

北部処理区千若末広線整備工事に伴う試験施工に関する研究

研究第二部 副部長

吉川 静雄



1 研究目的

横浜市北部処理区千若末広線に布設されている汚泥圧送管（FRPM製 $\phi 450 \times 2$ 条）を撤去し、ダクタイル鋳鉄管（DCIP $\phi 450 \times 2$ 条）に更新（1本は既設管を再利用）し、残りの空間にDCIP $\phi 700$ を敷設する工事が発注された。

当該工事は、図-1に示すようにトンネル内径 $\phi 2,200\text{mm}$ の限られた狭小空間で、延長約4.5kmにわたりコンクリート構造物を取り壊す作業があり、施工の効率性および労働安全衛生上に対して適切な配慮が求められた。そのため本工事着手前に試験施工を行い、施工上の課題を把握した上で、良好な施工環境ならび

に労働環境を確保した安全かつ効率的な施工方法を提案することを目的とした。

本研究は、研究成果の客観的な評価を受けるため、有識者による『北部処理区千若末広線整備工事等に関する施工検討委員会』（委員長：小泉淳早稲田大学理工学術院教授、オブザーバー：横浜市）を設置し、松尾・土志田・三橋建設共同企業体と本機構の2者で行った。

2 研究内容

2.1 試験施工の計画

狭小スペースにおいて安全にコンクリートの取り壊し作業ができる工法の選定ならびに作業環境を確認するため、地上に幹線内と同じ作業空間を再現した模擬トンネル（ $\phi 2,200\text{mm}$, $L=9.44\text{m}$, HP管2.36m/本 $\times 4$ 本）を構築し、試験施工を行うこととした。模擬トンネルの概要を図-2に示す。

コンクリート構造物の取り壊し方法は、回転式コンクリートカッターによる切断位置と切断深さ、静的破碎工法用コアボーリングの穿孔角度とコア削孔深さに着目して、以下の組み合わせで検討した。

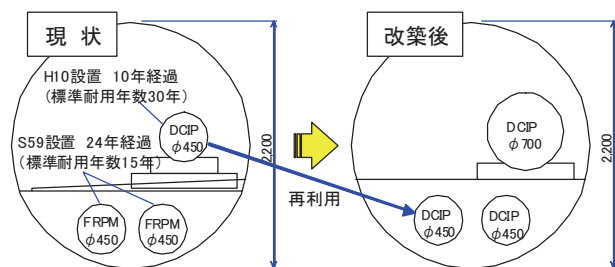


図-1 工事の概要

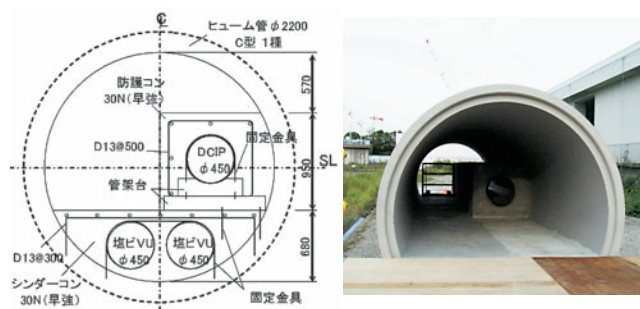


図-2 模擬トンネル

(1) 防護コンの取り壊し方法

A案：ウォールソー+手はつり

B案：ウォールソー+セリ矢+手はつり

(2) シンダーコンの取り壊し方法

A案：ウォールソー+手はつり

B案：ウォールソー+セリ矢+手はつり

C案：ウォールソー+ブライスター+手はつり

なお、本研究では、回転式コンクリートカッターによる切断工法としてウォールソー工法を、静的破碎工法として電動セリ矢と静的破碎剤（ブライスター）を、手はつりとして電動式コンクリートブレーカーを採用した。

(3) 試験施工時の測定項目

効率的な施工方法の評価の判断資料として、各取り壊し（案）を実施する際に、次に示す作業について所要時間を計測した。

◇ウォールソーによる切断 ◇コアの削孔

◇セリ矢による破碎 ◇ブライスターによる破碎

◇手はつりおよびガラを集積

◇管の撤去 ◇ガラの搬出

また、作業環境の評価の判断資料とするため、試験施工時に模擬トンネルの両端部をシートで塞ぎ、送風機および集塵機を稼働させながら狭小空間で壊し作業を実施し、以下の項目について測定および観測を行った。

◇温度と湿度 ◇散水の有無による粉塵量

◇風速による粉塵の流れ ◇振動と騒音

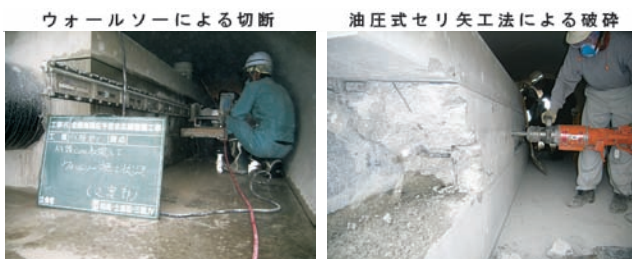
◇作業スペースと作業員の配置 ◇必要設備の確認

2.2 試験施工の結果

(1) 防護コンの取り壊し

写真－1 に防護コンの取り壊し状況を示す。

試験施工を通じて、その作業性および効率性について下記事項を確認した。



写真－1 防護コンの取り壊し状況

① 手はつりの補助として、静的破碎による一次破碎が必要である。

② セリ矢による一次破碎を先行して施しておくことで、コンクリートの壊しガラを大きく取り出すことができるため、電動ブレーカーによる振動作業の時間が短縮できる。

③ セリ矢用のボーリング施工は、作業空間が狭いため削孔長さが限られ（max 40cm）、かつ、作業性が悪い。

④ セリ矢の効果を最大限に生かすためには、30cm程度のコア孔の深さが必要である。

⑤ 水平方向にセリ矢を設置する作業では、機械本体の荷重が作業員の負担になる。

⑥ セリ矢の一部代替え工法として、薬剤を注入するブライスター工法が効率的である。

(2) シンダーコンの取り壊し

写真－2 にシンダーコンの取り壊し状況を示す。



写真－2 シンダーコンの取り壊し状況

試験施工を通じて、下記事項を確認した。

① 取り壊し方向は、トンネル軸方向に行う方が効率的である。

② トンネルの両端部のウォールソーによる溝切りは、シンダーコンをトンネル軸方向に壊す場合には、当初案より中央部に寄せる方が効率的である。

③ ブライスターによる一次破碎は、手はつりの補助として有効である。

④ 空孔も有効な手法である。

⑤ ブライスターを使用する際には、距離を十分に勘案して、装薬孔と空孔の配置計画を検討する必要がある。

⑥ セリ矢またはブライスターの孔は、斜孔よりも垂直の方が効果的である。

⑦ 垂直方向の手はつりは、水平方向に比べて施工し易く、効率的である。

⑨ 坑内から採取したシンダーコンの推定残存強度は約34N/mm²程度で、試験施工で用いたコンクリートと同等な強度(32.6N/mm²)であり、実施工においても本取り壊し方法は十分に適用できると判断される。一方、防護コンの推定残存強度は約43N/mm²で、想定より3割程度高い状態だが、機械による切断、削孔、静的破碎の作業は、試験施工の結果から大きな支障とならないものと判断される。

(3) 作業環境の測定

模擬トンネル内の作業は、両端部をシートで塞ぎ、送風機と集塵機を稼働させながら実施した。

試験施工中の作業環境の測定結果を、表－3に示す。

表－3 作業環境の測定結果

測定項目	温度 ℃	湿度 %	風速 m/sec	騒音 d B	振動 d B	粉塵 mg/m ³	備考 (参考標準値)
防護コン 9/17～9/22	24～29	45～70	0.1～0.2	85～100	35～55	1.7～3.8	坑内風速0.3 騒音 85
シンダーコン 9/24～10/2	22～29	45～85	0.1～0.2	80～100 (105)	35～55 (70)	0.8以下	振動 75 坑内粉塵3.0

測定結果から粉塵低減の対策として散水の効果を確認した。特に静的破碎した箇所での手はつり作業時には、散水により表面を湿らす程度でほとんど粉塵が発生しないことを確認した。また、シンダーコンの取り壊しの際に静的破碎を実施したB案、C案では、A案よりも騒音や振動が小さくなる傾向が確認された。

2.3 試験施工の評価

A案、B案、C案に示した方法による施工結果から、作業性および効率性についての評価を行い、取り壊し方法の基本方針を以下にまとめた。

(1) 防護コン取り壊し方法の基本方針

1) セリ矢による静的破碎を採用した場合

- ◇ セリ矢の加圧範囲は、@300mm程度である。
- ◇ 現場でのボーリングマシンによる削孔可能な深さは、L=400mmである。
- ◇ ウォールソーは、鉄筋の切断（静的破碎時の加圧に支障する帯筋の先行切断）と、FRPM管の固定金具の切断に使用することとする。
- ◇ FRPM管の撤去後は、現場合合わせでハンドドリルを用いて穿孔し、セリ矢を併用して取り壊す方法とする。

2) プライスターによる静的破碎を採用の場合

- ◇ 水平に穿孔された孔に装薬可能なカップセルタイプ(φ32)を使用する。

◇ 装薬ピッチは穿孔径に応じて算出する。

(2) シンダーコン取り壊し方法の基本方針

1) セリ矢併用の静的破碎を採用する場合

- ◇ セリ矢の加圧範囲は、@300mm程度である。
- ◇ 削孔径φ40mm、直孔、削孔深L=300mmとする。
- ◇ セリ矢孔の配列は、トンネル断面に3列で@300mmとする。
- ◇ ウォールソーによる切断により両端部に自由面を設け、静的破碎の効果アップを図る。

2) プライスターによる静的破碎を採用の場合

- ◇ 装薬孔径φ40mm、直孔、装薬深さL=400mm(max)とする。
- ◇ 装薬孔の配列は、トンネル断面に3列で@300mmとする。
- ◇ ウォールソーによる切断により両端部に自由面を設け、静的破碎の効果アップを図る。

3) セリ矢の加圧方向とプライスターの装薬順序

上記の1)、2)は、トンネル軸に対して平行方向にできた自由面に対して、コンクリート塊を起こしていく取り壊し方法として実証を行った。これに対して、セリ矢の加圧方向またはプライスターの装薬順序を変更して、トンネル軸に対して直角方向にできた自由面に向かって、順次コンクリート塊を起こしていく方法を実施時に試行して確認し、採用を検討すること。

(3) 坑内環境対策

粉塵の発生については、以下の対策を行う。

- ◇ 集塵の吸気ダクトの先端は、粉塵が発生する電動ブレイカーのノミ先近くに配置すること。
- ◇ 発生した粉塵が滞留しない程度の風量(0.3m/sec)を確保すること。
- ◇ 静的破碎先行後の手はつり作業では、表面を散水处理することとする。

振動・騒音については、以下のとおり。

静的破碎を先行して施しておくことと無対策の場合と比較して、それらの測定値が抑えられることを確認した。

2.4 施工方法の提案

試験施工で実証された施工結果とその評価、基本方針に基づき、作業の省力化および効率性に重点をおいた防護コンの取り壊し方法(図－5)、およびシンダーコンの取り壊し方法(図－6)を提案した。

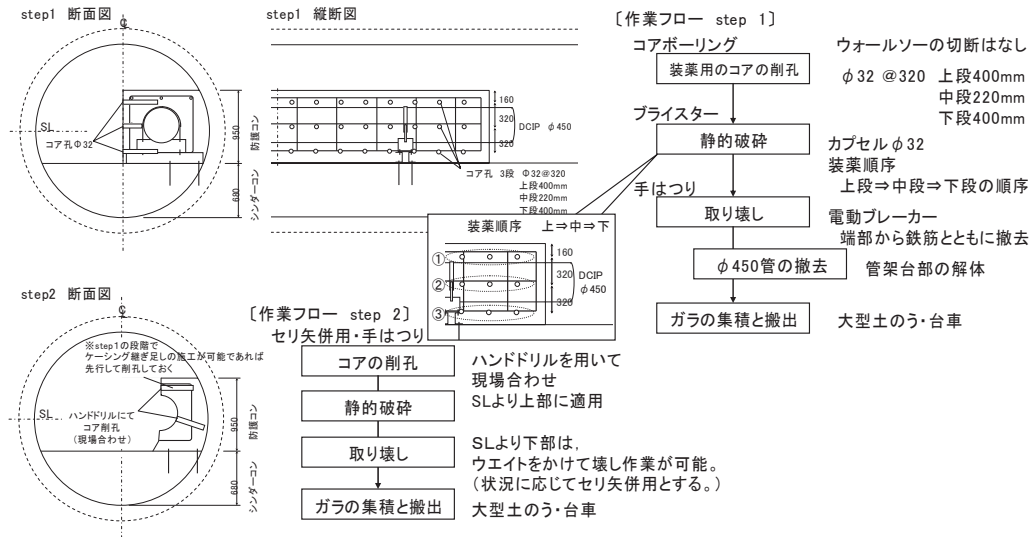


図-5 防護コンの取り壊し方法（提案1）

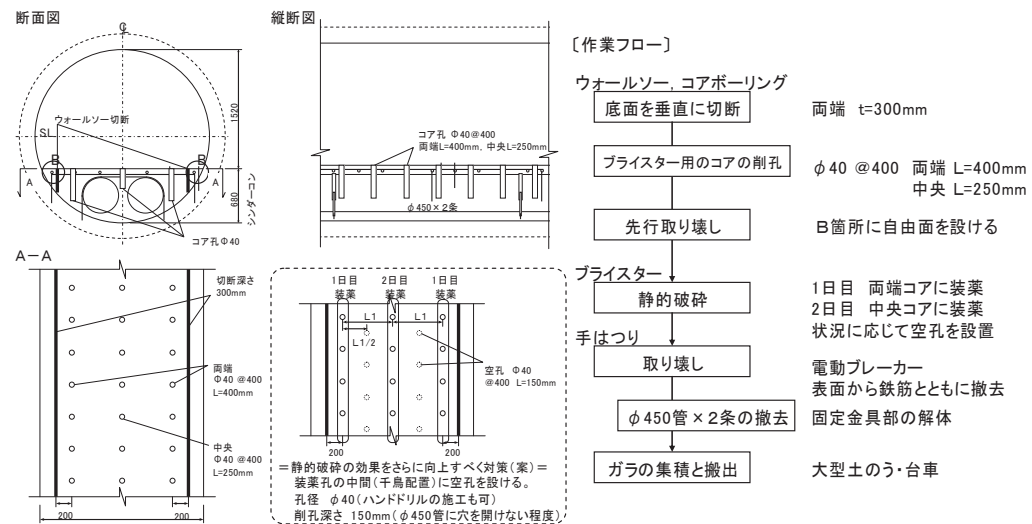


図-6 シンダーコンの取り壊し（提案2）



写真-3 防護コンの切断



写真-4 シンダーコンの静的破碎



写真-5 シンダーコン壊し完了

3 おわりに

本研究は、施工検討委員会と連携して現場作業の安全性・施工性等を勘案し、より良い環境条件を目指し模擬トンネルを製作して試験施工の実証に基づき検討

を行った。

試験施工では、施工環境の状況把握、油圧式セリ矢工法やブライスターによる静的破碎の有効性が確認できたとともに、様々な改良点の抽出をすることができた。現在、施工検討委員会の評価を踏まえた施工方法で平成23年10月の完工をめざしている。(写真-3～5)