

新潟県中越地震における JR 上越線盛土災害復旧報告

萩原 義雄*1・高村 圭一*2

概 要

2004 年 10 月 23 日に発生した新潟県中越地震は、橋りょう、トンネル、土構造物等の鉄道構造物に大きな損害を与えた。震源地に近い JR 上越線越後川口・小千谷間においても多数の斜面崩壊が発生した。本報告では、北魚沼郡川口町天納地区で発生した盛土崩壊について報告する。復旧においては、ジオテキスタイル補強土擁壁を採用することにより、早期復旧という最大の目的を達成するとともに、恒久復旧および性能向上も実現できた。

キーワード：新潟中越地震，盛土崩壊，早期復旧，性能向上，恒久復旧

Restoration report of the damaged embankment on the JR Joetsu line after the Niigata Chuetsu Earthquake

Yoshio HAGIHARA*1 Keiichi TAKAMURA*2

Abstract

The Niigata Chuetsu Earthquake on October 23, 2004 severely damaged railway structures including bridges, tunnels and earth structures. Between Echigo-Kawaguchi and Ojiya on the JR Joetsu line, near the epicenter, a lot of slopes collapsed. This paper reports the collapse of an embankment near the Tenno district in Kawaguchi-Machi, Kita-Uonuma Gun. The restoration project used retaining walls with soil reinforced with geotextile. As a result, the top priority of quick restoration was achieved and the embankment was permanently restored and improved.

Keywords: Niigata Chuetsu Earthquake, collapse of embankment, quick restoration, performance improvement, permanent restoration

*1 Design Group(#2), Civil Engineering Technology Department, Engineering Division

*2 General Manager, Civil Engineering Technology Department, Engineering Division

新潟中越地震における JR 上越線盛土崩壊災害復旧方向

萩原 義雄*1・高村 圭一*2

1. はじめに

2004 年 10 月 23 日、新潟県中越地震(震度 7)が発生し、各地に甚大な損害をもたらした。震源地に近い、小千谷市および川口町では、多数の斜面崩壊が発生した。本報告では、JR 上越線越後川口・小千谷間で発生した盛土崩壊の復旧事例について述べる。

2. 被害状況

(1) 被害箇所の地形

当該箇所は、信濃川本流と魚野川合流部の下流側の湾曲した信濃川右岸に位置し、小千谷市と北魚沼郡川口町の境界付近で国道 17 号線と近接、並行している区間であり、震源地から南側に約 5km の地点である。図-1 に位置図を、崩壊箇所遠景を写真-1 に示す。この付近は、信濃川から東山丘陵、越後山地へと続く河岸段丘が発達し、国道 17 号線、上越線とも第一段丘面上を並行している。信濃川右岸は、第三紀～第四紀の海成堆積層であり、当初より崖状に攻撃浸食されており、当該箇所では崩壊による露頭によって砂岩・シルト岩の互層が信濃川に



図-1 位置図



写真-1 崩壊箇所遠景

向かって流れ盤となっている。

崩壊箇所は上越線軌道部で幅 50m 程度の沢地形となっており、信濃川へと注ぐ小河川(石田川)の溜まり池をのり尻とした比高約 40m の盛土区間であり、用地境界には高さ 7m 程度の重力式擁壁が設置されていた。

(2) 被害状況

上越線被災箇所では国道 17 号線中央部を頭部として、盛土を含む表層 3m 程度の土砂がのり尻の溜まり池に向かって崩落し、軌道は幅 40m にわたって路盤が完全に流出し、線路が宙吊り状態になった(写真-2, 3)。また、用地境界の重力式擁壁は崩落土砂に押し出され移動・転倒するとともに、打継ぎ位置で破断していた(図-2)。

3. 復旧方法

被災状況、周辺地形および地質ボーリングの結果から判断して、盛土の崩壊は盛土基礎地盤を構成する堆積岩層内でのすべりによるものではなく、地震動による盛土体そのもののせん断変形に起因するものであると位置付けられた。

*1 エンジニアリング本部 土木技術部 設計第二グループ

*2 エンジニアリング本部 土木技術部 部長

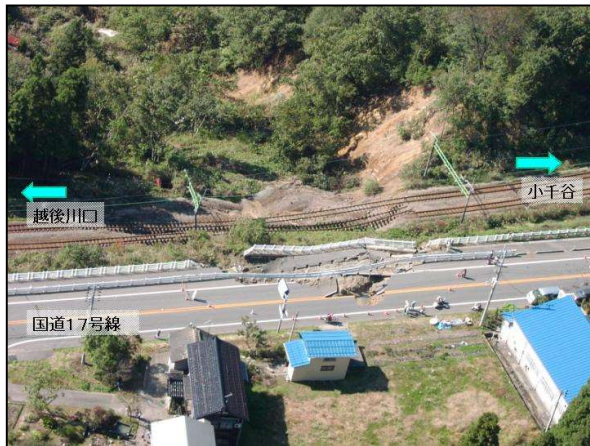


写真-2 崩壊状況(上空写真)



写真-3 崩壊状況(軌道部)

このため、盛土基礎地盤に対しては抑止工などの対策工を施す必要がなく、軌道部の復旧のみを進めることとした。復旧方法としては、早期復旧を最優先条件とし、可能な限り恒久復旧が実現できる工法を検討した。その結果、①橋りょう案と②補強盛土工案の2案について比較することにした。

(1) 橋梁案

橋りょう案は、崩壊土砂を撤去後に橋台2基の構築を行い、PC箱桁の架設を行なうものである(図-3)。この工法を採用する長所は、土工量が少なくなることである。しかし、橋台の構築および上部工架設に工期を要してしまう短所がある。復旧までの概算工程は90日である。

(2) 補強盛土案

補強盛土案は、崩壊土砂を撤去後、軌道部に

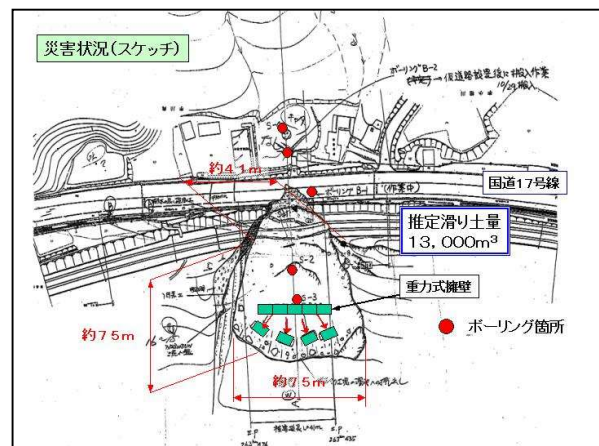


図-2 崩壊状況(スケッチ)

補強盛土を施工するものである(図-4)。

本工法の長所は、工程的に有利であることである。しかし、橋りょう案に比較して土工量が多くなる短所があり、復旧までの概算工程は60日である。

復旧方法比較表を表-1に示す。

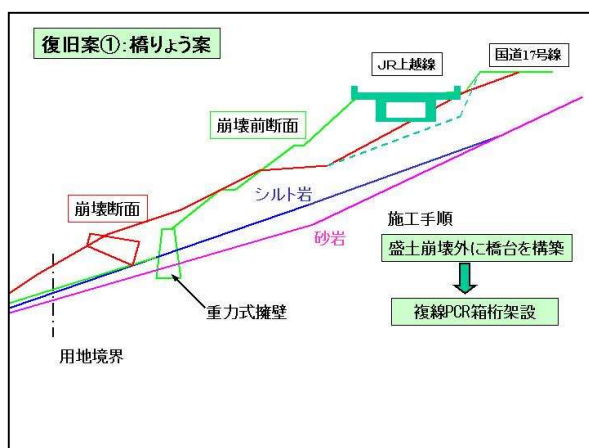


図-3 復旧方法：①橋りょう案

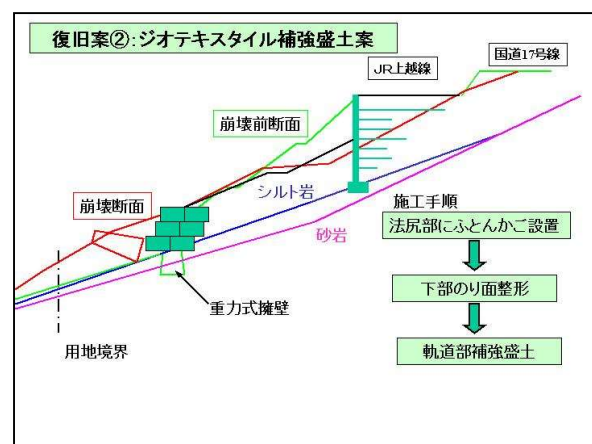


図-4 復旧方法：②補強盛土案

表－１ 復旧方法比較表

	(1)橋りょう案	(2)補強盛土案
長所	・ 土工量が少ない	・ 工程的に有利
短所	・ 工程を要する ・ 経済性に劣る	・ 土工量が多い
工程	90 日	60 日
評価	△	◎

(3) 復旧方法の決定

検討の結果、両案共に早期復旧および恒久復旧を実現できる復旧方法であるが、工期について①橋りょう案では 90 日、②補強盛土案では 60 日となり、工期上優位である②補強盛土案にて復旧を行なうこととした。

補強盛土には曲げ剛性を有する一体の壁面工と面状補強材(ジオテキスタイル)を用いた RRR-B 工法を採用することにした。この工法の採用理由は以下の通りである。

- ①急勾配の盛土のり面を構築できるため、土工量が少なくなる。
- ②ジオテキスタイルを密に配置するため、盛土材の適用範囲が広い。
- ③剛性の高い一体の壁面工を用いるため、盛土の安定性が高く耐震性が高い。

④鉄道盛土として十分な実績を有する。

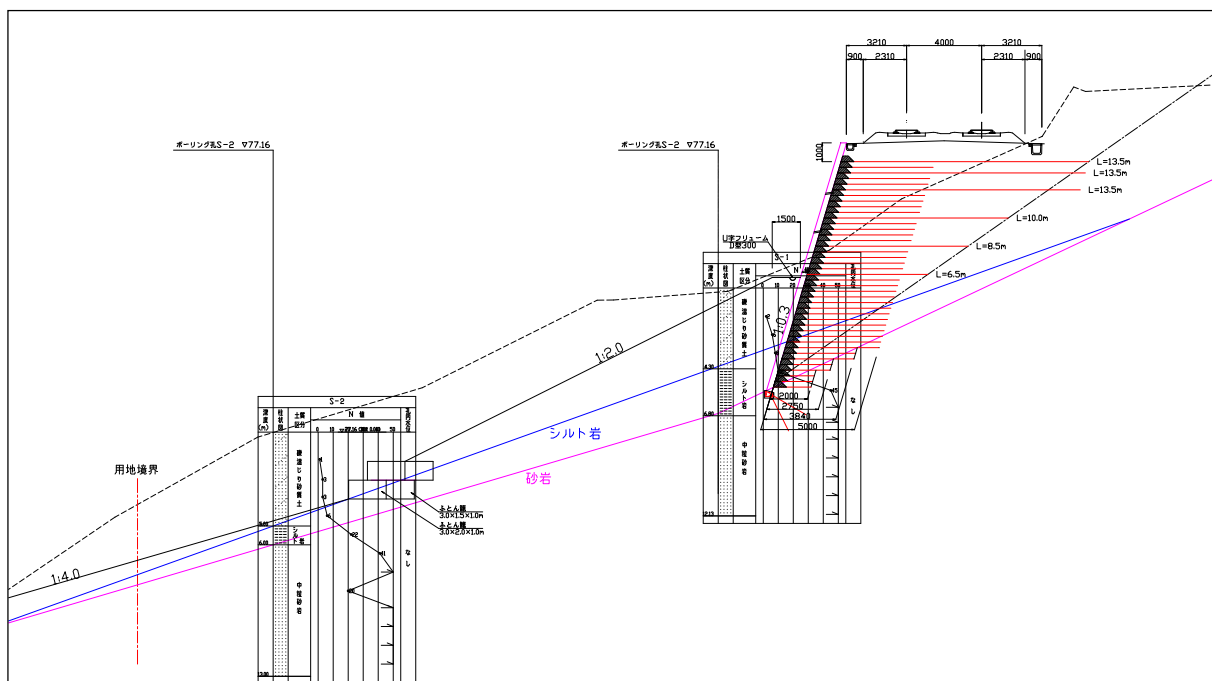
早期復旧が最大の目的であるため、盛土量を極力抑えて施工速度を上げる必要があり、13m に及ぶ盛土を一気に盛り立てられる RRR-B 工法は目的に合致する有効な工法である。また、安定性、耐震性に優れているため、復旧された盛土体の性能向上を図れることとなり、早期復旧および恒久復旧に加え、大きな価値を付加するものである。

復旧においては、崩積土を除去して鉄道盛土の基礎地盤を形成し、補強盛土工の盛り立てを行なうものとした。また、鉄道盛土から河川側のり面は、鉄道盛土と切り離して考えられるため、必要以上の崩積土の除去を回避する目的で、鉄道用地より鉄道側へふとんかごを用いてのり留めを設置し、1:2.0 の緩勾配でのり面整形を行なうものとした(図－5)。

4. 復旧工事報告

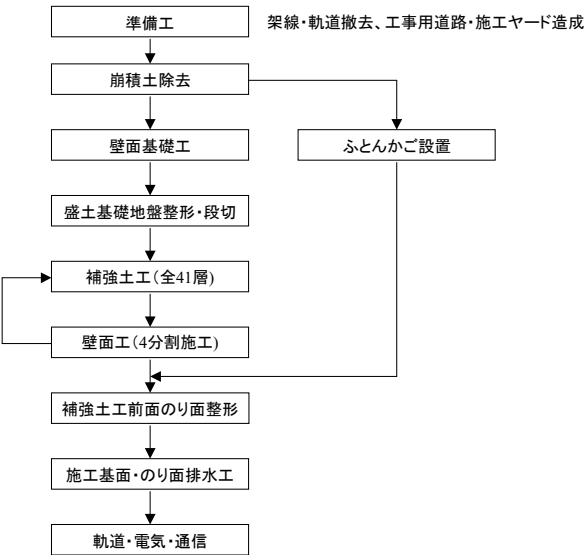
4. 1 施工手順

復旧工は、①架線・軌道撤去後、国道17号線より施工箇所まで工事用道路を取り付け、②崩積土の除去・場外搬出から開始した。崩積土の除去後、③壁面工及び補強土工の基礎地盤床

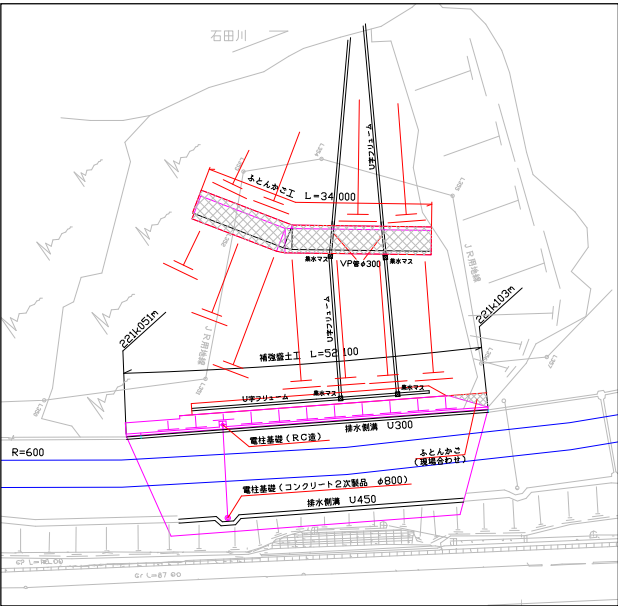


図－５ 補強盛土断面図

付け、段切を行い、壁面工基礎構築後から④補強土工の盛り立てを行なった。補強土工の盛り立ては連続して行い、それに並行して⑤壁面工の構築(4分割施工)を行なって、施工基面までの盛り立て、壁面工の構築を完了させた。また、補強土工の盛り立てと並行して、⑥のり留め用のふとんかごの設置、補強土工前面ののり面を仕上げた。その後、⑦施工基面上の排水工、のり面排水工を施工して、軌道・電気・通信への引渡しを完了した。施工手順図を図－6に、復旧全体平面図を図－7に、工事数量を表－2に示す。



図－6 施工手順図



図－7 復旧全体平面図

表－2 工事数量

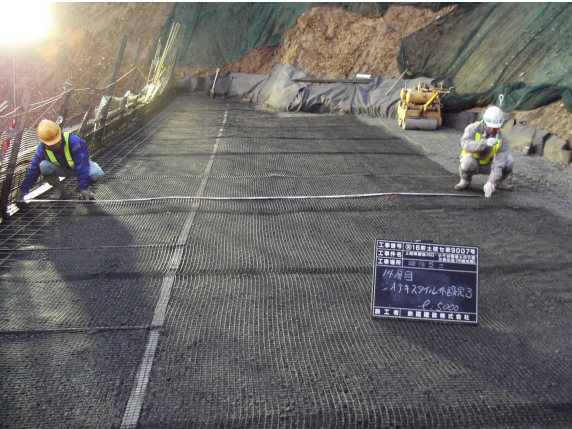
工 種		単 位	数 量
1	伐木処理	m ²	5,600
2	崩積土除去	m ³	8,820
3	のり面工	m ²	2,800
4	ふとんかご設置工	m ²	240
5	補強盛土工	m ³	4,620
6	ジオテキスタイル	m ²	10,640
7	基礎工・壁面工	m ³	295
8	のり面排水工	m	140
9	施工基面排水工	m	120

4. 2 補強盛土

補強土工の施工箇所は、沢地形部であるため盛り立て高さは一様ではなく、最大盛り立て高さは 13m であり、最大盛り立て層数は 41 層である。補強土工におけるジオテキスタイル(鉛直間隔 0.3m、設計基準強度 Ta=52.0kN/m)の敷設長は基本敷設長が 5.0m であり、1.5m 間隔で敷設する全層敷設ジオテキスタイルの敷設長は 5.0～13.5m である。写真－4にジオテキスタイル敷込み状況を示す。

(1) 盛土材料

盛土材料は購入土とし、鉄道構造物設計標準に定められた基準を満足し、天候に左右されず透水性の良い、盛土材料として良質なクラッシュャーラン(G-CLS)を使用した。このことにより、排水層部分と盛土層部分を区別なく盛土材のまき出しをすることが可能となり、補強材の敷設長も比較的短くすむため、地山掘削量を減ずることができ、工期短縮を図ることができた。また、透水性のよい盛土材を使用した結果、ワーカビリティが向上し更なる工期短縮を実現



写真－4 ジオテキスタイル敷込み状況



写真-5 補強盛土材盛りたて状況

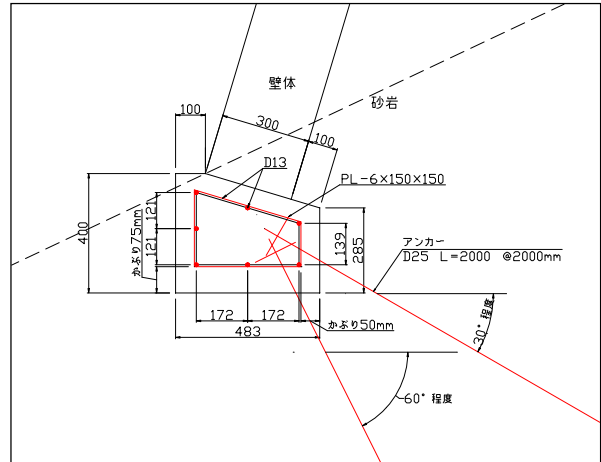


図-8 基礎詳細図

することができた(写真-5)。

(2) 壁面工

壁面基礎は、砂岩上に岩着することとし、岩線に合わせ階段状に設置した。図-8に基礎形状を、図-9に壁面工展開図を示す。壁面は、基礎より 1 : 0.3 の勾配で立ち上げ、厚さ 300mm、最大壁高 13.18m の場所打ち鉄筋コンクリートとした。図-10に壁面工配筋図を写真-6、7に壁面工施工状況を示す。

(3) 盛土管理

盛土の締固め管理は、平板載荷試験によって行った。管理基準値は、下部盛土で K_{30} 値を 70MN/m^3 、上部盛土で K_{30} 値を 110MN/m^3 以上とした。表-3に平板載荷試験結果を示す。盛土材にクラッシャーランを使用しているため、締固め状況は良好であり、平板載荷試験結果は、管理基準値をすべて満足するものであった。

4. 3 のり面工

補強盛土の前面については、崩壊土砂の搬出を少なくするため、用地境界にふとんかご工を設置し 1 : 2.0 の勾配でのり面整形を行った。のり面排水工としては、コルゲートフリューム(A型 350)を布設した。写真-8にふとんかご設置状況、写真-9にのり面排水工を示す。

4. 4 工事工程

平成16年10月23日の地震発生直後から、現地調査・復旧方法の検討を開始し、11月8日から架線・軌道の撤去を行い、11月14日には工



写真-6 基礎施工状況



写真-7 壁面工施工状況

事用道路の造成が完了した。11月15日からは崩積土の除去・場外搬出を行い、 $8,820\text{m}^3$ の崩積土の除去を11月24日に完了した。その後、壁面工の基礎地盤の床付け、基礎の構築を11月26日に完了し、11月27日より補強土工の盛り立てを開始した。全41層の盛り立てのう

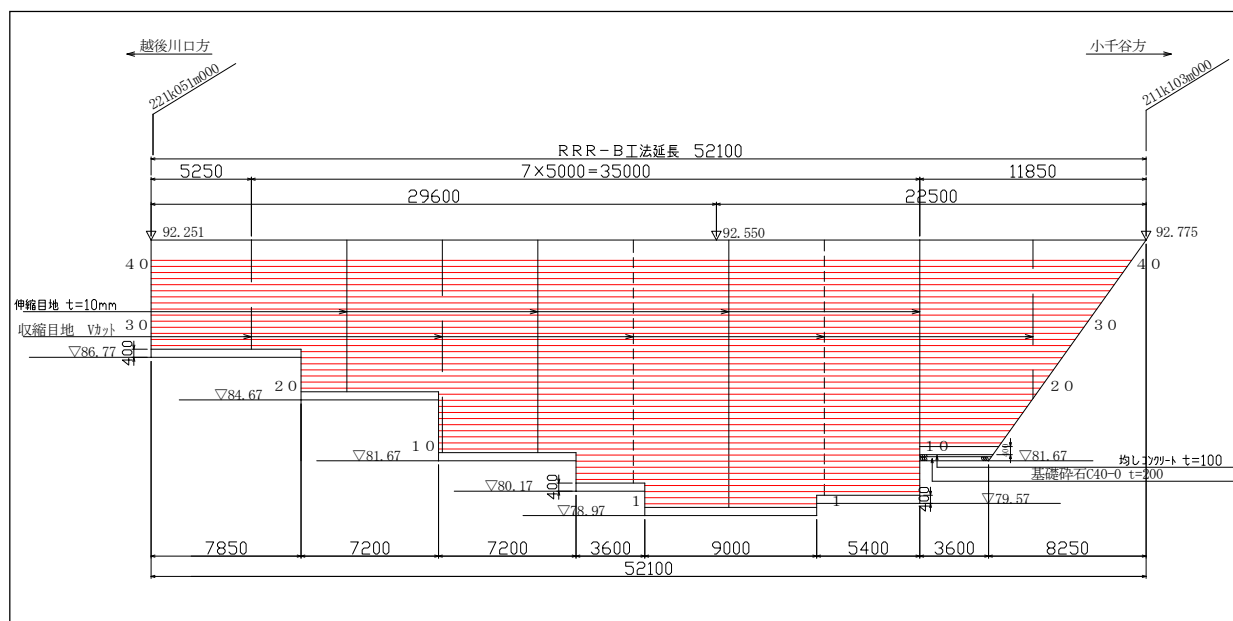


図-9 壁面工展開図

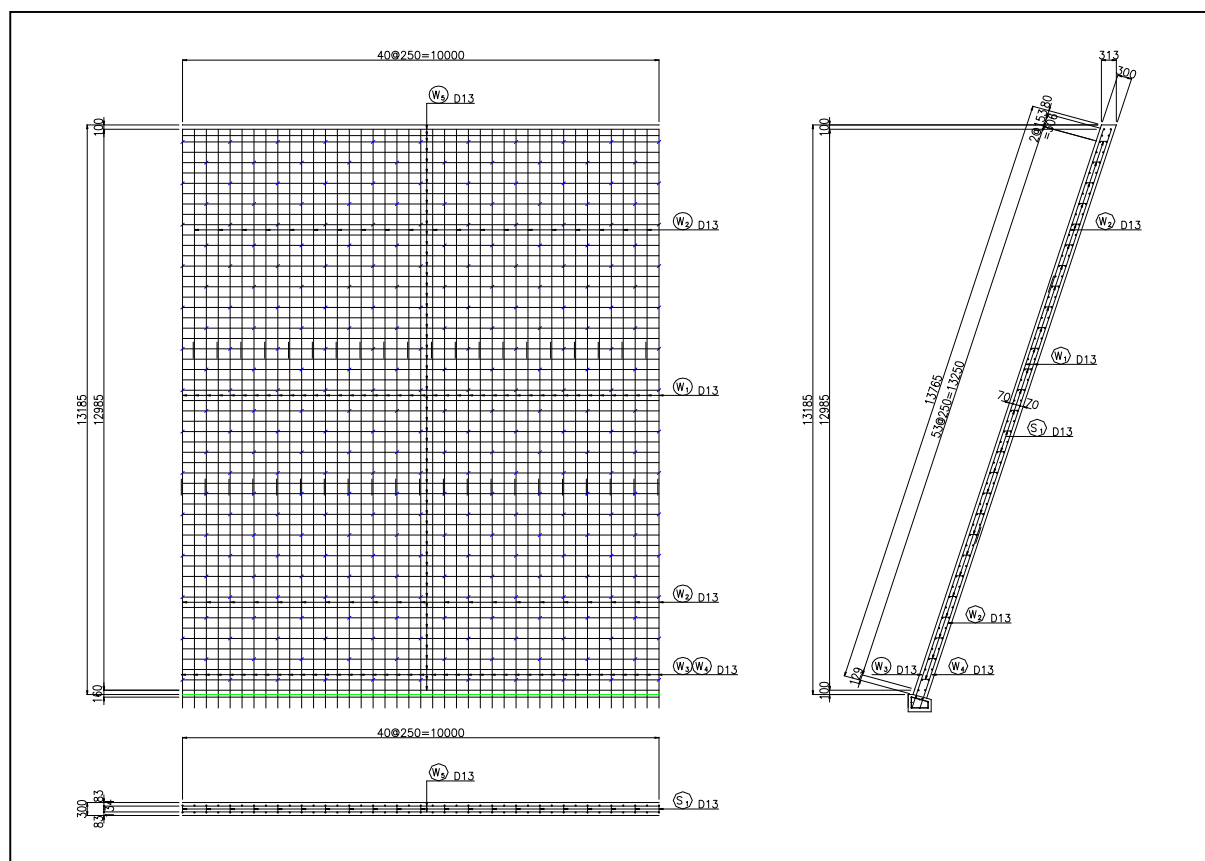


图-10 壁面工配筋图

ち 31 層完了後に第 1 回目の壁面工の施工を行い、盛り立てに合わせて壁面工の施工を行なうて、12 月 10 日に全層盛り立てを完了し、12 月 11 日に壁面工の構築を完了した。更に、施工基面上の排水工、のり面排水工を 12 月 15 日に完了し、12 月 17 日に軌道・電気・通信へ

の引渡しを行なった。その後、12月26日に試運転を実施し、翌日の12月27日に上り線での運転再開となった。地震発生から約2ヶ月で軌道復旧までの完全復旧を完了した。表-4に工事工程表を、写真-10に復旧完成を示す。

表－3 平板載荷試験結果

		単位：MN/m ³				
		下り線側	中 央	上り線側	平 均	基 準 値
下 部 盛 土	2 8 層 目	1 8 4	2 1 6	1 9 2	1 9 7	> 7 0
	3 3 層 目	1 4 4	1 8 4	1 4 4	1 5 7	> 7 0
上 部 盛 土	3 6 層 目	1 4 4	1 4 4	1 4 4	1 4 4	> 1 1 0
	3 9 層 目	2 0 0	1 4 4	1 3 6	1 6 0	> 1 1 0
	上 層 1 層 目	1 5 2	1 5 2	1 6 8	1 5 7	> 1 1 0
	上 層 6 層 目	1 7 6	2 0 0	1 7 6	1 8 4	> 1 1 0



写真－8 ふとんかご設置状況



写真－9 のり面排水状況

5. まとめ

従来の盛土災害復旧においては、仮復旧を行い、仮開通後、再度、恒久復旧を実施していた。本施工においては、ジオテキスタイル補強土擁壁の採用により、盛土の急勾配での施工を可能とし、土工量を減少させるとともに、盛土材を良質で、透水性の良い材料とすることでワーカビリティを向上させて更なる工期短縮を図り、恒久構造物を構築した上で、早期復旧という最も大きな目的を達成した。更に、盛土を補強土擁壁とすることによって、安定性、耐震性、耐降雨性の向上等、性能向上も合わせて実現することができた。



写真－10 復旧完了全景

表－4 工事工程表

工 種	11月												12月											
	1	5	10	15	20	25	30	1	5	10	15	20	25	30	1	5	10	15	20	25	30			
準備工	■																							
崩壊土除去													■											
ふとん管設置工													■											
壁面基礎工													■											
盛土基礎地盤整形・段切り													■											
補強盛土工													■											
壁面工													■											
補強盛土前面のり面整形													■											
施工基面・のり面排水工													■											
工事完了																								運転再開