

既設道路盛土の地山・盛土補強土工法による耐震補強（法先補強）

耐震設計 盛土 補強土工法

○復建調査設計(株)
 神戸大学大学院
 東京理科大学
 (株)複合技術研究所
 ライト工業(株)
 神戸市

正 中西 典明
 国 ○澁谷 啓, 国 片岡沙都紀
 国 龍岡 文夫
 正 小阪 拓哉 正 鈴木 聡
 歳藤 修一
 田尻 英之, 上辻 和樹

1. はじめに

玉坂トンネルは坑口上部のパラペットに大きなひび割れが多数あり、漏水痕、エフレッセンスの析出、壁面の傾斜なども見られ、極めて危険な状態であった(写真1)。また、パラペットには排水施設がないため常時にもパラペット背面に地下水が滞留しスレーキングを助長している可能性が考えられた。さらに、排水機能が無いことが降水時に盛土内水位を上昇させる原因となっていた。調査結果に基づく順解析によると当盛土のり面の安全率は $F_s=1.003$ であり盛土内の水位上昇で不安定化する可能性が懸念されていた。これらに基づき、盛土の補強とともにパラペットの撤去取り壊しと排水機能強化が必要であると判断した¹⁾。以下、これらの諸課題の解決策の一つとしてトンネル坑口直上に施工した補強土擁壁について報告する。



写真1 パラペットの状況

2. 工法選定

2.1 法先擁壁と盛土安定

緊急対策として盛土上部の排土を行い当面の安定(安全率 $F_s=1.16$)を確保した(図1)。しかし、この対策だけでは常時の安定を満足するには至らなかった。上記のとおり、トンネル坑口上部のパラペットの撤去も必要であり、撤去施工時および撤去後に恒久的な安定を確保することが必要である。パラペット背面をのり面処理した場合の常時安全率を計算した(図2, 図3)。図1に示す通りパラペット背面を1:1.5のり面で処理した場合、常時は $F_s=1.14$ 、L2地震時 $F_s=0.74$ と必要安全率を満足しないことが分かった。これに対し、法先に擁壁を用いて盛土を設置すれば抑え盛土的効果が期待でき全体の安定に有利に働くことから、パラペット撤去後のり先に擁壁を設置して盛土の抑えとする対策を検討した。しかし、安定解析を行ったところ(図4)、L2地震時 $F_s=0.77$ となり、この対策だけでは盛土の安定を確保できないことが分かった。

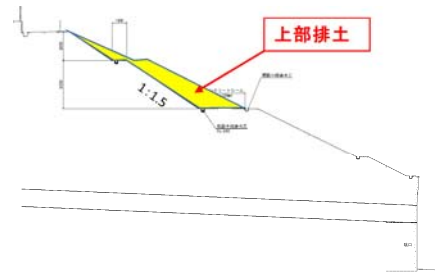


図1 上部排土状況

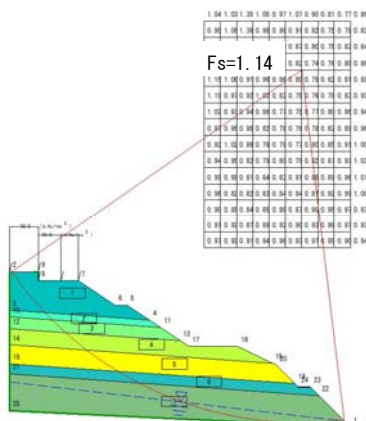


図2 常時検討算断面

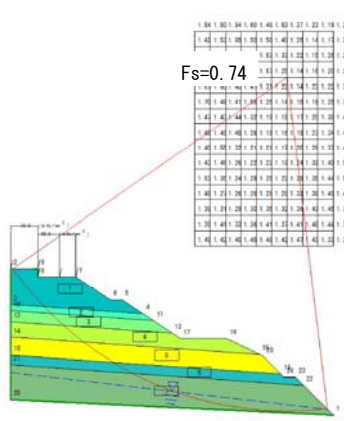


図3 地震時検討算断面

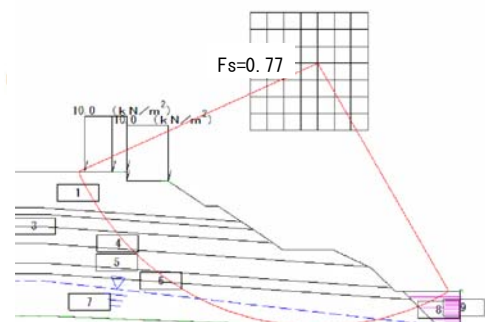


図4 法先擁壁設置時地震時検討断面

Aseismic Reinforcement of Existing Road Embankment by Natural Ground and Embankment Reinforcement Method (Background and Investigation)

Nakanishi, N, (FUKKEN Co.,Ltd.), Shibuya, S., Kataoka, S. (Kobe University), Tatsuoka, F., (Tokyo Univ. of Science), Kosaka, T.Suzuki,A. (Integrated Geotechnology Institute Ltd.), Toshito, S., (Raito Kogyo), Tajiri, H., kamitsuji, K., (Kobe City)

上記より、盛土安定にはのり面対策と法先対策の両方を行う必要があると判断した。表1の選定表に示すように、盛土はボックスカルバート上に設置されているため通常のアンカーの打設はできないことを考慮して、①盛土上部での比較的短い補強材によって盛土を安定化する地山補強土工法（ロータスアン

表1 法先およびのり面対策工法選定表

| 工法 | 地盤改良による抑止 | 補強土擁壁+ロータスアンカー | ボックス延伸+盛土安定勾配 |
|-------|-----------|----------------|---------------|
| 一般図 | | | |
| 盛土内排水 | △ | ◎ | ○ |
| 対策効果 | ○ | ○ | ○ |
| 施工性 | △ | ○ | × |
| 経済性 | △ | ○ | — |
| 総合評価 | △ | ○ | — |

カー工法)と②のり先部での剛な壁面工を持つジオテキスタイル補強土擁壁の組み合わせを選定した。

2.2 法先擁壁工法の選定

法先の擁壁構造については、もたれ式擁壁と補強土擁壁を比較した。

施工時の擁壁背面掘削のり面がもたれ式擁壁の場合1:0.5の急こう配となり掘削面の安定性が保てないことやもたれ式擁壁の場合、擁壁を通しての排水性能が補強土擁壁に劣ること等を考慮して補強土擁壁を選定した(表2)。

2.3 剛な一体壁面工を有する補強土擁壁の適用

当サイトの法先の擁壁は計画擁壁直下に幹線道路があることや盛土内の地下水位上昇が盛土不安定化につながる恐れが高いことなどの現場条件から次の要件を満足する必要がある。(1)破壊モードについては①破壊時に直下の通行車両に被害を与えない。②部分的な破壊が全体に波及しない、③土のこぼれ出しを許容しない。(2)排水性能として①高い排水性能によって盛土内の地下水位上昇を抑制する。(3)補強性能として地山補強土工法と一体となってレベル2地震動に対し安定である。(4)施工時に盛土を不安定化させないこと。という条件を満足する必要がある。上記の要件を満足する工法として道路盛土では適用事例の少ない「剛な一体壁面工を有する補強土壁工法」(図5)を採用した。特に、この工法では剛な一体壁面工を用いることによって擁壁の安定性を失うことなく下部のジオシンセティック補強材を比較的短くできることから、腹づけ工事では既設盛土の掘削量を小さくできる。また、剛な一体壁面工は、補強盛土自体を建設後それに固定したコンクリート表型枠を用いてコンクリートの現場打ちによって建設するため、壁面の前方を占拠しない。これらの特徴から、本工法は上記の要件が必須である本現場での腹づけ工事に適している。

3. 考察

当現場の既設盛土では多くの不具合が進行していたため、これまでは道路盛土への適用事例が少なかった短い補強材を用いる地山補強土工法と剛な一体壁面工を持つジオシンセティック補強土擁壁を用いて、図7に示すように補強することにし、平成27年3月に竣工した(図6)。

ジオテキスタイル補強土擁壁のレベル2設計地震動に対する安定性は、Newmark法等によって残留変形を算定して十分に小さいことを確認している²⁾。しかし、道路盛土であることから、盛土全体の地震時安定性は設計水平震度0.2に対して極限つり合い法で検討した。今後道路盛土でも、レベル2設計地震動に対する耐震性の照査をNewmark法などによって算定した残留変形に基づいて行うのが合理的であろう。

参考文献： 1) 澁谷啓ら(2015)：既設道路盛土の地山・盛土補強土工法による耐震補強(背景と調査)，第50回地盤工学研究発表会，札幌。 2) 鈴木聡ら(2015)：既設道路盛土の地山・盛土補強土工法による耐震補強(設計)，同上。

表2 法先擁壁工選定表

| もたれ式擁壁 | 剛性壁補強土工法 |
|--------------------------------|-------------------------------|
| 排水性能に劣る 施工時の擁壁背面地山が不安定 × | 排水性能に優れる 施工時の擁壁背面地山安定 ◎ |

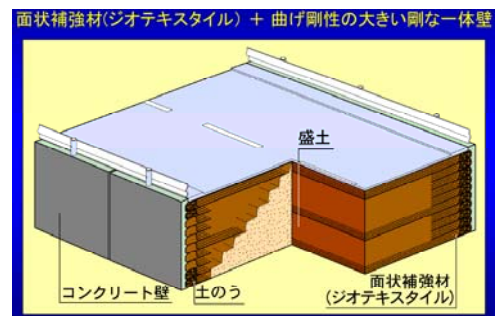


図5 剛な壁を有する補強土工法概要図

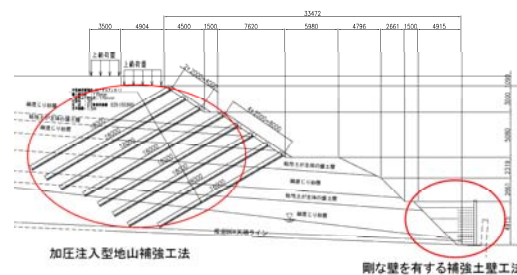


図6 玉坂トンネル盛土補強対策工