

15. 鉄道営業線劣化トンネルの コンクリート吹付補修機械装置

東急建設(株)：*中島 敏男・伊藤 嘉和

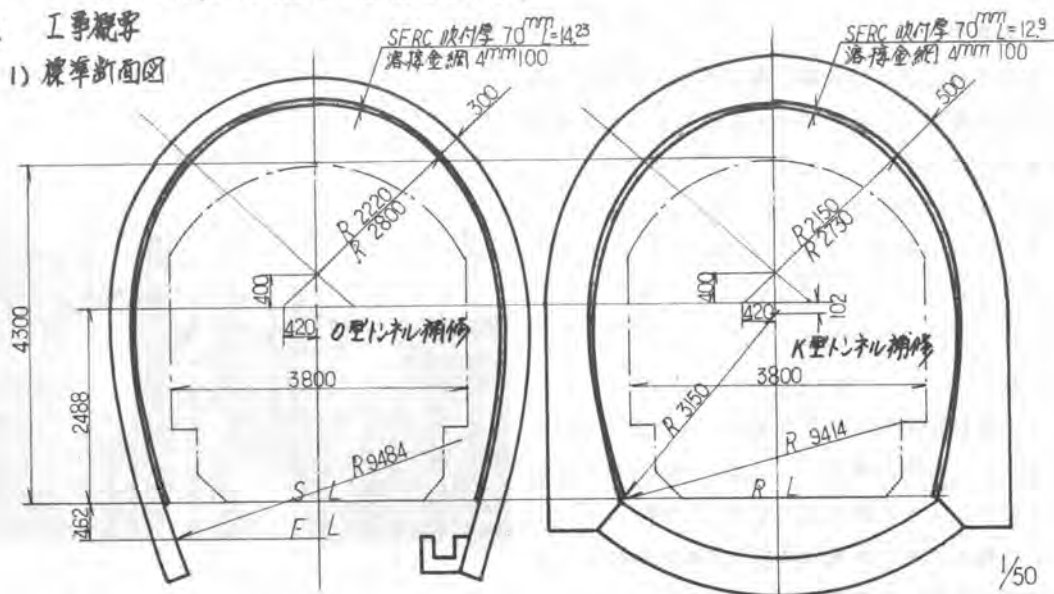
1. まえがき

この研究は鉄道営業線劣化トンネルの補修工法と機械装置についてのべるものである。

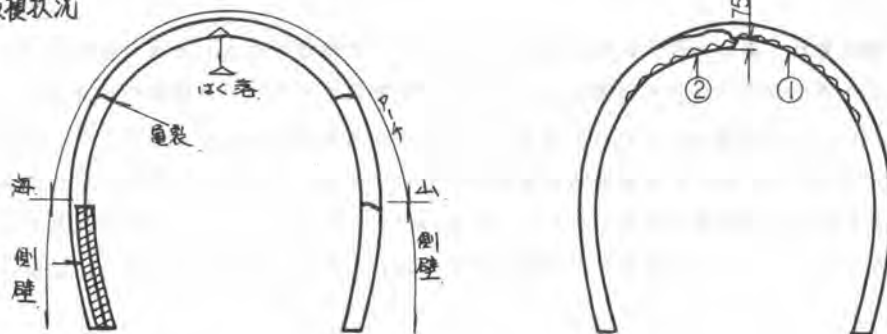
我が国の社会資本の基盤が整備されるに従い、既設構造物を解体・新設することなくそれらの補修により構造物の機能の回復や寿命の延長を図る技術が重要視されておりトンネルの分野についてもこの傾向が見られ、将来は新設に要する費用より維持補修に要する費用が上回るとの見通しもある。築造後30～50年経過したトンネルは地震の影響・土圧による変状・施工技術の拙劣さ等による劣化現象が見られ列車の運行に支障をきたしている。又、列車運行のスピード化によりトンネル内空断面の狭小も合せ検討されていくものと考えられる。以下当社で施工した劣化トンネルのコンクリート吹付補修機械装置の工事報告とする。

2. 工事概要

1) 標準断面図



2) 破壊状況



已同全般においてアーチクラウン部の亀裂および側壁の沁下によるアーチとの接合不良などで覆工コンクリート全体の一体化がなされていない状況である。アーチの亀裂は中々部~10%位で縦断方向に連続している。一部側壁が海山両方共約30%位トンネル内側に押し込められていた。

特にアーチの破損、変状がひどく①の部分では漏水によりコンクリート表面が劣化しており深さ40%位はく離しやすい状態である。③の部分では縦方向で $\pm 5\text{mm}$ 、横方向で $\pm 10\text{mm}$ 位アーチ破損しており開口部のすき間が $\pm 5\text{mm}$ 位の段差が生じていた。

3 施工概要

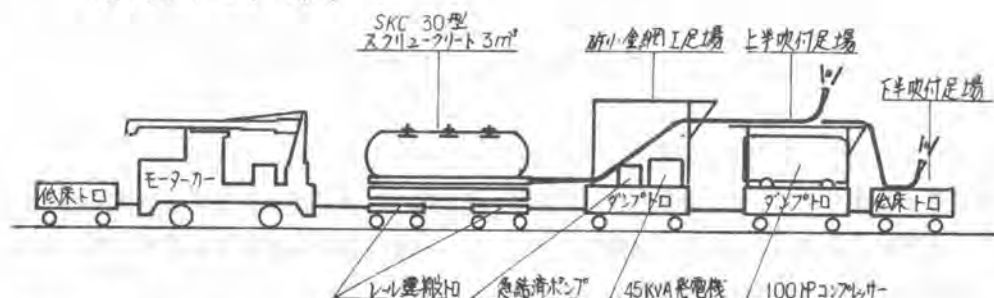
1) トンネル補修方法

- ・トンネル内面全体にSFRコンクリート7cmの吹付とした
- ・SFRの初期強度の補強、覆工コンクリートとの一体化SFRの部分はく離の防止として $\pm 10\%$ の溶接金網および $\phi 9 \times 200$ のアンカーピンを全面に張った
- ・亀裂に吹付コンクリートが吹込まれるようすき間をVカットした
- ・湧水箇所は湧水による荷重をさげるためビニールホースを設け水抜きとした

2) 吹付機械の選定

乾式による吹付工法は、機械規模が小さく取扱いが簡便であるため広く普及しているが吐出能力が小さい、はねかえり量が多い、粉じんが多量に発生する、両側のばらつきが大きい等の問題点がある。一方前記諸問題に対して有利である湿式工法も搬送距離が小さい、機械規模が大きい、閉塞事故が多い等の問題が有り一長一短である。活線トンネル施工では、作業時間に厳しい制約があり吹付効率を第一に考え湿式工法を採用した。吹付機、アジテーターと設備が大きくなり経済性デメリットが発生する。そこで打設機械であるスクリューコンクリートでの打設更替を重相俵スランプ(5~8m)の打設可能であること、配管系統、吹付エアー、急結剤の添加方法の改良により吹付機械の機能を果たせることができた。又、スクリューコンクリートはアジテーターの機能も有り列車編成のコンパクト化に成功、経済性メリットも得られた。

吹付システム列車編成



3) SFR吹付材料

SFRの吹付コンクリートの施工中最も苦慮したのは、スランプの管理であった。吹付機械のワーカビリティを重視すると吹付けたコンクリートがたれによるはく落があり従って吹付直前のスランプといかに小さくするかが重要なポイントであった。

材 料

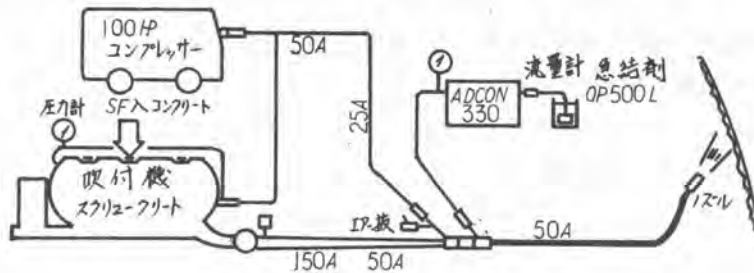
使用材料の諸元

セメント	普通ポルトランドセメント
砂(川砂)	比重 2.68 粗粒率 2.86 単位体積重量 1.62 号 吸水量 2.63%
砂利(豆砂利)	比重 2.63 吸水量 1.0% 単位体積重量 1.60 号
スチールファイバー	種類 インデント付ストレートタイプ 呼称寸法 425μ 断面積 $a^2 \times a^2 = a^{2\phi} \text{ mm}^2$ 重量 49 mg アスペクト比 48 比重 7.85
急結剤	比重 $1.44 \sim 1.46$
QP-500L	PH $11 \sim 13$

SFRC配合表

記号	W/C%	S/a%	SF kg	W kg	C kg	S kg	G kg	AD kg	アスペクト比	IF-	備考
C-4	47.8	68	80	189	387	1.130	592	2.968	10.0	4.2	減水剤 使用コンクリート
C-5	47.5	80	80	202	426	1.269	325	1.065	10.0	5.0	〃

吹付配管系統図



4) 吹付コンクリートの吹付厚管理

吹付厚の管理方法として、検測ピン70%を $1/5$ が当たり1本程度の割合で取付初期吹付の目印とし、その他の部分および仕上げの確認として75%の釘を打込み吹付厚の管理を行った。

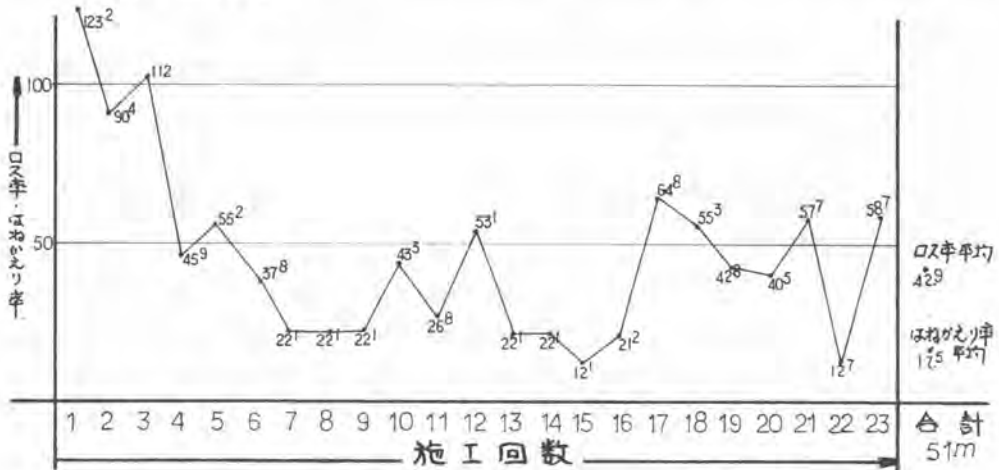
5) 吹付コンクリートのほねがえり

吹付コンクリートに必要な柱質として、ほねがえりの少ないことが重要な問題である。特に今回の場合のように鉄道営業線工事においてはその日のうちに総べてのほねがえり材を回収せねばならず制約時間上から大きな問題であった。ほねがえりを低減すべく改良、改善を重ねほねがえり率を平均で17.5%に低減できた。

はねがえり低減対策.

方 法	内 容	効 果
ノズルの改良 ① ② ③	パイプ長さを1 ^m から50 ^{cm} とする ノズル先端をしぼり加工する ノズル内面を凸凹加工する	作業性の向上 水平吹付時のノロ分離や改善 ウェットコンフリートの分散が 非常に良くなり精度も向上
金網の張付位置	吹付厚さの中間35%を10%の位置 に変更した	余吹が解消され全体のロスが低 減された
環 境	トローリ線、高圧線、通信線の防 護方法および吹付時の移動を徹底 した	作業性が向上しノズル角度が適 正となり効果大となる
コンフリート配合	配合表のC-4、C-5に変更した	粗骨材のはねがえりが低減した

ロス率・はねがえり率



4 おわりに

今回鉄道営業線でのFRCコンフリート吹付による補修工事を施工したが簡易補修工事であり作業工程も洗浄・金網張・吹付と比較的単純で吹付コンフリートの出来形に重点を置いて施工管理をした。スクリーフリートによる吹付施工にチャレンジし最初は操作のとまどい等でトラブルも発生したが吹付専用機械以上の施工精度とロス率の低減が図れ満足の結果が得られた。

今後増大するであろう劣化トンネルの補修工事(覆工のハッチ・ロッドボルトの打設・支保工の建込・覆工等)の施工に営業線下の厳しい施工条件の中で安全性・経済性・品質と追求する尺めには3時間程度の作業サイクルの中で覆工のハッチ〜覆工まで一連の作業として仕上げられる施工機械開発、システム化が必要である。又、覆工の方法として従来の巻立コンフリートに変わってNATMの普及によりめざましい進歩を遂げつつある吹付コンフリートが標準工法として採用されるであろう。劣化トンネル施工機械の開発、システム化について研究中である。