

技術報文

J R山手線での剛壁面補強土壁工法の適用について

東日本旅客鉄道株式会社 東京支社 加藤 正 二
鉄建建設株式会社 東京支店 高橋 眞 一

1. はじめに

当現場は、J R山手線、新宿・新大久保間に位置し、中央線の交差部における線路跨線橋の老朽化（淀橋橋梁：大正 11 年建設）に伴う橋梁架替え工事である。山手線、中央線は日本における最重要線路であり、特に本施工箇所の新宿駅では、山手線ラッシュ時、時間当たり一線の運行本数 24 本（混雑率 250%）、中央線快速 30 本（混雑率 230%）、緩行線 23 本（100%）、新宿駅一日当たり乗車人員 74 万人であり、日本一の過密線路である。これら 6 本の重要線が交差する箇所において、橋梁の取り替えに伴い、延長 219m（橋梁を挟み新宿方 112m,新大久保方 107m）の剛壁面補強土壁（RRR）工法の施工を実施した。

ここでは、重要線路近傍の変位制限の厳しい箇所における補強土工法の施工事例について、特に剛壁面補強土壁（RRR）工法の施工を中心に報告する。

2. 工事概要

写真-1 に工事箇所の全景を、図-1 に現場の平面図を示す。架替え工事の概略の施工手順は、①新橋梁の基礎の構築、②新設橋台の施工、③新宿方補強土壁の構築、④新大久保方山手線の補強土仮土留め工の施工、⑤橋梁の架設、⑥横断するボックスカルバートの施工、⑦新大久保方補強土壁の構築、⑧旧橋梁、旧橋台の撤去である。

山手線、中央線が運行された状態での施工であること、施工に伴う変形の規制が厳しいこと、などの厳しい施工条件下で行われた工事であり、工完成まで実に 5.5 年間（平成 6 年 10 月着手、平成 12 年 3 月竣工）を要する難工事であった。

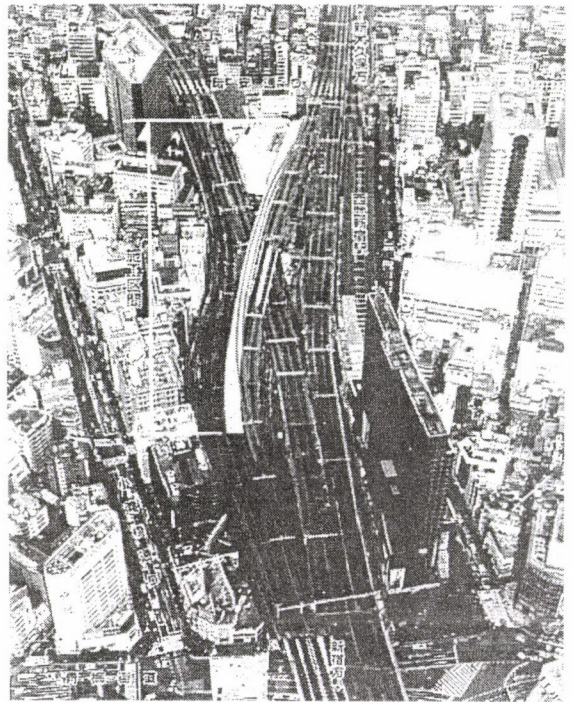


写真-1 工事箇所の全景

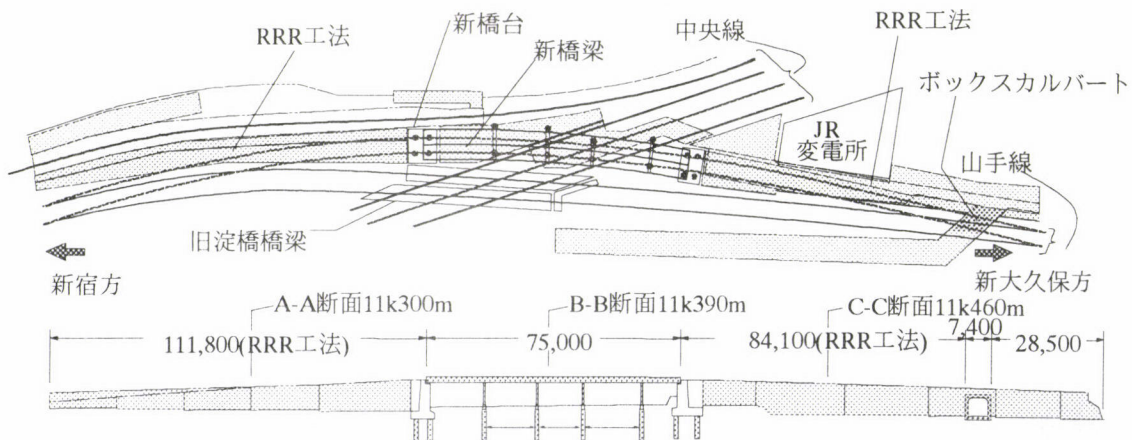


図-1 工事概要図（淀橋橋梁架替え部）

断面 A-A(11k300m)

断面 B-B(11k390m)

断面 C-C(11k460m)

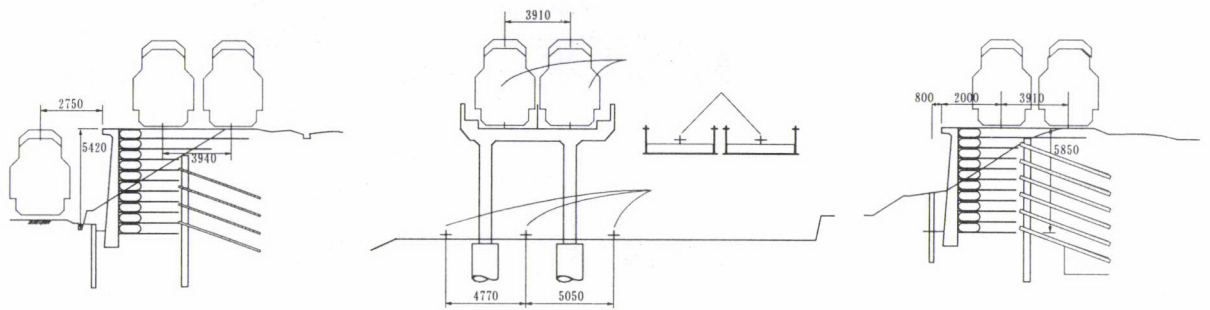


図-2 工事断面図 (淀橋橋梁架替え部)

図-2は、図-1に示す3箇所断面図を示したものである。剛壁面補強土壁は、新しい橋梁への取付け盛土として、既設山手線に腹付けして構築された。このため、ソイルセメント攪拌混合処理による大径補強土工法(ラディッシュアンカー)によって仮土留めが行われた(図-2:A-A,C-C断面)。

図-3は一般的に使用されるグラウンドアンカーによる方法と大径補強体を用いた補強土仮土留め工との比較である。

補強土工法による仮土留めの場合、①アンカー(補強)長が短いこと、②プレストレスを加えないので親杭や腹起しが軽微で済むこと、③施工時の変形が小さく列車を走行した状態での施工が可能なこと、などの特徴があり、同様な施工条件での施工実績も多いことから、本工事においても採用された。

掘削が小さい箇所では図-4に示す様に既設盛土ののり尻を多少掘削して構築した。剛壁面補強土(RR)工法は、①定着長が短く狭隘箇所での施工性が良いこと、②壁頂部に通路や防音壁、電柱基礎などの付帯構造物が設置しやすいこと、④施工後の変形が小さいこと、⑤耐震性に優れていること、③鉄道工事において多くの実績を有することなどの理由によって採用された。

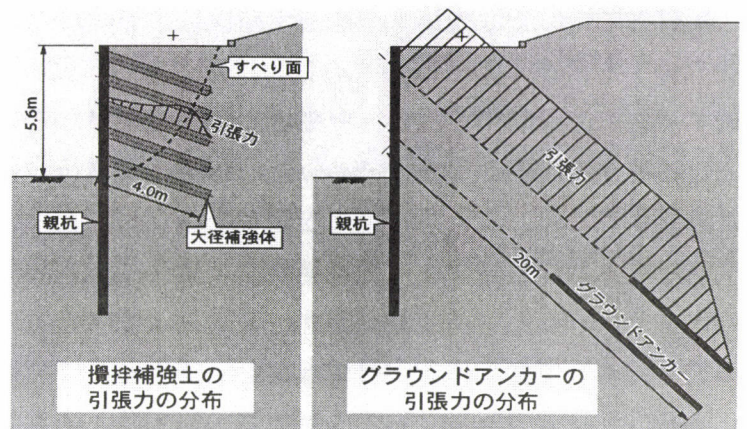


図-3 補強土工法とグラウンドアンカー工法の比

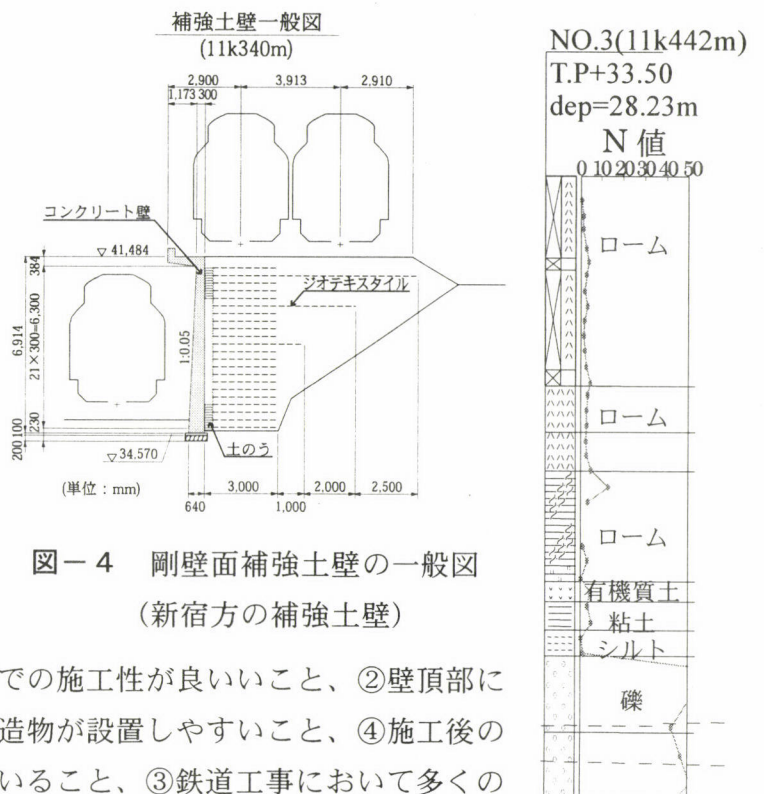


図-4 剛壁面補強土壁の一般図 (新宿方の補強土壁)

3. 補強土壁の施工状況

RRR工法の施工は、新宿方(図-2、断面 A-A) から実施し、その後、新大久保方を施工した。

①新宿方の施工：図-5は既設盛土に腹付けする場合のRRR工法の施工手順を示す。新宿方では、RRR工法の標準的な施工方法である、土のうによる仮押えにジオ

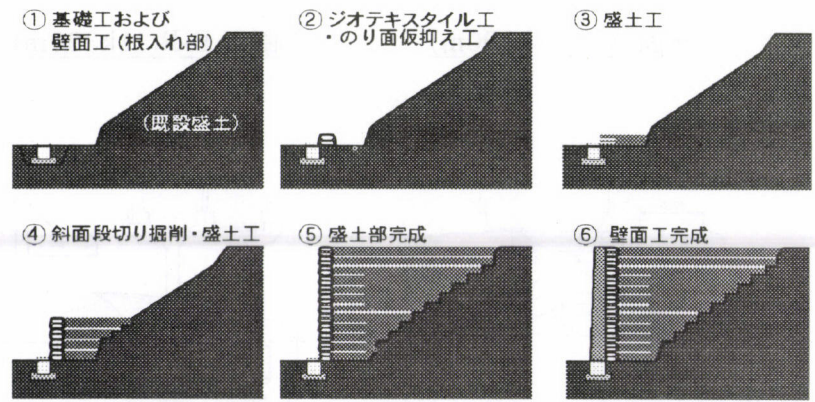


図-5 RRR工法の一般的な施工方法

テキスタイルを巻き返し、盛土材を30cm毎に転圧し、壁面は現場打ちの鉄筋コンクリートとした。

新宿方については構築する補強土前面に中央緩行(下り)線が営業走行していることから、昼間での工事用進入路を確保することはできない(図-4参照)。したがって、終電から始発が通過するまでの夜間の合間に、中央線上から盛土材などの資材を搬入した。このため、夜間で搬入できる盛土材は僅か20m³であった。毎夜、終電後に線路防護網(フェンス)を撤去し、始発前に設置することによって列車の安全性を確保し、土のう積み、補強材敷設、盛土撒き出し、転圧、鉄筋組立、型枠組立解体などの補強土の構築作業を昼間施工で行った。他工法の場合は、全て夜間作業で行うことが前提となるが、RRR工法は人力施工が可能であり、安全面を十分に配慮することによって昼間作業が可能となる。結果として工期の短縮が図れた(写真-2)。

②新大久保方の施工：新大久保方については、山手線には近接しているが、補強土壁前面は変電所ならびに作業ヤードであり、昼間作業で重機による施工が可能である。また、建設資材を直接運搬しながらの施工も可能となる。そこで試験的に、①土のうに替わる仮押え材として溶接金網を用いる方法と、②場所打ちコンクリート壁面工の代替えとして、コンクリートパネルと胴込めコンクリートによる一体壁の構築方法を採用した(写真-3)。

図-6は新大久保方で採用した新しい施工方式による補強土壁の断面図を示す。仮押え材として溶接金網を盛土上に設置し、金網にこぼれ出し防止シートを引っかける。その後、金網部にクラッシュラン(C-40)を撒き出し、ジオテキスタイルを巻き返して盛土材を30cm毎に転圧する。壁面は盛土構築後にコンクリートパネルを積み立て、パネルと盛土の間を胴込めコンクリートで一体化した。

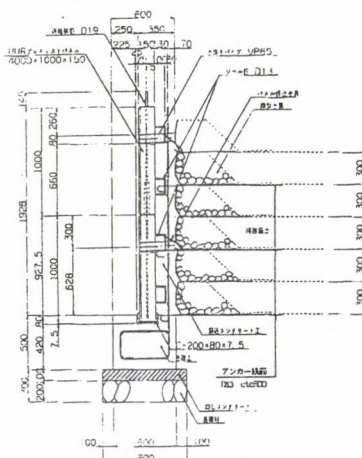


図-6 溶接金網とパネルを用いた施工

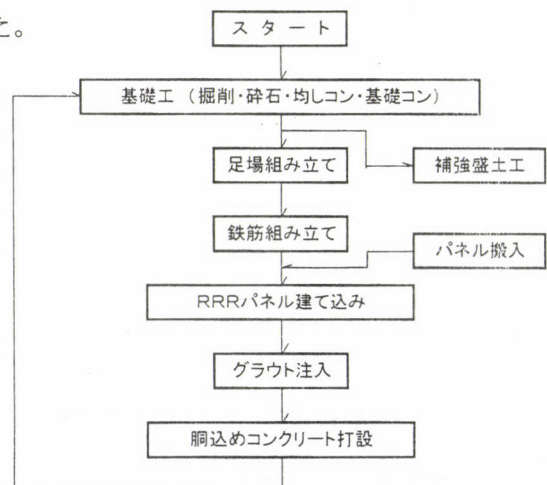


図-7 パネルを用いた施工フロー



写真-2 新宿方施工状況

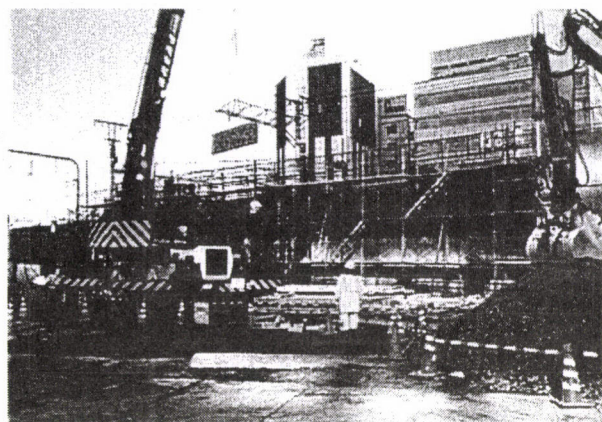


写真-3 新大久保方施工状況

4. 施工管理法と実際

以下に当現場における補強土壁工法の施工管理方法と実際の施工状況を示す。

4.1 盛土材について

鉄道盛土では一般に、盛土材の締固め管理方法として、平板載荷試験 (K_{30} 値 $\geq 110\text{MN/m}^3$) もしくは締固め密度比 (D 値 $\geq 90\%$) で管理する。ここでは、これらの基準を満たし、経済性および定量的な入手が可能なりサイクル材料として、JR 東日本のバラストセンターで製作したコンクリート再生砕石を使用した。この砕石は使い古された PC 枕木等の産業廃棄物をクラッシャーしたもので、資源の再利用といった面とコスト面で安価であり、吸水率が低い点で天候に比較的左右されないため工程管理面で効果があった。

この材料による本施工に先立ち、試験盛土を構築し支持力 (K_{30} 値) と締め固め度 (%) との関係性を求めた。図-8、9 に試験結果を示す。4 回転圧でも所定の K_{30} 値 ($=150\text{MN/m}^3$) は得られているが、締め固め度 ($=84\%$) は小さい。補強土工法は、締め固めを十分に行うことによって大きな補強効果が得られる工法であるため、本現場では 9 回転圧を基本とし、RI により密度管理で D 値 $\geq 90\%$ であることを確認した。

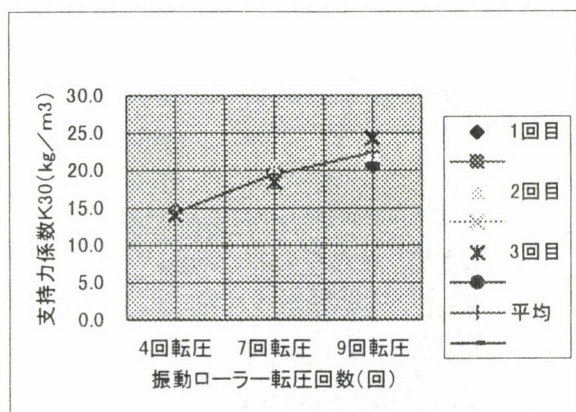


図-8 転圧回数と支持力係数との関係

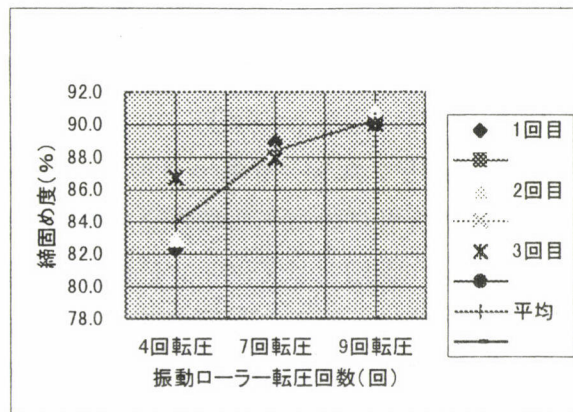


図-9 転圧回数と締め固め度の関係

4.2 仮抑え材について

新宿方では標準タイプの土のうを仮抑え材として使用した。線路を跨いでの夜間施工であり、直接砕石を現地に搬入できない条件という点では適切な選択であり、狭隘箇所での施工性はよい。

新大久保方では、土のう代替として溶接金網 ($\phi=6\text{mm}$ 、@10cm メッシュ) を曲げ加工して

使用したが、クラッシュランの転圧時に溶接金網が 20mm 程度変形し、施工中の安定性に問題が生じた。また、所定の壁厚が確保できない状態となった。そこで対策として、溶接金網の変形を考慮した位置（設計位置より 20mm 後方に下げた）に設置して施工を行ったが、この方法では胴込めコンクリートの食込みが 10%程度大きくなり不経済となった。

しかし、溶接金網を使用することにより土のう作成の手間が省略できること、直接ダンプでクラッシュランを敷き均すことができること、溶接金網をコンクリート打設時の流体圧の反力体として用いることができることなどの利点もあり、今後の施工性向上の可能性が確認できた。現在は、これらの反省を踏まえて剛性の大きな溶接金網（D10mm）が用いられているようである。

4.3 壁面工について

新宿方は場所打ちコンクリートで壁面工を施工したが、生コンクリートの打設を列車間合いの夜間限られた時間内（約3時間）で施工しなければならないので、所定の時間内に所定の数量を確実に打設することが施工における必要条件となった。そこで、打設時の生コンの側圧による型枠の変形が起きないようにアンカー筋の補強と型枠を保持するセパレータを均一に確実に固定できるように格子状に溝型鋼（L-50）を設置した(写真-4)。

新大久保方については、施工性及び景観性を重視して試験的にコンクリートパネルを用いて壁面を施工した。このパネルは、寸法 4.0×1.0×0.15m、1枚の重量 1.5 tとして製作した。このサイズは現場への搬入、取り扱い、設置を考慮して決定した。施工は盛土構築後、パネルを積みたて、相互（上下）のパネルを予め埋め込まれた異形鉄筋で繋ぎ固定をする。所定の高さ（約3m）まで積みたてた後、背面の盛土との隙間に生コンクリートを打設する方法である（写真-5参照）。当初計画時では、1日当りのパネル積み立てを 80m² 予定していたが、実績としては、1/4 程度に留まった。理由としては、以下の事柄が考えられる。

①電柱基礎や線路縦断勾配などの関係から、標準パネルの使用枚数が減り小型の異形パネルの使用比率が半分程度となってしまった。このため、組立数が多くなり施工性が低下した。

②施工延長の半分が建家（JR新宿変電所）と盛土に挟まれた狭隘な場所での施工であり、パネルの仮置き、横持ち等の作業に時間を要した。



写真-4 アンカー筋と溝型鋼

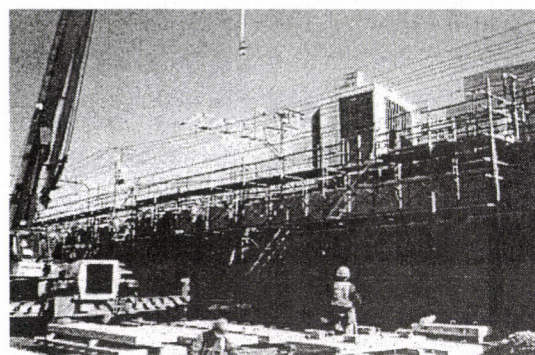


写真-5 パネルの積み立て状況

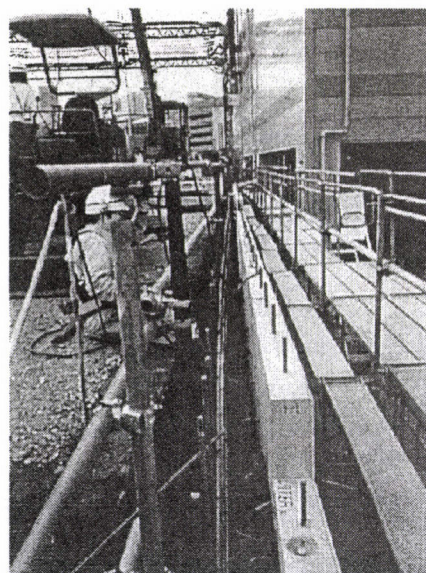


写真-6 パネルの横方向の接続状況

しかしながら今回の施工を通じ、標準的なパターンで大量に施工される場合には、効率的な施工が可能であることが確認された。

5. おわりに

本報告は、日本有数の過密線路であるJR山手線で、しかも変形や安全管理に対して厳しく制限された条件下での補強土壁（RRR）工法の施工状況について報告したものである。

新宿方の補強土壁の施工は、作業時間が終電～初電までの3時間/日しか無い条件で、いかに資材を搬入し、安全に施工を行うかが大きなポイントとなったが、人力作業が可能で狭隘箇所での施工性が良い補強土工法を採用することによって、無事故で施工を行うことができた。

新大久保方の施工では、写真-7に示す補強土仮土留め工法で掘削した前面に、補強土壁を施工するという2重の補強土工法による施工法が採用された。また、従来の土のうに替えて、溶接金網を仮抑え材とする方法や、プレキャスト壁面を用いて一体壁を構築する方法などの新しい施工の試みがなされた。補強土仮土留めや補強土壁の構築に当たっては、施工中の山手線への変形が心配されたが、施工中の線路面での変形は、最大で僅か10mmであり、軽微な軌道整備で十分対応可能であった。さらに、従来問題とされてきた、土のうや場所打ちコンクリート壁面の施工の合理化に関して目途が得られた。

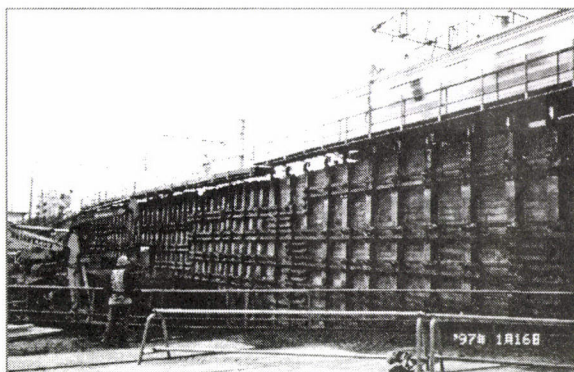


写真-7 大径補強体による山手線の掘

淀橋跨線線路橋の改良工事は、平成6年10月に着工し、平成10年4月に山手線の下り線が、平成10年6月には上り線の切替えが完了し、既にここで報告された補強土壁の上を山手線が走行した状態にある。約2年間経過したが、全く問題は生じていない。また、平成12年3月で、すべての関係工事が終了し、5年半におよぶ難工事が無事終了した（写真-8、9）。

最後に、本工事の施工にあたり多大なご理解とご協力、ご指導を賜りましたJR東日本、鉄建建設の工事関係各位、ならびに補強土工法の設計、施工をご指導頂きました東京大学 龍岡文夫教授、鉄道総研 館山勝氏をはじめとする多くの関係者の方々に深く感謝の意を表します。

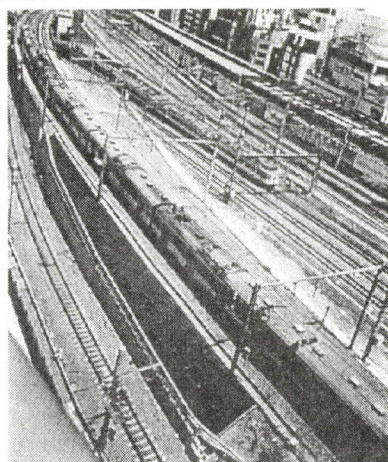


写真-8 新宿方補強土壁の完成状況

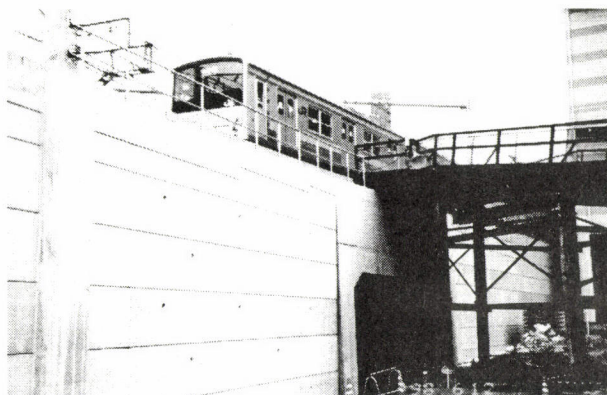


写真-9 新大久保方補強土壁の完成状況