

10. 建設 重大災害 事例와 對策

資料提供：韓國土地開發公社

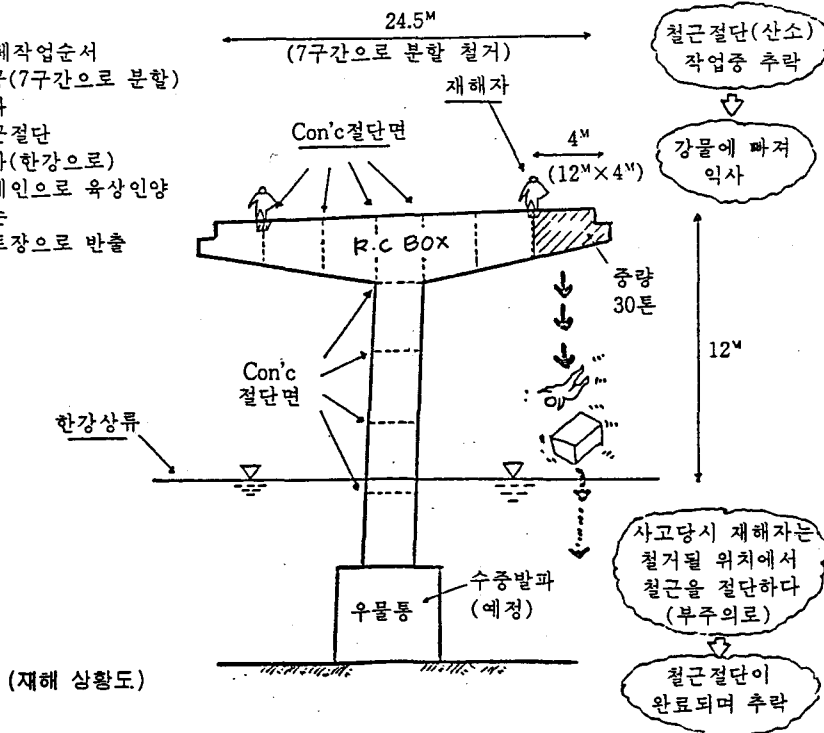
3. 구조물붕괴 재해

3-1 양평대교 보수공사중 비계공이 한강에 빠져 익사

1. 재해개요

'93. 11. 19. 11:50분경, 경기 양평군 소재, (주)○○이 시공하는 ○○대교 보수공사현장에서 비계공인 재해자(28세)가 교량 상부구조물을 철거하는 작업(산소 절단작업)중, CON'C덩어리와 함께 한강(수심 12M)으로 추락, 익사한 재해임.

- * 해체작업순서
- 1. 천공(7구간으로 분할)
- 2. 발파
- 3. 철근절단
- 4. 낙하(한강으로)
- 5. 크레인으로 육상인양
- 6. 파손
- 7. 사토장으로 반출



(재해 상황도)

2. 재해상황

- P2교각의 발파는 사고 3일전에 기 실시 되었고
- 사고당일 피해자(비계공)을 포함한 4인이 P2교각 RC BOX상부에서 작업에 착수
- 먼저 RC BOX 분할 끝단부 상면 CON'C를 BREAKER로 파쇄-철근을 노출시킨후
- 피해자는 산소-절단기를 사용 철근을 절단하고 동료작업자 3인은 다른편의 끝단부 상면 CON'C를 BREAKER로 파쇄 하던중
- 피해자의 철근절단이 완료될 즈음 끝단 콘크리트 덩어리(약 300TON 추정)가 R.C BOX본체로부터 분리, 강으로 떨어지면서 피해자도 강물로 추락

3. 재해원인

- 안전대 부착설비 미설치(안전대 미착용)
 - 당해 R.C BOX(발파-BREAK-철근절단에 따른)파쇄 작업은 분리축 콘크리트 자중과 철근콘크리트의 본체와의 결속력을 역학적으로 규정할 수 없어 분리시점을 예측하기 어려운 상황에서
 - 안전대 부착설비를 미설치 및 안전대를 착용하지 않은 불안전 자세(또는 위치)로 작업을 수행함.
 - 구명복 미착용 (안전규칙 제440조, 제441조)

4. 재해예방대책

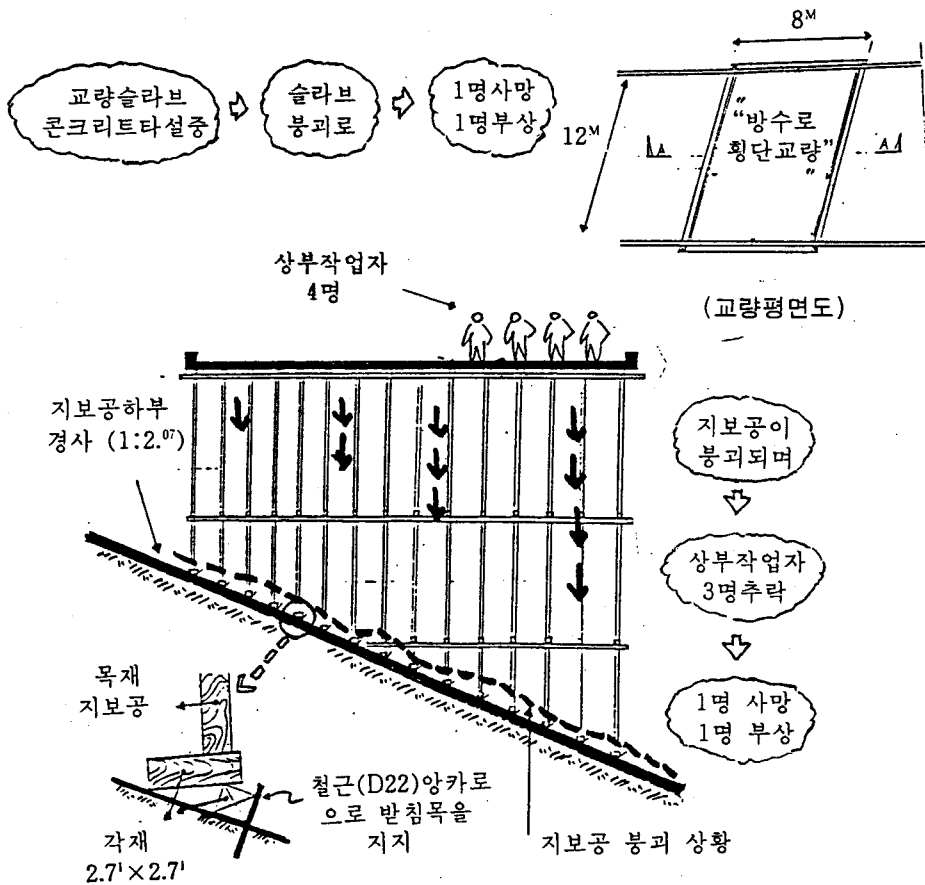
- 안전작업방법의 결정 수행
 - 발파에 의한 파손 방법은 그 역학적 평형-분리 시점을 규정할 수 없어 불안한 요소를 내포하고 있으므로 DIAMOND-WIRE SAW절단방법 등 보다 안전한 작업방법을 선정 작업 수행토록 함.
- 안전난간 설치 및 안전대 부착설비의 설치(안전대 착용)
 - R.C BOX(24.5M×10.8M)외곽에 안전난간을 설치하고, 난간지주 및 난간대를 이용한 안전대 부착설비를 설치토록 하며, 외곽부 작업시 안전대를 착용하고 작업하여야 함.

3-2

교량 SLAB CON'C 타설중 SLAB 붕괴로 추락 사망

1. 재해개요

'93. 10. 9. 15:30분경, 경북 경산군 소재, ○○건설(주) 송림지구 농업용수 개발공사현장에서, 저수지 방수로 횡단 SLAB CON'C타설중, SLAB붕괴로 SLAB상부에서 CON'C타설 작업중이던 작업원 3명이 추락하여 재해자(작업반장, 56세)는 사망하고, 현장소장(41세)은 경상을 당한 재해임.



(재해 상황도)

2. 재해상황

- 사고 당일 교량 좌우측에 CON'C믹서기 2대를 설치 CON'C를 배합한뒤 교량 SLAB에 해당하는 당일예상 CON'C타설물량 67M³중, 오전에 약 40M³를 교량 좌, 우측단에서 중앙으로 타설한뒤 오전 작업을 종료하고
- 점심식사를 한뒤 오후에 잔여분인 CON'C 약 27M³를 오전과 동일한 방법으로 타설하던중, 마무리 단계에서 기타설된 CON'C중량을 이기지 못한 지보공의 붕괴가 작업자들이 서있던 지점에서 급격히 진행되어 사고발생

3. 재해원인

- 거푸집 지보공 설치구조 불안전
 - SLAB의 높이가 4M~9M로서 목재(2.7×2.7×9자)로 교차 걸침목에 의한 3단지보공을 설치함으로 수평력 및 좌굴에 대한 안전성 미흡
 - SLAB의 CON'C타설하중에 대한 지보공의 사전 안전성 검토없이 경험에 의하여 설치
 - 목재를 지주로 사용할 경우 높이 2M 이내마다 수평연결재를 2개 방향으로 설치하고 수평연결재의 변위를 방지해야하나 조치 미흡
 - 깔목과 지주의 고정, 지주와 걸침목의 고정, 지주와 멍에와의 고정, 걸침목 교차부간의 고정, 걸침목간의 연결등 지보공 설치시 안전조치 미흡
- CON'C타설작업 안전조치 미흡
 - CON'C타설작업시 거푸집 지보공에 대한 이상유무 점검 및 급박한 위험발생시 작업중지 등의 조치를 취하고 근로자를 즉시 대피시켜야 하나 안전조치 미흡

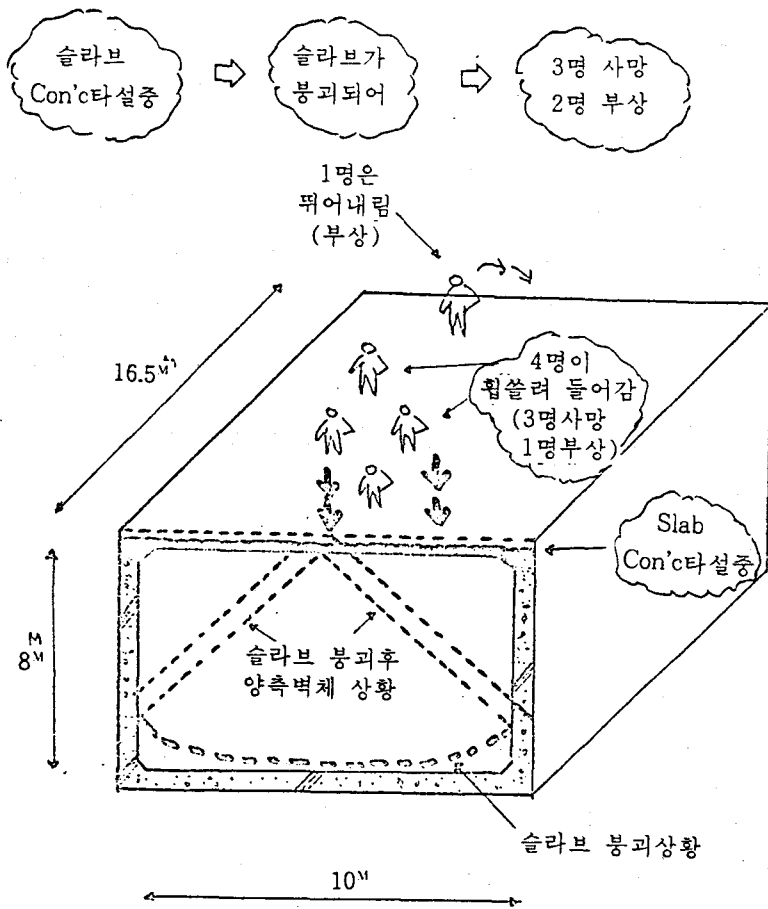
4. 재해예방대책

- 지보공 설치방법의 개선
 - 지보공 설치 하단부 지지방법을 수평되게 계단식으로 하여 자체 안전성이 높은 틀비계 지보공을 이용하거나 안전성을 검토한 특수지보공을 사용토록 함.
- 교량설치 공법의 변경
 - 거푸집 지보공을 경사로 설치하거나 지보 높이가 높은 경우 지보공 설치시는 교대등의 구조검토를 한뒤 스틸박스 공법이나 I 빔 등을 거치시킨뒤 SLAB를 설치하는 공법 적용등 근본적인 안전조치를 함이 바람직함.

3-3 도로구조물 BOX의 SLAB CON'C 타설중 붕괴로 3명 사망, 2명 부상

1. 재해개요

'93. 11. 4. 12:30경, 경남 함양군 소재 ○○토건(주) 지리산 ○○도로개수 현장에서, BOX구조물 (10M×8M, T=0.7M, L=16.5M)의 상부 SLAB CON'C타설중 SLAB가 붕괴되어 CON'C공 3명이 사망하고 2명이 부상한 재해임.



(재해 상황도)

2. 재해상황

- 사고 일주일전부터 PUMP CAR를 이용, CON'C타설을 해왔으며 사고전일에는 벽체타설을 완료하고, 상부 SLAB의 전면을 1/2두께(70cm중 35cm)정도 타설함.
- 사고당일 70M³를 타설하면 CON'C타설이 완료될 예정이었으며, 약 30M³정도를 타설중, SLAB의 중앙부분이 무너져 내려, 작업중이던 5명중 4명이 휩쓸려 들어가고 (3명 사망, 1명 부상)1명은 BOX바깥으로 뛰어내림
- 슬라브는 완전히 함몰되었고 양쪽 벽체 하부가 안쪽으로 부러져 벽체상부가 서로 맞대어진 삼각텐트 형상으로 붕괴됨.

3. 재해원인

- 거푸집지보공 구조 불안전
 - 높이 8M의 슬라브에 강관지보공을 2단으로 설치하면서 지주와 지주의 이음을 전용철물을 사용하지 않고 각재로 불안전하게 설치
 - 수평연결재를 상하단 1단씩 1방향으로만 설치
- 콘크리트 타설방법 불량
 - 슬라브 콘크리트를 1회 연속 타설이 곤란할 경우, 구획을 나누어 분할 타설해야 하나, 슬라브 두께를 1/2로 나누어 타설하다 사고발생
- 철근 조립방법 불량
 - D32철근과 같이 굵은 철근의 이음은 용접 또는 클램프로 접속해야 하나 접속선을 사용하여 사고발생

4. 재해예방대책

- 거푸집지보공 설치구조 개선
 - SLAB두께가 70CM인 구조로서 CON'C타설시 거푸집 및 지보공에 작용되는 연직하중이 과다하고, 또한 지보공 높이(8M)가 높아 PIPE SUPPORT 2단 구조로는 좌굴및 접합부의 결함 유발 등 불안정한 구조가 되므로, 튼비계를 3단으로 설치한후 그위에 PIPE SUPPORT 1본을 설치토록하며, PIPE SUPPORT는 허용하중이 최대인 V, SIZE를 사용토록 함.

- 수평연결재를 높이 2M이내마다 2개방향으로 전용철물을 사용 견고하게 체결토록 함.
- 콘크리트 타설방법 개선
 - 1회 연속타설이 곤란할 경우 반드시 구획으로 나누어 타설토록 함.
- 철근조립 방법 개선
 - D32철근과 같은 굵은 철근 이음은 반드시 용접 또는 클램프로 결속토록 함.

■ 거푸집지보공 설치구조 표준

* 콘크리트 타설하중 및 벽체 측압 산출기준

① 연직하중

$$W \geq 1.5r \cdot t \times 150 \text{kg/m}^2$$

$$\geq 1.5 \times 2.4 \text{t} \cdot \text{m}^2 \times 0.7 + 0.5 \text{t/m}^2$$

② 측압 (벽)

$$R \leq 2.12 \text{m/hr 일 때}; P = 0.8 + \frac{80R}{T+20} \leq 10 \text{t/m}^2$$

$$R < 2.12 \text{m/hr 일 때}; P = 0.8 + \frac{120+25R}{T+20} < 10 \text{t/m}^2$$

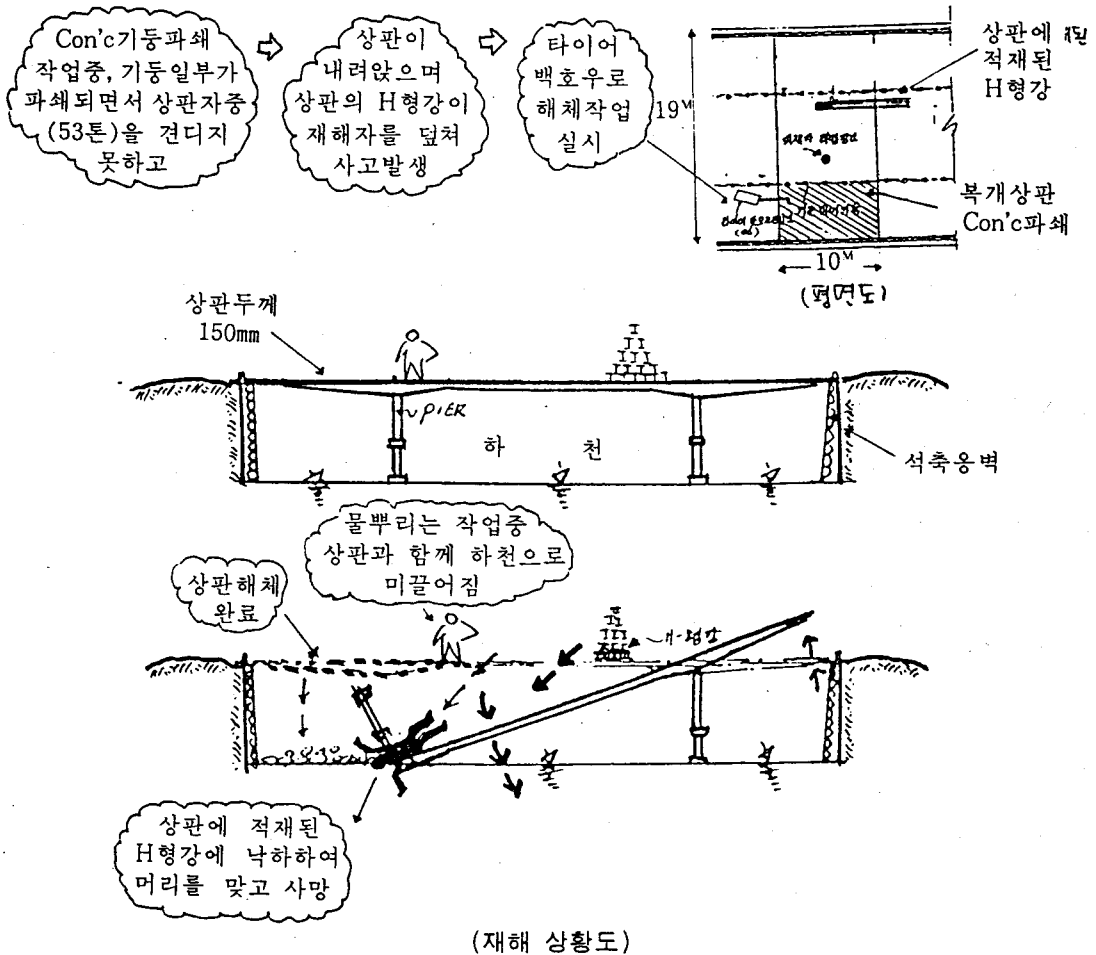
* 거푸집지보공 설치구조 표준

- ① 틀비계 3단 (1.8m × 3 = 5.4m) + pipe Support (2.6m, V₁)
- ② 틀비계 상부에 2개방향 각재 (3' × 3') 설치
- ③ 각재상단에 pipe Support V₁ (허용하중 1800) 설치
- ④ 합판 2.4t
- ⑤ 장선재 3' × 3' @ 350mm
- ⑥ 멩에재 3' × 3' @ 700mm
- ⑦ 틀비계와 pipe Support 긴결용 X-Type 가새 연결

3-4 복개도로 슬라브 콘크리트 파쇄작업중 H형강에 맞아 사망

1. 재해개요

'93. 12. 15. 11:30경, 부산시 중구 남포동 소재, ○○개발(주)가 시공하는 보수천 복개도로 확장공사 현장에서, 보통인부인 재해자(65세)가 기존 복개 상판 콘크리트상판 철거작업(백오후 파쇄)중, 먼지발생을 방지하기 위하여 물뿌리는 작업을 하다 상판이 기울어 내려앉는 순간, 재해자가 아래로 미끄러지면서 상판에 걸쳐있던 H-형강이 재해자의 머리를 강타하여 사망한 재해임.



2. 재해상황

- 기존 콘크리트 복개판 철거작업임.
- 당일 재해자는 콘크리트 파쇄작업으로 인한 먼지등을 방지하기 위해 물뿌리기 작업실시
- 11:00경 타이어 포크레인(06)을 이용 복개판 철거작업 완료 (복공판 10M×4.5M×0.15M)
- 11:00경 부터 복개판 하부 PIER(콘크리트 기둥)파쇄작업으로 인하여 상판의 자중에 견디지 못하고 한쪽으로 기울어짐.
- 상판에서 좌측 6.5M지점에서 물뿌리기 작업하던 재해자가 상판이 순간적으로 기울며 하천 아래로 미끄러짐.
- 상판에 걸쳐있던 가시설용 흙막이 지보공 H-형강(H-250×250×9/14)27본중 5본이 충격으로 기울어지면서 재해자의 머리를 강타하여 사망

3. 재해원인

- 작업방법 불량
 - 기존 복개 콘크리트 상판해체시 PIER지점까지 한쪽은 콘크리트 파쇄한후 PIER기둥을 파쇄작업함으로써 복개 콘크리트판이 캔틸레버 슬라브가 되어 자중을 견디지 못하고 기울어짐(4면 힌지로 되어 있었음)
- 작업자 불안정한 행동
 - 콘크리트 파쇄중인 복개상판에 올라서서 불안정하게 물뿌리는 작업중 사고 발생

4. 재해예방대책

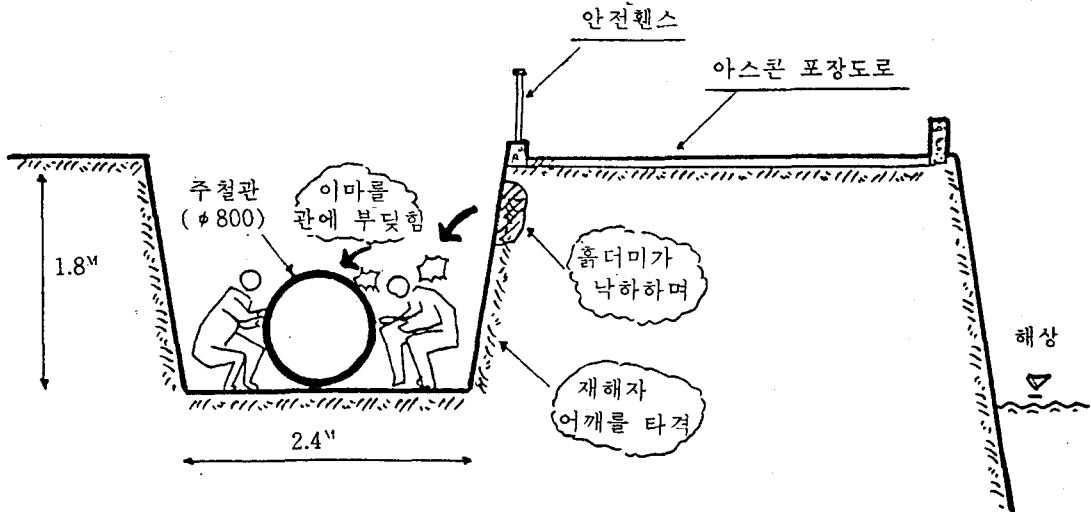
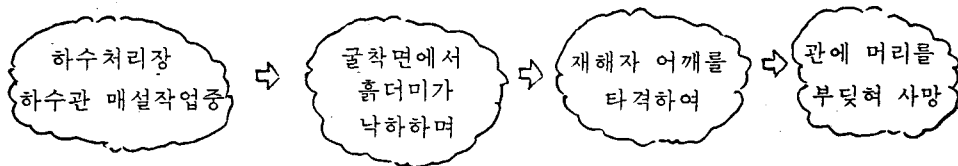
- 기존 복개 콘크리트 상판을 해체시는 PIER지점까지 1차 철거하고 반대 방향에서 2차 해체하는 등의 철거 순위를 결정하여 작업토록, 하도업체 책임자가 교육 및 작업감독을 철저히 하여야 함.
- 콘크리트 파쇄 작업시는 근로자의 접근을 방지하여야 하며 부득이 물뿌리기 작업으로 근로자를 배치시는 해체하는 상판이 아닌곳에서 작업토록함.

4. 토사붕괴 재해

4-1 관 매설공사중 무너진 토괴에 밀려 매설중인 관에 이마를 부딪혀 배관공이 사망

1. 재해개요

'93. 10. 15. 16:00경, 경남 창원시 소재, ○○종합건설(주) 하수처리장 공사현장에서, 하수관 (주철관 $\phi 800$)매설공사중, 배관공이 재해자(52세)가 굴착 사면에서 낙하한 소량의 토괴에 어깨를 맞고 그 충격에 밀려 관 모서리에 이마를 부딪혀 사망한 재해임.



(재해 상황도)

2. 재해상황

- 사고작업은 왕복 2차선 도로중 1차선. 하수 차집관(φ800, 주철관)매설공사로서
- 사고당일 오전부터 배관공 2인, 작업반장 1인의 작업팀으로 구성, 터파기 작업완료후, 재해자가 기 매설된 내부의 흙등 오물제거 작업중 사고발생
- 사고 하수관 매설작업은 조립식 간이 흙막이를 설치하고 관부설을 해왔으나, 사고구간에서는 도로끝에 기 매설된 통신관 및 수도관이 신설된 하수관과 병행되는 구간이어서 그간 설치하던 조립식 간이흙막이를 설치할 수 없는 상황이었음.
- 사고당시 사용한 조립식 간이흙막이는 좌, 우 양측의 파일에 버팀대가 SETTING된 TYPE이라 기존 통신관등에 버팀대가 걸려 사용할 수 없게 되자, 흙막이를 미설치 상태에서 작업중 사고 발생

3. 재해원인

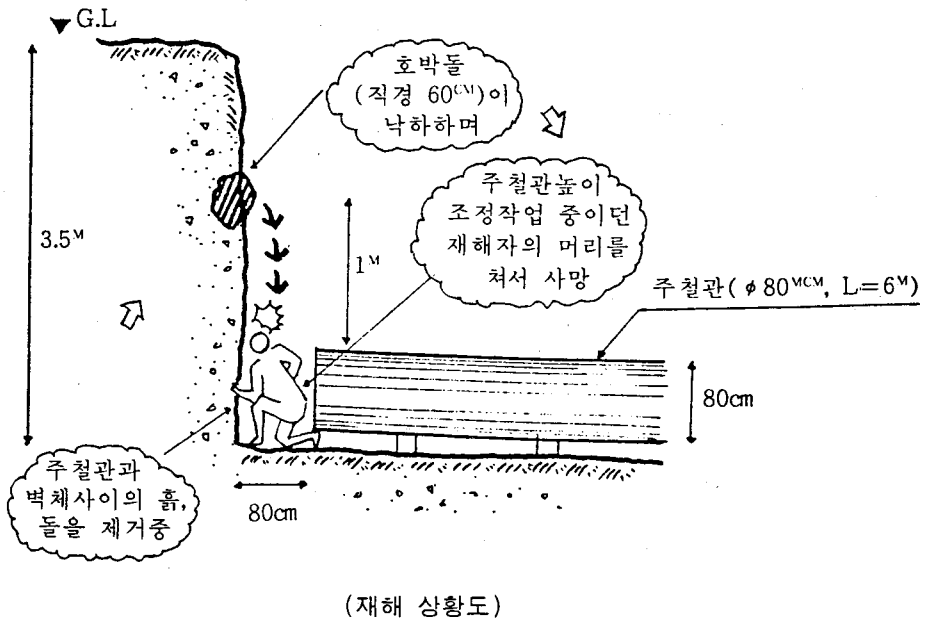
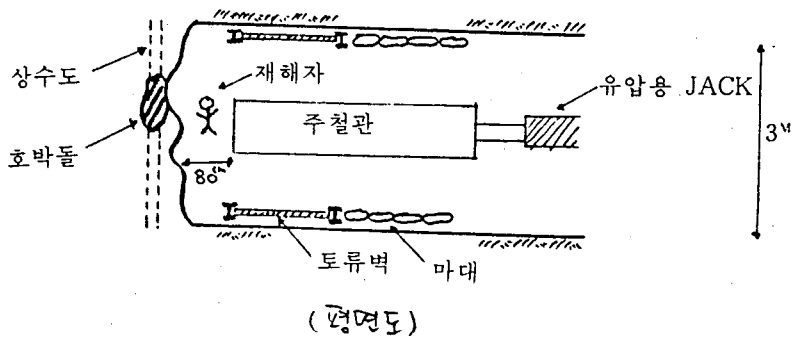
- 흙막이 지보공 미설치
 - 1개 차선의 유지를 위하여 굴착을 거의 수직으로 할 수 밖에 없었던 상황에서 흙막이 지보공을 미설치 상태로 작업 강행중 사고발생
- 재해자의 작업방법 불량
 - 사고당시 흙막이 지보공을 설치하지 않고 굴착 사면의 토석 낙하 가능성이 매우 높은 상황으로서, 중심부에서 작업을 해야했으나 굴착면 가까이에서 불안전하게 작업중 사고발생

4. 재해예방대책

- 현장여건에 맞는 가시설 대책수립
 - 현장답사 등을 통하여 작업여건 변화를 예측, 안전한 구조의 가시설(버팀대 흙막이, 자립식 흙막이 등)을 설치토록 함.
- 안전담당자의 작업지휘하에 불안전요인을 사전 제거토록 함.

1. 재해개요

'94. 1. 4. 08:00분경, 서울시 도봉구 우이동 소재, (주)○○종합건설 우이동 ○○아파트 주변 도시가스배관공사 현장에서, 재해자(압입공, 23세)가 주철관 매설작업중 굴착면 상단 1M높이의 호박돌(직경 60M)이 재해자의 머리에 낙하하여 사망한 재해임.



2. 재해상황

- 총연장 35M 주철관(6m×800mm)을 유압식 PIPE JACKING 압입공법으로 도시가스 배관공사를 하기위해,
- 발진지에서 주철관으로 압입하기 위한 사전준비로서 주철관 레벨(LEVEL)을 조절하기 위하여 재해자가 벽체와 PIPE사이의 흙과 돌을 제거하던중, 굴착면 상단 1m높이의 호박돌이 재해자의 머리에 낙하하여 인근 작업조장이 구조, 병원으로 후송하였으나 사망함.

3. 재해원인

- 토사붕괴 위험 방지조치 미실시
 - 지반의 붕괴 및 토석의 낙하 등에 의하여 근로자에게 위험을 미칠 우려가 있는 굴착작업 시에는 위험을 방지하기 위하여 안전한 경사로 굴착하거나, 흙막이지보공을 설치하는 등 토사붕괴 방지 등 조치를 하여야 하나, 미실시 상태에서 불안정하게 작업중 사고발생.

* 조사당일 현재도 2차 슬라이딩의 우려가 있어 감독관의 작업중지 명령발부

- 낙하위험 부석 미제거
- 개인보호구 미착용 (안전모)

4. 재해예방대책

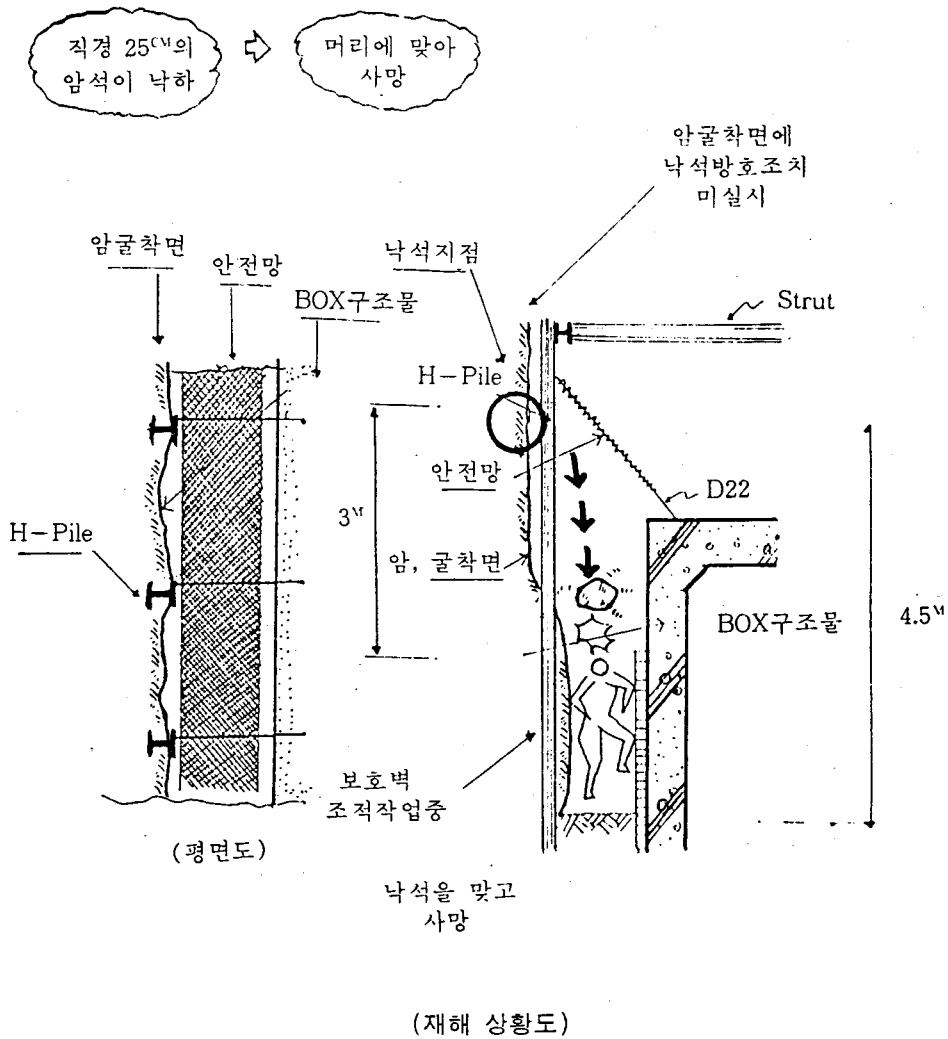
- 토사붕괴 예방조치 철저
 - 흙막이지보공 설치 (H-PILE, 토류판)
- 부석 정리담당자를 지정하여 낙하, 비래의 우려가 있는 토석 제거 철저
- 개인보호구 착용 철저 (안전모 및 안전화 착용)

4-3

지하철 BOX 구조물 외부방수 보호벽 조적작업중 낙석 사고

1. 재해개요

'93. 1. 8. 13:15분경, 서울시 강남구 수서동 수재, ○○산업개발(주) 분당선 전철 ○공구 현장에서, 조적공(52세)이 개착구간 BOX구조물 외부방수 보호벽 조적 작업중, 굴착면 상부(H=4.5M)에서 암석이 낙하, 머리를 맞고 후송치료중 1. 11일 사망한 재해임.



2. 재해상황

- 사고당시 재해자 포함 2명이 개착구간 BOX구조물 외벽 방수 보호를 위한 보호벽 조적 작업중,
- 오후 13:15경 사고지점 좌측 상부(H=4.5M)에서 직경 약 25cm의 부석이 떨어지면서 머리를 숙인상태로 작업중이던 재해자의 후두부를 강타한 재해임.

3. 재해원인

- 암굴착면 낙석 방호조치 (Shotcrete 시공등) 미흡
 - 연암 및 경암구간에 대한 낙석 방지용 Shotcrete시공이 설계상에 반영되어 있지 않아 경암부분이 굴착후 1년이상 경과되면서 암반절리 및 발파로 인한 균열부분에 풍화작용으로 부석이 발생되어 낙하함.
- 낙석 방호 안전망 설치 상태 미흡

4. 재해예방대책

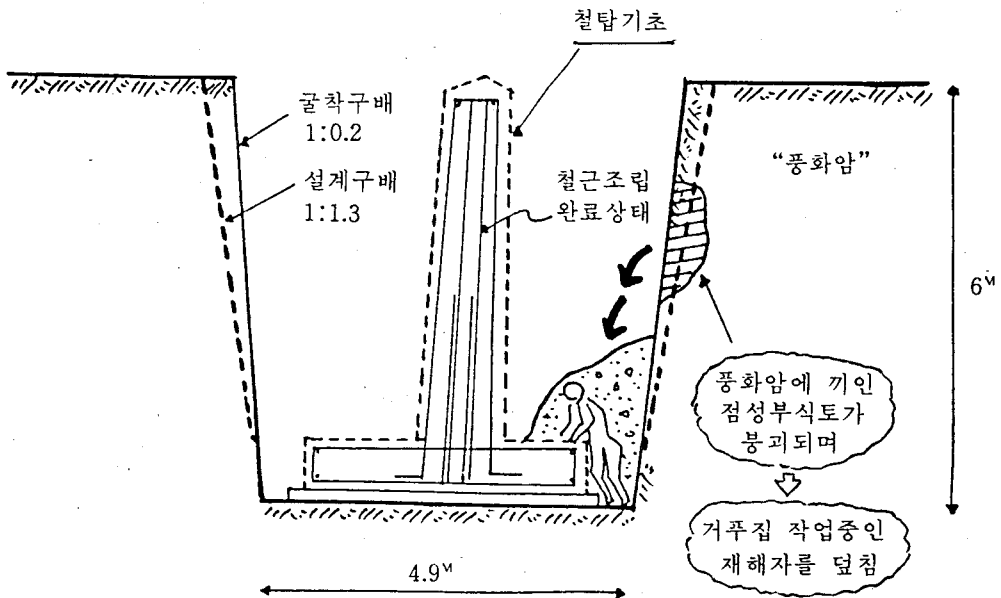
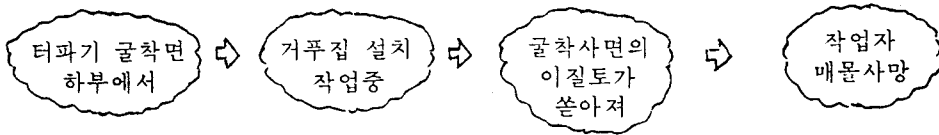
- 암굴착면 낙석 방호조치 철저(Shotcrete 시공등)
 - 연암 및 경암구간도 굴착후 암굴착면이 외부 공기중에 장기간 노출될 경우, 암반절리 및 발파로 인한 균열부분에 풍화작용으로 부석, 낙하 우려가 크므로 Shotcrete타설등 부석발생 및 낙하 방지조치에 철저를 기하도록 함.
- 낙석 방호 가능한 구조로 안전망 설치(틈새 없도록)
 - BOX 구조물 상부 STRUT를 이용하여 안전망을 설치, 구조물과 H-PILE사이에 철근을 끼워 고정시키는 방법으로 수직안전망을 설치토록 함.

4-4

전선철탑 기초공사중 터파기 사면의 토석붕괴로 작업반장 매몰 사망

1. 재해개요

'93. 10. 8. 17:30경, 경남 김해군 소재 ○○토건(주) 345KV 김해분기 T/L현장에서 철탑기초 거푸집 작업중, 터파기 사면의 토석이 붕괴 (약 2cm)되어 작업반장이 매몰 사망한 재해임.



(재해 상황도)

2. 재해상황

- 재해당일 피재자(작업반장)외 5명이 투입되어 전일 철근배근이 완료된 철탑기초의 거푸집 조립작업 실시
- 거푸집 조립작업을 거의 끝내고 마무리할 즈음, 사면 5M정도에 위치한 풍화암에 끼인 점성 부식토가 붕괴되며 작업반장이 매몰 사망

3. 재해원인

- 규정된 사면구배 미준수 (설계=풍화암 1:0.3, 시공 1:0.2)
- 터파기후 사면 부석정리 미실시

4. 재해예방대책

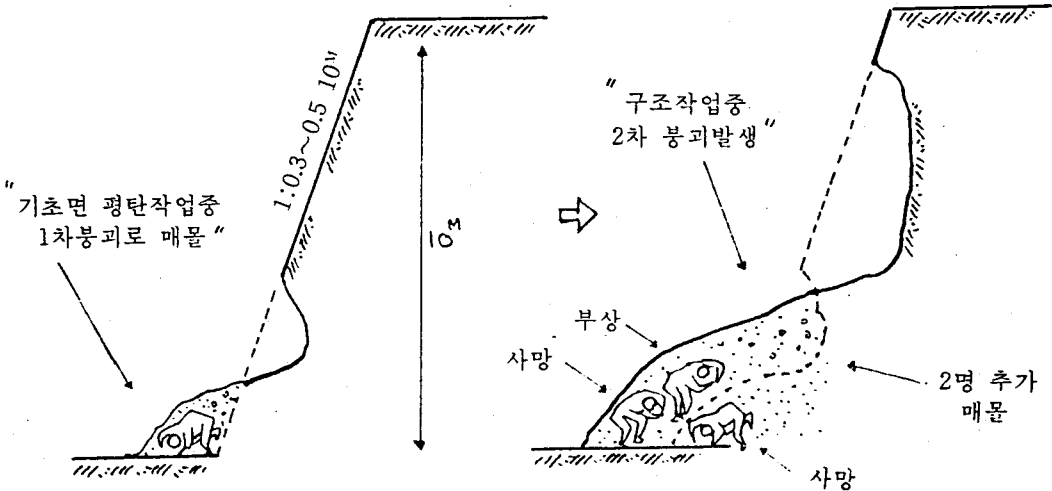
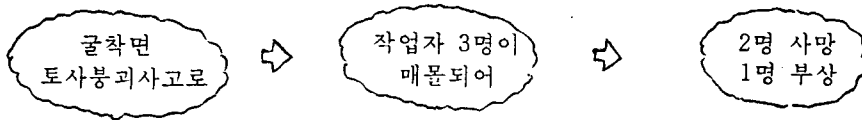
- 굴착사면 안전구배 준수 철저
- 터파기 작업층 및 터파기작업후 뜯돌, 이질토 등을 반드시 제거하도록 함.
- 터파기 굴착면 하부 작업시는 작업투입전 사면 선단, 사면의 균열, 이질토 등의 존재여부를 확인후 작업투입 및 감시원 배치

4-5

골프장 토사붕괴 매몰사고로 2명 사망 1명 부상

1. 재해개요

'94. 1. 20. 16:40경, ○○○개발(주)가 시공하는 충북 진천군 이월면 신계리 소재, ○○ C.C하우스 신축공사 현장 캐디숙소 기초 평탄작업장에서, 1차 토사붕괴로 보통인부(67세)가 매몰 사망하고, 구조과정에서 2차 토사붕괴가 발생. 1명이 사망(직원, 37세), 1명이 부상(목공, 41세)당한 재해임.



(재해 상황도)

2. 재해상황

- 사고당시 주차장을 사이에 두고 C.C하우스 맞은 편에 있는 캐디숙소건물 기초면 일부에 기초면 버림 CON'C를 치기위한 면정리를 위하여 4명의 근로자가 작업중이었음.
- 근로자중 2명은 굴착면에서 6~7m떨어진 지점에서 면정리를 하고 2명은 굴착면 하단일부에 쌓여진 토사 제거를 위하여 손수레와 삽으로 작업을 실시하는 과정에서 삽을 든 보통인부 위로 굴착면의 토사가 붕괴
- 수분의 시간 경과후 매몰된 재해자를 구조하기 위해 매몰된 토사를 제거하는 과정에서 1차 붕괴면 상부의 토사가 재차 붕괴되어 구조작업중인 근로자 3명이 매몰, 1명이 사망하고 1명이 부상함.

3. 재해원인

- 굴착구배 부적합 (안전규칙 제452조)
 - 굴착지역은 토사(성토지역으로 추정)임에도 불구하고 굴착면의 구배가 불충분한 상태에서 작업중 사고발생(구배 1:0.3~1:0.5)
- 작업관리 부적절
 - 굴착지 주변 작업시 작업장소의 점검 및 작업감시 미실시

4. 재해예방대책

- 적정 굴착구배 확보
 - 지반 굴착시 붕괴의 위험이 없도록 적정구배를 확보하여야 하며 특히 미 다짐 성토지역의 경우 흙의 안식각을 고려하여 충분한 구배를 확보토록 함.
- 안전점검 및 작업감시 철저
 - 굴착면 하부작업시 굴착면 토사의 이완(토사흐름)등의 상태를 철저히 점검하여 사전대책을 강구하고 작업중 작업지휘자로 하여금 작업상황과 굴착면의 상태를 감시토록 함.