

KCS 57 70 40 : 2017

상수도 실드TBM공사

2017년 8월 23일 개정

<http://www.kcsc.re.kr>

KC CODE

목 차

KCS 57 70 40 상수도 실드TBM공사	1
1. 일반사항	1
2. 자재	2
3. 시공	2

KCS 57 70 40 상수도 쉴드TBM공사

1. 일반사항

1.1 적용범위

- (1) 이 시방서는 터널공사 중 하천 등을 횡단하여 부설해야 할 경우의 쉴드(shield)공사에 대하여 적용한다.
- (2) 이 시방서에서 규정한 내용과 해당 공사시방서에서 규정한 내용이 서로 상이할 경우에는 해당 공사시방서의 규정내용이 우선한다.
- (3) 이 시방서는 터널의 시공과정에 필요한 전기, 설비분야 등의 기본사항을 포함하며 이외의 사항에 대해서는 KCS 27 00 00 터널공사 표준시방서에 따른다.

1.2 참고 기준

1.2.1 관련 법규

- 산업안전보건법

1.3 용어의 정의

이 시방서의 용어의 정의는 KCS 27 10 05 터널공사 개요에 따른다.

1.4 제출물

시공자는 도로, 철도, 하천 등을 쉴드(shield)로 횡단하여 터널을 부설하고자 할 경우, 다음 사항을 포함한 시공계획서 및 시공상세도를 작성하여 공사감독자(건설사업관리자)에게 제출하여야 한다.

1.4.1 시공계획서

1.4.1.1 시공계획

- (1) 공사계획에 맞추어 시공계획서를 작성하여 제출한다.
- (2) 시공계획서에는 횡단할 시설물의 관리주체와의 협의조건 등을 포함하여야 한다.
- (3) 필요시 추가 지반조사를 실시할 수 있다.
- (4) 시공계획서에는 굴착토량 반출 및 처리계획서를 포함하여야 한다.
- (5) 시공계획은 설계도서를 기준하여 현장조건에 적합하도록 공종별로 수립되어야 한다.
- (6) 공종별 시공계획은 효율적인 공사가 수행될 수 있도록 현장에 투입되는 쉴드TBM의 특성을 고려하여 작업장 부지계획, 쉴드TBM 제작 및 시운전, 작업구 시공, 쉴드 TBM 발진, 본굴진, 도달, U-Turn, 재발진, 본굴진, 도달, 해체, 부대공 등으로 구분하여 효율적인 시공법이 되도록 계획하여야 한다.

1.4.1.2 시공계획시 고려사항

- (1) 공사구간의 지반조건 및 제반조건에 적합한 쉴드TBM기 제작 및 시공계획이 수립되어야 한다.
- (2) 시공계획은 공사의 목적, 규모, 기간이 충분히 반영되고 설계도서, 특별규정, 현장조건 등이 고려되어 안전하고 경제적인 시공이 되도록 수립되어야 한다.
- (3) 쉴드TBM공법은 발진후 공법변경이 곤란하므로 시공계획 시 공법의 적정성에 관한 확

인검토를 하여야 한다.

- (4) 시공계획 시 공법의 적정성에 관한 확인검토를 위하여 필요한 경우에는 추가 지반조사 및 시험을 수행하여야 한다.
- (5) 시공계획 시 쉘드TBM투입에 따른 운반, 조립 및 해체계획, 버럭처리 방안, 각종 임시 설비계획 등을 충분히 검토하여야 하며, 품질, 안전 및 환경관리대책도 계획에 포함시켜야 한다.

1.4.1.3 시공계획 작성원칙

- (1) 시공계획은 각 공정간 휴지시간을 최소화하여 연속적인 작업이 이루어지도록 하고 기계화 시공을 우선하여 계획한다.
- (2) 시공계획은 공사의 안전성과 시공성, 공법의 적용성을 우선적으로 고려하여 계획하고 건설비와 유지관리비도 포함하여 경제적인 계획이 되도록 하여야 한다.
- (3) 시공계획은 공사중과 공사완료후의 주변환경에 유해한 영향이 발생하지 않도록 계획하여야 한다.
- (4) 시공계획에는 품질 및 안전관리 대책을 포함하여야 한다.

1.4.1.4 공정계획

- (1) 공정계획은 공사기간 내에 시공을 완료할 수 있도록 수립하고 유사한 공사의 실적 통계를 근거로 자원투입 및 배분계획과 연계하여 수립하여야 한다.
- (2) 공정계획에는 공사착공을 위한 사전행정처리 기간과 작업장 및 공사장의 용지확보를 위한 수용 또는 보상기간 등 준비일정을 포함하여야 한다.
- (3) 쉘드TBM공정관리는 지속적으로 작업실적과 계획을 대비하여 공정 지체요인을 분석하고 지체시간을 최소화하는 방법으로 관리하여야 한다.
- (4) 공정계획은 전체공정이 원활하게 진행될 수 있도록 하여야 하며, 공정이 지체되는 경우에는 원인분석과 함께 공정 만회 대책을 세워야 한다.
- (5) 공정계획은 네트워크(network) 기법으로 작성하여 전산화 관리에 의한 작업수행이 가능하도록 하며 수립된 공정계획의 정당성과 일정계획, 진도계획, 자원계획, 예산 및 비용 분석 평가의 기초자료가 될 수 있도록 수립하여야 한다. 단, 네트워크기법 적용이 부적절하다고 판단되는 경우에는 기타의 기법을 활용할 수 있다.

2. 자재

내용없음.

3. 시공

3.1 시공 일반

3.1.1 쉘드(shield) 장비

3.1.1.1 장비의 선정

- (1) “시공자”는 예정공기 내 공사를 완료할 수 있도록 설계도서를 검토하고 공사예정 공정표에 따라 쉘드(shield) 장비반입계획서를 공사감독자(건설사업관리자)에게 제출하여

승인을 득해야 한다.

- (2) 장비사양서, 주요설계도 및 제작공정표를 작성하여 공사감독자(건설사업관리자)에게 제출하여 승인을 받아야 한다.
- (3) 쉴드(shield) 제작에 있어서는 특히 사용재료, 치수 및 정도에 유의하여 본 설계조건을 만족시키는 강도 및 성능을 확보해야 한다.
- (4) 쉴드(shield) 제작 관련 규정은 쉴드(shield) 관련 시방서 및 규정에 의하며 “시공자”는 쉴드(shield) 제작 관련 시방서 및 규정을 제출해야 한다.

3.1.1.2 장비의 규격

쉴드(shield) 장비의 적용규격은 “표 3.1-1”을 참고하여 현장에 필요한 규격을 적용한다.

표 3.1-1 쉴드(shield) 장비의 적용규격

구 분	적용 규격(외부직경)	비 고
쉴드(shield) 장비	$\phi 2,800 \sim \phi 8,000$ mm	

3.1.1.3 추진설비

(1) 반력벽

반력벽은 잭(Jack)의 추력에 견딜 수 있도록 견고하게 설치하여야 하며 선형방향과 직각이 되게 하여야 한다.

(2) 바닥 콘크리트 타설

수직구 내 기계설비 설치 및 자재 적재를 위하여 배수가 원활하고 평활하도록 바닥에 콘크리트를 타설하여야 한다.

(3) 반력대(back truss)

반력대는 쉴드(shield) 기기의 후방 정위치에 설치하며 쉴드(shield) 추진력을 충분히 지지하도록 하여야 한다.

(4) 쉴드(shield) 받침대

쉴드(shield) 받침대는 선형과 평행하게 설치하고 쉴드(shield) 기기가 전도되지 않도록 견고히 설치하여야 한다.

3.1.1.4 시스템(System) 설비

지반의 조건에 적합하고 굴착 추진기구, 막장안정설비, 굴착토 반출설비 등이 확실한 기능을 발휘할 수 있도록 시스템(system)을 구성해야 한다.

(1) 복합지질형 쉴드(shield)의 구조

지반의 조건, 터널경 등에 의해 그 구조를 선정하고 기계 각 부의 구성요소가 특히 내구성, 수밀성에 뛰어난 것이어야 한다.

(2) 막장안정설비

막장안정설비는 굴착터널의 토압 및 수압에 대항할 수 있도록 챔버(chamber) 내의 슬러리 압력을 유지하고, 쉴드(shield) 추진량에 알맞은 굴착토량을 배출할 수 있는 것이어야 한다.

(3) 굴착토 반출설비

유체수송식으로 굴착토를 원활하게 배토할 수 있는 능력을 가진 구조이어야 한다.

(4) 굴착토 처리설비

유체수송 해 온 굴착토를 지상에서 이토와 버력을 분리할 수 있는 시스템(system)을 지상에 설치하고 처리능력은 굴착량 이상의 능력을 가진 구조이어야 한다.

3.1.4.5 쉴드(shield) 본체

복합지질형 쉴드는 그 기능을 충분히 발휘하도록 각 부분이 구성되어야 한다.

(1) 쉴드(shield) 외경

- ① 쉴드 외경은 세그먼트 외경, 테일 클리어런스(tail clearance) 및 테일 스킨 플레이트(tail skin plate) 두께를 고려하여 정해야 한다.
- ② 테일 클리어런스(tail clearance)는 세그먼트의 형상, 치수, 선형, 테일 실(tail seal) 등을 고려하여 결정해야 한다.

(2) 쉴드(shield) 길이

쉴드(shield) 길이는 발진 작업구의 형상과 크기, 지반의 조건, 터널의 선형, 굴착 방법, 운전조작, 복공형식 등을 고려하여 정해야 한다.

(3) 선단부(hood 부)

선단부의 형상치수는 지반조건에 적합하게 결정되어야 하며 커터(cutter)의 교환이 용이한 구조로 하여야 한다.

(4) 몸체부(girder 부)

몸체부의 길이는 쉴드(shield) 잭(jack), 커터(cutter) 머리부의 축수장치(軸受裝置), 구동장치 및 배토장치 등의 배치공간을 고려하여 결정하되, 그 구조는 충분한 강성을 확보해야 한다.

(5) 테일부(tail 부)

- ① 테일부의 길이는 세그먼트의 폭 및 형상을 기준으로 하여 결정해야 한다.
- ② 테일 스킨플레이트 두께는 변형에 대하여 충분히 검토하여 결정해야 한다.

(6) 기둥 및 고정 데크

기둥 및 고정 데크는 작업공간을 확보하면서 몸체부를 보강하는 것으로 지반 조건에 따른 굴착과 몸체부의 지지가 가능한 구조로 해야 한다.

(7) 작업공간

작업공간은 안전하고 능률적으로 작업할 수 있도록 확보해야 한다.

(8) 테일 실(tail seal)

테일 실은 뒷채움 주입재의 역류, 누수방지 등의 사용목적에 부합되어야 한다.

(9) 에어록 시스템(air lock system)

에어록은 쉴드(shield)의 정비와 비트(bit) 교체시 필요한 가압 및 감압을 갖춘 장비로서 현장작업인을 위한 기준에 부합되는 장비이어야 한다.

3.1.4.6 추진기구

이수가압식 쉴드(shield)의 총 추진력은 예상 총 추진저항력에 약간의 여유를 가져야 한다.

(1) 쉴드 잭의 선정 및 배치

셴드 잭의 선정 및 배치는 셴드의 조향성, 세그먼트의 구조, 세그먼트 조립시 시공성 등을 고려하여 결정해야 한다.

(2) 셴드 잭의 스트로크

셴드 잭의 스트로크는 세그먼트의 폭에 소요의 여유를 더한 것으로 하여야 하며 특히 세그먼트의 K-Type 조립방식에 유의하여 결정해야 한다.

(3) 셴드 잭의 작동속도

셴드 잭의 작동속도는 토질 및 셴드형식에 적합하게 결정해야 한다.

(4) 스피리터(splitter)

셴드잭의 피스톤 선단에 스피리터를 설치해야 하며 세그먼트의 단면에 균등하게 셴드(shield) 잭(jack)의 추력을 분포하는 구조이어야 한다.

3.1.4.7 세그먼트의 조립기구

(1) 이렉터(erector)

- ① 이렉터는 셴드형식과 규모, 세그먼트, 작업사이클 등을 고려하여 세그먼트 조립을 정확하고 능률적으로 할 수 있어야 한다.
- ② 이렉터의 능력은 세그먼트의 종류, 형상, 중량, 치수 및 조립순서 등을 고려하며 세그먼트의 K-Type에 유의하여 결정해야 한다.

3.1.4.8 부속기구

(1) 유압기기는 점검보수에 편리한 위치를 정하여 될 수 있는 대로 콤팩트하게 집약하여 돌출부를 작게 하며 토사, 뒷채움 주입재, 막장 주입재 등에 대해 완전히 보호되는 구조로 해야 한다.

(2) 전기기기는 방수성이 우수하고 절연도가 높은 기기를 선택해야 한다.

(3) 뒷채움 주입 설비

셴드 굴진속도, 주입재료, 주입방법 등을 고려하여 확실히 충전될 수 있는 것이어야 한다.

(4) 막장주입 설비

토질, 수압, 주입재료 등을 참조하여 셴드추진에 영향이 없는 것이어야 한다.

(5) 후방대차

셴드굴진을 위해 필요한 기계장치의 적재, 기타 재료 및 각종 작업기구 운반의 기능을 다할 수 있는 것이어야 한다.

(6) 전력설비는 각종기기가 지장없이 안전하게 운전할 수 있는 충분한 용량으로 설치하여야 한다.

(7) 배수설비는 수직구 및 갱내의 지하수 및 이수 등을 충분히 배수할 수 있는 능력을 가져야 하며, 예상치 못한 출수에 대비하여 예비펌프를 준비하여야 한다.

(8) 환기설비

굴진기의 고장유무 확인이나 갱내 작업시 작업원에게 신선한 공기를 넣어줄 수 있는 환기설비를 설치하여야 한다.

3.1.4.9 배토시스템

배토시스템은 유체수송식으로 함을 원칙으로 한다.

(1) 유체수송시스템

유체수송시스템은 기반암의 지층에 대한 이수가압식 굴진 후 원활한 배토가 이루어지는 구조로 되어야 한다.

(2) 크러셔(crusher)

① 크러셔(crusher)의 처리능력은 굴진에 지장을 주지 않도록 충분한 용량으로 한다.

② 암편 유체수송을 위하여 적합한 크기로 부서 질 수 있는 구조로 한다.

(3) 중계펌프(pump)

터널의 연장, 양정고 및 운반량을 고려하여 그 용량 및 대수를 결정한다.

(4) 중계파이프

부서진 암편의 크기, 운반량 등을 고려하여 막힘이 없도록 파이프 크기를 결정한다.

3.1.4.10 조립

(1) 공장 가조립 및 현장조립

① 공장 가조립은 미리 정해진 순서에 따라 행하며 시공자는 검사에 합격한 후, 충분히 청소하고 정해진 도장을 실시하며 분할형에 있어서는 현장조립에 필요한 공구, 결합 부호 등을 고려해야 한다.

② 현장조립은 충분한 강도의 가설대 위에서 정확한 위치에 정확히 조립하는데, 가체결 또는 가부착 후에 치수검사를 행하고 용접 또는 볼트 체결해야 한다.

③ 쉴드장비의 조립은 제작사의 전문 기술인력 활용 및 인력 운영을 고려하여 계획을 수립토록 한다.

(2) 검사

시공자는 쉴드(shield)에 대해 제작공정에서 아래의 검사(필요시 “공사감독자(건설사업관리자)”의 입회)를 해야 하며, 제작사의 조립에 대한 의견을 포함한 검사 기록표를 제출하여야 한다.

3.1.4.11 재료검사

쉴드 본체 외각 강판에 있어서 강재제작사의 검사합격증과 사용재료를 확인해야 한다.

3.1.4.12 기기검사

유압기기, 기름탱크, 압력용기 검사를 실시하여야 한다.

3.1.4.13 용접검사

현장용접시에는 X선 검사를 실시한다.

3.1.4.14 주요치수 검사

조립시, 받침대 상에서 각 기기를 장치한 상태하에 지정된 각 부위 치수를 검사한다. 치수 검사는 조립시 받침대 위에서 각 기기를 조립한 상태에서 지정된 각 부위 치수를 검사하여 진원의 허용오차는 최소 0 mm에서 최대 +20 mm, 축방향 휨허용오차는 +15 mm 이내어야 하며, 장비에 대한 주요치수의 검사내용은 별도의 체크표(check list)를 공사감독자(건설사업관리자)에게 제출하여 검사항목별 허용오차에 대하여 승인을 받아야 한다.

3.1.4.15 무재하 작동검사

시공자는 쉴드(shield) 제작공장에서 쉴드(shield) 조립완료 후, 반드시 공사감독자(건설사업관리자)의 입회하에 기기의 작동시험을 실시하여야 하며, 이때에 쉴드(shield) 굴진의 이상유무를 확인해야 한다.

(1) 사용승인

쉴드기기는 지질조건을 감안하여 투입전 장비명세서를 제출하여 공사감독자(건설사업관리자)의 승인을 득한 후 반입하여야 하고, 사용도중 소정의 성능을 발휘하지 못할 경우에는 공사감독자(건설사업관리자)의 승인행위는 면제되며 시공자 부담으로 조치한다.

(2) 쉴드(shield) 장비 운반

- ① 시공자는 현장까지의 쉴드(shield) 장비 운반계획서를 작성하여 공사감독자(건설사업관리자)에게 제출 승인을 득하여야 한다.
- ② 장비운반계획서에는 시공자가 선정된 운반로로 쉴드(shield) 장비운송이 원활하도록 쉴드(shield) 장비제작을 고려하여야 한다.
- ③ 쉴드(shield) 장비운반시 교통소통에 지장이 없도록 고려하여 운반계획을 수립한다.
- ④ 운반로에 산재되어 있는 지상, 지하구조물에 손상이 없도록 운반로의 지상, 지하구조물의 현황을 파악하고 이에 대한 대책을 강구하여 관할관청 및 공사감독자(건설사업관리자)의 승인을 득해야 한다.
- ⑤ 쉴드(shield) 장비운반에 의한 지상, 지하구조물 손상 시는 시공자의 부담으로 처리해야 한다.

3.2 쉴드(shield) 시공

3.2.1 측량 및 공사기록

쉴드(shield) 굴진 시 터널측량 및 공사기록은 매일 상세히 작성하여 공사감독자(건설사업관리자)에게 제출하여야 하고, 쉴드(shield) 공사 주요공정을 사진으로 촬영하여 준공 후 이를 제출하여야 한다.

3.2.2 작업종사원

굴진기계 및 부대설비의 조립, 기계운전조작을 위해 외국인기술자를 채용시는 경력사항을 상세히 기록하여 하며, 인력운영 계획시 외국인기술자 활용을 포함한 시공계획을 수립하여 공사감독자(건설사업관리자)에게 제출하여야 한다.

3.2.3 가격표의 제출

외국에서 수입하는 복합지질형 쉴드(shield)에 대한 장비가격은 공인기관에서 발행한 가격표(수입 면장)의 원본을 공사감독자(건설사업관리자)에게 제출하여야 한다.

3.2.4 시공계획서 제출

시공자는 시공에 앞서 공사의 목적, 규격, 공기 등을 충분히 숙지하고, 설계도서, 토질조건, 환경조건 등을 정밀조사하여 안전하고 경제적인 시공이 될 수 있는 시공계획서를 작성 공사감독자(건설사업관리자)에게 제출해야 한다.

3.2.5 측량

(1) 일반사항

- ① 측량은 기준점 측량, 터널 내 측량, 추진관리 측량으로 구분 실시해야 한다.
- ② 측량은 측량기사 책임하에 실시해야 하며 측량결과를 매일 상세히 기록하여야하며 공사감독자(건설사업관리자)의 요구가 있을 때는 항상 제출해야 한다.

(2) 기준점 측량

- ① 시공자는 시공에 앞서 중심선 및 종단측량, 수준측량을 행하고 그의 기준이 될 수 있는 기준점을 설치해야 한다.
- ② 기준점의 설정은 터널의 연장, 지형상황을 참조하여 트래버스측량, 삼각측량 등의 적절한 방법으로 행해야 한다.
- ③ 기준점은 변형의 염려가 없는 곳에 견고하게 설치하여 충분히 보호하고, 또 인조점을 설치하여 검측, 복원이 용이할 수 있도록 해야 한다.

(3) 터널내 측량

- ① 터널내 측량의 기준점은 작업구내 설치해야 하며, 쉴드추진에 영향이 없는 것으로 견고하게 설치해야 한다.
- ② 관측점의 간격은 20 m를 표준으로 하되 곡선부의 시·종점부는 관측점을 적절히 설치해야 한다.
- ③ 터널내 측량은 쉴드 추진에 지장이 없도록 해야 하며 매일 1회씩 실시해야 한다.
- ④ 굴진관리 측량
 - 가. 굴진관리 측량은 쉴드 추진을 계획선형으로 하기 위한 측량이므로 정확하게 실시한다.
 - 나. 굴진관리 측량은 1일 2회씩 실시해야 한다.
 - 다. 굴진관리 측량은 쉴드 추진에 지장이 없게 단순하고 합리화해야 한다.
 - 라. 굴진관리 측량결과를 쉴드 장비 조정원에게 인지시켜 쉴드 굴진이 계획선형에 어긋나지 않도록 해야 한다.
 - 마. 굴진오차 허용범위는 도달부 오차 ± 5 cm를 목표로 한다.

3.2.6 전진기지 및 도달기지

(1) 전진기지

- ① 쉴드(shield) 기계 거치
 - 가. 쉴드(shield) 거치 전 발진 방호공을 행해야 한다.
 - 나. 작업구내에서 설치된 받침대는 정확히 거치해야하며, 쉴드 발진 및 조립에 영향이 없게 충분한 강성을 갖어야 한다.
- ② back truss 및 가조립 세그먼트
 - 가. 쉴드 추력에 충분히 저항할 수 있는 구조이어야 한다.
 - 나. 가조립 세그먼트는 본 세그먼트의 진원형성에 상당한 영향을 미치므로 주의하여 확실한 진원을 형성하도록 해야 한다.
- ③ 전진기지 수직구
 - 가. 전진기지의 굴착작업은 지반의 붕괴 등의 위험이 있으므로 갱구부의 지반개량공, 콘크리트 링보강공 등을 수행한 후 시행한다.

나. 전진기지의 개구작업 완료 후 엔트란스(entrance)는 계획선형에 적합하게 설치해야 한다.

다. 엔트란스(entrance) 설치시 쉴드(shield) 추진 후 세그먼트가 2-3 Ring이 조립 완료되었을 시는 엔트란스(entrance)의 회전방지용 판으로 세그먼트를 고정해야 한다.

(2) 도달기지

- ① 쉴드(shield) 도달 전에 방호공을 행해야 한다.
- ② 작업구 도달시 추진속도를 늦추고 저속운전 해야 하며, 쉴드(shield)로 작업구 샷크리트(shotcrete)면을 직접 굴착하며 도달시킨다.
- ③ 도달부 부근에서는 뒷채움 주입을 철저히 해야 한다.
- ④ 쉴드(shield)를 작업구 내로 인출하기 위하여 쉴드(shield) 받침대를 가설해야 한다.

3.2.7 세그먼트

(1) 세그먼트 운반 및 저장

- ① 시공자는 세그먼트의 저장 및 운반계획서를 작성하여 공사감독자(건설사업관리자) 승인을 받아야 한다.
- ② 세그먼트의 운반 및 저장시 손상과 변형이 없도록 보호설비를 하여야 한다.
- ③ 세그먼트의 운반 및 취급 중에 손상을 입은 것은 시공자의 부담으로 즉시 폐기처분 해야 한다.

(2) 세그먼트의 조립 및 방수

- ① 세그먼트는 터널바깥에서 세그먼트 투입하기 24시간 전에 수팽창성 지수재를 부착 후 터널내로 운반해야 한다.
- ② 수팽창성 지수재 부착시 소정의 접착제를 사용하며, 실(seal) 부착면 흠의 청소를 철저히 시행하여 충분히 부착되도록 해야 한다.
- ③ 실(seal) 접착면의 청소는 샌드 페이퍼(sand paper) 등으로 깨끗이 해야 한다.
- ④ 세그먼트 및 쉴드의 테일부분은 조립 전에 충분히 청소하고 세그먼트에 토사 및 이물질이 끼지 않도록 해야 한다.
- ⑤ 세그먼트의 조립시 접합부가 서로 맞지 않는 일이 없도록 해야 하며, 이음볼트는 충분히 체결해야 한다.
- ⑥ 세그먼트는 파손 또는 수팽창성 지수재의 이탈이 발생하지 않도록 주의해야하며, 파손된 경우는 공사감독자(건설사업관리자)의 지시에 따라 폐기해야 한다.
- ⑦ 조립한 세그먼트 링이 하중 또는 자중에 의해서 변형되지 않도록 정확히 조립한다.
- ⑧ 시공자는 세그먼트 조립 후 누수가 발생할 경우 공사감독자(건설사업관리자)에게 보고하고 이에 대한 대책을 수립해야 한다.

(3) 고장력 볼트의 선정 및 체결

① 형상 및 선정

고장력 볼트는 KSB 1002, KSB 1004에서 규정하는 F10T M24와 M30으로서 6각 또는 4각 볼트이며 KSB 1326의 규정에 따라 평와셔를 사용해야 한다.

② 볼트체결

볼트는 세그먼트 이음부에서 M30, 링 이음부에서 M24를 사용하여 소정의 토크(torque)에 도달할 때까지 충분히 체결해야 하며 쉘드의 추력에 영향이 없는 위치에서 전 볼트를 재 체결해야 한다.

3.2.8 뒷채움 주입

관련 시방기준은 KCS 27 25 00 TBM (3.3.8)에 따른다.

3.2.9 막장주입

- (1) 막장주입설비는 쉘드 굴진과 동시에 배토를 연속적으로 할 수 있어야 한다.
- (2) 막장주입압력은 쉘드 전면의 토압+수압에 0.01~0.02 MPa(0.1~0.2 kgf/cm²)의 예비압을 더한 압력으로 한다.
- (3) 막장주입재는 토질조건에 적합하게 주입하여 배토를 연속적으로 원활히 할 수 있어야 하며 쉘드 전면의 선단저항도 감소시켜야 한다.

3.2.10 테일씰러(tail sealer)

- (1) 시공자는 쉘드 굴진시 뒷채움 주입재의 유입, 누수 등의 방지를 위해 테일씰러를 주입해야 한다.
- (2) 테일씰러 구매 시 제품의 성능 등에 특히 유의해야 하며, 공사감독자(건설사업관리자)의 승인 후 구매해야 한다.
- (3) 테일씰러는 쉘드 굴진 시 누수나 뒷채움 주입시 역류가 되면 수시로 주입할 수 있도록 자동주입을 표준으로 한다.

3.2.11 커터(cutter) 교환

- (1) 커터(cutter)는 지질조건에 따라 형상, 강도, 배치 등이 달라지므로 토질 및 시공 조건에 적합해야 한다.
- (2) 시공자는 쉘드 굴진 중 커터(cutter) 교환이 필요할 시는 막장의 안정, 차수 등을 위하여 에어 록(air lock)을 사용한다. 에어 록(air lock) 운행은 고압설비 운전기능 자격을 가진 안전관리자의 지시에 따라야 한다.

3.2.12 곡선시공

곡선시공구간은 다음 사항을 유의하여 시공하여야 한다.

- (1) 극단적인 편압을 받지 않도록 쉘드 추력, 커터 토크에 여유를 두어야 한다.
- (2) 과여굴에 의한 지반이완, 뒤채움 주입재가 막장으로의 유입, 추진반력 저하에 의한 터널변형 등의 문제를 피하기 위해 최소한의 필요범위로 제한해야 한다.
- (3) 설계도에 적용된 테이퍼 세그먼트를 조립하여 계획선형과 일치토록 해야 한다.

3.2.13 굴착토 처리

- (1) 굴착토는 이토처리설비인 디센더와 가압탈수설비인 필터프레스를 이용하여 이수와 이토의 분리 및 고형화를 통하여 사토처리를 시행한다.

3.2.14 굴진기 점검

굴진기의 성능을 심분 발휘시키고 고장, 사고 등을 미연에 방지하기 위하여 일상 및 정기 점검을 실시하여야 한다.

(1) 일상점검

- ① 이상음 발열
- ② 각부의 급유, 기름의 유무확인, 보충
- ③ 작동유 유량확인
- ④ 전원 및 전압
- ⑤ 각 부의 볼트 및 너트 점검
- ⑥ 조작판의 스위치, 표시등, 계기류의 이상 확인
- ⑦ 계기판의 이상 점검
- ⑧ 이수압의 측정
- ⑨ 작동유, 윤활유, 이수의 이상 누출
- ⑩ 굴진기 본체와 이수파이프 및 조작 케이블, 동력선과의 이상 점검
- ⑪ 기타 공사감독자(건설사업관리자)의 지시사항

(2) 정기점검 및 보수

정기점검은 1개월 마다 아래 사항을 실시한다.

- ① 전동기기의 정밀점검
- ② 마모 비트(bit)의 점검 및 보수
- ③ 스킨 플레이트(skin plate)의 점검 및 보수
- ④ 제어반 및 배선점검
- ⑤ 오일 탱크(oil tank)의 점검
- ⑥ 각 계기판의 점검
- ⑦ 유압장치의 점검
- ⑧ 헤드(head)의 회전수 점검

3.3 쉴드(shield) 시공설비

시공설비는 계획공정에 부합하되, 공사규모, 시공법에 적합, 안전하며 환경보존을 고려해야 한다.

3.3.1 재료 적치장 및 창고

- (1) 공정 진척에 지장이 없도록 세그먼트 등의 복공재료, 가설비재료, 시공용 기계기구등을 저장할 수 있는 면적을 확보해야 한다.
- (2) 세그먼트는 최소한 3일분을 저장할 수 있어야 한다.
- (3) 기계기구류, 전기기구류, 습기를 피해야 하는 재료, 금속류 및 부식되기 쉬운 소형 재료 등은 정리정돈을 철저히 하여 보관해야 한다.

3.3.2 버력 반출 및 재료 투입 설비

작업 사이클, 입지조건 등을 고려하여 시공공정을 만족하도록 해야 한다.

3.3.3 전력설비

- (1) 전력설비는 모든 전기설비 기준에 준하여 설치 및 유지관리 해야 한다.
- (2) 선로는 절연케이블을 사용하고 모든 충전부분의 노출을 피해야 한다.

3.3.4 조명설비

- (1) 작업장소 및 통로 등에는 조명설비를 설치해야 한다.
- (2) 터널내의 조명은 안전성 확보에 필요한 조도를 유지하되, 옥외 방수형 기구 또는 그에 준하는 것을 사용해야 한다.
- (3) 터널내에서는 정전시 등에도 작업원이 대피할 수 있도록 통로, 출입구, 계단 등 필요한 곳에 비상조명 설비를 설치해야 한다.

3.3.5 연락통신설비

터널내의 공정을 파악하고 터널 내 작업의 안전을 확보하고 각 작업개소 및 각 설비간의 연락을 긴밀히 하기 위하여 통신설비를 하여야 한다.

3.3.6 환기설비

갱내의 작업장에 있어서는 안전하고 위생적인 작업환경에서 작업할 수 있도록 환기설비를 설치하고 필요한 양의 공기를 공급해야 한다.

3.3.7 운반설비

- (1) 터널내 운반설비는 터널 단면의 크기, 작업 싸이클 등을 고려하여 가장 적절한 능력을 가짐과 동시에 안전한 방법을 강구하여 설비해야 한다.
- (2) 터널내 운반설비는 최고 속도를 10km/hr로 제한한다.

3.3.8 급·배수 설비

터널내의 급·배수 설비는 예상되는 급·배수량을 충분히 급·배수할 수 있는 능력을 가져야 하며, 공사기간 중 확실하게 유지 및 운반되는 것이어야 한다.

3.3.9 안전통로

- (1) 통로에는 통행에 지장을 주는 요소를 제거하고 조명을 설치해야 한다.
- (2) 궤도설치시 통로를 확보해야 한다.

단, 단면이 협소한 경우는 명확한 식별이 가능한 대피소를 적당한 간격으로 설치해야 한다. 또한, 기계간 혹은 기계와 다른 설비 사이에는 통로를 설치해야 한다.

3.3.10 소화, 방화설비

위험물 저장, 취급 장소, 전기설비 설치장소, 화기사용장소, 용접작업장소 등에는 필요한 소화설비를 설치해야 한다.

3.3.11 작업대차

굴착, 복공, 뒷채움 주입공 기타 일련의 작업에 필요한 재료, 기계설비를 충분히 수용할 수 있는 크기 및 작업내용, 공정을 고려한 작업대차수를 결정해야 한다.

3.4 쉴드 세그먼트(Shield segment) 제작

3.4.1 세그먼트(segment)

- (1) 본 절차서는 제작되어 납품되어지는 콘크리트계 세그먼트에 적용된다.
- (2) 시공자는 세그먼트 공급원에 대한 업체별 조사내용을 공사감독자(건설사업관리자)에 제출하여야 하며, 공급원 선정시 세그먼트 품질확인을 위한 시험성적서를 공사감독자(건설사업관리자)에게 제출하여 승인을 득하도록 한다.
- (3) 절차

① 세그먼트(segment) 제작용 형틀(M)

세그먼트(segment) 제작용 형틀은 원주를 일정한 각도로 분할하여 사용하게 되므로 특히 세그먼트 간 접합부의 각도, 치수 등의 정밀도가 중요하기 때문에 제작에 충분한 배려가 필요하다. 세그먼트 제작용 형틀은 콘크리트 성형 시 강력한 외부진동기(vibrator)로 형틀에 진동을 주기 때문에 형틀용접부에 균열이 발생하고 형상 치수에 오차가 일어나는 일이 있기 때문에 각 부재 접합부는 충분한 용접강도가 필요하며, 내구성이 있는 견고한 형틀이 되도록 제작한다.

② 세그먼트 분할(예시)

세그먼트는 “표 3.4-1”와 같은 분할에 의하여 구분하고 A형, B형, K형으로 표시한다.

표 3.4-1 세그먼트 분할

5분할(2A+2B+K)	
종 류	분할각도
θA	83.08°
θB	83.08°
θK	27.69°

③ 세그먼트의 기호 표시

세그먼트의 A형, B형에 대해서는 형틀내부에 기호판을 용접해서 붙인다.

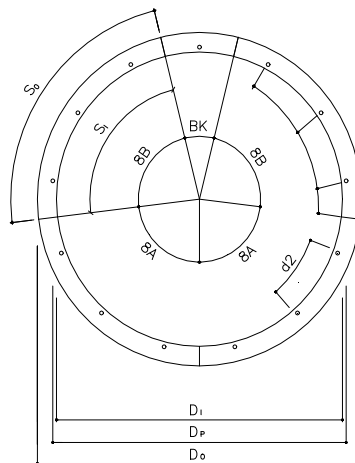


그림 3.4-1 세그먼트의 기호 표시

④ 형틀제작용 재료

형틀제작에 사용하는 재료는 강도, 강성, 내구성, 작업성, 성형되는 콘크리트에 대한 영향을 고려해서 선정한다. 형틀에 사용하는 주요 강재는 “표 3.4-2”의 규격 또는 규정에 적합한 것으로 한다.

표 3.4-2 형틀제작용 재료기준

규격 또는 규정			
강 판 1. KSD 3503 (일반 구조용 압연 강재) 2. KSD 3515 (용접 구조용 압연 강재)			
강재의 종류		인장강도 (MPa)	허용응력도 (MPa)
강 재	SS400	410 ~ 520	인장 압축 140 굽힘 전단 80
	SWS400	410 ~ 520	인장 압축 140 굽힘 전단 80
	SWS490Y	500 ~ 620	인장 압축 210 굽힘 전단 120
	SMA500	500 ~ 620	인장 압축 210 굽힘 전단 120

⑤ 조립 검사

제작이 끝난 형틀의 치수 허용오차는 후술하는 세그먼트 치수의 허용오차에 의거하여 검측한다.

⑥ 테이퍼 링(taper ring)

테이퍼 링은 곡선 시공이나 사행수정 시에 사용한다. 테이퍼 링의 사용율은 표준링에 대해서 평균 30% 이하이기 때문에 전용 형틀로써는 제작치 않고 일반적으로 표준 형틀에 라이너 플레이트(liner plate)를 사용해서 제작한다. 라이너 플레이트는 표준 형틀의 측판에 볼트조임 또는 가용접 붙임 등으로 취부하여 표준형틀과 같은 방법으로 조립·탈형을 행한다.

3.4.2 세그먼트(segment)의 제작

(1) 재료

세그먼트의 제작에 사용되어지는 재료는 “표 3.4-3”의 규격 또는 규정에 적합한 것이어야 하며 설계시 $F_{ck} = 42\text{MPa}$ (420kgf/cm^2) 이상의 고강도 콘크리트 사용을 고려하여 적정재료를 선정한다.

표 3.4-3 세그먼트 제작 관련규격(또는 규정)

종 별	규격(또는 규정)
시멘트	KS L 5201(포틀랜드 시멘트) KS L 5210(고로 슬래그 시멘트) KS L 5211(플라이 애시 시멘트) KS L 5401(포틀랜드 포졸란 시멘트)
골재	골재는 청정, 강경, 내구적으로 적당한 입도를 갖는 것으로 유기물의 유해한 물질을 함유해서는 안 된다. KS F 2526(콘크리트용 골재) KS F 2527(콘크리트용 부순 골재)
물	물은 기름, 산, 염류, 유기물등 제품에 영향을 주는 물질의 유해량을 포함해서는 안된다.
혼화제 및 혼화제	혼화제 및 혼화제를 사용하는 경우는 제품의 품질에 악영향을 주지 않는지를 확인하여야 한다.
강재	1) 철근 KS D 3504(철근 콘크리트용 봉강) KS D 3554(연강 선재) KS D 3559(경강 선재) KS D 3510(경강선) KS D 3504(없음) 2) 강관 KS D 3503(일반 구조용 압연 강재) KS D 3515(용접 구조용 압연 강재) 3) 강관 KS D 3566(일반 구조용 탄소 강관) KS D 3517(기계 구조용 탄소 강관) KS D 3507(배관용 탄소 강관) KS D 3562(압력 배관용 탄소 강관) KS D 3564(고압 배관용 탄소 강관) 4) 주철 KS D 4302(구상 흑연 주철품)
용접봉	KS D 7004(연강용 피복 아크 용접봉)
볼트 너트 와셔	KS B 1002(육각 볼트) KS B 1012(육각 너트) KS B 1010(마찰접합용 고장력 6각 볼트, 6각 너트, 평와셔의 세트) KS W 1623(평와셔)

(2) 형상 및 치수

① 종류

세그먼트는 “표 3.4-4” 와 같이 RC 세그먼트 외경에 의하여 타입 1에서 타입 5까지의 5종류로 구분된다.

표 3.4-4 세그먼트 종류

종류	외경(mm)	세그먼트의 분할	구분	비고
타입 1	2,150 ~ 3,350	5분할 (2A + 2B + K)	표준	
타입 2	3,550 ~ 4,800	6분할 (3A + 2B + K)	표준	
타입 3	5,100 ~ 6,000	6분할 (3A + 2B + K)	표준	
타입 4	6,300 ~ 6,900	7분할 (4A + 2B + K)	표준	
타입 5	7,250 ~ 8,300	8분할 (5A + 2B + K)	표준	

② 형상 및 치수

형상 및 링의 분할 및 치수는 “표 3.4-5” 와 같다.

표 3.4-5 세그먼트 형상 및 치수(예시)

기 호	명 칭	치 수
A, B, K	세그먼트	-
DO	외 경	2,600
Di	내 경	2,200
(B)	폭	1,000

③ 형상 및 허용 오차

세그먼트의 치수 허용 오차는 “표 3.4-6” 과 같다.

표 3.4-6 세그먼트의 치수 허용오차

항 목	치수의 허용 오차 (mm)	
두께 (h)	+40	
폭 (B)	± 1.0	
원호의 길이 (So, Si)	± 1.0	
체결 볼트간의 간격 (d1, d2)	± 1.0	
수평 가조립시의 진원도	외 경 (mm)	2150 ~ 3800
	볼트 피치 씨클경 (Dp)	± 7
	외경의 허용 오차 (Do)	± 7

(3) 성능

세그먼트의 성능은 설계상의 지반하중 및 구조물 용도에 따른 안정성을 확보할 수 있도록 품질관리를 하여야 한다.

(4) 세부구조

① 배근

세그먼트의 배근은 정, 부의 저항 모멘트가 동일하게 되도록 한다.

② 주입공

매달금구로서 병용되는 경우에는 주입공은 운반 및 설치시의 전체 적용하중에 대하여 안전한 구조로 유지될 수 있어야 한다.

③ 매달금구

매달금구는 운반조립시의 전체 작용하중에 대하여 안전한 구조로 유지될 수 있어야 한다.

(5) 제작

세그먼트의 제작방법은 품질이 안정되어 있고 소정의 강도 및 치수 정도를 유지 가능한 능률적인 공정에 의해 연속하여 생산되어야 한다.

① 콘크리트의 배합

세그먼트에 사용되는 콘크리트는 소요강도, 내구성, 수밀성 등을 갖고 품질에 나쁜 영향을 미치지 않고 성형 작업을 할 수 있는 워커빌리티를 갖는 배합이어야 한다.

② 재료의 개량

콘크리트의 재료의 개량은 전부 중량에 의한 것으로 한다. 단, 물 또는 혼화제 용액은 용적으로 개량해도 좋다.

③ 형틀

형틀은 견고한 구조로서 형상치수가 정확하고 조립 및 취급이 용이한 것으로 한다.

④ 강제의 가공 및 조립

철근이나 강판은 정확, 신중히 가공하고 조립하기 전에 콘크리트와의 부착을 막을 우려가 있으므로 부청(녹슬어 뜸), 기름 등을 제거철근이 바른 위치에 고정되는 방법으로 조립하여야 한다.

⑤ 철근의 배치

주철근의 순간격은 주철근의 직경 이상, 조골재 최대 치수의 4/3배 이상으로 해야 한다. 단, 테이퍼 링(taper ring)에 쓰는 세그먼트에서는 조골재와 동일 치수로 해야 한다. 또 조립용 철근의 간격은 300 mm 이하로 해야 한다.

⑥ 피복

피복은 12 mm 이상으로 한다. 단, 테이퍼 링의 링 이음면에 한해서 8 mm 이상으로 할 수 있다.

⑦ 양생

콘크리트는 성형 후 저온, 건조 및 급격한 온도변화 등에 의한 유해한 영향을 받지 않도록 충분히 양생해야 한다. 콘크리트는 경화중에 진동, 충격 등을 가하지 않도록 주의해야 한다.

그림 3.4-2 세그먼트 증기양생 온도 및 시간

가. 증기양생

콘크리트의 경화를 촉진시키기 위해서 상압의 증기양생이 널리 쓰여지고 있는데, 증기 양생을 행하는 경우 콘크리트에 악영향을 주는 일이 없도록 한다. 증기 양생을 끝낸 경우, 외기 등으로 급냉되면 콘크리트 표면이 터져 갈라지는 일이 생길 우려가 있

으므로 충분한 주위가 필요하다.

나. 증기양생 후의 수중양생

증기양생이 끝나도 콘크리트 중에는 잔존해 있는 미 수화된 시멘트 부분이 약간 남아 있기 때문에 계속해서 수중양생을 행하는 것은 수화를 촉진시키는 일로서 강도, 충격저항, 내구성 등을 증가시킬 수 있다.

⑧ 도장

세그먼트의 외표면에 강제를 사용하는 경우는 방청도장을 하나 내면 및 외측면은 필요에 따라 도장한다.

⑨ 기호 표시

세그먼트는 필요한 기호표시를 내면의 보기 쉬운 곳에 소멸되지 않는 방법으로 명시한다.

⑩ 방수

방수 seal은 규정된 접착제를 사용하고 seal 홈을 철저히 청소하여 완벽하게 부착되도록 해야 하고, 세그먼트 사이에 토사나 이물질이 끼지 않도록 해야 한다.

⑪ 운반 및 저장

제품 취급, 운반 및 저장에 있어서 파괴 또는 오손 되지 않도록 주의해야 한다.

⑫ 점검, 시험 및 검사

가. 세그먼트는 제작 과정에 있어서 다음과 같은 검사를 행하고 합격한 것에는 검사 합격의 증명을 명기한다. 검사결과는 기록하여 보관하고, 또 불합격이 된 제품에 대해서는 필요한 조치를 취한 후 재검사를 실시하고 그 결과를 명기한다.

(가) 형상, 치수 및 외관 검사

형상, 치수 및 외관 검사는 전제품에 걸쳐 행하고, 세그먼트 치수 및 세그먼트의 치수 허용 오차는 규정에 따라 검사한다.

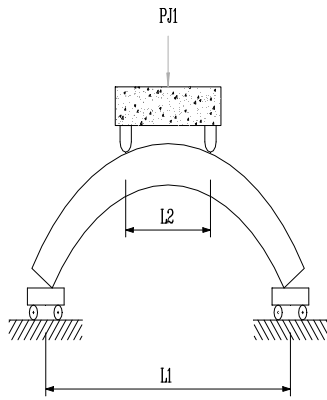
(나) 가조립 검사

가조립 검사는 표준링, 테이퍼 링 각 1링씩 수평한 평면 위에 2단으로 쌓고, 쌓아올린 높이, 볼트 피치 써클경 등에 대해서 세그먼트의 치수 허용 오차에 나타난 규정에 따라 검사한다.

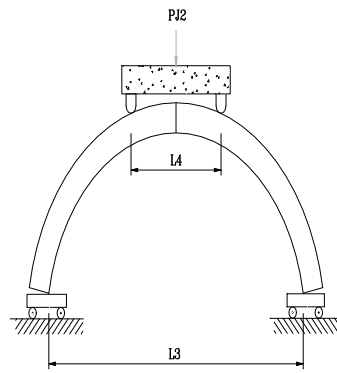
(다) 성능검사

성능검사는 단체휨시험, 이음휨시험, 추력시험, 매달금구인발 시험의 4종류에 대해서 행하고, 그 시험은 강도시험의 재하요령에 의해 실시하고, 각 시험결과는 세그먼트의 극한 내력에 규정하는 수치 이상이어야 한다.

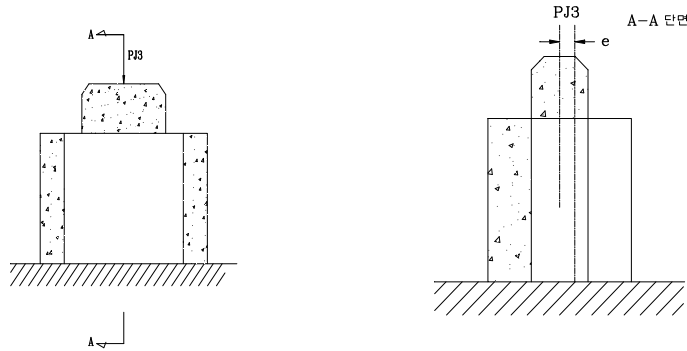
㉠ 단체 휨 시험



㉡ 이음부위 휨 시험



㉢ 추력 시험



㉣ 인발 시험



그림 3.4-3 세그먼트의 성능검사

나. 점검자는 제작 상태를 점검하고 품질관리 책임자(또는 대리인)는 발주자 시방서에 의거 필요한 검사 및 시험을 실시하여 시험성적서를 자재반입전 공사감독자(건설 사업관리자)에게 제출한다.

다. 제작부서에서는 제작작업이 시작되기 전에 필요한 양식을 제공하여야 하며, 사용 전 공장 품질관리 책임자의 검토를 받아야 한다.

3.4.3 세그먼트 품질확보계획

- (1) 쉘드 시공 시, 시공자가 생산업체로부터 구입하여 현장 반입하는 자재의 신뢰성확인에 관한 내부지침을 정하여 제품의 신뢰성을 사전 판단하여야 한다.
- (2) 추진방침은 시공자가 다음사항을 첨부하여 구매계약 전 공사감독자(건설사업관리자)의 승인을 받아야 한다.
 - ① 생산설비 확인
 - 가. 재료의 시험설비(시멘트, 골재, 철근, 콘크리트 등)
 - 나. 형틀 제작설비
 - 다. 레미콘 플랜트 설비
 - 라. 제품 생산설비
 - 마. 제품의 양생과정 및 야적을 위한 부지
 - ② 제품확인
 - 가. 강도의 적정성
 - 나. 치수의 정확성
 - 다. 외관의 미려성
 - 라. 접합의 용이성
 - 마. 접합부의 방수성
 - 바. 저항모멘트, 추력에 대한 허용내력, 매듭금구의 인발내력시험 등
 - 사. 1링 조립상태의 수직 처짐량 확인(진원의 정확도)
 - ③ 제품의 신뢰성 확인
 - 가. 국내 · 외 납품실적
 - 나. 완성된 공사의 하자여부
 - ④ 생산업체 신뢰성 확인
 - 가. 금융사고 발생 여부
 - 나. 계약 불이행 여부

3.5 방수공

3.5.1 적용범위

쉘드터널 구조물의 방수를 위하여 사용되는 세그먼트용 수팽창성 고무에 대하여 적용한다.

3.5.2 수팽창성 고무지수재

- (1) 수팽창 고무지수재는 충분한 강성을 가져 쉘드 책에 의한 추력이나 세그먼트의 변형에 따라 수밀성을 유지하여야 한다.
- (2) 세그먼트에 대하여 충분한 부착성이 있어야 한다.
- (3) 충분한 내후성, 내약품성, 내구성이 있어야 한다.

3.5.3 재질 및 특성

- (1) 제품의 완벽을 기하기 위해 정확하게 제작하여 형태, 치수의 변형이 없어야 한다.
제품은 전체가 동질로서 세그먼트 면 및 코너(corner)부 접착이 완전하도록 탄성력이 좋아야 한다.

3.5.4 형상 및 규격

- (1) 본 수팽창성 고무의 표준 형상 및 규격은 현장의 상황에 부합되며 설계도서의 규격에 따라 적용한다.
- (2) 제품은 롤(roll)로 포장되어 운반 및 검사에 편리해야 한다.

3.5.5 검사 및 시험

(1) 형상 및 시험

- ① 표준형상은 상기 4) 형상 및 규격에 따른다.
- ② 평면으로 펼쳐서 관찰하여 겉모양이 다른 상태로 되어 있어서는 안 된다.
 - 가. 크기의 기록이 있는 것
 - 나. 이물질이 붙어 있거나 붙어 있었던 흔적이 있는 것
 - 다. 찢어짐, 잘림 등 표피에 흠이 있는 것

(2) 시험

- ① 수팽창성 고무의 시험방법 및 시험값은 다음 “표 3.5-1”에 의한다.

표 3.5-1 수팽창성 고무의 시험방법 및 시험값

항 목		단 위	기 준 치
경 도 (HS)		55 ± 10	
인장시험	인장강도	MPa	2 이상
	신장율	%	350 이상
노화시험	인장강도변화율	%	± 10
	신장율 변화율	%	± 10
	경도 변화율	%	± 10
체적변화율		%	400 이상
팽창 후 정상		-	이상 없을 것

* 각 시험은 KS M 6518 (가황고무 물리시험방법)에 따른다.

3.5.6 기타

- (1) 검사시료는 납품된 물량 중 임의로 3% 범위 내에서 발췌하여 검사한다.
- (2) 제품납품 시마다 상품명, 제조년월일, 제조자명, 규격을 포장에 명시해야 한다.
- (3) 시험설비 미비로 인하여 시험이 불가능할 때는 납품 시마다 공인기관의 시험성과표를 제출해야 한다.
- (4) 제품납품 시마다 시공에 따른 시공법, 작업순서 및 주의사항에 관한 안내를 사용부서에 5부씩 제출해야 한다.

3.6. 에어 록(air lock) 가동시 안전수칙

3.6.1 고기압하의 작업시간 기준

고기압하에서의 작업시간 기준은 “표 3.6-1”에 따른다.

표 3.6-1 고기압하에서의 작업시간 기준

게이지압력 (MPa)	1회의 작업 시간	휴식 시간	감 압 시 간 (ba/sec)	비 고
0.13 이하	4시간 이내	30분 이상	압력의 1/2까지는 0.3의 비율로 감압하고 그 외는 다음의 비율로 한다. ※ 1.5이상 매분 0.15이하 ※ 1.4이하 매분 0.20이하	
0.18 이하	3시간 이내	1시간 이상		
0.23 이하	2시간 이내	2시간 이상		
0.26 이하	1시간 30분 이내	3시간 이상		

3.6.2 송기관리

(1) 송기조절

- ① 에어 록(air lock)의 심도, 지질, 공기의 누설, 작업상황을 파악하고, 송기량 및 송기 압력에 대하여 적절하게 배치한다. 그러나 송기조절원 자신의 독단에 의한 압력의 증감, 밸브개폐 등을 하지 않는다.
- ② 송기조절원은 에어록(air lock)내 작업자의 안전에 매우 중요하다. 에어록(air lock)내 의 가압, 감압의 동작 등을 점검하여 신중하게 밸브를 조작해야 한다.
- ③ 송기조절원은 자동 송기조절장치가 설치되어 있다 하더라도 이에 방심하지 말고, 본 장치는 조작 관리를 잘하기 위한 장치라는 것을 명심하여 전담 관리해야 한다.
- ④ 에어록(air lock)내에는 작업자 일인당 40 m²/h 이상의 신선한 공기의 송기가 필요로 하기 때문에 에어록(air lock)내 송기조절원은 에어록(air lock)내의 작업 인원수에 대 한 필요한 공기량을 송기해야 한다.

(2) 가압, 감압

- ① 일반적으로 가압의 속도는 매분 0.08 MPa 이내로 하고 있지만 속도가 너무 늦는 것 은 감압중 예방을 위하여 좋지 못하다. 가능하면 0.08 MPa 이내가 되도록 하는 것이 좋다. 실제작업에서는 0.03~0.05 MPa까지는 천천히 가압하고 이상이 없으면 매분 0.08 MPa 정도의 속도로 가압한다.
- ② 감압의 속도에 있어서도 가압의 경우와 마찬가지로, 다만 최종감압단계인 압력 0.03 MPa 상태에서는 폐의 파열, 기타 장애를 방지하기 위하여 천천히 감압을 하도록 한다.
- ③ 기압 실내에는 모포 등의 보온구나 장시간 작업 시 사용할 휴식기구를 설치하여야 한다.

(3) 공기압축기의 운전

압기공법에 있어서는 공기압축기는 사람에 비유하면 심장부에 해당하는 매우 중요한 기계로서 운전원은 운전 중에 자리를 이탈하거나 타업무를 겸할 수 없다.

3.6.3 고기압의 장애

기압이 높아지면 높아질수록 작업시간이 길면 길어질수록 그 발병율이 높아지며 또 작업자의 체질에 따라서도 크게 달리 하고 있다.

(1) 가압중 발생 장애

스퀴이즈, 산소중독, 산소결여, 질소중독, 탄산가스중독, 기타 유해가스중독

(2) 감압중 발생장애

- 역 스쿼이즈, 폐의 과팽창 및 파열, 감압증
- (3) 가압후 발생 장애 : 감압증, 난청
- (4) 기타
- 심리적 스트레스에 의한 신경질병

3.6.4 작업환경과 보호구

(1) 작업환경

- ① 기압실, 작업실의 기적 확보
 - 가. 기압실 : 1인당 기적 : 0.6 m^2 이상
 - 나. 작업실 : 1인당 기적 : 0.9 m^2 이상
- ② 적정온도 유지
- ③ 소음, 진동 발생시 보호구(귀마개) 착용
- ④ 유해가스와 산소결여공기 유입방지

(2) 보호구

- ① 고압 실내작업에 있어서는 1인당 $40\text{ m}^3/\text{hr}$ 이상의 신선한 공기를 보내어 공기중 산소 농도 18%이상을 유지하고 황산화수소는 10 ppm 이하 농도가 되도록 하여야 한다.
- ② 고압 실내 급·배기가 곤란한 경우, 공기호흡기, 산소호흡기 및 공기마스크 등 호흡용 보호구를 착용하여야 한다.

3.6.5 건강관리

(1) 건강 진단

- ① 압력의 작용으로 귀, 코, 호흡순환 등 많은 영향을 받으므로 작업 전 건강진단을 실시하여야 한다.
- ② 건강진단 검사항목
 - 가. 작업경력 검사
 - 나. 관절, 요부 및 하지 통증, 이명증 자각 혹은 타각증상의 유무
 - 다. 사지운동기능 검사
 - 라. 혈압측정
 - 마. 요혈당 및 요단백의 검사
 - 바. 흉부물리검사
 - 사. 기타 의사가 필요하다고 인정하는 검사

(2) 병자의 작업 금지

- ① 감압증 또는 타 고기압에 의한 장애 또는 그 후유증
- ② 폐결핵, 타 호흡기 결핵, 진폐, 폐기종 및 타 호흡기 질병
- ③ 빈혈증, 신장 관막증, 관상동맥 경화증, 고기압증, 기타 혈액 또는 순환기계의 질병
- ④ 정신 신경증, 알콜중독, 신경통, 기타 정신 신경계 질병
- ⑤ 관절염, 류마치스, 기타 운동기의 질병
- ⑥ 메니엘씨병, 중이염, 기타 귀의 질병

⑦ 비만증, 그 외 파세도씨, 알레르기성, 내분비계, 물질대사 또는 영양에 관련된 질병

(3) 구급처리

① 구급처치해야 할 사고의 종류

- 가. 대뇌의 외상
- 나. 폐의 파열
- 다. 감압증(충격 증상, 중추신경 장애, 기타)
- 라. 가스 중독 및 산소결핍

② 구급 처치 내용

- 가. 외상은 출혈에 대한 지혈
- 나. 골절에 대한 부목으로 고정
- 다. 파열과 감압증은 재압치료
- 라. 호흡기계 장애(호흡 정지, 심장 정지)에 있어서는 인공호흡, 심장 마사지를 실시
- 마. 가스중독, 산소 결핍으로 호흡이 정지된 때에는 인공호흡 실시

3.6.6 현장 안전관리 지침

(1) 작업전 안전조치사항

① 고압작업 일반건강진단 실시

고기압 환경에서 질병의 악화 위험 또는 고기압 장해를 유발할 수 있는 근로자는 작업을 금지하여야 한다.

② 작업전 특별안전교육

압기공법의 특징 및 준수 사항을 주지시켜야 한다.

③ 압기실내 출입자 현황판 설치한다.

④ 작업전, 작업후 산소 농도 측정한다.

산소농도 18% 이하 시, 작업을 중지하거나 호흡용 보호구를 지급하여야 한다.

⑤ 작업전 안전 점검 실시

- 가. 압력계의 이상유무 확인하여야 한다.
- 나. 공기압축기의 이상유무 확인하여야 한다.
- 다. 작업 실내압력 상태를 점검하여야 한다.
- 라. 기타 설비의 이상유무를 확립하여야 한다.

⑥ 송기관리 철저

가압, 감압 시간을 준수하여야 한다.

⑦ 작업시간 준수

⑧ 지정병원 선정 및 협조체계 구축

(2) 작업후 안전조치

① 고기압 장해 발생 시 또는 징후 발생 시 응급조치 후, 지정병원으로 후송한다.

② 작업 후 휴식시간을 준수하여야 한다.

(3) 긴급후송 지휘체계

긴급시를 대비하여 긴급 후송지휘 체계를 수립하여야 한다.

(지정병원, 후송차량대기 등)