

터널공사표준시방서 및 동해설

건 설 부

국 민 교 육 헌 장

우리는 민족중흥의 역사적 사명을 띠고 이 땅에 태어 났다.
조상 의 빛난 얼을 오늘에 되살려, 안으로 자주 독립의 자세
를 확립하고, 밖으로 인류 공영에 이바지 할 때다. 이에, 우리
의 나아갈 바를 밝혀 교육의 지표로 삼는다.

성실한 마음과 튼튼한 몸으로, 학문과 기술을 배우고 익히며
타고 난 저마다의 소질을 계발하고, 우리의 처지를 약진의 발판
으로 삼아, 창조의 힘과 개척의 정신을 기른다. 공익과 질서를
앞세우며 능률과 실질을 숭상하고, 경애와 신의에 뿌리 박은 상
부 상조의 전통을 이어 받아, 명량하고 따뜻한 협동 정신을 북
돋운다. 우리의 창 의와 협력을 바탕으로 나라가 발전하며, 나
라의 융성이 나의 발전의 근본임을 깨달아, 자유와 권리에 따
르는 책임과 의무를 다하며, 스스로 국가 건설에 참여하고 봉
사하는 국민정신을 드 높인다.

반공 민주 정신에 투철한 애국 애족이 우리의 삶의 길이며,
자유 세계의 이상을 실현하는 기반이다. 길이 후손에 물려줄
영광된 통일 조국의 앞날을 내다보며, 신념과 긍지를 지닌 근
면한 국민으로서, 민족의 슬기를 모아 즐기찬 노력으로, 새 역
사를 창조하자.

1968년 12월 5 일

머 리 말

토목계에서 오랫동안 기다리던 터널공사 표준시방서를 이제 제정 발행하게 되어 만시지탄은 있으나 경하해 마지 않는 바입니다.

본 터널공사 표준시방서는 현재까지 우리나라에서 건설된 터널 공사의 실제 경험과 최근 외국의 새로운 기술을 종합하여 우리나라 실정에 맞는 보다 과학적이고 합리적인 설계와 시공을 할 수 있도록 작성하였습니다.

본 시방서는 통상 산악지대에서 건설되는 터널공사의 조사, 설계에서 시공까지 공사에 관계되는 설계의 일반 방침과 기준을 상세히 수록하였으며 일선 실무자가 현장조건에 따라 적절히 응용하여 합리적이고 경제적인 설계와 능률적인 시공을 수행할 수 있도록 작성하였습니다.

앞으로 건설부에서 시행하는 모든 터널공사는 본 시방서에 의거, 설계와 시공을 하게 될 것이며, 조사 연구가 진전됨에 따라 계속 보완하여 국내 기술 향상에 도움이 되도록 하겠습니다.

끝으로 본 시방서 작성에 협력하여 주신 대한 토목학회 제위께 감사의 뜻을 표하는 바입니다.

1975년 3월

건설부장관 김 재 규

목 차

제 1 편 총 칙	1
제 1 조 적용범위.....	1
제 2 편 조 사	2
제 1 장 총 칙	2
제 2 조 조사의 의의.....	2
제 3 조 조사 요령	2
제 4 조 조사성과의 활용 및 보존.....	4
제 2 장 개략조사	4
제 5 조 지형 및 지질조사.....	4
제 6 조 기상조사.....	7
제 7 조 기타의 조사.....	8
제 8 조 개략조사 성과의 취합.....	9
제 3 장 정밀조사	10
제 9 조 정밀지질조사.....	10
제10조 지질답사.....	14
제11조 탄성과탐사.....	14
제12조 전기탐사.....	18
제13조 보오링.....	19
제14조 보오링공 내 시험	23
제15조 암석등의 시료시험.....	23
제16조 용수조사.....	24
제17조 갈수조사.....	26
제18조 조사갱 굴착.....	27

제19조	공사용설비를 위한 조사	28
제20조	사토장을 위한 조사	29
제21조	보상대상조사	24
제22조	공사를 규제하는 법규조사	30
제23조	정밀조사 결과의 취합	30
제 3 편	설 계	34
제 1 장	총 칙	34
제24조	설계의 기본	34
제25조	설계변경	34
제 2 장	터널의 선형 구배 및 내공단면	35
제26조	터널의 선형	35
제27조	터널의 구배	37
제28조	터널의 내공단면	39
제 3 장	하 중	44
제29조	총 칙	44
제30조	토 압	44
제31조	편 압	48
제 4 장	라이닝 두께선 및 수량 계산선	49
제32조	라이닝 두께선	49
제33조	수량 계산선	51
제 5 장	동바리공의 설계	52
제 1 절	총 칙	52
제34조	동바리공의 선정	53
제 2 절	강아아치 동바리공	53
제35조	강아아치 동바리공 설계의 기본	53
제36조	강아아치 동바리공의 형상치수	54

제37조	강아아치 동바리공의 재질	56
제38조	강아아치 동바리공의 단면과 설치간격	57
제39조	채기	59
제40조	강아아치 동바리공의 이음	60
제41조	저관 및 템플레이트	60
제42조	월플레이트 및 바닥보강 콘크리트	61
제43조	연 결	63
제44조	널말뚝	64
제45조	사지재(斜支材)	66
제 3 절	락크 보울트	67
제46조	총 칙	67
제47조	락크 보울트의 재질 및 형상	68
제48조	락크 보울트의 앵커 형식	69
제49조	락크 보울트의 삽입간격 및 길이	72
제50조	탈락방지	73
제51조	베어링 플레이트	73
제52조	락크 보울트의 보호	74
제 4 절	뿔어붙이기 콘크리트	74
제53조	총 칙	74
제54조	뿔어붙이기 콘크리트의 재료	75
제55조	뿔어붙이기 콘크리트의 최소 뿔어 붙이는 두께	78
제 6 장	라이닝의 설계	79
제56조	총 칙	79
제57조	라이닝에 쓰이는 재료	80
제58조	라이닝의 형상	81
제59조	라이닝의 설계두께	85
제60조	배수관	87

제 7 장	뒷채움 주입	87
제 61 조	주입의 계획	87
제 62 조	주입의 설계	88
제 8 장	기타의 설계	90
제 63 조	갱 문	90
제 64 조	배수공	95
제 65 조	부속설비	100
제 4 편	시 공	103
제 1 장	총 칙	103
제 66 조	시공계획	103
제 67 조	시공중의 조사	103
제 68 조	시공법의 변경	104
제 2 장	보 안	104
제 69 조	보안위생	104
제 70 조	조 명	104
제 71 조	환 기	105
제 72 조	배 수	108
제 73 조	공해방지, 등	108
제 3 장	측 량	109
제 74 조	총 칙	109
제 75 조	갱외기준점	110
제 76 조	갱내측량	112
제 77 조	작업갱으로 부터의 중심선 및 수준의 도입	113
제 4 장	굴 착	114
제 78 조	굴착방식	114
제 79 조	여 굴	115

제 5 장 폭 파	115
제80조 폭파계획.....	115
제81조 천 공.....	116
제82조 장 약.....	117
제83조 폭 파.....	118
제84조 뜯돌낙하.....	119
제 6 장 버력처리	119
제85조 버력처리계획.....	119
제86조 버력삶기 작업.....	120
제87조 사토장.....	121
제 7 장 갱내 운반	121
제88조 궤도 및 노면.....	121
제89조 운반기기.....	122
제90조 운 전.....	123
제 8 장 동바리공	123
제 1 절 강아아치 동바리공.....	123
제91조 강아아치 동바리공의 시공시기.....	123
제92조 강아아치 동바리공의 설치.....	123
제93조 강아아치 동바리공의 점검.....	125
제94조 동바리새 갈아끼우기.....	125
제 2 절 락크 보울트.....	126
제95조 락크 보울트의 시공시기.....	126
제96조 락크 보울트 구멍의 천공.....	126
제97조 락크 보울트의 청소.....	127
제98조 락크 보울트의 조이기.....	127
제99조 락크 보울트의 재 조이기.....	128
제 3 절 뿔어붙이기 콘크리트.....	129
제100조 사전처리.....	129

제101조	제량 및 비비기	129
제102조	뿔어붙이기 작업	130
제103조	철망, 철근 및 강아아치 동바리공 등을 쓰는 경우 의 처치	132
제104조	보호구	133
제105조	확 인	133
제 4 절	목재지주식 동바리공	134
제106조	목재지주식 동바리공	134
제 9 장	거푸집	135
제107조	총 칙	135
제108조	거푸집의 구조	136
제109조	이동식 거푸집	138
제110조	조립식 거푸집	139
제111조	측 판	140
제112조	거푸집의 떼어내기	140
제113조	거푸집의 검사	140
제10장	라이닝	141
제114조	총 칙	141
제115조	배 합	141
제116조	콘크리트의 운반	142
제117조	콘크리트의 타설	142
제118조	용수처리	143
제119조	여굴진층	143
제120조	여 권	144
제121조	인버트	145
제11장	뒷채움 주입	146
제122조	일 반	146
제123조	주입 작업	148

제 1 편 총 칙

제 1 조 지방서의 적용범위

이 지방서는 통상의 산악 터널공사에 대한 조사, 설계 및 시공에 관한 일반적 표준을 제시하는 것이다.

【해 설】

터널은 그 목적에 적합하게 그리고 안전하고도 경제적으로 건설되어야 한다. 본 지방서는 도로, 수로 등의 터널 중 통상 지칭하는 산악터널에 대해서 기술상의 기준을 제시하는 것이다.

터널공사는 주위조건이 다양한 점에서 그리고 현 단계에서는 불명한 점이 많은 점 등으로 본 지방서를 적용하여 실지의 조사 설계 및 시공을 하는 데 있어서는 본문 중에 명기되어 있는 것은 물론, 기타 사항에 대해서 공사담당자의 판단에 맡겨져야 할 것이 많다. 이들의 판단은 터널공학에 관한 학식과 경험을 가지고 공사의 책임을 져야 할 소위 책임기술자가 수행하여야만 한다. 책임기술자의 지위에 있는 자는 자기 자신의 판단 결과가 중대하다는 점을 명심하여 본 지방서의 진의를 잘 이해함과 동시에 그 적용과 판단에 있어 그르치는 일이 없도록 노력하지 않으면 안된다.

제 2 편 조 사

제 1 장 총 칙

제 2 조 조사의 의의

조사는 터널의 위치, 선정, 설계, 시공 및 완성 후의 유지관리에 중대한 영향을 미치는 것이므로 충분한 기초자료를 얻는 데 만전을 기하도록 하여야 한다.

【해 설】

터널은 그 계획에 있어 또 설계 및 시공에 있어서도 지질 기타의 환경 조건의 영향을 많이 받으므로 터널의 위치선정, 공기, 공비의 예상, 시공법의 결정, 안전성의 확보, 장래 유지 및 보수를 위한 제반조사를 실시하여 충분한 기초 자료를 얻도록 하여야 한다.

그 중에서도 지질조사는 가장 중요한 것으로서 일반적으로 지질구조는 단순하지 않은 것이 통례이며 터널은 장대구조물(長大構造物)이므로 반드시 전반(全般)에 걸쳐서 만족한 성과가 얻어 진다고 할 수는 없다.

그런데 실제 시공 실례를 보면 지질조사가 불충분한 그대로 시공되는 일이 많아 이때문에 계획, 설계변경이나 공사비의 증대, 공기의 지연 외에도 예측할 수 없는 사태를 초래하는 일이 적지 않은 실정이다. 또 최근과 같이 단면이 큰 터널이 굴착 된다는지, 터널굴진기가 발달된 시점에서 지질 조건이 터널 굴착의 난이도에 미치는 영향은 점점 증대하는 경향이다.

이와 같이 지질조사는 실시과정에 다소의 문제점이 포함되어 있기는 하지만 그 필요성은 날로 늘어갈 뿐이다. 따라서 안전하게 예정대로 공사를 진척하기 위해서는 진보된 조사기술을 발휘하여 다른 조사와 함께 기초자료를 올바르게 얻을 수 있도록 조사에 만전을 기하도록 하여야 한다.

제 3 조 조사요령

조사시에는 그 목적 및 터널의 규모 등을 충분히 고려하여 조사 사항, 조사의 순서, 조사 방법, 조사의 범위, 정도(精度) 조사기간 등을 결정 하여야 하며, 조사는 원칙적으로 개략조사, 정밀조사 및 시공중 조사의 3 단계로 나누어 실시하도록 한다.

【해 설】

조사시에는 그 목적 및 터널의 규모 등을 고려하여 그 조사가 본조의 어느 조사 단계에 상당하며 어떠한 조사사항, 내용, 정도(精度)를 요구하는 것인가 또 조사의 순서, 조사방법, 조사범위, 조사기간에 대해서도 잘 검토한 후에 조사의 세부를 결정한다. 특히 조사의 기간과 순서 내용의 선택 조사성과의 표현과 설계, 시공에의 적용방법 등에 대해서도 유의해서 검토할 필요가 있다. 또한 특히 중요하다고 인정되는 문제점에 대해서는 비용과 시간을 먼저 충분히 조사하는 일이 매우 중요하다.

터널조사는 초기 계획단계부터 시공단계에 이르기까지 계속해서 몇 번이고 실시되지만 공사의 진척에 대응해서 조사도 상당히 명료한 단계로 구분된다. 또한 각 단계에 대해서 조사의 목적, 종류 및 검토하여야 할 내용이 다르며 조사의 수단 정도(精度)도 이에 따라 변하게 된다. 이러한 조사단계는 보통 개략조사, 정밀조사, 시공중 조사의 3 단계로 구분 된다.

해설표 1 은 각단계의 시기, 목적, 내용 범위에 대한 개요인데 시공중의 조사는 「시공편」에서 취급하기로 한다.

해설 표 1 조사의 구분

구분	시 기	목 적	내 용	범 위
개 략 조 사	비교노선의 검토에서 터널 건설 가능성의 확실을 얻을때 까지	터널의 가려져 있는 자연 및 인위적인 환경의 개략을 명확하게 하고 노선비교, 개략설계 및 정밀조사입안의 기초 자료를 얻기 위함.	개략의 지형및 지질조사, 기상조사, 물건, 법규 등의조사	계획터널 노선 및 그 접속부분을 포함한 범위 또는 그 비교 노선을 포함한 광범위

구분	시 기	목 적	내 용	범 위
정 밀 조 사	터널노선의 선 정부터 공사 작 공까지	설시설계, 시공계 획, 공사비 산출 등에 필요한 기초 적 자료를 얻기 위 하여	정밀지질조사, 물 권, 법규, 공사관 계 제 설비 등을 위한 조사	선정지점 부근 및 이와 관계가 있다고 추정되 는 개소의 주변 지역
시 공 중 조 사	시 공 중	시공 중에 생기는 문제점 예측 및 확 인, 설계변경, 시 공관리, 보상 및 장래를 위한 자료 를 얻기 위한	갱내 지질 조사 터 널 주변에의 영향 조사	터널 내 및 시공 으로 영향을 받 을 우려가 있는 범위

제 4 조 조사 성과의 활용 및 보존

조사의 성과는 계획, 설계, 시공 등에 충분히 활용할 수 있도록 취
합, 후일의 이용에 대비하기 위하여 적절히 관리 보존 하 여야 한다.

【해 설】

일반적으로 조사담당자와 설계, 시공담당자, 완성후의 유지관리 담당자가 다를
경우가 많아 조사 담당자의 의도가 설계, 시공, 유지관리 담당자에게 전달되지
않아 성과가 충분히 활용되지 못하는 일이 있다. 이와같은 일을 없애기 위해서
는 조사성과의 정리 표현방법을 충분히 고려하고 여러가지 조사성과를 종합적으
로 판단하여 조사목적에 합치하도록 취합할 필요가 있다.

또한 조사성과는 계획, 설계, 시공의 단계 및 장래의 유지보수, 인접공사 등에
활용할 수 있도록 잘 정리하여 적절히 보존하여야 한다.

제 2 장 개략조사

제 5 조 지형 및 지질조사

계획노선을 포함한 지역의 지형, 지질조건의 개요를 명확히 하기 위
하여 기존자료 조사 및 현지답사를 실시하여야 한다.

또한 세밀한 조사를 필요로 하는 경우에는 세밀한 답사, 탄성과 탐사(彈性波探査), 보오링(Boring) 등 적당한 조사를 추가 실시 하되 아래 사항을 조사한다.

- 가) 갱구(坑口), 갱의 설비 및 운반도로 예정 지점의 지형.
- 나) 불안정 지형, 기왕의 재해지(災害地)
- 다) 표층퇴적물(表層堆積物)
- 라) 암질
- 마) 지질구조
- 바) 지표수, 지하수
- 사) 지하 자원과 그 개발 상황

【해 설】

지형, 지질의 개략조사는 도상 선정된 노선의 양부(良否)판정, 지형, 지질조건을 고려한 계획 노선의 변경, 개략설계, 개략공사비의 선정 등 자료를 얻기 위하여 계획노선을 포함한 광범위한 자료조사와 현지답사에 의거 실시된다.

자료조사로서는 다음에 기술된 바와 같은 기존자료를 수집 검토하고, 노선부근의 지형, 지질조건의 개략을 파악한다.

지형도

항공사진

지질도(地質圖) 국립지질광물연구소

학술논문 조사기록

재해기록

토지이용도

광구도(鉱口圖), 갱도도(坑道圖)

현지 답사는 자료 조사결과를 기초로 노선 결정상 중요한 지형, 지질조건 및 계획, 갱구 공사용 사갱(斜坑) 입갱갱구(立坑坑口), 사토장, 갱의 설비부지, 공사용도로 등의 지형, 지질 상태를 파악하기 위하여 실시 된다.

또한 개략조사 단계라 하더라도 상당한 정도(精度)로서 자료를 작성하려 할 경우에는 답사에 참가해서 트랜치 컷(Trench cut) 탄성과 탐사, 보오링 등을 실시하여 조사의 정도를 높일 필요가 있다.

조사를 필요로 하는 지형, 지질에 관련된 사항에는 다음에 열거하는 것이 있다. 또한 지형 지질조사에 쓰이는 기본도는 축척 1/25,000~1/50,000정도이다. 항

공사장을 이용하는 경우에는 1/20,000~1/25,000정도가 좋다.

가) 갯구 갯의 시설 및 운반도로 부근의 지형

나) 불안 정지형, 기왕의 재해지

① 애추(崖錐) ; 산체(山体)가 풍화작용을 받아 암반의 결합력이 약화되어 생긴 암괴, 암편의 붕괴, 안식각(安息角)을 가지고 산록(山麓)에 퇴적된 것으로 응집력(凝集力)이 작고 불안정하며 투수성이 높아 하단이 깎인다든가 침식(侵食)한다든지 하면 붕괴하는지 서서히 포행(匍行)하게 된다.

② 사태(Land sliding) ; 사면의 일부가 어떤 원인으로 원지반의 평형 상태가 깨져서 급격히 붕괴하는 현상을 산사태라 부르고 완사면(緩斜面)이 매우 완만하게 계속적으로 미끄러져 내리는 것을 사태라 부른다.

③ 선상지(扇狀地) 산중의 골짜기가 평지 또는 본류로 나오는 개소에서 상류로부터 운반되어 온 토사의 대부분이 퇴적되기 때문에 형성된 환경사의 부재 모양의 지형이다.

④ 단구(段丘) ; 파랑으로 침식된 면, 또는 해저의 퇴적면이 간헐적인 해수면의 저하, 지반의 융기(隆起)에 의거 지상으로 나타난 해안에 연(沿)한 층계상의 평탄지형이 해안단구이며, 침식면 또는 퇴적면이 융기하여 그후 부활의 결과 계단상으로 현재의 골짜기 보다 상위에 남겨진 평탄지형이 하안단구이다.

⑤ 단층(斷層) 및 파쇄대(破碎帶) ; 단층은 지반의 구조운동(構造運動)으로 끊어진 것인데 그 단층면은 압쇄(壓碎) 파단(破斷)되어 점토화(粘土化), 각력화(角礫化)한다. 또한 격심한 경우에는 상당한 폭의 파쇄대가 형성 된다.

단층이나 파쇄대는 부근보다 약하기 때문에 선택적으로 침식 당하여 지형에 그 존재가 나타난다. 다음에 열거하는 것은 단층의 존재를 나타내는 지형이다.

직선곡(直線谷 : 단층선곡(斷層線谷))

산고개의 연속

용천(湧泉), 붕괴지의 연속

하류(河流)의 급격한 굴곡

직선적인 지형의 단속(斷續)

다) 표층퇴적물 : 분포 성상, 안정성, 터널과의 관계, 식생(植生)

라) 암 질 : 암석명, 경도, 강도, 균열의 정도, 풍화 변질의 정도 등

마) 지질구조 : 지질분포, 층서(層序), 주향(走向), 습곡(摺曲), 단층, 파쇄대 등

바) 지표수, 지하수 : 수량(水量), 침식, 계절적 변동, 용수, 터널 및 부대시설에 대한 영향.

사) 지하자원과 그 개발 상황 : (온천, 광천, 석재 등을 포함) 분포, 채굴 지점, 터널공사에 의한 영향.

제 6 조 기상조사

터널의 계획, 시공 및 관리상에 문제가 되는 기상현상에 대해서는 자료 또는 현지 조사, 관측을 실시하되 조사는 다음사항에 대해서 실시하도록 한다.

- 가) 기온, 수온, 기압
- 나) 강우량, 강우시기
- 다) 강설(적설)량, 강설(적설) 시기
- 라) 풍향, 풍속, 시지
- 마) 안개의 범위, 시기
- 바) 기상재해(홍수, 눈사태, 강풍, 눈보라 등)

【해 설】

노선선정, 설계, 갱의 설비의 계획 등에 있어서 본문에 표기한 기상 관측자료가 필요한바 터널건설계획은 기상관측자료가 적은 지역에 세워지는 일이 많고또 기상지해등은 지역적인 문제이기 때문에 조사방법 자체는 일반적인 조사방법과 다를바가 없지만 현지관측을 필요로하는 경우가 적지 않다.

현지관측에 대신할 수 있는것으로는 기상관측을 행하는 관공서(관상대, 건설부, 기타의 기존자료, 눈사태, 눈보라, 홍수, 강풍 등의 기상재해에 대해서는 현지의 지형적 특징, 지형도, 항공사진으로 부터의 추정, 주민 지방 관공서의 탐문 조사가 가장 유효하지만 조사시에는 객관성을 잃지 않도록 충분히 주의 하여야 한다.

기상상의 문제는 갱구부근 갱외설비 등에 집중하는데 조사를 요하는 이유와 조사 방법에 대해서 약간의 설명을 붙여 보기로 한다.

가) 기온 수온이 특히 문제가 되는 것은 동가의 동해(凍害)이다. 시공면에서 보면 동가의 골재, 콘크리트용 물의 보온방법, 갱문, 갱구 부근의 한중콘크리트의 시공계획등이 있으며 완성 후의 문제로서는 고드름에 의한 장애, 노면의 동결에 의한 스립(Slip)등이 있다. 또한 기온, 기압은 시공중의 갱내 통기 및 환기 설비를 고려하는 데에도 필요하다.

나) 강우로서 문제가 되는 것은 특히 호우지역이다. 이와 같은 지역에서는 강

우의연 변화, 호우의 빈도를 조사하고 계획시에는 배수, 방수 강우시에 동반되는 붕괴방지에 유의, 압력수, 토석류(土石流)등의 발생유무를 조사해서 노선 및 설계계획을 세우지 않으면 안된다.

다) 강설, 적설로서 문제가 되는 것은 특히 호설지역(豪雪地域)이다. 이와 같은 지역에서는 갱구부근 등이 눈사태나 눈더미로 묻히는 일이 없는 개소를 택함과 동시에 공사 중 기재운반에 지장을 초래하지 않도록 기왕의 기록을 잘 조사해둘 필요가 있다.

눈사태의 위험도의 예측은 현 시점에서는 곤란하지만 항공사진을 이용하여 지형(경사, 사면형, 사면의 방위등)식생, 적설깊이등의 데이터를 종합해서 예측하는 방법도 연구되고 있다. 또한 눈더미는 지형, 바람, 식생, 적설량 구축물에 의하여 좌우되는 것으로서 정확하게 예측하기는 곤란하지만 탐문과 부근의 유사조건의 방설 설비의 조사로 예측이 가능하다. 또 이들의 실체는 강설기의 현지조사, 항공사진의 판독으로 파악할 수 있다.

라) 바람자체의 문제로서는 해안에 연(沿)한 지점 또는 산고개의 터널에서의 돌풍의 문제가 있으며 눈보라, 안개, 눈더미 등의 문제에도 관계되며 그런 위험이 있는 개소에는 풍향, 풍속을 년간을 통해서 측정하여야 한다.

마) 안개는 특히 도로 터널의 경우 시거 문제가 있으므로 고려하여야만 한다. 산지에서의 안개 발생요소로서는 지형(골짜기 분지(盆地) 표고) 기상(바람, 기온 습도) 수분보급원(바다, 호수, 하천)등이 있는데 일반적인 기상자료만으로는 안개의 발생유무, 발생시기의 예측은 곤란하며 현지에서의 청취 또는 실측의 필요가 있다. 그런데 실측에는 시표(視標)를 보는 방법 투과율계(透過率計)등에 의한 방법이 있다.

제7조 기타의 조사

터널의 계획시에는 다음에 기재한 여러가지 물권(物權), 제약에 대해서 조사하여야 한다.

광업권, 수리권, 온천권

토지 건물

기설 구조물

천연기념물, 유적, 중요 문화재

국립공원, 풍치지구

재해방지에 관한 제 법령에 의한 지정지 등.

【해설】

예정노선부근의 여러가지 권리— 예를들면 광업권(시굴권, 채굴권 등), 수리권, 온천권 등의 설정현황과 공사로 기인하는 이들 제권리에 침해유무, 중요 문화재, 유적, 천연기념물, 기타의 지정물, 지정지의 유무와 그 조치.

법적인 공사의 제약— 예를 들면 사방 지정지, 보안림 등의 지정유무, 시공허가를 득하기 위한 조치등에 대한 자료, 관계관공서의 문서열람, 청취 등을 조사하여 노선선정을 위한 자료를 작성한다.

또한 조사는 터널부분만이 아니라 갱외설비, 터널의 접속부분도 포함한 범위에 대해서도 실시할 필요가 있다.

기타 항공사진판독, 현지조사에 의한 건물, 기설구조물, 저수지, 사찰, 묘지 등을 조사하여야 한다.

제 8 조 개략조사 성과의 취합

개략조사 결과는 조사목적에 위한 자료로서 쓸 수 있도록 취합하여야 한다.

【해설】

개략조사는 도상 선정노선 우열비교, 최종 비교노선 또는 최량노선의 선정 및 정밀 조사계획의 입안이 가능한 자료를 얻기 위하여 실시하는 것으로서 조사 결과는 **해설표 2**에 의거 그 성과를 판단할 수 있도록 취합하여야 한다. 그런데 노선선정이 개략조사의 결과 만으로 판단할 수 없는 경우에도 정밀조사가 실시된다.

해설 표 2 제 요소와 터널공사와의 관계

구 분	선 형	공 비	공 기	안 전 성		보 상 등
				시공시	완성후	
지 형 적 요 소	●	○	○	●	○	○
지 질 적 요 소	●	●	●	●	○	○
기 상 적 요 소	* ○	* ○		○	* ○	
인 위 적 요 소						
기 성 물 건	●	○				●
법 규 규 제	○	○				

● : 특히 관계가 깊다. ○ : 관계가 깊다. * : 도로터널에 대해서

제 3 장 정밀조사

제 9 조 정밀 지질조사

1) 최종적인 터널노선의 결정 및 설계, 시공의 자료를 얻기 위하여 다음 사항에 대해서 정밀 지질조사를 실시 하여야 한다.

- 가) 표층퇴적물
- 나) 암질
- 다) 지질구조
- 라) 지하수 및 지표수
- 마) 지열, 개스, 온천, 광물자원
- 바) 원지반의 거동

2) 조사는 먼저 전반적인 조사를 실시하고 그 결과 다시 문제점이 있거나, 조사에 불비한 점이 있으면 그것에 적합한 조사를 실시하도록 한다.

【해 설】

1) 최랑노선의 선정 및 결정노선의 시공방식 동바리공, 라이닝(Lining), 착암 난이, 화약량, 배수방법, 배수설비, 기설구조물의 보호 방법들을 판단할 수 있도록 지형, 지질, 원지반 강도를 조사 하여야 한다.

조사를 요하는 항목은 아래와 같다.

가) 표층 퇴적물

① 종류(표토, 풍화토, 사구(砂丘), 하상 퇴적물, 선상지, 단구, 붕괴 퇴적물, 화산 분출물 등)

② 구성물질(점토, 모래, 자갈, 화산재, 돌부스러기 등)

③ 분포 및 두께

④ 고결정도(느슨한지, 단단한지 등)

⑤ 함수상태 및 투수성

⑥ 포행성(이동성)

나) 암 질

① 암석의 종류 및 명칭

② 생성년도

③ 암상(岩相) (입도, 광물조성 및 그 배열상태, 공극상태 등)

- ④ 암석의 탄성과 속도와 공학적인 평가, 분류
- ⑤ 공시체의 물리적 성질(인장강도, 압축강도 탄성과 속도)
- ⑥ 변질, 풍화의 정도

라) 지질구조

- ① 지질분포
- ② 지층의 성층상태(成層狀態) 및 주향경사
- ③ 습곡, 단층 파쇄대의 위치, 주향, 경사, 규모, 구성물질의 종류, 파쇄 정도 및 그 연속성.

④ 절리(節理), 층리(層理), 박리면(剝理面)등의 종류, 주향, 경사, 빈도, 접착상태 및 분포상태.

라) 지하수 및 지표수

- ① 지하수의 유무, 종류, 수압, 온도, 수질
- ② 대수층, 차수층(遮水層) 및 지하수면의 위치 및 분포
- ③ 대수층과 지질과의 관련
- ④ 터널공사의 영향이 예상되는 범위의 용수의 작공전 상황.

마) 지열, 개스, 온천, 광물자원

- ① 분포, 위치, 존재상태, 성분, 온도 함유량, 용출량 등.
- ② 터널시공과의 상호관계

바) 원지반의 거동

- ① 팽창성, 팽윤성의 유무, 정도, 분포상태.
- ② 용수에 의한 붕괴를 일으킨 가능성이 있는 지질의 유무, 정도 및 분포상태.

2) 전반적인 조사라 함은 전반적인 지질정보를 얻기 위하여 실시하는 것으로서 이 조사의 결과 다시 조사를 요하는 경우 또는 확인을 필요로 하는 경우 필요에 따라 추가 조사를 실시 한다.

해설 표 3. 조사대상과 지질조사법

지질조사법 조사대상	지질조건	일반적인조사		필요에따라행하는조사										조사생결착	용수·갈수조사																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
		지질답사	탄성파탐사	전기탐사	원거탐사	용수시삽	함수시삽	탄성파속도측정	전기점층	밀도점층	비탄성파속도측정	압입인간강도도					현미경시찰	함수구물	투수계수	소아경도	마하손물	개스분석	포아손비율	포영팽창신분분석	화학분석																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
												○	△			○										△	○	△	○	△	○	△	○	△	○	△	○	△	○	△																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
지질조사법 조사대상	일반의 경우. 정구부근 (탄성탐사가 실시될 수 없는 경우) 특히 정밀조사를 필요로 하는 경우 (정구나 피도가 얇은 부분 등) 지하수 산사태 이동성에 추 등의 문제가 생기는 경우.	○	○	△	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○

제10조 지질 답사

지질 답사는 지질조사의 기본이 되는 것이므로 지형 지질의 상세한 관찰에 의거 실시하여야 한다.

【해 설】

지질답사는 지질 조사의 기본을 이루는 것이므로 이를 기초로 다른 제반 조사의 계획 등을 수행하게 된다.

또한 답사결과는 다른 제조사 결과를 사용해서 보정 하여야 한다.

답사시에는 지질답사의 기본을 이루고 조사결과의 정도(精度)의 관정에 유효한 루트 마아크(route mark: 지형도상에 답사 사항을 기입한 조사 노선도)를 작성 하여야 한다. (조사 항목 및 조사 방법에 대해서는 제5조 지형 및 지질조사 참조) 루트 마아크에 의거하여 작성하는 지질 명면도 및 단면도의 축척은 1/5,000 ~ 1/2,500정도로 함이 좋다.

답사는 주로 노두(露頭)의 관찰에 의거 지질자료를 얻는 방법이 되겠지만 노두의 위치·량(量)은 지질조사 상의 요구와는 일치하지 않으므로 필요에 따라 인공적으로 노두를 만들어 관찰하도록 한다.

방법으로서는 발파, 입갱굴착, 횡갱굴착 등의 있으며, 방법 규모는 조사의 정도, 확인지질의 중요성과 노두의 상태, 표토 또는 붕괴퇴적물의 두께 등에 따라 결정된다.

그리고 그 결과는 스캐치(Sketch), 전개도(축척 1/100~1/500) 및 사진 등으로 기록해 둔다. 또한 답사시에 필요하다고 인정되는 경우에는 터널과 중요한 관계가 있다고 생각되는 지표수의 유량, 가능하다면 갈수 유량을 측정 한다.

제11조 탄성과 탐사

1) 탄성과 탐사는 원칙적으로 굴절파법(屈折波法)에 의거 종파(縱波)의 도달시간을 측정해서 실시 하도록 한다.

2) 탐사측선(探查測線)의 위치, 길이, 수, 분할측선 길이, 측정 간격 및 기진점(起振点)의 위치는 터널의 길이 및 피토, 지형, 지질, 환경을 충분히 고려해서 선정 하여야 한다.

3) 기진력은 폭파에 의함을 원칙으로 하고 측정은 왕복측정으로 실시 하도록 한다.

4) 해석은 암석시료 시험이나 다른 지질조사 결과를 충분히 이용 하여 행하여야 한다.

【해설】

1) 탄성과 탐사에는 굴절파법과 반사파법의 2종류가 있는데 터널의 조사에는 일반적으로 굴절파법에 의한 종파측정이 행해진다.

탄성과탐사는 지층의 동탄성적성질(動彈性的性質)의 차이에 따라 지진파(地震波)의 차이에 따라 전달속도가 달라짐을 이용하여 지하의 제암층을 속도에 따라 판별하는 것이다.

동시에 지층의 탄성과 전달속도가 대개의 경우 지층의 물리적 강도에 비례하므로 탄성과속도로 부터 기층의 고결정도, 균열정도 풍화정도 변질정도 등을 추정하여 지층의 토목지질상의 강도를 수치적으로 나타낼 수가 있다.

해설 표 4 각 지층의 탄성과 속도(종파)

지층	탄성과속도 (km/sec)					
	1	2	3	4	5	6
A.B	■	■	■	■	■	■
C	■	■	■	■	■	■
D	■	■	■	■	■	■
E	■	■	■	■	■	■
F	■	■	■	■	■	■
G	■	■	■	■	■	■

주

■	파쇄대, 연질, 고결도 나쁨, 풍화 등의 경우
■	균열이 많음, 군데군데 파쇄대, 약간 연질 고결도 나쁨, 약간 풍화의 경우 등.
■	신선하고 균열이 적음.

2)

가) 측선의 위치 방향: 탄성파탐사의 측선은 주측선(主測線)과 부측선(副測線)으로 나뉘며 주측선은 터널 중심선상 또는 이에 평행하게 설치하고 부측선은 갱구부근 지질적문제가 예상되는 지역(파쇄대, 단층 표층퇴적물이 두꺼운 지역, 지층의 경계를 명확하게 하고자 하는 지역, 단층이나 암맥의 방향 및 연속성을 알고자 하는 지역, 등, 주측선의 해석상 중요한 보조가 된다고 생각되는 지역등으로주측선에 평행 혹은 교차되게 선정한다.

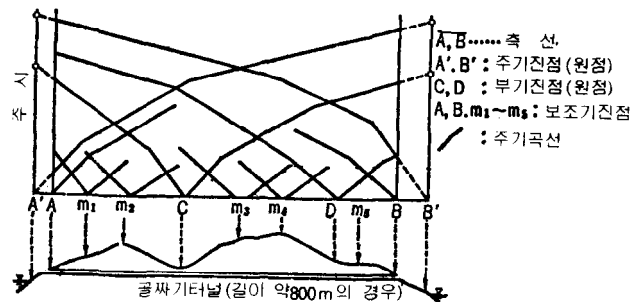
나) 측선길이: 주측선길이는 터널의 피토, 길이, 지형 암반의 깊이 등에 따라 다르지만 보통 1 측선길이는 예상측정심도의 7 배이상 필요하며 최대 1,500m 정도로 한다. 터널의 연장이 이보다 긴 경우는 적당히 분할하여 측정한다. 그러나

매우 깊은 개소(대략 200m 이상)의 조사를 요하는 경우등에는 1측선길이가 1,500m보다 길게할 필요가 있을 때도 있다.

이 경우에는 기진력은 보오링공(Boring 孔: 심도 10~30m)을 이용한 폭파를 채택한다. 그리고 환경조건이 나빠서(인가가 가까운 경우 등) 적당한 기진점이 없는 경우에는 측선길이를 적당히 조작(操作) 한다.

다) 측점 간격: 측점간격은 10m 간격을 원칙으로 하는데, 갱구부근, 지질적 문제가 있는 부근, 피토가 얇은 지역 등은 5m 간격으로 한다.

라) 기진점: 기진점의 위치는 1측선 길이, 지형, 피토, 표층퇴적물의 두께 등에 따라 다르지만 일반적으로 1측선길이의 양단에 주기진점(主起振点), 200~500m 간격으로 부기진점(副起振点), 100~150m 간격으로 보조기진점을 설치하는데 주기진점 및 부기진점은 수중폭파가 가능한 위치를 선정하는 것이 바람직하다. 그리고 측선양단에 적당한 주기진점을 설치할 수 없는 경우에는 원격기진점(遠隔起振点)을 두어서 관측한다. (해설 그림 1 참조)



해설 그림 1 기진점 위치 및 주시곡선(走時曲線) (원격기진법에 의함)

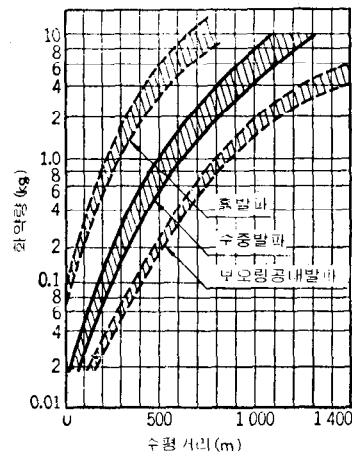
3) 기진력은 일반적으로 폭파에 의하지만 보안상판(또는 철판) 두드리기, 추낙하(鎗落下) 기진기(起振機)등을 이용하는 일이 있다. 폭파는 보안(保安) 효과면에서 될 수 있으면 수중 폭파를 이용하는 것이 바람직하며 적당한 수중 폭파가 불가능한 경우에는 표토를 뚫고 들어가서 폭파하는 것이 좋고 보오링공(10~30m)을 이용한 폭파법 등이 행해지는 일도 있다.

일반적으로 지표나 지층의 경계면은 기복(起伏)이 있으므로 주시곡선(走時曲線)은 복잡한 형상을 나타내며 그 해석이 용이하지 않다. 이와 같은 경우에는 「속도주시곡선」을 구하고 이에 의거 기반의 진속도(真速度)를 산정 하여야 한다. 그 해석을 위해서는 왕복측정을 실시할 필요가 있다.

해설 표 5 지질분류

암질	암 석 명
A	① 고생층 { 점판암, 사암, 역암, 차드 } ② 심성암 { 화강암, 화강섬록암 중생층 { 석회암, 휘록응회석, 등 } ③ 반심성암 { 석영반암, 화강반암 } ④ 화산암(현무암) ⑤ 변성암(결정편암, 천매암, 편마암 등) ⑥ 휘록암, 사문암 등
B	① 박리가 현저한 변성암 ② 세층리가 발달된 고생층, 중생층
C	① 혈암, 사암, 휘록응회석, 등 ② 화산암(유문암, 안산암 등) ③ 화산암질응회암, 규화혈암, 사암, 응회암 등
D	이암, 혈암, 사암, 역암, 응회암 각역응회암, 응회용암, 등
E	이암, 실트암, 사암, 사력암, 응회암 단구, 애충, 화산쇄충물 등
F	점토, 실트, 사, 사력, 화산분출물 신성퇴적물, 애추, 단구 등
G	표토, 붕괴토

주 : 암질 F의 탄성과속도는 일반적으로 포화함수하고 있지 않은 경우로서 포화함수 하면 속도는 빨라진다.
예를 들면 함수사역층의 속도는 2.5km/sec를 나타내는 일이 있다.



해설 그림 2 탄성과 축선연장과 화약량의 관계 (자료 : 일본철도기술연구소)

4) 이 해석법은 그 적용성을 잘 검토하고 나서 실시하지 않으면 예기하지 못한 실수를 범하는 일이 있으므로 주의를 요한다.

탄성과탐사에는 다음과 같은 사항에 기인하는 해석상에 곤란이 있으므로 암석 자료, 지질답사, 보어링 등의 다른 지질조사 결과를 참조하여 해석하지 않으면 안 된다. 또한 불명확한 점이 있으면 그점을 보고서에 명기 하여야 할 것이다.

가) 해석이 곤란한 사항

나) 상이한 지층으로서 속도가 거의 같은 경우의 지층구분

다) 주시곡선에 나타나 있지 않은 속도층(速度層)이 있는 경우

라) 측선 가까이에 이와 거의 평행으로 빠른 속도층이 있는 경우의 측선하의 진속도(眞速度)

마) 파쇄대나 연약층 등(等)이 완전한 경사를 이루는 경우의 경사각

바) 단층(斷層)이나 암맥 등의 경사각

사) 저속도층(低速度層)의 존재(끼워 있는 층)

아) 로화, 함수되어 있는 경우의 지층판별

자) 초동(初動)의 읽기, 기진시각(起振時刻), 중간층이나 기반층의 속도값, 지형의 복잡성 등에 의한 심도계산상(深度計算上)의 오차(최대 10~20%)

차) 지형, 기반면의 급경사로 인하여 생기는 속도, 값의 보정

카) 이방성(異方性)을 갖은 지층의 속도값의 산정 및 속도와 암석강도와와의 관계.

제12조 전기탐사

1) 전기 탐사는 원칙적으로 비저항법(比抵抗法)에 의한다.

2) 탐사측선, 측정점의 위치 및 전극간격(電極間隔)은 조사목적, 조사 예정 심도, 피토, 지형 및 지질을 충분히 고려해서 선정하여야 한다.

3) 탐사결과 해석은 다른 지질 조사 결과를 충분히 이용하여 행하여야 한다.

【해 설】

1) 전기탐사는 지층에 따라서 전기저항, 자연전위(自然電位)가 상이한 점을 이용하여 지하구조를 해석하는 조사방법으로서 자연전위법, 비저항법 등이 있는데 터널의 지질조사에는 주로 비저항법이 쓰인다. 비저항법에는 수직탐사법과 수평탐사법이 있는데 전자는 지하의 수직방향의 지층차이에 의한 비저항변화를 측정하여 지하의 지층상태를 판단하는 방법이며 후자는 측선상, 전극간격을 일정하게 해서 지표 밑 일정심도의 겉보기 비저항을 측정해서 수평방향의 지층변화를측

정하는 방법이다.

터널조사로서는 일반적으로 수직탐사법을 실시하고 보조적인 방법으로서 수평탐사법이 쓰여 진다.

비저항법은 주로 지표면에 거의 평행으로 성층(成層)하는 표층퇴적층의 두께 성층상태 지하수의 상태 및 산사태 등 조사에 유효하다.

2)

가) 측선위치: 측선의 위치는 터널중심선 지질구조 등에 따라 정해지는데 전기탐사에서는 특히 지형의 기복에 의한 불규칙한 $\rho-a$ 곡선의 해석은 곤란하므로 일반적으로 평탄한 지표에 배치 하도록 한다.

나) 측정간격: 측점은 측선상에 배치하고 측정간격은 탐사심도, 측선길이를 고려해서 결정하여야 하는데 일반적으로 5~50m로 한다.

다) 전극간격: 수직 탐사의 경우 전극간격은 0.5, 1.0, 1.5, 2.0, 3, 4, 6, 8, 10, 13, 16, 20, 25, 35, 40, 50m……와 같이 그 간격을 달리하여 측정한다. 전극간격, 간격수, 측정범위는 지질, 조사, 심도, 조사목적 등에 따라 정해진다.

수평탐사의 경우 측정간격은 조사 예정심도, 지질에 따라 다르지만 대체로 같은 측선상에서 3종류 정도 달리하여 측정한다.

3) 전기탐사에 있어서는 보통의 경우 다음과 같은 사항으로 인한 해석상의 곤란 또는 불확실한 요소를 갖고 있으므로 항상 지질답사, 탄성파탐사, 보오링 등의 다른 지질조사 결과를 참조하여 해석하여야 한다. 그렇게 해도 또 불명한 점이 있으면 그 점에 대하여 보고서에 명기하여야 할 것이다.

해석이 곤란한 사항

가) 상이한 지층으로 저항치가 거의 같은 경우의 지층구분

나) 한지층의 저항치의 범위가 넓고 다른지층의 저항치와 겹치는 경우

다) 표준곡선에 꼭 들어 맞지 않는 복잡한 지질구조의 경우(단, 특수한 해석을 하면 지질조건을 판별할 수 있는 경우가 있다.

라) 지질의 표준적인 비저항치로부터 벗어나는 경우, 그것이 파쇄, 풍화, 균열의 다소 등 어느점에 기인하는 것인가의 여부를 판단하는 경우

제13조 보오링

1) 보오링의 위치, 수, 굴착심도, 방향, 각도, 공경(孔径)은 조사목적, 지질, 피토, 지형, 기계운반, 동력, 지표수 등을 충분히 고려하여 선정하여야 한다.

보오링 기계는 목적, 압질, 심도에 따라 적당한 것을 택해야 한다.

2) 코아(Core)의 채취율(採取率)은 될수있는대로 높아지도록 노력하여야 한다. 보오링은 공(孔)이 굴곡하지 않도록 굴진하고 사방향 보오링이나 수평보오링 또는 굴착심도 200m 정도를 초과하는 수직 보오링에 있어서는 원칙적으로 축정의 굴곡 정도를 측정 하도록 한다.

3) 보오링의 결과는 정리하여 작업일지, 주상도 등에 기록하도록 한다. 또한 코아 및 공구(孔口)는 원칙적으로 모두 보존해 두도록 한다.

【해 설】

1) 보오링은 코아의 관찰 및 시험, 굴진상황 해석, 보오링 공내시험(孔内試驗) 시료시험 등을 실시하여 지하의 지질상태를 판단하는 것이다.

또한 탄성과 탐사, 전기탐사, 지질탐사의 해석보조, 탄성과탐사의 폭과공, 터널시공중의 수위관측 및 원지반의 변위 측정 등에 이용되는 일도 있다.

보오링 성과는 보오링공의 위치, 수, 심도, 사용하는 기계의 종류, 작업원의 능력 에 따라 매우 달라지므로 이들의 선정에 주의하고 조사성과를 충분히 공사에 반영할 수 있도록 하여야 한다.

가) 보오링공의 위치, 수, 심도, 각도, 등: 일반적으로 보오링은 **제9조 정밀지질조사**의 결과 필요성이 생기는 경우에 실시한다. 원칙적으로 터널시공기면까지 굴삭하지만 피토가 두꺼운 경우등 지질상태가 명확한때에는 반드시 시공기면까지 굴착하지 않아도 된다.

보오링은 통상 수직 방향으로 하지만 지형 지질 피토등의 상태에 따라서는 수평 또는 사방향으로 굴착하는 것이 유효한 경우도 있다.

나) 기종의 선정: 기종은 주로 굴착심도, 공경(孔徑), 암의 경도(硬度)에 따라 선정된다. 굴착심도 200~300m 이상인 경우에는 굴착능률이 좋고 코아 채취율이 좋은 와이어 라인공법을 채택하는 것이 유효한 경우가 있다.

다) 크라운의 종류: 크라운의 종류는 주로 암질에 따라 정해지지만 어느것을 사용할 것인가를 판단하는 데에는 오랜 경험을 요한다.

최적크라운을 택하기 위해서는 암석의 압축 강도외에 균열의 다소 마모성등의 조건을 감안 하여야 하는데 대략의 선정기준으로서 압축강도에 의한 표준적인 크라운의 종류를 열거하면 **해설 표 6** 과 같다.

2) 코아채취는 보오링에서 가장 중요한 사항으로서 채취율은 기계 기구의 양부, 작업원의 숙련도에 크게 좌우되므로 보오링의 계획 시공시에는 특히 주의 하여야 할것이다. 특히 파쇄대나 함수된 모래자갈층 등 지질의 코아채취는 매우 곤란하지만 중요하다.

해설 표 6 암석과 크라운의 종류(표준)

암 석 의 종 별	크 라 운 의 종 류	압 축 강 도(kg/cm ²)
연 암	메 탈(Metal)	500 이하
중경암(中硬岩)	메탈 또는 다이아몬드	500~1000
경 암	다이아몬드	1000이상

이와 같은 경우에는 무수굴삭(無水掘削) 2중 코아튜브-브(double coretube)의 사용, 한 굴삭길이의 단축으로 코아채취율의 향상이 기대되지만 이와같은 노력을 하더라도 코아채취율이 좋지 않은 경우에 그원인을 알아 재검토 하여야 한다. 일반적인 코아채취율은 대략 해설 표 7 과 같다고 생각된다.

해설 표 7 코아 채취율과 지질

지 질	채 취 율(%)
벌어진 틈이 적을 때	90 이상
벌어진 틈이 많고 곳곳이 파쇄대(경암, 중경암)	70 이상
파쇄대(경암, 중경암) 함수된 모래 자갈 등	50 이상

주 : ① 슬라임(Slime)은 포함치 않음
② 연암의 파쇄대는 80% 이상

보오링공은 될수 있는 대로 공이 굴곡되지 않도록 굴삭 하여야 한다. 특히 방향성이 중요한 수평보오링이나 사방향 보오링등에는 원칙적으로 붕의 굴곡 측정을 행한다.

공이 많이 굴곡하는 경우는 공의 굴곡도를 측정하여 보정하든가 경우에 따라서는 수정 굴착하여야 한다.

3) 보오링결과를 조사목적에 합치 하도록 적절하게 정리하여 보오링 실적노를 작성해 두어야 한다.

보오링실적도의 양식은 여러가지 제안이 있으나 아직 통일된 것은 없고 그 1 예를 들면 해설그림 3 과 같다.

또 코아는 굴진깊이 5 m 분을 하나의 나무상자 안에 넣어 보존하도록 하고 이를 정면에서 직각으로 천연색 사진을 촬영, 보고서와 함께 직접관찰 또는 사진관찰이 가능하도록 해둔다.

보오링공의 위치나 표고는 측량을 실시해서 보고서의 도상에 기록되지만 초기

단계에서는 부정확한 것이 많으므로 공구(孔口)에 표시항(表示杭) 등을 세워서 위치의 확인 보존을 기하도록 한다.

[illegible]

제14조 보오링 공내시험(孔內試驗)

필요한 경우에는 보오링공내(孔內)에서 공벽(孔壁) 또는 공벽 부근 암석의 제 물리량(諸物理量)을 측정 하도록 한다.

【해 설】

코아의 채취율이 나쁜 경우등 보오링만으로는 터널을 굴삭하는 경우의 암석의 상황, 원지반의 상태, 용수(湧水) 상태의 판단에 곤란을 느끼는 일이 있다.

이 경우에 공내시험에 의거 그 미비한 점을 보충할 수 가 있다. 또한 검층(檢層)이나 시험을 실시하는 경우 몇 가지 종류의 방법을 조합함으로써 보다 좋은 결과를 얻는 일이 많다.

시험이나 측정은 통상 보오링완료후에 하게되지만 보오링 실시중에도 할 때도 있다. 보오링공을 항상 시험이나 측정에 지장이 없도록 잘 정비해 두어야 한다.

시험 및 측정의 항목으로서는 다음과 같은 것이 있다.

나) 단성과 전파속도

나) 투수성 및 용수압(湧水圧)

다) 비저항 및 자연전위

라) 기타 밀도 온도 함수율 등

조사결과는 다른 조사결과의 관련성을 잘 검토해 두도록 한다.

제15조 암석 등의 시료시험

지질답사, 보오링, 조사갱(調査坑) 등에서 채취한 암석이나 개스 등에 대해서는 필요에 따라 시험, 관찰을 행하도록 한다.

【해 설】

시료의 물리적, 화학적 제시험은 지질상태, 원지반상태, 용수상태 등 판단에 필요한 것으로서 제 9 조 정밀지질조사 해설표 3에서 기술한 방침에 따라 조사 목적에 적합한 시험을 실시 하여야 한다.

시험은 1 개소당 적어도 2~3 개이상의 시료를 채취하여 행하는 것이 좋다.

그리고 암석의 경우는 특히 풍화, 균열상태, 방향성, 함수상태 등을 고려해서 채취하고 시험은 KS 또는 기타 시험 기준에 의거 행한다.

시험항목에는 다음과 같은 것이 있다.

가) 비중

나) 함수율, 공극율

- 다) 투수계수
- 라) 압축강도
- 마) 인장강도
- 바) 전단강도
- 사) 쇼아경도
- 아) 닦음감량
- 자) 탄성과속도
- 차) 포아손비(영율)
- 카) 팽윤성
- 타) 광물조성
- 파) 화학조성
- 하) 현미경관찰

제16조 용수 조사

배수 설비의 설계 및 용수시의 처리와 시공 방법 등의 자료를 얻기 위하여 용수의 유무, 대수상태(帶水狀態), 출수상황(出水狀況) 등에 대해서 조사 하여야 한다.

【해 설】

터널용수에는 지층(地層)으로 부터 평균적으로 용출(湧出)하는 침투수와 같은 것도 있지만 문제가 되는것은 집중용수로서 수량(水量)이 많기 때문에 일시적으로나마 굴착의 중지가 필연적인 경우 및 항상 수량이 많고 특히 배수구(排水溝) 등 배수설비(사갱(斜坑) 입갱(立坑) 이 있는 경우 등 그 저수조(貯水槽) : 양수 펌프)등의 설계, 시공의 고려를 필요로 하는 경우등이 있으며 용수 또는 침투수로 인하여 지질이 약화시켜 그 결과 동바리공의 기초를 약화시켜 지지력의 저하, 침하 등에 의한 편압(偏壓)의 작용과 붕괴의 위험, 유사현상에 의한 발파장소와 원지반 유실, 갱내운반로의 약화등 현상이 생기는 일이 있게 된다. 이와 같이 용수는 터널의 시공조건을 악화시킬뿐만 아니라 어떤 경우에는 공사의 성패를 좌우 시키고 만다.

용수지점과 수량(水量)의 예측은 지극히 곤란하지만 예상할 수 있는 경우도 있으므로 터널공사에 있어서의 용수문제의 중요성을 고려해서 가능한한 예측 할수 있게 노력할 것을 기대하는것이라 하겠다.

가) 용수의 유무와 양에 대하여 : 지질탐사, 탄성과탐사, 전기탐사, 보어링 및

보어링공내 시험등에 의거 지질조건으로부터 대수층의 유무, 상태등에 대한 데이터가 얻어진다. 그리고 또 필요가 있으면 수문학적 방법에 의한 조사를 실시하면 된다.

나) 대수상태에 대하여: 지하수는 저류상태 또는 투수간극의 상태에 따라

- ① 지층수(地層水)
- ② 파쇄대수(破碎帶水)
- ③ 균열수 및 동굴수(洞窟水)

등 세가지로 분류되는데 그 토목지질적성질은 다음과 같다.

㉞ 지층수: 일반적으로 모래층, 모래자갈층, 자갈층 사암(砂岩) 역암(礫岩) 등 주로 미고결(未固結) 혹은 고결도가 낮은 지층의 입상간극(粒狀間隙) 을 채우고 있는 지하수는 지층수 이다.

불투수층으로 둘러싸인 대수층은 높은 압력을 가진 것이 있는데 특히 이를 피압수(被壓水)라 한다. 이들 대수층은 고결 도가 낮기 때문에 굴착시에 붕괴를 일으키기 쉽다.

㉟ 파쇄대수: 단층(斷層)등의 파쇄대가 있는것은 대수하고 있으며 게다가 단층점토(斷層粘土)등으로 차수(遮水)되어 피압(被壓)상태로 되어 있다. 따라서 굴착도중 대수하고 있는 파쇄대를 만나면 원지반유출을 수반하여 고압용수가 돌연 용출 예상외에 사고를 일으키는 일도 있다.

㊱ 균열수 및 동굴수: 절리(節理) 균열 등에 포함된 물을 균열수, 석회암 용암(石灰岩, 熔岩)등의 공동(空洞)에 포함된 물을 동굴수라 한다.

이는 높은 수압과 다량의 물을 함유하고 있는 경우가 있지만 일반적으로 붕괴 현상은 수반하지 않는다.

이종류의 지하수는 터널굴착시 돌연 용출 그예상은 일반적으로 곤란하다.

㊲ 물이 나오는 상태에 대하여: 집중용수나 침투수는 초기에는 일반적으로 대량이지만 점차 감소해서 터널완성 후에도 계절적인 변동을 받는일이 적은상태에 이른다. 이상태에 물이 항시용수(恒時湧水)로서 배수구의 설계에 쓰인다.

공사중의 용수량은 항시용수상태 보다도 더 많이 추정해 둘 필요가 있다.

① 집중용수에 대하여: 집중용수의 용수지점, 초기의 용수량, 수압, 원지반의 붕괴성 등에 관계가 있는 요소는 다음과 같다고 생각 된다.

지형적으로 뚜렷한 골짜기 부분은 단층 또는 균열계(亀裂系), 연약지반등에 관계가 있으므로 그 부근에 집중용수가 나타나는 확률은 높게 된다.

이에 대해서는 골짜기의 직선성, 규모, 하천상태의 특징등을 고려할 필요가 있다. 단층점토 불투수층으로 차수된 파쇄대나 투수층은 일반적으로 대수층이 되며 그곳에 터널이 굴착되면 집중용수가 출현하게 된다. 집중용수는 앞의 대수

층 규모, 수리적 성질, 지질구조, 개공단면(開孔), 최초의 개공상태, 투수성, 지하수위(수압) 등에 의거 나타나는 정도가 다르게 된다.

집중용수에 관한 조사시의 요점은 다음과 같은 사항들이다.

개 터널중심선상의 골짜기 및 능선(稜線)의 상황

내 단층 및 투수성지층의 성상 및 분포

다 지하수의 상황

② 항시용수에 대하여: 터널이 통과하는 산간부의 계류(溪流)는 강우가 없을 때의 유량 또는 갈수시의 유량은 그 대부분이 지하수로 함양(涵養)되고 있다고 생각되므로 이것이 터널의 항시용수의 추측에 도움이 된다고 생각하고 있다.

지질조건 유역의 상태등으로 유량은 유역에 따라 상이하므로 어느 범위내에서는 유량의 상황으로 부터 어느 정도 지질조건을 추측 할 수 있는 경우가 있다.

항시 용수에 관한 조사에 있어서의 요점은 다음과 같은 사항들이다.

개 될수 있는대로 작게 구분된 유역에서의 갈수량과 그 비유량(比流量)

내 단층(斷層) 뚜렷한 계곡 능선의 분포

다 지하수의 상황

라) 기왕공사의 용수에 관한 자료: 지형 지질이 유사한 지역 또는 근접지역에 기왕의 공사가 있는 경우에는 지질 집중용수의 지점, 수량, 항시용수량, 계절적 변화, 원지반의 붕괴성, 용수상황과 지형적 특징과의 관련성 등의 사항에 관하여 조사해둘 필요가 있다.

기왕공사의 용수에 관한 자료는 매우 좋은 참고자료가 된다.

제17조 갈수 조사

터널공사로 영향이 있다고 예상되는 범위의 지하수 및 용수에 대해서는 착공전의 상황을 명확히 해 두어야 한다.

【해 설】

터널공사에 수반되는 갈수현상은 터널내의 용수의 결과로 나타나는 것이므로 조사의 순서는 용수조사의 경우와 다른바는 없다. 그러나 갈수문제는 사회적으로 영향을 미치는 범위가 지극히 큰 경우가 있으므로 착공전의 조사에 있어서는 장래계획등도 고려하여 물의 이용상황을 조사해둘 필요가 있다.

보상은 착공전의 상태로 복원하는 것이 전제가 되므로 착공전에 충분한 조사를 실시하는 것이 무엇보다도 중요하다.

가) 조사항목: 갈수조사의 대상이 되는 주요한 항목은 물의 이용상황, 하천계곡의 단위유역과 유량 용천(湧泉), 지하수의 상태, 식생, 기상, 터널용수와의

관련조사, 기왕공사와의 '갈수'에 관한 자료등이다.

이들의 대한 측정항목은 유량, 수위(수압), 수온, 전기적특성(특히 비저항), P H, 화학성분(수질)과 같은 것들이다.

나) 조사범위 : 갈수조사의 대상이 되는 범위는 터널용수의 경우와 마찬가지로 생각되지만 주로 하천수에 의존하고 있는 물 이용에 관해서는 유량의 감소, 수위저하등의 영향이 하류까지 미치는 일이 많으므로 조사범위의 결정시에는 이 점을 고려할 필요가 있다. 또 갈수조사에 있어서는 영향이 미치는 범위와 미치지 않는 범위와의 경계를 명확히 하기 위해서도 조사범위를 미리 예상된 범위보다도 크게 정하는 것이 바람직하다.

다) 기왕공사의 갈수에 관한 자료 : 용수조사의 항에 준한다. 다만 갈수조사에 있어서는 특히 신규공사의 영향이 서로 중복되는 경우도 예상되므로 보상의 중복을 피하기 위해서도 기왕공사에 의해서 영향을 받은 범위와 상황을 미리 조사해 두어야 한다.

제18조 조사갱 굴착(調査坑掘鑿)

원지반상태의 추정, 중요지질조건의 판정, 현장시험 등을 위하여 필요한 경우에는 조사갱을 굴착하여 목적에 따라 조사를 행하여야 한다.

【해 설】

원지반상태의 추정, 중요지질 조건의 판정에 관한 상세한 자료를 얻을 필요가 있을 때, 현장시험 등을 위하여 조사갱을 굴착하여 관찰, 시험 등의 조사를 행하는 일이 있다.

조사갱의 위치, 길이, 단면, 굴착방법, 조사항목 등은 목적, 정도(精度)에 따라 결정하여야 한다.

조사항목으로서는 다음과 같은 것이 있는바 목적에 따라서 필요한 항목을 선정하여 관찰이나 시험을 행한다.

- 가) 조사갱내 정밀지질
- 나) 조사갱내 탄성파속도
- 다) 용수량 용수압 및 투수계수
- 라) 지내력
- 마) 전단강도
- 바) 지압(地圧)
- 사) 동바리공 변위량
- 아) 지표의 움직임

- 자) 복과진동
- 차) 암석시료채취

제19조 공사용 설비를 위한 조사

공사용 설비계획에 필요한 자료를 얻기 위하여 입지(立地)환경 기타 필요한 사항을 조사하여야 한다.

- 가) 지형, 지질
- 나) 기상
- 나) 용지
- 라) 동력의 입수
- 마) 용배수
- 바) 자재 및 버력운반
- 사) 노무자재
- 아) 법규, 기타에 의한 규제

【해 설】

공사용 설비로는

- 가) 갱구설비(본갱, 횡갱, 사갱 및 입갱의 갱구 설비)
- 나) 운반설비(공사용도로, 삭도(索道) 등의 기지제 사로운반을 위한 설비)
- 다) 동력설비(수배전 설비)
- 라) 골재 및 콘크리트 플랜트 설비.
- 마) 가건물설비(사무소, 숙소, 수리공장, 창고, 목공실, 동력실, 화약고 등)
- 바) 용배수 설비 등을 말한다. 이들 계획에 필요한 자료를 얻기 위하여 아래 제 조건에 대해서 충분히 조사 검토하여야 한다.

① 지형, 지질 및 기상: 설비의 기능발휘를 저해시킨다든지 위험을 끼치게 하는 지형, 지질 및 기상(제5조 지형 및 지질조사 및 제6조 기상조사 참조)

② 용지: 소요면적 및 지형조건을 고려한 제 설비의 능률적인 배치의 적부, 부대공사의 여부.

③ 동력입수: 이용 가능하다고 생각되는 기설 송배전선의 용량, 전압, 수배전의 난이, 수전까지의 소요시간, 개산비용, 기설 송배전선에 의한 전력이 이용 곤란한 경우에는 발전설비 등의 동력원.

④ 용배수: 용배수에 대해서는 콤프렛사(Compressor) 용수, 콘크리트 혼합용수, 음료수, 기타의 삼용수의 이용조건, 배수에 대해서는 터널 시공에 수반한

용수의 갱외처리 골재 플랜트 및 콘크리트 플랜트를 설치하는 경우의 세척 용수의 방류영향, 가전물, 기타의 오수처리방법 등.

⑤ 자재 및 버럭의 운반: 기계 및 자재의 반출입, 버럭의 운반 등에 필요한 공사용 도로, 궤도, 삭도, 벨트 컨베이어 등의 설비, 거리, 그 고저차, 능력 외에 이들에 관한 기설도로, 철도, 궤도, 삭도 등의 능력, 자재의 이용상태 등의 현황, 그리고 수송할 기계의 중량치수에 대해서 제한이 되는 터널, 교량, 암거 등의 현황, 보강개수 등의 여부, 도회지에서 교통규제의 현황과 대책.

⑥ 노무자재: 갱외설비에 관계되는 콘크리트용 골재, 굳지않은 콘크리트, 기타 자재의 공급경로, 공급사정의 현황, 노무공급에 지장이 있는 벽지에서의 노무사정의 현황과 그 대책.

⑦ 법규 기타에 의한 규제: 부근의 공공사업의 유무나 도회지에서는 소음, 진동, 배수 등의 공해등 문제의 예방에 대해서도 사전 조사해 두어야 한다.

(제22조 공사를 규제하는 법규의 조사 참조)

제20조 사토장을 위한 조사

사토장을 필요로 하는 경우에는 지형, 용지 취득의 난이 등에 대해서 조사하여야 한다.

【해 설】

사토장을 필요로 하는 때는 지형, 용지취득의 난이, 사토능력(捨土能力), 운반의 조건, 기설구조물, 시설에의 영향, 그리고 그 대책, 법규에 의한 규제 등에 대해서 조사해 두어야 한다.

제21조 보상 대상 조사

터널공사로 영향이 있다고 예상되는 범위의 보상대상 사항에 대해서 착공전의 상황을 명확히 해 두어야 한다.

【해 설】

터널공사가 터널자체 및 공사용설비, 사토장을 포함해서 시공중 혹은 완성 후에 발생하는 침하, 변위(変位), 갈수장해, 환경의 변화에 대한 고충 등에 대한 명확한 자료를 얻기 위하여 착공 전의 상황을 조사하고 문제점, 처리방법, 해결 방법 등에 대해서도 조사해 두어야 한다.

제22조 공사를 규제하는 법규의 조사

터널공사의 실시에 있어서 법규에 의거 공사가 규제를 받는 경우가 있으므로 사전에 조사하여야 하며 규제를 받는 경우는 그 내용, 수속, 대책 등에 대해서 조사해 두어야 한다.

【해 설】

공사의 실시가 법규에 의한 규제를 받는 일이 있을 때에는 경우에 따라서는 계획의 변경을 부득이 해야 하는 일이 있으므로 충분히 조사하여야 한다.

규제를 받는 일이 있는 경우는 그 관계 관청이나 관리사에 제 수속을 행하고 허가 또는 승인을 득하지 않으면 공사의 시공이 불가능한 경우도 있기 때문에 공사에 미치는 영향의 범위 정도, 이에 대한 규제의 정도, 대책, 수속 등에 대하여 사전에 충분히 조사 검토해 두어야 한다.

제23조 정밀조사 결과의 취합

정밀조사결과는 다음 작업의 자료로 쓸 수 있도록 취합 정리하여야 한다.

【해 설】

정밀조사결과는 개략조사결과도 고려해서 종합적으로 검토하여 터널노선의 결정, 설계, 시공 등 자료로 쓸 수 있도록 아래의 각 항별로 취합 정리하는 것이 좋다.

또한 조사결과를 취합하는 경우에는 지질조사의 결과와 기타의 조사 결과로 나누어서 정리하게 되는데 기타 조사에 대해서는 일정한 취합방법을 필요로 하지 않으므로 여기에서는 지질조사에 대해서 기술하기로 한다.

가) 원지반의 분류: 터널의 굴착, 토압 등에 관한 원지반의 상태를 지배하는 주요한 요소는,

- ① 압질
- ② 원지반의 탄성과속도
- ③ 함수, 용수상태
- ④ 원지반의 물리적 특성(포아손비, 압축인장강도, 전단강도 등)
- ⑤ 풍화, 균열, 고결강도, 파쇄상태
- ⑥ 팽창성이다. 이 중에서 ②는 그 이외의 요소, 특히 ④, ⑤를 많이 반영하고 있다.

이들 요소를 감안한 원지반의 분류는 터널시공법의 결정, 굴착의 난이, 동바리공 및 라이닝의 설계 등의 개략추정에 쓰기 위하여 행하여지는 것으로 **해설표 10, 11**은 그 1 예이다.

이 표는 암질과 원지반의 탄성파의 조합에 ③, ④, ⑤, ⑥의 요소를 가미하여 작성한 것이다.

이와 같은 분류는 또 설계, 시공에 대해서 정확하게 추정할 수 있을 정도까지는 미치지 못하지만 금후 실측 데이터나 시공실적과 비교 검토함으로써 다시 양자의 관련성이 밀접해 진다고 생각하므로 장래의 노력 목표로서 본표를 제시하는 것이다.

나) 노선선정 및 설계 시공시에 있어서 특히 지적해 두어야 할 사항.

- ① 표층퇴적물, 풍화층과 흙두께 및 갱구와의 관계.
- ② 편암 지형.
- ③ 활동층(活斷層), 큰 파쇄대, 용수를 수반하는 파쇄대.
- ④ 팽창성 암석.
- ⑤ 지내력

해설 표10 지질분류

분류	1	2	3	4	5	6	7	비 고
암	A	> 5.0 ~ 4.4	4.6 ~ 4.0	4.2 ~ 3.6	3.8 ~ 3.2	> 3.4		1) 절삭개소에 용수가 관다면 분류를 1 단계 내린다.
	B		> 4.8 ~ 4.2	4.4 ~ 3.8	4.0 ~ 3.4	> 3.6		2) 팽창성암석(사문암, 변후안산암, 석록편암, 이암, 베트나이트질응 회암, 온천여토등)은 속도값에 관계없이 7 로 생각한다. 이 경우 는 속도 4.0km/sec 보 다 작고 포아손비는 0.3보다 크다.
	C	> 4.8 ~ 4.2	4.4 ~ 3.8	4.0 ~ 3.4	3.6 ~ 3.0	> 3.2		
	D	> 4.2 ~ 3.6	3.8 ~ 3.2	3.4 ~ 2.8	3.0 ~ 2.4	< 2.6		
질	E		> 2.6	2.6 ~ 2.0	2.2 ~ 1.6	< 1.8	< 1.4	3) 풍화암으로서 포아 손비가 0.3보다 작은 경우는 분류를 1.2 단 계 올린다.
	F				1.8 ~ 1.2	1.4 ~ 0.8	< 1.0	

주 : 1) 암질난의 수치는 탄성파속도(km/sec)를 나타낸다.

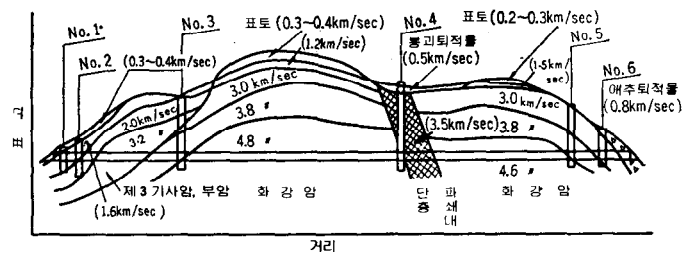
2) 암질의 A~F는 제11조 해설 참조.

- ⑥ 피압대수층.
- ⑦ 개스, 온천
- ⑧ 수자원, 기설구조물 등에의 영향.
- ⑨ 집중호우 등에 의한 돌발적 출수.
- ⑩ 기타 필요한 사항.

다) 지질중단도의 작성 : 조사결과를 이를 종합해서 축척 1/1,000~1/5,000 의 지질중단면도를 작성하면 좋다. (해설 그림 4 참조) 그리고 갱구 부근이나 피토가 얇은 구간 등에서는 축척 1/100~1/500의 지질 중단면도를 작성하는 것이 바람직하다.

해설 표11 원지반의 분류와 지질상황

분류	암질	지 질 상 황	토 압
		균열, 풍화, 파쇄, 고결정도	
1	A, C, D	매시브하고 경함	작용지않음
2	A, D C, D	결경하고 잔격 50~100cm 균열 적음	
3	A, B C D E	균열이 많은 파쇄질. 군데군데 소단층이 끼워있음 중~연암. 군데군데 소단층이 끼워있고 균열잔격 30~70cm. 균열 적음 중~연암 매시브한 연암.	때때로작용
4	A, B C D E	파쇄질, 균열이 많고 풍화진행. 균열이 많음. 파쇄질, 연암, 소단층이 많음. 파쇄질, 연암, 균열이 많음. 연암, 고결도 낮음.	작용하는 경우가 많다
5	A, B C D E F	파쇄질, 풍화가 심함. 파쇄질, 소단층 많음. 파쇄질, 연암, 풍화진행. 연암, 고결도 낮음. 연암, 고결도 낮음.	많은 경우 작용한다
6	A, B, C D, E F	파쇄질, 매우 풍화되어 있음. 파쇄질, 연암, 풍화진행 고결도 낮음. 고결도 낮음, 풍화진행.	
7	E, F	고결도 매우 낮음.	



지질	표토대	부암	제 3 기사암	화강암	단층	화강암	배추암	배추
분류	D	D	A	A	A	A	A	F
탄성파 속도 km/sec	1.6	2.0	3.2	3.8	4.8	3.5	4.6	3.8 1.5 0.8
물 수			중		중			중
원지반의 분류	6	4	3~4	2	6	3	4	6 7

해설 그림 4 터널지질중단면도 (예)

제 3 편 설 계

제 1 장 총 칙

제24조 설계의 기본

터널은 조사결과를 기초로 하여 사용목적에 적합하고 안정성과 경제성이 확보되도록 그 선형, 구배, 내공단면, 동바리공, 라이닝(Lining), 뒷채움 등을 설계하여야 한다.

【해 설】

터널은 조사결과를 기초로 하여 도로, 철도, 수로 등 각각의 목적을 만족하도록 하고 안전하고도 경제적으로 설계되어야 한다.

터널의 선형, 구배, 내공단면 및 라이닝은 터널의 설계에는 옛부터 불가결한 것인데, 특히 라이닝의 설계에 밀접한 관련이 있으며 더욱이 시공의 안전상에서도 중요시해야 할 동바리공과 터널의 내구성에 영향이 큰 복공 배면의 주입 및 주의를 기울여 하기 쉬운 부족설비에 대해서도 그 설계 범위를 포함시키고 있다.

제25조 설계의 변경

책임 기술자는 공사 시공중 당초 설계가 현장 조건과 적합치 않고 인정되는 때에는 지체없이 설계의 변경을 행하도록 한다.

【해 설】

터널공사에 있어서 당초설계는 당연히 지질, 용수 기타 제2편에 기술되어 있는 각종 조사결과를 토대로 행하여야 하지만 터널공사의 특성으로 조사 결과는 설계나 시공에 있어서는 어느 정도의 폭을 갖는 것이 통례이며 또 때에 따라서는 사전에는 예측할 수 없던 상황에 부딪치는 일도 있어 현장 조건이 설계와 합치되지 않는 사태가 생기는 일이 많다.

이들 경우에는 조건의 변화에 대응할 수 있도록 바로 설계의 변경을 행하도록 하여야 한다.

제 2 장 터널의 선형, 구배 및 내공단면 (内空断面)의 설계

제26조 터널의 선형

1) 터널의 선형 설계시에 있어서는 가능한 한 직선 또는 큰 반경을 가진 곡선을 채택하고 갱구 및 경과지점의 지질이 양호한 장소를 선정할 것이며, 또한 시공상의 편의도 고려하여야 한다.

특히 도로 터널의 선형에 대해서는 접속도로의 선형, 주행성의 양부에 대하여 고려하여야 한다.

2) 터널을 2 본 이상 병설하거나 또는 다른 구조물 등에 접근해서 터널을 구축하는 경우에는 상호간의 영향에 대하여 특히 주의하여야 한다.

도로 터널의 경우 2 본을 병설할 때는 중심간격이 30m 정도 떨어져 있도록 하는 것을 원칙으로 한다.

3) 도로 터널과 그에 접속하는 도로부와의 사이에는 적당한 길이의 접속 설치 구간을 두어야 한다.

【해 설】

1) 터널의 선형은 사용목적 및 시공면에서 될 수 있는 한 직선으로 하도록 한다. 부득이 곡선을 삽입하는 경우에도 비교적 큰 반경을 채용하여야 한다.

도로 및 철도 터널에서는 터널내의 곡선반경은 터널 이외의 노선의 규격보다 될 수 있는 대로 높은 규격을 쓰는 것이 바람직하다.

터널의 노선은 제23조 해설 6)의 항목을 고려해서 경과지점의 지질이 양호하고 용수나 단층(斷層)이 적다고 추정되는 장소에 선정한다. 특히 갱구 및 피토가 얇은 장소에서는 터널에 편압 등이 작용하는 일이 많으므로 지질 등의 상세한 조사를 기초로 만전을 기하도록 하여야 한다. 또한 터널의 선형은 갱구의 위치 및 횡갱(橫坑), 사갱(斜坑), 입갱(立坑)이 필요한 때는 그들의 위치, 공사용 설비의 배치등 시공상의 편의도 고려해서 정할 필요가 있다.

특히 도로 터널에 있어서는 터널내의 진입, 탈출이 주행상으로 볼 때, 다른 도로부에 비해서 심리적인 압박(壓迫)이 보다 강하고 터널내에서의 사고도 갱구 부근에서 일어나기 쉽다.

이 때문에 도로 터널의 선형에 대해서는 터널의 접속도로 선형을 아울러 고려하고 주행성의 양부에 대한 검토를 게을리해서는 안된다.

상기와 같은 점에 관해서 출입구부에 어느정도의 곡선을 설정하면 입구부에 있어서는 심리적인 주의를 환기시키며 입구부의 증등완화조명(增灯緩和照明)의 효과를 높이는 것으로 되고 출구부에 있어서는 서서히 외부의 밝은 야외휘도(野外輝度)에 운전자가 순응하는 것으로도 되어 주행상, 조명상 보다 효과적이라고 하는 의견도 있으므로 그 효과와 경제성에 대해서 아울러 검토하여야 한다.

2) 2 본이상의 터널을 인접해서 설치하는 경우 또는 다른 구조물 등에 접근해서 터널을 굴착하는 경우에는 터널의 단면현상, 치수 및 시공법, 시공시기, 상대 구조물 등에 대한 영향에 대해서 충분히 검토한 다음에 상호의 간격을 정할 필요가 있다.

병설터널의 중심간격에 대해서는 원지반이 완전탄성이라 생각되는 경우에는 굴착폭의 2 배, 점토 등 연약한 지반에서는 5 배로 하면 정적(靜的)으로는 상호 거의 영향이 없고 또한 발파에 의한 동적(動的) 영향에 대해서는 지질, 폭약량, 거리, 상대구조물의 강도등 많은 요소가 있어 일반적인 결론은 나오기 어렵다.

경암의 경우는 발파의 영향에 의해서 결정되는 일이 많으므로 특히 폭약량 등에 대해서 검토할 필요가 있다.

따라서 병설터널의 격리거리(隔離距離)의 결정시에는 지질, 단면현상, 시공법 등 많은 요인이 있으므로 개개의 조건을 충분히 검토한 후에 정하여야 한다.

터널에 인접해서 구조물 등이 있는 경우에도 터널굴착에 의한 지표의 변화, 기초의 침하, 진동 및 용수량의 변화 등에 대해서 미리 검토해두어야 한다.

특히 병설 도로터널의 경우, 암석중에 있어서의 상호 영향에 대해서는 시공법, 암질에 따라 다르기는 하지만 아직 해명되지 않은 점이 많아 적절하다고 생각되는 격리거리를 명확히 할 수는 없다.

다만, 과거 2 차선 병설 터널의 시공실적(서울~부산간 고속도로, 일본의 메이신, 도오메이 고속도로 등)을 참작할 때, 2 본의 터널에서는 중심간격을 30m 정도로 취하는 일이 많으며 특히 이들이 문제가 된 바 없으므로 본조에서는 대향차선 도로의 병설 터널의 경우, 원칙적으로 중심간격을 30m 정도 떨어 뜨리는 것으로 하였다.

3) 일반적으로 도로부의 총 폭에 비해서 터널의 총 폭은 경제적인 이유에서 그 폭을 축소시키고 있다.

이 때문에 운전자에게 주어지는 심리적인 압박을 증대시키는 경향이 있다. 이와 같은 터널내의 진입, 탈출에 대한 가능한 한 그 주행이 원활하게 행해질 수 있도록 터널에 접속되는 도로부와 터널사이에는 적당한 길이의 접속설치 구간을

두어 그 유도를 고려하여야 한다.

터널내에의 자동차의 진입, 탈출시의 거동은 외국의 조사결과에 의하면 다음과 같이 보고되어 있다.

즉, 진입시에 있어서는 자동차의 제적변화는 터널입구 후방(도로부) 50m 부근부터 시작하여 터널 입구에서는 터널벽에서 크게 떨어진다. 또 탈출시에도 마찬가지로 그 제적은 터널출구 후방(터널내) 50m 부근부터 변화하여 출구에 향해서 터널벽에 접근하는 경향이 거의 2 차곡선적인 제적으로 원활히 탈출한다. 따라서 그 영향은 출구 전방(도로부) 부근까지 미친다.

이 결과에서 터널출구부 및 입구부에 50m 정도의 접속설치구간을 두는 것이 바람직하다 하겠다.

그런데 이 접속설치를 실시하는데 있어서는 연석, 가아드 레일 등에 의한 유도는 물론 갭 부근의 구조물(돌쌓기, 옹벽 등) 등에 의한 접속설치도 그 효과를 높이기 하므로 아울러 검토함과 동시에 경제적인 것을 선정하여야 한다.

또한 조명상에서 보아 터널 갭문을 확장, 상기 접속설치구간을 터널내로 연장하는 것도 좋은 방책인 바 경제적, 심리적 검토를 가하여 그 적부를 결성해야 할 것이다.

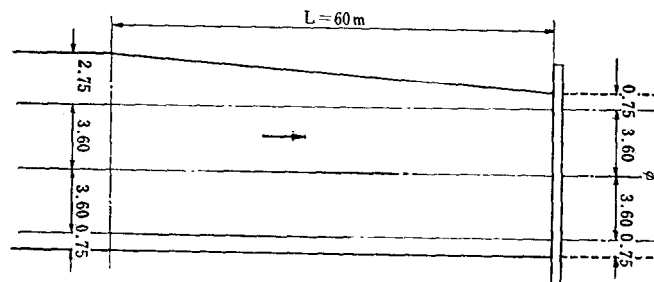


그림 2-1 접속설치 관계 예

제27조 터널의 구배

1) 도로, 철도 등의 터널에서는 용수의 자연 유하에 의한 배수에 지장이 없는 한 될 수 있는대로 완전한 구배를 채택하도록 하고 환기설계상 유리한 구배를 선정하여야 한다. 도로 터널에 있어서 환기를 필요로 하는 상향(上向)의 터널에서는 상향최급구배는 3%를 원칙으로 한다.

또한 용수를 자연유하시키는데는 적어도 0.3% 정도의 구배를 두도록 한다.

2) 수로 터널에서는 통수량, 통수 단면적, 유속 등 상호관계를 고려해서 구배를 설계하여야 한다.

【해설】

1) 도로, 철도 등의 터널구배는 가능한 한 완만하게 하는 것이 원칙이라 하겠다.

터널 완성후의 누수를 양호한 콘크리트조의 배수구 등으로 자연유하시키는 데는 통상 0.1% 이상의 구배가 있으면 되지만 시공중의 용수를 터파기 측구 등으로 자연유하시키기 위해서는 용수가 적은 경우라도 0.3%, 상당히 많은 경우에는 0.5% 정도의 구배가 필요하다.

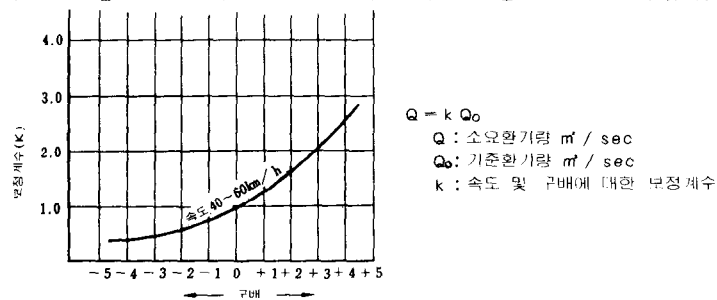
또한 시공중에 버럭 실어내기나 재료 운반 등에 있어서도 급구배는 능률의 저하를 초래하며 2% 정도 이상의 구배에서는 그 영향이 크다.

도로터널에서는 통행 차량의 배기 개스를 적게한다는 점에서 특히 상향 구배는 가능한한 완만하게 할 필요가 있다. 급구배는 교통차량의 배기개스농도를 증대시켜 건설시는 물론 장래에 있어서도 환기를 위한 유지전력비의 증가에 직결되는 것이므로 주의를 요한다.

특히 환기가 필요하다고 생각되는 규모의 터널에 있어서는 그 터널의 공용(供用) 교통방향을 감안, 환기상 유리한 구배를 선정하도록 하여야 한다.

도로, 철도 등 터널의 구배는 수저(水底) 터널 등의 특수한 경우를 제외하고 일반적으로 0.3~2.0% 사이의 구배로서 그 사용목적 연장, 시공중의 배수 등을 고려될 수 있는대로 완만한 구배를 채용하는 것이 바람직하다.

도로 터널에 있어서 배기 개스중의 매연농도(煤煙濃度)의 구배에 대한 영향은 해설 그림 5와 같은 바 이에 의하면 구배가 급할수록 농도는 급증하는 경향이다. 본 조에서는 이 결과를 감안하여 도로 터널에 대해서만은 그 경제성과 시공등의 점에서 그 한도를 +3%의 구배 이하로 하는 것을 원칙으로 하였다.



해설 그림 5 매연농도 환기량에 대한 보정

2) 수로 터널의 구매는 목적에 적합한 통수량, 통수단면적, 유속 등으로 정해진다. 구매를 급하게 하면 유속이 빨라져서 통수단면이 작아지므로 일견 경제적으로 유리할 것이라 생각되었지만 수두 손실의 증대와 시공의 곤란을 초래하므로 반드시 유리하지는 않다. 따라서 수로터널에 있어서는 몇가지 종류의 구매에 대해서 각각 대응하는 단면을 고려 이들을 비교 검토하여 구매를 정하는 것이 통례이다.

제28조 터널의 내공단면(内空断面)

터널의 내공단면은 용도에 적합한 소요의 건축한계, 단면적 및 필요한 여유를 포함하여야 하며 토압 및 시공법을 고려해서 그 크기와 형상을 정하여야 한다.

【해설】

도로, 철도 등의 터널에서는 그 건축한계 및 필요한 여유를 포함하고 수로터널에 있어서는 통수량으로 정해지는 소정의 내공 단면적을 갖는 것이어야 한다.

터널 단면은 노압에 대해서 경제적으로 대응할 수 있는 것이 좋고 통상 3심(三心) 혹은 5심원으로 된 마제형(馬蹄形)이 쓰이는데 지질이 양호한 곳에서는 측벽부를 수직으로 하는 경우도 있다.

또한 지질이 불량한 개소에서는 인버트(Invert)를 붙여서 폐합단면(閉合断面)으로 하는 외에도 원형 등의 단면을 고려할 필요가 있다.

단면이 커지면 토압도 커져서 지질이 불량한 경우 등에는 현저하게 곤란을 받게 된다. 따라서 철도 터널의 경우를 예로 들면 지질이 불량한 경우 복선형 단면대신에 단선형 단면을 작게 하는 편이 시공도 용이하고 경제적인 경우도 있으므로 계획시에 있어서는 지질 기타의 조건을 고려하고 비교 검토한 다음 결정하여야 한다.

그리고 현저하게 작은 단면은 시공능률의 저하나 작업환경의 악화를 초래하기 쉬우며 또한 비상시의 대책이 취해지기 어려우므로 보통의 경우에는 폭, 높이 모두 2m 정도 이상으로 함이 바람직하다.

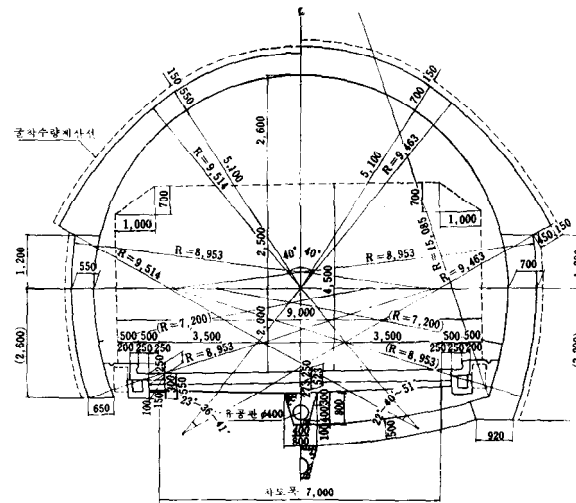
상하수도 터널 등에는 장래의 사용량 증대를 감안해서 단면에 여유를 보고 계획을 세워두는 것이 유리한 경우도 있다.

도로 터널 단면의 예는, 해설 그림 6 및 7 과 같다. 도로구조령개정(안)에 제시된 터널의 건축한계는 해설 그림 8 과 같다.

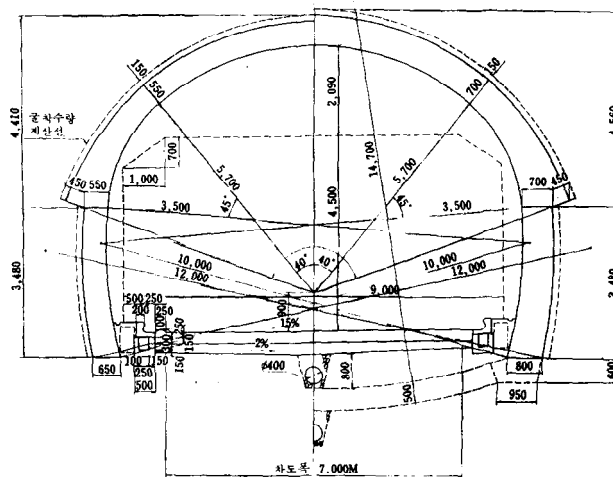
도로 터널에 있어서는 그 내공 단면은 주로 그 터널의 등급구분(설계속도)에 따라 필요차선공간, 도로터널에 필연적으로 부수되는 환기용 덕트(Duct)의 필요

공간, 미관상 및 소음(騒音) 대책상의 내장설비에 대하여 필요한 공간 등으로 결정된다.

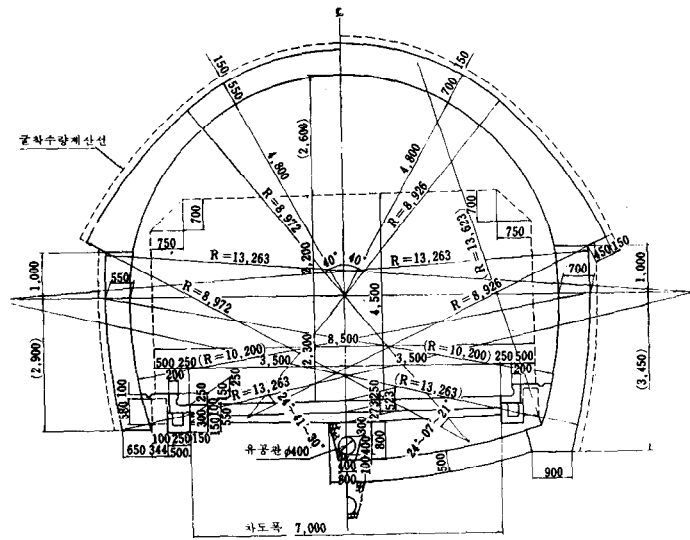
따라서 내공단면은 터널의 등급이 결정되면 주로 환기의 필요성 유무, 방재설비(防災設備)의 배관등의 은폐(隱蔽)를 겸한 내장(內裝)의 유무에 따라 각각의 필요공간을 차도용 공간에 부가함으로서 결정할 수 있겠다.



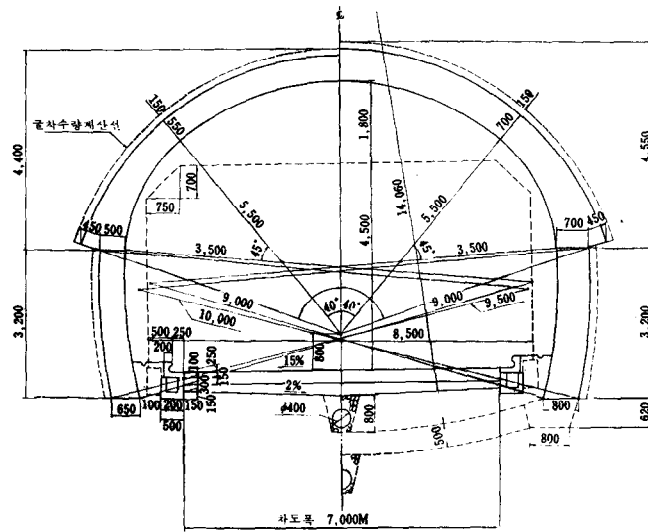
해설 그림 6 - 1 도로터널 표준단면도 예



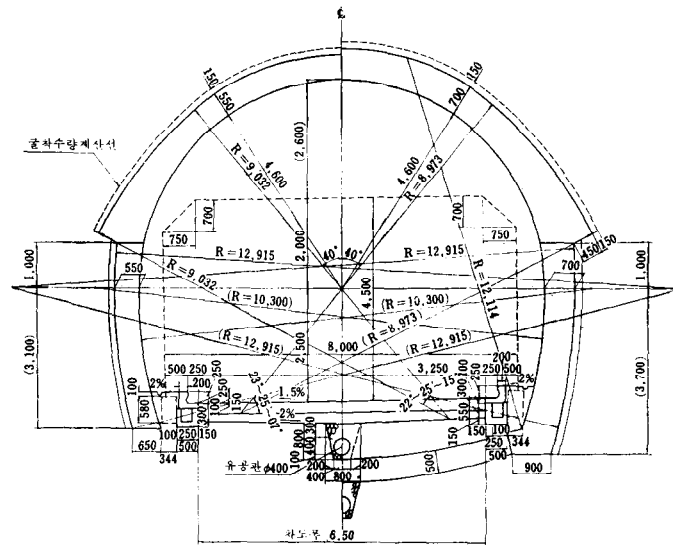
해설 그림 6-2 도로터널 표준단면도 예



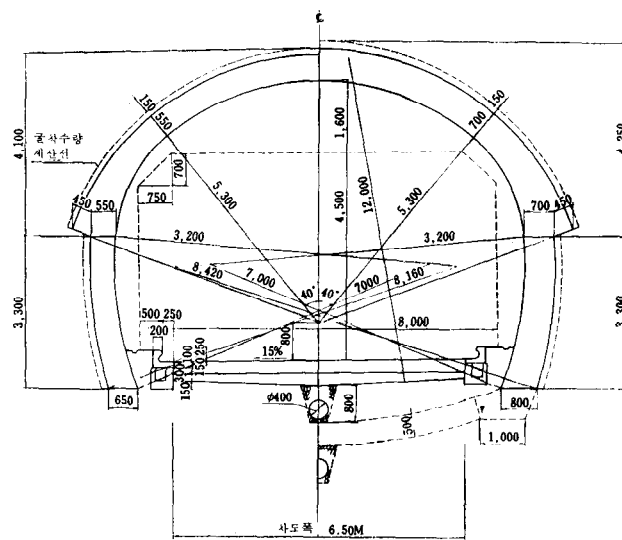
해설 그림 6-3 도로터널 표준단면도



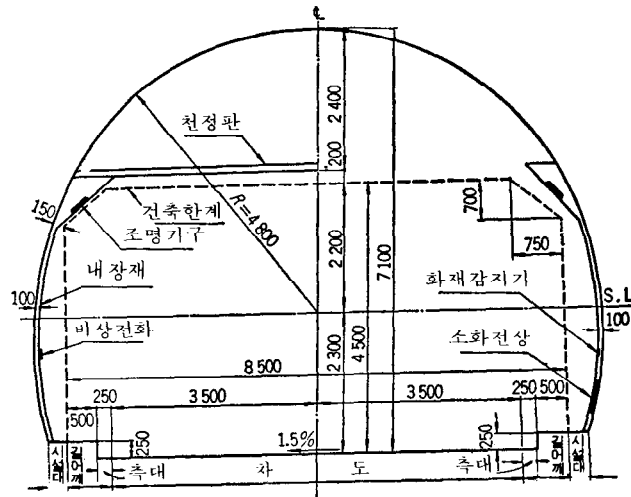
해설 그림 6-4 도로터널 표준단면도 예



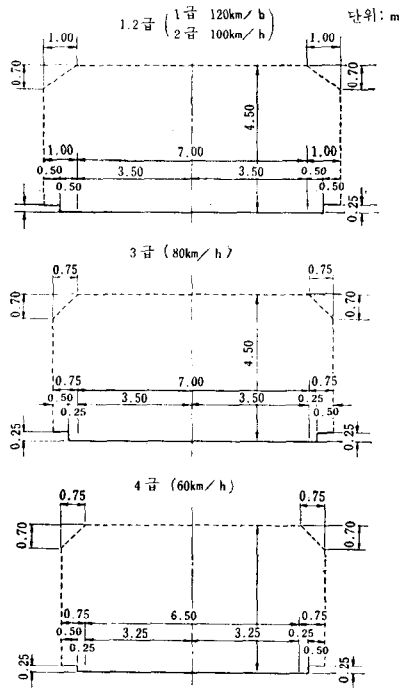
해설 그림 6-5 도로터널 표준단면도 예



해설 그림 6-6 도로터널 표준도 예



해설 그림 7 도로터널 표준단면도 예



해설 그림 8 건축한계

제 3 장 하 중

제29조 총칙

터널의 라이닝(Lining) 또는 동바리에 걸리는 하중은 토압, 수압, 기타, 등 일반적으로 인정되고 있는 자료를 기초로 하여 고려되어야 한다.

【해 설】

터널의 라이닝 또는 동바리에 걸리는 하중의 크기나 그 작용상태는 현재까지 아직 충분히 규명되지 있지 않은 실정에 있다. 금후 이들 문제점의 연구가 크게 진전되어야만 하겠지만 당면 문제로서는 시공의 실적이나 실험연구결과등 이용가능한 자료중에서 신뢰성이 충분하다고 인정되는 자료를 기초로 하도록 한 것이다.

하중으로서의 외측으로 부터 걸리는 토압이 추가 되겠지만 수로터널, 특히 압력터널에 있어서는 내측에서 작용하는 수압(정수압 및 동수압)을 고려하여야 한다.

제30조 토압

동바리공이나 복공에 작용하는 토압의 크기는 지질, 터널 단면의 크기, 시공법, 라이닝의 시기 및 시공중의 원지반의 상태등을 고려해서 책임기술자가 이를 판정하여야 한다.

이 경우 특별한 경우를 제외하고 토압이 있다고 추정되는 때에는 동바리공에 작용하는 흙 하중으로서 표 1의 값을 쓰는 것이 좋다.

표 1 동바리공에 작용하는 흙하중의 높이

내 공 단 면 의 폭 (m)	토 압 이 있 다 고 추정되는 경우 (m)	토 압 이 크 다 고 추정되는 경우 (m)
2	1.0	2.0
5	2.5	5.0
10	3.0	6.0

주 : 이 표는 폭 5 m에 대해서는 전단면, 폭 10 m에 대해서는 상부반단면의 시공예에서 추정한 것이다.

【해 설】

터널에 작용하는 토압의 양상은 매우 다양하므로 정량적으로는 물론 정성적으로도 확립되어 있지 않은 면이 많다.

암석의 갈라진 틈이나 풍화의 상태, 단층파쇄의 정도, 지층의 주향경사(走向傾斜), 지하수의 상태 등은 천태만상이며, 또, 터널단면의 크기, 전단면굴착인가 부분굴착인가 또는 기계굴착인가 등의 굴착방식의 차, 굴착후의 시간의 경과 등에 따라서 토압은 변화하는 것이다.

그리고 터널의 라이닝 또는 동바리가 이 토압을 어떻게 지지하는 것인가에 대해서도 정설(定說)이 없으므로 터널 라이닝 또는 동바리에 작용하는 토압의 크기를 정하는데 있어서는 개개의 터널에 대해서 책임기술자의 판단에 기대하는 외에 방법이 없다.

토압의 실정을 가능한 한 자세히 관정하여 이에 대처하는 동바리공, 라이닝, 뒷채움 주입을 택한다는 것은 터널공사를 경제적으로 시공하기 위하여 필요한 것이며 또한 실제로 생기는 토압을 정확하게 예측한다는 것은 곤란한 일이므로 시공의 안전을 기한다는 점에서는 상당한 여유를 보아둘 필요가 있다.

굴착에 의한 원지반의 이완(弛緩)은 일반적으로 시간의 경과와 함께 진행되어 하중이 증가하는 결과로 된다. 이들 양상은 지질이나 시공법등에 따라서 현저한 차이가 있는데 특히 팽창성토압등이 작용하는 경우는 라이닝에 작용하는 흙하중은 동바리에 작용하는 것 보다 상당히 크다고 생각, 하여야 한다.

굴착직후 동바리를 충분히 세워서 원지반을 지지하게하고 라이닝을 뒀수 있는 대로 빠른 시기에 또, 원지반에 밀착하도록 시공하며 라이닝 배면의 공극에 충분한 뒷채움을 주입하면 원지반 이완에 의한 토압을 경감시켜 라이닝 일부에 강한 집중하중으로 작용하기 쉬운 토압을 어느 정도 등분포하중에 가깝게 할 수가 있다.

따라서 뒀수 있는대로 빠른 시기에 라이닝을 시공하는 것이 바람직하지만 경제성, 지질조건, 시공속도 등을 고려한 결과 굴착과 라이닝을 분리시켜 소위 분리방식을 적용하는 경우에는 굴착후 라이닝을 시공할때까지 사이에 증가하는 하중을 고려해서 동바리를 택할 필요가 있다.

그리고 기계굴착을 채용한 경우의 흙하중은 현단계로서는 그 실적도 적고, 정량적인 파악은 곤란하지만 원지반의 이완이 적다고 생각되고 동바리공과 원지반의 밀착상태가 양호하며, 단면이 원형 또는 이에 가깝다는 등의 유리한 조건이 있으므로 지질에 따라서는 토압의 크기를 얼마간 할인해서 고려하더라도 별지장이 없다고 생각된다.

이상과 같은 제점과 제23조 지질조사결과를 고려해서 책임기술자가 이를 판단

하도록 정한 것이다.

표 1 은 많은 터널에서 보통의 상태라고 생각되는 범위를 나타낸 것이다. 종래 토압을 구하는 방법에 대해서는 테르자기(Terzaghi)가 제시한 것(해설 표 12 참조)을 비롯하여 많은 연구결과가 발표되어 있지만 일반적으로는 수치의 폭이 크다는 점, 계산을 위한 가정조건(假定條件)에서 적용범위가 한정된다는 점 등으로 그 대로의 적용은 곤란한 경우가 많다.

흙하중의 높이를 구하는데는 붕괴시의 붕괴높이가 하나의 가늠이 된다고 생각되지만 터널의 붕괴높이는 시간의 경과와 더불어 진행하므로 공사중인 터널의 있어서의 붕괴직후의 붕괴높이를 조사한다는 것은 매우 곤란하다. 표 1 의 값은 각종 터널의 시공중에 실제로 나타난 붕괴 직후의 붕괴높이나 원지반의 균열조사를 기초로 하고(해설 표 13 참조) 통상 적용되고 있는 동바리의 내하력 등을 구한 것으로서 암석의 비중을 2.7 정도로 하여 면적당 수직하중으로 환산할 수 있다.

터널의 지질이 암석으로서 매우 강경(強硬)한 경우는 전혀 토압이 없지만 그 령드라도 암편의 약간의 이완이나 뜸뚱 정도의 하중인 경우도 있다. 또한 지질이 현저히 불량하고 더우기 용수도 있어서 토사가 유동상태에 있는 경우나 팽창성의 토압이 생기게 되는 경우 등은 현저하게 큰 토압이 나타나는 일도 있다. 이와 같은 매우 양호한 경우, 매우 나쁜 경우의 양극단을 제외한 통상의 범위내에서는 표 1 에 나타낸바와 같이 두단계 정도의 토압을 고려하면 되는 것으로 하였다. 이에는 많은 문제가 내포되어 있지만 애써서 구체적인 표현을 쓰고자 하는 이 지방서의 취지에 쫓아서 제안한 것이다.

일반적인 암석 터널에서의 수평방향의 토압은 매우 작으므로 동바리공, 라이닝은 이 표 1 의 값이 수직하중에 견디면 대략 안전하며 특히 편압을 고려하지 않아도 된다. 그러나 통상의 터널의 동바리나 라이닝은 수평방향의 압력에 대해서는 약한 것이므로 지질지층상황으로 보아 수평방향의 토압이 있다고 추정되는 경우에는 별도의 주의를 해야 한다.

해설 표12 테르자기의 동바리공에 작용하는 흙 하중표

압 반 의 상 태	흙하중의 높이(m)	비 고
1. 강경하고 칩식되어 있지 않은것	0	탈락이 있는 경우는 간단한 동바리공이 필요하다.
2. 단단하고 총상 또는 편암상(片岩狀)의 것	$0 \sim 0.5 B$	간단한 동바리공을 쓴다 하중은 장소마다 불규칙하게 변화한다.
3. 큰 덩어리 모양으로서 보통정도의 절리가 있는것	$0 \sim 0.25 B$	
4. 보통정도의 괴상(塊狀)으로서 갈라진 틈이 있는것	$0.25B \sim 0.35 (B + Ht)$	측압은 없다
5. 심하게 작은 덩어리로서 갈라진 틈이 많은것	$(0.35 \sim 1.10) (B + Ht)$	측압은 식든가 또는 없다
6. 완전히 파쇄되어 있지만 화학적으로 칩식되어 있지 않은 것	$1.10 (B + Ht)$	상당한 측압누수에 의해 터널하부가 연약하게 되는 때에는 동바리공 하부로 통하는 토대(土台)를 하든가 원형 동바리공으로 할 필요가 있다.
7. 서서히 내밀리고 있는것(중정도(中程度)의 피토)	$(1.10 \sim 2.10) (B + Ht)$	큰 측압, 인버트 스트러트(Invert Strut)가 필요하며 원형동바리공이 권장된다.
8. 서서히 내밀리고 있는것(큰 피토)	$(2.10 \sim 4.50) (B + Ht)$	
9. 팽창성의 지질	$(B + Ht)$ 의 값에 관계없이 80이상	원형동바리공을 요한다. 심한 경우는 가축(可縮) 동바리공을 쓴다.

주: 1) 이 표는 피토 $1.5(B + Ht)$ 이상인 경우의 강 아아치(鋼 Arch) 동바리공 천단에 작용하는 흙하중의 높이를 나타낸다.

B: 터널굴착 단면의 폭(m)

Ht: 터널굴착 단면의 높이(m)

2) 이 표는 터널 천단이 지하수위 이하에 있는것으로 본다. 다만 영구적으로 지하수위 이상에 있는 경우는 4~6의 각호의 값은 50% 감해도 된다.

3) Karl Terzaghi 저Introduction to Tunnel Geology에 의함.

해설 표13 터널 붕괴 높이의 조사예

구 분	조사 번호	붕괴 높이 (m)	붕괴 연장 (m)	동 바 리 공		지 질	피 토	발생시기
				종 류	설치간격 (m)			
동바리공 설치 전의 붕괴	①	6	5	H-150	0.80	응회각력암 (凝灰角礫岩)	330	1961. 8
	②	3	3	H-150	0.75	이 암 (泥 岩)	20	1961. 8
	③	1	1	H-150	1.20	사력응회암 (砂礫凝灰岩)	150	1961. 12
	④	3	2	H-200	0.90	력 암	16	1962. 8
	⑤	3	4	H-150	1.20	현 무 암	25	1962. 12
	⑥	2	3	H-150	1.20	"	20	1963. 2
동바리공 설치후의 붕괴	⑦	불 명	7	50kg고레일	1.20	응 회 암	230	1961. 6
	⑧	3	8	50kg고레일	0.6	Loam	쟁구	1961. 6
	⑨	4	10	H-150	0.75	연약 사 암	"	1961. 8
	⑩	2	5	H-150	0.75	연약 사 암	"	1961. 11
	⑪	3	12	H-150	1.20	이 암 사 암	180	1962. 2
	⑫	-	41	H-150	0.60	혈 암 사 암	0~10	1962. 3
	⑬	불명	24	H-150	0.75	이 암	100	1962. 4
	⑭	"	17	H-200	0.95	화산 황사	300	1962. 5
	⑮	2	4	H-150	0.75	력 암	80	1962. 7
	⑯	-	16	H-150	0.70	혈 암 사 암	1.5~15	1962. 8
	⑰	3	7	H-200	1.20	연 약 사 암	200	1963. 1

주: 위표의 조사예는 일본 국철 신간선의 일예임

제31조 편압(偏圧)

지형, 지질, 기타로 인하여 터널에 큰 편압이 작용할 우려가 있는 경우는 편압의 상태와 이에 대항하기 위한 조치에 대하여 특히 고려하여야 한다.

【해 설】

일반적인 경우라도 터널의 하중은 동바리공, 라이닝공에 대해서 매칭 또는 균일하게 작용한다고는 볼 수 없는 바 특히 터널 상부의 피토가 적고 또 지형이

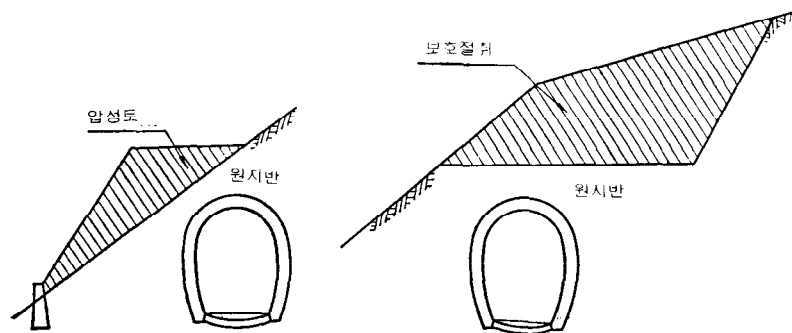
급하게 경사진 경우나 지층이 터널단면에 대해서 경사지고 있는 경우, 지질이 균일하지 않은 경우 등은 토압 등이 터널에 대해서 좌우 대칭이 아니고 현저하게 편기해서 작용하는 경우가 많다. 또한 지질이 특수한 점토로서 팽창성의 토압이 작용하는 경우 등은 그 작용하는 방향이 동바리공, 라이닝공의 전주(全周)에 대해서 균등하지 않으므로 보다 많이 미는 쪽으로부터의 편압이 되어 작용하게 된다.

과거에 있어서도 편압이 터널의 변위나 공사중의 붕괴사고 등의 원인이 되었던 일이 많다.

일반적으로 터널의 동바리공, 라이닝공은 좌우 대칭의 하중에 대해서 유효한 형상으로 설계되고 있는 바 편압에 대해서는 위험을 야기시키는 일이 많으므로 이에 어떻게 대처할 것인가에 대하여 충분히 주의하여야 한다.

어느 경우에 하중이 편압이라고 생각되는것 가운데에는 예를 들면 동바리의 타리부분의 지내력부족에 의한 침하때문에 일견 편압현상이 생기게 되는 일도 있으므로 주의하여야 한다.

특히 지형이 경사지고 피토가 적은 갱구 부근에서는 큰 편압을 받는 일이 많으므로 필요에 따라 압성토(押盛土), 보호절취, 편압보강, 콘크리트 등의 처치를 고려하여야 한다. 해설 그림9 해설 그림10 해설 그림28 (a) (b) 참조)



제 4 장 라이닝 두께선 및 수량 계산선

제32조 라이닝 두께선

1) 설계시에는 라이닝으로서 강도상 필요한 두께 및 시공법 등을 고려해서 설계두께선을 나타내도록 한다.

이 선보다 내측에는 강아아치 동바리공의 강재는 들어가도 되지만 목재 등은 들어가서는 안된다. 또한 원지반의 부분적인 돌출은 이것이 단단하여 장래에도 라이닝에 악영향을 미칠 우려가 없는 경우에 한하여 설계두께선 내에 들어가는 것을 인정해도 된다.

2) 필요한 경우에는 최소 라이닝두께선을 나타내도록 한다. 이 선보다 내측에는 강아아치 동바리공이나 원지반 등이 들어가서는 안된다.

【해설】

1) 설계두께선은 터널설계상 가장 중요한 것의 하나로서 그 결정법에 대해서는 제3편 제6장에 기술되어 있다. 여기에서 정의된 취지로 보아 설계두께선의 내측에는 목재등(강아아치 동바리공의 목재 연결재나 널말뚝 등) 라이닝의 강도를 해치는 것이 들어가서는 아니된다.

따라서 굴착선을 정한다든지 동바리를 설계하는 경우에는 라이닝의 설계 두께의 확보를 감안, 미리 나옴과 같은 점을 충분히 고려하여야 한다.

강아아치 동바리공을 쓰는 경우 굴착할 때 널말뚝을 걸침판으로 시공할 것인가에 따라 동바리를 설계 두께선 내에 넣을 것인지 선외로 할 것인가가 달라지게 된다.

즉 끼움핀의 경우는 여하히 널판끝을 짧게 절단한다 하더라도 널말뚝이 동바리공강재의 외면보다는 내측으로 들어가는 것은 피할 수가 없다. 따라서 끼움판에 의한 경우는 상재내면은 동상 설계두께선의 외측으로 정하여야 한다.

걸침판의 경우는 동바리용 강재를 설계두께선 내에 넣는 것이 보통이다. 이 경우 동바리의 목재 연결재는 라이닝 시공전에 빼어내야 한다. 종래 목재 연결재를 콘크리트속에 매입을 허용한 예도 많지만 라이닝의 강도를 현저하게 해칠 우려가 있으므로 목재연결재를 제거하는 것이 위험하다고 판단되는 경우는 이 내신 강재 등을 쓰고 목재는 빼어내야 한다. (해설 그림11 해설 그림22 참조)

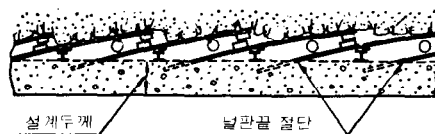
그런데 실제 시공시에 있어서는 어느 경우에도 동바리는 시공오차나 토압에 의한 변형량에 대한 여유를 보아서 설계두께가 확보될 수 있도록 설계하여야 한다. 다만 단단한 원지반의 부분적인 돌출을 쫓아내면 오히려 원지반을 전드리는 결과로 하중의 증대를 초래케 한다든지 여굴량이 현저하게 증가해서 불경제적이 되는 경우도 있을 수 있으므로 조건부로 설계두께선 내에 넣는 것을 인정하고 있다. 이 허용량에 대해서는 터널의 사용목적이나 암석의 견경성(堅硬性) 등에 따

라서도 다르기 때문에 공사수행시에는 미리 결정하여야 하지만 일반적으로는 10cm 정도 또는 설계 두께의 1/3 정도로 잡고 있다.

2) 최소두께선은 가령 콘크리트 라이닝 내면과 강아아치 동바리공 내면과의 사이의 거리(강아아치 동바리공의 덮개)가 너무 작아 펀칭전단(Punching Shear) 등에 의한 악영향을 생기게 할 우려가 있을 때에 이를 막기 위해 제시할 필요가 있다. 그 치수는 통상 10cm 이상 또는 매입된 강재의 폭 이상으로서 최소 두께선을 정하여야 한다.



(a) 결침판



(b) 끼움판

해설 그림11 널말뚝의 시공법 별 설계두께선과 강아아치 동바리공의 관계

제33조 수량 계산선

라이닝 두께선외에 필요한 경우에는 굴착 및 라이닝의 수량계산선을 정할 수도 있다.

【해 설】

터널공사의 도급계약등을 위하여 필요한 경우에는 설계도상에 수량계산선(Pay Line)을 표시할수도 있다는 것을 제시한 것이다.

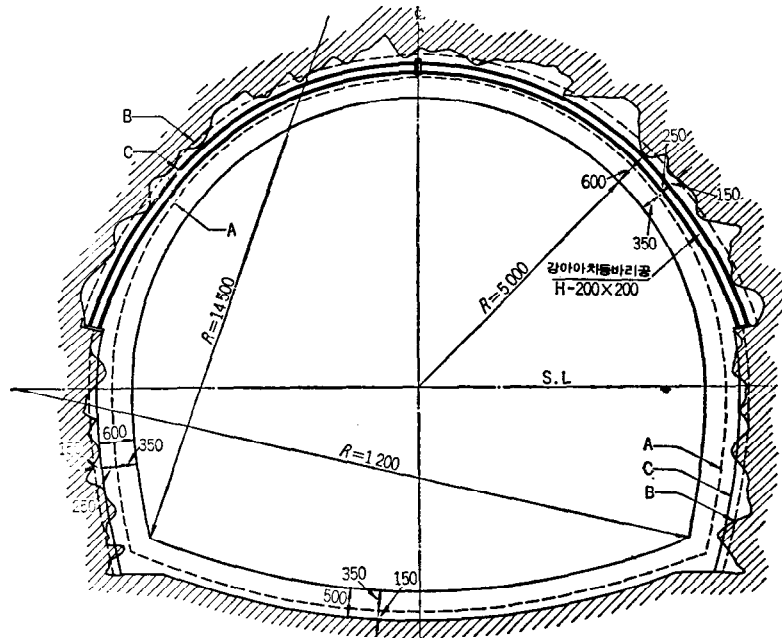
터널공사의 실제굴착량은 라이닝의 설계두께의 확보를 고려하여 동바리공이나 널말뚝을 넣기 때문에 당연히 설계두께선외에 필요한 양(量)과 그외측에 시공상 부득이 생기는 양이 포함되어야 한다.

또한 라이닝 콘크리트의 실제 시공량도 설계두께선 외에 생긴 공간에 들어가는 양이 가해질 것이다.

설계도면상에 수량계산선을 명시하는 방법은 설계 두께수량과 상기 여분의 양

을 제상한 단가를 기준으로 하는 방법등보다는 보다 공사의 실정에 맞는 타당한 공사비의 산출이 가능하고 공사의 청부 계약 등의 점에서 일보전진이라 생각해서 본 조항을 삽입한 것이다.

수량계산선의 설정시에 있어서는 실제 시공수량에 가까운 것을 나타내도록 많은 시공실례를 참조하는 등으로 가능한한 실정에 적합하게 하여야 한다. **해설 그림 12**는 터널의 수량계산선을 나타낸 1 예이다. (그림중의 실제두께선은 절첩판 을 써서 시공하는 경우에 대응 하는 것이다.



단위 : mm

A 선 : 최소 두께선

B 선 : 수량 계산선

C 선 : 실제 두께선

해설 그림 12 수량계산선의 1 예

제 5 장 동바리공의 설계

제 1 절 총 칙

제34조 동바리공의 선정

1) 동바리공은 지질, 터널단면의 크기, 굴착방식, 라이닝 방법등을 고려하여 작업상의 안전과 경제성이 확보되도록 신중히 설계하여야 한다.

2) 특히 암질이 양호해서 안전한 경우에는 동바리공을 생략할 수도 있지만 이와 같은 경우에는 탈락 등의 위험방지를 고려해서 주의 깊게 적당한 동바리공, 락크 보울트 (Rock bolt) 뿔어붙이기 공 등을 설계하도록 한다.

【해 설】

1) 동바리공은 작업상의 안전을 도모하기 위해서도 중요한 것이다. 따라서 지질 터널단면의 크기, 굴착방식, 라이닝의 방법, 작업원의 기능등을 종합해서 고려하고 또 경제적인 것을 택하여야만 한다.

동바리공으로서는 강아아치 동바리가 일반적으로 사용되고 있지만 락크 보울트나 콘크리트 뿔어붙이기공등에 의한 방법도 있으므로 지질, 기타 조건에 따라서 그 목적이 달성되도록 설계하는 것이 바람직하다.

2) 암질이 양호하게 보이는 경우라도 굴착후 시간의 경과로 원지반의 이완이나 발파,진동등에 따라서 탈락등이 생기가 쉬우므로 간단한 동바리공 또는 락크 보울트나 콘크리트 뿔어 붙이기공을 행하는 것이 바람직하다.

여기에서 말하는 적당한 동바리공이란 강아아치동바리공으로서는 제38조 표 2의「제34조(2)로 정해지는 경우」정도의 것을 말한다.

제 2 절 강아아치 동바리공

제35조 강아아치 동바리공 설계의 기본

1) 강아아치 동바리공은 굴착작업과 함께 또는 굴착후 될 수 있는 대로 빠르게 설치할 수 있고 라이닝 완료시 까지 하중을 안전하게 지지하는 것이어야 한다.

2) 강아아치 동바리공은 필요한 강도와 설치 간격이 확보되어 침하, 변위, 접도 비틀림 등을 일으키지 않도록 설계 하여야 한다.

【해 설】

1) 터널굴착에 수반되는 동바리에 대한 하중은 굴착후의 시간경과와 더불어 증대하는 일이 많으므로 굴착후 조속히 설치할 수 있는 동바리로 설계하여야 한다. 또한 일단 설치한 강아아치동바리를 철거한다는 것은 굴착으로 이완된 원지반을 받치고 있는 동바리를 일시에 빼어내는 결과가 되어 매우 위험하므로 안전성의 견지에서 강아아치동바리는 콘크리트 라이닝속에 묻는 것을 원칙으로 한다. 그리고 콘크리트 라이닝속에 묻힌 강아아치 동바리는 라이닝 후에도 라이닝 콘크리트와 함께 원지반을 지지한다고 생각되고 있다.

강아아치 동바리는 여러가지 점에서 복제, 지주식(支柱式) 동바리등에 비하여 장점을 갖고 있지만 강아아치동바리라 하더라도 과신(過信)은 위험하므로 그 특성을 발휘하고 안전을 확보하기 위해서는 충분히 주의하여야 한다.

여기에서 말하는 강아아치 동바리공에는 도갱(導坑) 동바리공은 포함되어있지 않지만 도갱용의 강아아치동바리공도 제 2절 강아아치 동바리공의 각조에 준해서 설계하여야 한다.

2) 강아아치동바리공은 제 3장에서 기술한 하중에 견디고 변형을 일으키지 않는 강도와 설치간격을 가진 것이 기본인데 특히 다음 제점에 주의하여야 한다.

가) 지질이 연약하여 지내력에 불안이 있는 경우에는 그 상황에 따라 적판반침(Template) 또는 월 프레임트(wall plate)를 깔거나 바닥보강 콘크리트 등을 시공하여 침하, 변형을 일으키는 일이 없도록 할 것.

나) 사지재(斜支材)에 의거 터널축 방향의 힘으로 전도되지 않도록 할 것.

다) 잘연결하여 비틀림등을 일으키지 않도록 할 것.

제36조 강아아치 동바리공의 형상 치수

강아아치 동바리공은 지질 및 시공법과의 관련을 고려해서 그 형상이나 치수를 결정하여야 한다. 또 이음이 적고 예상되는 외력 기타 제조건에 대해서 유리한 형상을 가지며 시공상 편리한 것이라야 한다.

【해 설】

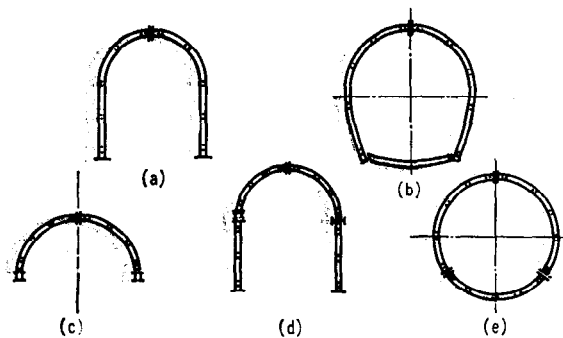
강아아치 동바리는 해설 그림(13)에 나타난바와 같이 여러가지 형상의 것이 있다.

선택하는 형상이나 치수는 지질에 따른 하중의 크기 및 성질, 시공법 등과의 관련을 생각해서 결정하여야 한다. 그리고 하중에 의한 변형과 제작이나 설치등의 시공오차에 대한 여유도 고려해 두어야 한다.

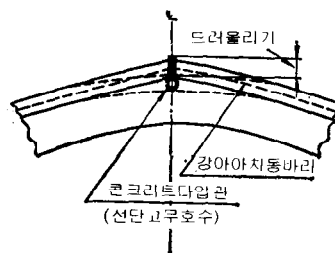
1) 이음을 적게하는 것에 대하여 : 이음은 동바리의 약점이 되므로 될 수 있는 대로 적은 것이 바람직하다. 해설 표14 는 터널폭 약 10m 의 상부 반단면용 2부재 동바리와 4부재 동바리에 대한 외국의 비교 시험결과이다.

이에 의하면 2부재 동바리는 대칭하중, 편하중의 어느 경우도 4부재 동바리에 비하여 약 2 배의 강도를 나타내고 있다.

2) 시공상의 편의에 대하여 : 예를 들면 콘크리트 펌프를 사용해서 얇은 복공을 시공하는 경우는 콘크리트 타입판의 삽입에 지장을 주지 않도록 동바리의 크라운(Crown) 부분을 해설 그림14 와 같이 들어 올려서 설치할 필요가 있다. 그리고 부재구부리는 가공의 편의를 생각하면 그 양단에 다소의 직선부를 두는 것이 경제적이다. 다만 직선부를 너무 길게 하면 동바리의 약점이 되므로 피하여야 한다.

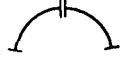
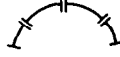
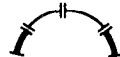
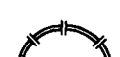


해설 그림13 강아아치 동바리의 각종 형상



해설 그림14 들어 올리기

해설 표14. 2 부재 동바리공과 4 부재 동바리공의 강도 비교

부재 수	약도	동바리공용현레일의 본수와 종류	무게 (kg / 조)	대전 하중  총면적하중 (t)	편 하중  파괴 하중 (t)
2 부재		아아치 1-50	563	48(100%)	28(100%)
4 부재		아아치 1-50 포스트 1-50	683	—	15(54%)
		아아치 1-50 포스트 2-30	685	48(100%)	14(50%)
		아아치 2-30 포스트 2-50	1017	29(60%)	17(61%)

주) 동바리공의 무게는 현 50kg 레일=46.4kg/m, 현 30kg레일=27.7kg / m로 하여 계산하였다.

제37조 강아아치 동바리공의 재질(材質)

1) 강아아치 동바리공에는 신장율(伸張率)이 크고 휨이나 용접 등 가공성이 양호한 강재를 쓰는 것이 좋다.

2) 구부림 가공은 특별한 경우를 제외하고 냉간가공(冷間加工)으로 정확하게 행하여야 한다. 또한 용접, 구멍뚫기 등에 있어서는 소재(素材)의 재질을 해치지 않도록 해야 된다.

【해설】

1) 강아아치 동바리공에 쓰이는 강재는 큰 하중이 걸려서 큰 변형이 있더라도 꺾여서 파괴되지 않고 냉간으로 상당히 급한 원호로 구부려 가공한다는 점에서도 신장율이 크고 너무 경(硬)하지 않은 것이 좋다.

용접에 대해서는 동바리로서 사용상의 특성으로 보아 통상 특히 엄격한 시방에 의하지 않아도 된다고 생각되지만 용접이 상당히 곤란한 재질의 것은 이음

기타의 용접가공에 불편하며 또 수시 용접보강의 효과가 없는 등의 불리한 점도 생긴다.

이들 제 점과 경제상의 고려도 포함해서 현재로서는 가장 쉽게 입수 가능한 KS D 3503에 규정된 SB 41 정도의 강재가 적당하다. 특히 필요한 경우에는 검토한 후 보다 높은 강도의 강재나 보다 용접성이 좋은 강재의 사용도 고려된다.

강아아치 동바리용으로서, 주로 경제적인 이유에서 철도용 레일이나 경편(輕便) 레일 등의 중고품이 쓰이는 일도 있는데 이들 현 레일은 강도는 크지만 재질이 경(硬)하고 늘임도 적은데다가 구부리거나 용접 가공성도 좋지 않으므로 가공중에 뜨는 사용중에 급히 꺾이는 일이 있다. 따라서 사용시에는 부식이나 마모가 현저한 것, 험집이나 금이 간 것 등은 사용하지 않도록 하고 또 외관상의 결함은 발견할 수 없다 하더라도 이미 피로(疲勞)한도에 달하여 있다든지 알 수 없는 결함이 있는 경우도 있으므로 주의를 요한다.

2) 동바리용 재료에 험집이 있는 경우 열간가공(熱間加工)보다 냉간가공 쪽이 그 발전이 용이하며 열간가공은 열관리도 곤란하므로 냉간가공을 원칙으로 한 것이다. 그리고 가공시에는 단면의 변형, 비틀림 등이 생기지 않도록 주의하여야 한다.

냉간가공인 경우의 최소 반경의 표준을 해설 표15에 기재하였다.

해설 표15 H형강의 냉간가공에 의한 최소 곡률반경

H형강의 치수	단위중량(kg / m)	최소곡률반경(mm)
H-100×100	17	1,300
H-125×125	24	1,600
H-150×150	32	2,500
H-175×175	40	3,500
H-200×200	50	4,500
H-250×250	72	5,500

제38조 강아아치 동바리의 단면과 설치 간격

1) 강아아치 동바리용 강재의 단면은 하중, 라이닝 두께, 동바리의 최소덮개, 시공법 등을 고려해서 적당한 것을 선택하여야 한다. 또한 단독으로 쓰는 경우라도 충분한 강성(剛性)을 가지며 좌굴(座屈: Buckling), 비틀림 및 국부적인 하중에 의한 변형 등에 잘 견디는 것 이어야 한다.

2) 강아아치 동바리의 설치간격은 120cm 이하를 표준으로 하며 최대 150cm 이하로 하여야 한다.

3) 강아아치 동바리의 형상, 치수 및 설치 간격은 책임기술자가 이를 정하여야 한다. 이 경우 제30조 표 1의 흙하중을 적용한 때에는 표 2의 값을 써도 된다.

표 2 강아아치 동바리의 단면과 설치간격

	제34조(2)로정해지는 경우		토압이 있다고 추정되는 경우		토압이 크다고 추정되는 경우	
	형 상 치 수	간격 m	형 상 치 수	간격 m	형 상 치 수	간격 m
5 m	H - 100×100 (17kg / m)	1.5	H - 125×125 (24kg / m)	1.2	H - 150×150 (32kg / m)	1.0
10m	H - 150×150 (32kg / m)	1.5	H - 200×200 (50kg / m)	1.2	H - 250×250 (72kg / m)	1.0

주) 이 표는 폭 5 m에 대해서는 전단면, 폭10m에 대해서는 상부반단면용의 강아아치 동바리에 적용되는 것으로 안전율을 약 2로 하여 정한 것이다.

【해 설】

1) 강아아치 동바리용 강재의 단면은 라이닝의 두께, 콘크리트의 최소덮개, 시공법등을 생각해서 적당한 것을 선택하지 않으면 안된다. 또 강아아치 동바리에는 터널측에 직각방향으로 외력이 걸리는 것이 보통이지만 터널 축방향으로도 외력이 걸리는 일이 종종 있으므로 부재단면으로서는 횡축에 대한 단면계수(터널측에 직각방향의 외력에 대한 저항성)가 큰것만으로는 불충분하므로 종축에 대한 단면계수(터널축방향의 외력에 대한 저항성)도 될 수 있는대로 큰 것이 좋다.

물론 좌굴 비틀림 등에 대한 저항성도 가능한 한 큰 것이 좋으며 플랜지가 얇은 것은 국부적 하중에 의한 변형을 일으키기 쉬우므로 주의를 요한다.

H형 강재에는 플랜지 두께가 일정한 패러렐(Parallel) H형단면과 플랜지 두께에 테이퍼(Taper)를 둔 레이퍼 H형 단면이 있다.

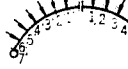
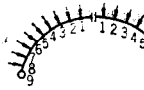
2) 강아아치 동바리의 설치간격은 토압의 크기에 대응하도록 변경되어야 한다. 외국의 예에 의하면 제34조 2)에 정해진 바와 같은 지질인대 180cm 정도로 한

에도 있는데 이와 같이 넓게 하면 탈락이라도 있는 때에는 동바리의 강재에는 이상이 없는데 널말뚝이 꺾여 버리는 일이 있으므로 안전성의 견지에서 강아아치 동바리를 설치하는 이상 그 간격은 120cm 이하를 표준으로 하고 최대를 150cm로 하였다.

그리고 그 최소간격은 라이닝 콘크리트가 동바리의 주위에 충분히 골고루 미치게 할 수 있을 것인가의 여부에 따라 결정되지만 널말뚝을 끼움판으로 시공하는 경우 등에는 간격을 60cm정도 이하로 하면 시공이 곤란하게 되므로 주의를 요한다.

3) 표 2의 기초가 된 것은 일본 토목연구소에서 행한 각종 강아아치 동바리공의 재하파괴시험 결과로서 그 시험결과는 해설 표16에 나타낸 바와 같다.

해설 표16 파괴 하중의 높이

내공단면의 폭 (m)	종 별	단위중량 (kg/m)	파괴하중의 높이 (m)	적 요
5	H-100×100	17	3.5	
	H-125×125	24	6.0	
	H-150×150	32	9.0	
10	H-150×150	32	3.5	
	H-200×200	50	6.5	
	H-250×250	72	11.0	
	태이퍼부 H-175×175	47	6.0	
	파이프 216.3/5.8	30	3.5	
	파이프 216.3/8	41	6.5	

주) 이 표는 동바리공 1 기의 파괴하중을 터널연장 1 m 당의 하중 높이로서 나타낸 것이다.

제39조 쐐기

강아아치 동바리공의 아아치 작용에 필요한 동바리와 원지반 사이의 쐐기는 설계에 명시하여 확실히 작용하도록 하여야 한다.

【해 설】

강아아치 동바리를 조립할 때 원지반과 동바리의 사이에 쐐기 타입에 의해서 동바리에 토압을 전달하고 원지반의 이완을 막으며 하중의 증대를 방지하는 것이다. 또한 쐐기는 터널동바리의 아아치 작용을 확보하는데 필요 불가결한 것이므로 크라운(Crown)과 스프링(Spring)에는 반드시 이를 넣는 외에도 원주부(円

周部)에 대해서도 중심각 30°에 대하여 1개이상 동바리에 연해서 120cm 정도이하의 간격으로 이를 넣는 것을 표준으로 하고 확실하게 끼워지도록 하여야 한다 그리고 동바리용재(材)와 원지반과의 간격이 넓은 때는 새들(Saddle)을 짜도록 하고 통나무지주를 세워 썰기에 대신하는 것은 위험하다.

해설 표17은 썰기의 조이기 방법 및 사용위치가 동바리에 미치는 영향에 대한 실험에(일본 토목학회 논문집 제88호 「터널의 강아아치 동바리공에 관한 연구」참조)이다. 즉 잘 기능이 발휘되고 있는 썰기가 아아치부에 9개소 있는 강아아치 동바리의 강도에 비해서 썰기가 이루어져 감에 따라 점차 강도는 90~60%가 되고 또 썰기가 5개소로 되면 80~50%, 썰기가 2개소로 되면 60~40%가 되어 썰기의 조이기방법 및 사용위치가 동바리의 강도에 미치는 영향은 매우 크다는 것을 나타내고 있다.

강 도 비 교 (%)

썰기의 위치 썰기의 조이기방법			
썰기가 잘들고있는동바리공	100	80	60
썰기가 이루어진 동바리공	90	70	50
썰기가 들고있지않는 동바리공	60	50	40

제40조 강아아치 동바리의 이음

강아아치 동바리의 부재 상호의 이음은 연결판, 이음판 및 보울트등에 의거 구조상의 작용에 적합하고 또 강고하게 연결하도록 설계하여야 한다.

【해 설】

해설 그림 15 (a) (b)는 아아치 크라운부의 연결판의 설계 예를 나타낸 것이며 **해설 그림16**은 이음판의 설계 예를 나타낸 것이다.

제41조 저판(底板) 및 저판 받침(Template)

강아아치 동바리공은 하중에 의한 침하를 방지하기 위하여 부재하난에 저판을 붙이도록하고 필요에 따라 서판받침의 설치등으로 충분한 지지력을 갖도록 하여야 한다.

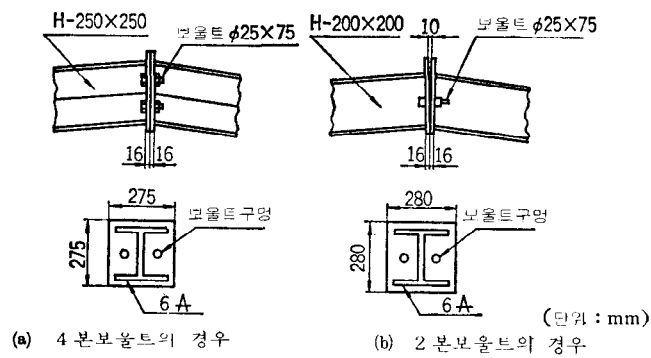
【해 설】

해설 그림17 은 저판의 설계예를 나타낸 것이다.

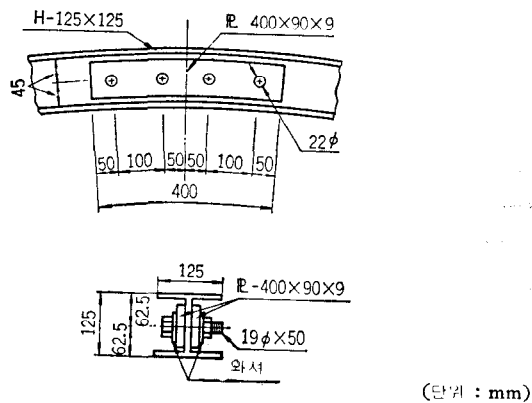
해설 그림18 은 저판받침에 목재 또는 철근콘크리트를 쓴 예이다.

제42조 월프레이트 및 바닥 보강콘크리트

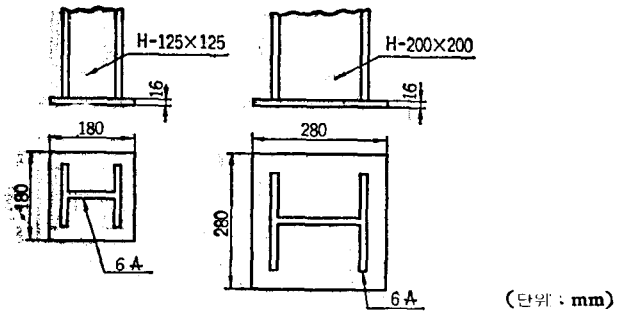
강아아치 동바리공은 필요에 따라 월프레이트(wall plate) 또는 바닥 보강콘크리트등을 사용하여 각 동바리공의 일체화를 기하여 하중에서의 한 부등침하를 방지함과 동시에 충분한 지지력을 갖도록 하여야 한다.



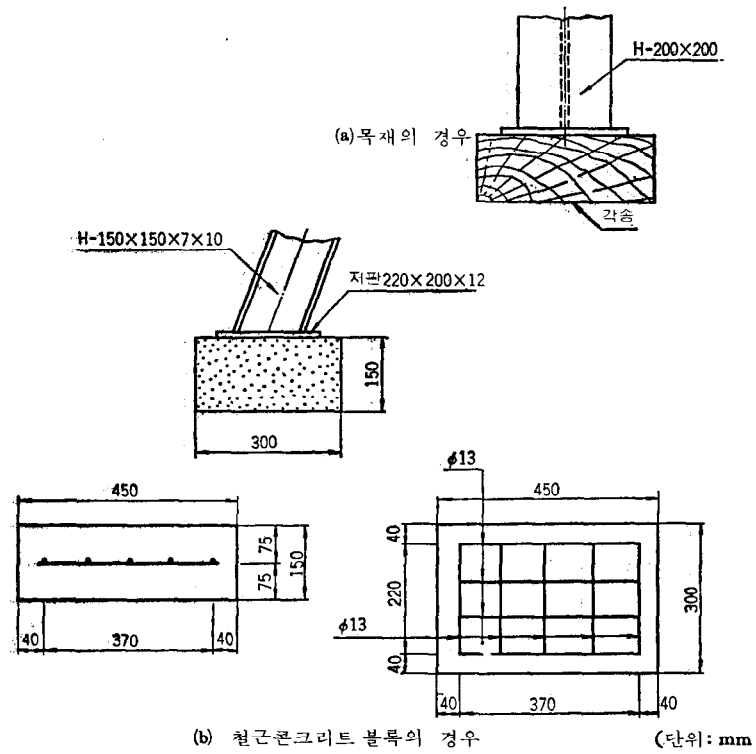
해설 그림15 아아치 크라운부의 연결판



해설 그림16 이음판



해설 그림17 저 판



(b) 철근콘크리트 블록의 경우

해설 그림18 저판 받침

【해 설】

강아아치 동바리에 걸리는 하중이 커서 동바리 각부(脚部)의 지내력이 부족한 경우등에는 필요에 따라 월프레이트 또는 바닥 보강콘크리트를 쓰는 것이 좋다. 이들은 하중에 의한 침하를 방지함과 동시에 동바리를 일체화하여 동바리의 지내력을 증대시키기 때문에 매우 유효한 방법이다.

(해설그림 19, 그림 20참조)

또한 하중에 의한 침하를 방지하는 방법으로서 각부(脚部)에 강널말뚝(steel steet pile)을 까는 방법이 있다(해설 그림 21참조) 그런데 목재 널말뚝을 겹쳐서 까는 것은 널 말뚝이 부러져 침하방지 역할을 하지 못하는 일이 많으므로 피하는 것이 좋다.

제43조 연결

강아아치 동바리공 상호간은 연결보울트, 연결재등으로 강고하게 연결하여야 한다.

【해 설】

터널축방향에 작용하는 외력에 대처하도록 동바리 상호간은 연결시켜야 한다.

연결보울트는 인장에 대하여 충분히 작용하게 하여야 하며 연결재는 설치초기(동바리설치구간의 양단)에 있어 터널 축방향의 외력 및 발파의 진동 등에 견디도록 설계하여야 한다. 이 연결은 크라운과 스프링에는 반듯이 있어야 하며 그 외에도 동바리재에 연해서 120cm이하의 간격으로 하는 것이 바람직하다.

해설 그림22 (a) (b) 및 해설 표18은 연결 보울트 연결재의 설계예를 나타낸 것이다.

제32조 해설에서 기술한 바와 같이 목재연결재는 라이닝 시공전에 떼어내어야 하지만 목재연결재를 떼어 내는 것이 위험하다고 판단되는 경우등에는 강재를 써서 설계하는 것이 좋다.

또한 필요에 따라서는 사재(斜材)에 의한 연결방법을 택하는 일도 있다. 해설 그림23은 그 설계 예를 나타낸 것이다.

해설 표18 연결보울트, 연결재

종 별 동바리의 크기	연결보울트경 (mm)	연결재비제목 말구경 (cm)
H - 150×150	16~22	9
H - 200×200	19~25	12

제44조 널말뚝

강아아치 동바리공의 외주에는 주위의 암석, 토사를 막기 위하여 지질, 기타 조건에 따라서 널말뚝, 널판, 철제 널말뚝, 라이너 플레이트(Liner plate) 등을 설계하여야 한다.

[해설]

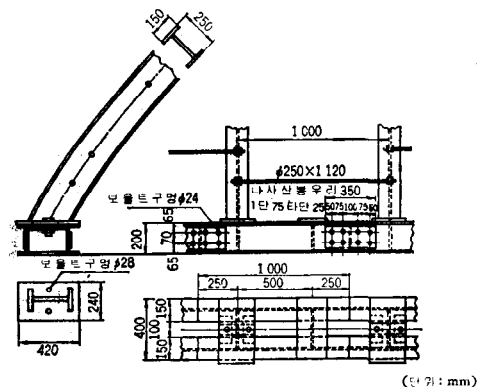
보통 널말뚝의 두께는 3~4.5cm 정도이며 널판은 말구(末口) 9~12cm의 비제목을 쓴다.

철제 널말뚝을 쓰는 경우는 뒷채움 주입을 행하는 편의를 미리 고려해서 설계해둘 필요가 있다.

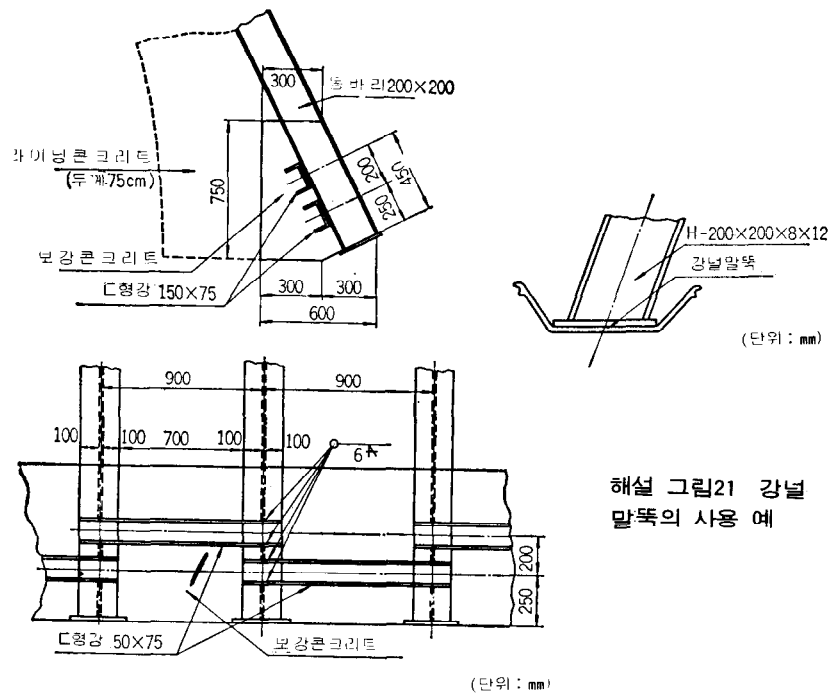
그런데 끼움판의 경우는 라이닝 콘크리트를 동바리공 강재의 주위에 골고루 미치도록 하기 위하여 널말뚝 또는 널판의 단부 절단을 반듯이 행하여야 한다.

또한 하중이 걸린때의 널말뚝의 꺾임을 방지하기 위하여 또는 단부를 절단한때의 널말뚝의 이완을 막기 위하여는 바깥을 설계해둘 필요가 있다. (해설 그림

8 참조)

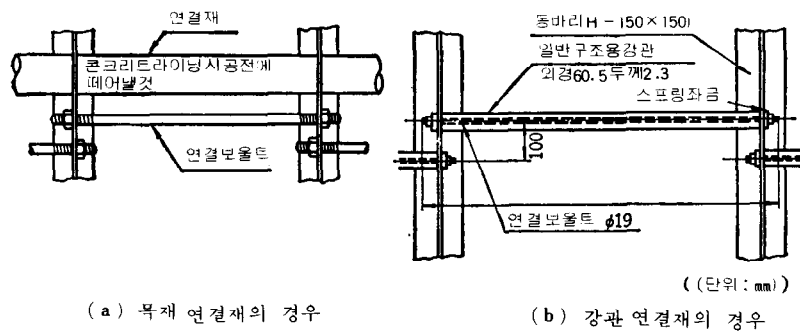


해설 그림19 널프레이트의 예



해설 그림21 강널
말뚝의 사용 예

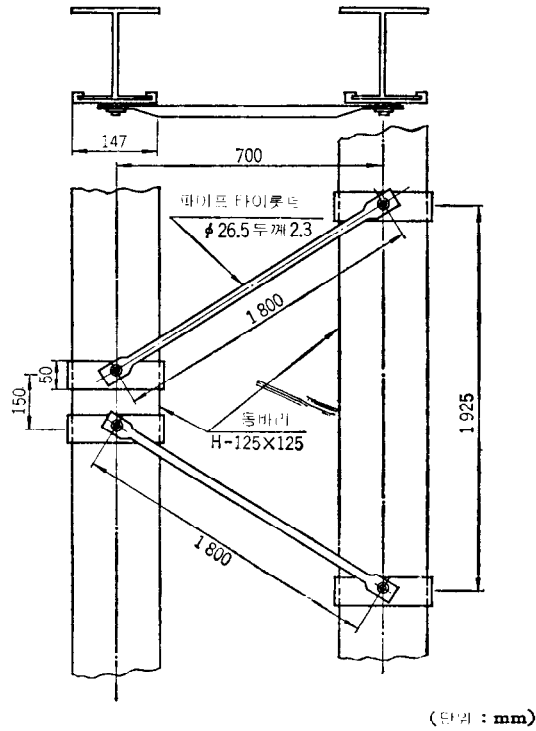
해설 그림20 바닥 보강 콘크리트의 예



(a) 목재 연결재의 경우

(b) 강판 연결재의 경우

해설 그림 22 연결 보울트, 연결재



해설 그림 23 사재(斜材)에 의한 연결

최근, 강압(強圧)을 받는 경우나 도갱(導坑)널말뚝과 같이 전용(轉用) 가능한 경우등에 콜게이트(Corrugate) 철재 널말뚝등이 쓰인 예도 있다.

라이너 프레임은 여러가지 장점이 있지만 우리나라에서는 아직 쓰일 일이 없는 데 앞으로 연구검토되어야 할 것이다.

제45조 사지재(斜支材)

강아아치 동바리공 시공구간이 짧은 경우 또는 종방향으로 하중이 걸릴 우려가 있는 경우는 사지재등으로 전도방지를 도모하여야 한다.

【해 설】

저설도갱으로부터 파 라간 최초의 석 중 또는 전후 원지반의 지질이 좋은 경우 등에서 강아아치 동바리의 연속설치기수(基數)가 적은 장소, 갯구 부근 및 지

질이 나빠 편압이 걸리는 개소 등에는 동바리는 종방향으로 하중을 받는 일이 있으므로 반듯이 사지재 등을 설계할 필요가 있다.

강아아지 동바리를 과신(過信)하여 상기와 같은 쪽 필요하다고 생각되는 개소에 사지재 등을 설계하지 않는 예도 있으므로 특히 주의 할 필요가 있다.

제 3 절 락크 보울트(Rock bolt)

제46조 총 칙

락크보울트의 채용은 사용목적, 사용지점의 지질, 시공법 및 경제성을 고려, 적절한 계획을 세워야 한다.

【해 설】

락크보울트는 광산이나 지하발전소 등에서 사용되는데 동바리로서는 아직 사용되고 있지 않다.

그러나 락크보울트는 강아아지동바리나 지주식(支柱式) 동바리와 같이 터널의 내측에서 원지반을 지지하는 동바리와는 달리 원지반 그 자체가 가진 강도를 이용해서 원지반을 지지하는 것이므로 터널내의 공간을 넓게 취한다는 점, 사용재료가 비교적 적다는 점, 터널의 단면형상의 변화에 대해서 적응성이 크다는 것, 복공을 행하는 경우, 복공의 약점이 되는 재료를 포함하고 있지 않다는 점 등 많은 특징을 갖고 있어 락크보울트를 잘 이용함으로써 터널의 강도 및 경제성을 높일 수가 있다.

락크보울트는 원지반이 어느 정도 자립성이 있는 것이라면 적당한 앵커(Anchor)의 종류, 시공법을 선택함에 따라 넓은 범위의 지질에 사용할 수가 있다.

락크보울트가 원지반을 지지하는 기구에 대해서는 명확하지는 않지만

가) 매다는 작용

나) 보강작용

다) 보의 형성작용

의 3 가지가 고려되고 있다.

가)의 매다는 작용이란 터널굴착에 의해서 이완되어 탈락하려는 암괴(岩塊)를 이완되어 있지 않은 심부(深部)의 원지반에 결속시켜 지지하는 작용이고 나)의 보강작용이란 이완된 암석상호를 락크보울트로 보강, 전체로서 일체(一體)인 구조체로서 작용하는 껍질을 터널주위에 형성하는 작용이며 다)의 보형성작용이란

층상(層狀)의 지층 각층간을 락크보울트로 연결, 조여붙이므로써 각층간에 작용하는 마찰력을 증대시켜서 보로서의 내하력을 증대시키는 작용이다.

락크보울트의 배치능을 결정하는 방법에는 굴착후의 원지반 상태로 보아 락크보울트의 배치를 그때의 상황에 따라 랜덤(Random)으로 정하는 소위 랜덤 보울팅(Random Bolting)의 방법과 미리 보울트의 매입깊이, 배치를 결정해서 그대로 시공하는 소위 패턴 보울팅(Pattern Bolting)의 두가지 방법이 있다.

굴착상황을 보아 적당하게 보울트위치를 결정하는 랜덤보울팅 쪽이 일견 합리적이고, 경제적이라 생각되지만 원지반내부의 균열상황을 판단하는 것이 어렵고 굴착면의 외관으로 보울트위치를 판단한다는 것은 위험하다.

터널에서의 락크보울트의 사용목적은 매다는 작용을 기대하는 뜯돌의 탈락방지로 부터, 주로 터널의 아아치부분 또는 전주(全周)의 굴착에 의하여 이완된 원지반을 보강, 전체로서 일체인 접질로서 작용하는 구조체를 원지반에 형성한다고 기대하는 본격적 원지반 아아치형성에 이르기까지 여러가지가 있으며 전자의 경우는 랜덤보울팅이라도 좋지만 후자의 경우는 미리 결정되어진 배치에 의거 조직적으로 락크보울트를 시공하는 패턴 보울팅이 필요하게 된다. 지질상황이 변화하는 경우는 배치를 전체적으로 변화게 하고 보울트의 중간점 등에 있어서는 탈락하려는 부분이 국부적으로 보이는 경우는 보조적으로 보울트를 추가하든가 연결재 등으로 이를 방지하여야 한다.

이 시방서에는 아아치부를 갖인 보통형상의 터널에 락크보울트를 적용하는 경우에 대해서 다루고 있다.

제47조 락크 보울트의 재질(材質) 및 형상

락크 보울트는 강봉 또는 이형봉강(異形棒鋼)으로 제작하도록 하며 그 재질, 강도, 형상치수는 각각의 봉강의 KS규격에 적합한 것이어야 한다.

【해 설】

락크보울트는 일반구조용재료나 마찬가지로 신뢰성있는 규격품을 써야 한다. 락크보울트는 인장재로서 작용되므로 인장강도가 큰것이여야 하는데 동시에 원지반의 급격한 탈락을 방지하기 위하여 신장율(伸張率)이 큰것이 필요하다.

American mining Congress가 탄강의 락크보울트규격으로 사용하고 있는것을 표시하면 해설 표19와 같다.

보통으로 사용되는 락크보울트의 굵기는 Expansion 형의 앵커를 쓰는 경우에 16~22mm, Wedge형일때 22~25mm이다.

라크보울트는 경(徑)이 큰것을 적게 쓰는것 보다도 경이 작은 것을 많이 쓰는 편이 유효하다고 생각된다.

해설 표19 라크 보울트 의 규격별 재질

규격항목	기 계 적 성 질			화 학 성 분	
	인 장 강 도 (최소)	항 복 점 (최소)	늘 음 (최소) 표점간격20cm		
보울트종류				인 (최대)	유 황 (최대)
보통강도보울트	60.000psi (42kg/mm ²)	30.000psi (21kg/mm ²)	17%	0.040 %	0.050 %
고 인 장 보 울 트	80.000psi (56kg/mm ²)	40.000psi (28kg/mm ²)	12%		

제48조 라크 보울트의 앵커 형식

라크 보울트의 앵커는 지질상황, 시공방법, 사용 목적등을 고려하여 충분한 정착이 가능한 것이어야 한다. 사용하고자 할때에는 현장 부근에서 사용장소와 마찬가지로의 지질조건을 가진 장소를 택하여 인발 시험(引拔試驗)을 행한다음 앵커강도의 확인을 하는것이 좋다.

【해 설】

라크보울트의 앵커에는 매우 많은 종류가 있는데 사용지점의 지질상황, 시공 방법 영구적인 것인가 또는 라이닝을 시공하기까지의 일시적인 것인가 등의 사용목적을 고려해서 신중하게 선택하여야 한다. 라크보울트의 앵커를 대별하면 아래와 같다.

- 가) Wedge형
- 나) Expauin형
- 다) 접착형(接着型)

Wedge형은 보울트의 일단에 홈을 두고 이에 켜기를 삽입한것을 보울트구멍에 삽입하여 Stopper등을 써서 보울트를 강타, 공저(孔底)와 켜기를 써서 홈을 눌러 넓혀 정착하는 방식의 것이다. 홈의 길이는 통상 15cm 정도의 것이 쓰인다. 이형식으로는 정확한 깊이에 보울트구멍을 천공하는 것이 필요하다.

해설 그림24는 켜기형 앵커의 1 예이다. Expansion형은 내측으로 테이퍼를 갖 인 1 개 또는 2 개로된 shell과 그것에 적합한 테이퍼를 붙인 plag로 되어 있으며 보울트를 인장하므로서 plag를 shell내에 집어넣어 shell을 눌러 넓혀서 정착 하는 것이다. 따라서 보울트구멍의 깊이는 보울트 보다 길게하면 문제가 되지

않지만 공경(孔徑)은 정확하여야 한다. 해설 그림25 는 Expansion형의 1 예다.

접착형은 접착재(接着劑)등을 써서 보울트를 보울트구멍에 정착시키는 것으로서는시멘트, 석고등의 무기재료(無機材料)를 사용한것과 포리에스틸계 수지(樹脂), 에폭시수지등의 유기재료(有機材料)를 사용하는 것이 있다.

접착형의 것은 Wedge형, Expansion 형등 기계적인 앵커가 부적당한 비교적 연약한 지질에도 적용할 수 있다. 접착형에는 기계적인 방식의 것과 같이 보울트 삽입후 곧 조이기를 행할 수는 없지만 정착부의 암석에 국부적인 큰 응력을 발생시키지 않는다는 점, 앵커부의 활동이 적다는 점등의 특징이 있다. 접착형의 락크보울트에는 보울트전장(全長)에 걸쳐서 정착시키는 경우와 공저부터 정착에 필요한 길 이만을 정착시키는 경우가 있다.

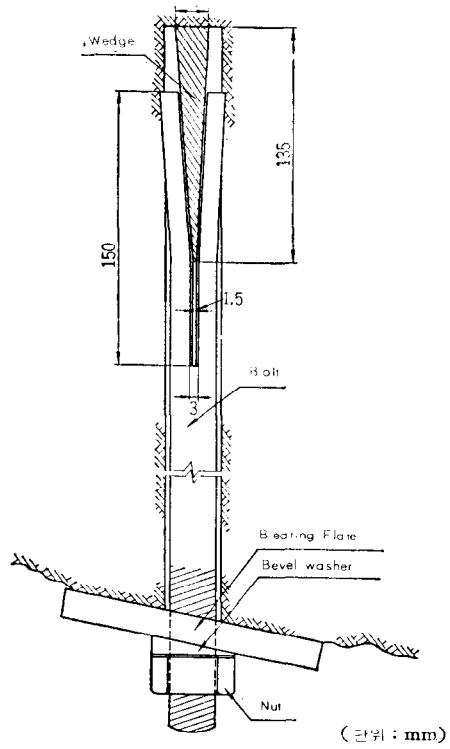
보울트전장에 걸쳐서 정착시키는 경우는 조여 붙이기는 행하지 않는것이 보통이다.

락크보울트의 능력을 충분히 발휘시키기 위해서는 지질에 적합한 충분한 강도의 앵커를 쓰는것이 중요하지만 앵커의 강도는 지질에 따라 변화하므로 선정된 앵커가 지질에 적합하고 충분한 강도를 갖는 지의 여부를 현지에서 인발시험을 실시해서 확인하는 것이 좋다.

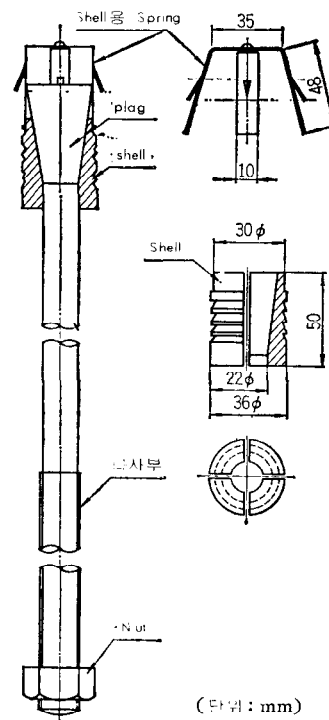
해설표 20은 일본 국립철도기술연구소에서 행한 지질과 앵커의 강도관계의 시험결과이다.

해설 표20 앵커 정착력 시험(예)

앵커의 형 식	지 질		앵 커				비 고
	암석명	압축강도 (kg/cm ²)	천공경 (mm)	보울트 이 경 (cm)	보울트 경 (mm)	인발하중 (t)	
Expansion (Shell 의 경36 mm)	유문암 (流紋岩)	3,340	40	187	22	12~19	보울트의 늘음이 커지기 때문에 19t에서 중지(38 mm의 Bit로 천공)
	안산암	2,560	"	78	"	9 이상	시료암석이 9 t에서 파 괴 다이아몬드코아 비트 로 천공
	대리석	760	"	85	"	11	다이아몬드코아 비트로 천공
	응회암 (凝灰岩)	590	"	87	"	8	"



해설 그림24 Wedge형 Rock bolt



해설 그림25 Expansion형 Rock bolt

제49조 락크 보울트의 삽입 간격 및 길이

락크 보울트의 길이는 삽입간격의 2 배 이상을 표준으로 하고 삽입 간격은 가능한 한 최대 1.5m를 넘지 않도록 한다.

다만 끈돌 이나 다른 동바리의 보조로서 쓰이는 경우는 예외 이다.

【해 설】

락크 보울트의 삽입간격, 길이의 결정 방법에는 일반적으로 인정된 표준적인 방법이라 할만한 것은 없고 과거의 경험, 실적에 따라 행해지고 있는 것이 보통 이다.

락크보울트의 삽입간격, 길이를 결정하는 때에는 원시반의 강도, 잘라진 틈의 간격, 방향, 터널의 치수, 사용목적등을 고려하여야 한다.

터널 단면의 치수보다 긴 락크보울트는 도중에 이음등을 두지 않으면 삽입할 수 없으므로 통상의 경우 락크보울트의 최대 길이는 터널단면의 치수에 따라 제한 된다.

굴착에 의하여 이완된 원지반을 보강해서 일체로 작용되는 구조체의 형성을 기대하는 경우에는 반듯이 락크보울트를 이완되어 있지 않은 원지반까지 도달시킬 필요는 없다.

T. A. Lang의 실험에 의하면 락크보울트로 공사체를 조이고 공시체내에 균일한 압축대(IE縮帶)를 형성하기 위해서는 락크보울트의 길이는 삽입간격의 2 배 이상이 필요하다고 한다. 이값은 시공 실적과도 대략 일치하는 것으로 개략적인 표준이라 볼수 있을 것이다.

락크보울트의 삽입간격을 결정하는 경우 원지반의 잘라진 틈의 간격이 큰 요소가 된다고 생각된다.

T. A. Lang의 채석을 쓴 실험에 의하면 대석을 조여서판(版)을 만든 경우 베어링 플레이트(Bearing Plate)간의 순간격이 채석의 평균경의 3 배이하면 그 판은 안정되었다고 한다.

따라서 터널의 경우와 같이 암괴상호가 엮물려 있는 경우는 평균 균열 간격의 3배 정도의 간격으로 락크보울트를 삽입하면 대략 안전하다고 생각된다.

최대삽입간격을 1.5m로 한것은 현재 일반적으로 사용되는 락크보울트의 내하능력이나 기타 실적을 기초로한 개략적인 기준이라 하겠다.

락크보울트의 매달기 작용을 기대하는 경우에는 그 길이는 굴착으로 이완되어 있지 않은 원지반에 도달할 때까지의 길이가 필요하다.

제50조 탈락 방지

락크보울트와 락크보울트사이의 원지반이 탈락할 우려가 있는 경우에는 L형강 ㄷ형강등으로 락크보울트간을 결합한다든지 철망을 까는 등으로 탈락을 방지 하여야 한다.

【해 설】

락크보울트와 락크보울트사이의 원지반의 탈락은 위험할뿐만 아니라 큰 붕괴의 원인이 되므로 이를 방지 하여야 한다.

락크보울트간의 탈락을 방지하기 위해서는 일반적으로 큰 힘을 필요로 하지 않는 경우가 많아 철망정도의 것으로 충분한 경우가 많다. 철망을 쓰는 경우 철망의 이음을 15cm정도 겹치도록 하고 베어링 플레이트 및 나사위에 별도의 플레이트와 나사를 써서 붙이는 것이 좋다.

제51조 베어링 플레이트

베어링 플레이트는 충분한 크기 및 두께는 갖는 것이어야 한다. 또한 락크보울트와 베어링 플레이트가 적당히 되지 않는 경우는 베벨와셔등을 써서 베어링 플레이트와 너트간의 간격이 없도록 하여야 한다.

【해 설】

락크보울트에 도입된 힘은 베어링 플레이트를 매개로 원지반에 전달되는바 앵커부와 베어링 플레이트간의 원지반에 압축력을 작용시킨다. 따라서 베어링 플레이트의 크기는 락크보울트의 힘이 원지반의 지압강도를 넘지 않는 크기가 될 만큼의 충분한 면적을 갖는 것이어야 한다. 통상 베어링 플레이트로서는 두께10mm 정도로서 일변(一邊)의 크기가 15~20cm의 정방형 또는 삼각형이 쓰이는데 반구(半球)의 특수한 와셔와 조합한 원형(円形)의 것도 쓰인다.

베어링 플레이트만으로는 필요한 지지면적이 얻어지지 않는 경우는 L형과 ㄷ형강등을 써서 보울트 사이를 결합할 수가 있다.

일반적으로 굴착된 암반면과 락크보울트와는 직각이 되지 않는 일이 많아 베어링 플레이트와 너트가 평행이 되지 않는다.

이와같은 경우에는 바벨와셔나 반구상(半球狀)와셔등을 써서 베어링 플레이트와 너트와의 사이에 간격이 없도록하여 베어링 플레이트전면으로 하중을 지지하도록 한다.

제52조 락크 보울트의 보호

락크보울트의 뿔어 붙이기 콘크리트를 병용하여 라이닝으로 대처하는 경우는 앵가의 이완 부식의 방지등을 고려해서 그라우트 등을 행하여야 한다.

【해 설】

락크보울트의 앵거는 시간이 경과 함에 따라 이완되며 장기간에 걸친 부식 때문에 그 기능을 발휘하지 못하게 되므로, 그라우트등을 행하여 이를 방지하여야 한다.

보통 락크보울트의 그라우트에는 알루미늄 분말을 첨가한 시멘트 밀크(Cement milk)가 주입되는 일이 많다.

상향(上向) 보울트에의 주입에 있어서는 그라우트에 의거 배출되는 공기의 처리를 고려해둘 필요가 있으며 비닐파이프등을 보울트에 연해서 삽입하여 배출하는 방법이나 보울트 중앙에 공기배출용의 소공(小孔)을 설치한 특수 보울트를 쓰는 방법등이 사용된다. 주입 압력은 그라우트의 주입에 필요한 최소한의 압력으로 할 것이며 과도하게 압력을 올리는 일은 그라우트가 원지반 사이로 퍼져나가는 경우에 간격을 멀어 넓혀려는 작용을 하여 원지반의 붕괴를 초래하는 일이 있으므로 피하여야 한다.

보통 그라우트의 물-시멘트 비는 0.38~0.44 정도의 것이 쓰인다.

접착형의 락크보울트로서 락크보울트전상에 걸쳐서 접착하는 경우에는 부식등에 대한 고려를 할 필요가 없는것이 보통이다.

제 4 절 뿔어 붙이기 콘크리트

제53조 총 칙

1) 뿔어 붙이기 콘크리트 설계는 그 사용목적 사용법 등을 충분히 고려해서 행하여야 한다.

2) 이 시방서 외에는 건설부 제정 콘크리트 표준시방서에 의한다.

【해 설】

1) 뿔어붙이기 콘크리트공법이란 압축공기로 콘크리트 재료를 뿔어 붙이는 시공법을 말하며 뿔어 붙이기 콘크리트 공법에 의하여 얻어진 콘크리트를 뿔어 붙

이기 콘크리트(또는 쇼트크리트: Shotcrete)라 한다.

뿜어 붙이기 공법에는 물 이외의 재료를 물(급결재 등을 포함하는 일 있다.)과 따로 따로 압축공기로 보내어 노즐(nozzle)로서 합류시키는 건식공법(乾式工法)과 모든 재료를 믹서로 비빈후 압축공기로 노즐에 보내는 습식공법(濕式工法)이 있다.

종래에는 콘크리트 구조물의 누수개소나 취약개소의 수선, 비탈면 보호 등의 목적으로 모르타르 뿜어 붙이기가 습식공법에 의해서 시공되었는 바 터널공사에서는 작업상의 곤란도 있고 급결재를 혼화한 콘크리트 뿜어 붙이기를 건식공법으로 시공하고 있는 일이 많으므로 이 시방서에는 건식공법에 대해서 기술 하기로 한다.

뿜어 붙이기 콘크리트는 본질적으로는 보통 콘크리트와 마찬가지로이지만 압축공기로 뿜어 붙이는 시공법에 의하여 시공되는 점이 다르다.

이와 같은 시공법에 의하여 시공되는 콘크리트는 거푸집없이 매우 얇은 것으로부터 상당한 두께에 이르기까지 자유로운 시공이 가능하여 원지반에 밀착시킬 수 있는 특성도 갖고 있으므로 터널공사에 있어서 큰 이용가치가 있다.

굴착직후의 암반에 밀착된 얇은 콘크리트는 원지반 표층암석과 협동해서 그보다 속쪽의 원지반을 이완되지 않도록 지지, 원지반의 크랙(crack)의 발달을 막을 뿐만 아니라 풍화 방지도 유효하다고 생각된다.

그리고, 뿜어 붙이기 콘크리트는 단독으로 이용될 뿐만 아니라 철망, 철근, 강아치 동바리, 락크보울트, 기타 각종재료와 함께 사용할 수도 있다.

이와 같이 뿜어 붙이기 콘크리트는 광범위한 지질에 대해서 동바리로서 이용할 수 있는 것이며 강아치 동바리와 병용해서 팽창성지질에 대하여 이용한 예도 있다.

또한 자유로 뿜어 붙이기 두께의 증가가 가능하므로 지질이 단단한 경우 동바리로서 뿜어 붙이기한 다음에 다시 뿜어 붙여서 소요의 두께로 시공하여 그대로 영구 라이닝 으로서 이용할 수도 있다.

2) 뿜어 붙이기 콘크리트는 콘크리트의 일종으로 시공법에 뿜어 붙이기공법을 쓴 점이 다를 뿐이다. 이 시방서에서는 뿜어 붙이기 공법에서 일반적인 콘크리트와 다른 점에 대해서만 기술 하도록 하고, 여기에 기술되지 아니한 사항에 대해서는 건설부제정 “콘크리트 표준시방서”에 따르도록 한다.

제54조 뿜어 붙이기 콘크리트 재료

- 1) 급결재는 소요의 급결성을 갖는것을 택하고 품질이 나빠지지

않도록 보관에 주의하여야 한다.

2) 골재는 입도가 적당한 것을 사용하여야 한다.

3) 세골재는 호우스(Hose)가 막히지 않고 분진의 발생이 적어지도록 표면수를 적당하게 유지시켜야 한다.

【해 설】

1) 뿔어 붙이기 콘크리트의 시공에 있어서는 작업능률을 높이고 부착된 콘크리트가 자중으로 인하여 떨어지는 것을 적게하기 위하여 부착된 콘크리트의 응결을 촉진시킬 필요가 있다.

또한 동바리로서 필요한 강도를 빨리 얻기 위하여 그리고 발파의 진동에 견디게 하기 위하여 부착된 콘크리트의 경화를 촉진시킬 필요가 있다.

따라서 뿔어 붙이기 콘크리트에는 급결제를 사용하는 것이 통례(通例)이다.

급결제로서 필요한 조건으로는 콘크리트의 응결경화를 촉진시키는 것, 최종강도의 저하가 적은 것, 부착성이 우수한 것, 강제를 사용하는 경우는 강재를 부식시키지 않은 것, 약제(藥劑)의 흡습성(吸濕性)이 적고 보존성이 좋은 것, 사용상 안전성이 확보되는 것 등이다.

일반적으로 급결제의 첨가량은 시멘트 중량의 약 3~5%라 하는데, 첨가량이 어느 한도를 넘으면 응결시간이 반듯이 단축된다고 할 수 없을 뿐 아니라 장기강도를 현저하게 저하시켜 콘크리트에 악영향을 주게 되는 일도 있다.

또한 급결제는 일반적으로 흡습성의 것이 많고 분말 그대로 첨가할 때는 흡습하면 취급상 난점이 생기므로 보관에 주의할 필요가 있다.

여하한 종류의 급결제를 어느 정도 첨가해야 할 것인가에 대하여는 뿔어 붙이기의 대상물, 사용재료, 사용목적 등에 따라 다르게 되므로 일정한 표준을 나타낼 수는 없지만 급결제는 비싼것이므로 타 현장의 실적, 실험실에서의 실험 결과 등을 참고로 해야할 뿐만 아니라 사용현장에서도 시험을 행하여 가장 적합한 급결제를 사용함이 바람직하다.

그리고 소요의 강도에 달하기까지의 시간은 사용시멘트의 종류, 시멘트의 신선도(新鮮度), 물시멘트비, 기온 등에 따라 변화하는데 뿔어 붙이기 콘크리트에서는 급결제를 사용하므로 일반적으로 신선한 보통 포틀랜드 시멘트(Portland Cement)를 사용하고 있다.

2) 강도 및 밀도가 큰 뿔이 붙이기 콘크리트를 만들기 위해서는 입도가 적당한 골재를 쓰는 것이 매우 중요하다.

일반적으로는 비교적 세립의 세골재를 많게 하고 굵은 골재를 적게하면 튀어나

오는 골재도 적고 표면이 평활한 뿔어 붙이기 콘크리트를 얻을 수 있지만 세립의 가는 골재를 많이 쓰면 시멘트 페이스트(Cement Paste)의 소요량이 많아져 불경제적이 될 뿐만 아니라 완성된 콘크리트의 품질에도 악영향을 미치게 한다.

그래서 될 수 있는대로 큰 최대입경의 굵은 골재를 사용하는 것이 바람직 하지만 너무 큰 것을 쓰면 호우스의 폐색을 초래 튀어나오는 골재가 많게 된다.

노한 최대입경이 큰 것을 사용하더라도 사용하는 뿔어 붙이기 기계의 공칭 최대입경보다도 일단제 작은 것을 사용하는 편이 실제적이다.

해설 표22는 외국(일본)에서의 뿔어 붙이기 콘크리트의 시공예이다.

뿔어 붙여진 굵은 골재는 모르터에 충돌, 어느 깊이만큼 모르터에 박혀 비로서 그곳에 부착할 수가 있는 것이므로 입경이 큰 것은 모르터 층이 두껍지 않으면 부착할 수가 없다. 따라서 두께가 얇은 뿔어 붙이기에는 모르터를 뿔어 붙이는 일이 많고 또 뿔어 붙이기 두께가 두꺼운 경우도 제 1층의 뿔어 붙이기는 모르터로 뿔어 붙이고 그후에 입경이 큰 굵은 골재를 사용해서 뿔어 붙이는 것이 바람직하다.

뿔어 붙이기 콘크리트는 시공시에 튀어나오는 골재가 있게 된다. 튀어나오는 골재는 재료별로 보면 굵은 골재가 많고 시멘트도 튀어나오게 된다.

이는 뿔어 붙이기 작업의 시초에 많고 부착 콘크리트의 두께가 증가함에 따라 적어진다.

튀어나오는 골은 대략 10~30% 정도이며 심한 경우는 50%를 넘는 수도 있으므로 주의하여야 한다.

3) 세골재의 표면수는 일반적으로 4~6% 정도가 적당하다고 하는데 이보다 더 건조되어 있으면 마찰로 정전기(靜電氣)가 발생한다든지 또는 분진의 발생도 많게 되며 7% 정도를 넘으면 뿔어 붙이기 기계의 내부에 부착한다든지, 호우스를 폐색시키는 일이 많다.

해설 표22 뿔어 붙이기 콘크리트의 시공 예

터널별	터널 내공폭 (m)	뿔어붙이기 두께 (cm)	골재최대 입경 (mm)	배합					
				시멘트 (kg)	물 (kg)	W/C (%)	S/A (%)	모래 (kg)	자갈 (kg)
①	4.90	15	20	330	132	40	47	900	1,030
②	5.00	10	20	300	120	40	60	1,273	787

③	5.60	10	20	300	120	40	60	1,238	826
④	2.30	10	20	450	194	43	50	782	782
⑤	2.20	$\frac{8}{10}$	20	300	135	45	60	1,201	816
⑥	1.52	$\frac{10}{15}$	25	350	158	45	65	990	835
⑦	4.76	10	15	460	207	45	62	1,036	639
⑧	6.50	10	20	350	158	45	60	1,090	750
⑨	3.20	$\frac{10}{15}$	25	350	158	45	55	980	850
⑩	8.54	15	15	350	100	40	40	1,236	943
⑪	4.70	15		350	157	45	55	1,060	868
⑫	6.32	20	25	340	136	40	60	1,205	778

제55조 뽐어 붙이기 콘크리트의 최소두께

1) 뽐어 붙이기 콘크리트의 최소 뽐어 붙이기 두께는 터널의 폭, 지질, 뽐어 붙이기, 콘크리트의 사용목적 등을 고려해서 정하여야 한다.

2) 최소 뽐어 붙이기 두께를 적당히 증가 시키는 것 보다는 가능한 한 철망이나 강아아치 동바리 등으로 보강하는 것이 좋다.

【해 설】

1) 동바리 또는 라이닝으로서 필요한 뽐어 붙이기 두께에 대해서는 시공실적도 적고 또 뽐어 붙이기 콘크리트가 어떻게 원지반과 협동하여 지압에 대항 하는것인가에 대한 실측이나 이론적인 데이터가 없으므로 숙련기술자의 경험에 의하여 뽐어 붙이기 두께를 결정하는 수밖에 없다.

참고로 외국의 1 예를 들면 뽐어 붙이기 두께에 대해서는 해설표23과 같이 정하고 있다.

뽐어 붙이기 작업은 원지반의 갈라진 틈, 큰 균 부에 먼저 뽐어 붙여 될 수 있는대로 표면을 평활하게 끝마금 하는 것을 원칙으로 하고 있으므로 최소 두께는

적어도 2 cm 정도는 필요로 한다.

그리고 뽑어 붙이기 콘크리트는 시공후의 변위 상태에 따라 다시 뽑기의 증가가 가능하므로 이를 염두에 두고서 당초의 뽑어 붙이기 두께를 정하는 것이 바람직하다.

2) 원지반상태로 인하여 특히 큰 내력(耐力)을 필요로 하는 경우에도 뽑어 붙이기 콘크리트를 20cm 이상 뽑어 붙인다는 것은 비경제적이 되는 일이 많으므로 다른 보강재를 써서 20cm 이하로 하는 것이 바람직하다.

해설 표 23 최소 뽑어 붙이기 두께

지반 및 암반의 상태	최소 뽑어 붙이기 두께
약간 취약한 암반	2 cm
약간 파괴되기 쉬운 암반	3 cm
파괴되기 쉬운 암반	5 cm
매우 파괴되기 쉬운 암반	7 cm 철망병용
팽창성의 암반	15 cm 강제동바리공과 철망 병용

제 6 장 라이닝의 설계

제56조 총 칙

라이닝은 터널의 목적에 적합 하여야 하고 장기간 사용에 안전하게 견디는 것이어야 한다.

[해 설]

터널의 라이닝은 도로, 철도 및 수로등의 사용목적, 사용조건에 적합하게 설계 하여야 한다.

또한 장기간 토압등 하중에 견디고 균열 변형 붕괴등을 일으키지 않는 것으로서 누수 등에 의한 침식이나 강도의 감소등이 없는 내구적인 것이어야 한다.

일반적으로 터널라이닝은 터널의 공용개시후에 이를 개수한다는 것은 매우 곤란하므로 장래 개수를 하게되는 일이 없도록 충분한 배려를 해두어야 한다.

지질이 강경하여 풍화의 우려가 없으며 사용상 지장이 없는 경우에는 라이닝을 생략 하거나 락크보울트에 의한 탈락(脫落) 방지를 하든가, 또는 모르터나

콘크리트 뽑어 붙이기등 피복을 하여서 라이닝으로 대신하는 일도 있지만 이러한 경우라도 충분한 안정성과 내구성을 고려할 필요가 있다.

제57조 라이닝에 사용되는 재료

라이닝에 사용되는 재료는 터널의 사용목적에 적합한 것을 선정 하여야 한다.

[해 설]

라이닝재료로서는 오늘날 현장타설 무근 콘크리트를 쓰는것이 보통인데 충분한 관리를 행하여 시공된 무근콘크리트는 거의 모든 경우에 터널라이닝용으로서 만족할만한 재료이다.

콘크리트의 품질, 재료, 배합등에 대해서는 무근콘크리트 및 철근콘크리트 표준시방서에 따라야 한다.

라이닝용 콘크리트에는 보통 포틀랜드 시멘트를 사용하는 것이 보통이다.

수축균열을 방지하는 등의 목적으로 고로(高爐) 시멘트나 중용열(中庸熱) 포틀랜드시멘트가 사용되는 일도 있다.

후라이 애쉬(Flyash) 등 혼화재료를 보통포틀랜드시멘트에 혼입한것도 마찬가지로 목적을 달성할 수 있으며 아울러 콘크리트의 워어커빌리티(Workability)의 증대와 경제성도 얻을 수 있다.

그리고 신용있는 AE제, 감수제등의 혼화재료는 라이닝 콘크리트의 품질개량을 위해서는 가능한 한 쓰도록 하여야 할 것이다.

특히 조기강도를 필요로하는 경우에는 조강포틀랜드 시멘트를 쓰는 일이 있다

라이닝에 쓰이는 콘크리트용 골재는 양질의 것으로서 특히 내구성이 우수한 것을 쓰도록 주의하여야 한다.

터널공사의 콘크리트 수량은 상당히 대량인 것이 보통이므로 시멘트량이 적게 들도록 압도 기타 관리에도 충분히 배려 하여야 한다.

터널 공사에 있어서는 굴착된 암석을 현장부근에서 파쇄하여 채석 또는 채사(碎砂)를 제조하고 콘크리트용으로 쓰는 일도 종종 있는데 이 경우는 암석의 종류, 특히 골재로서의 성질, 제조설비나 규모, 생산계획등을 검토, 부근에서 신출되는 골재의 입수조건(入手條件)과 충분히 비교한 다음 계획을 결정할 필요가 있다.

라이닝용 콘크리트의 강도는 지질, 토압, 동바리공의 종류, 두께, 거푸집의 때

어내는 시기등을 고려하여 결정하여야 하는 바 특별한 경우를 제외하고 설계기준강도는 $160\sim 200\text{kg/cm}^2$ 정도로 백하는 경우가 많다.

다워 시멘트량, 물시멘트비 및 슬럼프등의 배합설계는 상기 강도외에 콘크리트의 시공법 특히 인력으로 타입할 것인가, 콘크리트 펌프(concrete pump)등 기계를 사용할 것인가에 따라 크게 달라지는 것이므로 라이닝 콘크리트의 배합설계를 정할때에는 실제로 밀실한 콘크리트가 얻어질 수 있는 시공법과 관련해서 검토하여야 한다.

또한 콘크리트의 내구성의 점에서도 고려할 필요가 있으며 특히 용수에 염분이나 유황분 등 콘크리트에 해를 미치는 성분이 있다고 생각되는 경우에는 특별한 대책을 강구하여야 한다.

라이닝에는 압축응력 뿐만 아니라 휨모멘트에 의한 휨인장응력도 작용하므로 갱구라든지 특히 지질이 나쁜 장소에서는 철근콘크리트로 하는 경우도 있다.

기타 라이닝재료로서는 벽돌, 돌, 또는 콘크리트 프리캐스트 블록(Concrete Precast Block)에 의한 축조방법도 채택되는 경우가 있으며 특수한 경우에는 철근 콘크리트제 또는 철제의 세그먼트(Segment)나 라이너 플레이트(Liner Plate)등도 쓰인다.

때로는 시공법과 관련해서 이들 라이닝재료중에서 같은 종류 또는 다른 종류의 것을 써서 내외복층(内外複層)의 라이닝으로 한다든지 타일(Tile) 등을 써서 내상을 한다든지 하는 일도 있어 터널의 사용목적이나 시공법등을 고려해서 검토한 다음 설계 하여야 한다.

제58조 라이닝의 형상

1) 라이닝의 형상은 소요의 내공단면(内空断面)을 포함하고 토압에 경제적으로 대항하는 것으로서, 아아치로서 축력(軸力)이 무리없이 전달되며 휨모멘트가 가장 작아지도록 급격한 만곡(彎曲)이나 우각(隅角), 凹凸을 피하는 것으로 하여야 한다.

2) 지질이 양호한 경우는 아아치와 연직 또는 약간 만곡된 측벽을 조합하고 불량한 경우는 인버트(Invert)를 설치하며 또한 토압이 강대한 경우는 원형단면으로 하는 것이 좋다.

3) 외력이 편압인 경우는 이에 대항하기 위하여 보강 콘크리트를 사용하는등 특별히 고려 하여야 한다.

[해 설]

1) 산악 터널의 라이닝은 아아치형으로 하는것이 보통인데 제28조에서 기술한 바와 같은 내공난면을 포함 하고 도로 철도터널등에서는 건축한계외에 적당한 여유를 보는 형상으로서 토압등 하중에 유효하게 견디는 것이어야 한다.

따라서 그 터널의 지질, 하중조건, 시공법등을 고려해서 검토 하여야 하는 바 동일한 터널이나 동일노선내의 공사로서 여러 가지 형상을 쓴다는 것은 거꾸집의 전용등 시공상의 편의나 완성후의 유지관리등 불편한 점이 많으므로 상당한 정도의 외적조건의 변화에 적합한 것을 선택하여야 한다.

굴착단면을 작게하는것만 생각해서 토압에 대항 하는데 불리한 형상을 채택한 다면 라이닝 두께의 증가를 초래케 한다든지 시공을 곤란하게 한다든지 해서 결국 좋은 방법이 되지 못하는 경우가 많다.

1심원(一心門), 3심원(三心門), 5심원등의 다심원(多心門) 또는 직선을 조합시켜 아아치 형을 설계하는 경우 아아치로서 무리가 없는 원활한 형으로 하기 위해서는 원, 호(弧), 직선등이 접속점에서 서로 공통접선(切線)을 갖도록 접속하는것이 바람직하다.

급격한 만곡이나 우각(隅角)이 있으면 아아치축력이 전심해서 휨모멘트가 커지며 또 너무 긴 직선부는 이 부분에 걸리는 토압에 의한 휨모멘트가 커지게 되므로 모두 피하는 것이 좋다.

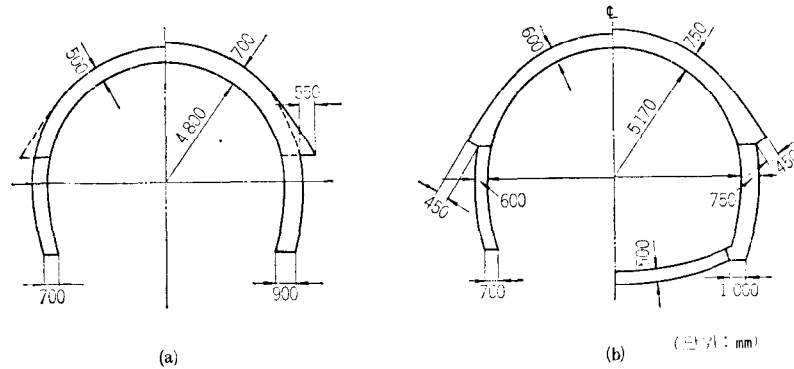
그런데 동바리공의 설계나 시공법과의 관련도 라이닝의 형상을 택하기 위한 조건이 되는 것이므로 구부림 가공이 용이치 않은 강아아치 동바리공을 필요로 하는 라이닝의 형상이나 조금이라도 불량지질이 나타나면 바로 단면의 변경을 요하는 것 같은 형상, 또는 지질의 양부에 따르는 설계나 시공법의 변경에 적합치 않은 형의 라이닝은 피하여야 한다.

라이닝의 형상은 환기, 조명등의 부속설비의 설제와 관련을 잘 고려해 둘 필요가 있다. 또 작업갱(坑)이나 연락갱등과의 접속부분은 필요에 따라서는 보통의 부분과 보다 보강된 다른 형상으로 하여야 한다.

그리고 라이닝에 대피소 전기설비등의 11kV 부를 만드는 경우는 될수있는 대로 지질이 양호한 개소를 선정하고 세부구조(예를들면 대피소 정면의 벽체)라 하더라도 최소의 콘크리트 두께를 15cm이상으로 하는등 라이닝 전체의 강도를 해치지 않도록 배려 하여야 한다.

라이닝 측벽기부(基部) 또는 Inverted Lining 시공을 할때의 아아치 기부등은 충분한 지반지지력이 얻어질수 있는 저면석을 가지며 또 하중이 건전한 원지반에 충분히 전달되는 형상으로 하여야 한다.

해설 그림26 은 이러한 예이다.



해설 그림 26 라이닝 측벽 기부 (基部) 및 아이치 기부의 형상

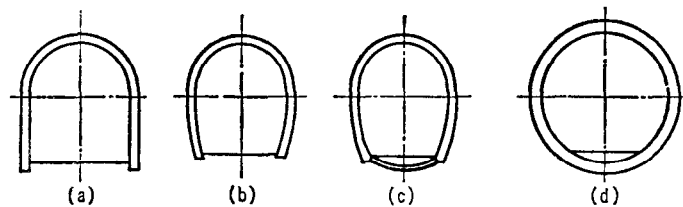
특히 굴착작업방법과의 관련도 고려해서 원지반을 이완시키므로써 이 시공상 피할 수 없는 부분이 영구적인 기초지반으로 되지 않도록 하고 또한 측압에 의한 압출(押出) 등에 대해서도 충분히 대항할 수 있도록 근입(根入) 깊이, 형상을 설계하지 않으면 안된다.

갱구부근은 갱속과는 달라서 지형, 지층의 지질, 외래의 기상조건등에 영향을 많이 받으므로 미리 이에 대한 충분한 대응책을 고려하여 설계 하여야 한다.

상호인접하는 라이닝 콘크리트간의 이음은 특별한 경우를 제외하고 솔눈을 넣은 신축이음을 생각하지 않아도 되지만 콘크리트의 수축에 의해 틈이 생겨 이로 부터 누수를 보게되는 일이 많으므로 미리 지수판(止水板) 등을 넣도록 설계하는 것이 좋다.

라이닝단면에 생기는 콘크리트타설이음은 될수 있는 대로 적은 것이 좋은데 시공상 미리 예상되는 타설이음에는 필요에 따라 장부 (Tenon) 삽입근(筋) 등에 의한 보강을 고려하는 것이 좋다.

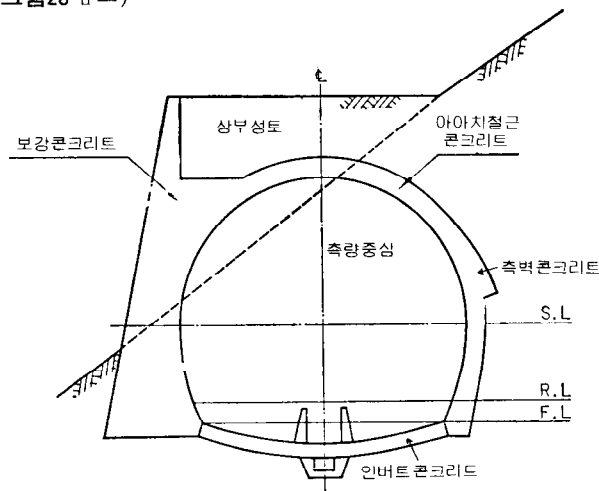
2) 지질에 따르는 라이닝형상의 변화를 도시하면 지질이 불량함에 따라, 해설 그림27 a)~d)의 순이 된다.



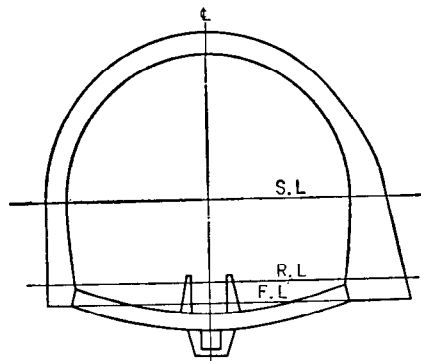
해설그림 27 지질에 따른 터널의 형상

3) 편압을 받을 우려가 있는 경우는 설계두께의 증가등 라이닝의 강도를 높리는 방책을 고려함과 동시에 수동토압이 유효하게 작용되고 기초의 지지력도 충분해서 전체로서 좌우의 균형이 잡히도록 인버트의 설치등으로 라이닝을 보다 원에 가까운 폐합단면(閉合断面)으로 하며 갭구부(坑口部) 등에는 보강 콘크리트를 두는 등의 대책을 강구 하여야 한다.

(해설 그림28 참조)



(a) 갭구 부근



(b) 갭속의 변토압구간

해설 그림 28 콘크리트의 시공예

제59조 라이닝의 설계 두께

- 1) 라이닝의 설계두께는 터널의 폭 외에 지질, 수압, 라이닝 재료, 시공법등을 고려해서 정하여야 한다.
- 2) 강아아치동바리공을 쓴 콘크리트 라이닝의 설계두께는 특별한 경우를 제외하고, 표 3의 값을 표준으로 사용할 수 있다.

표 3 콘크리트 라이닝의 설계 두께

내공단면의 폭 (M)	콘크리트 라이닝의 설계두께 (cm)
2	20 ~ 30
5	30 ~ 50
10	40 ~ 70

- 3) 지질이 나쁜 경우, 피토가 낮은 경우, 편압이 있는 경우등에는 라이닝의 설계두께를 적당히 증가 시키는것 보다는 오히려 제 7 장에서 정하는 뒷채움주입을 충분히 하든가 또는 콘크리트를 철근으로 보강하는 것이 좋다.

[해 설]

- 1) 라이닝의 설계두께는 제32조에서 기술한 바와 같이 라이닝으로서 강도상 필요한 두께이어야 한다.

현재로서는 외력으로서의 하중 특히 토압의 상태나 라이닝의 역학적인 작용등에 있어 명확치 못한 점이 많고 또 합리적인 라이닝의 설계법은 확립되어 있지 못하다.

최근 여러나라에서 많은 분야에 걸쳐 행해지는 연구, 실험, 실측 데이터에 의거 강아아치동바리공을 쓰는 터널의 라이닝에 대한 고찰 방법이 제창되고 있는데 이를 대별하면 다음과 같다.

가) 토압을 영구 구조물로서 지지하고 있는 것은 주로 강 아아치동바리이며 라이닝콘크리트는 보조적인 구조물이라고 생각하는 방법.

나) 토압에 대해서 강아아치 동바리와 라이닝콘크리트와는 각 각 하중을 분담 별개로 하중을 지지하고 있다고 생각하는 방법.

다) 토압에 대해서 강아아치 동바리와 라이닝콘크리트와는 합성작용을 하고 있다고 생각하는 방법.

이들 고찰방법은 어느것도 강아아치 동바리를 영구구조물로 생각하여 라이닝 설계에는 강아아치 동바리의 강도를 가미해서 행한다고 하는 것이다.

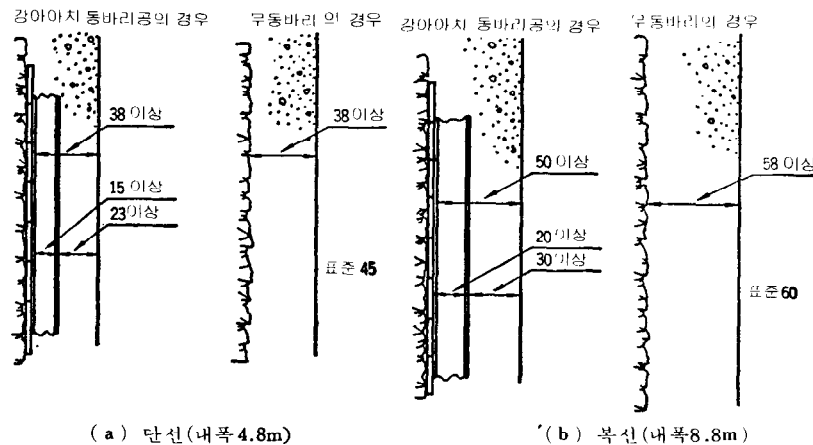
그렇지만 하중의 크기, 라이닝의 작용은, 지질, 시공조건등에 따라 크게 차이가 생기는 것이다.

따라서 보다 합리적인 설계를 위해서는 금후 터널공학의 모든 분야에 관한 정성적, 정량적인 연구에 기대하는 수 밖에 없겠다.

2) 표 3은 일본에서의 터널시공실험을 참고로 해서 특별히 지질이 나쁜 경우나 터널경구부근의 경우등 특례적인 것을 제외한 통상의 산악터널에서의 범위를 나타낸 것이다.

이 표는 굴착시에 강아아치 동바리를 쓴 경우에 대해서 제시된 것으로서 목재 동바리를 쓰는 경우는 다소 두껍게 설계하는 것이 보통이다.

1962년 미국 철도기술협회 (AREA)의 표준시방서에는 동바리공의 종류에 따라 표준 두께를 해설 그림29 와 같이 제시하고 있다.



해설 그림 29 철도터널의 콘크리트 라이닝의 두께

3) 지질이 나쁜 경우, 피토가 얇은 경우, 편압이 있는 경우등에서 이에 대항해야 할 라이닝 두께를 증가한다고하면 터널굴착 단면이 커져서 오히려 토압의 증가를 초래케 한다든지 또는 인장강도가 약한 무근콘크리트의 두께를 증대시켜 휨파괴를 막으려고 시도한다는 것에는 한도가 있다.

따라서 여기에서 기술하는 바와 같이 라이닝 두께의 증가보다는 뒷채움주입을 완전하게 행하여 수동토압을 증가시켜 휨모멘트를 감소시킨다든지, 라이닝 재료로서 철근 콘크리트를 써서 휨강도를 늘리는 편이 유효한 방법이라 할 수 있겠다.

제60조 배수관

용수가 있는 경우 라이닝에 수압이 걸리지 않도록 하기 위해서는 미리 라이닝에 배수관을 매입하도록 설계 하여야 한다.

[해 설]

라이닝 뒷부에 용수가 모이게 되면 강대한 지하수압이 라이닝에 작용하게 되어 강도상 좋지 않을 뿐만 아니라 바람직 하지 못한 개소로부터 누수를 발생시키게 된다.

굴착시공시에 용수가 있을 개소에는 이에 대처해서 제65조에 기술하는 바와 같은 배수공을 설계 하는 것이 바람직하며, 라이닝시공전에는 별로 용수가 없는 것처럼 보이는 개소에도 라이닝후 수위의 복원(復元)에 의한 누수를 발생시키는 일이 많으므로 라이닝에는 측벽하부등에 미리 충분한 구경을 갖인 배수관을 적당한 간격으로 매입하도록 설계 하여야 한다.

제 7 장 뒷채움 주입(注入)

제61조 주입 계획

아아치 뒷부와 원지반사이에는 공극이 생기므로, 지질이 나쁜 경우, 피토가 얇은 경우 및 수압이 걸리는 경우 등에는 모르타르 기타에 의한 주입을 사전에 계획해 누어야 한다.

[해 설]

라이닝 특히 아아치 크라운(arch crown)부와 원지반과의 사이에는 여하히 주의 깊게 시공한다하더라도 공극이 생기게되는 것이 보통이라 생각 하여야 한다.

특히 동바리공에 끼움판이나 널말뚝공을 실시한 경우등에는 원지반과 라이닝과의 밀착이 방해 되어서 상당한 공극이 생기게 되는 것이므로 그대로는 주동토압을 균등하게 분포시킨다는가 수동토압을 유효하게 작용시키게 한다는등은 충분히 기대할 수가 없다.

따라서 터널은 모두 모르타르 기타의 주입에 의거 원지반과 라이닝 뒷부와의 사이의 공극을 될 수 있는대로 진충해 두는 것이 바람직한데 지질이 양호한 경우 이를 생략하는 것이 현 실정이다.

원지반과 라이닝 뒷부의 공극을 진충한다. 합은 굴착의 영향을 받은 원지반에 있어 이완이 장기에 걸쳐서 표면부터 내부로 진행해서 하중이 증가되는 것을 막는데에도 효과가 있다.

지질에 따라 팽창성 또는 유동성의 토압을 일으키는 경우에도 원지반과 라이닝 뒷부에 틈을 만든다든지 완충재(緩衝材)의 삽입보다는 오히려 지질에 나쁜 영향을 주지 않는 주입재료와 공법을 택해서 충분한 뒷채움주입을 행하는 편이 유효하다.

주입을 효과적으로 행하기 위해서는 될수 있는대로 빨리 행하는 편이 바람직하므로 미리 이를 공사계획이나 설계속에 포함 시켜서 당초부터 충분히 고려해 둘 필요가 있으며 경우에 따라서는 제59조에서 기술한 두께의 설계와도 종합적으로 고려하는 것이 득책이다.

여기에서 기술한 라이닝 뒷부의 공극 진충을 위한 주입외에도 원지반이나 암반의 고결강화(固結強化), 물길의 폐쇄등을 위하여 직접 라이닝 뒤의 원지반 속에 주입을 하는 일도 있다.

터널의 내측에서 수압이 작용하는 압력 터널의 경우 등에는 시공중에 배수관을 설치하지만 라이닝 완공후 폐쇄시킨다든지 또는 특수한 밸브(valve)를 설치한 예도 있다.

제62조 주입의 설계

주입의 설계는 공극이 충분히 진충되도록 주입재료 및 배합, 주입공(注入孔)의 구조 및 배열 등을 정하여야 한다.

【해 설】

주입은 주입방식, 주입재료, 사용기계, 주입압력 등에 따라 다르므로 공극이나 배후 원지반의 상태, 주입시공조건 등에 따라 적절한 것을 선정하고 미리 이에 대한 소요의 설계를 해 둘 필요가 있다.

주입재료로서는 건조사(乾燥砂)나 세립자갈 등을 쓰는 일이 있지만 일반적으로는 모르타가 쓰인다.

모르타는 주입작업시의 분리 특히 고형물(固形物)의 침전이 작고 또 수입후의 체적 수축은 될수 있는대로 작은 것이 좋으므로 이 때문에 배합재료 중에 각종 혼화재료를 첨가해서 모르타의 성질개선이 시도되고 있다.

라이닝 뒷부에 주입하는 주입재료의 강도는 콘크리트와 같은 강도는 불필요하며, 주입후의 상태에서 $10\text{kg}/\text{cm}^2$ 정도가 기대될 수 있으면 좋다고 생각된다.

이와 같은 관점에서 단순한 시멘트 케이스트(Cement Paste) 또는 대신에 후라이 애쉬나 도토(陶土), 산성백토(酸性白土) 등을 써서 시멘트의 설감을 피하든가 또는 AE제를 혼입해서 유동성을 증가시키든지 한 예도 많은데 40~70%의 공기량을 포함시킨 시멘트 케이스트도 주입재료로서 사용되고 있다.

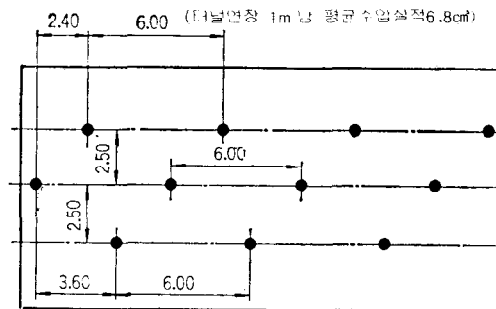
주입관은 라이닝 완성후에 착암기로서 천공하여 설치하는 수도 있지만 굴착작업시에 원지반이나 동바리공 특히 널말뚝등의 상태를 확인해 두어 라이닝 콘크리트타설시 미리 매입해 두는 것이 주입의 효과를 올리는데 유효하며 작업능률도 좋다.

이때에 주입관의 위치, 간격 및 배열이 어떠한지 등에 따라서 주입량, 나아가서는 주입의 효과에 차이가 생기게 된다.

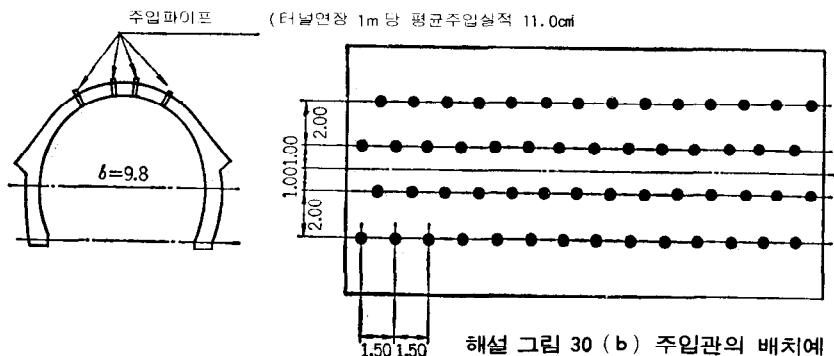
또한 주입관은 주입확인용 구멍으로서도 필요하므로 장래 주입을 행하는 구멍 외에도 될 수 있는대로 많이 설치해 두는 것이 좋다.

그리고 주입의 효과를 향상시키기 위해서는 1회만이 아니라 2회 이상에 걸쳐서 주입을 반복하는 것도 유효하다.

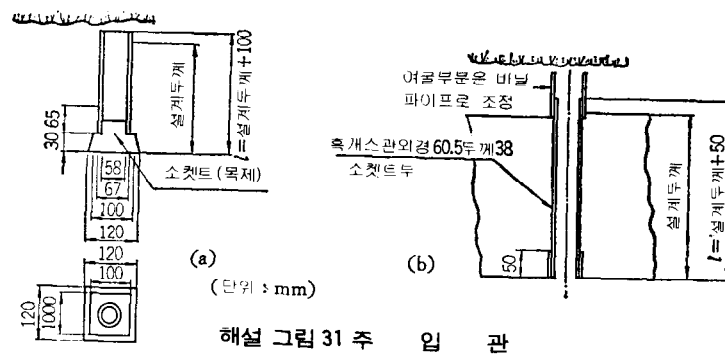
해설 그림30, 해설 그림31은 주입관의 배열 예와 구조 예를 든 것이다.



해설 그림 30 (a) 주입관의 배치 예



해설 그림 30 (b) 주입관의 배치예



해설 그림 31 주 입 관

제 8 장 기타의 설계

제63조 갭문 (坑門)

- 1) 갭문의 위치는 배후의 지형, 지질, 기초의 지지력, 접속하는 흙막이벽과의 관계등을 고려해서 적절한 위치를 선정하여야 한다.
- 2) 갭문은 갭구를 보호하고, 변위, 침하 등을 일으키지 않도록 하며 또 구조, 조경상의 고려와 터널입구조명 (도로터널)의 경제성에서 갭문 구조의 표면 반사율은 될 수 있는 대로 낮게 끝마무리 하도록 한다.
- 3) 갭문은 흙막이벽에 준해서 설계함을 원칙으로 하는데, 경우에 따라서는 흙막이벽이 아닌 구조로 해도 무방하다.

【해 설】

1) 터널의 갭구부근의 원지반은, 암석이 풍화 또는 변질되어 절리 (節理)나 균열이 발달되어 있는 경우나, 표층의 미고결퇴적물 (未固結堆積物 表土 崔錐)로 덮혀 있는 경우가 많고, 지층이 복잡해서 표류수 (表流水)나 지하수에 의하여 영향을 받기 쉽다.

또 지형적으로도 피토가 얇다든지 급경사에 접근해 있다든지해서 편압지형 (偏壓地形)이 되기 쉽다.

이와 같이 터널의 갭구부근은 지형적으로나 지질적으로도 조건이 나쁜것이 보

통이므로, 종래부터 터널공사의 재해사고도 대부분이 갱구부근에서 발생하였으며, 또한 갱문 위치선정이 잘못되면, 공사가 어려워질 뿐만 아니라 다액의 공비와 공기가 연장되고, 나아가서는 장래의 유지관리면에도 문제를 남기는 결과가 되므로, 위치 선정시에는 제조건을 충분히 고려해 두지 않으면 안된다.

지질이나 지형조건이 나쁜 경우, 갱문 위치의 선정은 일반적으로는 그리 용이하지 않아 구체적인 선정방법을 기술한다는것은 어렵지만, 적어도 다음에 열거하는 사항에 대해서는 충분히 유의해 두는 것이 바람직 하다.

가) 갱문의 위치는 지형의 횡단면이 터널 위치에 대해서 될 수 있는대로 대칭이 되는 위치로 하여 편암을 받지 않도록 할 것.

나) 터널연장을 짧게 하려고 갱구를 산허리 깊숙히 두면, 비탈면의 안정을 무너트려 붕괴, 산사태등을 일으킬 우려가 있으며, 특히 원지반이 애추층(崖錐層) 등 불안정한 것이 있는 때에는 그 위험성은 크기 때문에 주의 할 것.

다) 피토가 얇은 경우등에는 무리하게 터널공법으로 굴착하지 말고 갱외 공법등을 채용 할 것.

라) 터널을 2분이상 병설해서 굴착 하는 경우에는 갱문 위치의 결정에 특히 유의 할 것.

즉, 갱구굴착의 절취면이 다른 터널에까지 걸려서 피토를 얇게 한다든지, 갱구위치가 어긋나 있는 경우에는 한쪽 터널입구부근의 토공굴착으로 다른 터널의 측방덮이 부분을 굴착해서 터널의 측방덮이의 두께를 얇게 하기 때문에, 단독 터널이면 안정되어 있는 경우라도, 한쪽의 토공굴착의 영향을 받아 터널은 편암이 커져 산사태등을 일으킬 가능성이 있다.

마) 갱문 위치에서는 늪이나 곡천(谷川)과 교차하지 않도록 선정 할 것.

피할 수 없는 경우에는 충분한 배수 설비를 설치해서, 늪의 물 등을 처리하여 터널에 악영향을 미치지 않도록 할 것.

바) 갱문위치는 가설(假設), 보수설비, 공사용 도로 등의 공사용설비 계획을 충분히 감안해서 결정함이 바람직하다.

2) 갱문은 지표사면의 낙석, 붕괴, 사태 및 출수(出水) 등으로부터 갱구부를 보호하기 위한것으로서 갱문자체가 변위 침하등을 일으키지 않고 역학적으로 안정된 것이어야 한다.

갱문설계시에 있어서는 갱문구조의 시각적 효과를 정량적으로 취급 한다는 것은, 인간의 미(美)의 정량화(定量化)나 심리의 정량적해석이 거의 불가능한 한(限) 일반적으로 매우 곤란한 것이지만, 갱문이 갖는 본래의 기능과 시각적인 효과가 잘 조화되면, 터널 갱문과 같이 중압적(重圧的)인 구조에 대하는 운전

자의 심리적인 악영향을 얼마간이라도 경감할 수 있을 것이라 생각된다.

한편, 터널 입구조명은 터널의 설계속도와 갱구에 있어서의 야외휘도치(野外輝度値)에 따라 그 규모가 지배적으로 결정된다. 야외휘도라함은 운전자에 터널 입구전방 150m 지점에서 본 시각(視角) 15° 범위의 순응휘도(順応輝展)인데 이 시계(視界)내에 점유되는 터널갱문의 비율이 지극히 크고, 또 갱문벽면은 주위의 법면이나 수목등에 비해 반사율이 높으므로 운전자의 순응휘도를 높게 하는 원인이 된다.

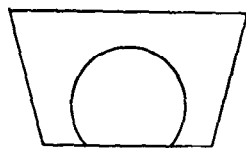
이때문에 벽면은 어떤 방법으로서 반사율을 낮게 해야할 필요가 생기게 된다.

그리고 이 순응휘도를 높이는 요인은 터널의 갱문벽면만이 아니라 주위의 석축옹벽(石築擁壁)이나, 정문부근에 설치되는 환기소(換氣所), 에어 드롭(air drop), 연락 덕트(Duct) 등도 고휘도(高輝展)의 대상이 되므로 갱문벽과 마찬가지로 배려하는것이 중요하다.

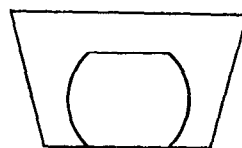
갱문벽면등의 표면마무리방법에는 각종 공법이 고려되고 있지만, 그 경제성, 시공성, 미관 및 보수등을 충분히 검토한 다음에 공법을 선정하여야 한다. 다만, 착색모르터(着色 M ortar)나 도료(塗料)에 의한 마무리는 경년변화(經年變化)로 퇴색(褪色)이나, 균열개소로 부터의 누수등에 의하여 소기의 목적이 달성되지 못할 우려가 있으며, 미관상으로도 값싼 인상을 주게 되기가 쉽다.

또, 타일붙이기등의 붙이기에 대해서는 경제적으로 난점이 있는데다가 박리(剝離)를 완전히 막을수 없고 도로상에 낙하한 경우에 위험성을 고려할 필요가 있다는 점에서 도료나 타일 붙이기등의 표면마무리를 피하는 것이 바람직하다.

갱문공의 형상에 대해서는, 터널에 환기설비용(특히 횡류(橫流) 또는 반횡류식환기)의 천정판을 설치하는지의 여부에 따라 그 형상이 달라지는데 원칙적으로는 그림32(a) 및 그림32(b)에 나타난 바와 같게 한다.



해설 그림32 (a) 환기설비가 없는 터널 갱문



해설 그림32 (b) 환기설비가 있는 터널 갱문

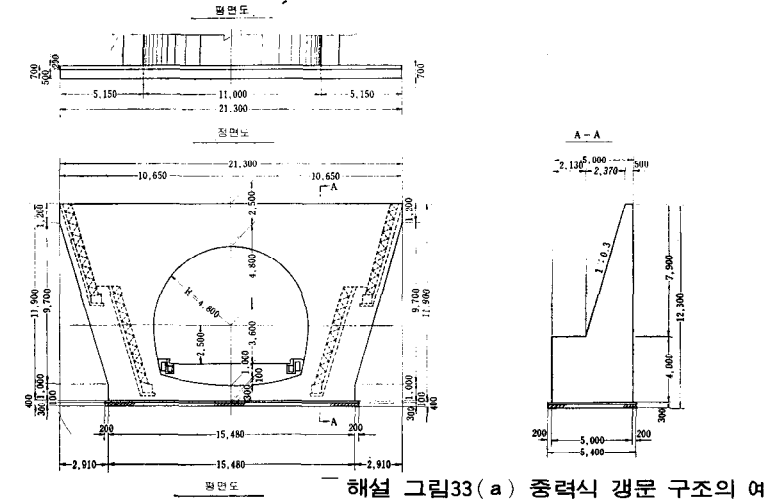
3) 갱문에 작용하는 외력은 주로 터널 축방향의 토압이며 흙막이 옹벽으로서 설계하는 것이 일반적이다.

절토부의 흙막이옹벽의 토압의 크기에 대해서는 아직 명확하게 규명되어 있지는 않는데, 절토면이 안정되어 있는 암반등에서는 뒷채움 재료에 의한 토압만을

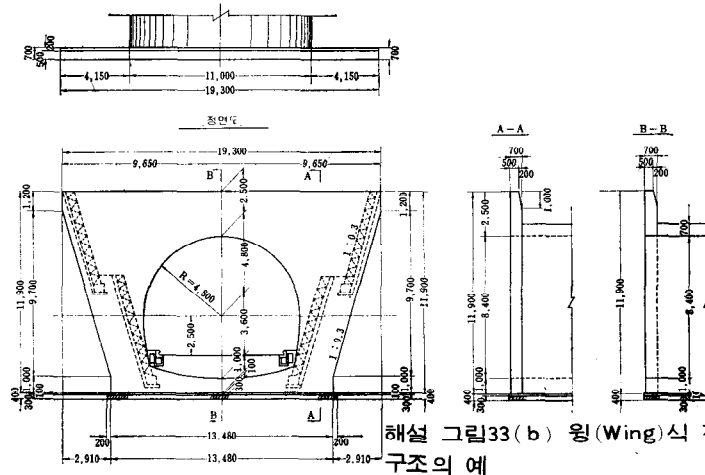
생각하고 절토면이 불안정한 경우에는 원지반의 토압을 고려하는 것으로 한다.

또한 터널 갱문 부근의 라이닝은 원지반의 편압등에 의해서 균열이 생기기 쉽기 때문에, 라이닝을 철근 콘크리트 구조로 하는 경우가 있으므로, 이와 같은 경우에는 라이닝의 철근과 갱문옹벽의 철근을 결합시키는 등 갱문과 라이닝이 일체화 되어 갱문뒷부의 압력에 저항 하도록 함이 바람직 하다.

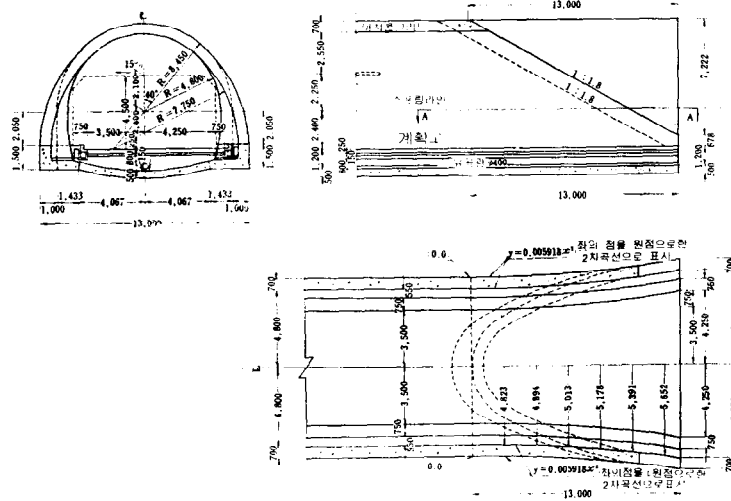
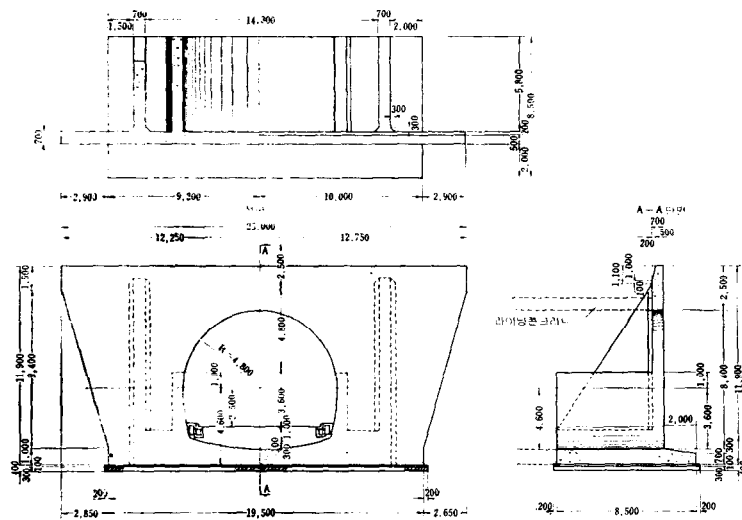
갱문 위치의 지형에 따라서는 갱의공법을 채용 장래 원지반의 안정을 기하도록 되메우는 일이 많지만 이와 같은 경우에는 되메우기 흙에 대해서 흙막이용의 옹벽을 설치해서 갱문공으로 하는 것 보다는 되메우기 흙을 안정구배로 쌓아 옹벽을 설치하는 편이 경제적인 경우가 있다.



해설 그림33(a) 중력식 갱문 구조의 예



해설 그림33(b) 윙(Wing)식 갱문 구조의 예



제64조 배수 처리공

1) 배수공

가) 터널의 좌우양측대(左右兩側帶)의 하부에는 노면 배수용의 배수구(排水溝)를 설치한다. 이 배수구는 통수를 위하여 필요한 단면과 구배를 갖어야 하고, 또 토사의 퇴적등에 대해서도 여유있는 통수능력을 갖으며, 청소, 점검등 편의도 고려된 설계라야 한다.

나) 배수구의 유입구는 원칙적으로 30m 간격으로 한다.

다) 도로부로 부터의 배수가 터널내에 유입하지 않도록 터널출입구에는 배수설비를 한다.

2) 용수처리공(湧水処理工)

가) 라이닝 단면의 물이 빨리 배수가능 하도록 노면하부에는 터널전장에 걸쳐서배수관(유공관)을 설치하도록 한다.

나) 필요에 따라서 라이닝 뒷면에 배수 파이프 또는 지수 쉬이트(止水 sheet)를 설치 하도록 한다.

3) 누수처리공(漏水処理工)

가) 터널내의 누수를 막기 위하여 적당한 누수처리공을 설계하도록 한다.

나) 라이닝 완료후의 누수처리공은 원칙적으로 지수를 목적으로 하지 말고 누수를 적당한 방법으로 배수공으로 유도 하도록 설계한다.

【해설】

1). 가) 노면 배수용의 배수구는 터널내의 청소용수, 화재시의 소화용수, 용수 등의 배수용이며, 배수구의 단면 및 구배는 이들 수량(水量)을 충분히 유하(流下)시킬수 있는 것이어야 하는바, 공사중 혹은 장기간에 걸쳐 토사등이 퇴적하므로 될 수 있는 대로 단면은 여유를 갖인 것으로 하여야 하며, 때때로 청소, 점검등을 할 수 있도록 맨홀(Man Hole) 기타를 설계하도록 한다.

1). 나) 유입구의 간격을 30m로 한것은 배수구청소의 편의를 고려한 것이다.

유입구는 일반적으로는 측대에 설치되는 일이 많지만 이 경우에는 차량등의하중에 견디는 강도가 필요함과 아울러, 청소시의 개폐가 용이한 구조로 하여야 한다.

또한 라이닝으로 부터의 누수를 배수구로 유도하기 위하여 30m 간격으로 설

1). 다) 터널전후의 종단배수에 따라서는 도로부로 부터의 배수가 터널내에 유입하는 일이 있다.

The image displays a set of architectural drawings for a drainage system, organized into two main columns. The left column contains a plan view and a section view, while the right column contains a plan view and a section view.

Left Column:

- Plan View (Top):** Shows a rectangular structure with dimensions 200, 250, 250, 250, 150, 300, 450, 600, and 600. It includes a section line A-A and a detail view A-A'.
- Section View (Bottom):** Shows a cross-section of the structure with dimensions 200, 250, 250, 250, 150, 300, 450, 600, and 600. It includes a section line A-A' and a detail view A-A'.

Right Column:

- Plan View (Top):** Shows a rectangular structure with dimensions 200, 250, 250, 250, 150, 300, 450, 600, and 600. It includes a section line A-A' and a detail view A-A'.
- Section View (Bottom):** Shows a cross-section of the structure with dimensions 200, 250, 250, 250, 150, 300, 450, 600, and 600. It includes a section line A-A' and a detail view A-A'.

해설 그림 34 노면 배수구의 표준도

2). 가) 터널의 용수를 지수시킨다는 것은 일반적으로 매우 곤란하며 오히려 즉시 배수하는 것이 기술적으로나 경제적으로도 득책이다.

이를 위하여 터널에는 용수처리용의 배수관을 포설할 필요가 있으며, 일반적

으로 터널 중앙의 노면아래에 센타 드레인 (Center Drain)을 설치하는 일이 많다

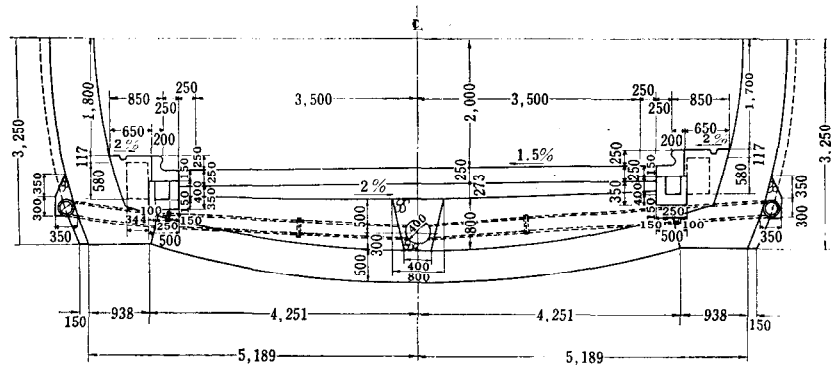
배수관의 단면결정시에는 지질조사 결과나 공사중의 용수량을 감안해서, 터널 완성후의 용수량을 추정하게 되는데 배수관을 노면밑에 설치하기 때문에 장래의 청소 작업은 불가능 하므로 여유있는 단면으로 하는것이 바람직하다.

그러므로, 용수가 거의 없다고 생각되는 경우에도 최소경 300mm 정도의 배수관을 설치해 두어야 한다.

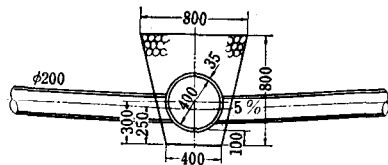
또한, 터널 노면의 종단구배는 공사중의 배수등을 고려해서 용수가 흘러내리는데에 지장이 될만한 완구배를 취하는 일은 거의 없으므로, 배수관의 구배는 원칙적으로 노면구배에 맞춰서 설계하도록 한다.

터널라이닝공으로 인버트(Invert)를 설치하는 경우에는, 배수관을 인버트 하부에 설치함을 원칙으로 한다.

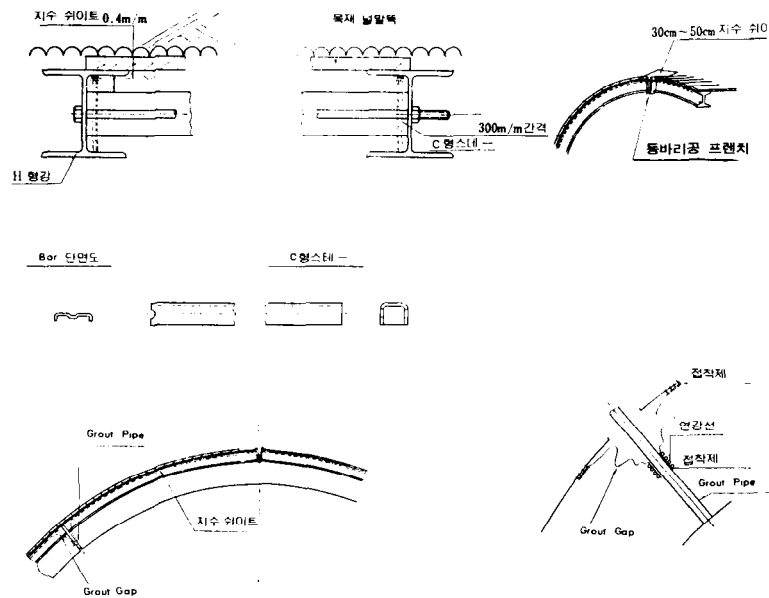
그러나 인버트를 터널 중앙부근에 설치하는 경우에는, 인버트 하부에 배수관을 설치하면 그 영향이 터널 전장에 미쳐 배수관 설치에 요하는 굴착량이 방대해지고, 갱구부에서는 심정호(深井戸)와 같은 집수구를 설치 하여야 되는 일도 있다.



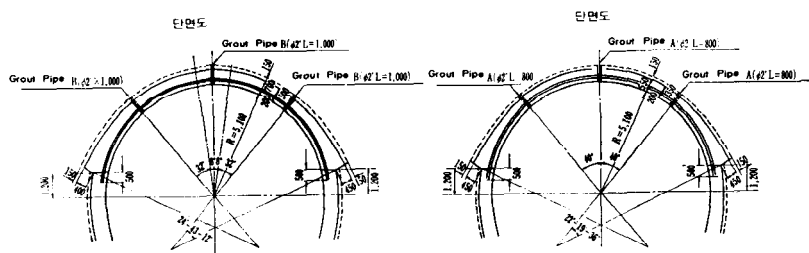
센터드레인 (Center Drain)



해설 그림 35 라이닝 뒷면의 배수설비의 표준도



해설 그림 36(a) 지수 쉬이트를 사용한 용수처리의 실시 예



해설 그림 36 (b) 지수판을 사용한 용수처리의 실시 예

이와 같은 경우에는 그 부근의 용수량이 적다고 판단되는 때에는, 배수관을 인버트 상부에 설치해도 된다.

2). 나) 터널내의 용수는 라이닝콘크리트 타설전에 완전히 조치하여 두지 않으면 안된다.

이때문에 아아치 라이닝 뒷면이나 측벽부에는 필요에 따라 배수파이프, 배수용블록등을 설치하여, 배수구 또는 노면밑의 배수관으로 용수를 유도하도록 설계 하여야 한다.

이들 배수파이프나 배수용 블록은 콘크리트 시공중에 콘크리트가 유입해서 못쓰게 된다는지, 토사가 물과 함께 유입하지 않도록 된 설계가 되지 않으면 안된다.

3). 가) 터널의 라이닝 특히 아아치부의 균열개소, 아아치 타설 이음, 아아치와 측벽의 타설이음 등으로 부터의 누수를 완전히 없게 한다는 것은 용이하지는 않다.

그러나 이들 누수는 동기의 동결, 내구성의 저하, 전기 내장설비에 대한 악영향, 이용자에게 주는 불쾌감등의 원인이 됨으로 누수에 대한 조치를 소홀히 해서는 아니된다.

특히 타설이음의 시공이 완전하지 못함에 기인하는 누수의 사례가 많으므로 아아치 타설이음의 지수판(止水板)의 시공이나, Inverted Lining 공법에서의 아아치와 측벽의 타설이음의 시공이 완전하게 되도록 설계할 필요가 있다.

아아치 타설이음의 지수판의 설계시에는, 시공시에 지수판이 부러진다는지, 소정의 위치를 유지하지 못하는 일이 없도록 지수판 재료를 선정함과 동시에, 아아치 거푸집의 하단측면의 구조를 고려해서, 적당한 붙이기 방법을 설계하는 것이 중요하다.

또, 원지반으로 부터의 용수는 그 양이나 위치도 일정하지는 않고, 늘 변화하는 것이 통례이므로, 아아치 타설이음에는 시공시에 용수가 거의 없게 함과 동시에, 원칙적으로는 전부 지수판을 설치하는 것이 바람직하다.

3). 나) 라이닝의 균열부나 타설이음으로부터의 누수를 지수(止水) 한다는 것은 용이하지 않아, 가령 지수시킨다 하더라도 다른 개소로 물이 돌아가서, 누수개소가 새로히 생기는 것이 보통이다.

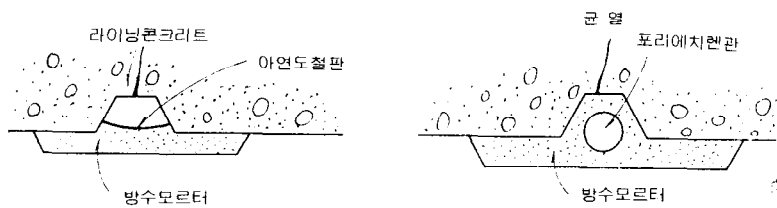
이때문에 함부로 누수를 막으려고 노력하기 보다는, 누수를 재빨리 배수하는 편이 득책이 되는 경우가 많다.

누수처리의 방법으로서, 종래부터 여러가지 방법이 채용되어 왔지만, 일반적으로는 누수개소의 라이닝을 깎아내려, 그 곳에 철판 또는 폴리에치렌관을 매입해서 물을 빼내는 방법이 널리 채용되고 있다.

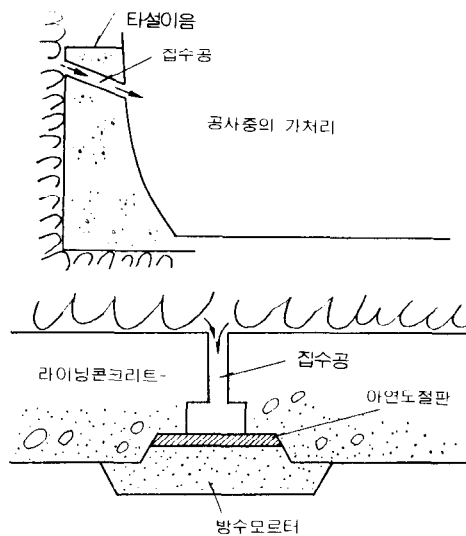
이공법에서 주의를 요하는 것은 배수공(孔)의 단면이 너무 작으면 유리석회(遊離石灰) 등으로 인하여 배수공이 폐색될 우려가 있다.

이때문에 배수관의 직경은 적어도 5 cm 정도의 것을 사용함이 좋다.

또한 라이닝 표면에 삼출(滲出)된 누수만을 처리하는 것이 아니라, 라이닝 뒷면에 있는 누수를 빼는 방법으로서, 라이닝에 착암기 등으로 천공하고 그곳으로 배면수(背面水)를 배수하는 방법이 있다.



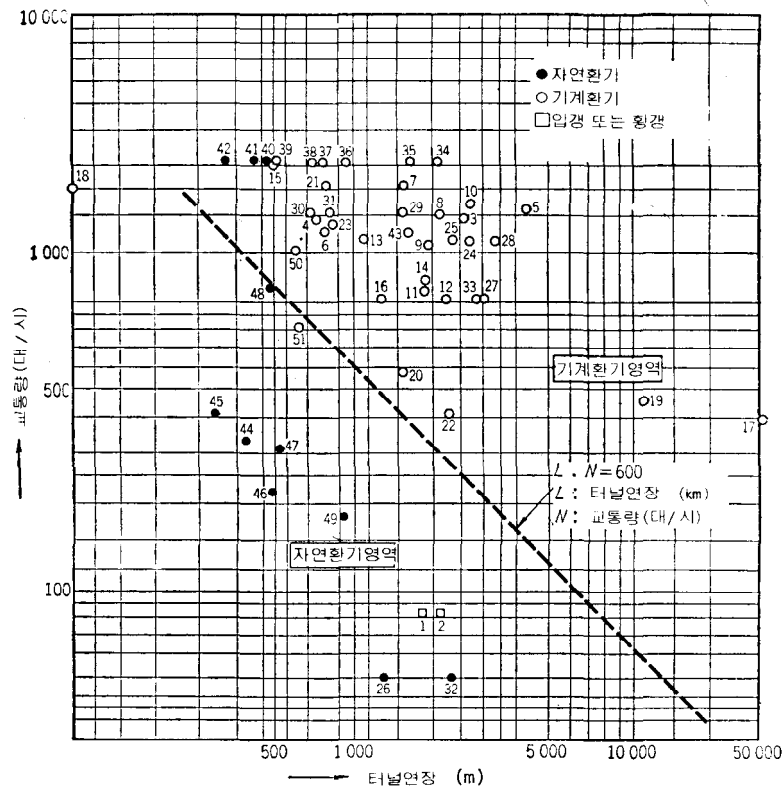
해설 그림 37 누수 처리공의 예



해설 그림 38 배수공에 의한 누수처리공의 예

제65조 부속설비

터널은 그 사용목적 및 유지관리면을 고려해서 필요에 따라 환기(換氣), 조명 및 방제의 설비, 대피소 등을 설계 하여야 한다.



해설 그림 39 도로터널의 연장, 교통량과 환기

【해 설】

도로 터널에서는 연장, 교통량등에 따라 환기, 조명설비를 설치 하여야 한다. 해설 그림39는,일본에 있어서의 도로터널의 연장, 교통량과 환기관계를 나타낸 것으로서, 이 도표에 의하면, 일반적으로 그림중의 한계선 보다 위에 위치한 터널에서는, 기계환기에 대해서 검토할 필요가 있는 것으로 되어 있다.

또한, 현재로서는 기계환기 설비가 불필한 경우라도, 장래교통량이 증가되는 경우를 고려하여, 장래 설치할 환기설비를 상정해서, 충분한 여유를 갖게 한 설계를 하여야 한다.

도로 터널의 조명은 매연에 대한 투과율(透過率), 현혹(眩惑)을 고려해서 형광등 또는 나트륨등을 쓰는 일이 많다.

외화조명(緩和照明)은 터널의 길이, 야외휘도(野外輝度) 설계속도등을 고려해서 설계 하지만, 터널연장이 짧고 수간에 보이는 상태가 양호한 경우에는 생략하는 일이 있다.

터널의 환기량은, 허용 Co 농도(濃度) 또는 허용투과율로 정해 지지만, 이 허용투과율은 조명상황에 따라 대폭적인 영향을 받으므로 환기와 조명과의 균형을 고려할 필요가 있다.

도로 터널에서는, 연장, 교통량 등에 의거 필요에 따라 터널내의 방재설비(防災設備)로서 통보(通報), 경보(警報) 및 소화설비(消火設備) 등을 설치하여야 한다.

그외에 경우에 따라 대피(待避) 및 소음(騒音) 방지에 대해서도 고려 하여야 한다.

철도터널에서는 보수요원의 대피, 보선재료(保線材料)의 적치장을 위한 대피소, 보수작업을 위한 터널조명등을 설계하여 두지 않으면 안된다.

제 4 편 시 공

제 1 장 총 칙

제66조 시공 계획

시공에 앞서, 공사의 규모, 공기, 지질 등에 적합한 굴착 방식, 라이닝 등의 시공법, 공사용 기계 및 공사 설비 등의 계획을 세워야 한다.

【해 설】

설계된 터널의 단면, 연장, 정해진 공기를 기초로, 먼저 그 터널의 지질조건에 알맞는 가장 안전하고도 경제적인 시공방식을 정하고, 이에 따라 공정계획을 세운다. 이 경우, 필요에 따라 입갱(立坑), 사갱(斜坑) 또는 횡갱(橫坑)을 계획한다.

이와 같이하여 공정계획이 세워지면, 갱내외에 배치하는 공사용 기계의 성능, 대수를 정하고, 압축공기의 소비량, 사용전력(電力)의 수배전 계획을 수립함과 아울러, 공사용 제반재료의 시기별 사용량에 따른 수급계획등을 세워, 이들을 종합관련시켜 공사용 제설비의 전체계획을 세워야 한다.

제67조 시공 중의 조사

시공중에는 지질, 자연현상 등에 주의하여, 안전한 시공이 보장되도록 늘 필요한 조사를 실시하여야 한다.

【해 설】

터널 공사의 특수성때문에, 착공전에 실시한 지질, 자연현상 등의 조사는 시공된 결과와 반듯이 일치되는 것은 아니다.

따라서, 시공중에도 지질, 기타의 조사를 항상 실시하고, 설계조건과 대조하여 차후 시공의 지침으로 한다.

지질, 기타 변화가 예상되는 개소에는 지질조사, 갱, 장갱(長坑) 천공, 수평보오링 등을 실시 해야할 것이다.

굴착후, 될 수 있는 대로 빠른 시기에 지질을 관찰하여, 동바리공, 라이닝등 터널 단면의 변상(變狀)에 주의하고, 이들 결과를 기록해 두어야 한다.

토압의 측정, 동바리에 걸려오는 응력의 측정등 최근 터널공사에 적합한 방법

이 있으므로, 이들 측정도* 아울러 실시하는 것이 시공중의 조사로서 유효적절할 것이다.

이 외에, 용수의 질, 양, 갯내외의 온도, 갯내의 유해 개스의 유무등을 정기적으로 측정하여 착공전에 실시한 조사자료와 대조 하여야 한다.

제68조 시공법의 변경

책임기술자는 시공중, 시공법이 현장의 상황에 부적당 하다고 인정되는 때에는, 안전한 방법으로 임기(臨機)의 조치를 취함과 동시에 지체 없이 이에 따라 변경토록 하여야 한다.

【해 설】

착공전의 조사를 주의깊게 실시하였다 하더라도, 터널공사의 특수성 때문에, 지질 기타의 제조건을 전연장에 걸쳐 정확하게 예상 한다는 것은 곤란 하므로본 조항을 설정한 것이다.

제 2 장 보안(保安)

제69조 안전 위생

시공시에는 노동, 안전, 위생에 관한 제규칙, 화약취급에 관한 제 규정 등 관계법규를 준수하여 사고를 일으키지 않도록 안전 위생에 충분히 주의 하여야 한다.

【해 설】

공사시공시에는 먼저 안전을 제일로 하여야 한다.

정해진 관계제법규는 최소한의 조건을 제시한 것이다.

따라서 이들 규정은 절대로 준수하지 않으면 안되는 것은 당연하고, 또 각각의 공사실정에 적합한 상세한 내규를 만들어 재해방지에 힘써야 한다.

제70조 조 명

갯내에는 작업 및 순회점검(巡回点檢)에 필요한 조명시설을 하여야 한다.

【해 설】

최근 터널공사는 대형기계의 사용이 점점 늘어나고 있어 직접 작업하는 작업원은 물론 라이닝이 완료된 구간에 대해서도 충분한 조명을 실시해서 위해방지(危害防止)에 힘써야 한다.

작업하는 구간의 조명은 보통전구외에 직접 투광기(投光器) 등을 사용하는 일이 많고 라이닝이 완료된 구간 등 작업을 실시하지 않는 구간의 조명은 작업원의 통행이나 중장비운행의 안전을 확보하기 위해서도 필요하며, 내공폭(內空幅) 8.5m 정도에서 100W 전구 100m 간격 편측배치정도의 조명설비를 하고 있는 예가 많다.

그리고 터널내에는 전압강하에 대한 주의를 등한히 하기 쉬우므로 충분히 주의할 필요가 있다.

또 갱내는 조명기구의 파손도가 높으므로 늘 점검하고 충분한 보수를 하여야 한다.

제71조 환 기

1) 위생적이고도 안전한 작업환경을 조성하기 위하여는 갱내의 환기를 충분히 실시하여 폭파 후의 개스, 분진(粉塵) 및 디젤기관 배기 개스를 배제 하여야 한다.

2) 원지반에서 나오는 개스, 지열 등에 주의하고 필요한 경우에는 환기, 기타의 조치를 강구 하여야 한다.

【해 설】

1) 터널공사에 있어서는 연장이 짧고 단면이 큰것과, 관통 후의 터널 등에서는 압축공기를 방출시켜두는 정도로 환기의 목적을 달성할 수 있는 경우도, 일반적으로 터널에서는 투시가 좋은 위생적인 작업환경을 조성하기 위하여, 기계적 환기를 실시할 필요가 있는 데, 왕왕 이 환기를 등한히 하기 쉬우므로 주의할 필요가 있다.

환기에는, 해설 그림40에 나타낸 바와 같이, 송기식(送氣式), 배기식(排氣式) 및 이들의 조합등의 방식이 있으며, 또 송풍기에도 원심형(遠心型)과 축류형(軸流型) 등 여러가지가 있는데, 각각은 특징을 갖고 있다.

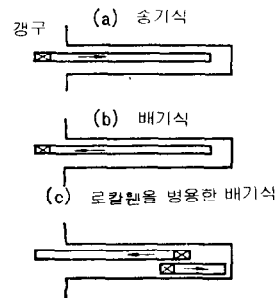
이들은 터널단면, 연장, 환기량, 굴착라이닝의 시공방식 등에 따라 적당한 것을 택하여야 한다.

환기관에는, 강관이나 비닐관등이 사용되는데 비닐관등을 사용하면, (Fan)팬

의 흡입구(吸込口)에서 부압(負圧)이 생겨 환기관을 접속할 수 없고 틈이 벌어지기 때문에 거의 환기효과가 없어지는 예가 많으므로 주의할 필요가 있다.

폭약 및 디젤기관에서 배출되는 유해개스의 발생량에 대해서는 사용폭약, 장약량(裝藥量), 갱내의 환기상태, 주행상태, 기타 각종의 조건에 따라 다르지만 대략 그 값은 해설 표24와 같다.

또 디젤기관을 사용하는 경우는 유해개스 외에 매연(煤煙)에도 주의할 필요가 있다.



해설 그림40 환기방식

해설표24 폭약 및 디젤기관에서 배출되는 유해개스 발생량

종 류		유 해 개 스 발 생 량		비 고
		CO	NOx	
폭약	갱내용다이 나 마이트	1.7~21.2ℓ /kg	3.8~ 8.5ℓ /kg	
	AN-FO	6.4~2.24 "	5.6~18.0 "	
디젤 기관	쇼 우 벨	0.021~0.046 ℓ /min/HP	0.003~0.015 ℓ /min/HP	
	덤 프 트 렉	0.023~0.049 "	0.003~0.016 "	
	디젤기관차	0.021~0.045 "	0.003~0.014 "	

그리고 분진의 발생은 폭파방법, 회수, 대상 암석, 등에 밀접한 관계를 갖는 것인데, 발생량이 될 수 있는대로 적어 지도록 함과 아울러, 필요한 경우에는, 습식착암을 실시한다든지, 방진 마스크의 사용등으로 분진에 의한 영향이 될 수 있는 대로 적어지도록 하여야 한다.

폭파후의 개스 및 디젤기관에서 배출되는 유해개스의 희석(希釈)에 필요한 풍량(風量)의 산정에 대한 1례(一例)를 들면 다음과 같다. (Manual on Rock Blasting : Atlas Copco Aktiebolag, Stockholm and Sandviekens Jernverks

Aktiebolag, Jandvieken Sweden 1958) 폭발후 개스의 경우의 계산식

폭발후 개스의 경우의 계산식

$$Q = \frac{d \cdot A}{t} \log_e \frac{\epsilon_1}{\epsilon_2}$$

여기에서, t : 회석에 요하는 시간 (환기시간) (min)
 d : 풍관구 (風管口)에서 굴착단면까지의 거리 (m)
 A : 터널 단면적 (m²)
 Q : 필요풍량 (m³/min)
 ϵ_1 : 발파직후의 굴착지점개스농도 (ppm)
 ϵ_2 : 유해개스 허용 농도 (ppm)

주) ϵ_1 의 값으로서는 개산의 경우

$$\frac{\text{폭발후 개스발생량 } (\ell)}{1,000 A d} \text{로 해도 된다.}$$

디젤기관을 배기가스의 계산식

$$Q = \frac{V \cdot C}{\epsilon_2}$$

여기에서, Q : 필요풍량 (m³/min)
 V : 디젤기관에서 배출되는 유해개스 발생량 (ℓ/min/HP)
 C : 디젤기관의 마력수
 ϵ_2 : 유해개스 허용농도 (ppm)

선정된 풍량을 기초로 해서 환기방식에 따른 효율, 기계효율 등을 고려 풍관 (風管)의 경, 팬 (Fan)의 용량 등을 설계한다.

2) 탄전지대등을 통과하는 터널로 파쇄대나 균열이 많은 암질의 개소, 이암(泥岩)을 낀 지질, 개스징(徵), 유징(油徵)이 보이는 지질 등에는 유해개스, 가연성 개스등이 나오는 경우도 있으므로 충분히 주의하고, 필요에 따라 적당한 개스검정기를 써서 측정하여, 상황에 따라 환기, 화기금지 또는 입갱금지 등의 조치를 강구 하여야 한다.

해설 표25 에는 일본 노동성과 통산성 및 AGGIH (Ameriea Conference of Govenmental Industrial Hygienists)에 의한 유해개스, 가연성 개스의 허용량을 나타낸 것이다.

이 값중에서, 일본의 값은 위험의 유무에 의해서 결정한 것이고, AGGIH의 값은 노무자가 매일 반복해서 그 속에서 작업하고 있더라도 신체에 나쁜 영향을 받지 않는 값을 나타낸 것이므로, 환기설비를 설계하는데 있어서는 AGGIH의 값을 적용하는 것이 바람직 하다.

해설 표 25 유해가스 가연성 가스의 허용한계 농도

개 스 의 종 류	단위	일본노동성	일본통산성	AGGIH
일 산 화 탄 소 (CO)	ppm	—	200 (100)	50
일 산 화 질 소 (NO)	"	—	—	25
이 산 화 질 소 (NO ₂)	"	—	50 (25)	5
탄 산 개 스 (CO ₂)	%	1. 5	1. 0	0. 5
유 화 수 소 (流化) (H ₂ S)	ppm	—	100 (50)	10
아유산개스 (亜硫酸) (SO ₂)	"	—	20 (10)	5
메 탄 개 스 (CH ₄)	%	1. 5	1. 5	—
산 소 (O ₂)	"	16. 0	19. 0	—

주) () 내수치는 계원이 매월 1 회이상 유해개스의 함유율 및 그 범위를 측정할 경우의 값이나.

제72조 배 수

시공중에는 작업기타에 지장이 없게 갱내의 배수가 잘 되도록 하여야 한다.

【해 설】

터널공사에는 용수가 있는것이 보통이므로 굴착당초부터 용수에 대비해서 배수 시설을 설치하여야 한다.

배수가 나쁘면 동바리공의 뿌리를 이완시킨다든지, 운반로의 보수를 충분하지한 수 없다든지해서, 작업환경이 현저히 나빠지며, 따라서 작업상의 위험도 증대하고 또한 능률도 저하하므로, 배수구(排水溝)를 충분히 정비하지 않으면 안된다.

갱내배수를 위한 펌프설비를 하는데 있어서는 예상되는 용수량, 펌프설비의 유지수선의 편의, 사고시의 예비펌프등을 고려하여, 펌프의 양정(揚程)과 용량에 충분한 여유를 갖도록 하여야 한다.

또한 사갱(斜坑), 입갱(立坑), 시공 때에는 정전시의 사고대책을 고려 하여야 한다.

제73조 공해방지, 등

1) 시공중에는 소음, 진동등에 의한 공해방지에 노력 하여야 한다.

2) 터널의 굴착에 따라, 지표의 침하, 갈수 등 터널주변에 영향을 미칠 우려가 있는 경우에는, 이들에 대하여 충분한 주의를 경주 하여야 한다.

【해 설】

1) 인가부근 특히 도시내에서 터널공사를 시행하는 경우에는 공사에 따른 소음, 진동, 또는 끝재세정수(洗淨水), 갯배배수 등이 공해의 원인이 되지 않도록 그 처리에 충분한 주의를 기울여야 한다.

소음발생원(騒音發生源)으로서의 콤프레사(Compressor), 배처 프랜트(Batcher Plant), 크랏샤 프랜트(Crusher Plant) 등이 있는데, 필요에 따라서 방음피복(防音被覆), 방음벽 등을 설치 한다.

갱구부근 및 피토가 얇은 개소의 폭파는, 진동장해의 원인이 되므로 화약량의 제한, 발파시간의 한정들을 실시한다.

2) 터널굴착에 따라 지표의 침하, 균열, 기설구조물의 변상, 갈수등을 일으킨 우려가 있으므로, 시공에 앞서 충분한 현황을 조사해서 대책을 고려해둠과 동시에, 시공중에는 필요한 측정을 실시하는 등으로, 이들 현상(現象)이 생기는지 여부에 대해서 충분한 주의를 해야 한다.

제 3 장 측 량

제74조 총 칙

측량은 그 목적을 충분히 고려해서, 필요한 정도(精度)를 확보할수 있도록 신중하게 실시하여야 한다.

터널의 측량은 일반적으로 매우 높은 정도(精度)가 요구된다.

터널공사에서 높은 정도의 측량이 요구되는 이유는, 그 결과를 도중에 다른 측량방법으로 검증(檢証)하기가 곤란하고 측량이 틀림없이 필요한 정도(精度)로 실시되었는지의 여부는 관통 후에야 비로서 알게 되기 때문이다.

만약, 이 시점에서 예상한 이상한 오차가 생겼다면 목적에 부합하는 터널이 완성되기에는 중대한 손실을 초래하게 된다.

이 때문에, 터널의 측량에 있어서는 방법이나 정도(精度) 등을 충분히 검토한 후에 신중하게 실시하여야 한다.

또, 터널의 측량은 갯배, 갯외를 불문하고 측량기술적으로 조건이 나쁜곳에서 실시하는 경우가 많으므로, 함부로 복잡한 방법을 택하게되면, 오히려 잘못을 저지르게 되는 원인이 되기 때문에, 터널의 규모, 성질, 시공법 등을 고려하고, 측량의 목적을 감안하여 필요한 정도(精度)로 실시하여야 한다.

터널공사에 필요한 각종측량은, 그 지역의 지형조건, 터널의 규모, 시공방법 등에 따라, 목적에 적합한 방법으로 적의 실시하여지기 때문에, 반듯이 일정한 방식, 순서로 실시 된다고는 할 수 없으나, 표준적인 방법을 순서대로 나타내면

해설 표26과 같다.

해설 표 26 터널공사에 있어서의 측량

구 분	시 기	목 적	내 용	성 과
갱외기준점의 측량	설계완료후 시공전	굴착을 위한 측량의 기준점 설치	3각측량 또는 트라바스 측량 등 및 수준 측량	기준점의 설치 및 중심선 방향 말뚝의 설치
세부측량	갱외기준점 설치후 공전시	갱구 및 터널 가설계획에 필요한 상세한 지형도의 작성	평파측량 수준측량 등	1 : 200 지형도
갱내측량	시 공 중	설계중심선의 갱내의 설정 및 굴착, 동바리공, 거꾸집 설치등의 조사(照査)	트라바스측량, 수준측량	갱내기준점의 설치
작업갱	작업갱 완성후	작업갱으로부터의 중심선 및 수준(水準)의 도입	동상 또는, 특수측량 방법	갱내기준점의 설치

제75조 갱외 기준점(坑外基準点)

1) 갱외에는 시공의 기준으로 하기 위하여 필요한 기준점을 설치하고, 필요한 정도(精度)로서 그들 상호관계를 명확히 해 두어야 한다.

2) 기준점은 훼손, 이동의 우려가 없는 장소에 설치하고 잘 보호하여야 한다.

3) 기준점의 설치는, 터널의 깊이, 지형의 상황 등에 따라 적절한 측량방법을 써서 필요한 정도(精度)를 확인 하여야 한다.

【해 설】

1) 지형도상에서 터널의 위치가 결정되면, 그 수치를 근거로 터널의 위치를 현지에 설정하기 위한 기준점을 설치하여야 한다.

도상에서 위치를 결정할때 까지는, 측량상 터널 이외의 노선과 대차가 없지만,

갱외에 기준점을 설치하는 단계부터 터널의 측량에만 있는 특수한 조건에 대하여 고려 하면서 측량을 실시하여야 한다.

터널에 필요한 기준점으로서, 양갱구나 작업갱구 부근의 기준점으로서, 그 방위(方位), 좌표를 필요한 정도(精度)로 결정해 두어야 한다.

갱구부근의 기준점결정에 대해서는, 여러가지 측량방법이 있는데, 반듯이 필요한 정도(精度)로 그 상호관계를 명확히 해두어야 한다.

이 갱구부근의 기준점이, 후에 계속해서 갱내 측량의 기준점이 되고, 또 이를 기준으로하여 실시하는 갱내 측량 결과를 터널의 관통까지 점점할 수 없는 경우가 많으므로, 터널의 규모, 시공방법, 갱내측량의 방법등을 고려하여, 필요한 상대정도(相對精度)를 확보하도록 하여야 한다.

필요한 정도로서는 관통오차의 제한과 갱내측량의 정도에 달려 있으므로, 이 양자를 고려해서 결정 하여야 한다.

이와 같은 갱구부근의 기준점외에 중심선의 설치가 있다.

이는 설계상의 필요와 다른조사, 예를 들면 탄성과 탐사, 보어링등의 위치관계를 결정하는 기준점으로서 사용되는 것이며, 중심선의 설치가 용이한 경우는 일반의 노선측량의 경우와 같이 20m 간격으로 설치하는 편이 좋겠지만, 장대한 터널로서 원지반의 피토가 큰 경우는, 중심선의 방향이 확인되고, 다른 조사로서 지점확인에 필요한 정도(程度)의 간격으로 설치하면 되고, 그 정도(精度)로서는, 갱구부근의 기준점설치를 위한 측량방법에 따르거나, 이 측량에 사용한 점을 이용해서 측량해도 된다.

2) 갱구부근의 기준점은, 다른 작업에 있어서도 중요한 개소일때가 많아, 이를 사용하는데 있어 다른 작업의 장애를 받거나 또는 기준점이 손상을 받기 쉽다.

이 때문에, 뚜껑등으로 잘 보호하고 한편, 변위, 이동상태를 간단하게 점점할 수 있도록 각 갱구에 두점 이상의 기준점을 설치하는 것이 좋다.

또한 방위에 관해서는, 이것이 중심선방향의 기준이 되는 것이며, 지형조건만 허용되면, 될 수 있는대로 거리를 크게해서 방위기준점을 설치하는 것이 좋다.

3) 기준점 설치를 위한 측량방법으로서, 평면위치 결정을 위해서는 트라바스 측량, 삼각측량등이 쓰이고, 높이의 결정에는 수준 측량이 쓰인다.

여하한 측량방법을 채택할 것인가 하는 것은, 터널 위치부근의 지형조건, 이 측량에 필요한 정도(精度)에 따라서 정해진다.

일반적으로 지형이 간단하고 짧은 터널의 경우는, 트라바스 측량, 지형이 급준하고 터널이 장대한 경우는, 삼각측량을 쓰며, 이 중간조건인 곳에서는, 이들 측량을 병용하는 일도 있다.

트라바스측량의 정도(精度)로서는, 좌표의 폐합비(閉合比) 1/5,000, 방위각

의 폐합차 $30''\sqrt{n}$ (n 는 변수(辺數)) 정도이므로, 터널의 갱외기준점용 으로서는 극히 한정된 경우밖에 이용할 수 없어, 지형이 급준하고 장대한 터널의 경우는 삼각측량에 의하지 않을 수 없으며, 또 정도(精度)의 면에서 보더라도 삼각 측량에 의한 방법이 안전하다.

삼각 측량은, 국가 삼각점을 이용해서 실시하는 일이 많으며, 3 등 삼각점이 상의 점을 쓴 경우는, 상대정도(相對精度)로서 1/50,000 이상의 정도가 얻어진다고 추정되므로, 이를 고려해서 측량방법을 결정하면 좋다.

장대한 터널로 이보다 높은 정도(精度)가 필요한 경우, 새로 적당한 장소를 택해서 기선측량을 실시하여 3 각측량을 실시하여야 한다.

이와 같은 경우로서 특히 표고차가 클 때에는 양 갱구의 표준표고에 기준면을 정해서, 좌표나 거리를 구하도록 하면, 실제로 측정한 거리가 사용할 수 있으므로 편리하다

이 경우, 국가삼각점의 값도 이것으로 환산하고, 측량결과의 조사(照査) 라는 의미에서 이용하는 편이 좋다.

최근에는, 전자파(電磁波)를 이용한 측거기계(測距機械)가 있어 이를 잘 활용하면 정도(精度), 작업능률 향상에 매우 유효하다.

높이의 결정에 관해서는, 수준측량에 의해서 실시하여야 하지만, 이 경우, 국가 수준점을 이용한다 하더라도 양 갱구를 연결해서 상대적인 높이의 차를 반듯이 구해 놓아야 한다.

제76조 갱내 측량

1) 갱내의 측점은, 필요한 정도(精度)로 측정함과 동시에, 시공 중 움직이지 않도록 견고하게 설치 하여야 한다.

2) 측점의 간격은, 직선부에서 약 100m 정도를 표준으로 하고, 곡선부에서는 곡선반경, 단면 등이 고려된 적당한 간격이어야 한다.

3) 측량작업은, 관측, 측정에 지장이 없도록 환기, 조명등 필요한 조치를 강구하여야 한다.

4) 갱내측점의 점측은, 굴진하는데, 따라서 적당한 빈도로 갱외의 기준점으로 부터 실시하여야 한다.

【해 설】

1) 갱내에서 실시하는 측량으로서, 설계에 따라서 중심선을 정하고, 굴착이 진행됨에 따라 이를 갱속으로 연장하는 측점을 설치하기 위한 것과, 그 측점

을 기준으로 해서 시공상 필요한 점을 얻기 위한 것이 있다.

따라서, 측점은 그후의 측량의 기준이 되는 것이므로, 관통의 허용 오차, 갱외기준점의 정도(精度)를 고려해서 필요한 정도가 확보될 수 있는 측량 방법을 취하여야 한다.

갱내 측량은, 트라바스 측량, 또는 이에 준한 방법을 택하는 경우가 많고, 또 곡선구간에서는, 변장(辺長)이 짧아지므로, 측점 결정에 있어서는 측거(測距)와 측각(測角)의 균형을 고려하여, 측점에 맞추는 치심(致心)의 정도(精度)를 높이도록 할것과, 시준점을 보기쉽게 할것 등에 유의하여야 한다.

치심(致心)의 정도(精度)를 높이기 위해서는, 광학적구심장치(光学的求心裝置)가 있는 트란시트(Transit)를 사용하는 것이 좋다.

설정된 측점은, 캐도내 통로에 설치되는 일이 많으므로, 터널 작업에 지장이 없도록 그리고 측점이 훼손 되는 일이 없도록, 뚜껑 등을 설치해서 견고한 구조를 하여야 한다.

상단에 매입된 간단한 못 등은, 시공의 가능으로서는 사용해도 좋으나, 측량의 측점으로 사용해서는 안된다.

수준측량을 위한 측점은, 이 중심선의 못을 공용(共用)하여도 좋으나, 측정, 설치가 용이한 곳으로서 다른 작업에 지장이 없는 곳에서는 별도로 설치하여도 좋다.

2) 측점의 간격은, 터널의 단면, 동바리공의 형식, 굴착방법, 등에 따라 알맞게 정해도 좋지만, 1 측점에서 전후로 적어도 2점이상 관측할 수 있도록 측점 간격을 취하여야 한다.

3) 터널속은 일반적으로 어둡고, 환기도 잘 되지 않기 때문에, 먼지도 많고, 흐려지기 쉬우므로, 작업에 지장이 없도록 필요한 조치를 취하여야 한다.

4) 측점의 검측은, 터널의 규모, 굴진 속도, 시공방법에 따라 다르겠지만, 적어도 1개월에 1회정도는 실시하지 않으면 안된다.

측량에 있어서는, 최선의 조건하에서 갱외기준점으로 부터의 검측을 실시하여 정도(精度)를 확인하지 않으면 안된다.

제77조 작업갱으로 부터의 중심선 및 수준의 도입

작업갱으로부터 중심선 및 수준을 본 터널에 도입하기 위한 측량은, 작업갱의 길이, 방향, 경사 등으로부터 계산으로 구한 수치를 기초로 하여, 필요한 정도(精度)를 확보할 수 있는 방법으로 실시하지 않으면 안된다.

【해 설】

장대 터널이 되면 입갱(立坑), 횡갱 또는 사갱(斜坑), 등의 작업갱을 파서, 공기의 단축, 공비의 절감, 등을 도모하는 일이 많다.

이 경우, 이들 갱구부근에는 필요한 정도(精度)로 갱외기준점이 설치되어 있으므로, 이를 기준으로 해서 본 터널과의 관계를 구하여, 필요한 측점을 설치하여야 한다.

특히 입갱에 있어서는, 중심선의 기준장(基準長)이 짧아 오차가 생길 염려가 많으므로, 기계의 설치, 측량선(測量線)의 정지(稱止)에 유의하여야 한다.

입갱을 통해서 중심선을 옮기는 방법으로서, 트랜시트를 쓰는 광학적인 방법과 강선에 추를 달아 내리는 방법이 있는데, 전자는 트랜시트의 구조상 무리가 있으므로 넓고 얇은 입갱이외에서는 사용하지 못한다.

강선에 의한 방법인 경우, 입갱의 깊이에 따라 사용하는 강선과 추의 무게가 달라지는데, 일반적으로는 0.5mm~1mm의 피아노선이 사용되며, 추는 5kg~30kg의 것이 사용되고 있다.

달아내린선의 정지를 위해서, 추는 십자형과 같이 저항이 큰 것으로 하며, 일반적으로는 유조(油槽)에 잠기게해서 빨리 진동을 멈추도록 한다.

그리고 사갱의 경우는, 투시범위내에서 될 수 있는대로 길게 측점을 잡고 계산으로 구한 연장의 갱저(坑底) 위치에서 측각을 실시하여 본 터널의 방향을 결정한다.

작업갱과 본 터널과의 접속부에서는, 측량용의 횡갱등을 설치하여 검측할 수 있도록 함이 바람직하다.

평행으로 2本の 터널을 굴착하는 경우, 도중에 연락하는 횡갱등을 이용하여 2本の 터널을 통하는 트라바스측량을 실시하면 매우 효과적이다. 또 작업갱등에서 중심선의 굴곡이 많은 경우는, 자이로 붙은 트랜시트의 이용도 생각할 수 있다.

입갱의 고정측량에 대해서는, 얇은 경우에는, 직접 권척(卷尺)을 내려서 측정하는 것도 유효하다.

제 4 장 굴 착

제78조 굴착 방식

1) 굴착방식은, 지질, 단면형, 연장, 공기(工期), 등을 고려해서 결정하여야 한다.

2) 인버티드 라이닝(Inverted Lining)의 측벽은, 라이닝 아아치 부분에 악영향을 미치지 않도록 시공하여야 한다.

【해 설】

1) 굴착방식의 결정은, 공사전체를 지배하는 것으로서, 그 방식에는 전단면 굴착, 도갱선진(導坑先進) 또는 벤치식 등 여러가지가 있어, 그 공사에 가장 적합한 것을 선택하여야 한다.

또한, 각 발파장소의 상호관계 등도 충분히 고려하여, 미리 정해진 순서에 따라, 지질, 용수, 등에 따라서는 굴착방식의 전환 등 임기의 조치를 취하는 경우도 있을 수 있다는 점을 항상 염두에 두고 정연하게 진행하는 것이 바람직하다.

제79조 여굴(余屈)

굴착에 있어서는, 여굴이 될 수 있는 대로 적도록 하여야 한다.

【해 설】

굴착에 있어서는, 라이닝의 설계두께선 보다 외측으로 부득이 생기는 여굴이 생기게 되는데, 많으면 버력반출 및 라이닝에 여분의 비용이 들 뿐만 아니라, 크게 굴착됐기 때문에 토압에 있어서도 불리하게 된다.

여굴의 양은, 지질 굴착방식 등에 따라 달라지나, 될 수 있는대로 적어지도록 예를 들면 경암에서는 스무스 브라스팅(Smooth Blasting) 등, 여굴이 적어지는 방법을 채용해야 한다.

제 5 장 폭 파

제80조 폭파 계획

굴착에 앞서서, 암질, 단면형, 굴착방식, 등에 적합한 천공깊이, 천공배치, 화약의 종류, 양, 뇌관의 형식, 등의 폭파계획을 정하여야 한다.

【해 설】

폭파계획을 세우는데 있어서는, 미리 정해진 시공방식, 굴진공정에 따라, 암질, 단면형, 단면의 크기를 고려해서, 먼저 1 발파예정진행, 즉 천공 깊이를 정

하고 나서, 다음에 심발(心拔)의 형식, 천공배치, 화약의 종류, 양, 뇌관의 형식, 주변공(周辺孔) 간격, 주변공의 약장(藥長) 등을 정한다.

이들 계획과 폭파결과와의 사이에는 해설 표27과 같은 관계가 있으며, 버력적 재 작업 등 후속작업의 능률에 미치는 영향이 크므로 충분히 검토하고, 필요에 따라 시험폭파 등을 실시하여, 종합적으로 판단해서 폭파계획을 세울 필요가 있다.

해설 표 27 폭파 계획과 폭파 결과와의 관계

폭 파 결 과 폭 파 계 획	버 력 의 크 기	버 력 의 퇴적상태	여굴의양	폭파후개스 의 발생량
심발(心拔)의 형식		○		
천 공 배 치	○			
화 약 의 종 류				○
화 약 량	○	○		○
뇌 관 의 형 식	○	○		
주 변 공 의 간 격			○	
주변공의종류와약장			○	

주) 이 표는 비교적 밀접한 관계만을 나타낸 것이다.

제81조 천 공

- 1) 천공은, 미리 정해진 천공배치에 따라서 위치, 방향, 깊이에 맞춰 정확하게 실시하여야 한다.
- 2) 천공(孔) 중에는, 이상한 용수, 개스의 분출(噴出), 지질의 변화, 등에 대하여 주의 하여야 한다.
- 3) 천공시에는 공저(孔底), 불발 폭약에 주의하여야 한다.

【해 설】

- 1) 천공의 양부는, 폭파효과에 큰 영향을 미치는 것이므로 위치 및 방향은, 미리 폭파계획에서 정해진 천공배치에 따라 정확하게 실시하고, 또 깊이는 가느런하게 되도록 충분히 주의하여야 한다.
- 2) 급격한 지질의 변화등은, 어느정도 천공시 끝의 굴진 감가이나 기타로 감지되는 경우가 많으므로, 작업중에는 특히 주의할 필요가 있다.
- 3) 불발공(不発孔) 또는 잔류화약(殘留火藥)이 있다고 생각되는 때는, 화약을

제거하든가, 화약이 없음을 확인하지 않고서는 천공을 계속해서는 아니된다. 또 먼저 뚫었는 공(孔)의 끝을 이용한 천공은 가령 화약이 없는 경우라도 절대로 실시해서는 안된다.

제82조 장약(裝藥)

- 1) 장약은, 미리 정해진 폭파계획에 따라 안전하게 실시하여야 한다.
- 2) 전기 뇌관을 사용하는 경우는, 미주 전류(迷走電流), 누전 전류 등에 충분히 주의 하여야 한다.
- 3) 도화선은 퇴피(退避)에 필요한 길이로 하여야 한다.

【해 설】

2) 전기뇌관을 사용하는 경우는, 미주전류, 누전전류의 유무, 그 크기를 반드시 측정하여, 안전하다는 것을 확인하고 사용하여야 한다.

어느 범위가 안전할 것인가에 대해서는, 사용되는 전기뇌관의 종류에 따라 다르기 때문에, 그 뇌관의 카다로그를 잘 읽고 검토한 다음 사용하여야 한다.

이와 같은 주의를 경주한다 해도, 사용할 때에는 발파장소의 전원은 모두 절단하는 것이 필요하다.

버력적재기계, 축전지 기관차, 콘크리트 펌프 등 갱내에는 고압의 전원을 필요로 하는 일이 많으므로, 장약시에는 발파장소의 전원은 모두 절단할 필요가 있다. 또한, 궤도(軌道)도 갱외의 전류가 흐르지 않도록 절연개소를 둘 필요가 있다.

발파모선은 절연이 완전한 것을 쓰고, 전선로(電線路), 기타 대전(帶電)의 우려가 있는 곳으로부터 충분히 격리할 필요가 있다.

발파모선의 점화기(點火器)에 접하는 단말(端末)은 점화의 경우외에는 단절시켜 두어야 한다.

전기뇌관의 경우는, 비닐선의 연결이음에서 피복이 망가져, 단절되어 불발의 원인으로 되는 일이 있으므로 주의하여야 한다.

그리고, 장약은, 모든 천공이 완료후 후에 실시하며, 상단(上段)의 천공이 끝나지 않을 때에 하단 장약을 실시하여서는 안된다.

3) 점화의 순서 및 담당구분을 명확히 해두어, 1인의 연속 점화수는 도화선의 길이가 1.5m 이상인 때에는 10 발 이하, 1.5m 미만인 때는 5 발 이하로 하고, 0.5m 미만인 때는 연속점화 해서는 아니된다.

또, 버리는 도화선 또는 발파시계 등을 써서, 점화시간을 계속하여, 퇴파시간을 정확하게 파악할 필요가 있다.

제83조 발 파

- 1) 발파 작업의 책임자는, 작업원의 퇴피를 확인한 후가 아니면 점화해서는 아니된다.
- 2) 폭파할 때에는, 동바리공, 라이닝에 대한 방호를 하지 않으면 안된다.
- 3) 폭파후는, 적당한 시간이 경과한 후가 아니면 발파장소에 접근해서는 아니된다.
- 4) 불발공, 전류화약의 유무를 점검하여 필요한 조치를 강구하여야 한다.

【해 설】

1) 특히 관통이 가까운 때에는, 반대측의 작업에도 유의하여, 상호연결을 밀접하게 하고, 장약, 착암의 동시작업이나, 상대방이 발파할 때의 퇴피에 주의 하여야 한다.

2) 폭풍, 비산(飛散)하는 암편에 의해서 동바리공이 절손(折損)된다든지, 라이닝이 손상되는 일이 많으므로, 천공, 장약에 주의해서, 동바리공, 라이닝 등을 손상시키지 않도록 하여야 한다.

중환굴삭(中割屈削)의 경우 등에는, 버력을 약간 남겨서 동바리공에 직접폭풍, 암석이 맞지 않도록 하고, 인버티드 라이닝 (Inverted Lining)의 측벽굴착에서는, 필요에 따라 방폭시이트(防爆 Sheet) 등으로 비산을 최소한으로 막도록함이 바람직하다.

3) 특히, 결선(結線) 또는 점화시에 있어서의 갱내는, 대개 어두워서, 제작업의 확인도 철저하게 하지 못하므로, 발파후 너무 빨리 발파장소에 접근하므로써 예측불허의 사고를 당할 우려가 있으며, 또 개스도 휜사리 빠져나가지 않으므로 전기발파의 경우는 5분이상, 도화선발파의 경우 15분 이상 경과하지 않으면, 발파장소에 접근해서는 않된다고 정하고 있다.

4) 불발공, 잔류폭약이 있을 때는 압축 공기 또는 물로 뿜아 낼 것.

뿜아 낼 수 없을 때에는, 순폭(殉爆) 시키든가, 그 공(孔)으로부터 60cm이상 떨어진 개소를 천공해서 발파하여 들어 낼 것.

또한, 교체시에는 위치, 상태를 잘 인계하는 것이 중요하다.

제84조 뜯돌 털기

굴착면의 뜯돌은, 불의에 낙하하면 위험하므로 주의해서 제거하여야 한다.

【해설】

측벽 아이치부등을 잘 점검하여, 이완된 압괴, 압편 등을 붕락 또는 탈락하여 상해사고의 원인이 되므로, 이들을 항상 제거하도록 하여야 한다.

뜯돌 털기는, 폭파직후의 발파장소만이 아니라 후방의 아직 라이닝이 안된 구간에 대해서도 충분히 주의하여야 한다.

뜯돌은 시간의 경과와 더불어, 또 그후의 발파의 진동으로도 종종발생하므로, 필요한 도구 등을 충분히 준비해 두고, 항상 순회점검하는 일이 중요하다.

제6장 버 력 처 리

제85조 버력 처리 계획

적재 기계, 버력 운반방식, 운반차의 크기, 버력 버리기 설제 등의 버력처리계획은, 터널의 굴진속도를 지배하는 큰 요소이므로, 공정에 적합하도록 충분히 검토해서 정하여야 한다.

【해설】

버력처리계획을 세우는데 있어서는 버력의 증가를 보아두어야 한다. (해설 표 28 참조)

버력적재기는 압축공기 구동(驅動)의 것, 전기구동의 것, 내연기관 구동의 것이 있으며 주행방식에는 레일식과 크로라(Clawler)식이 있다.

크기, 적재방식도 여러가지 종류의 것이 있으므로, 기종(機種) 선정에 있어서는, 터널단면에 적합하고, 능력은 운반차의 용량과 균형이 잡혀, 능률적으로 단면전폭의 버력을 적재할 수 있는 것을 택하여야 한다.

크로라식 버력적재기를 사용하는 경우, 암질에 따라서는 노반을 약화시키는 일이 있으므로 주의해서 시공하여야 한다.

버력 운반방식은, 레일식과 타이어 식이 있는데, 터널단면의 크기, 암질 등을 고려해서 신중하게 결정하여야 한다.

버력운반차는, 보통 버력대차, 덤프 추력이 사용되고 있으며, 특수한 것으로서 벙커트레인 등도 있는데, 터널단면의 크기, 버력적재기의 능력 등을 고려해서

시공계획에 적합한 크기, 대수를 결정하여야 한다.

버럭버리기 설비에는 버럭 빈을 설치하고, 치프라 또는 카덤퍼 등으로 버리는 경우, 직접 사토장에서 싸이드 덤프형식의 대차를 사용해서 버리는 경우 및 가덤퍼로 버리는 경우가 있다.

이들 버럭 버리기 설비는, 굴진공정에 대해 능력면에서 충분히 여유가 있는 것으로 하고, 치프라, 카 덤퍼 등은 버럭운반차의 구조에 맞고 능률이 좋은 것을 택할 필요가 있다.

해설 표 28 용적변화율 및 단위중량의 표준

분 류	원 지 반		운 반 중	
	용 적	단위중량 (t/m ³)	용 적	단위중량 (t/m ³)
경 암	1	2.2~2.8	1.4~2.0	1.4~2.0
연 암	1	2.0~2.5	1.3~1.7	1.3~1.9
토 시	1	1.5~2.2	1.2~1.5	1.2~1.8

제86조 버럭 싣기 작업

- 1) 버럭 싣기에 있어서는, 운반 도중에 버럭이 떨어지지 않도록 과재(過載) 하는 것 등에 주의하여야 한다.
- 2) 버럭 운반차의 입환(入換)은, 능률적으로, 안전하게 실시하여야 한다.

【해 설】

1) 운반중에 버럭이 떨어지면 상해사고나 탈선사고의 원인이 되므로, 터널내 노반상태를 생각해서 너무 많이 싣지 않도록 하여야 한다.

또한, 갱내에서는 버럭운반차와 터널 단면과의 사이의 여유도 적고, 약간 차체보다 내민 암피도 동바리공이나 엇갈리는 열차에 부딪친다든지, 치프라를 통할때에 고장을 일으킨다든지 해서, 탈선등 예상 외의 사고를 초래하므로 버럭은 될 수 있는 대로 차체의 밖으로 내밀지 않게 그리고 가능한 한 균등하게 싣도록 주의하여야 한다.

2) 레일식에 의한 경우, 버럭 대차 입환 작업의 양부가 공사 전체에 미치는 영향은 크다.

대차입환 방법은 캐리빋카, 또는 캐리 포니아 스위치가 일반적으로 사용되는데, 공사 계획에 적합한 것을 채택하여야 한다.

또한 트레인로우더나 벙커트레인과 같이 입환을 필요로 하지 않는 것도 있다.

트럭에 의한 경우, 좁은 갱내에서의 후진 운전, 방향 전환에 있어서, 안전에 특히 주의하여야 한다.

양면운전이 가능한 덤프 트럭 등은 편리하나.

제87조 사토장(捨土場)

사토장은 주위에 미혹(迷惑)을 일으키지 않도록 필요한 배수, 비탈면 방호 등을 하여야 한다.

【해 설】

사토장은 주위에 주는 영향의 범위가 크다고도 하지만, 배수, 비탈면 방호는 본체 공사보다 가볍게 보기 쉬우므로 특히 본조항을 두고 있다.

제7장 갱 내 운 반

제88조 궤도 및 노면

1) 갱내운반을 궤도에 의하는 경우 탈선 등의 장애를 일으키지 않도록 부설(敷設) 보수를 하여야 한다.

2) 갱내운반을 타이어 방식으로 하는 경우는, 항상 양호한 노면이 유지되도록 배수 등에 주의하여 노면을 보수하여야 한다.

【해 설】

1) 궤도 상태가 나빠서 탈선 등의 장애를 일으키면, 전체 작업에 큰 영향을 줄 뿐만 아니라 보안면에서도 위험하다.

이때문에, 궤도 구조는 주행하는 기기(機器)의 중량에 충분히 적합한 것을 부설하고, 항상 충분한 보수를 실시할 필요가 있다. (표29 참조)

2) 갱내 운반에 트럭 등 타이어 방식을 사용하는 경우는, 배수에 주의하지 않으면 굴착중의 터널에 노면은 엉망이 되기 쉽고, 엉망이 되면 운전 능률에 미치는 영향은 커진다.

그리고 철도 터널에서는 궤도구조에, 도로터널에서는 포장구조에 미치는 영향도 크므로, 배수가 잘 되도록 환과 동시에 필요한 경우에는 포장을 하는 등으로 노면상태를 좋게 유지하도록 하여야 한다.

해설 표 29 사용기관차 대차별 표준 궤도 구조

사용기관차 (t)	사용대차 (m ³)	궤 간	레 일 (kg)	침 목 치 수 (cm×cm×m)	침 목 간격 (본/m)
10	6.0	762mm, 914mm	30	17×14×1.5	12/10
8	6.0	" "	"	"	"
6	4.5	610mm, 762mm	25	16×10×1.3	"
4	2.0	" "	15	"	"

제89조 운반기기(運搬機器)

- 1) 운반기기의 크기는, 터널 내를 안전하게 통과 할 수 있는 것이어야 한다.
- 2) 제동장치(制動裝置) 및 연결기(連結器) 등은 항상 확실한 기능을 갖도록 정비 하여야 한다.
- 3) 내연기관을 사용하는 경우는, 배기 가스에 주의하고, 필요에 따라 적절한 조치를 강구하여야 한다.

【해 설】

1) 내공(內空)을 가독점하는 운반기기는, 퇴피 또는 재로운반등에 매우 위험하기 때문에 될 수 있는대로 그 선택은 피하여야 한다.

그리고, 복선의 경우는, 대차의 순간력은 그 보수 상태와도 관계가 있겠지만 적어도 20cm 이상으로 하여야 한다.

2) 좁은 경내에서의 폭주(暴走) 사고는 지극히 위험하며, 특히 대형대차를 사용하는 경우라든가 구배가 급한 경우에는 제동장치, 연결기 등은 특히 확실한 것이어야 한다. 또한 연결기는 구배의 변화개소, 슬라이드 포인트 통과시 등에 벗겨지기 쉬우므로 주의 하여야 한다.

경내에서 차량을 세워둘 때에는, 제동장치를 확실하게 함과 동시에, 바퀴 멈춤 장치를 확실하게 사용하는 것이 바람직하다.

3) 개소린 기관의 배기개스에는, 일산화탄소가 많으므로 터널내에 있어서는 원칙적으로 사용하지 않는 것이 바람직하다.

디젤기관을 사용하는 경우에는, 배기개스 처리장치를 붙일 뿐 아니라, 항상 정비를 하여야 할 필요가 있다.

배기개스 처리 장치로서는, 내연기관의 배기 출구에서 물을 안개모양으로 분사하는 방법, 촉매(觸媒); 활성탄소, 백금과 알루미늄의 합금)에 의한 배기 처리 장치 등이 있다.

제90조 운 전

운전 내규를 정해두어, 운전시에 있어 안전을 도모하도록 하여야 한다.

【해 설】

운반기기도 점차 대형화되고 있으므로, 이에 의한 사고가 일어나지면 반듯이 큰 사고가 난다.

외국의 최근 터널사고에 의하면, 갱내의 운반기기에 의한 사고율은 상당히 높으므로 운전에는 특히 숙련된 운전원을 정하여 정해진자 이외의 자에게는 멋대로 조작시키지 않도록 하여야 한다.

또한, 필요한 경우는 유도원(誘導員)을 배치 하여야 한다.

타이어 방식의 경우에는 도로교통법을 참고로 하여 운전내규를 정하는 것이 바람직하다.

제 8 장 동 바 리 공

제 1 절 강 아아치 동바리공

제91조 강 아아치 동바리공의 시공 시기

강아아치동바리공은 원지반의 이완(弛緩)의 진행이 될 수 있는대로 적게되도록 굴착 후 가능한 한 빨리 설치하여야 한다.

【해 설】

터널굴착으로 동바리에 작용하는 하중은, 굴착후의 시간경과와 더불어 증대하는 경우가 많으므로 굴착후 바로 동바리를 설치 하여야 한다.

즉, 동바리는 단순히 지반이 붕괴하지 않도록 지지한다고 하는 취지가 아니고 원지반을 이완시키지 않도록 한다는 취지로 시공하여야 한다.

제92조 강 아아치 동바리의 설치

- 1) 강아아치 동바리는 정해진 위치에 정확하게 설치하여야 한다.
- 2) 동바리와 원지반 사이에는, 정해진 간격마다 쐈기로 조여, 아

아치로서 충분히 작용하도록 하여야 한다.

3) 동바리의 설치에 있어서는, 지질에 따라서 침하가 생기지 않도록 필요한 조치를 강구하여야 한다.

4) 널발뚝, 널판 등은 원지반의 붕락을 막고 하중이 동바리에 전달 될수 있도록 시공하여야 한다.

5) 동바리공은, 최소 두께선이 제시되어 있는 경우에는, 이선을 침범하지 않도록 시공하여야 한다.

6) 설계 두께선을 침범한 목재는, 라이닝 시공시에 제거하지 않으면 안된다.

7) 동바리의 상호연결 보울트 및 연결재는, 충분히 조여야 한다.

【해 설】

1) 동바리의 설치는, 설계에서 고려된 시공 오차를 벗어나지 않아야 함은 물론이고, 외력에 충분히 대응할 수 있게하기 위하여, 1 조의 동바리는 동일평면 내에 있어야 하며, 또한 비틀린 다든지, 넘어진 다든지 하는 일이 없도록 주의 하여야 한다.

2) 동바리공의 아치작용을 확보하기 위해서는, 췌기는 불가결한 것이므로 설계에 제시된 위치마다 췌기로 충분히 조여야 한다.

어미 설치된 동바리공의 췌기도 목파의 진동, 기타로 느슨해지거나, 빠져나가는 일이 있으며, 특히 아아치의 45° 이하의 췌기에는 이와 같은 일이 많으므로, 잘 점검해서 탈락 된 것은 즉시 보충하여야 한다.

3) 동바리공이 부동침하를 일으키면, 원래 동바리공 수조(數組)가 협동해서 작용해야 할 것을 각개(各個)로 파괴되거나 또는 하중의 증가를 초래하는 등 위험성이 많아지므로, 동바리공의 하부에 받침판을 쓰는 것이 보통인데, 지질의 상황에 따라 월프레이트를 사용한다든지, 각부(脚部)를 콘크리트로 보강하는 등, 동바리공 전체가 하중에 견딜 수 있는 구조도 하여야 한다.

4) 동바리용재(材)와 원지반과의 간격이 넓을 때에는, 새들(saddle)을 짜도록 하고, 비계목 지주를 세워서 췌기에 대응하는 것과 같은 일을 하여서는 아니된다.

5) 최소 두께는, 예를들면 콘크리트 라이닝 내면과 강재 동바리공 내면과의 사이의 거리(강재 동바리공의 콘크리트 피복두께)가 아주 작아서, 퍼칭 전단 등에 의한 악영향이 생길 우려가 있을 때에, 이를 방지하기 위하여 설계에서 제시된 것이므로, 이중에는 강재, 목재, 원지반 등이 들어가서는 아니된다.

라이닝을 철근 콘크리트로 시공하는 경우의 철근에 대해서는, 여기서 말하는 강재에는 해당되지 않으며, 철근콘크리트로서 필요한 철근의 최소 피복두께로부터 그 위치를 결정 하여야 한다.

6) 목재는 설계두께내에 들어가지 않는 것으로 설계되므로, 위험이 없도록 이를 제거하여야 한다.

위험한 경우에는 강재 등으로 보강하고 제거 하는 것이 좋다.

그리고, 설계두께 밖의 목재라 하더라도, 안전한 범위 내에서 콘크리트 타설시 제거하는 것이 바람직하다.

또한, 널말뚝류는 위험하지 않는 범위내에서 콘크리트가 잘 돌아가도록 하기 위하여, 틈을 두는 것이 바람직하다.

7) 동바리공은, 연속된 몇 개의 조합으로 전체로서 하중을 받도록 하는것이 필요하다.

특히 연결 보울트, 연결재는 폭파, 기타로 인하여 종종 이완된다든지, 절손되는 예가 있다. 그대로 방치해 둔다는 것은 동바리공의 성질상 매우 위험하다.

조립할 때 뿐만 아니라, 라이닝을 할 때까지 점검하고, 고지며, 보강하도록 충분한 주의를 기울여야 한다.

제93조 강 아아치 동바리공의 점검

동바리공에 대해서는, 늘 순시하여 이상의 유무를 조사 하여야 하며, 이상이 있다고 인정되는 경우에는 즉시 보강하여야 한다.

【해 설】

점검시에는 비틀림, 변형, 선도, 연결재 및 연결 보울트의 이완등에 특히 주의하여 필요에 따라 보강 하여야 한다.

이를 위한 작업대를 준비해 두는 것이 바람직 하다.

제94조 동바리 수정

동바리의 변형이 격심하여 동바리를 수정하여야 할 필요가 생기는 경우에는, 1기(基) 마다 단변(小口) 부터 갈아 끼워야 한다.

【해 설】

전조의 점점으로 이상이 인정될 때에는, 보강 콘크리트, 동바리공 늘리기, 초벌 라이닝 콘크리트 등의 보강을 하여, 격심한 동바리의 변형이 생기지 않도록 하는 것이 선결 문제 이다.

이와 같은 사전조치를 취했는데 또 격심한 동바리의 변형이 생기는 경우에는, 동바리를 갈아끼워야 되는데, 이러한 경우에는 1기마다 단면 (小口) 으로부터 신중히 갈아 끼우기 작업을 진행하여야 하며, 동바리공의 배후를 연속해서 틈을 주게 하는 방법은, 매우 위험하므로 하여서는 않된다.

또한, 갈아끼우기가 매우 위험하다고 생각되는 경우에는, 책임 기술자의 승인을 얻어 철근콘크리트의 라이닝을 실시하는 것으로 하여, 갈아끼우기에 대신하는 경우도 있다.

제2절 락크 보울트

제95조 락크보울트의 시공시기

락크보울트는, 굴착 후 될 수 있는대로 빠른시기에 시공하여야 한다.

【해 설】

락크 보울트도 다른 동바리공과 마찬가지로 뜬돌을 털어낸 후, 원지반의 이완이 진행되지 않도록 가능한한 빠른 시기에 시공하여야 한다.

이를 위하여는, 발파공천공과 동시에, 락크보울트공의 천공이 가능한 시스템을 채택하는 것이 바람직하다.

시공시기의 한도로서는, 굴착후 4 시간 이내 또는 발파장소에서 1.5m 이내로 정하고 있는 외국의 예가 있다.

제96조 락크 보울트공의 천공

락크보울트공은, 소정의 위치에, 소요의 공경 (孔径)으로, 원칙적으로 굴착면에 직각되게, 소요의 깊이까지 똑바로 천공하고, 보울트 삽입전에 청소하여 돌가루등이 남아있지 않도록 하여야 한다.

【해 설】

락크보울트는, 공벽 (孔壁)과 앵커와의 마찰 또는 공벽과 보울트간의 접촉제로 하므로써 보울트를 정착시키고 있기 때문에 보울트 구멍의 크기가 소정대로 천공되어 있지 않으면 정착력이 저하하거나, 작업성이 현저히 저하하거나 한다.

배기형의 앵커에서는, 특히 천공깊이에 주의할 필요가 있으며, 익스팬션형에서는 공경이 중요하므로, 소요의 경으로 완전한 원형으로 천공할 필요가 있다. 국부적인 탈락 방지의 락크 보울트에서는, 반드시 굴 차면에 직각으로 천공할 필요는 없다.

제97조 락크 보울트의 청소

락크보울트는 삽입전에 녹, 기타의 이물이 부착하지 않도록 청소하여야 한다.

【해 설】

락크보울트의 나사부에 녹, 먼지 등이 부착되어 있으면 작업이 원활하게 이루어 질 수 없을 뿐만 아니라, 랜치로 조이는 경우 도입된 장력(張力)에 편차가 많아지므로, 락크보울트의 넷트부는 정결하게 할 필요가 있다.

접착형 앵커의 경우나, 그라우트를 실시하는 락크 보울트의 경우는, 접착 효과를 방해하지 않도록 락크보울트 삽입전에 청소하여 기름, 그리스 등의 이물이 부착하지 않도록 하여야 한다.

제98조 락크 보울트의 조이기

락크 보울트는, 삽입 후 락크보울트의 항복 강도를 넘지않는 범위의 충분한 힘으로 조여야 한다.

【해 설】

락크 보울트는, 특수한 경우를 제외하고, 락크 보울트의 항복강도의 80% 정도의 힘으로 조여서 사용하는 것이 보통이다.

터널에 락크 보울트를 쓴 경우의, 락크 보울트 조임 효과에 대해서는, 조이므로서 가능한한 원지반의 이완을 방지하고, 굴착공간주변에 일체로서 작용하는 껍질을 형성하는데 효과적인 것으로 생각되고 있다.

락크보울트의 조이기는, 앵커의 강도가 충분히 얻어졌는지 아닌지를 확인하는 데도 중요하다.

접착형의 락크보울트로서 보울트 전장에 걸쳐서 접착된 것에 대해서는, 조이기는 필요하지 않다. 이는 조이기를 한다 해도 극히 표면에 한정된 범위에만 응력이 도입될 뿐 무의미 하기 때문이다.

조이기 방법에는 톨크랜치를 쓰는 방법과 센터 홀 잭 (Center Hole Jack)을 쓰는 방법 등 두 종류가 있으나, 톨크랜치를 쓰는 방법은 보울트에 복잡한 응력이 작용 한다는 점, 보울트에 도입된 응력이 보울트와 너트 또는 왓셔 간의 마찰 조건등에 따라 변화하므로 소요에 일정량의 응력을 도입한다는 것이 어렵다는 점 등의 결점을 갖고 있기 때문에, 센터홀잭을 써서 조이는 것이 바람직하다.

그러나, 톨크랜치에 의한 방법은, 취급이 간단하므로 널리 쓰이고 있다.

외국에서는, 취급이 간단한 락크보울트 전용(專用)의 락크보울트 조이기 기구가 개발되어 잭크에 의한 조이기도 널리 사용되고 있다.

톨크랜치를 쓰는 경우는, 조이기 톨크와 보울트에 도입된 장력과의 관계를 시험에 의거, 구해 둘 필요가 있다,

제99조 락크 보울트의 재(再) 조이기

락크 보울트는 시공 후, 1 주야 정도에서 재 조이기를 실시하고, 그 후에도 정기적으로 점검하여, 소요의 장력이 도입되어 있는지를 확인하여야 하며, 이완되어 있는 경우에는 재조이기를 하여야 한다.

【해 설】

발파에 의한 진동, 앵커의 크리이프, 배아링 플레이트 밑의 암석의 국부적인 파쇄 등 때문에, 처음 락크보울트에 도입한 장력은 점차로 감소한다.

삽입직후의 보울트 장력의 감소는 특히 크며, 24시간만에 반(半) 이하로 감소되는 일이 자주 일어난다.

락크보울트의 장력이 감소하면, 그 기능을 충분히 발휘할 수가 없다고 생각되므로 재조이기를 하여야 한다.

최초에 실시하는 재조이기의 시기는, 장력의 감소가, 주로 삽입직후에 급속히 진행된다는 점 및 발파의 영향 등을 고려해서 삽입 후 24 시간이 경과하였을때, 또는 발파장소로부터 10m 정도 떨어진 지점일 때가 많다.

재조이기 후에도, 보울트장력의 감소는, 완만하기는 하지만 계속 진행되므로, 정기적으로 점검하여 필요한 경우에는 재조이기를 실시하여 소요의 장력을 회복시켜 주지 않으면 안된다.

점점은 잭 또는 톨크랜치로 실시하는데 잭으로 실시하는 것이 바람직하다.

점점, 재조이기는 락크보울트의 성능을 충분히 발휘시키며, 공사를 안전하게 시행하는데 있어서 가장 중요한 사항이므로 잘 관리 할 필요가 있다.

제 3 절 뽐어 붙이기 콘크리트

제100조 사전 처리

- 1) 뽐어 붙이기 작업을 안전하게 실시하기 위하여, 뽐어 붙이기 면의 뜯들은 주의깊게 제거하여야 한다.
- 2) 뽐어 붙이기면의 목편(木片), 등은 뽐어붙이기 콘크리트와 원지반과의 부착을 방해하므로, 가능한 한 이를 제거 하여야 한다.
- 3) 뽐어 붙이기면에 용수가 있는 경우에는, 배수관을 매입하는 등, 적절한 배수 처리를 하여야 한다.

【해 설】

- 1) 뽐어 붙이기 작업중에 뜯들이 불의에 낙하하면 작업원에게 위험하고 또 뜯들의 낙하는 뽐어 붙이기 콘크리트의 탈락을 수반하기도 하므로, 뽐어붙이기 면의 뜯들은 미리 제거해 둘 필요가 있다.
- 2) 뽐어 붙이기 면에 목편등이 있으면, 뽐어 붙이기 콘크리트와 원지반과의 밀착에 방해가 된다든지, 뽐어붙이기 콘크리트탈락의 원인이 되는 것이므로, 뽐어 붙이기 작업에 앞서, 될 수 있는대로 제거 하여야 한다.
- 3) 뽐어 붙이기면에 용수가있으면, 뽐어붙이기 콘크리트의 부착성이 나빠질 뿐만 아니라, 용수가 콘크리트 뒷면에 수압을 작용시켜 콘크리트에 악영향을 미치게 되므로 뽐어 붙이기면의 용수는 될 수 있는대로 미리 배수 처리하는 것이 바람직 하다.

그 방법에 대해서는 이시방서 제118조에 기술되어 있다.

최근 상당한 용수가 있는 개소라도 뽐어 붙이기 콘크리트의 시공이 가능한 급결공법(急結工法)이 개발되고 있다.

제101조 계량 및 비비기

- 1) 재료의 계량은, 원칙적으로 중량에 의한다.
- 2) 비비기는, 재료가 균등하게 혼합되도록 충분히 비벼야 한다.

【해 설】

- 1) 균일한 품질의 뽐어 붙이기 콘크리트를 얻기 위해서는 사용재료의 계량을

될 수 있는대로 정확하게 하는것이 중요하다.

이를 위해서는 원칙적으로 재료는 중량계량으로 하도록 한것이다.

2) 사용재료의 비비기는, 재료가 균등질이 될때까지 충분히 비비는 것이 중요하다.

이를 위해서는 연속 믹서 보다는 배치믹사를 사용 하는것이 바람직하며, 또 강제(強制)식 비비기 믹사는 단시간에 비교적 균등한 질로 재료를 비빌수가 있다.

급결재에는 분발인 것과 수용액(水用液)으로된 것이 있는데, 어느것을 사용하는 경우라도 다른 재료와 균일하게 혼합 되도록 하는것이 매우 중요하다.

또, 비비고 나서 오랫동안 방치해 두면, 뿜어 붙일때, 튀어나온 것이 많아 지므로, 비비고 나서 1 시간 이내에 사용하는 것이 바람직 하다.

제10조 뿜어 붙이기 작업

1) 뿜어 붙이기 작업에 앞서, 뿜어 붙이는면의 청소를 하여야 한다.

2) 뿜어 붙이기 작업은, 적절한 두께로서 수층(數層)으로 나누어 실시하고 뿜어 붙인 콘크리트가 원지반에 밀착됨과 동시에 뿜어 붙인 콘크리트 각층 상호간도 밀착되어 튀어나온 것이 혼합되어 있지 않는 콘크리트를 얻을 수 있도록 주의해서 실시하여야 한다.

3) 노즐(Nozzle)의 방향은, 뿜어 붙이는 면에 거의 직각이 되도록 유지하고, 동시에, 노즐과 뿜어 붙이는 면과의 거리는 재료가 적절한 압력으로 부딪히도록 하여야 한다.

4) 압축 공기의 압력은, 골재의 충돌 속도가 적절한 것이되도록 유지하여야 한다.

5) 불의 압력은, 압축공기의 압력보다 1 kg/cm² 정도 높게 유지하지 않으면 안된다.

【해 설】

1) 뿜어 붙이기 콘크리트의 밀착을 잘되게 하기 위하여, 뿜어 붙이기 작업에 앞서, 뿜어 붙이는 면을 물, 압축공기, 세정제(洗淨劑)등으로 청소하여야 하는바, 수사(水射, Water Jet)로 인해서 뿜어 붙이는 면이 이상화(泥狀化) 되는 경우에는 물을 써서는 안된다.

2) 뿜어 붙이기 작업에 있어서는, 튀어나오는 것을 적게하려고만 하지 말고 말고, 원지반에 밀착하도록 하고, 뿜어 붙인 콘크리트에 튀어나오는 것이

혼입해서 동공이 생기지 않도록 시공시 주의하여야 한다.

뿔어 붙이기 콘크리트에서는, 골재가 기하 부착된 콘크리트층에 돌입(突入)하도록 하는것이 양질의 콘크리트를 만드는데에 있어 가장 중요한 것이다.

따라서 층으로 나누어서 시공할 때에는, 먼저층을 시공하고 나서 다음층을 시공할 때 까지의 시간은 밀착을 좋게하기 위하여 1 시간 이내가 바람직하다.

부득이 이 시간내에 시공할 수 없는 경우에는, 수사로 청소하여 표면에 떠 있는 튀어나온 골재등을 제거한 후, 다음 층을 시공하여야 한다.

그리고 원지반 또는 경화된 콘크리트에 접하는 제 1 층은 모르터에 가까운 배합의 것을 뿔어 붙이면, 튀어나오는량도 적고 밀착도 좋아진다.

노즐을 윗 쪽으로 향하게하여 실시하는 뿔어붙이기에서는, 돌입되지 않고 튀어나온 골재는 낙하해 버리기 때문에, 튀어나온 골재가 뿔어붙인 콘크리트에 혼입할 우려는 비교적 적지만, 노즐을 아래쪽으로 향하게 해서 시공할 때에는, 돌입 되지않고 튀어나온 골재가 새로 뿔어 붙인 콘크리트에 혼입 되고, 그 때문에 양질의 콘크리트를 만들 수 없는 우려가 있다.

이와 같이, 아래쪽에서의 뿔어 붙이기는 양질의 콘크리트를 만들기가 어렵기 때문에 부득이 아래 쪽으로 향하게해서 시공할 때는, 될수있는데로 숙련된 노즐맨(Nozzleman)으로 하여금, 부배합으로서 물·시멘트비가 큰 콘크리트를 써서, 튀어나온골재가 1 개소에 집중되지 않도록 주의할 필요가 있다.

또한, 노즐을 횡방향으로 하여 시공할 때에는, 뿔어붙이기 면의 1㎡(所)등에 튀어나온골재가 낙하되어 동공이 생기지 않도록 주의할 필요가 있다.

그리고, 이와 같은 동공이 생기는 원인은 골재가 튀어나오기 때문인데, 동공이 생기지 않도록 하기 위해서는, 시공조건으로서 급결제나 배합을 변화 시킨다든지, 튀어나온골재가 혼입되지 않도록 뿔어붙이기 작업중에도 청소를 하는 등 충분히 주의해서 세심한 배려를 아끼지 않는것이 중요하다.

3) 노즐을 뿔어 붙이는 면에 직각으로 한다는것은 양질의 콘크리트를 얻기 위하여 매우 중요한것이다.

노즐과 뿔어붙이는 면과의 거리는 골재의 충돌속도가 적정하게 유지 되도록 결정하여야 한다.

현재, 보통 사용되고 있는 기계로서는 작업성도 고려해서 통상의 경우 1m 정도라고 알려져 있다.

또한, 뿔어 붙인 콘크리트의 품질을 가능한 한 균일한 것으로 하기 위하여 노즐의 선단을 원을 그리는 것 처럼 움직이면서 시공하는 것이 통례이다.

4) 튀어나오는 것이 적은 양질의 콘크리트를 얻기 위하여는, 골재의 충돌속도가

적당한 정도로 유지 되도록 압축공기의 압력을 정할 필요가 있다.

압축공기의 압력은 사용되는 뿔어붙이기 기계, 골재의 경(徑), 압송거리(圧送距離) 등에 따라 다른데, 2 - 3 kg/cm²의 압력(뿔어붙이는 기계의 게이지 압)을 사용하고 있는 예가 많다.

그리고, 압송거리가 긴 경우에는 공기압의 강하가 커서 압력의 변동이 커지는 원인이 되므로 레시버를 사용하는 것이 바람직 하다.

5) 물의 압력을 압축공기로 높이는 것은, 노즐에서의 재료를 완전히 적시도록 하기 위한 것이다.

노즐선단에서의 재료를 뿔어내는 압력은 1 ~ 1.5 kg/cm² 정도로 추정되므로, 노즐에서의 물의 압력은 2 ~ 2.5 kg/cm² 정도가 된다.

제103조 철망, 철근 및 강 아아치 동바리공 등을 사용한 경우의 조치

1) 뿔어붙이기 작업은, 철망, 철근, 강 아아치동바리 등의 배후에 될수 있는대로 공극이 남아 있지 않도록 하여야 한다.

2) 철망 또는 철근은, 뿔어붙이기 작업으로 이동, 진동, 등이 생기지 않도록 고정시켜야 한다.

【해 설】

1) 뿔어붙이기 콘크리트의 내력(耐力)을 증가시키기 위해 보강재(補強材)로서 철망, 철근, 강아아치동바리, 락크보울트 등이 사용된다.

철망이나 철근을 사용하는 경우, 배후에 큰 공간이 있으면 철망이나 철근에 콘크리트가 부착하여, 뿔어붙이는 면을 폐색시켜, 배후에 공극을 남기는 원인이 된다.

이와 같이 되지 않게, 미리 터널 굴착면에 모르터 또는 모르터에 가까운 콘크리트로 제 1 층의 뿔어붙이기를 실시하여, 뿔어붙인 면을 가능한 한 평활하게 한 다음, 뿔어붙인 면에 될수 있는대로 밀착하도록 철근, 철망을 배치하여야 한다.

(뿔어붙인 면과 철망과의 간격을 2 ~ 3 cm 정도 이내로 함이 바람직 하다)

부득이 뿔어붙인 면으로 부터의 간격이 커질 때에는 철근 간격을 될수 있는대로 넓게 잡는 것이 좋다.

그리고, 철근의 간격이나 철망의 망 눈이 너무작아도, 뿔어붙이기 콘크리트가 철근이나 철망의 배후에 들어가지 않아 공극을 만드는 원인이 된다.

철근의 최소간격은 적어도 75mm 이상으로 함이 좋다.

강아아치 동바리를 쓰는 경우는, 뿔어붙이는 각도가 뿔어붙이는 면에 대해서

경사지게 되며, 튀어 나오는량도 많아, 작업이 곤란하며, 동바리 뒷면과 원지반면과의 사이에 공극이 생기기 쉽다.

이와 같은 경우에는 필요에 따라 뒷채움 주입을 실시하여, 원지반과의 밀착이 잘되게 하여야 한다.

2) 철망, 철근의 고정도(固定度)가 나쁘면 뽑어붙이기 작업도중 이동할 뿐만 아니라, 철근 등의 진동으로 튀어나오는량이 증가하게 되므로, 배치된 철망 또는 철근을 두손으로 인장하더라도 움직이지 않을 정도로 락크보울트, 철근앵커, 등으로 충분히 고정시켜야 한다.

제104조 보호구(保護具)

뽑어붙이기 작업원은, 튀어나오는 골재나 분진(粉塵)의 위해(危害)를 받을 염려가 많은 경우에는, 보호구를 착용하여야 한다.

【해 설】

뽑어붙이기 작업에 있어서는, 튀어나오는 굵은 골재가 작업원에게 위해를 주는 일도 있고, 또 분진으로 의해서 작업환경이 나빠지기 쉬우므로 보호구에 특히 주의할 필요가 있다.

일반적으로는 우의, 장화, 안경, 방진마스크(防塵 mask), 등을 착용한다.

또, 뽑어붙이기 콘크리트에는 일반적으로 급결제가 쓰이고 있는바, 급결제에는 강(強)알칼리성의 것등 자극성이 강한것이 많으므로 사용제(使用劑)의 성상에 대해서 충분히 조사할 필요가 있다.

제105조 확인(確認)

책임기술자는 필요한 경우, 다음 사항을 확인하여야 한다.

- 1) 최소 뽑어 붙이기 두께
- 2) 원지반과의 밀착도(密着度)
- 3) 뽑어 붙이기 콘크리트의 품질

【해 설】

1) 뽑어붙이기 두께를 측정하는 방법으로서, 철근에 게이지를 묻어두는 방법이나, 뽑어붙이기 한후 임의의 점을 코아보어링(Core Boring) 하는 방법, 뽑어붙이기 직후 연(軟)한 상태에서 뽑어붙이기층에 철제게이지를 수시로 꽂아 체크하는 방법 등이 있다.

최소 뽑어붙이기 두께를 검사하기 위해서는 측정점의 선정에 충분한주의를 기

우려야 한다.

2) 원지반과 뿔어붙이기 콘크리트간의 밀착이 나빠 공극이 생기는 경우가 있으므로, 쇠파지에 의한 타음(打音), 코아보링 등의 방법으로 밀착의 정도(程度)를 판정한다.

3) 뿔어붙이기, 콘크리트는, 튀어나오는 골재를 포함하는 등, 뿔어붙이기 작업의 시행방법에 따라서는 극단적으로 약한 콘크리트를 만드는 경우가 있으며, 이 경향은 특히 아래쪽으로 향하게 하였을 때에 많다.

뿔어붙이기 콘크리트의 품질검사에 있어서는, 코아보오링에 의한 압축강도 시험 등을 실시한다.

코아보오링에 의한 압축강도시험을 실시하는 경우, 동공이 들어 있는 부분은 부서져서 코아가 채워지기 어려워 양질의 콘크리트 부분만의 시험이 되기 쉽다.

코아가 채워지지 않는 부분에 대해서는 특히 주의깊게 검사할 필요가 있다.

또한 뿔어붙이기 콘크리트는 튀어나오는 골재가 있기때문에 뿔어붙이기 배합과 부착된 콘크리트의 배합과는 다르다.

그 때문에 썬기 분석시험 수량(水量)은 시료를 건조시켜 측정한다) 등으로 부착된 콘크리트의 배합(시멘트 함유량이 필요이상으로 많아지기 쉽다)을 점검하는 것이 바람직하다.

제 4 절 목제 지주식(木製支柱式) 동바리공

제106조 목제 지주식 동바리공

1) 동바리공의 각부재는, 균등하게 조여 부재선채로서 하중을 지지하도록 조립하여야 한다.

2) 원형단면으로 더 과 넓힐때에는 될수있는 대로 좌우대칭으로 실시하고 과넓히는데 따라서 형(衍)을 조립해 나가야 한다.

3) 압목(押木) 또는 전목(転木)과 연결재와는 서로 겹치지 않도록 조립하여야 한다.

4) 부재의 이음은 잘되게 시공하고 꺾쇠 기타로 충분히 정착시켜야 한다.

5) 솟음은 지질, 동바리공의 형식, 구조등을 고려, 필요최소한의 것으로 하여야 한다.

6) 떼어내기는 원지반을 이완시키지 않는 조치를 강구하고 라이닝

콘크리트 타설에 따라 실시하여야 한다.

【해 설】

- 1) 목재지주식동바리공은 각부재가 협력해서 하중을 지지하는 것이므로 1조의 동바리공의 1 본의 부재 불비(不備)때문에, 연쇄적으로 몇조(組)의 동바리공 붕괴를 일으킬 위험성이 있다. 따라서 1 본이라도 노는 부재가 없게, 그리고 흠 등을 너무 깊이 파내서 소재(素材)의 강도를 해치는 일이 없도록 시공하여, 전체로서 지지할 수 있게 하여야 한다.
- 2) 원형 단면으로 더 파넓히는 경우 좌우 비대칭으로 실시하면 좌우의 원지반의 이완정도가 달라 불편하중이 되는 경우가 있다. 따라서 형을 조립하는 경우 파넓히기 작업은 될수있는대로 좌우대칭으로 실시하고 파넓힌후 바로 형을 조립하는것이 바람직하다.
- 3) 목재 지주식동바리공의 경우에, 압목 또는 전목과 연결재가 겹쳐 있으면, 압목 또는 전목이 절손되는 경우, 연결재에 지장을 주는 일이 있으므로 겹치지 않도록 조립하여야 한다.
- 4) 목재 지주식동바리공의 각부재는 압축재이며, 압축력이 치우치지 않고 부재의 중심에 작용하도록 잘 접촉시켜 조립하여야 한다. 또한 각부재의 인장에 대한 저항은 꺾쇠에 의지할 수 밖에 없으므로 폭풍(爆風)등에 의해서 벗겨나지 않도록 잘 연결해 두어야 한다.
- 5) 일반적으로 동바리공은, 지주바꿔끼우기 때마다 침하하는것은 피할 수 없으므로, 솟음도, 지질, 동바리공의형식, 구조, 등 외에 지주바꿔끼우기 회수에 따라서 그 침하량을 추정해서 결정하여야 하는데, 필요최소한으로서 5cm 정도의 솟음으로 하는것이 통례이다.
- 6) 붕락사고는, 떼어내기 때에 일어나는 경우가 많아 떼어내기시에는 반듯이 지주갈아끼우기를 하여, 일시 적이라도 무동바리공의 상태가 되지 않도록 하여야 한다. 또한 안전하다고 생각되는 경우라도, 대폭적인 떼어내기는 하지말고 라이닝 콘크리트의 타설에 따라 서서히 제거해 가도록 하는것이 원칙이다.

제 9 장 거푸집

제107조 총 칙

본 시방서에 규정된 것 이외는, 건설부 제정 「콘크리트 표준시방서」에 따르도록 한다.

제108조 거푸집의 구조

거푸집은 콘크리트의 치올라가는 속도등을 고려하여, 타설된 콘크리트의 압력에 충분히 견디는 것이어야 한다.

【해설】

요즈음 터널라이닝에 보통쓰이는 거푸집을 대별하면, 이동식 거푸집과 조립식 거푸집으로 나누어 진다.

전자는 새들과 강제거푸집 패널(Panel) 또는 스킨플레이트(Skin plate)를 일체로한 이동식의 것인데 테레스코픽 거푸집(Telescopie form)과 논 테레스코픽 거푸집(Non-telesocopic form)이 있으며, 후자는 새들(특별거푸집을 포함)과 강제거푸집패널 또는 새들과 상목(上木), 막판(幕板)을 조립하는 것이 있다. (해설 그림41 참조)

조립식거푸집의 경우에, 막판 또는 상목의 강도와 새들의 간격에 유의하고 타설콘크리트의 압력으로 큰 처침이 일어나지 않도록 하여야 한다.

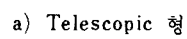
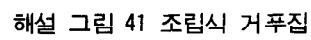
새들의 설치간격은 1.2~1.5m 정도가 동례이다.

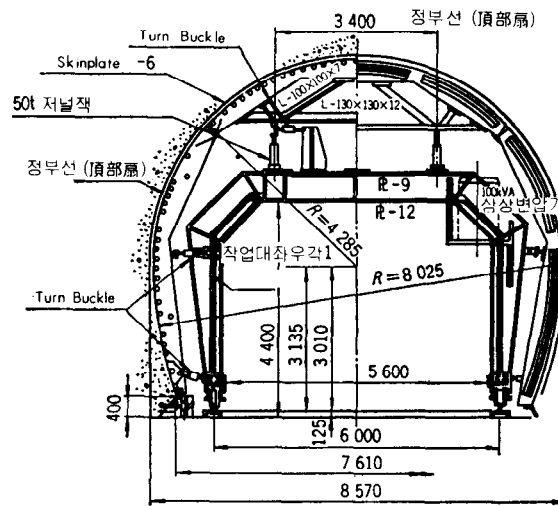
강제거푸집 패널의 치수는 해설 표30 이 표준이며, 목재의 경우는 상목 70mm, 막판40mm 이상의 것이 바람직하다.

이동식 거푸집의 경우 이동용케도가 양호하지 않으면 이동시에 비틀리는 등의 무리한 변형이 일어나는 일도 예상되므로 이들에 견딜 수 있는 구조로 하여야 한다.

해설 표 30 강제형 거푸집 패널 표준 치수

폭 (mm)	길 이 (mm)	높 이 (mm)	판 두	계 (mm)	능 판 수
			면판(面板)	늑판(肋板)	
300	1,500	55	2.0또는2.8	2.8	1 또는 2
300	1,200	55	2.0또는2.8	2.8	1 또는 2
100	900	55	2.0또는2.8	2.8	1 또는 2
150	1,500	55	2.0	2.8	0
150	1,100	55	2.0	2.8	0
150	900	55	2.0	2.8	0





b) Non-telescopic 형

해설 그림 42 이동식 거푸집

제109조 이동식 거푸집

- 1) 이동식거푸집은, 거치 완료시에 견고한 구조가 되도록 설계 제작함과 아울러, 적당한 개소에 작업공(作業孔)을 설치하여야 한다.
- 2) 이동식 거푸집은, 측량을 실시해서 정확한 위치에 거치하여야 한다.
- 3) 이동용케도는, 침하를 일으키지 않도록 하고 이동식 거푸집은 강고(強固)하게 고정시켜야 한다.
- 4) 이동에 있어서는, 거푸집을 콘크리트면에서 충분히 떨어트려 거푸집에 무리가 생기지 않는 소정의 위치에 이동시켜야 한다.

【해 설】

1) 거치에 사용하는 잭(Jack)류는 안전넷트가 붙어있는 잭을 사용하는 등으로 장시간 방치 해도 이완이 생기지 않는 것으로 하고, 이완의 우려가 있는개소에는 세기등을 대서 사용하여야 한다.

작업공은 콘크리트 타설상황의 확인, 바이브레타 작업외에, 거치후의 타설면

의 청소등에도 사용되므로, 사람이 통할 수 있는 크기로서 강도상 가능한한 여러군데 설치하는것이 바람직하다.

3) 단면형에도 달려있지만, 이동식 거푸집은 길이도 10m 정도, 중량도 내공폭 4.5m 정도에서 30T, 내공폭 8.5 정도에서 45T 정도의 것을 올통불통한 굴착 면상을 이동시키므로, 약간의 요동으로도 생각치 않은 장애를 초래한다.

따라서 레일은 30kg 이상인 것으로서, 뒤편 수 있는대로 장척을 쓰고, 침목의 간격도 50cm이하로 하여 부설시에는 충분히 지반을 정지해서, 부등침하가 일어나지 않도록 하여야 한다.

거치된 거푸집은 콘크리트타설중에 이동되는 일이 없도록 강고하게 고정 시켜야 한다.

4) 3) 에서도 기술한바와 같이, 장대한것을 수행시키므로, 항상 소정의 장소까지 켜등을 써서 새로운 콘크리트면 보다 충분히 떨어져 이동할 수 있도록 하여야 한다.

제110조 조립식 거푸집

- 1) 조립식거푸 집은, 조립, 뉘어내기가 용이한 구조로 하여야 한다.
- 2) 조립후의 이동(異動), 정정(整正)이 저어지도록, 미리 측량을 실시하여, 정확하게 조립하여야 한다.
- 3) 조립에 있어서는, 보울트, 너트 등이 이완되지 않도록 충분히 조여야 한다.

【해 설】

1) 제108조에서 정하는 강도를 갖는 외에, 조립식거푸집의 경우에는 조립, 뉘어내기가 용이한 구조가 되도록, 제작시 배려하여야 한다.

2) 거푸집조립후의 수정은 근소한 정정에도 생각치 않은 손이되며, 조립후의 수정은 타설로 인하여 원상태로 돌아가는 경우도 많아, 비틀리게 되기 쉬우므로, 초기의 측량을 엄밀히 실시해서 주의깊게 조립하는 것이 결국에서는 매우 유리하다.

또한 조립시에는 터널이 터널축에 직각으로서 있는지 여부에 특히 주의하여야 한다.

3) 조립식거푸집은 통상 보울트공(孔)과 보울트경(徑) 등도 상당한 여유가 있는 치수의 것을 사용하므로 특히 조임에 주의 하여야 한다.

제111조 측면판(側面板)

측면판은, 콘크리트의 압력에 견디는 구조로하여 모르터가 새어나가지 않도록 원지반에 밀착 시켜야 한다.

【해 설】

凹凸이 있는 굴착면에 맞춰서, 측면판을 까는데는, 상당한 손이 가게 되는데, 잘 밀착되어 있지 않으면, 모르터가 새어나가서 라이닝 뒷면에 공극이 남게되는 원인도 되므로 충분히 주의하여야 한다.

또, 라이닝콘크리트는 붓고 쳐올라는 속도도 빠르므로 측면판의凸형 돌출에 주의 하여야 한다.

그리고 측면거푸집에 지수판을 붙이는 경우에는, 지수판의 기능이 충분히 발휘 되도록 주의하여야 한다.

제112조 거푸집 떼어내기

거푸집은 타설된 콘크리트가 필요한 강도에 달 할때까지 떼어내지어서는아니 된다.

【해 설】

거푸집을 떼어내는 시간은, 라이닝의 공정(工程)에 크게 영향을 미치는 것이므로, 최종타설부(주로 아아치 천단부)에서의 콘크리트강도에 유의하고, 적어도 자중에 견딜 수 있는 콘크리트강도에 달 할 때까지 이를 떼어 내서는 아니된다.

그 시간은 타설방법, 배합, 혼화재료, 온도, 등에 따라서도 다른 데, 예를들면 내경 폭8.5m 정도의 것을 콘크리트 타설후 12시간에 떼어내도 지장없이 시공한 예도 있다.

제113조 거푸집의 검사

조립 거치가 완료된 거푸집은 콘크리트의 타설에 앞서 책임기술자의 검사를 받아야 한다.

【해 설】

거푸집검사에 있어서는 중심(中心), 수준(水準)형상, 소요두께의 확보, 하중에 대해서 충분히 견딜 수 있도록 조립되어 있는가, 비틀림, 전도, 이동의 우려가 없는가, 청소가 잘 되어 있는지 등에 대해서 유의하여야 한다.

제10장 라이닝

제114조 총 칙

- 1) 굳지않은 콘크리트를 사용하여 현장에서 타설한 콘크리트 라이닝에 대해서는 이 장(章)에서 정해진 바에 따르도록 한다.
- 2) 이 시방서에 제시된 것 이외에 대해서는, 건설부제정 「콘크리트 표준시방서」에 따르도록 한다.

【해 설】

1) 터널의 사용목적이나 시공법등에 따라 라이닝재료에 무근콘크리트, 철근콘크리트, 벽돌, 프리캐스트 콘크리트, 블록, 강제세그먼트, 기타가 쓰이는데, 여기서는 이들 재료중 가장 많은 경우에 사용되는 굳지않은 콘크리트를 현장에서 타설하는 경우에 대해서 규정하는 것으로 하였다.

제115조 배합

설계조건을 만족하고, 여굴(余掘)에도 끌고루 미칠수 있는 워커빌리티를 갖인 콘크리트의 배합을 정하여야 한다.

【해 설】

콘크리트의 강도, 내구성, 수밀성등에 가장 큰 관계가 있는것은, 콘크리트의 물시멘트비와 단위수량(水量)이다.

단위수량이 많은 콘크리트를 쓰면 단위시멘트량도 많아져서 비싸게 된다.

그런데, 라이닝 특히 아아치 크라운(Arch Crown)부와 원지반 사이는 아무리 주의깊게 시공하더라도 공극이 생기는 것이 상례(常例)라 생각하여야 한다. 특히 동바리 끼움판이나 걸침판에 의한 널말뚝공을 시공한 경우등에서는, 원지반과 라이닝의 밀착이 방해를 받게 되어 상당한 공극이 생기므로, 그대로는 주로 토압을 균등하게 분포시키거나, 수동토압을 유효하게 작용시키는 것 등에 대하여 충분한 기대는 할 수 없다.

따라서, 이들 공극이 작어지도록 여굴의 구석구석에도 뿔수있는데로 콘크리트가 끌고루 충전될 수 있는 콘크리트를 사용하는 것이 우선 중요한 것이다.

따라서, 설계에 나타낸 조건을 만족하는 범위내에서, 이들 여굴에도 뿔수 있는대로 끌고루 미칠수 있는 워커빌리티를 얻을수 있는 배합을 정하여야 한다.

제116조 콘크리트 운반

- 1) 콘크리트는 비빈후 될수있는대로 빨리 타설하여야 한다.
- 2) 콘크리트는 재료의 분리, 손실, 이물(異物)의 혼입이 생기지 않는 방법으로 운반하여야 한다. 운반에는 원칙적으로 아지테이터(Agitator)가 달린 운반차를 사용하도록 하고, 기타 운반방법에 의할 때는 책임 기술자의 지시를 받아야 한다.

【해 설】

- 1) 비빈후 될수있는한 빨리 타설하는것이 중요한데, 빨리 타설할 수 없는 경우라도, 비빈후 타설완료시까지의 시간은 온난(溫暖)하고 건조하고 있을때에 1 시간, 저온이고 습윤상태일때라도 2 시간을 넘어서는 아니된다.
- 2) 운반중에 일어나는 재료의 분리 및 손실, 슬럼프의 감소가 최소이고, 이물이나 물이 혼입되지 않는 운반방법을 택하는 것이 중요하며, 터널의 경우에는 아지테이터가 달린 운반차를 사용하는 것을 원칙으로 하였다.

제117조 콘크리트 타설

- 1) 콘크리트 타설에 있어사, 분리가 생기지 않도록하고 구석 구석에 골고루 미치도록 하여야 한다.
- 2) 1 구획의 콘크리트는, 연속해서 타설하여야 한다.
- 3) 타설에 앞서, 연결재등을 떼어내는 경우는 동바리공 전체가 이완되지 않도록 주의깊게 이를 떼어내어야 한다.
- 4) 타설슈유틸, 벨트콘베이어등을 사용하는 경우에는 책임기술자의 지시를 받아야 한다.

【해 설】

- 1) 제115조의 해설에서도 기술한바와 같이, 굴착원지반면과 지푸집면과의 사이의 공간 구석구석까지 골고루 미치도록 콘크리트를 타설하는 것이 무엇보다 중요한 일이며, 또한 콘크리트는 타설시에 분리하기 쉬운것이므로 주의할 필요가 있다.
아아치 크라운부의 경우에, 프레스를 쓰는 경우, 또는 콘크리트 펌프와 에어부스터를 병용하는 경우는 관의 유출구가 아직 굳지 않은 콘크리트속에 늘 매입되어 있도록 하고, 골재가 맹렬한 기세로 분출되어 그 충격에 의한 분리를 일으키지 않도록 하여야 한다.

또한, 관을 이동시키는 일을 게을리 해서 거푸집내의 1개소에 다량의 콘크리트를 쏟아놓아, 콘크리트가 터널의 축방향으로 흘러내리게 되면 재료의 분리가 일어나기 쉬우므로 충분히 주의하여야 한다.

2) 1구획에 대해서는, 건조수축에 의한 균열이 생기지 않는 길이로서 연속해서 콘크리트를 타설할 수 있는 길이로 하여야 한다.

1구획의 길이가 너무길면, 타설된 콘크리트가 흐름에 의하여 분리 된다는 것도 고려하여야 한다.

4) 콘크리트의 타설에, 슈우트, 벨트콘베이어 등을 사용할 때에는, 사용법을 틀리게 하면, 콘크리트의 현저한 분리를 일으키게 되므로 규정해 놓은 것이다.

제118조 용수 처리

1) 콘크리트를 칠때, 용수가 있는 경우에는 콘크리트의 품질을 저하시키지 않도록 적절한 조치를 하여야 한다.

2) 터파기 내의 물은, 콘크리트를 타설하기 전에 이를 제거하여야 한다. 또한, 유수(流水)가 새로 친 콘크리트를 씻어내지 않도록 적절한 조치를 강구하여야 한다.

【해 설】

1) 용수가 있는 개소는, 일반적으로 지질이 불량해서 장래 유지면에서도 특히 양질의 콘크리트를 필요로 하는데, 그 조건으로 보아 다른 개소의 콘크리트 보다 품질저하의 염려가 있으므로 충분히 주의하여야 한다.

상단에서 집중적으로 용수가 있는 경우에는, 박철판(簿鉄板), 비닐슈이트, 등으로 집수하여 배수구로 유도하고, 약간 넓은 구역에 용수가 있는 경우에는, 널말뚝 내면에 투명한 비닐 슈이트를 까는 등으로 측벽하부를 통해서 배수구로 유도한다.

또한, 라이닝에 배수관을 매입하는 경우에는, 토사의 유출을 막기 위하여, 라이닝 뒷면에 잡석이나 쇠석 또는 자갈로 여과층을 두는 것이 좋다.

그리고 콘크리트 타설시에 있어서는, 배수관이 이동된다든지 콘크리트가 박힌다든지, 하지 않도록 주의하여야 한다.

2) 측벽콘크리트, 인버트 콘크리트 등의 타설시에 있어서는, 타설지점에 물이 고여 있다든지, 유입되고 있다든지 하면, 콘크리트의 품질을 저하시키는 결과가 되므로, 이와 같은 일이 없도록 준비에 만전을 기할 필요가 있다.

제119조 여굴의 진충(填充)

여굴은, 콘크리트 또는 양질의 암석으로 가능한 한 공극이 남지 않도록 진충하여야 한다.

【해 설】

라이닝 뒷면(背部)에 공극이 남아있으면, 주동토압을 균등하게 분포시킨다는 점에서도 수동토압을 유효하게 작용시킨다는 점 등에서 그 효과는 충분히 기대할 수 없으며, 라이닝 변형의 원인이 되기도 한다.

따라서, 여굴에는 콘크리트 또는 양질의 암석으로 될 수 있는대로 공극이 남지 않게 진충시켜야 한다.

제120조 인버티드 라이닝(Inverted lining)

1) 인버티드 라이닝(Inverted Lining) 아아치 콘크리트 받침면은, 凹凸이 없게 모래 또는 자갈을 깔아서 밀판을 시공하여야 한다.

2) 인버티드 라이닝(Inverted Lining)의 측벽 콘크리트는 아아치 콘크리트에 악영향을 미치지 않도록 굴착후 될 수 있는 대로 빨리 시공하여야 한다.

3) 인버티드 라이닝(Inverted Lining) 측벽 콘크리트 타설 시에 있어서는, 아아치 콘크리트 받침면은 측벽콘크리트의 밀착을 방해하지 않도록 청소하여야 한다. 아아치콘크리트와 측벽 콘크리트와의 이음은 적절한 방법으로 모르터 또는 콘크리트를 진충하여 완전한 이음으로 하여야 한다.

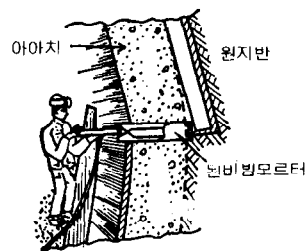
【해 설】

1) 인버티드 라이닝(Inverted Lining)의 아아치콘크리트 받침면은 후일 측벽 콘크리트의 타설면과 '접합'으로 밀판을 시공하고, 이 밀판에 걸리는 하중이 균등하게 지반에 전달되도록 지반면에 모래 또는 자갈을 부설하여 평탄하게 해두어야 한다.

밀판은 아아치측에 직각이 되도록 설치하는 것이 바람직하지만, 이와 같이 하면 측벽콘크리트의 채움이 곤란하게 되고, 이음속에 공극이 생기기 쉬우므로 밀판을 수평 또는 2~3cm 정도 앞쪽에 올라가게 경사를 붙이도록 하는 것이 통례이다.

2) 측벽굴착으로 아아치콘크리트의 지지부가 이원되어 받침면적도 작아지므로, 굴착후 될 수 있는대로 빨리 측벽콘크리트를 타설하여야 한다.

3) 아아치 콘크리트와 측벽 콘크리트와의 이음은 충분한 주의를 경주해서 시공하더라도 콘크리트의 경화수축(硬化收縮) 및 크리이프(Creep)로 인하여 간극이 생기기 쉬운 것이므로 당초부터 10cm 정도 측벽상부의 콘크리트를 남겨두고 콘크리트의 경화를 기다려서 되게 비빈 모르터 또는 콘크리트를 진충하는 조치를 하여야 한다. (해설 그림43 참조)



해설 그림 43 측벽 콘크리트의 채움 예

제121조 인 버 트

- 1) 콘크리트 타설에 앞서, 굴착면의 청소, 배수를 충분히 하여야 한다.
- 2) 콘크리트는 충분하게 다져야 한다.
- 3) 인버트의 경사가 급한 경우는 거푸집을 사용해서 콘크리트를 타설하여야 한다.
- 4) 인버트 콘크리트와 측벽 콘크리트와의 이음은 적절한 방법으로 콘크리트를 진충하여 완전한 이음으로 하여야 한다.

【해 설】

- 1) 굴착면의 지질이 나쁠 경우는 조약돌(礫石)을 깬다든지, 바닥 콘크리트를 시공한 후에 인버트 콘크리트를 시공하는 것이 바람직 하다.
- 2) 인버트 콘크리트에는 슬럼프가 너무작은 콘크리트를 사용하는 경향이 있고, 이 때문에 다짐이 충분히 되지 않는 경우도 있으므로 특히 다짐에는 충분한 주의가 필요하다.
- 3) 인버트의 경사가 급해서 충분한 다짐을 할 수 없는 경우에는, 거푸집을 사용해서 충분히 다져야 한다.
- 4) 인버트 콘크리트를 측벽 콘크리트보다 나중에 시공하는 경우에는, 그 이음을 완전한 것으로 하기 위하여, 해설 그림44에 나타낸 바와 같이 거푸집을 이음부

근의 콘크리트 윗면을 수평으로 하고 진동기를 충분히 쓰는 것도 한가지 방법이다.



해설 그림 44 측벽 콘크리트와 인버트 콘크리트의 이음 부근의 시공 예

제11장 뒷채움 주입

제122조 일 반

뒷채움 주입은 라이닝 뒷부의 공극이 충분히 진충되도록 주입하여야 한다.

【해 설】

라이닝, 특히 아아치크라운부와 원지반사이 는 아무리 주의 깊게 시공하더라도 공극이 생기는 것이 상례라고 생각하여야 한다.

특히, '동바리공'에 끼움판이나 걸침판에 의한 널말뚝공을 시공한 경우등에서는 원지반과 라이닝의 밀착은 방해를 받아 상당한 공극이 생기게 되는 것이므로, 그 대로 주동토압을 균등하게 분포시키는 것이나 수동토압을 유효하게 작용시키는 것 등에 대하여 충분한 기대는 할 수 없다.

따라서, 터널은 모두 모르타 기타의 주입에 의하여, 원지반과 라이닝 뒷부와 의 공극을 될 수 있는대로 진충해 두는 것이 바람직하지만, 지질이 양호한 경우 이를 생략하고 있는 것이 현실적이다.

원지반과 라이닝 뒷부와 의 공극을 진충한다 함은, 굴착의 영향을 받은 원지반 의 이완이 장기에 걸쳐서 표면에서 내부로 진행하여 하중이 증가되는 것을 막는 데에도 있다.

지질에 따라 팽창성 또는 유동성의 토압을 일으키는 경우에도, 원지반과 라이닝 뒷면에 틈이 생기게 한다든지, 완충재(緩衝材)를 끼운다든가 하는 것 보다는 오히려 지질에 나쁜 영향을 주지않도록 주입재료와 공법을 택하여 충분한 뒷채움 주입을 실시하는 편이 효과적이다.

주입은, 주입재료, 사용기계, 주입압력, 등에 따라 그 방식이 다르므로, 공극이나 배후의 원지반 상태, 주입시공 조건등에 알맞는 적절한 것을 선택하여야 한다.

또한, 주입의 효과를 높이기 위해서는, 1회만으로 끝이지 말고 2회 이상에 걸쳐서 주입을 반복하는 것도 효과적이다.

주입재료로서는 건조한 모래나, 잔 자갈 등을 쓰는 일도 있지만 일반적으로는 모르터가 쓰인다.

모르터는 주입작업시의 분리, 특히 고형물(固形物)의 침전이 적고 또 주입후의 체적수축이 될 수 있는대로 적은것이 좋다. 이 때문에 배합재료 중에 각종 혼화 재료를 가해서 모르터의 성질 개선이 시도되기도 한다.

라이닝 뒷부의 주입재료의 강도는, 콘크리트와 동등한 강도는 필요하지 않지만, 주입후의 상태에서 10kg/cm^2 정도가 기대될 수 있으면 좋을 것으로 생각된다.

이와 같은 관점에서, 단순한 시멘트 페이스트 또는 모르터에 첨가하여 후라이애쉬나 도토(陶土), 산성백토(酸性白土) 등을 써서 시멘트의 절감을 꾀한다든지, 또는 AE제를 혼입해서 유동성을 증가시킨다 든가 하는 예도 있다.

최근 40~70%의 공기량을 함유시킨 시멘트 페이스트가 주입재료로서 사용되고 있는데, 용수가 있는 경우에는 분리가 심하기 때문에 피하여야 한다.

주입관은 라이닝 완성후에 착암기로 천공해서 설치하는 일도 있지만, 굴착 작업시에 원지반이나 동바리공, 특히 널말뚝 등의 상태를 확인해 두고, 라이닝콘크리트 타설시 미리 매입해 두는것이 주입의 효과를 높이는데 유효하고 또 작업의 능률도 좋다.

주입관의 위치나 간격, 배열 등은 주입량, 나아가서는 주입의 효과에 차이를 생기게 하는 것이다.

그리고, 주입관은 주입확인용의 구멍으로서도 필요하므로 장래주입을 실시하는 구멍 등 될 수 있는대로 많이 설치해둬야 바람직하다.

주입관은 보통 내경 38~51mm의 강관을 사용하는 경우가 많으며, 라이닝 시공시에 있어서 이동하지 않도록 거푸집에 견고하게 붙여야 한다.

또한 콘크리트의 유입(流入)을 막기 위하여, 유출구를 나무마개 등으로 폐색

시켜 두는 것이 좋다.

주입구에는 주입시 역류(逆流)를 막기 위하여 코크를 붙이는 것이 좋다.

주입기계로서 현재 사용되고 있는 것을 대별해 보면 카니프 믹사 및 그라우트 펌프로써, 전자는 압축 공기를 써서 압송(圧送) 하는 것이며, 후자는 프란자 펌프의 가동으로 주입하는 것이다.

어느 기계를 선택할 것인가 하는 것은 시공의 목적, 주입재료, 압력, 주입량등에 따라 다르겠지만, 주입압(注入圧) 측정을 위하여 1 kg/cm^2 이상의 정도(精度)를 갖인 압력계를 반드시 붙여 연속해서 주입을 실시할 수 있도록 충분한 수(數)의 예비품을 상비(常備)하여 두어야 한다.

특히, 그라우트 펌프에는 주입관내의 재료의 속도 압력등에 따라 주입능률 및 효과에 영향이 미치므로, 믹사의 용량, 펌프의 능력 및 관경(管徑)의 결정에는 충분히 주의하여, 상호불균형이 생기지 않도록 하여야 한다.

또한, 주입 완료의 확인은 주입압력, 양동에 의하여 실시하며, 이것만으로 확인하기 어려운 경우, 예를들면 상당량 주입을 실시하여도 압력이 소정의 값까지 상승하지 않는 경우등은 보오링 등을 실시해서 주입결과를 조사하여 확인하여야 한다.

제123조 주입 작업

- 1) 주입은, 라이닝콘크리트가 주입압력에 견딜수 있는 강도에 달한 후, 될 수 있는대로 조기에 실시하여야 한다.
- 2) 주입에 앞서 주입을 저해하는 장애물은 제거하여야 한다.
- 3) 주입의 순서 및 압력은 원지반을 건드리지 않게 정하고 또한 라이닝에 편압이나 과대한 하중이 걸리지 않도록 정하여야 한다.
- 4) 주입은 소정의 압력에 달할때까지 충분히 실시하여야 한다.

【해 설】

1) 전조 해설에서도 기술한바와 같이 일반적으로는 원지반의 이완에 대한 안정성을 증대시키기 위하여, 라이닝 시공후 될 수 있는 대로 조기에 라이닝 뒷부에 주입하는 것이 좋다.

이 경우, 주입으로 라이닝에 변형이 일어날 우려도 있으므로, 라이닝콘크리트의 강도, 기포집의 유무 등을 신중하게 검토하여 주입개시의 시기를 결정하여야 한다.

2) 주입에 앞서, 철근봉 등으로 주입관 내부의 부착물을 제거함과 동시에 유출

구에 채워넣은 나무마개 등을 제거 유출구에 주입을 저해하는 것이 없도록 하여야 한다.

3) 주입의 순서 및 압력은 그 목적, 재료, 공극의 상황, 배합 등에 관련이 있게 되므로, 단번에 결정할 수 없지만, 라이닝에 편압이 걸려 변형을 일으키는 일이 없는 순서로서 통상 최종계이지 압력이 4 kg/cm^2 정도로 하고, 원지반을 건드리지 않는 압력으로 항상 신중하게 시공하여야 한다.

4) 주입작업 중, 라이닝 콘크리트의 작은판, 타선이음, 관 등에서 주입재료가 새어 나오는 경우에는, 적당한 방법으로 새어 나오는 것을 막도록 함과 동시에 주입기계에 붙인 압력계 등을 조회해서 소정의 압력에 달할때 까지 충분히 실시하여야 한다.

1975년 3 월 일 인쇄
1975년 3 월 일 발행

터널공사표준시방서 및 동해설

발 행 건 설 부