광화문 지하보도 연결통로 매사쉴드 공법 시공사례

(서울지하철 5호선 5-23공구 광화문 정거장과 기존광화문 지하보도 연결통로)

강형우, 서성태 / 서울地下鐵建設本部 建設 2部

1. 머리말

본 연결통로 건설공사는 서울市에서 推進하는 地下鐵建設事業 제2기 1단계의 地下鐵 5호선 52km 구간 중 도심구간 光化門 정거장과 기존 光化門 지하보도간 연결통로를 건설하는 공사로 서울의 중심가로이며 東西와 南北으로 이어지는 交通量이 가장 많은 世宗路의 光化門 로타리 이순신장군 동상 옆을 토피 4m의 얕은 지하로 掘進施工한 매사쉴드(messer shield) 공법의 성공事例를 소개하고자 한다.

2. 工事概要

○ 연　　장 : 터널 68M(Messer shield)
　　개착 34M(발진기지 포함)
○ 토　　피 : 평균 4M
○ 굴착단면 : 9.8M×6.0M(구조물 단면 9.4M×5.6M)
○ 굴진방법 : Messer Shield

3. 地質現況

○ 지 질 대 : 토사구간
○ 지하수위 : GL-10.5M

4. 工事施工

가. 施工의 安定性과 確實性 檢討

여하한 굴착공법을 선택해서도 공사의 안정성과 막장의 안정 및 천단의 붕락방지이지만 본 구간에서는 서울의 상징가로인 世宗路 구간에서 道路占用으로 인한 交通滯症없이 원활한 交通處理를 하며 工事를 施行하기 위하여 이 工法을 檢討하였다. 특히 이 구간은 政府綜合廳舍, 서울特別市警察廳, 韓國通信公事, 교보빌딩 등 주요 고층建物 및 外國大使館이 밀집되어 있는 곳으로 安全施工이 더더욱 强調되는 곳이다.

나. 施工方法選定

世宗路 구간 차량을 통행시키며 安全하게 굴착하는 것이 目的이기 때문에 지반침하를 최소화하기 위하여 段階別 분할굴착(8등분, 지하수 유출 등 지질상태가 안 좋은 곳은 다시 세분화

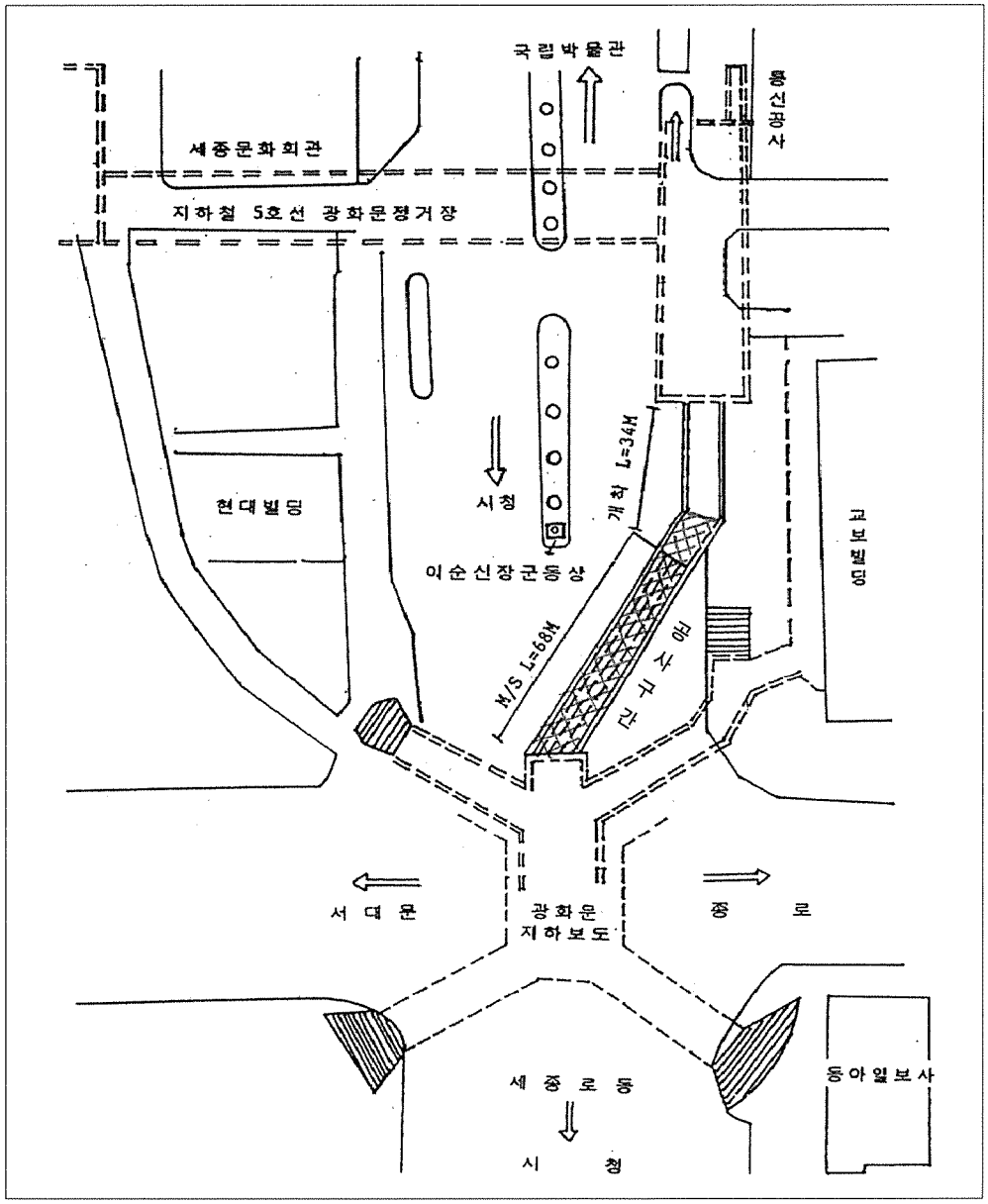


그림 1. 평면도

굴착)을 하며 1막장 길이를 80cm로 하여 完全 두더지식 工法을 選定하였다.

다. 施工順序

施工은 크게 굴착작업과 콘크리트構造物 施工 作業의 2가지로 區分할 수 있다. 굴착작업과 構造物 施工 作業은 단면형태 및 주변상황에 따라 병행되어 施工되기도 한다. 우선 굴착작업이 진

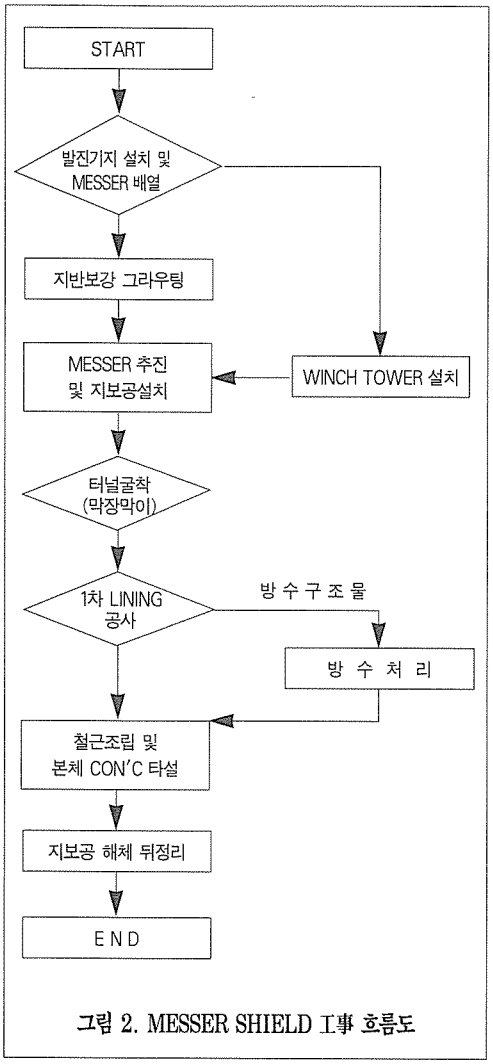


그림 2. MESSER SHIELD 工事 흐름도

행되기 전 발진기지를 設置할 充分한 空間이 있어야 한다. 施工흐름도를 FLOW CHART로 표기하면 그림 2와 같다.

라. MESSER 工法, 特徵, 適用範圍

1) MESSER SHIELD 工法

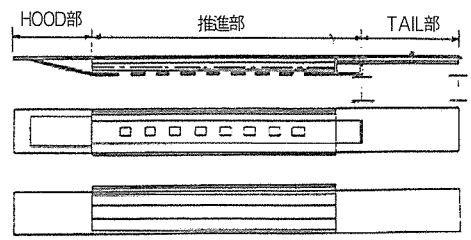
施工에 앞서 우선 MESSER SHIELD 工法 및 特徵에 대하여 說明하고자 한다. MESSER란 MESS, 즉 KNIFE를 뜻한다. 터널막장을 굴착할 때 터널형상에 따라 강지보재 위에 MESSER PLATE를 병렬 배열한 후 PLATE 한매씩 유압 JACK로 관입시키면서 막장을 굴착하고 그 후방에서는 MESSER PLATE 진행에 따라 토류판을 굴착면에 받쳐가는 工法이다. 특히 막장굴착과 토류판 및 지보재 設置 등을 MESSER PLATE라는 복공 철갑내에서 連續的으로 安全하게 施工한다는 점에서 SHIELD 공법과 산악터널工法의 조합공법이라 할 수 있다.

2) MESSER SHIELD 工法의 特徵

○ 斷面 性能을 大幅增强시킨 MESSER PLATE를 使用함으로써 安全性이 뛰어나다. 막장이 MESSER PLATE와 鋼構造로 支待되어 있으므로 作業員은 이것의 保護下에서 安全하게 作業할 수 있다.

○ 線形에 따라 正確히 掘進되며 各種 터널 斷面에 適用할 수 있다. STABILIZER 使用으

〔構 造〕



〔諸 元〕 MESSER PLATE 標準規格表

支保工間隔	全 長	有效幅	두 께
800	3,550	260	110.6
700	3,550	260	110.6
600	2,750	260	110.6

上記의 數値는 標準値이며 使用條件에 따라 그 最適値를 정한다.

로 直·曲線에 따라 MESSER PLATE 推進을 調整할 수 있으며, 小斷面에서 大斷面에 걸쳐 任意의 斷面크기에 適用이 可能하다.

○ 迅速工法이다.

MESSER 推進은 油壓推進機를 使用함에 따라, 從來의 掘進보다 迅速한 作業을 할 수 있다.

○ 굴착면의 沈下를 最小로 한다.

掘進後의 土留板과 굴착면과의 空隙이 없으므로 沈下量이 最小가 되어 都市터널 工事에 特히 適合한 工法이다.

○ 터널掘進에 必要한 裝備 및 設置가 比較的 간단하다.

油壓 UNIT와 JACK 등 小型裝備만으로 施工이 可能하다. 따라서 振動騷音 등에 依한 公害가 全然 없다.

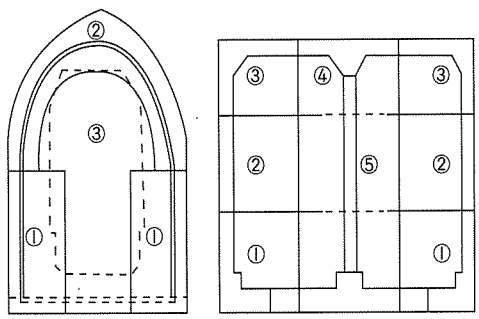
○ 取扱이 比較的 容易하다.

從來의 터널工法에 比해 熟練工이 아니라도 數日間의 指導로 施工이 可能하다.

3) MESSER SHIELD 工法 適用範圍

〔土質〕

N=60 以下 粘土, Silt 또는 砂質土 等의 土砂層 Tunnel 굴착에 가장 適合하며 山岳 Tunnel의 坑과 附近의 崖錐(Tarus), 崩壞性이



있는 風化岳 等의 推進에도 그 效果를 發揮하고 있다. Messer plate를 推進하는 油壓 Jack의 容量은 10t으로서 一般 土砂層에서 本 Jack으로 Messer plate를 押入할 때 必要한 作用容量으로서 充分한 餘裕를 가지고 있으므로 모든 土質에서 同一한 速度로 推進할 수 있다.

〔線形〕

ARCH 斷面이나 平面曲線 區間에서의 適用은 Messer plate의 길이, 接合 部位의 構造上의 考慮와 Stabllizer 및 wedge의 裝置를 活用함으로써 R = 50m까지의 曲線 또는 都心地에서의 交叉되는 Tunnel 工事도 施工이 可能하고, 國內에서 斷面크기가 높이 3.2M 底面幅 3.0M의 馬蹄形 터널을 R = 50m로 施工한 實績이 있다.

〔斷面形〕

斷面의 형태나 크기에 관계없이 모두 施工 可能하다. Box型의 直線形 터널이나 馬蹄形의 曲線터널은 Messer plate의 接合 部位만을 變形시킴으로써 모두 推進이 可能하게 된다.

예를 들어, 馬蹄形 Tunnel에서는 Side Lot 工法으로 添付된 番號 順序대로 掘進하고, 또 斷面이 큰 Box型에서도 圖面에서의 號順대로 分割 굴착하여 安全한 施工이 可能하다.

〔應用〕

가. 立坑 굴착의 無騷音·無振動으로 工事

나. 大型 基礎 굴착

다. 管埋設 工事

라. 其他 無騷音, 無振動 굴착工事

마. 施工

1) 발진기지建設

발진기지는 굴진하려고 하는 方向으로 Messer를 油壓式 Jack로 관입시키고, 굴착 단

면주변선 그라우팅, 토공굴착반출, 토류판설치, 몰탈채움콘크리트타설 등의 공중을 推進하기 위한 장소로 적정한 空間이 필요하며, 특히 都心地 區間에서는 발진기지 建設을 위해 개착工法으로 선 施工하여야 한다.

2) 그라우팅

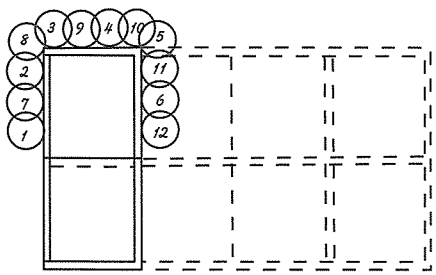
굴착하고자 하는 지반을 고결화하여 安全하게 施工하기 위하여 SGR 그라우팅을 實施하였다.

가) 천공 ┌ 첫회 7.5M 천공 (발진기지에서 작업)
└ 2회 이후 4.35M 천공 (갱내작업)

천공방법은 처음 1.5MROD(φ42mm)를 상향 10° 정도로 하여 약 75cm 천공 삽입한 후 다시 ROD를 연결하여 천장을 천공삽입한다. 이런 작업을 반복하여 조정의 위치까지 ROD를 관입하게 된다.

나) 注入

천공이 完了되면 아래 그림처럼 천공 HOLE한칸씩 건너 순번대로 注入한다. 順次的으로 注入하면 옆구멍으로 주입액이 유출될 우려가 있고 Hole이 유실될 우려도 있어 그림과 같이 作業을 實施하여 공벽을 維持하면서 전막장에 고르게 주입액이 유입되도록 한다. 주입시에는 이중관 안으로 S.G.R 약액 7호, 8호를 교대로 注入하면서 이중관을 서서히 후진



(0.5m/step)시키고, 주입시 압력게이지를 유심히 觀察하여 약액이 完全히 주입되도록 함은 물론 壓力이 증액되어 타지하시설물로의 流入 또는 노면융기현상이 發生되지 않도록 세심한 注意를 요한다.

다) 施工順序

- 40mm 이중관 롯드의 내관으로 천공수를 보내어 천공한다.
- 천공 完了後 외관에 압력수를 보내며 1step을 후진시키면 ROCKET이 돌출하며 유도공간이 형성
- 이중관 롯드의 내관으로 A액, 외관으로 B액을 합액 롯드의 최하단부에서 A, B액이 만나서 GEL화 됨
- 1step의 주입은 SHORT GEL TIME(6~12초), MIDDLE GEL TIME(50~90초)의 복합주입을 2회 반복 실시한다.
- 1step(50cm)의 注入이 完了되면 다음 step으로 롯드를 후진하여 위와 같은 方法으로 注入한다.
- S.G.R의 표준 토출량은 8~16L/Min이며 注入 壓力은 통산 5kg/㎠ 以內에서 實施한다.
- GROUT는 대상지반, 목적에 따라 표준형, 고강도형, 초고강도형을 산정한다. 점성토의 개량 등 현탁형이 필요할 때는 "현탁 SHORT"와 "용액 MIDDLE"을 복합 使用한다.

3) 굴착 및 지보공설치, 1차라이닝

MESSER 굴착공사는 施工해야 할 區間에 일정한 가격(80cm)으로 1)가설지보공을 설치한 후, 굴착단면에 따라 2)MESSER PLATE를 막장속으로 推進과 同時 그 안쪽의 3)토사부분을 굴착한다. 이 때 MESSER PLATE를 推進

방수세부시공순서

※ 강재 연결부 보강방수(T=7.0mm)-선시공

1 차 몰 탈 타 설 (1차 방수)
↓ ← 몰탈타설시 분말방수재 혼합 (1포/㎡)-선시공
CON'C면 정리 (상부, 벽체, 상부코너)
↓
하부바닥고르기몰탈 (T = 10mm)
↓
1 차 방 수 (SHEET 방수)
↓ ← 란델못으로 1차 방수재 고정 후 란델못부위 덧붙임시공
2 차 방 수 (SHEET 방수)
↓
강 재 연 결 부 방 수 (수팽창 지수재) ← 벤토시트 팽창성지수재 설치
↓
보 호 몰 탈 (바닥, 벽체, 상부) (상부 → 이스타보드)
← 방수취약개소(누수지점) 주입
벤토나이트 주입호스배열

하면서 4)PLATE TAIL부에 토류판 및 쐐기목을 挿入하여 토압이 均等하게 강재에 傳達되도록 하며 굴착면에 밀착시켜 흙의 이완을 防止한다.

또한 굴착이 完了되면서 즉시 버팀목으로 5) 막장막이에 굴착면을 보호한 후 6)가설지보공을 조립 BOLT 및 TIE ROD를 締結한다.

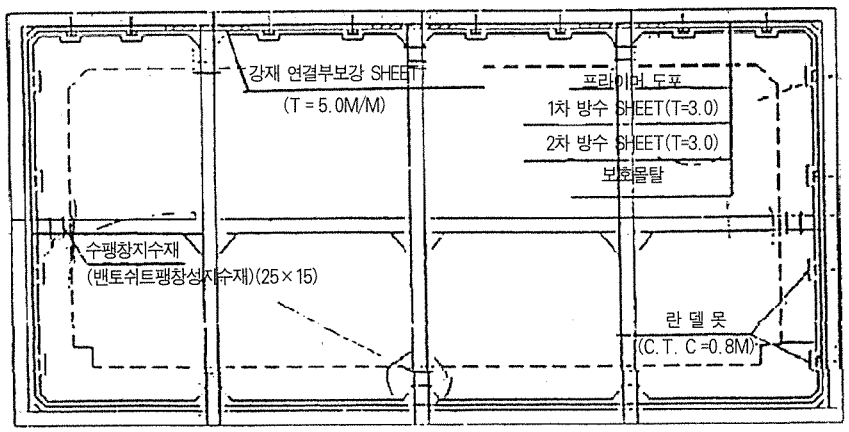
(가설 지보공 設置시 바닥 강재사이에 인력 CON'C를 타설한다) 위와 같은 方法으로 계속 반복 作業하며 作業順序를 整理하면 다음과 같다.

가) 굴착

MESSER 굴착工事에서는 여하한 상황이라도 MESSER를 선 관입 후 막장막이 準備를 完了한 후 施行하여야 한다. 일부 공사현장에서 管理者의 管理疏忽로 선 굴착 후 MESSER를 貫入하는 경우가 있어 지반침하는 물론 安全事故의 우려마저 갖게 하는 傾向이 있는데 絶對的으로 遵守하여야 할 事項이다.

또한 굴착에 앞서 지보재, 토류판, 유압 JACK, 토공반출 裝備確認 및 막장상태에 따라 쇼크리트 타설준비 등의 全般的인 準備狀態를 点檢한 후 굴착작업에 임하여야 한다.

굴착작업시 STABILIZER(칼날선형고정장치)에 의해 선형을 維持하여야 한다. 또한 굴착



작업전에 그라우팅군이 제대로 形成되었는지 與否를 確認하기 위하여 확인분무기를 굴착 전면에 분사하여 赤色反應을 일으키는 정도를 확인한 후 굴착을 進行하여야 한다.

나) 지보공설치

NATM 터널에서 지보공 設置와 마찬가지로 MESSER SHIELD 工法에서도 지보공設置는 主要공종의 하나이다. 지보공제작, 브라켓 및 연결부 천공상태, 막장까지의 運搬, 迅速한 볼트체결 등의 準備가 必要하다.

다) 1차 라이닝(몰탈채움)

굴착 및 지보공 設置가 完了되면 바닥은 資材 및 굴착토사운반이 容易하도록 곧바로 콘크리트(인력, 1: 3 : 6)를 타설하고, 바닥라이닝이 完了되면 측벽, 상부분으로 거푸집 설치시 거푸집에 50mm HOLE을 形成하여 NIPPLE을 삽입한 후 시멘트 몰탈을 注入施工한다.

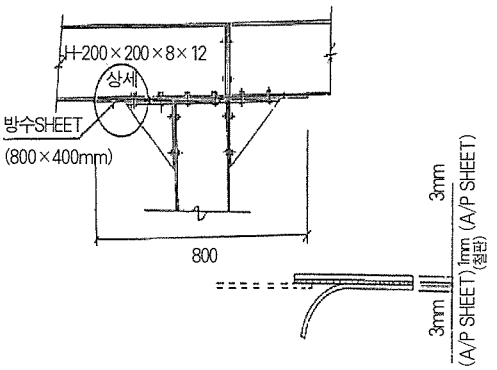
4) 防水

MESSER 工法에서 방수공층은 作業하기가 까다로워서 세심한 형성과 注意를 요한다. 굴진작업시 수평 및 수직지보(H-200×200)를 繼續해서 設置하여 進行하므로 개착구간이나 터널구간의 방수작업(방수재접착방식)보다 시공성이 저하되고, 자재손실이 많으며, 이에 다른 방수취약개소가 발생한다. 이러한 시공상의 어려움이 있어 一部現場에서는 구체방수방법(구체 콘크리트 타설시 방수액을 혼합하여 타설)을 시행하기도 하나 구체방수방법은 완전방수의 效果를 기대하기 어려운 점이 있다.

당 現場에서는 위와 같은 事項을 고려하여 쉬트방수공법을 채택하였으며 보완책으로 벤토나이트 주입공법을 병행시공하였다.

취약지점을 포함한 세부시공순서는 앞 Page의 그림 〈방수세부시공순서〉와 같다.

① 강재 연결부 보강 방수 - 선시공

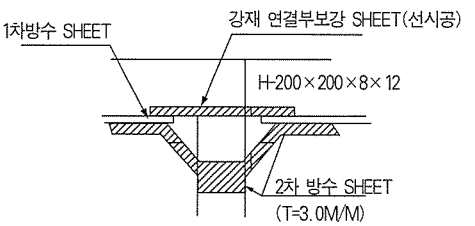


② 프라이머 도포

③ 1차 방수 SHEET 부착

④ 란델못으로 고정 후 란델못 부위 덧붙임(50×50mm) 시공, 상부 8개(C.T.C = 0.8M), 벽체 8개(C.T.C = 0.8M)

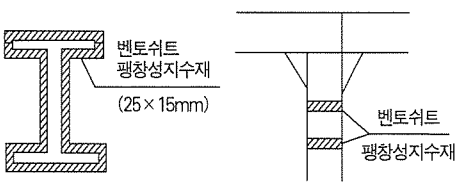
⑤ 2차 방수 쉬트 부착



〈상 부〉

⑥ 벤토쉬트 팽창성지수재 설치(상, 하부 H형강관통부)

⑦ 보호몰탈(바닥 : T = 30mm, 벽체 : T = 5mm, 상부 : 이스타보드)



〈단 면〉

⑧ 벤토나이트 注入호스배열 - 누수예상개소 있을 시

5) 構造物 施工

上部가 폐합된 사각 空間에서 스라브콘크리트를 타설하는 것은 馬蹄形터널 라이닝콘크리트 타설방법 이상으로 어려움이 있어 이또한 精密施工이 要求되는 공종이며, 콘크리트 타설 전 철근 가공조립또한 水平·垂直지보재가 지장되어 施工이 어려움이 많은 공종이다.

가) 철근가공조립

構造物 斷面 9.4×5.6M 사이에 수평지보재 1열, 수직지보재 3열이 80cm 간격으로 設置된 狀態에서 加工된 철근을 配列하며 조립하기에는 空間이 너무 적어 設計圖面부터 組立作業이 容易하도록 이음개소를 두도록 하였으며, 수평 및 수직 강재지보재로 인하여 철근이 절단되는 경우에는 강재지보재에 용접 등을 하여 설계단면이 유지되도록 하였다.

나) 레미콘 타설

SLAB 콘크리트 채움에 어려움이 豫想되어 1 SPAN을 10M로 하여 7SPAN으로 區分 施工하였다.

BOTTOM 및 벽체 부분은 일반 개착구간 方法과 同一하게 타설하였으며, TOP SLAB 구간 다짐방법에 대하여 FORM 바이브레타 方法과 봉바이브레타 方法에 대하여 檢討하였으며 SLAB 콘크리트두께가 80cm가 되어 봉바이브레타 方法을 施行하였다.

○ FORM 바이브레타 방법 : 거푸집면에 바이브레타를 부착하여 콘크리트 타설시 振動을 주어 다짐하는 방법

○ 봉바이브레타 방법 : 타설하려는 構造物내에 강관파이프를 선 設置하여 콘크리트 타설시 강관 파이프내로 바이브레타를 건입하여 振動하는 방법

그림 3~6과 같이 STEEL PIPE를 設置하여 봉다짐을 實施할 경우 바이브레타내에 과부하가 發生되어 모타가 손상될 우려가 있어 PIPE 한 쪽면을 완전히 密閉시키고 PIPE내에 물을 집어넣어, 다짐시에 發生되는 열을 最小化시키면서 다짐을 실시한다.

또한 레미콘 注入은 천정에 배관 注入홀을 두어(9개소/10M) 레미콘이 고르게 注入되도록 하고, 일정한 間隔으로 CHECK-HOLE을 設置하여 CHECK-HOLE 周邊으로 시멘트물이 흘러내리는지의 與否를 確認하여 레미콘을 상부까지 충전하여 공극이 최소화되도록 하였다. CHECK-HOLE로 미 確認된 개소 周邊은 그라우팅작업을 집중 實施하였다. 또한 CHECK-HOLE은 후속공종인 그라우팅 注入 HOLE로 使用하였다(그림 7~10 참조).

6) 상부 그라우팅

상부가 폐합된 狀態에서 構造物 施工을 함으로써 예상되는 공극 3cm 내외 部分에 대하여는 構造物이 충분히 양생된 이후 시멘트 그라우팅(물 시멘트비 1 : 1)을 實施하여 충진하였다.

7) 지보재 철거

상부 그라우팅을 實施 後 水平, 垂直, 지보재를 철거하면 構造物 施工을 完了하게 된다.

당 現場에서는 지보재 철거작업시 構造物에 미치는 影響을 최소화하고 效果的으로 作業을 하기 위하여 콘크리트 타설시 지보재 周邊에 스치로폴(300×300×25mm)을 附着하여 타설한 후 지보재를 산소로 불어 철거한 후 면정리를 하는 등 세심한 精誠을 기울였다(그림 11).

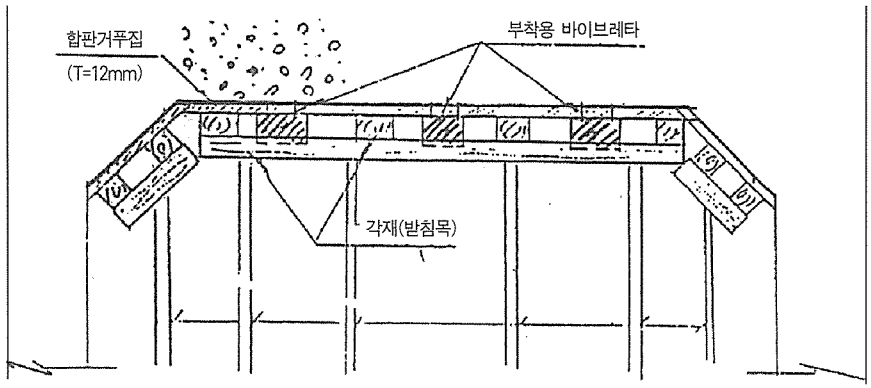


그림 3. FORM 바이브레타

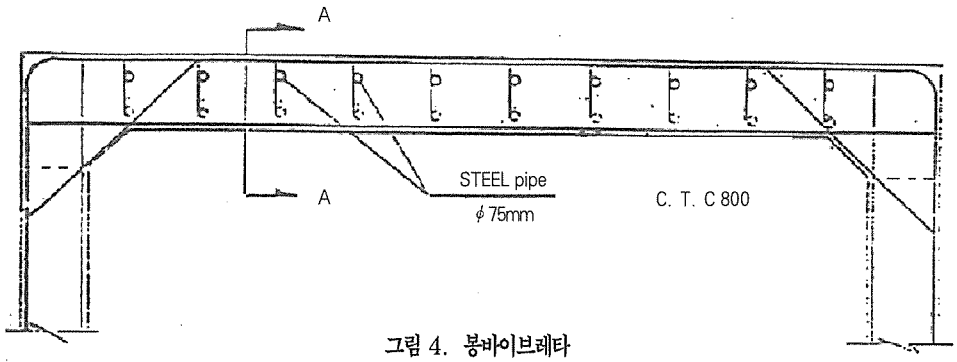


그림 4. 봉바이브레타

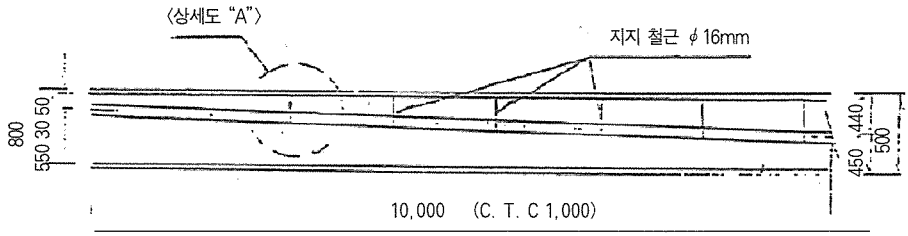


그림 5. SECTION A-A

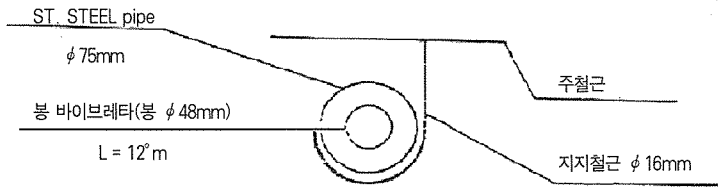


그림 6. 상 세 도 "A"

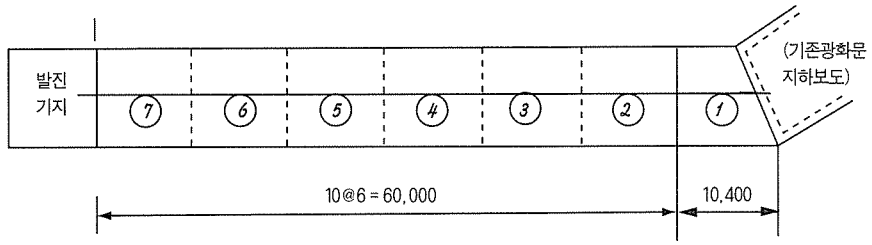


그림 7. 평 면 도

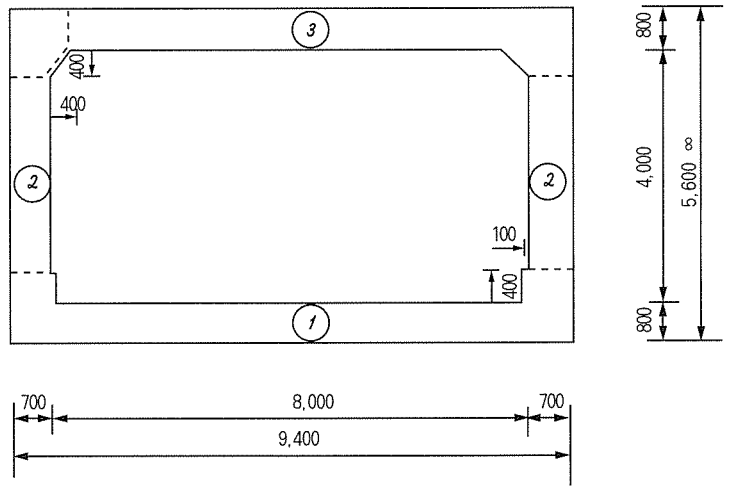


그림 8. 단 면 도

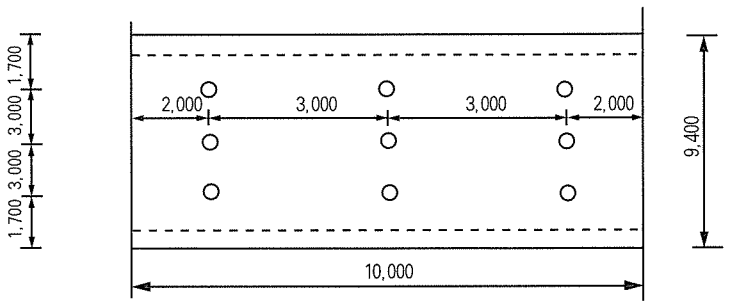


그림 9. 상부 스라브 CON'C 배관 현황도

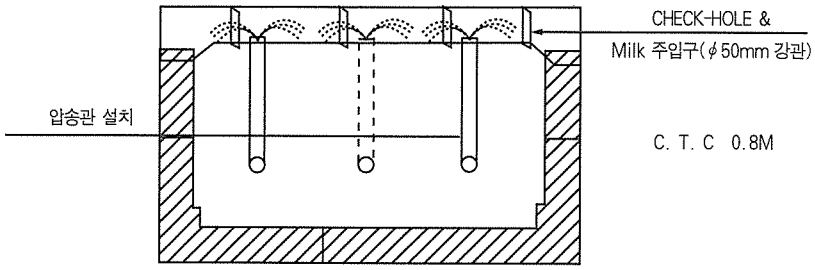


그림 10. 상부 스라브 CHECK-HOLE 설치

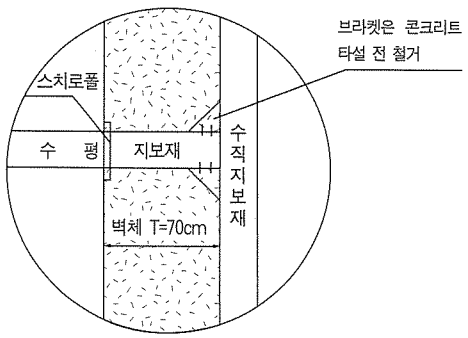


그림 11.

5. 맺음말

MESSER SHIELD 工法은 개착 工法으로 施行하기 어려운 都心地내에서 도로점용으로 인한 시민불편을 最小化하고, 교통흐름에 지장없이 工事를 施行하려고 하는 경우 적절한 工法이라 할 수 있다. 특히 高速道路나 鐵道 밑을 横斷하는 施設物構築, 제방도로 밑을 횡단하는 수로건설, 都心地內에서 단면이 적은 공동구 建設 등에 적용하면 적은 空間에서 시행할 수 있는 상당히 효과적인 工法이 될 것이다. 하지만 이 工法은 風化帶 以上의 암구간에서는 適用하기 어려운 점이 있으며 또한 工事 施工課程에서 言及하였듯이 아래사항을 보완 改善하면 經濟性, 安定性, 迅速性, 工事의 원활성을 기할 수 있는 工法이 될 것이다.

1. 여하한 狀況이라도 MESSER선 관입 후 막장막이준비가 完了된 狀態에서 굴착을 施行하여야 한다.

2. 完全 방수를 요하는 構造物의 경우 水平·垂直지보재가 設置된 狀態에서 좀더 효율적인 방수공법이 檢討되어야 한다.

3. 상부 스라브콘크리트를 밀실하게 施工하는 방안과 效率的인 다짐 方法이 改善되어야 한다.

본 施工區間內 작업 추진시 지표침하나 융기현상없이 安全하게 工事를 추진할 수 있던 것은 수도서울의 얼굴이라고 할 수 있는 光化門 네거리 이순신장군 옆 도로밑을 특수공법인 MESSER SHIELD 工法으로 地下鐵 5호선 광화문 정거장과 기존 광화문 지하보도간 連結通路를 建設한다는 자부심과 또한 그 어느 곳보다도 安全하게 施工하여야 한다는 긴장감 속에 막장에서 일하는 기능공에서부터 現場管理者 모두가 중차대한 責任과 精誠을 갖고 기술자만이 가질 수 있는 근성으로 난공사구간을 원활하게 施工하였다는 사실과 어떠한 어려움이 예상되는 區間에서도 하면 된다라는 자신감을 갖게 한 좋은 시공관리 사례라 하겠다.