

# 石積み擁壁耐震補強工事における 鉄道営業線近接施工

平木 智明

本工事は東京メトロ丸ノ内線の鉄道施設土木構造物のうち、地上部における石積み擁壁に対して耐震補強工事を行うものである。今後発生が予想されている首都直下型地震に対し、被害を最小限に抑え、早期復旧を可能とすることを目的としている。一般的には夜間をメインとした工事となる案件ではあるが、周辺状況などから昼間の営業線近接施工を計画した。そのために小型削孔機を開発し試験施工の上、実施工に導入した。

キーワード：鉄道、営業線近接工事、石積み擁壁耐震補強

## 1. はじめに

本工事は今後発生が予想されている首都直下型地震に対し、被害を最小限に抑え、早期復旧を可能とすることを目的とし耐震補強工事を行うものである。



図一 工事範囲

今回の施工は丸ノ内線の鉄道施設土木構造物のうち、地上部における石積み擁壁を対象としており、ほぼ線路脇に立地している。施工を行うに当たり、工程、周辺環境、作業条件を考慮したところ、通常の施工機械では課題が多く発生した。当現場では安全に施工を進めるため、発注者の了解を頂き、設計変更にて施工機械の製作を行った。本報告書は、その機械を使用して狭隘な箇所での施工を報告する。

## 2. 設計条件・補強工法

### (1) 要求性能および設計方針

耐震工事の要求性能は石積み擁壁の形状および背面の土質条件により異なる。形状としては盛土・切土構造が混在し、その背面の土質により自立性地山（地震時に無補強でものり面全体が安定する地山）・非自立性地山（地震時に無補強では切土のり面が安定しない地山）に分かれる。

これら条件の異なる石積み擁壁ごとのり面のすべり崩壊、石積み擁壁の転倒・滑動の防止を目的とし、補強工法を選定している。設計方針として、「鉄道構造物等設計標準・同解説 土構造物」（以下「土構造標準」）に準拠し、所定の安全性（L1地震時）及び復旧性（L2地震時）を満足するよう行った。今回の補強工事の要求性能ランクは表一の性能ランクⅡを求められている。

### (2) 補強工法

施工報告箇所は切土擁壁で非自立性地山と判定された石積み擁壁を対象とする。今回の施工記録を報告す

表一 要求性能ランク

	性能ランクⅠ	性能ランクⅡ	性能ランクⅢ
要求性能の水準	常時においては極めて小さな変形であり、L2地震動や極めて稀な豪雨に対しても過大な変形が生じない性能を有する構造物。	常時においては通常の保守で対応できる程度の変形が生じるが、L2地震動や極めて稀な豪雨に対しても過大な変形が生じない性能を有する構造物。	常時においては変形は許容するが、L1地震動や年に数度程度の降雨に対して継続しない程度の性能を有する構造物。
適用の例	例えば、省力化軌道を支える土構造物に付帯した擁壁	例えば、重要度の高い線区の有軌床軌道を支える土構造物に付帯した擁壁	例えば、一般的な線区の有軌床軌道を支える土構造物に付帯した擁壁

る石積み擁壁部の補強工法の概略図を図-2に示す。

中径棒状補強工は石積み擁壁前面より石積み部は径 $\phi$  200 mmのコアドリル、地山部分は径 $\phi$  165 mmのケーシング（リングビット径 $\phi$  172 mm）で削孔機を用いて二重管削孔を行い（図-3）所定の孔壁を確保する。その中にセメントミルク（ $\sigma_{28} = 24 \text{ N/mm}^2$ ）を注入し、充填後D19～D29の鋼棒を挿入する工法である。

擁壁前面はモルタルを吹き付け、石積みの不陸を取り、石積み擁壁を模した受圧板を設置する。鋼棒と受圧板は、支圧板・フラットナットにて締付け（締付けトルク 10 kN～20 kN）補強材を定着させ完了となる（図-4）。

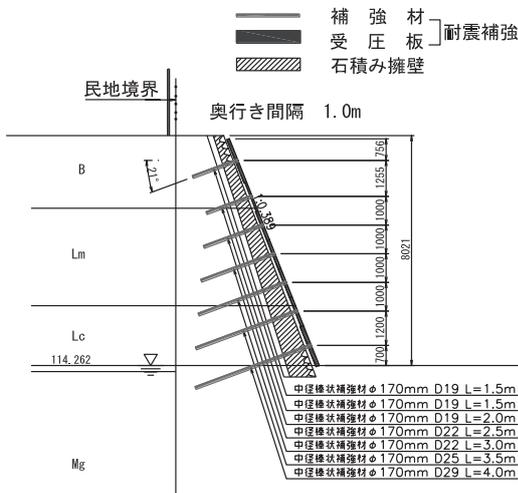


図-2 補強概略図

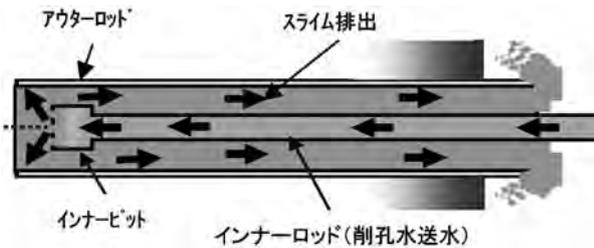


図-3 二重管削孔機構図

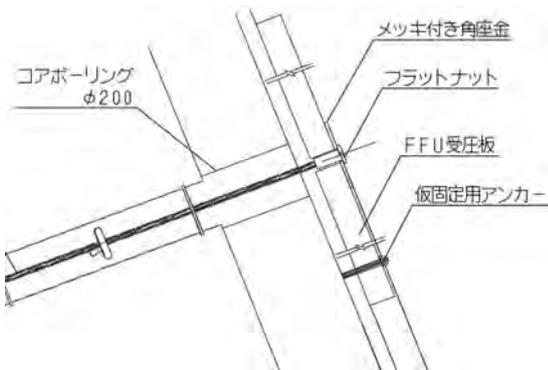


図-4 頭部定着状況模式図

### 3. 現況及び施工条件, 周辺環境

#### (1) 現況

丸ノ内線を開業するため、用地を切土掘削し、切土面に石積みを配置した形状のものが多く、ほとんどが線路真横に点在している（写真-1）。

#### (2) 施工条件

現状の石積み擁壁と軌道の建築限界は、全体的に約1.3mと近接しており（図-5）、標準の削孔機を使用した場合、建築限界を支障してしまう。



写真-1 現場現況

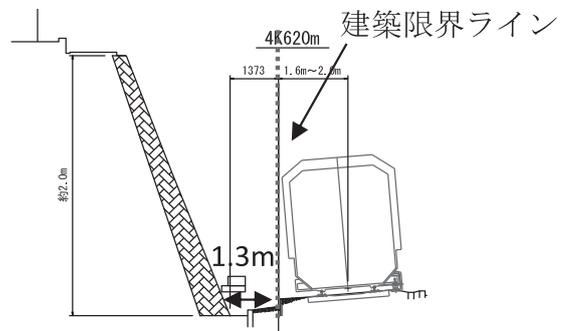
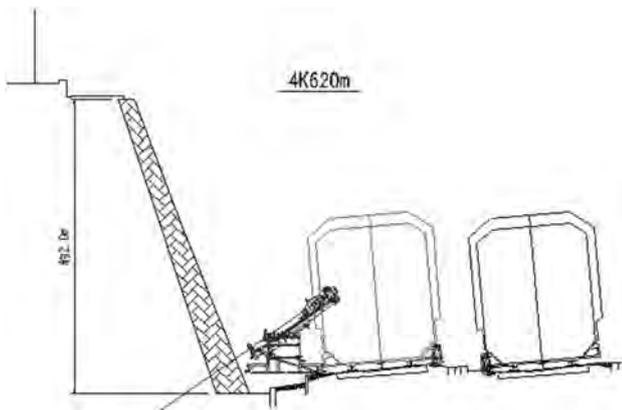


図-5 線路内現況図

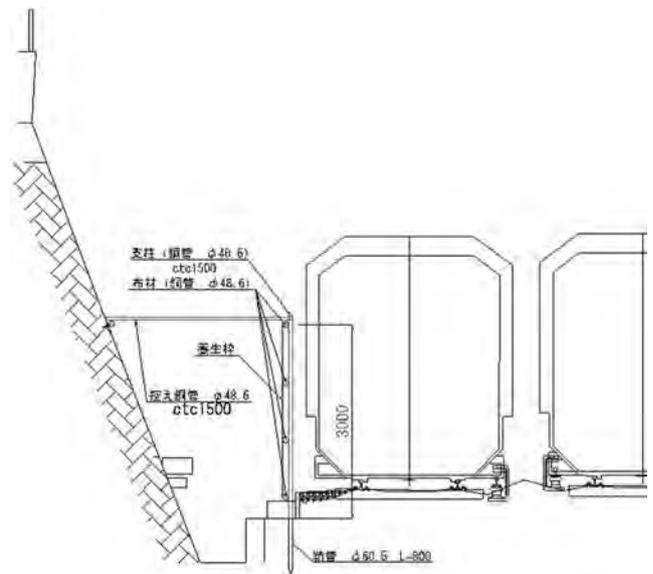
また、建築限界を支障しての作業では作業スペースの確保は可能であるが、列車の運行していない時間帯（線路閉鎖間合い）での制約を受ける。この場合、準備片付けを含めて1:00～4:00の間しか作業ができないため、実質的には1日に3時間の作業時間が確保できないことが課題として挙げられた（図-6）。

#### (3) 周辺環境

石積み擁壁はどれもほぼ民地との境界に近接して位置し、石積擁壁背面の土地には、マンションや家屋などの住宅が密集しており、線路を挟むような形で存在する。



図一6 ロータリーパーカッションドリル施工状況



図一7 線路防護網構造図

丸ノ内線保守工事のための日々の夜間作業に対する苦情が多い地域のため、すべての作業を夜間線路閉鎖間合に依存した場合、苦情による作業の中断の可能性も懸念されていた。

また、線路に隣接する道路もなく、一般車・歩行者が線路を横断するための跨線道路はあるが、道路復員も5mと狭く、通行車両も積載重量2t未満に限られる交通規制がかけられている。

このような施工環境を踏まえ、なるべく昼間に工事を行うことが、工程の短縮、騒音による苦情の低減につながると判断し、可能とする施工方法の検討を進めることとなった。

#### 4. 施工方法・施工機械

##### (1) 線路内仮設工

耐震補強工事の施工に先立ち、作業員が営業線運行中に作業を行えるよう、線路防護網を設置した。線路内への資材の飛散・風散、作業員の立入を防止すると共に、列車運転手へ不安を与えないよう、線路防護網は高さ3mとした(図一7)。

材料は単管パイプ・養生枠を使用し、石積み擁壁からオールアンカーにて、支柱ごとに控えを設置し、線路側へ倒れるような事の無い様、堅固な構造とした(写真一2)。



写真一2 線路防護網現況写真



写真一3 ロータリーパーカッション削孔機

##### (2) 小型削孔機の製作

石積み擁壁背面地山の削孔を行うに当たり、下部の施工は標準のロータリーパーカッション削孔機(写真一3)では大きすぎ(機械幅3.0m重量約2.5t)、線路防護網と石積み擁壁の間には入りきらない為、施工スペースが1.2mで施工可能な小型の削孔機を制作した(写真一4)。

制作に当たっては、通常の中径棒状補強工で使用す



写真一4 小型削孔機 (SSB-1000)

る削孔機を小型化するのではなく、鋼管削進工のベビーモール工法で使用する推進機を二重管削孔できるように改造を施した。通常の削孔機には削孔機本体に動力部、操作盤が組み込まれているが、採用を検討した推進機は本体、操作ユニット、動力ユニットと分割されており、本体は削孔機構のみなので1.2 mまでの小型化が可能であった。本体重量も0.7tにまで軽量化することができた（図-8～10、写真-5）。

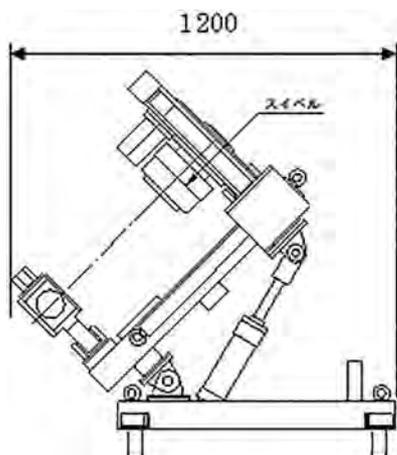


図-8 小型削孔機 本体

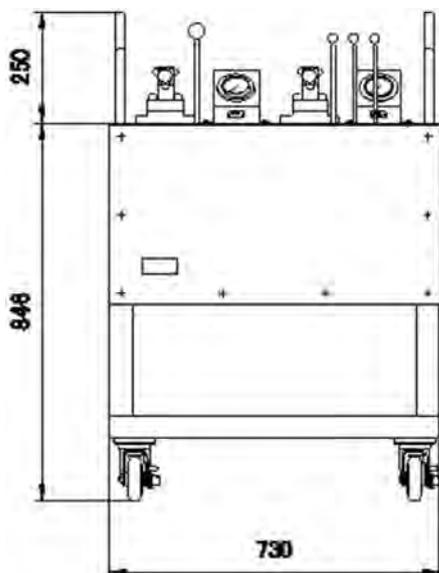


図-9 操作ユニット

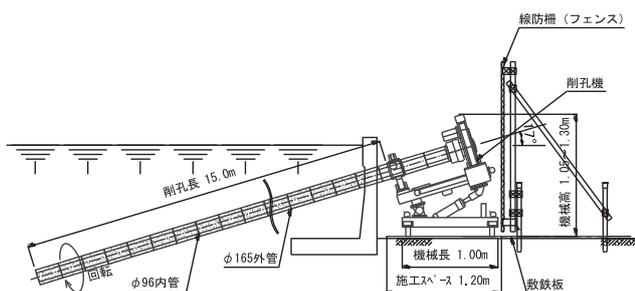


図-10 試験施工状況図



写真-5 動力ユニット

機械の小型化同様、使用するケーシングも通常1.0 mのものを0.25 mで制作した（写真-6）。

また現場搬入前に仮想の石積み擁壁と線路防護網を設置し、試作機を用いて施工試験を行った（写真-7）。

土質条件はN値 $\leq 5$ のローム・火山灰質粘土層であり、削孔時のトルク・回転数、削孔時間等を確認し、十分な能力があると判断した。その際、施工性を向上させるための意見を抽出し、再度改良を施し、現場での施工に反映した。



写真-6 ケーシング 0.25 m



写真-7 試験施工時 状況写真

### (3) 中径棒状補強工の現場での施工

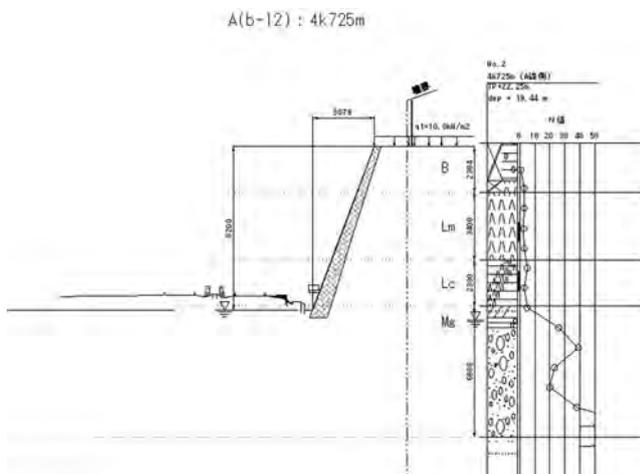
平成 28 年 4 月より、実際に現場へ施工機械を搬入し、施工を行った（写真—8）。



写真—8 施工状況

線路防護網と石積み擁壁に挟まれた狭隘な環境ではあったが、1日に削孔長 4.0 m の中径棒状補強材を 2 本完了することができた。実際の進捗として、狭い環境下での施工のため、機械の移動・据付に時間がかかり、今回のような結果となった。

石積み擁壁背面の土質条件は図—11 のようになっていたが、N 値  $\geq 5$  の砂礫層の削孔も特に問題なく削孔できた。



図—11 土質柱状図

## 5. 作業中の保安体制

作業中は列車の安全運行を確保する目的で以下のような保安体制を実施した。

### (1) 施工場所周辺の養生

線路側への資材の飛散防止を目的とし作業開始前に施工場所付近に飛散防止ネットを設置し、作業終了時には撤去することとした（写真—9）。



写真—9 養生状況



写真—10 列車見張員配置状況

### (2) 列車に対する注意喚起

作業中は列車見張員を配置し、列車接近時は作業員に無線及び拡声機を用いて伝達するようにした（写真—10）。列車接近の合図を受けた場合は、作業を中断し待避姿勢を取ることで、列車運転手に不安を与えないよう徹底した。

### (3) 緊急事態発生時の対応

列車運行時間帯に資機材の飛散・風散、仮設物の転倒などにより、列車運行を阻害するような事象が発生した場合、列車の安全確保が最優先となる。当現場に於いては緊急事態発生時に、走行中の列車に危険を早急に伝達する設備として列車停止装置を設置し、作業を行っている（写真—11, 12）。

## 6. おわりに

現在の鉄道路線は首都圏における生命線である。現場の施工を円滑に進めることに注視し、列車の運行を阻害するようなことが発生すれば、利用者・発注者へ多大なご迷惑をお掛けするのみならず、規模によっては社会的影響が大きく、当社の信用を損なうことにも



写真—11 列車停止装置



写真—12 列車停止装置発光状況

繋がりがねない。

当現場においては労働災害のみならず、列車の安全な運行も含めた安全管理が重要であると考えます。

今回の施工場所では労働災害、列車運転を阻害するような事象は発生していないが、今後も、工事完了まで事故は絶対に起こさないことを念頭に、施工を進めていきたいと考えている。

JCMA

[筆者紹介]

平木 智明 (ひらき ともあき)  
佐藤工業㈱  
メトロ後楽園作業所

