

首都直下地震対策（盛土耐震補強）

御茶ノ水防災対策工事における壁面自在移動式足場の開発と実用化

須賀克巳・土屋尚登・塚田堅士

JR 東日本では、阪神淡路大震災（1995年1月）、三陸南地震（2003年5月）、新潟中越地震（2004年10月）などを踏まえて、ラーメン高架橋柱、橋脚、トンネル等の耐震補強対策を進めてきた。これらの対策効果もあり2011年3月11日に発生した東日本大震災では被害を受けたものの高架橋やトンネル等に大きな被害はなかった。

2012年4月から首都直下地震に備えた耐震補強対策として、今まで実施してきた耐震補強に加え、盛土などの耐震補強にも着手している。ここでは、中央線御茶ノ水駅付近の神田川に沿って実施している盛土耐震補強工事において、鉄道および河川のさまざまな制約条件を克服した「壁面自在移動式足場（通称：コゲラステーション）」（以下、移動式足場という）の開発と実用化について報告する。

キーワード：鉄道近接工事、首都直下地震対策、盛土耐震補強、壁面自在移動式足場、急速施工、安全施工

1. はじめに

首都直下地震に備えた耐震補強対策として、山手線、中央線などの首都圏を走る主要な幹線9線区（延長約220km）内の高さ6m以上の盛土が含まれる延長約20kmの区間で盛土の耐震補強を実施している。御茶ノ水駅付近の盛土耐震補強は、神田川に沿った約1.2km（昌平橋～水道橋間）の盛土区間を計画している（図-1）。

2. 御茶ノ水駅付近の概要

（1）御茶ノ水駅付近の変遷

今回の施工範囲である御茶ノ水駅付近は、明治37年に飯田橋・御茶ノ水駅間に複線開業し、明治45年

に御茶ノ水・万世橋（当時）に延伸開業されている。その後、昭和7年に御茶ノ水・両国間に別線開業し、昭和8年に台地側は既設の土留擁壁を取り壊し、台地を削り取り土留擁壁を新設、河川側では神田川に沿って土留擁壁を旧土留擁壁に添わせる形で新設し、拡幅することで御茶ノ水・飯田町（当時）が複線から複々線への改良工事が行われている。線路は途中で快速上り線が緩行上下線の下をトンネルで交差する複雑な構造となっている。

（2）地形と地質、周辺環境

御茶ノ水駅付近は、武蔵野台地東端部の洪積台地と東京低地との接縁部に位置し、豊島台地の中に含まれる本郷台地の尖端にあり、北方を除く三方向は沖積低地で囲まれている。線路は図-2のとおり、造成運

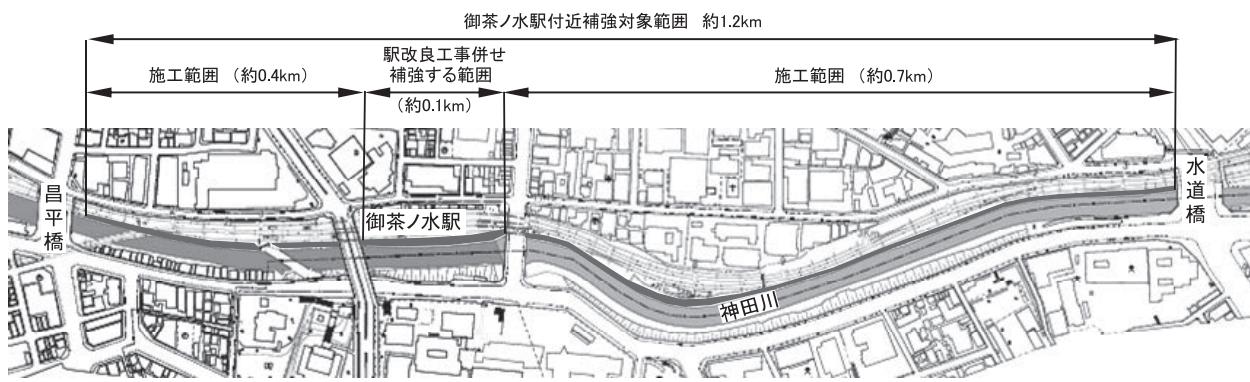
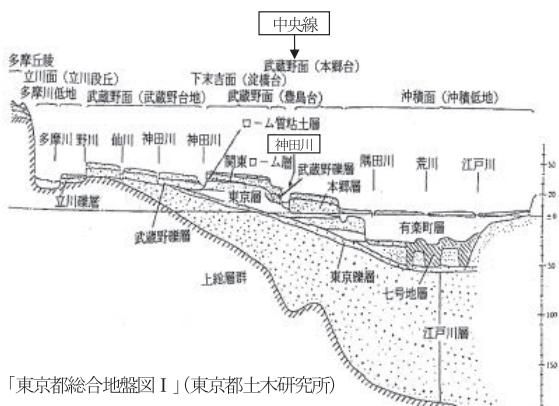


図-1 御茶ノ水駅付近対策範囲

図一2 模式地層断面図¹⁾

河（1620年頃）である神田川の掘削部の斜面を利用して敷設されており、本郷台地は上から新規ローム層、本郷層の段丘堆積物（砂・砂礫）、東京層（粘土・砂質土）、東京礫層、江戸川層（砂）で構成されている。また、周辺環境として、学校、病院、オフィス等があることから、防音シートの設置や低騒音型機械を使用して防音に努めている。

（3）過去の災害

御茶ノ水駅付近はこのような厳しい地形条件であることから、過去に地震や台風等の降雨により大きな災害が発生している。

大正12年に発生した関東大震災では、御茶ノ水駅



図一3 関東大震災の被害状況断面図



写真一1 関東大震災時の被災状況

付近の盛土・切土が崩壊し、崩壊した土砂が神田川を閉塞したとの記述が残されている（崩壊延長80m、崩壊面積約5,700m²）。幸いにも列車が走行していなかったため、列車の被害は発生していない（図一3、写真一1）。

また、平成5年に発生した台風11号の豪雨により、路盤が延長約100mにわたり最大16mの深さで陥没し、長時間にわたって列車の運休が余儀なくされた（写真一2）。



写真一2 台風11号の被災状況

3. 盛土耐震補強の概要

御茶ノ水駅付近は、これまでにも災害復旧や防災対策工事を繰り返してきたが、中央線の輸送密度、長期運転阻害による社会的影響を考慮し、今後発生が想定されている首都直下地震に備えて耐震補強対策を実施することとしている。

御茶ノ水駅付近の盛土耐震補強工事は平成25年に着手し、概ね4年間の工事を予定している。

今回の盛土耐震補強は、線路下土中に棒状補強材を設置し、表面に格子枠のり面工等を施し原地盤と盛土

補強方法（標準）		
代表的な対象箇所		

図一4 代表的な対象箇所と標準的補強方法

を一体化させることで、大規模地震時の崩壊を防止することを目的としている。

棒状補強は、 $\phi 170$ mm で削孔した後、グラウトを充填して、長さ15 m 程度（最大23 m）の補強鋼材（ $\phi 32 \sim 36$ mm）を挿入する。水平間隔は1 m ~ 25 m で2 ~ 4 段を配置する。

今回、1.2 km の区間全体で約2500 本の棒状補強を予定している。施工箇所における標準的な盛土耐震補強の概要を図一4に示す。

4. 河川協議の条件と課題

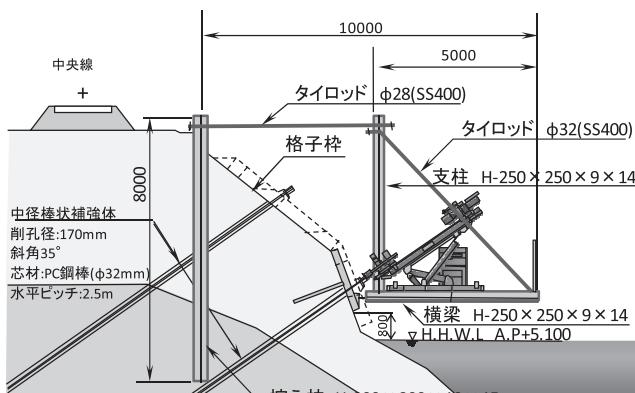
今回施工する棒状補強は、全て河川側からの施工となるため、河川上の作業用足場等が必要となる。しかし、河川管理者との協議の結果、河川増水時の安全管理より川の流れを阻害する河川内の作業構台は許可されなかった。また、作業足場の設置高さは、計画高潮位（HH WL）より800 mm 以上確保が求められた。しかし、棒状補強は補強角度や補強長など定められた設計条件と、それを施工するための機械性能および作業条件より、作業床が計画高潮位+800 mm 以下となる場合が生じる。よって、増水時には早急に上方へ退避することができる作業足場が必要となった。

5. 作業足場の開発

(1) 開発する作業足場の選定箇所

施工区間の約4 割に当たる延長約500 m は、コンクリート土留擁壁が垂直に切り立つ区間（70°~90°）となっている。それ以外の区間の構造はさまざまだが、斜面構造である。斜面区間については固定式の張出し足場を設置することとした（図一5、写真一3）。

よって、今回開発する作業足場は、垂直に切り立つ擁壁区間に選定することとする。



図一5 固定式張出し足場の概要



写真一3 張出し式固定足場の設置例

(2) 作業足場の開発条件

河川協議の条件を満足し、目的の盛土耐震補強を行うことができる作業足場を開発することとした。

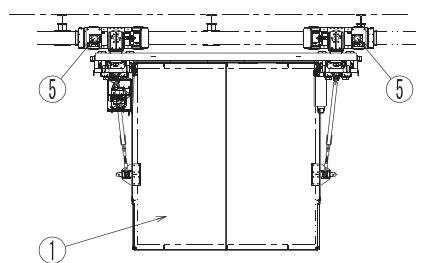
開発時に設定した条件および性能を以下に示す。

- ① 計画高潮位より800 mm 以下であっても増水時に速やかに上方に移動できる構造および機能
- ② 移動式足場の支柱設置角度は70°~90°とし、作業床を水平に調整できる構造および機能
- ③ 棒状補強に必要な機械設備等を積載できる構造（最大積載5t、作業床の広さ5 m × 5 m 程度）
- ④ 棒状補強の設置間隔および段数に合わせて上下左右に移動できる構造および機能
- ⑤ 「過積載防止」「異常加速防止」「逸走防止」など安全面に対応した設備および機能

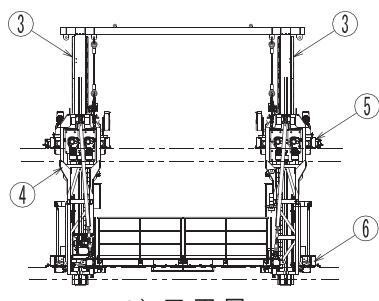
(3) 開発した移動式足場

開発した移動式足場の主要諸元は以下の通りである。移動式足場の構造を図一6に示す。

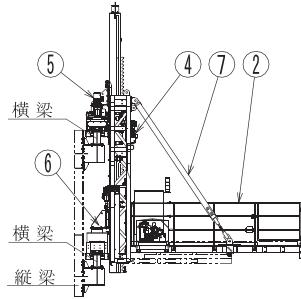
- (a) 作業用足場（作業床）5,000 mm × 5,000 mm
- (b) 最大積載荷重 5,000 kg (1,000 kg/m² 以下)
- (c) 支柱設置角度 70°~90°
- (d) 昇降ストローク長 5,000 mm
- (e) 昇降速度 1 m/min
- (f) 水平移動速度 3段階切替)
 - ◇低速 : 1 m/min
 - ◇中速 : 2 m/min
 - ◇高速 : 3 m/min
- (g) 動力 3相 200 V 50 Hz
- (h) 総重量 13,500 kg
- (i) 各種安全機能・装置（主な装置）
 - ◇積載荷重超過検出
 - ◇水平制御装置
 - ◇異常加速・傾斜防止検出
 - ◇障害物検知
 - ◇各種警報装置



a) 平面図



b) 正面図



c) 断面図

図-6 移動式足場の各構造部材名称

図-6に示す主な各構造部材の名称

- ①作業用足場（作業床）
- ②手すり
- ③支柱（マスト）
- ④昇降装置
- ⑤移動装置 駆動車輪ユニット
- ⑥移動装置 従動車輪ユニット
- ⑦角度調整ロッド

6. 移動式足場の実用化

(1) 実物動作確認試験

今回開発した移動式足場は、計画から開発・導入まで、約1年を費やした。

本工事への導入前に、現地壁面状態を再現した実物大の動作確認試験を実施し、構造や各機能および安全装置などについて確認を行った。試験の状況を写真-4に、移動装置を写真-5に示す。試験の結果、ほぼ計画通り上下水平の移動、操作性、安全面において十



a) 移動足場上昇時の状況



b) 移動足場下降時の状況

写真-4 移動式足場実物試験の状況



c) 水平方向の移動装置



d) 上下方向の移動装置

写真-5 上下左右の移動装置

分な性能を有していることが確認された。

(2) 移動式足場の設置

下記手順の①、②については線路内より（写真-6）、手順③～⑥は河川よりクレーン台船にて設置し



写真一6 縦梁設置状況（線路内より）



写真一7 作業床設置状況（河川より）



写真一8 稼働を開始した移動式足場

た（写真一7）。設置作業は鉄道工事の特条より夜間作業にて行った。

写真一8に設置が完了し稼働を開始した移動式足場を示す。

【主な設置の手順】

①縦梁の設置

既設擁壁にあと施工アンカーにて縦梁を設置する。

②横梁の設置

縦梁に設置されているブラケットに横梁（移動式足場走行用レール鋼材）を設置する。

③水平移動装置の設置

横梁に水平移動装置を設置する。

④支柱・昇降装置の設置

支柱と昇降装置等を事前作業で組立てた後、水平移動装置に設置する。

⑤幅止め部材の設置

左右支柱の上端および下端に、幅止め部材を設置する。

⑥作業床の設置

マストと角度調整ロットに作業床を設置する。

（3）棒状補強の施工

移動式足場は、棒状補強の施工1編成に対して2台を一組とし、1台目に削孔機械および補強材等を搭載し、他の1台には発電機や油圧ユニット等の動力機材を搭載した。また、2台の移動足場の作業床間には、安全に行き来できる通路を設置した。

90°（垂直）に設置した箇所の施工状況を写真一9に、70°に設置した箇所の施工状況を写真一10に示す。



写真一9 90°で設置した個所の状況



写真一10 70°で設置した個所の状況

（4）移動式足場実用化の結果

移動式足場は、平成26年4月に1号機、5月に2号機が現地に搬入され、平成26年8月より2台1組（1・2号機）で稼働を開始した。その後、3号機、4号機を平成26年10月より、5号機、6号機を平成26年12月から稼働させ、現在は3編成（6台）で本格稼働

している。

2015年3月現在の棒状補強の進捗は、全体計画約2,500本に対し、1,385本（約55%）が完了している。各施工足場における棒状補強の進捗内訳を表一1に示す。

表一1 棒状補強工の進捗内訳

作業足場区分	計画	完了	進捗率
直面部（移動式足場）	780本	400本	51.3%
斜面部（固定式足場）	1,720本	985本	57.3%

（5）課題と得られた技術的知見

（a）課題と改善結果

開発計画時、実物試験より、導入前に改良・改善を済ませた結果、実用後の大きな課題は発生していない。

開発当初から重要視した課題は、移動式足場を設置する既設壁面の構造が不連続性であり凹凸が大きいため、走行レールの進行方向の変化や、設置誤差等への対応方法についてであった。

レール変化点の対応については、機械の走行装置にボギー台車方式を採用することで、走行方向の角度追従性機能を向上させた。上下レール間隔の変化に対しては、マストと台車の連結部にサスペンション機能を付加することで、そのクッション性により、レール間隔変化への追従性と走行時の安定性を向上させた。結果、現場導入時にはその効果を十分に發揮し問題は生じていない。

また、安全装置類の稼働または故障時などに、その発生原因や位置がモニターで確認できる仕様に改善することで、発生時の迅速な対応が可能となり有効であった。

（b）実用化の結果得られた知見

開発機械の諸元設定は、スペックと機械構造および施工重量等のバランスが密接した関係にあり、特に、導入後に生じる改良や諸設備の増設などを踏まえると、機械性能の余裕代は出来る限り大きい方が有利である。

しかし、スペックを上げると、機械重量が増加し仮設も大規模となる。また、スペックを下げると、機械重量、仮設規模は小さくなるが、搭載重量や施工機械性能等が制約され施工性が著しく低下し、性能を最大限に発揮できない場合が考えられる。

よって、機械の諸元設定が導入後の工事進捗等に大きく影響を与えるため、実作業を踏まえた事前の詳細な計画・検討と改良や追加作業等ができる限り想定した機械の諸元および余裕代の設定が重要である。

7. おわりに

御茶ノ水駅付近の防災対策工事は、非常に難易度の高い工事であるが、首都直下地震対策の一環として、社会的に早期完成が強く望まれる工事である。

そこで、今回開発した「壁面自在移動足場」は多くの厳しい制約条件を満足させ、その期待を受け当現場に平成26年8月より導入され、3編成が本格稼働をしている。

現在その実績は、当初予想を上回り早期完成に大きく寄与している。

本工事は2年が経過し、今後も難易度の高い施工が継続するが、お客さまに安全で安定した輸送を提供するとともに、品質にも留意し、迅速な施工により早期に盛土耐震性能の強化を図って行きたい。

謝 辞

本開発にあたり、御指導と貴重な意見、アドバイスを頂いたJR東日本の関係者の皆様、そして、壁面自在移動足場の製作と本工事関係者の皆様に感謝申し上げる。

JCMA

《参考文献》

- 1) 東京都土木技術研究所：東京都総合地盤図I
- 2) 土屋尚登、塚田堅士：首都直下地震対策（盛土耐震補強）御茶ノ水防災対策工事、土木施工、Vol.55、pp49-52、2014.09
- 3) 藤原、橘内、土屋、浜崎：御茶ノ水駅付近の鉄道盛土の耐震補強工事、基礎工、pp52-56、2015.04

【筆者紹介】

須賀 克巳（すが かつみ）
東鉄工業㈱
東鉄・鉄建・鹿島共同企業体
現場代理人



土屋 尚登（つちや なおと）
東日本旅客鉄道㈱
東京支社 施設部 耐震補強対策室
担当部長 耐震補強対策室長



塚田 堅士（つかだ けんじ）
東日本旅客鉄道㈱
東京支社 東京耐震工事区
工事区長

