



# 토목안전작업 절차서

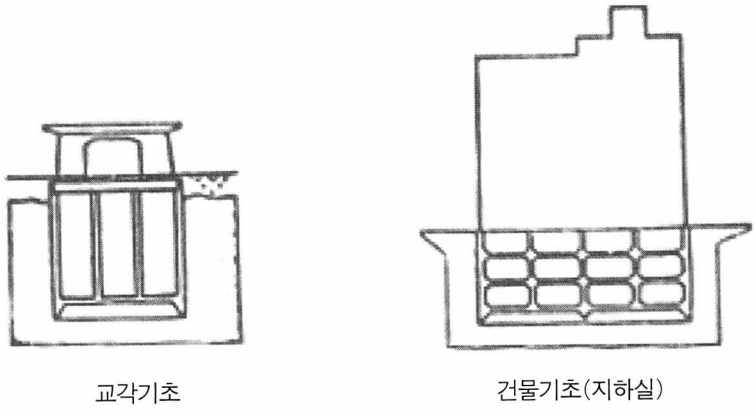
전 (주)삼호 안전관리부장 유 오 용

<b>제목 : 굴착공사 / 기초굴착공사</b>	CODE No. KISA - A01 - 003
	개정번호 : 0
<p>(10월호에 이어)</p> <p><b>7. WELL(井筒: 우물통) 및 CAISSON(潛函) 공법</b></p> <p>연약지반에서 지하수위가 높고 용수가 다량 발생하는 지반을 깊은 굴착공사를 할 경우 WELL이나 CAISSON 공법을 채용한다. 이 공법은 교각기초와 같이 평면적이 작고 깊이가 깊은 경우 WELL이나 CAISSON 자체가 기초 구조물이 되는 경우가 많다.</p> <p>건축물은 전체를 이 공법으로 축조하고, 지하철은 하천 횡단부나 연약지반을 통과할 경우 이 공법을 활용한다.</p> <p>WELL 공법은 가운데가 빈 원통형 콘크리트 구조물체를 아랫부분을 내부에서 굴착하여 침하시키면서 원통의 구조체를 침하의 진행에 따라 여러 단으로 나누어 축조한다. 침하는 하중을 재하 하중으로 할 경우 CHUTE를 부착하여 원통외벽의 마찰저항을 감소시켜 침하시키기도 한다.</p> <p>용수량이 적거나 원통내부의 배수가 가능하면 인력굴착으로 하고 용수가 많고 배수가 불가능할 경우 또는 배수로 인하여 주위 지반에 악영향을 미칠 우려가 있을 때는 수중굴착을 한다.</p> <div style="text-align: center;"> </div> <p>〈그림 7〉 WELL 공법</p>	



CAISSON은 압축공기잠함(PNEUMATIC CAISSON), 열린잠함(OPEN CAISSON)이 있다. 압축공기잠함은 작업실내에 압축공기를 보내어 용수와 토사의 유입을 고압의 공기로서 막으며 굴착을 진행하여 잠함 자신을 침하시킨다.

열린잠함은 압축공기를 사용하되 대기압하에서 굴착하는 방법으로 WELL이 대형일 때 채택한다. 아래 그림은 잠함공법의 실례이며 교각기초 및 건물기초(지하실)를 나타내고 있다.



<그림 8> 잠함공법의 실례

압축공기잠함은 주변 지반의 침하발생 가능성이 적고 수중 작업을 배제할 수 있어 확실한 시공으로 신뢰성이 높은 공법이다.

그러나 고기압 아래서 작업해야 하므로 시공관리에 세심한 주의가 요한다. 따라서 부수되는 설비가 많이 소요된다.

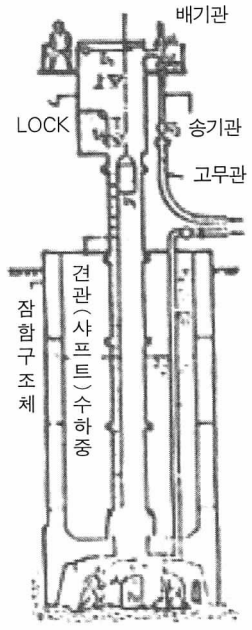
1) 잠함공사

이 공사는 일반적인 기초공사와는 다른 특유의 위험성을 가지고 있다. 특히 유해가스, 산소결핍, 고기압에 대한 제반 문제에 대해 고려해야 하므로 일반 지하굴착공사 보다 많은 주의를 하여야 한다.

(1) 잠함의 설계

잠함설계에 있어 검토해야 될 사항은 잠함의 지지력, 잠함의 안정, 잠함구체의 응력도, 시공중의 부력 등이다. 따라서 입지조건에 대하여 충분히 조사 및 시험을 통한 자료를 기초로 면밀히 설계되어야 한다.

설계시 안정상 특별히 고려해야 할 사항은 다음과 같다.



<그림 9> 잠함공사



### 연재 3

#### ① 작업실

잠함작업실은 바닥에서 천정까지 높이가 1.8m이상되어야 하며, 급격한 침하나 이상상태 발생시 작업실내 작업원의 대피행동이 가능해야 하고, 작업실의 공기면적은 작업원 1인당 4.0m<sup>2</sup>이상(고기압하에서는 9.0m<sup>2</sup>이상)으로 유지하여야 한다.

#### ② SHAFT 및 LOCK

일반적으로 작업실 평면적 100~150m<sup>2</sup>에 대해 SHAFT 및 LOCK는 1기씩 설치한다. 가능한 LOCK는 작업원용과 자재용을 분리하며 SHAFT도 각각 전용을 설치 한다. SHAFT의 수가 증가하면 긴급시 대피가 쉽다. 평면이 큰 잠함은 SHAFT 및 LOCK의 수의 증가는 쉽지만 소규모의 잠함일 경우 증설이 곤란하나 위의 취지를 참고하여 증가를 고려한다.

#### ③ 잠 함

잠함시공중 침하로 경사가 지거나 주변벽 마찰력의 변화, SHOE의 지지력의 변경 또는 예기치 못한 상태가 발생하면 잠함구체의 응력에 영향을 준다. 따라서 설계시 위험한 상태를 고려하여야 한다.

#### (2) 잠함공사의 부수설비

잠함공사에 사용하는 설비는 송기설비, 승강설비, 굴착설비, 구급설비, 시공관리 및 안전관리 설비로서 이는 잠함공사의 기본설비이므로 설계 및 설치에 안전을 기하여야 한다.

#### ① 송기설비

송기설비는 잠함규모, 지질조건, 함내 작업자수에 따라 설비용량을 결정한다. 공기압축기의 용량은 송기계용의 누설, 시공중 LOCK 개폐로 인한 SHOE로 빠져나가는 공기, 함내 작업자를 위한 환기 등에 충분한 여유를 고려하여 산출해야 한다. 공기압축기의 고장을 고려하여 예비용도 설치해야 한다. 굴착기계의 동력을 사용하는 압축기와는 별도로 고압용 공기압축기를 설치하여 공급한다.

공기압축기의 동력원이 전력일 경우 2개의 다른 송전에 의한 배전계통도 수전이 가능하도록 하고 자가발전기 사용도 고려하여 정전시에 대비한다. 송기설비에 사용되는 각종 기기, 밸브, 계기 등은 K.S품 또는 해당 각종 검사를 필한 제품을 사용해야 한다.

② 잠함작업실에 부착되는 SHAFT, LOCK, 송기관, 배기관 등은 잠함내 작업원의 생사에 중요한 설비이다.

가. SHAFT 및 LOCK는 그 구조, 형상, 단면, 재질에 대하여 충분한 검사를 실시해야 하며 결함이 있을 때는 절대로 사용해서는 안된다. LOCK, SHAFT 및 배관을 현장에서 전용하여 사용하는 경우가 많은데 이 때는 변형 및 마모상태를 유의해야 한다. SHAFT 연결 또는 파이프 접속에 사용하는 볼트, 와셔, 패킹은 잘 관리하여 소정의 강도를 가진 규격품을 사용한다. 침하가 진행하면 SHAFT가 늘어나면서 SHAFT의 상부에 있는 무거운 LOCK에 의하여 SHAFT에 큰 응력이 발생한다. 이를 막기 위해서는 SHAFT 및 LOCK 고정방법을 잘 검토해야 한다.

나. 잠함용 승강설비는 잠함 외부와 LOCK 사이 및 LOCK와 작업실 사이에 설치되며, 잠함 외



부와 LOCK 사이의 승강설비로는 LOCK에 부속된 사다리와 이와 접속하는 계단 및 통로를 설치한다. 주의할 점은 고기압하의 잠함내 작업자들은 육체적 및 정신적으로 피로도가 높으므로 통상의 통로나 승강설비에 대해 추락방지에 많은 배려를 하여야 한다. LOCK와 작업실 사이의 통로는 작업원 용과 자재용을 겸용하는 경우와 별도로 설치하는 경우가 있는바 겸용일 경우 깊이가 깊어지면 작업이나 작업원 승강에 지장을 주게되므로 가능한 분리 설치하며 나선형 사다리를 설치하는 등 작업원의 피로를 경감시켜 추락에 대해 충분한 예방조치를 해야 한다.

③ 연락설비

작업실 내부와 LOCK 내외부간의 연락 및 신호 등을 위하여 통화하는 연락설비가 설치되어야 한다. 연락설비는 전화 인터폰 등을 고려할 수 있으며, 연락방법이나 신호법은 동일하여 전작업원에게 주지시켜야 한다.

④ 굴착설비

잠함 내부에서 인력으로 굴착하는 경우가 많고 굴착기계 및 운반기계는 내연기관을 동력으로 사용한다. 전동식은 잠함내 습도가 높으므로 내습형으로 갖추도록 하여야 하며 메탄가스 등 가연성 가스의 발생이 예상되면 방폭구조로 하여야 한다.

굴착토사 반출용 버킷은 원통형으로 하고 크기는 SHAFT나 LOCK의 단면과 형상에 적합해야 한다.

버킷 인상용 WIRE ROPE는 강도 재질 등을 충분히 검토하여 사용하고 LOCK 내부에서 손상을 입기 쉬우므로 점검 폐기처리 등에 각별한 주의가 요한다.

⑤ 구급설비

고기압에서의 작업은 직업병인 감압증의 위험이 따른다. 이는 LOCK 출입시에 감압 증압 속도가 부적절하거나 고기압하에서 장시간 작업하게 되면 발생한다.

감압증의 치료는 그 증상 발생과 동시에 조기 재 고기압을 가하면 치료효과가 높다. 따라서 잠함 공사에서는 구급 재압실(再壓室)을 설치하여야 한다. 재압실 조작은 의사나 구급재압 전문요원에 의하여 실시되어야 한다.

기타 구급설비로는 산소호흡기, 호스마스크, 구급약품을 비치하여야 한다.

⑥ 시공관리 및 안전관리 설비

잠함공사는 점차 대형화되고 있어 잠함구조체의 형상 단면이 대형화 및 작업깊이도 깊어지고 있으며 입지조건이 나쁜 장소에서의 시공도 증가되고 있다. 따라서 시공관리와 안전관리는 잠함공사의 성패를 좌우하는 중요한 요소가 되므로 관리설비로는 과학적인 계기류를 많이 사용하므로써 신뢰도가 높은 관리를 할 수 있게 된다.

관리설비로는 작업실 감시용 텔레비전, 유해가스 검지 및 경보장치, 작업실 내압 기록장치, 송기량 기록장치 등이 있다.

(3) 잠함공사 시공상의 문제점

잠함공사는 고기압하에서 작업하게 되므로 먼저 작업원의 잠함병 감염증 발생 방지가 가장 중요



### 연재 3

하며, 그 다음은 작업공간이 협소하므로 지하에서 발생하는 각종 유해 가스나 산소결핍 등에 의한 중독 질식 등의 방지, 그리고 급격 침하 침수 등의 사고방지이다.

위 3가지 문제는 모두 감압 가압 환기 송기관리와 관계가 깊으며, 급격 침하 및 침수는 굴착 침하관리상의 문제이다. 따라서 작업책임자 안전관리자 안전담당자를 임명하여 산업안전보건법상 정해진 업무를 수행하도록 하면서 작업을 진행하며, 여기에 침하 관계도에 의한 굴착침하의 진행상황을 정확히 판단하여 확실한 침하 굴착관리를 하며, 송기관리는 굴착깊이 등 작업진척에 따라 적절한 가압 감압조치를 하되 그 속도는 0.8kg/분이하로 한다.

#### (4) 유해가스, 산소결핍

잠함공사도 지하공사이므로 굴착중 지하에 존재하는 각종 가스가 용출하여 작업원이 중독되거나 화재 폭발을 일으켜 중대한 위험이 초래되는 경우가 많다. 따라서 항시 작업실 및 작업장소에는 공기를 측정하여 각종 가스의 검출시험을 실시하며 유해가스 무산소 공기의 검출이 확인되면 즉시, 충분한 환기조치를 하여야 한다.

##### ① 유해가스 종류 및 중독현상

###### 가. 탄산가스(CO<sub>2</sub>)

흡중의 중탄산염과 산소의 화합 및 이토중의 세균대사로 발생하며, 중독증상은 4% : 두통 및 현기증 8% : 호흡곤란 10% : 의식불명 또는 사망한다.

###### 나. 메 탄(CH<sub>4</sub>)

흡중의 혐기성 세균의 대사 및 천연적으로 존재하는 것이 있으며, 중독증상은 뇌신경마비, 폭발의 하한계는 5.3%이다.

###### 다. 황화수소(H<sub>2</sub>S)

황화철 흡중의 세균대사작용(단백질 부패)으로 발생하며, 중독증상은 특유한 냄새(삶은 달걀의 냄새)가 나며, 0.1ppm에서 기침 구토 현기증이 발생하고, 500~700ppm에서 30분이 경과하면 사망한다.

###### 라. 일산화탄소(CO)

내연기관 발파에서 불완전 연소시 발생하며, 중독증상은 두통 현기증 구토, 의식불명 맥박증가 사망, 허용량은 100ppm(0.01%)이다.

###### 마. 초기(硝氣)

용접 및 발파시에 발생하며, 피부나 점막을 자극하고, 100ppm에서 30분 흡입하면 위험, 260ppm에서는 사망, 허용량은 5ppm이다.

##### ② 산소결핍

산소결핍이란 공기중 산소가 18%이하인 것을 말하며 유해가스에 있어 가장 위험한 것은 산소결핍현상이다.

이는 흡중에 존재하는 환원성의 철분이 공기중의 산소와 결합하여 공기가 무산소화 내지는 저산



소화된다. 그의 박테리아(세균)가 산소를 소비하여 메탄가스나 탄산가스로 되면서 산소가 결핍하게 된다. 산소결핍은 질식사 또는 전락이나 전도에 의한 2차적 재해를 유발한다.

잠함공사에서 산소결핍의 원인은 다음과 같다.

가. 잠함 작업실내의 압축공기가 모래층으로 누출되었다가 무산소화되어 잠함내로 다시 역류되는 경우

나. 압축공기가 유출되어 모래층을 통과하면서 무산소화되어 타굴착장으로 유입되는 경우

다. 잠함공사시 지중에 유출되었던 압축공기가 무산소화되면서 다른 새로운 굴착공사현장으로 용출되는 경우

산소농도의 저하시 인체에 미치는 영향은 다음과 같다.

산소농도	산소압(mm Hg)	증 상
16 ~ 12%	120 ~ 90	맥박 및 호흡수 증가, 두통, 정신집중 및 근육작업 곤란
14 ~ 9%	106 ~ 68	판단력 상실, 불안정한 정신상태, 취중상태, 체온상승
10 ~ 6%	76 ~ 45	의식불명, 중추신경 장애
10 ~ 6% 이하	45 이하	혼수, 호흡 느려짐, 호흡정지, 6 ~ 8분 후 심장정지

③ 유해가스 및 산소결핍에 대한 대책

가. 측정

가스의 검지, 산소농도의 측정

나. 환기

측정결과 유해가스, 산소결핍이 확인되면 충분한 환기를 실시한다. 환기량은 10m<sup>2</sup>/분이상, 작업원이 4명이하인 경우 50m<sup>2</sup>/분이상의 송기가 요망된다.