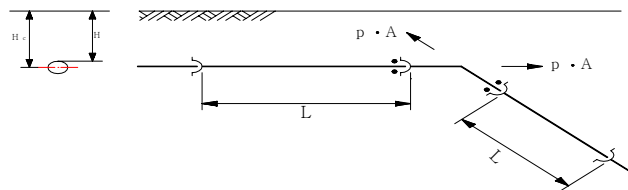
$f_{\text{ㄷ}}$: 단위길이당의 마찰저항력(kN/m)

$$f_{\text{ㄷ}} = \mu \cdot \gamma \cdot H_c \cdot \pi \cdot D_2 \cdot g$$

μ : 관과 흙의 마찰계수

γ : 흙의 단위체적질량(t/m³)

L : 관로일체화길이(m)



<참고도-4.2.16> 수직곡관에 사용하는 경우

b. 힘의 불균형(unbalanced force)

$$p \cdot A \leq F_{\parallel} / S_f$$

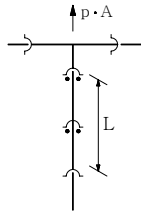
S_f : 안전율

c. 일체화길이

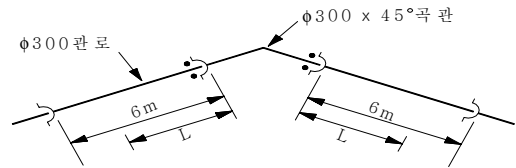
$$L \geq \frac{S_f \cdot p \cdot D_2}{4\mu \cdot \gamma(H + \frac{D_2}{2})g}$$

3) T자관에 사용하는 경우(<참고도-4.2.17>)

분기관로에만 이탈방지압력을 사용한다. 일체화길이 L 의 계산은 (18)식에 의한다.



<참고도-4.2.17> T자관에 사용하는 경우



<참고도-4.2.18> 수평곡관부

3. 일체화길이의 수치계산 예

1) 설계조건

계산에 필요한 지반에 관한 수치는 <참고표-4.2.17> 및 <참고표-4.2.21>를 참고한다.

2) 수평곡관의 수치계산 예(<참고도-4.2.18>)

(안전율 $S_f = 1.25$ 로 한 경우의 예를 제시한다.)

(1) 계산조건

관의 호칭직경 : $D = 300(\text{mm})$ (관의 실외경 $D_2 = 0.3228 \text{ m}$)

수압(정수압+수격압) : $p = 0.75 \text{ (MPa)} = 750 \text{ (kN/m}^2\text{)}$ 및 $p = 1.3 \text{ (MPa)} = 1300 \text{ (kN/m}^2\text{)}$

토 피 : $H = 1.2 \text{ (m)} (= h_1)$

흙의 단위체적 중량 : $\gamma = 1.63 \text{ (t/m}^3\text{)}$

관과 흙의 마찰계수 : $\mu = 0.4$

흙의 내부마찰각 : $\phi = 25^\circ$

(2) 수치계산

수압 $p = 0.75 \text{ MPa}(7.6 \text{ kg/cm}^2)$ 인 경우.

우선, (14)식에 의해 L' 를 계산한다.

$$L' = \frac{S_f \cdot p \cdot A \cdot \sin \frac{\theta}{2}}{\sin \frac{\theta}{2} \mu \cdot \gamma \cdot H_c \cdot \pi \cdot D_2 \cdot g + \frac{1}{4} \cos \frac{\theta}{2} C_e' \cdot \gamma (h_2^2 - h_1^2) R \cdot g}$$

$$= 3.98(\text{m})$$

곡관의 양쪽에 정해진 길이의 직관(길이 = 6 m)을 쓰는 경우, $L' < L_p$ 이므로 $L = 3.98 \text{ (m)}$ 가 구하는 일체화길이이다.

수압 $p = 1.3 \text{ MPa}(13.3 \text{ kg/cm}^2)$ 인 경우.

우선, $p = 0.75 \text{ MPa}(7.6 \text{ kg/cm}^2)$ 인 경우와 마찬가지로 (14)식으로 계산한다.

$$L' = 6.90 \text{ (m)}$$

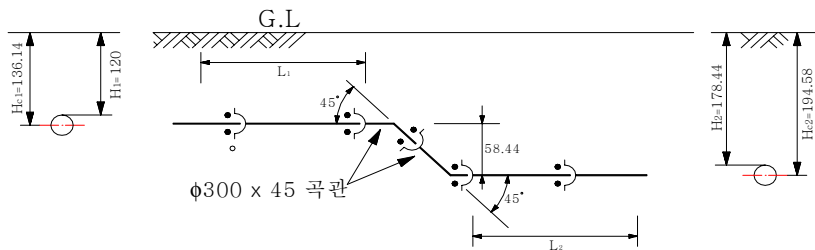
$L' > L_p$ 이므로, (15)식에서 L 을 다시 계산한다.

$$L' = \frac{S_f \cdot p \cdot A \cdot \sin \frac{\theta}{2} - \frac{1}{4} \cos \frac{\theta}{2} L_p \cdot C_e' \cdot \gamma (h_2^2 - h_1^2) R \cdot g}{\sin \frac{\theta}{2} \mu \cdot \gamma \cdot H_c \cdot \pi \cdot D_2 \cdot g}$$

$$= 7.95 \text{ (m)}$$

따라서 $L = 7.95 \text{ m}$ 가 구하는 일체화길이이다.

3) 수직곡관의 수치계산 예(<참고도-4.2.19>)



<참고도-4.2.19> 수직곡관부

(안전율 $S_f = 1.25$ 로 한 경우의 예를 제시한다.)

(1) 계산조건

관의 호칭직경 : $D = 300 \text{ (mm)}$ (관의 실외경 $D_2 = 0.3228 \text{ m}$)

수 압 : $p = 0.75 \text{ (Mpa)} = 750 \text{ (kN/m}^2)$

(정수압+수격압)

토 피 : $H_1 = 1.2 \text{ (m)}$

흙의 단위체적질량 : $\gamma = 1.63 \text{ (t/m}^3)$

관과 흙의 마찰계수 : $\mu = 0.4$

(2) 수치계산

우선, 토피 $H_1 = 1.2 \text{ m}$ 의 관로에 대한 일체화길이 L_1 을 (18)식으로 계산한다.

$$L_1 = \frac{S_f \cdot p \cdot D_2}{4\mu \cdot \gamma (H + \frac{D_2}{2}) \cdot g}$$

$$= 8.68 \text{ (m)}$$

또한 $H_2 = 1.2 + 0.5844 = 1.7844 \text{ (m)}$ 에 대한 일체화길이 L_2 를 (18)식으로 계산한다.

$$L_2 = \frac{S_f \cdot p \cdot D_2}{4\mu \cdot \gamma (H + \frac{D_2}{2}) \cdot g}$$

$$= 6.08 \text{ (m)}$$

따라서 $L_1 = 8.68 \text{ m}$, $L_2 = 6.08 \text{ m}$ 가 관로의 필요일체화의 길이이다.

4) T자관 수치계산의 예(<참고도-4.2.20>)

(1) 계산 조건(안전율 $S_f = 1.25$ 로 한 경우의 예)

관의 호칭직경 : $D = 300(\text{mm})$ (관의 실외경 $D_2 = 0.3228 \text{ m}$)

수압(정수압+수격압) : $p = 0.75 \text{ (MPa)} = 750 \text{ (kN/m}^2\text{)}$

토 피 : $H = 1.2 \text{ (m)}$

흙의 단위체적질량 : $\gamma = 1.63 \text{ (t/m}^3\text{)}$

관과 흙의 마찰계수 : $\mu = 0.4$

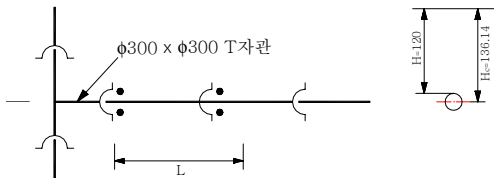
(2) 수치계산

분기측관로만 사용한다. 분기관로의 일체화길이 L 은 (18)식에 의하여 계산한다.

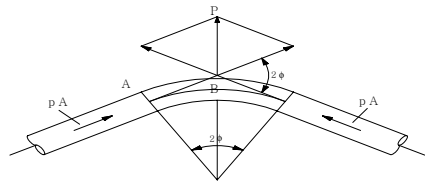
$$L = \frac{S_f \cdot p \cdot D_2}{4\mu \cdot \gamma \left(H + \frac{D_2}{2}\right) \cdot g}$$

$$= 8.68 \text{ (m)}$$

따라서 관로의 필요일체화길이 $L = 8.68 \text{ m}$ 이다.



<참고도-4.2.20> T자관부 (단위 : cm)



<참고도-4.2.21> 강관의 곡관

[참고-4.2.6] 강관의 곡관부 검토방법(<참고도-4.2.21>)

관로의 곡관부에는 정수압에 의해 외향으로 힘이 작용한다.

정수압에 의해서 곡관체 부분에 작용하는 힘 P 는

$$P = 2pA \sin \phi$$

여기서

P : 정수압에 의해서 곡관부에 작용하는 힘(kN)

A : 관내단면적(m^2)

p : 정수압(수격압을 포함)(kN/m^2)

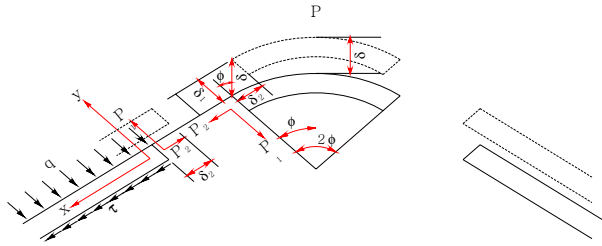
2ϕ : 굴곡(bend)각(도)

불평균력 P 에 의해 관은 탄성변형하며, 지반반력 q 와 마찰력 τ 가 생겨 불평균력과 합해진다. 이 지반반력과 마찰력의 유효작용범위를 구하기 위해 <참고도-4.2.22>에 그려진 바와 같이 직관부와 곡관부를 끊어서 생각한다.

직관부의 절단면에는 횡력 P_1 과 축력 P_2 가 작용하며, 각각의 힘에 의해 δ_1 과 δ_2 의 구부러짐이 생긴다. 이것에 의한 힘의 균형 및 변위 관계는 다음 식으로 된다.

$$P_1 \cos \phi + P_2 \sin \phi = \frac{P}{2}$$

$$\delta = \frac{\delta_1}{\cos \phi} = \frac{\delta_2}{\sin \phi}$$



<참고도-4.2.22> 관로의 곡관부에 발생하는 힘

곡관부의 탄성변형을 무시하고, δ_1 과 δ_2 를 구하면 다음과 같다.

경계조건 $x = 0$ 에서 $\frac{dy}{dx} = 0$ 이라는 조건으로 풀면

$$\delta_1 = \frac{P_1 \beta}{D_o K}$$

$$\delta_2 = \frac{P_2^2}{2aD_o}$$

여기서

$$\beta = \sqrt[4]{\frac{D_o K}{4EI}}$$

D_o : 관 외경

K : 지반반력계수

E : 강철의 영률(Young's modules of steel)

I : 관의 단면 2차 모멘트

A_s : 관의 실단면적

μ : 관과 흙과의 마찰계수

γ : 흙의 단위체적 질량

H_o : 관중심선까지의 토피

$a : A_s \cdot E \cdot \mu \cdot \gamma \cdot H_o \cdot \pi \cdot g$

(19)~(22)식을 연립방정식으로 풀면

$$P_2 = -\frac{a\beta}{K} \tan^2 \phi + \sqrt{\left(-\frac{a\beta}{K} \tan^2 \phi\right)^2 + \frac{a\beta P \tan \phi}{K \cos \phi}}$$

지반반력 q , 마찰력 τ 가 관에 작용하는 유효범위는 다음과 같이 주어진다.

$$\text{외력에 의한 유효 길이 } l_1 \text{은 } l_1 = \frac{\pi}{\beta}$$

$$\text{마찰력에 의한 유효 길이 } l_2 \text{는 } l_2 = \frac{P_2}{\mu \cdot \gamma \cdot H_o \cdot \pi \cdot D_o \cdot g}$$

(25)식과 (26)식 중에 어느 쪽이나 큰 유효길이의 범위 내에서는 밸브실이나 신축이음 등을 설치하지 않는 편이 좋다.

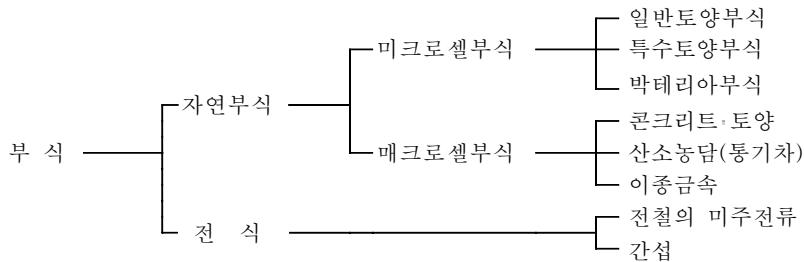
4.2.16 전식 및 부식방지

관을 매설할 때에는 전식과 기타 부식을 방지하기 위하여 다음 각 항에 의한다.

1. 금속관을 전식의 위험이 있는 철도 가까이 매설할 때에는 충분한 상황을 조사하여 전식을 방지하기 위한 적절한 조치를 취한다.
2. 관을 부식성이 강한 토양, 산이나 염수 등의 침식이 있을 수 있는 지역에 매설할 때에는 상황을 조사한 다음에 관종을 선정하고 적절한 방지대책을 취한다.
3. 관의 콘크리트 관통부, 이중토양간의 부설부 및 이중금속간의 접속부에는 매크로(macro)부식이 발생하지 않도록 적절한 조치를 취한다.

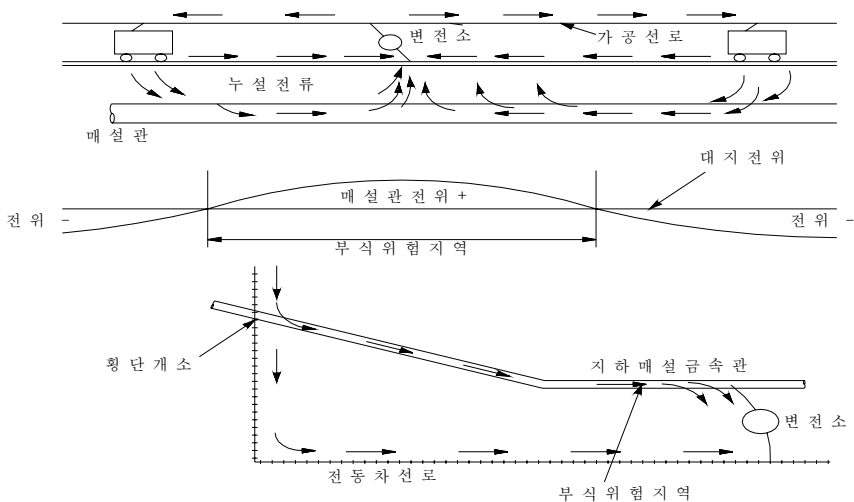
【해설】

부식은 통상 <그림-4.2.17>에 그려진 바와 같이 전식과 자연부식으로 대별된다(<그림-4.2.17>).



<그림-4.2.17> 금속관 전식의 분류

전식이란 직류전기철도의 누설전류 및 전기방식설비의 방식전류에 의해 생기는 부식을 말한다(<그림-4.2.18> 참조).



<그림-4.2.18> 전식위험지역

자연부식은 부식전지의 형성상황에 따라 미크로셀부식과 매크로셀부식으로 구분된다. 미크로셀부식은 금속관의 표면상 미시(미크로)적인 국부전지작용에 의해 생긴다. 매크로셀부식은 구조물에 있어서 부분적인 환경의 차이나 재질의 차이로부터 금속관표면의 일부분이 양극부로 되고 다른 부분이 음극부로 되어 양자가 거대(macro)한 부식전지를 구성함으로써 생긴다.

매크로셀(거대부식전지)의 양극부와 음극부의 위치와 규모는 일반적인 측정 등에 의해 구분할 수가 있다.

1.에 대하여 ; 직류전기철도의 경우에는 철도의 레일(rail)이 전류의 귀로로 이용되며 레일을 통하여 변전소로 귀환하는 전류의 일부가 지중을 통하여 변전소로 귀류할 때 지중에 매설된 상수도관, 가스관, 통신용관, 전력용관 등의 금속매설관이 있으면 저항이 적은 금속관으로 전류가 흐르게 되므로 전류 유출부에 전식(electrolytic corrosion)이 일어난다.

이와 같은 전식을 줄이기 위해서는 지중으로 흘러 들어온 전류가 관에 유입되거나 관에서 유출되지 않도록 전기철도에 근접, 평행, 교차하지 않는 관로계획을 함이 바람직하나, 부득이할 경우에는 전위차 등을 충분한 조사한 다음에 적절한 전식방지조치를 한다. 특히 통신용 연피복케이블, 전력용 케이블 및 가스용 강관 등은 전식을 받을 염려가 커서, 유입전류의 배류시설(排流施設)이 되어 있는 경우가 있으므로 이와 같은 배류시설이 있는 금속관에도 근접, 평행, 교차하여 관을 매설하는 것은 바람직하지 못하다.

전식방지 방법으로는 전류를 방출하는 측에서 레일이음을 용접하는 등 이음부 접속을 견고히 하고 레일과 변전소 연결전선의 강화중설, 레일과 대지간(對地間)의 절연 증대를 위한 침목 및 노상의 개량 등 방법을 사용하도록 협력을 구하는 것이 바람직하다.

1) 전류를 방출하는 측에서의 대책

누설전류를 방출할 가능성이 있는 전기철도 측과 협의하여 누설전류를 경감하는 것이 좋다. 그것을 위해서는 레일을 전기적으로 접속하고 있는 조인트의 용접 또는 본드(bond)의 강화, 레일과 변전소를 잇는 전선의 강화중설, 레일과 지중간의 절연향상을 위한 침목 및 도상의 개량 등 할 수 있는 방법을 강구하도록 협력을 구한다.

2) 금속관을 매설하는 측의 대책

매설하는 금속관의 전식방지방법으로서 다음과 같은 방법을 들 수 있다.

(1) 외부전원법

관과 불용성전극과의 사이에 직류전원을 설치하여

전원→전선→불용성전극→지중→관→전선→전원 으로 되는 전기회로를 형성시켜서 관에서 유출되는 전류를 없애는 유입전류를 만들어서 전식을 방지하는 방법이다.

이 방법은 유출전류가 큰 경우 등에 적합하다(<그림-4.2.19> 참조).

(2) 선택배류법

관이 레일에 대하여 정전위로 되는 장소에 선택배류기를 통해 관과 부(-)의 귀전선 또는 레일을 도선으로 전기적으로 접속하여 관에 흐르는 전류가 직접 땅속으로 유출되는 것을 막으며 이것을 일괄하여 레일 등에 귀류시키는 방법이다. 이 방법은 대책지점이 레일 등에 근접하고 있어야 채용할 수 있는 등의 제약조건이 있다(<그림-4.2.20> 참조).

(3) 강제배류법

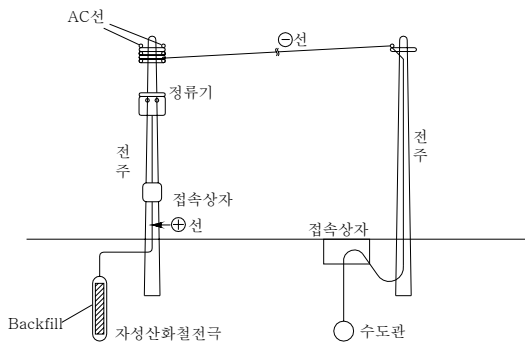
관과 레일의 사이에 직류전원을 설치하여 관으로부터 레일로 강제적으로 배류전류를 흘리는 방법으로 원리적으로는 (2)와 동일하다. 레일대지전압의 정(+)값이 크고 레일부근에서 관에 유입된 전류가 레일로부터 멀리 떨어진 지역에서 관으로부터 유출되며 거기에 전식을 일으키는 경우에 대한 전식방지법이다(<그림-4.2.21> 참조).

(4) 유전(流電)양극법(또는 희생양극법)

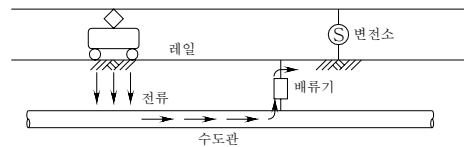
관에 표준단극전위가 낮은 금속(magnesium 등)을 양극으로 설치하고 양극과 관과의 사이에 이중금속전지를 형성시켜서 관에 방식전류를 유입시키는 방법이다. 이것은 전식방지를 위한 일반적인 대책이고 적용범위가 가장 넓다(<그림-4.2.22> 참조).

(5) 조인트의 절연화

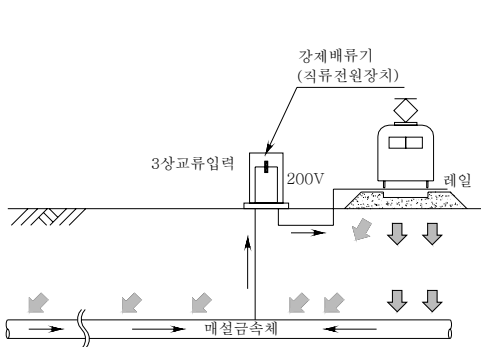
전식위험구역 중 변전소 근방 등 전위차가 극단적으로 큰 곳을 제외한 장소에 관을 부설하는 경우에는 관의 이음에 전기저항을 갖게 하여 관로전체로서 미주전류(迷走電流)의 귀로가 되기 어려운 구조로 만드는 것이 전기방식방법으로서 유효하다.



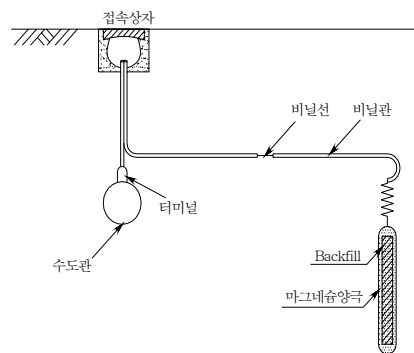
<그림-4.2.19> 외부전원법 사례



<그림-4.2.20> 선택배류법 사례



<그림-4.2.21> 강제배류법 사례



<그림-4.2.22> 유전양극법 사례

(6) 차단

(5)를 보다 효율적으로 하는 방법으로서 관주위에 차폐물을 설치하는 방법이 있다. 이 방법

은 미주전류(迷走電流)의 차폐물로서의 효과를 발휘함과 동시에 토양부식에 대해서도 방실효과를 갖는다. 차폐물로는 절연물이나 반도체가 고려되며 전자로서는 폴리에틸렌슬리브법, 폴리에틸렌 코팅법 등의 절연피복이 있으며 후자로서는 외관으로 금속관 등을 쓰는 공법이 있다.

또한 (1)은 전식방지대책에 한하지 않고 도복장만으로서는 대처할 수 없는 부설조건에 도복장과 병용하면 효과적인 방식대책이 된다.

2.에 대하여 ; 관의 부설에 앞서서 토양의 비저항, pH, 황화물이나 지하수 수질에 대하여 부식성을 조사하는 것이 바람직하다. 토양의 부식성 평가방법의 예로서 미국의 주철관연구협회(Cast Iron Pipe Research Association)에서는 주철관을 매설하는 경우에 토양부식성 평가기준을 만들었으며 합계 점수가 10점 이상이 되면 특수방식방법을 채용하도록 권고하고 있다. 이 평가기준은 미국의 국가규격(ANSI/AWWA C 105/A21.5-82)에도 받아드려지고 있어 이 기준을 적용하여 토양의 부식성을 평가하는 것도 타당한 방법이다(<표-4.2.9> 참조).

<표-4.2.9> 토양의 부식성평가(ANSI/AWWA C 105/A 21.5-82)

항 목	측 정 결 과	점 수	항 목	측 정 결 과	점 수
토양의 비저항 (Ω -cm)	700 >	10	산화환원전위 (Redox 전위) (mV)	100 <	0
	700 ~ 1000	8		50 ~ 100	3.5
	1000 ~ 1200	5		0 ~ 50	4
	1200 ~ 1500	2		마이너스	5
	1500 ~ 2000	1	수분	배수가 나쁜 습윤	2
	2000 <	0		배수가 상당히 양호하고 일반적으로 젖은 상태	1
pH값	2 >	5		배수가 양호하고 건조한 상태	0
	2 ~ 4	3	산화물	있음	3.5
	4 ~ 6.5	0		미량	2
	6.5 ~ 7.5	0		없음	0
	7.5 ~ 8.5	0			
	8.5 <	3			

비고) pH값이 6.5~7.5의 경우에 산화물이 존재하며, 또한 산화환원전위가 낮은 경우에는 3점을 가산한다.

한편, 국내에서도 부식방지에 관한 자세한 사항은 한국수자원공사의 “수도관 개량을 위한 의사결정지원시스템 개발”, “수도관개량을 위한 관로진단 매뉴얼(manual)” 그리고 한국건설기술연구원(KICT)의 “상수관 부식방지 기법” 보고서 등을 참고하면 많은 도움이 될 것이다.

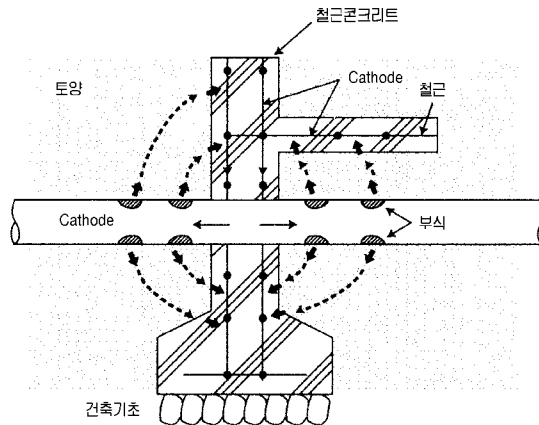
산성의 공장폐수 등이 지하에 침투된 곳이나 해변지대에서 지하수중에 다량의 염분이 함유된 장소, 황 성분을 함유한 석탄재로 성토한 곳 및 토탄지대, 폐기물매립지 등에 관을 부설할 경우에는 콘크리트보호공, 각종 방식테이프감기, 폴리에틸렌슬리브를 관체에 피복하는 등의 조치를 강구하거나 아스팔트계 도장, 에폭시계 도장, 플라스틱피복 등에 의해 관의 외면을 방식한다.

이때에 조인트의 볼트너트류에 대해서는 스테인리스제, 저합금 덕타일제 또는 방식산화피막

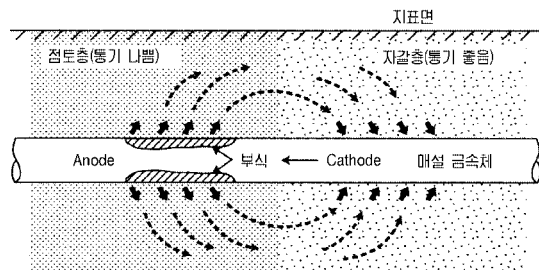
처리나 합성수지피복을 한 것을 쓰거나 폴리에틸렌슬리브를 조인트부분을 포함하여 관체를 피복하는 등 방식공법을 사용한다.

경질염화비닐관 또는 수도용 폴리에틸렌관을 매설하는 경우에는 자외선의 영향을 받을 우려가 있는 부분, 높은 온도를 받는 부분, 또는 온도저하가 현저한 곳은 피하는 것이 바람직하다.

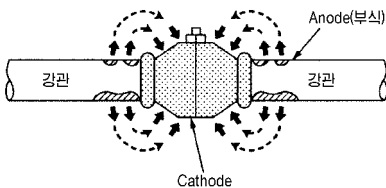
3.에 대하여 ; 관이 철근콘크리트(앵커블록, 수관교 교대 등)부를 관통하여 부설되어 철근과 접촉하는 경우, 다른 토양 간(흙질 [loam : 부식질] 과 점토질 등)의 경계면에 걸쳐서 부설하는 경우, 관에 이중금속(강관과 황동밸브 등)을 접속하는 경우, 주위환경의 차이에 의한 전위차 또는 금속자체의 전위차에 의해 거대(macro)한 부식전지가 형성되며 매크로셀(macro cell)부식의 원인으로 된다(<그림-4.2.23> ~<그림-4.2.26> 참조).



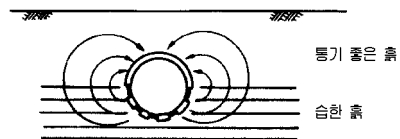
<그림-4.2.23> 콘크리트중의 철근과 관이 접촉하는 경우의 부식



<그림-4.2.24> 토질의 차이에 의해 발생하는 부식



<그림-4.2.25> 이중금속간의 접촉에 의해 발생하는 부식



<그림-4.2.26> 통기관에 의해 발생하는 부식

그 중에서도 콘크리트관통부 부근의 매설부에 있어서는 방식피복결합부에서 매크로셀부식의 사례가 많이 보고되어 있다. 이 경우의 방식방법 및 주의사항은 다음과 같다.

1) 콘크리트벽의 관통부, 배관지지금구 및 각종의 설비기기의 기초앵커 등이 콘크리트중의 철근과 접촉(導通)하지 않도록 설계상 고려하거나 그 부분을 절연 조치한다.

2) 매크로셀부식은 콘크리트구조물부근의 매설부에 방식피복의 결합부가 생기기 때문에 발생하므로 이 범위의 되메우기에서는 방식피복에 손상을 주지 않도록 한다.

3) 절연조인트의 사용

4.2.17 수압시험

관로의 수압시험은 다음 각 항에 따라 시행한다.

1. 관로를 매설한 다음에는 원칙으로 수압시험 또는 기밀시험(산소압축시험)으로 수밀성과 안전성을 확인한다.
2. 수압시험을 시행한 다음 그 결과에 따라 적절한 조치를 취한다.

【해설】

1.과 2.에 대하여 ; 관 자체의 수밀성과 내압성은 공장의 수압시험 등에 의해 확인된다. 따라서 관로의 접합, 부속설비의 설치, 콘크리트방호 등의 시공이 종료된 다음, 매설된 관로 전체의 수밀성과 안전성을 확인하기 위해서 수압시험을 실시한다.

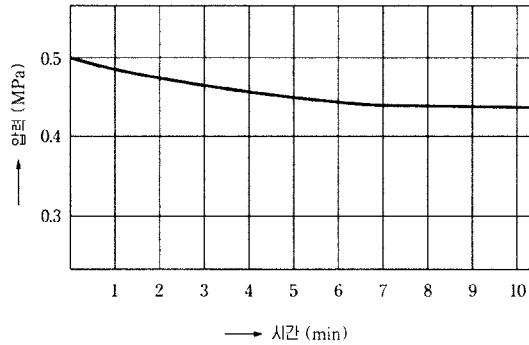
수압시험을 위한 물의 주입에 앞서 어느 정도 관로를 임시로 되메우기 위하여 관로가 수압시험 중에 이동하는 것을 막아야 한다. 또 수압시험에서는 급격한 가압으로 관로를 파괴하는 일이 없도록 충분한 시간을 두고 충수해야 한다.

관로에 물을 주입할 때는 관내 공기를 배제하면서 천천히 주입해야 하며 충수 중에 공기밸브 등에서 공기배제가 잘되고 있는지 또는 관로에 이상이 있는지를 확인해야 하며 누수장소에는 적절한 지수조치를 강구한다.

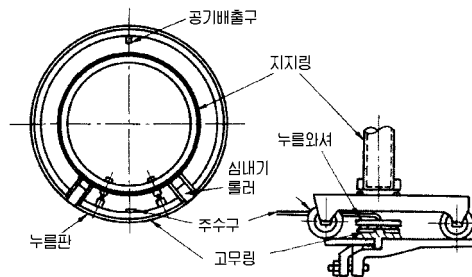
수압시험은 관로에 충수한 다음 하루 정도 경과하고 나서 시험하는 것이 바람직하다. 시험방법은 일정(시험)수압까지 가압한 다음 일정시간(24시간 정도) 유지하고 그 사이 관로의 이상 유무 및 압력 변화를 조사한다. 시험수압, 유지시간 및 허용압력저하량에 대해서는 사용수압, 관종, 조인트구조, 관로연장, 부속설비의 상황 및 시공조건 등을 고려하여 적절한 수치를 설정한다(<그림-4.2.27> 참조).

중대관경의 메커니컬조인트의 관에 대해서는 되메우기 전에 테스트밴드로 조인트부의 수밀성을 검사함으로써 관로의 수압시험으로 대신하는 경우가 있다. 이 경우에는 통상은 수압 0.50 MPa(5.1 kg/cm²)를 부하하고 5분경과 후에 0.40 MPa(4 kg/cm²)이상 유지되면 합격으로 한다(<그림-4.2.28> 참조).

용접이음구조의 강관인 경우에는 용접부의 방사선 투과검사 또는 초음파 탐상시험을 실시함으로써 수압시험을 대신하는 경우도 있다.



<그림-4.2.27> 압력변화



<그림-4.2.28> 테스트밴드

4.2.18 수관교와 교량첨가관

수관교와 교량첨가관은 다음 각 항에 의한다.

1. 환경, 경간장, 가설지점의 지리적 조건 및 경관과의 조화를 고려하여 가장 적절한 구조형식을 선정한다.
2. 자중, 물의 하중, 지진하중, 풍하중 및 적설하중 등에 대하여 안전해야 한다.
3. 지지부분은 관의 수압, 지진하중, 온도변화에 대하여 안전한 구조로 한다.
4. 교대부근의 매설관에는 유연한 신축이음을 설치하고, 굴곡부에는 필요에 따라 방호공을 시공한다.
5. 가장 높은 위치에 공기밸브를 설치한다. 한냉지에서는 적당한 방한설비를 시공한다. 또한 필요에 따라 관리통로를 설치한다.
6. 수관교에는 적절한 이탈방지 조치를 강구한다.
7. 적절한 방식조치를 강구한다.
8. 수관교의 교각에는 필요에 따라 충돌물에 대한 방호공을 시공한다.
9. 교량첨가관은 교량가동단의 위치에 맞추어서 필요에 따라 신축이음을 설치한다.

【해설】

- 1.에 대하여 ; 수도관을 교량에 첨가하여 하천, 도로 및 철도 등을 횡단하는 방법으로서 수관

교와 교량침가가 있다. 또한 수관교의 형식에는 파이프빔식과 보강식의 두 가지로 대별된다. 그 계획과 설계에서는 지형, 지질, 장애물, 환경 및 장래계획에 관해서 조사함과 동시에 시설관리자와 협의한 다음 승인을 얻을 필요가 있다. 또한 계획할 때에는 기능적 안정성이나 경제성이 우수할 뿐만 아니라 주위의 경관에 조화된 안정감이 있는 기능과 구조미를 갖는 형식을 선정하는 것이 바람직하다.

2.에 대하여 ; 설계상 고려할 하중으로서 다음 것을 들 수 있다.

- (1) 수압
- (2) 관의 자중
- (3) 관내의 물 하중
- (4) 지진하중
- (5) 풍하중
- (6) 온도변화

(7) 기타 적설이 있는 지역에서는 적설하중을 고려하고 또 관리통로를 설치하는 경우에는 통행하중을 고려한다.

3.에 대하여 ; 지지구조는 대별하여 앵커블록(anchor block)과 새들지지(saddle support) 및 링거더(ring girder)가 있다. 앵커블록은 일반적으로 콘크리트제의 고정대로 교대와 병용되는 것이 많다. 새들지지는 강관과 형강을 조합하며 필요에 따라 관과 강관의 사이에 활동(滑動)보조재(sliding auxiliary material)를 넣는 경우가 있다. 링거더의 지지에는 슬라이드지지, 로커(locker)지지 및 롤러(roller)지지가 있지만, 도로교에 비교하여 반력이 작기 때문에 일반적으로 슬라이드지지가 채용되고 있다.

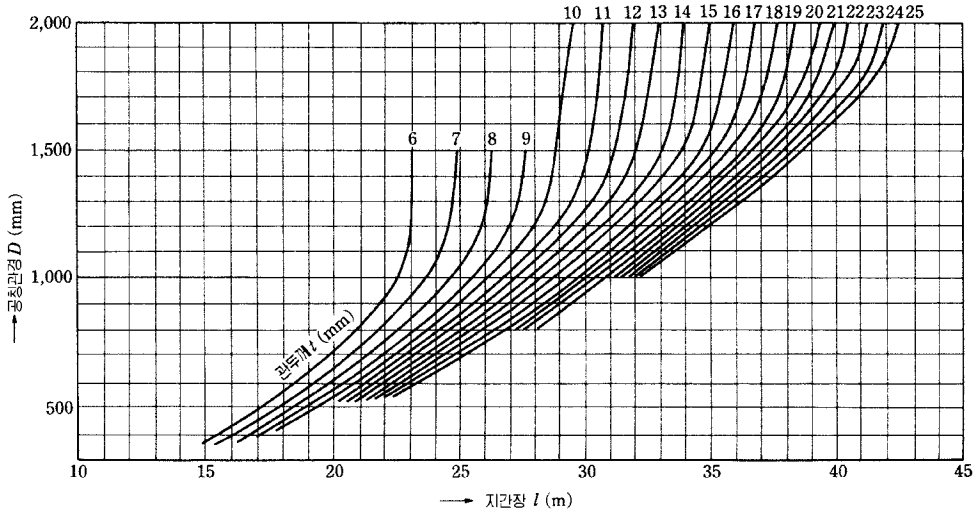
지지부에 대해서는 상·하부구조 간에 지진력을 충분히 전달될 수 있는 구조로 함과 동시에 답좌(shoe)부의 붕괴를 방지하기 위해서 하부구조의 정상부(頂上部)에 대해서 지지가동단으로부터 하부구조의 정상부 가동단까지 거리를 충분히 잡는다.

4.에 대하여 ; 일반적으로, 교대부(橋臺部)에는 견고한 기초공사를 시공하기 때문에 교대와의 접촉되는 매설관과의 사이에는 부등침하가 생기기 쉽고 지진시의 진동도 다르기 때문에 플렉시블(flexible)한 신축이음을 설치한다.

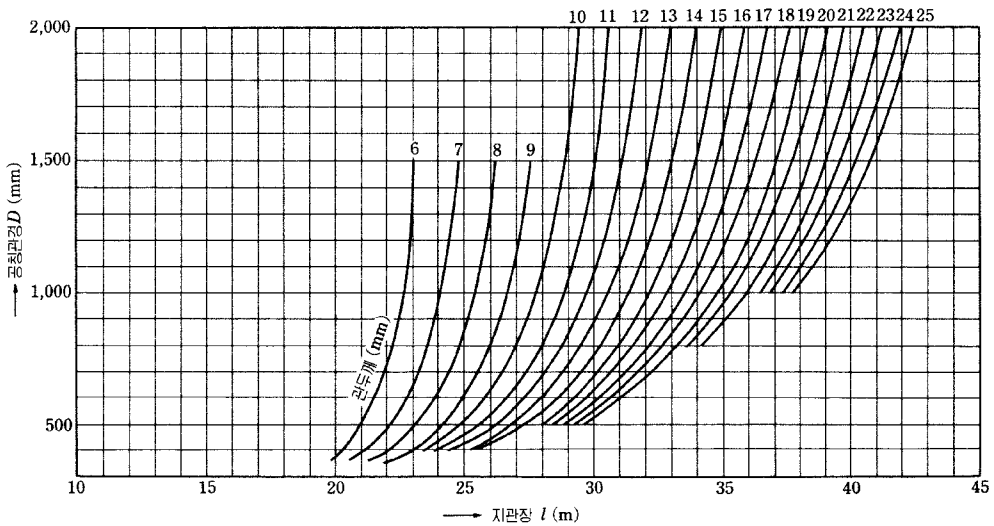
또 굴곡부에는 수압에 의한 불평균력이 작용하기 때문에 굴곡부를 교대부와 정착하여 일체화하거나 기초가 교대기초와 같이 단단한 콘크리트 지지대로 정착하는 등의 방호공을 시공한다. 강관의 경우에는 교대와 교각부분에서의 온도변화에 따른 교량 보의 신축에 대응하도록 관에도 신축이음관을 설치한다.

또 관축방향의 진동에 대비하여 진동력이 양단 연결부에 집중하는 것을 방지하고 각 교각, 교대에 분산시키기 위하여 경간마다 관을 상부구조에 정착시킨다.

5.에 대하여 ; 관로의 종단에서 본 경우에 상부횡단(over crossing)부분은 돌출부로 되기 때문에 공기를 배제하기 위해서 공기밸브를 설치한다. 수관교에서는 공기밸브의 효과를 좋게 하고 미관이나 거더의 하부공간 확보를 겸하여 캠버(camber)를 붙이는 경우가 많다. 또한 연장이 긴 경우에는 점검보수나 공기밸브조작을 위하여 통로를 설치해 두는 것이 바람직하며 이 경우 위험을 방지하기 위하여 양단에는 일반인의 출입을 금지하는 울타리 등을 설치한다(<그림-4.2.29>, <그림-4.2.30> 참조).



<그림-4.2.29> 단순지지의 허용최대 지간장(支間長)



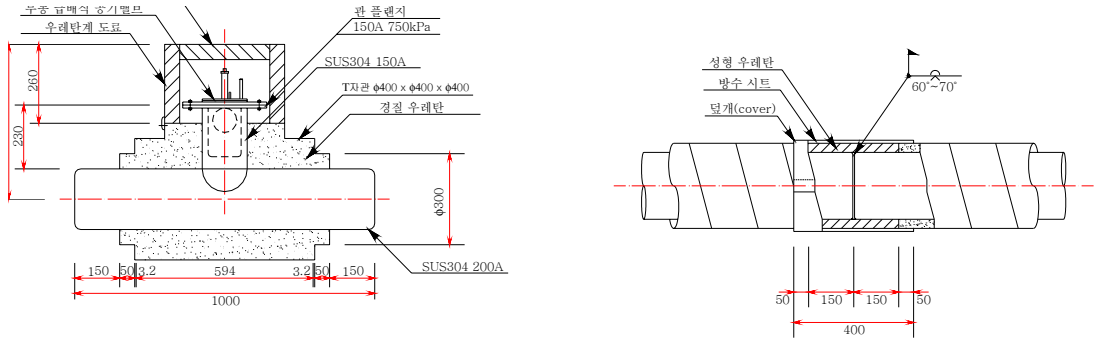
<그림-4.2.30> 일단고정, 일단자유 지지보의 허용최대 지간장

한냉지에서 관내의 물이 동결될 염려가 있는 경우에는 관의 외주에 적당한 방한설비를 시설한다. 방한설비로서는 일반적으로 관의 외주에 폴리우레탄폼 등의 방한재를 감고 그 주위를 철판으로 보호하는 공법이 많이 채용되고 있다(<그림-4.2.31> 참조).

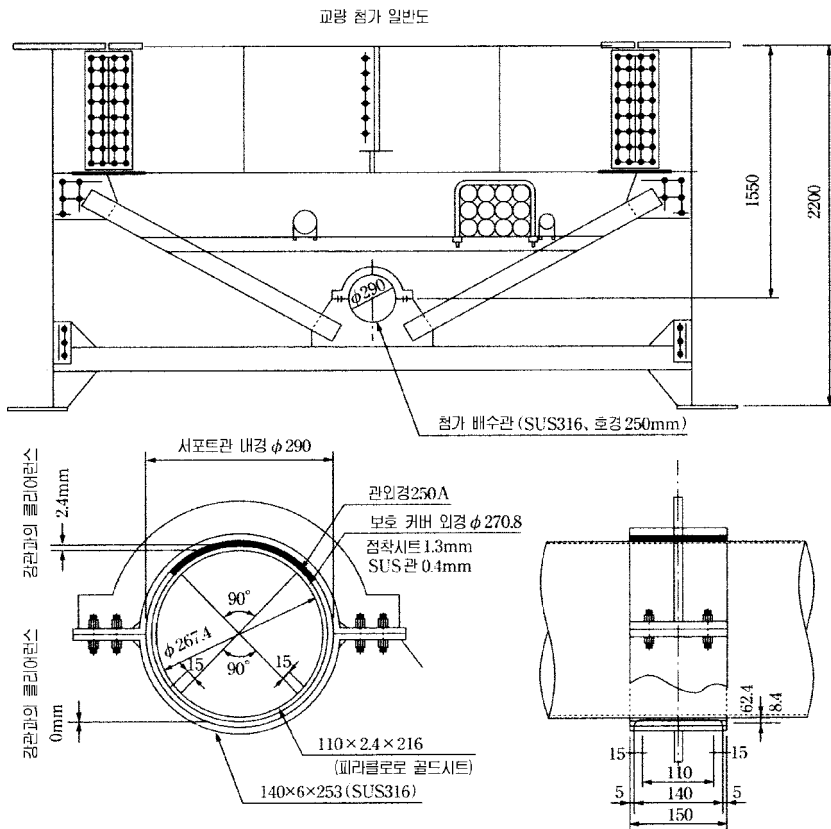
6.에 대하여 ; 이탈방지구조는 다음에 의한다.

(1) 가동받침부에는 이탈방지구조로서 자연재해시에 상답(upper shoe)이 하답(lower shoe)으로부터 이탈하지 않도록 이동제한장치를 설치한다.

(2) 거더의 단부에 대해서는 거더가 교대나 교각으로부터 탈락하지 않고 또한 플렉시블 조인트로부터의 누수를 방지하기 위해서 이탈방지구조장치를 설치한다.



<그림-4.2.31> 수도관 동결방지시공 사례



<그림-4.2.32> 250mm 교량 첨가관(단위 : mm)

이탈방지장치에는 상부구조와 하부구조를 연결하는 구조, 2연의 상부구조를 서로 연결하는 구조 등이 있으며 설계에 사용하는 설계지진력은 지진시 보유수평내력법(지진동레벨 2)에 의해서 산정하는 것을 기본으로 한다.

(3) 이탈방지구조의 이동가능량은 플렉시블 조인트의 허용신축량을 넘어서는 안 된다.

7.에 대하여 ; 노출부의 방식방법은 설치환경을 고려하여 결정한다. 교대부의 매크로셀

(macro cell) 부식 대책에 대해서는 **4.2.16 전식 및 부식방지(P)** 참조.

8.에 대하여 ; 하천에 만들어진 교각에 유목이나 그 밖의 유하물 또는 선박 등이 충돌할 우려가 있는 경우에는 충돌에 의한 구조의 파손을 방지하기 위해서 적당한 방호공을 설치한다.

9.에 대하여 ; 온도변화에 의한 교량거더의 신축에 대응하여 필요에 따라 관에도 신축이음관을 설치하는 것이 안전하다. 그 위치는 교량의 가동단에 맞춘다. 또한 관축방향의 지진하중에 대하여 지진력이 양쪽 끝의 부착부에 집중되는 것을 방지하고 각 교각과 교대에 분산시키기 위하여 필요에 따라 관을 상부구조에 정착시키는 것이 좋다. 거더의 높이에 비하여 관경이 커 지나치게 큰 경우에는 관을 몇 본으로 분할하여 첨가하는 방법도 있다. 첨가관의 참고 예를 <그림-4.2.32>에 보이고 있다.

4.2.19 하저횡단(역사이편관)

하저횡단은 다음 각 항에 적합하도록 한다.

1. 하저횡단의 역사이편관은 2계열 이상으로 하고 가능한 한 거리를 두어 부설해야 한다.
2. 역사이편부 전후 연결관의 경사는 부득이한 경우 외에는 45°이하로 하고, 굴곡부는 콘크리트지지대에 충분히 정착시켜야 한다.
3. 연약지반의 역사이편은 기초를 완전하게 하거나 지반의 부등침하에 대응하는 구조로 해야 한다.
4. 호안공 등의 장소에 사이편관의 위치를 표시한다.

【해설】

역사이편이란 하천, 운하, 철도 및 도로 등의 횡단개소에서 관을 일단 낮추어서 그 시설들의 밑으로 관을 부설하는 것을 말한다.

역사이편으로 시공하는 경우에는 해당 시설물의 관리자로부터 방재면, 보수면에서의 제약을 받는 경우가 많다. 하천 등의 횡단부에서는 관계기관에서 관체를 콘크리트피복구조(concrete lined pipe) 또는 2중관구조(casing pipe) 등의 조건을 첨부되는 경우가 있다. 따라서 역사이편으로의 계획·설계에서는, 횡단공법, 부설위치, 매설깊이, 연장, 시공시기 및 장래계획 등을 관계기관과 협의한 다음에 결정한다.

1.에 대하여 ; 하저횡단 사이편관은 사고를 발견하기가 어렵고 보수하기도 곤란하므로 기초를 견고하게 하여 내구성이 큰 구조로 한다. 또한 그 중요도와 하천의 상황에 따라서는 미리 2계열 이상으로 분할하여 매설하고 그 거리도 되도록 멀리 떨어지게 하여 전체 관로가 동시에 단수되는 일이 없도록 한다.

2.에 대하여 ; 하상은 일반적으로 지반이 연약하므로 지지층의 심도가 깊을 때는 말뚝기초 등으로 하여 기초를 보강한다. 또한 지지층이 깊고 지반침하가 큰 장소에는 플렉시블한 신축이음으로 한다.

사이편의 연결관은 되도록 완경사로 하고 기초를 견고하게 하며 상하 굴곡부를 콘크리트 지지대에 정착하여 이음의 이탈을 방지함과 아울러 그 근처에 플렉시블한 신축이음을 삽입한

다.

3.에 대하여 ; 부득이 연약지반에 관을 매설하는 경우에는 지지력의 증강과 부등침하나 응력 집중이 발생하지 않도록 지반개량이나 말뚝기초 등이 적절하게 기초를 견고하게 한다. 또 지지층이 깊고 지반침하가 큰 장소에는 관의 이음이 부등침하를 허용하는 미캐니컬조인트 등으로 할 필요가 있다.

4.에 대하여 ; 관과 하천의 유지관리를 위하여 역사이편관의 매설위치를 명확하게 표시하여 둘 필요가 있다. 따라서 횡단대장을 작성해 놓으면 편리하다.

4.2.20 철도 및 간선도로 횡단

철도 및 간선도로 횡단은 다음 각 항에 적합하도록 한다.

1. 관이 레일상의 차량하중과 진동을 직접 받지 않도록 측벽과 떼어낼 수 있는 슬래브(slab)로 된 암거나 내경 600 mm 이상의 삽입관 등으로 관을 보호한다.
2. 관경 400 mm 이상의 관에서는 필요에 따라 그 보호공 내의 관을 보수, 검사하기 위하여 사람이 출입할 수 있는 크기로 한다.
3. 관이 전식을 받을 염려가 있는 경우에는 상황을 충분히 조사하여 적당한 전식방지 조치를 강구한다. 또 횡단장소 양단에는 매설위치를 나타내는 표지판을 세워야 한다.

【해설】

1.에 대하여 ; 철도를 횡단하여 관을 부설할 때는 그 설계와 공법에 따라 철도관리자의 승인을 요한다. 상수도의 입장에서는 철도의 하중과 진동이 직접 관에 전해지지 않도록 보호공 내에 관을 넣는 것이 좋다. 슬래브로 된 암거는 상부슬래브를 떼어낼 수 있도록 해 두면 보수할 때 편리하다.

공법은 철도관리자와 협의하여 정해야 하나 열차운행의 영향을 되도록 적게 하기 위하여 최근에는 개착에 의하지 않고 잭(jack) 등으로 삽입관을 굴진시키는 추진공법을 채택하는 경우가 많다.

삽입관으로서는 원심력철근콘크리트관이 보통이나 강관의 추진도 많이 사용되고 있으며 그 관경은 사람이 관의 안에 들어가 작업할 수 있는 규격으로써 도·송수관의 연장과 관경이 클수록 크게 한다.

2.에 대하여 ; 관경 400 mm 이상의 중요한 도·송수관에서는 사고에 의한 단수가 있으면 영향이 크기 때문에 보호공 내의 관 검사와 보수를 위하여 사람이 출입할 수 있는 크기로 한다. 그것이 불가능할 경우는 적어도 이음에서 누수 등의 우려가 없는 구조로 한다.

3.에 대하여 ; 단선가공식 전기철도를 횡단하여 철관을 부설하는 경우는 절연피복 기타의 방법을 강구하나 부설후 철관의 대지전위와 관내를 흐르는 전류를 측정해서 전식의 염려가 있다고 판단될 때에는 **4.2.16 전식 및 부식방지(p)**에 따른 전식방지의 조치를 강구해야 한다.

4.2.21 추진공법

추진공법은 다음 각 항에 따라야 한다.

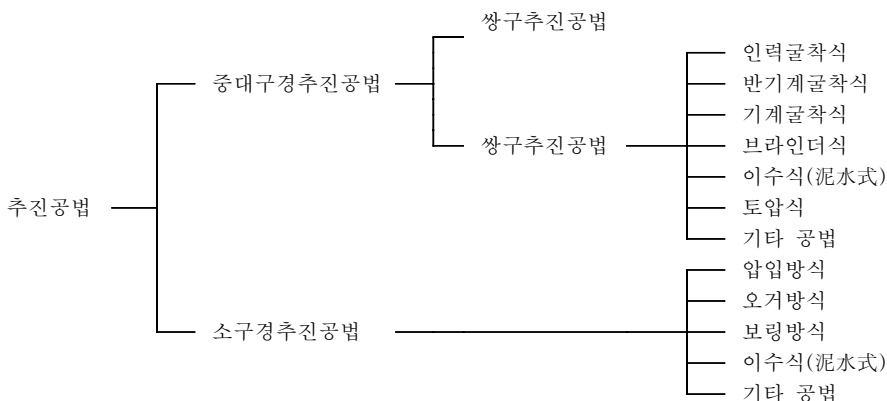
1. 토질, 장애물, 환경 등을 사전 조사하고, 관계기관과도 사전 협의하여 공사의 난이도, 안전성, 확실성 등을 종합적으로 검토하여 적절한 공법을 선정한다.
2. 추진관의 관종은 강도, 내구성, 시공의 난이도 등을 고려하고, 소요 구경, 연장, 매설 심도 및 공법에 적합한 관종을 선정한다.
3. 선도관(先導管)은 추진관의 구경, 토질, 공법에 적합한 구조로 해야 한다.
4. 압입수직갱은 추진관을 계획선상에 정확하게 압입하기 위하여 강널말뚝 등을 사용하여 견고하게 축조하고 필요에 따라 콘크리트지압벽(back concrete)이나 가이드레일(guide rail) 등의 설비를 한다. 또한 도달수직갱도 작업이 용이하도록 축조한다.
5. 연약지반이나 지하수위가 높은 곳에서 시공할 때는 미리 적당한 지반강화나 지수조치를 취함과 아울러 적절한 보조공법을 병용하여 안전하게 시공할 수 있도록 한다.
6. 외부관 추진공법을 채택할 때는 내부에 들어갈 관의 손상을 방지하기 위한 조치를 취하고 관추진 후의 노면침하를 방지하기 위한 지반보강 등의 조치를 취한다.

【해설】

교통의 원활한 소통과 공사공해의 방지 관점에서 시가지에서는 개착공법에 의한 관부설이 곤란한 경우가 있으므로 비개착공법의 실시가 증가하는 경향이다.

비개착공법은 추진공법과 쉬일드공법으로 나누어지며 추진공법은 궤도, 하천, 간선도로 등의 굴진단면의 규모가 작고 연장이 대개 50~100m 정도까지가 일반적이지만, 토질조건이나 공법에 의해서는 장거리시공도 가능하다. 여기에 비하여 쉬일드공법은 단면적이 크고 연장이 길며 규모가 큰 경우에 채택된다.

추진공법을 굴진방식과 굴착기구에 의해 분류하면 <그림-4.2.33>와 같다.



<그림-4.2.33> 추진공법의 종류

추진공법은 압입수직갱을 파고 추진용 칼날을 붙인 선도관을 앞세우고 추진용 잭으로 압입하고 관내 토사를 배제시켜 굴진하면서 순차로 관을 연결하여 터널을 형성시켜 가는 공법이다

[illegible]

(4) 연약지반에서의 공법 개요

세미(semi)실드공법이란 관점단의 굴진기를 선도체로 하여 발진 입갱내의 관체의 뒤에 설치된 잭에 의해 관을 추진하면서 부설하는 공법이다.

추진공법을 사용하여 추진 부설한 관의 사용방법에 따라 분류하면, 2중관추진공법과 본관추진공법으로 대별된다.

– 255 –

1.에 대하여 ; 추진공법은 칼날부, 작업부, 추진부로 구성되고 관을 잵으로 굴진시키는 공법으로서 추진 매설된 관의 사용방법에 따라 외부관 추진공법과 철관 추진공법으로 나눌 수 있다.

외부관 추진공법은 추진 매설된 관내에 상수도관로를 설치하는 2중관 방식이고 철관 추진공법은 외장을 한 주철관이나 강관을 추진시키고 그 관 자체가 직접 상수도관로로 사용되는 방식이다.

추진공법을 채용할 때는 사전조사를 하여, 시공성, 안전성 등의 점에서 공법을 선정한다. 특히 토질은 추진공법의 시공법이나 공사의 난이도를 좌우하므로 토질의 N값, 지하수위, 지층구성 등을 조사하고 모래층에서는 입도, 공극비, 투수계수, 실트 및 점토층에서는 함수비, 액성한계, 소성한계, 일축압축(一軸壓軸)시험 등의 조사시험을 한다. 또한 추진 장소에 가까운 매설물 또는 직상부의 시설물을 확인하고 현지의 교통사정과 건축물의 상황 및 공사장의 넓이 등의 조사도 사전에 실시하여 적절한 조치를 취한다.

2.에 대하여 ; 추진공법에 사용되는 관은 추진력에 대하여 충분한 강도와 하중에 의한 휨모멘트에 견딜 수 있고 수밀성과 시공성이 우수한 관으로서 추진공법에 적합한 관종을 선정한다. 일반적으로 외부관 추진공법으로 시공할 경우에는 관내의 토사를 인력으로 반출할 수 있을 때는 관경 800 mm 이상의 원심력 철근콘크리트관을 사용하는 경우가 많다. 이와 같은 공법으로 시공가능한 연장은 토질에 따라 차이가 있으나, 관경 1,500~2,000 mm에서 30 m 정도이며 그 이상의 연장이 필요할 때는 중압관을 삽입하여 여기에 잵을 거치하여 삽입수직갱에서와 함께 2개소 또는 그 이상에서 압입하는 다단압입공법 등이 사용된다.

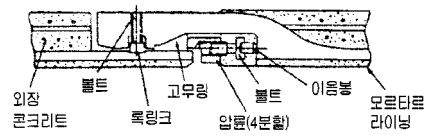
외관에 본관을 끌어넣는 경우에는 필요에 따라 외관내면 및 본관외면의 손상방지 조치를 강구한다.

철관 추진공법에서는 덕타일 주철관과 강관이 사용된다. 덕타일 주철관에서는 내면이음식이나 내면칼라 이음식이 사용되고 강관에서는 KS규격으로 내외부 도복된 관을 사용한다. 외관 추진공법과 같이 장거리추진인 경우에는 중압공법이 사용된다. 이들 본 공법에서는 시공 중에 내면도장이 손상되는 수가 많으므로 손상방지에 충분히 유의해야 함과 아울러 추진 종료 후에는 반드시 조사하여 도장면 파손부를 재도장해야 한다(<그림-4.2.35>~<그림-4.2.37> 참조).

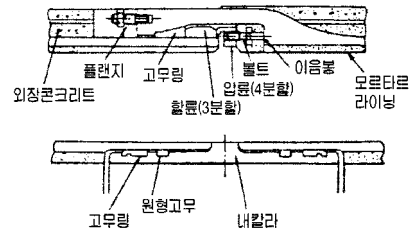
3.에 대하여 : 관내에 사람이 들어가서 시공할 수 있는 중·대구경관 추진시의 선도관은 칼날부와 작업부 및 추진관과의 연결부로 구성되는데 특히 칼날부에서 추진시의 저항을 감소시키고 지중에 관입(貫入)이 잘 되도록 선단부의 내면 측을 경사지게 한다. 또한 토질에 따라서는 칼날부를 폐쇄해야 할 때도 있으므로 흙막이를 장치할 수 있도록 하는 것이 바람직하다. 한편 작업부는 관내 토사를 안전하게 굴착할 수 있는 넓이가 되어야 하고 연결부는 추진관과 선도관을 고정시키는 부분으로서 어느 관종이라도 연결할 수 있는 구조로 하여 두는 것이 편리하다.

사람이 안에 들어가서 일할 수 없는 700 mm 이하의 중소구경의 관추진에서는 토질 등 시공 조건에 따라 여러 가지 공법이 개발되어 있다.

시공의 안전성과 정확성을 기하기 위하여 많이 쓰이는 공법으로서 본관을 잵으로 추진하면서 관내에 들어오는 토사를 흙오거(earth auger)로 배토하면서 추진매설하는 수평오거방식이나 P.C.강선을 수평보링 구멍에 관통하여 전방으로 끌어당기는 견인식 공법 등도 있다.

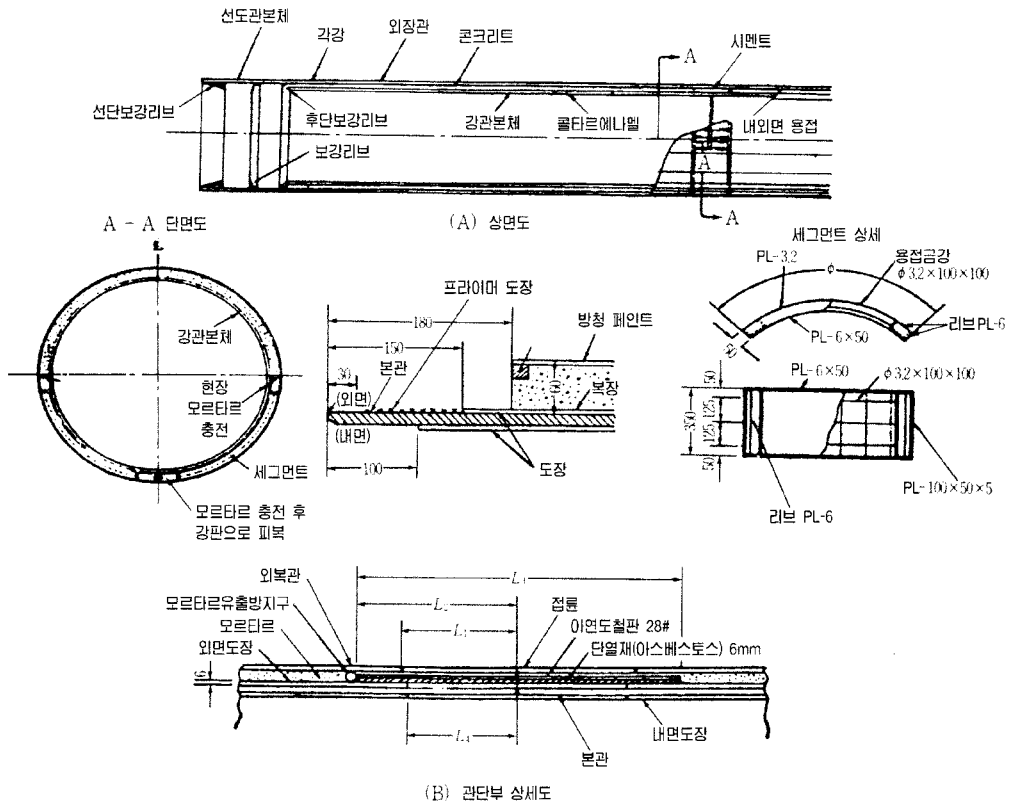


(A) 내면이음식(적용 관경 700~2,600mm)

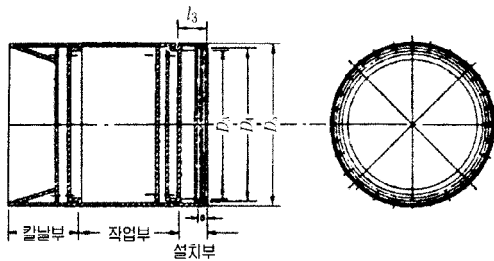


(B) 내면라이음식(적용관경 200~900mm)

<그림-4.2.35> 추진용 덕타일 주철관

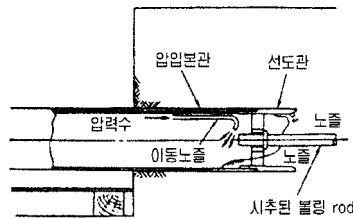


<그림-4.2.36> 추진용 강관

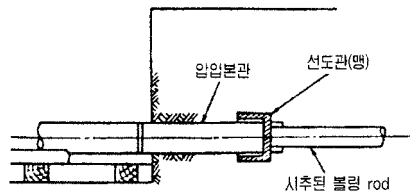


		선도관명부																(단위 : mm)	
구경	700	800	900	1,000	1,100	1,200	1,300	1,500	1,600	1,800	2,000	2,100	2,200	2,300	2,400	2,500	2,600	2,700	2,800
l3	738	841	944	1,047	1,150	1,252	1,356	1,500	1,656	1,707	1,854	2,067	2,170	2,288	2,404	2,522	2,640	2,758	2,876
D	733	838	1,002	1,107	1,213	1,318	1,423	1,473	1,627	1,732	1,782	1,934	2,150	2,253	2,370	2,487	2,604	2,721	2,838
l	831	938	1,043	1,151	1,258	1,362	1,501	1,679	1,786	1,839	1,990	2,209	2,311	2,433	2,557	2,680	2,803	2,926	3,049
l4	316	316	316	286	286	286	286	286	336	336	336	366	366	366	366	366	366	366	366
a	68	68	68	70	70	70	70	73	73	73	73	75	75	77	78	81	81	81	81
b	28	28	28	31	31	31	31	36	36	36	36	41	41	41	41	41	41	41	41

(1) 대구경 선도관의 개요



(A) 제트수류방식



(B) 맹압(盲壓)식

(2) 중소 구경관 선도관의 개요도

<그림-4.2.37> 선도관의 개요

4.에 대하여 ; 압입수직갱은 추진관의 토피(土被), 필요한 추진력, 소요설비 등에 따라 그 넓이가 정해지나 추진관의 반입이나 콘크리트지압벽(back concrete)의 축조 등의 설비가 기능적으로 배치되고 안전하며 능률적으로 관내 토사를 반출할 수 있는 구조로 한다. 추진관을 안전하고 확실하게 추진시키기 위해서는 추진력 계산과 널말뚝 및 콘크리트지압벽 등을 검토하여 책의 대수 등을 산출하고 이상의 제원을 고려하여 압입수직갱의 여러 설비를 배치한다.

압입수직갱으로부터 선도관을 압입하는 추진갱구는 선도관의 외경보다도 약간 큰 직경으로 널말뚝 등을 절단할 필요가 있을 때, 이때 널말뚝과 선도관의 간격으로부터 토사가 흘러나와 갱이 무너지는 일이 없도록 적절한 조치를 취한다.

5.에 대하여 ; 연약지반에서는 추진관 선단의 주위부로부터 붕괴되는 것을 방지하기 위하여 토질에 따라 약액주입이나 지하수위 저하 등 적절한 보조공법을 병용할 필요가 있다. 그밖에도

압기공법이나 동결공법이 있으며 이들 공법은 지하수위가 높고 연약한 토질조건하에서 관내로 토사가 지하수와 함께 유입할 수 있는 장소에 적합하다.

압기공법은 추진관에 작업실과 록챔버(lock chamber)를 갖춘 관을 접속하고 작업실에 압축공기를 공급하여 용출수를 줄이고 토사붕괴를 방지하면서 전진하는 공법이다.

동결공법은 관추진 예정부지의 주위에 동결관을 매설하고 그 외주의 흙을 동결시켜 연속된 흙막이 지수벽을 형성시키면서 굴착하는 공법이다.

이와 같은 특수공법들은 대설비가 되고 고도의 기술이 요구되며 보안대책상이나 환경보전문제 등이 생길 염려가 있으므로 신중한 검토가 필요하다.

6.에 대하여 ; 외부관 추진공법에서 외부관부설이 완료되고 그 내부에 상수도관로를 설치할 때는 외부관의 관저에 콘크리트를 깔고 필요에 따라서는 간이레일 등을 콘크리트에 고정시켜서 관체가 그 위를 통해서 설치되도록 하여 관체의 손상을 방지한다.

관을 설치한 다음에는 외부관과 상수도관로 사이에 시멘트모르타르, 콘크리트 등으로 채우고 또 외부관 출입구에서 내부로 토사가 유입되어 노면침하 등이 일어나지 않도록 양단 출입구에 콘크리트나 블록 등으로 채워야 하며 이 때에 상수도관로에 전단력이 가해지는 일이 없도록 한다.

4.2.22 쉬일드(shield)공법

쉬일드공법은 다음 각 항에 의한다.

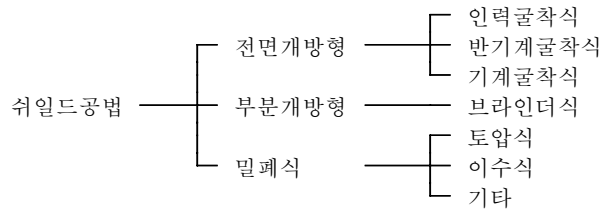
1. 관계법규가 정하는 바에 따라 수속과 대책을 검토함과 동시에 입지조건, 지장물, 지형 및 지질, 환경보전을 위한 조사를 한다.
2. 터널 소요단면은 공사방식과 관경 등에 따라 정하고 시공상 안전하고 능률적인 것이어야 한다.
3. 터널선형은 직선 또는 완곡선을 택하고 터널의 토피(土被)는 지질과 지형에 따라 정한다.
4. 입궤부는 원칙적으로 실을 축조하고 필요에 따라 채수밸브, 공기밸브 및 배수(排水)설비 등을 설치한다.
5. 쉬일드기종과 보조공법은 지중(natural ground)조건과 시공조건에 적합해야 하며 주위지역의 환경보전에 유의한다.

【해설】

쉬일드공법은 쉬일드(shield)를 사용하여 시행하는 터널공법이다. 쉬일드는 주로 원통형 강제의 스킨플레이트(skin plate)와 내장된 잭으로 구성된다.

선단 칼날부에서 굴착하고 내부에서 일차 복공의 세그먼트(segment)를 조립하고 후부의 잭을 세그먼트의 반력(反力)으로 추진한다. 스킨플레이트가 붕괴되지 않도록 지중(natural ground)을 지지하고 터널을 구축한다. 지질에 따라 사용하는 세그먼트가 비경제적이라고 생각되는 경우에 세그먼트를 사용하지 않고 바로 콘크리트라이닝공법을 검토한다.

쉬일드공법을 굴착방법으로 분류하면 <그림-4.2.38>과 같다.



<그림-4.2.38> 쉬일드공법의 체계

쉬일드공법은 추진공법에 비하여 대형의 터널공법으로서 추진연장이 500~1,000 m를 표준으로 하고, 방향수정을 쉽게 할 수 있고 선형도 수평곡선 또는 연직방향으로는 어느 정도까지의 경사를 지게 할 수 있다.

또한 지중이 불안정하고 막장의 붕괴나 지표면의 함몰 또는 침하의 염려가 있을 경우에는 지중의 조건이나 환경 등을 고려하여 압축공기공법, 지하수위저하공법, 약액주입공법, 파이릿 터널에 의한 지중안정공법, 동결공법 등의 보조공법으로 지중의 안정을 도모한다.

1.에 대하여 ; 쉬일드공법은 법규의 규제를 받는 일이 많으며 관계기관에 대한 여러 가지 수속을 필요로 하는 것도 많으므로 규제정도와 수속절차 및 대책 등에 대한 사전검토가 필요하다. 또 지중의 토질, 지층, 지하수상태 등의 조건과 지표상황(도로, 하천, 궤도, 가옥 등)에 따라야 할 때가 많으므로 이와 같은 상황을 고려하여 사전조사가 필요하다. 사전조사 자료는 터널의 노선선정과 쉬일드공법 채택 여부, 터널설치에 따르는 주변의 환경보전 및 쉬일드공법의 규모나 내용을 결정하는데 중요한 자료로 되기 때문에 충분한 조사가 필요하다.

2.에 대하여 ; 쉬일드(shield)의 단면형상은 일반적으로 원형이 채택되고 있다. 그 이유는 외압에 대하여 견고하고 쉬일드추진이나 제작조립이 편리하며 쉬일드추진 중의 롤링(rolling)에 대하여도 단면이용상 지장이 적은 점 등이다.

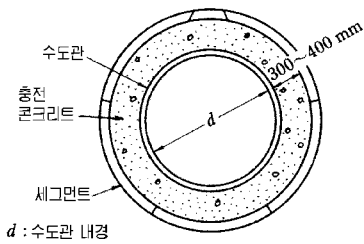
1차복공 세그먼트는 쉬일드를 추진하도록 하는 책의 추진력을 주지만, 쉬일드테일(shield tail)로 되면 동바리공(timbering)으로서의 역할을 하게 된다.

도수터널에서는 콘크리트로 2차복공을 한 채로 관로로 이용할 경우가 있으나, 송·배수터널에서는 대부분이 압력관로이므로 강관이나 덕타일주철관을 터널 내에 삽입 시공하는 방식이 많이 사용되며 대표적인 방법은 다음과 같다.

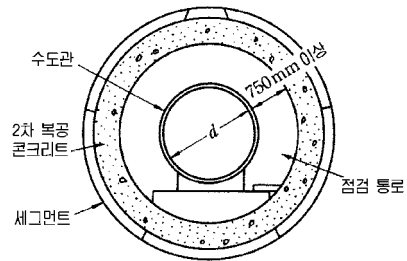
(1) 콘크리트 충전방법

상수도관로 구경보다 600~800 mm 정도가 더 큰 내경의 일차복공을 전체 연장에 걸쳐 축조한 후, 강관이나 덕타일주철관을 순차로 삽입하여 터널과 동심원상에 배관 접합하고 일차복공과 관과의 간격을 콘크리트로 충전하는 방식으로 가장 많이 쓰이는 방법이다. 이 방식에서 관의 접합 작업은 내면에서 시공해야 하므로 강관에서는 내부용접하고 덕타일주철관에서는 내면이음관 등이 사용된다.

1차복공과 관과의 간격은 쉬일드가 배기와 배수(排水)를 위하여 중단 상으로 경사를 가질 때에도 관을 소정의 위치에 배관할 수 있는 여유와 최소한의 이차복공 콘크리트 두께를 고려하여 정한다. 이 방식은 검사통로방식에 비하여 쉬일드 단면이 작고 공사비도 저렴하나 터널관의 검사와 보수시에 단수해야 하므로 유지관리상 다소 불편하다(<그림-4.2.39> 참조).



<그림-4.2.39> 충전방식



<그림-4.2.40> 점검통로방식

(2) 검사통로방식

상수도관로의 구경에서도 1,500 mm 이상의 큰 구경의 이차복공 내공단면의 터널을 축조하고 그 속에 강관 또는 덕타일 주철관을 배관하는 방식으로 복공과 관과의 공간은 검사통로로 이용한다.

이 방식은 콘크리트 충전방식에 비하여 쉬일드 단면이 크고 공사비도 많이 들지만, 터널과 관을 검사하기 위하여 단수할 필요가 없으므로 유지관리상 유리하다. 이 방식에서는 일반적으로 시공오차에 대한 여유를 둘 필요가 없다(<그림-4.2.40> 참조).

3.에 대하여 ; 터널선형은 직선이나 완곡선으로 하고, 터널 추진을 위한 최소 토피(土被)는 굴착외경의 1~1.5 배가 필요하지만, 이보다 작은 토피로 성공한 예나 또 이보다 깊더라도 함몰 등이 일어난 예가 있다. 따라서 실시할 때는 지표나 지하구조물의 상황, 지중의 조건, 굴착단면의 크기, 시공방법 등을 고려하여 필요에 따라 적당한 보조공법을 채용한다.

지하수가 많은 지층 특히 하저나 해저를 통과할 경우에는 터널의 부상과 압축기공법에서의 공기누출이나 분출에 대하여 검토해야 하며 매립지 등을 통과하는 경우에는 가스의 고임에 주의해야 한다.

도로교차점 등에서 급각도의 방향전환이 필요할 때는 특수한 보조공법으로 극소 반경의 곡선으로 굴진할 때도 있으나 일반적으로는 방향전환용의 입갱을 축조하여 쉬일드의 방향전환을 하거나 쉬일드와 쉬일드를 지하에서 결합시키는 방식이 사용된다.

지하접합 방식에서 주의할 점은 양질지반을 확인하고 쉬일드 상호의 관계, 위치파악과 정확한 위치조절 및 압축공기공법에서는 쌍방 압축공기의 밸런스 조절 등이다.

4.에 대하여 ; 관로의 유지관리상 터널의 종단경사의 요철부에 입갱을 설치하고 돌출부(凸)입갱에는 공기밸브, 저부(凹)입갱에는 배수(排水)설비를 설치한다. 이 때에 인접 입갱간의 터널경사는 편경사로 한다. 입갱부는 상기 설비 외에 맨홀, 제수밸브, 터널과 입갱내의 배수와 환기설비를 설치해야 한다. 이와 같이 하기 위하여 입갱실을 설치하고 터널과 입갱실 내의 보수 및 기자재 반입을 위한 맨홀을 설치해야 한다.

5.에 대하여 ; 지중조건과 시공조건에 적합한 쉬일드 기종을 선정하고 압축공기공법, 약액주입공법, 지하수저하공법 등의 보조공법 채택에 대해서도 그 적부를 미리 조사할 필요가 있다. 또 입갱 주위 공사장의 방음과 방진대책도 환경보전 측면에서 고려해야 한다.

4.2.23 전용도로

1. 상수도시설의 유지관리를 위한 전용도로는 유지관리용 장비의 원활한 진행에 지장이 없는 구조와 폭을 확보한다.
2. 상수도시설의 유지관리를 위한 전용도로가 일반도로의 기능을 겸용할 경우에는 「도로법」 제 39조에 의한 「도로구조 등의 기준」에 관한 규정에 따라 도로의 종류 및 등급에 맞는 구조와 폭을 확보한다.

【해설】

1.에 대하여 ; 관로의 전용도로는 기존 도로를 최대한 활용하는 것이 좋으나, 새로 축조해야 할 경우에는 용지보상비가 적게 되도록 하는 것이 필요하다.

(1) 시가지 구간은 기존도로를 이용한다.

(2) 기존도로 병행구간으로서 도시의 확장, 토지의 이용변경 등으로 인한 관로 이설 요인이 발생되지 않는 구간은 도로의 노면 및 도로 인접 토지에 매설한다.

(3) 기존도로가 없는 산지 및 농경지 통과지역의 경우에는 관로 전용도로를 축조한다.

관로 전용도로의 폭은 관로시설의 일상점검을 위한 순찰차량의 통행과 유지보수 작업을 위한 작업차량 및 장비의 통행에 필요한 최소 도로 폭을 확보하는 것이 필요하다. 일반적으로 전용도로의 폭은 진입장비의 폭을 감안하여 4~5 m로 하나, 지형 상 부득이 한 경우에는 지형조건에 적합하게 증감 조정한다. 또한 작업차량과 장비의 교행을 감안하여 직선구간에서는 300~500 m 마다, 시계가 불량한 곳에는 적당한 간격으로 도로의 폭을 넓게 설치한다.

2.에 대하여 ; 지역의 여건상 관로의 전용도로가 일반도로의 기능을 겸용할 것이 예상되는 경우에는 도로관리담당부서에 도로개설을 요구하고 부득이 수도사업자가 도로를 개설할 경우에는 도로관리담당부서와 협의하여 선형, 구조, 폭 등을 결정하는 것이 필요하다.

4.2.24 펌프설비

펌프설비는 8.2 펌프설비(P)에 준한다.

4.3 도수거

4.3.1 총칙

도수거는 취수시설로부터 정수시설까지 원수를 개수로 방식으로 도수하는 시설로서 수리학적으로 자유수면을 갖고 중력의 작용으로 경사진 수로를 흐르는 시설이고 구조적으로는 개거, 암거 및 터널 등이 있으며 일정한 동수경사(통상, 1/1,000~1/3,000)로 도수하는 시설이다.

도수거는 필요수량을 확실하게 보낼 수 있어야 하며 그 형상 및 구조는 지형, 지세를 고려하고 용지 취득비, 건설비의 대소, 유지관리의 용이성, 재해에 대한 안전성을 종합적으로

판단하여 결정한다. 그리고 도수거는 비교적 지반이 평탄하고 양호하며 성토나 절토의 필요성이 없는 곳에서는 개거 또는 개거에 덮개를 한 구조의 암거가 많이 이용되는데, 산이나 구릉횡단으로 절토량이 많게 될 때에는 터널을 채용하고 하천이나 계곡 등을 횡단할 경우에는 수로교나 역 사이펀이 적합하다.

한편, 도수거는 외부에서 하수의 침투에 대해서 각별히 유의해야 하며 또한 연약지반이나 액상화 될 우려가 있는 장소에 도수거를 계획하는 것을 피해야 한다.

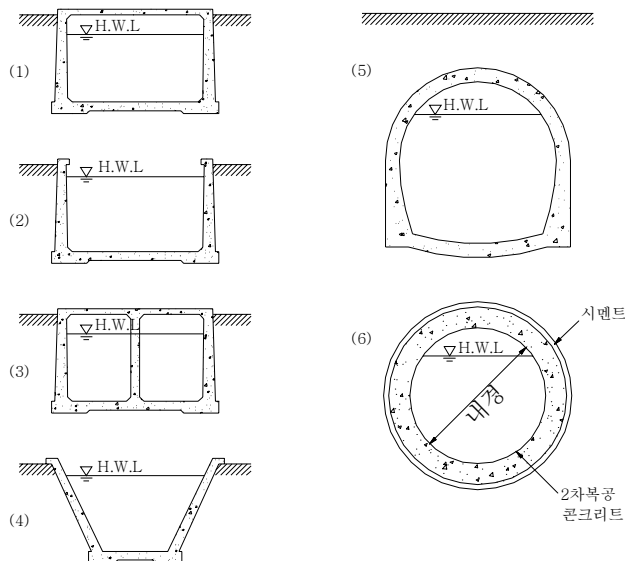
4.3.2 구조

구조와 형식과 구조는 다음 각 항에 의한다.

1. 개거와 암거는 구조상 안전하고 충분한 수밀성과 내구성을 가지고 있어야 한다.
2. 도수거는 한냉지에서 뿐만 아니라 기타 장소에서도 될 수 있으면 암거로 설치해야 한다. 부득이 개거로 할 경우에는 수질오염방지와 위험방지의 조치를 강구해야 한다.
3. 개거 및 암거의 경우에는 대개 30~50 m 간격으로 시공이음을 겸한 신축이음을 설치한다.
4. 지층의 변화점, 수로교, 독, 통문 등의 전후에는 플렉시블한 신축이음을 설치한다.
5. 터널에 대해서는 4.3.6 도수터널(P)에 준한다.
6. 암거에는 공기의 환기구를 설치한다.

【해설】

도수거의 형식은 도수량의 대소에 따라서 <그림-4.3.1>과 같이 구분된다.



<그림-4.3.1> 도수거 단면도

<그림-4.3.1(1)>은 도수량이 작을 때에 일반적인 도수거이다.

<그림-4.3.1(2)>는 소형수로로서 주위에서 토사의 붕괴나 오염의 위험이 적은 경우에 쓰이는 일반적인 형식이다.

<그림-4.3.1(3)>은 유지관리면 및 구조상에서 격벽을 설치하여 2개연으로 한 단면이다. 일련을 단수하고서 내부점검 등에 유리하다.

<그림-4.3.1(4)>은 도수거의 중에서도 수리적으로 유리하다. 일반적으로 도수량이 클 때에 채용한다.

<그림-4.3.1(5)>는 터널의 일반적인 단면이다. 무압력 터널은 일반적으로 말발굽형 단면을 이용된다. 측벽의 원호는 반경이 큰 쪽이 시공이 용이하므로 지질이 양호한 경우에는 측벽을 연직 또는 이에 가까운 곡률로 한다.

<그림-4.3.1(6)>은 쉬일드 터널이다.

1.에 대하여 ; 개거 또는 암거는 물의 원활한 유하나 탁질수 방지, 수로내면의 세굴방지를 위해서 콘크리트로 만들거나 철근콘크리트로 만들어 되도록 저부와 측벽이 일체가 되는 구조로 한다. 지질에 따라서는 콘크리트 블록을 이용하거나 강판재로 하는 것도 있는데 어느 경우에도 수압이나 토압에 견딜 수 있도록 구조상 안전한 것이어야 한다.

2.에 대하여 ; 한냉지에서 도수거는 반드시 암거로 하고 강설과 결빙 피해를 방지할 수 있도록 해야 하며 기타 지역에도 되도록 암거로 하는 것이 바람직하다. 부득이 개거로 할 경우에는 수질오염, 사람과 가축에 대한 위험을 방지하기 위하여 다음과 같은 조치를 고려해야 한다.

1) 측벽은 수면보다 여유고 30 cm 이상, 또 주위의 지반보다 20 cm 이상 높게 하고 굴곡부에서는 원심력 때문에 내·외벽에 수위차가 발생하므로 이를 고려해야 한다.

2) 절토하여 수로를 만들 경우는 절취면의 비탈 하부에는 반드시 측구(側溝)를 만들고 빗물과 오수의 유입을 방지해야 한다.

3) 인가의 근처에는 쓰레기나 오물의 투입을 금지하는 표시판을 세우고 장소에 따라서는 사람의 출입을 금지하는 철망을 설치해야 한다.

3.에 대하여 ; 개거 및 암거에는 온도변화에 따른 콘크리트의 신축을 위해 신축이음을 설치한다. 이음의 간격은 수로의 크기, 철근의 유무, 배수(排水)의 상황, 기온 및 수온의 변화 등을 고려하여 정하는 것으로 대략 30~50 m가 적당하다.

4.에 대하여 ; 지층의 변화점에서 지진과 같은 자연재해 발생시에 큰 신축이나 부등침하가 예상되는 장소에는 큰 플렉시블한 이음(flexible joint)을 설치해야 한다. 이에는 부채꼴변형(fan deformation type), 전단변형(shear deformation type), 축방향 신축변형(axial deformation type) 등 각종의 형태가 있다.

6.에 대하여 ; 수량의 변동에 따라 수면상부의 공기가 용이하게 흡·배기될 수 있는 환기구 가 필요하다. 설치지점은 장래의 유지관리를 고려하여 결정한다.

4.3.3 유속

도수거의 평균유속의 최대한도는 3.0 m/s로 하고 최소유속은 0.3 m/s로 한다.

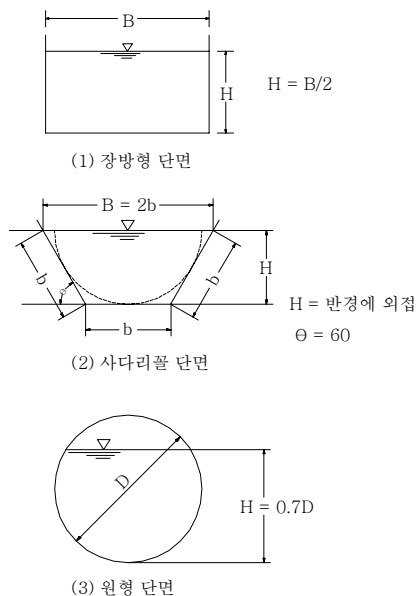
【해설】

도수거는 평균유속의 최대한도를 일반적으로 도수거가 콘크리트로 만들어졌기 때문에 수로를 유하하는 모래입자에 의한 수로내면의 마모를 방지하기 위하여 3.0m/s로 하고, 도수거에는 고운 모래가 수로 내에 가라앉지 못하게 최소유속은 0.3m/s로 한다. 여기서 평균유속이란 다음 식에 따르는 것으로 한다.

$$\text{평균유속} = \frac{\text{계획도수량}}{\text{통수단면}}$$

[참고-4.3.1] 개수로의 수리적 대량단면

주어진 유수단면에 대하여 경심이 최대로 되도록 하는 단면형을 수리적 최량단면이라 한다(<참고도-4.3.1> 참조).



<참고도-4.3.1> 개수로의 수리적 최량단면도

[참고-4.3.2] 개수로의 단면결정

개수로의 단면결정에는 우선 취수시설의 최저수위와 정수장내 착수정의 계획수위로부터 수면경사를 구한다. 다음에 단면을 가정하고 평균유속공식에 의해 평균유속을 계산하고 이것에 가정단면적을 곱하여 유량을 구한다. 이 유량이 계획수량으로 될 때까지 여러 차례 단면을 가정하는 계산을 반복한다.

개수로의 평균유속공식은 Ganguillet-Kutter공식 또는 Manning공식이 있는데, 보통은 Manning공식을 사용한다.

Manning공식은 다음과 같다.

$$v = \frac{1}{n} \cdot R^{\frac{2}{3}} I^{\frac{1}{2}}$$

또한 Ganguillet-Kutter공식은 다음과 같다.

$$v = \frac{23 + \frac{1}{n} + \frac{0.00155}{I}}{1 + \left(23 + \frac{0.00155}{I}\right) \frac{n}{\sqrt{R}}} \sqrt{RI}$$

여기서, v : 평균유속(m/s)

R : 경심(m)

I : 수면경사

n : 조도계수

설계의 경우, 조도계수 n 은 보통 0.013~0.015로 한다.

4.3.4 접합정

접합정 또는 맨홀은 다음의 각 항을 기준으로 정한다.

1. 개거에서 암거로 바뀌는 지점이나 분기점, 합류점, 기타 필요한 지점에 접합정을 설치한다.
2. 접합정은 구조상 안전한 것으로 충분한 수밀성과 내구성을 지니고 용량은 계획도수량의 유하를 저해하지 않는 용량으로 한다.
3. 필요에 따라 유량측정장치, 월류장치와 배수(排水)설비를 설치하고 유출구에는 제수밸브를 설치한다.

【해설】

1.에 대하여 ; 도수거의 접합정은 도수거 구조의 변화점 등에 설치하여 수면의 변동을 흡수하고 원활한 도수를 목적으로서 설치되는 것으로 현저한 와류 또는 편류가 생기지 않은 구조로 한다. 접합정은 도수거가 개거에서 암거로 구조가 변화하는 지점, 도수거에서 압력수로 (pressure conduit) 등 도수로가 변화하는 접속개소 및 월류설비 등과 겸하여 도수거의 도중에 설치한다.

2.에 대하여 ; 접합정은 구조상 안전하고 수밀성과 내구성을 가져야 하며 용량은 계획도수량을 유하시키는데 저해되지 않는 용량으로 하고 접속되는 도수거의 크기 또는 사람의 출입이 가능한 크기 및 이것에 설치되는 월류장치(여수토)의 형식으로부터 결정한다.

3.에 대하여 ; 접합정에는 필요에 따라 유량측정장치, 월류장치와 배수(排水)설비를 설치하고 유출구에는 제수밸브 등을 설치한다.

도수거로부터 압력수로로 변환하는 지점의 접합정 또는 유수의 급변에 의한 와류 등에 의해 수중에 흡인된 공기가 도수관내에서 유리되어 체류되기 때문에 원활한 도수를 저해시키는 경우가 있다. 이러한 공기를 배제시키기 위하여 접합정의 하류 측 입구부근에 환기공을 설치한다.

4.3.5 월류 설비와 순찰도로

도수거의 월류설비와 순찰도로를 다음 각 항에 의하여 설치한다.

1. 시점과 종점 기타 필요한 지점에 제수문 또는 수위조절판(stop log)으로 하여 맨홀을 설치한다.
2. 수로의 도중에는 필요에 따라 월류 설비를 설치한다.
3. 개거의 경우에는 수로부(channel location) 등을 이용하여 순찰도로를 설치한다.
4. 개거의 경우에는 필요에 따라 낙엽 등의 유하를 방지하는 스크린을 설치한다.

【해설】

1.에 대하여 ; 시점, 종점 및 긴 터널, 역 사이편 등 필요한 지점에는 제수문이나 수위조절판(stop log)을, 또 암거에는 내부점검과 청소 등을 위하여 맨홀을 설치해야 한다.

제수문은 견고하고 수밀성과 내구성이 있는 것으로 하며, 일반적으로 동력에 의해 개폐하지만, 정전이나 고장 등에 대비하여 수동으로도 조작할 수 있도록 해 두어야 한다.

2.에 대하여 ; 월류 설비는 호우시 등에 의한 도수거에 일시적으로 과잉유입 및 하류 측의 사고 등으로 제수문 폐쇄에 의한 잉여수량을 접합정을 이용하여 월류시키는 위어 등으로 배수(排水)함으로써 도수거의 수위상승을 억제하여 도수거의 안전을 확보하는 것이다.

월류 위어와 함께 도수거의 점검, 청소, 공사에 의한 단수작업 등을 위하여 접합정의 바닥에 피트(pit) 등을 설치하고 배수관(排水管)을 접속하여 도수거를 비울 수 있도록 배수(排水)설비를 설치하면 편리하다.

월류위어의 하류부는 제수문 또는 수위조절판(stop log) 등의 제수설비를 설치한다. 월류 위어의 유량은 계획도수량을 기준으로 하는 외에 호우시의 과잉유입량 등을 고려하여 결정한다.

3.에 대하여 ; 개거의 경우에는 사고의 미연 방지를 위하여 수로부 등을 이용하여 정기적으로 수로를 순시하기 위한 도로를 만드는 것이 필요하지만, 수로가 비교적 소규모로 연장이 짧은 경우에는 필요하지 않다.

4.에 대하여 ; 개거의 경우에는 낙엽, 수초, 조류 및 부유물의 유하를 방지하기 위하여 적절한 지점에 필요에 따라 스크린을 설치한다.

4.3.6 도수터널

도수터널은 다음의 각 항을 기준으로 정한다.

1. 터널은 콘크리트라이닝(concrete lining)을 하는 것을 원칙으로 하되 필요에 따라 그라우팅(grouting)을 하고 입구와 출구는 충분히 보호한다.
2. 산악터널의 설계는 **한국지반공학회의 터널표준시방서(산악 편)**에 준한다.
3. 쉬일드터널의 설계는 **한국지반공학회의 터널표준시방서(쉬일드 편)** 및 4.2.22 쉬일드공법(P)에 준한다.
4. 터널내부의 청소와 점검 등이 가능하도록 터널 중간에 출입구를 설치하는 것이 바람직하다.

【해설】

1.에 대하여 ; 터널은 공사비가 일반적으로 많이 소요되나 수로연장이 단축되고 수두 손실이 적은 이점이 있다. 터널 시공은 지질조건 및 터널 내 작용하는 각종 수압조건에 적합하도록 각각의 경우마다 필요한 제반검토를 실시하며, 최소단면은 터널연장 및 시공 상 제약요소 등을 감안하여 결정하는 것이 바람직하다.

터널의 설계와 시공은 도로나 철도의 경우와 같으나, 수로로서 이용하기 때문에 누수가 없게 수밀성에 유의해야 한다. 그러므로 터널지반은 암반이 이상적이나 양질의 암반인 경우에도 유수면 이하는 반드시 콘크리트라이닝(concrete lining)을 한다. 그 밖의 경우에는 그라우팅(grouting)을 시공하는 편이 수밀성 유지나 구조물의 안전 상에도 바람직하다.

터널 출구와 입구는 안전을 위하여 입구부터 5 m까지는 특히 견고한 콘크리트라이닝을 하며 절취면은 붕괴되지 않도록 충분히 보호해야 한다.

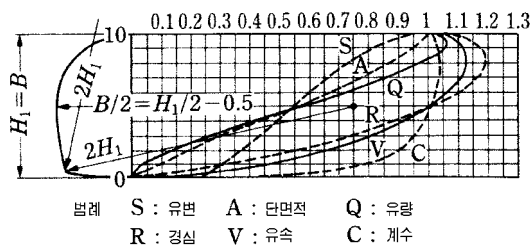
또 공사 중인 갱도와 수로와의 교점 부근은 과다한 굴착으로 아치부에 사고가 나기 쉬우므로 특별한 주의를 요하며 기둥을 받쳐 콘크리트를 시공할 필요가 있다. 또 터널을 축조하는 부근의 우물이 고갈될 염려가 있기 때문에 처음부터 그 대책을 강구해야 한다.

2.와 3.에 대하여 : 터널은 지형, 지질조건 및 환경 등에 좌우되는 요소가 많기 때문에 조사, 계획, 설계 및 시공시에는 이를 충분히 고려하고 한국지반공학회 「터널표준시방서」에 준한다.

터널의 단면형상으로는 산악터널의 경우, 보통 3~5심원으로 이루어진 말발굽형 단면이나 TBM공법으로 시공된 원형단면 등이 이용된다. 지질이 양호한 곳에서는 측벽부를 수직으로 하는 경우도 있다. 또 지질이 불량한 곳에서는 원형단면을 고려해야 한다.

터널의 내공(內空)단면은 계획도수량을 유입할 수 있는 크기를 지녀야 한다. 터널내의 최대 통수량은 터널의 단면형상과도 관계되나 수심이 터널높이의 약 80~90% 전후인 경우인데, 이 경우 안정된 흐름상태를 유지하기 어려우므로 단면결정시 수심을 터널높이의 약 80% 이하로 결정하는 것이 안전하다.

<그림-4.3.2>은 말발굽형 터널의 수리특성곡선도이다. 최소단면은 시공의 면에서 제약되며 1.8 m 정도로 된다.



<그림-4.3.2> 말발굽형 터널 수리특성곡선도

콘크리트 복공두께는 터널의 크기, 토피(土被)가 적은 곳, 중요한 도로, 하천의 횡단장소 및 지반이 나쁜 장소 등은 필요에 따라 복공두께를 늘리거나 철근을 삽입하는 등으로 보강해야 한다. 콘크리트의 시공조인트에는 지수판을 삽입한다. 콘크리트라이닝과 지중(natural ground)과의 사이에는 공극이 생기기 때문에 수밀성 유지와 구조물의 안전성 측면에서 공극에 모르타르나 기타에 의한 뒤채움(back fill)주입을 한다. 특히 압력터널에 대해서는 주의하여 뒤채움(back

fill)주입을 시행해야 한다.

터널의 입·출구부는 안전을 위해서 입구에서 5 m 정도는 특별히 견고한 콘크리트라이닝으로 하고 절토된 법면이 붕괴되지 않도록 충분히 방호한다.

4.에 대하여 ; 터널공사 중 사갱(斜坑)이나 횡갱(橫坑)을 설치할 경우에는 터널 완성 후에 묻지 말고 이것을 보강하여 두었다가 여수토나 이토구 또는 유지관리용 출입구로 이용하는 것이 편리하다. 또한 터널의 중심선을 지상에 표시해 두는 것도 필요하다.

터널을 압력수로로서 사용하는 경우는 내외부 수압에 견디기 위해 철근콘크리트로 라이닝 하는 것이 좋으며 입·출구부에는 강관 또는 덕타일주철관과 연결되는 경우와 암질이 좋지 않은 구간에 대해서는 30 m이상 강관 또는 덕타일주철관을 삽입한다.

4.3.7 수로교

수로교는 다음의 각 항을 기준으로 정한다.

1. 수로교는 철근콘크리트 또는 강재(鋼材)를 사용하여 구조상 안전하며 충분한 수밀성과 내구성을 지닌 시설로 축조한다.
2. 온도변화, 부등침하 및 지진시 등의 상대변위 등에 대비한 유효한 신축이음을 설치한다.
3. 수로교의 보 하부 공간은 건축한계 기타 관계법규에 따라서 결정한다.

【해설】

1.에 대하여 ; 도수거가 깊은 계곡이나 하천을 횡단할 경우에는 교량을 설치하여 상부구조를 수로로서 도수하는 경우가 있다. 이 수로교는 일반 교량과 동일하나 수로의 저면은 종단적으로 편경사이고 상부에 하중이 집중되어 걸리므로 횡방향의 지진력에 대하여 수로가 지지점에서 탈락하지 않는 구조로 축조한다. 단경간(短徑間)이고 교각이 낮을 때에는 철근콘크리트로 축조해도 되나 높을 경우에는 강재로 하는 것이 안전하다.

도수거의 구조는 철근콘크리트로 하거나 강재 또는 프리스트레스트콘크리트 등으로 하고 수로는 충분한 수밀성과 내구성이 있는 것으로 한다. 형식은 단순보(girder), 라멘 및 연속보(continuous girder bridge) 등이 있는데, 어느 것이나 수로를 다리의 구조부재인 보(girder bridge)로 고려하는 것이 보통이다.

수로교의 계획과 설계에는 경관 및 환경과의 조화도 고려한다. 수로교는 자중, 물 하중, 풍압 및 지진 등의 하중에 대해서 안전성이 있는 것으로 해야 한다. 특히 수로교는 물 하중이 장기간에 걸쳐 작용하기 때문에 도로교나 철도교와 비교하여 경간을 짧게 하는 쪽이 안전하다.

2.에 대하여 ; 수로교와 접속부 및 수로교의 가동 지지부 부근에는 각각 온도변화, 부등침하 및 지진시의 상대변위 등 각종 변위를 흡수할 수 있고 수밀성을 지닌 신축이음을 설치한다.

3.에 대하여 ; 수로교의 보 하부 공간은 상하류 도수로의 수위, 건축한계 그 밖의 관계법규에 근거하여 관계기관과 충분히 협의하여 결정한다.

4.4 원수조정지

원수조정지를 설치할 때에는 다음 각 항에 의한다.

1. 취수시설과 정수시설과의 사이에 설치한다.
2. 용량은 갈수시나 수질사고 등을 고려하여 적절한 용량으로 한다.
3. 필요에 따라 펌프기타 부속설비를 설치한다.
4. 필요에 따라 오염방지 및 위험방지를 위한 조치를 강구한다.

【해설】

원수조정지는 도시의 성격, 지역의 특성에 따라 갈수기일 때에 취수제한 또는 수질사고시, 취수시설의 개량이나 교체시 등의 취수를 정지해야 할 때에 가능한 한 단수나 감수의 영향을 완화시키기 위해서 도수시설의 일부로서 설치한다.

구체적으로는 계절에 따라 또는 기상조건에 따라 수요수량이 수리권수량을 밑돌 때에 수요수량과의 차이를 저류하여 두었다가 그 저류수를 갈수기일 때나 수질사고시 등에만 보급하여 부족수량을 보충하는 등으로 원수를 운용하는 것이다.

원수조정지는 원수 중의 현탁물질의 자연침강 작용 등에 의하여 원수의 수질도 개선된다. 원수의 수질 및 지내의 저류상황에 따라서는 부영양화 등 수질악화도 예상되므로 주의해야 한다.

원수조정지 계획을 작성할 때에는 수도시설의 정비계획, 배수지 용량의 증강계획과의 관련에 관해서 수도시설전체의 견지에서 원수나 정수 어느 쪽의 저류와 조정기능을 정비하는 것이 충실하고 유효한 것인가를 검토한다.

원수조정지의 용지확보에는 그 위치가 도수시설의 근방에 한정되며 곳에 따라서는 도시화의 진전도 고려되기 때문에 현지의 지형, 기타 환경에 관해서 조사한다. 농업용저수지 등 유휴시설이라면 이해와 협력을 얻어 이것을 전용하는 것도 유효한 방법이다.

용지의 결정에는 원수조정지와 취수지점, 정수장과의 표고 등 수위관계에 관해서도 검토한다.

1.에 대하여 ; 원수조정지는 수리권수량의 범위 내에서 취수하여 수요수량과의 차이를 저류하기 때문에 그 위치는 취수시설과 정수시설의 사이에서 더구나 도수관(거)에 근접한 장소를 선정한다.

취수시설에서 정수장까지 자연유하식으로 도수될 경우에는 원수운용을 원수조정지를 경유하는 것으로 하여 원수를 저류한다.

취수시설과 정수시설과의 표고에 따라서는 펌프가압식 또는 자연유하식 병용에 의해서 도수해야 한다. 이러한 경우에는 수원의 사정, 수급관계, 경제성 등을 고려하여 가장 합리적인 운용으로 저류한다.

2.에 대하여 ; 원수조정지는 그 용량이 크면 갈수시나 사고시 등에 있어서 급수의 안정성이 높게 된다. 그러나 실제로는 용지확보의 제약 등도 있으므로 다음 1)~3)에 관해서 어느 정도, 급수의 안정성을 확보할 수 있는 가를 검토한 다음에 용량을 결정한다.

1) 갈수기일 때의 취수제한에 대해서는 수원하천의 수문상황, 물 이용상황, 하천의 개발계획 및 과거 갈수의 발생빈도와 규모 등에 관해서 조사하고 앞으로 예상되는 취수제한의 규모와 계속일수를 기초로 하여 원수조정지에서 1일당계획보급량과 보급계속일수를 기초로 용량을 정한

다.

2) 원수의 수질사고에 대해서는 수원하천 등의 유역에 있어서 도시화의 진전상황, 공장 등의 건립상황 및 이들의 동향에 관해서 조사하는 외에 과거의 수질사고의 기록, 유사한 다른 하천 등에서의 기록을 조사하고 예상되는 사고시의 취수정지 시간 등으로부터 용량을 정한다.

3) 복수의 수원, 복수의 정수장을 가지고 있으며 수원 간에 원수연락관이 정비되어 있고 정수장간에 송수관에 의해서 연락되어 있는 경우에는 수원전체로서의 안정성을 검토한 뒤에 용량을 정한다.

배수지가 정비되어 있어서 비상시 대응용량이 확보되어 있을 때는 그 용량에 관해서도 배려한다.

3.에 대하여 ; 평상시 및 비상시의 원수를 원활하게 운용하기 위해서 원수조정지와 취수시설, 정수시설과의 수위관계에 따라서는 수리적 조건을 만족하는 펌프, 밸브, 월류설비 그 밖의 부속설비를 설치한다. 펌프용량은 계획도수량을 기준으로 한다.

4.에 대하여 ; 외부로부터의 오염방지에 적절하게 대처하는 외에 위험방지를 위하여 침입방지울타리를 설치하는 등의 조치를 강구한다.

