特集≫ 防災,安全・安心を確保する社会基盤整備

ジオテキスタイルを用いた震災時の道路段差軽減工法ジオブリッジ工法

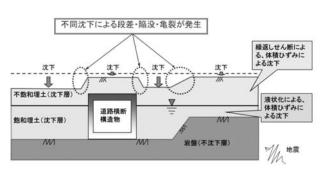
山内崇寛

ジオブリッジ工法(以下「本工法」という)は、大規模地震後の道路段差が原因で、災害復旧に必要な緊急車両が走行不能となる事態を防止するため、緊急車両輸送路の整備を目的とした道路段差軽減工法である。本工法は、補強土壁等で一般的に使用されているジオテキスタイルに特殊加工を施し、中詰材の砕石を包み込み、布団状にした補強マットを多層に敷設し、不同沈下により発生する道路段差をなだらかに緩和させる新しい工法である。大掛かりな工事の必要はなく、従来工法と比較して工期・コストを半減させることが可能である。

キーワード:緊急輸送路,液状化,道路段差,不同沈下,ジオテキスタイル

1. はじめに

大規模地震時では、道路盛土(埋土)で低土被りの地中横断構造物境界や切盛境界が存在する場合には、地盤の液状化や繰返しせん断による体積ひずみによる地盤沈下が発生した場合、不同沈下により車両の走行性を遮断する道路段差が発生する場合がある¹⁾(図—1)。2011年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地



図―1 地震時の道路段差のメカニズム



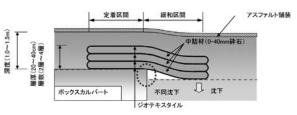
写真— 1 東北地方太平洋沖地震の被災状況 ¹⁾

震では、震度 6 を超える地域を中心として、道路段差の発生による車両の通行止めといった被害が発生した (写真 -1)。常田ら 2) によると、新潟県中越沖地震では、震度 5 強で 10 cm 程度、震度 6 弱で 40 cm 程度、さらに震度 6 強で $50\sim60$ cm 程度の道路段差が発生したと報告されている。

大規模地震が発生した場合,災害復旧活動を行う上で、ライフラインに関わる重要施設内道路や主要幹線道路の緊急車両(消防車・救急車等)の走行を確保することは、第二次災害を防止し、早期の復旧を行う上で重要な課題となる。そこで、ジオテキスタイルを用いて、事前に短期間かつ経済的に段差防止を図ることができる新しい道路段差軽減工法となる本工法を開発した。

2. 工法概要

低土被り地中横断構造物の境界部分の段差緩和を目的とした本工法の適用例を図-2に示す。本工法は、中詰材に砕石を使用してジオテキスタイルによって布団状に包み込んだ補強マットを多層連結することで、



図―2 木丁法の概要

構造部材としての適度な剛性を与えた補強土構造である。道路段差の発生が予想される境界部分に補強マットを事前に敷設し補強することで、震災時に道路段差をなだらかに緩和させ緊急車両の走行を確保することを可能とする工法である。

道路段差対策工法の比較表を表―1に示す。本工法の特徴として、柔構造で段差をなだらかに緩和させるため、従来工法の踏掛版に必要な固定点が不要である。また、中詰材料に上・下層路盤と同じ材料である粒調砕石を用いることで上・下層路盤の兼用が可能となり、掘削深度が浅く最小限のヤードで施工が可能となる。補強シートは補強土壁等に使用される耐久性の高いジオテキスタイルを使用しているため、メンテナンスが不要で耐久性に優れている。

踏掛版 地盤改良 本工法 概要図 掘削漆度が深い場合には山留 掘削が不要であり施工ヤー が最小限度で可能 掘削深度が浅く、施工ヤー めが必要になり、特に割高と なる。ジョイント部のメンラ ナンスが必要 が最小限度で可能。ジオテキ スタイルを適用することで耐 久性に優れ、メンテナンスフ 特徵 コスト Λ X 0 0 工期 Δ 0

表-1 道路段差対策工の比較表

(当社比)

以上のことから、補強対策に必要な掘削を浅く、最小限度の施工ヤードとすることができるため、供用中の既設道路の施工が容易であり、従来工法と比較してコスト・工期を半減(当社比)することが可能である。

3. 試験施工による性能評価

本工法の性能を評価するため、2 モデル(構台押上 実験・H 鋼引抜実験)の試験施工を実施した。

(1) 構台押上実験

段差の緩和に必要な補強マットの仕様の検証を目的に、構台押上実験を実施した(図一3)。仮設構台の上に、仕様の異なる補強マット(20 cm × 3 層と 30 cm × 3 層の 2 仕様)を敷設した後埋戻し、アスファルト

ジャッキアップ (10cm 間隔で 50cm まで)
20cm×3 層仕様
30cm×3 層仕様

図-3 構合押上実験

舗装を行った。構台を油圧ジャッキにより 10 cm 間隔で 50 cm まで押上げ、その段階毎に路面の形状測量を実施し、軽自動車、普通自動車、14 t 水槽付消防車を用いて走行実験を行い、補強マットの層厚・層数の違いによる補強マットの段差緩和に対する性能を評価した。

表-2に走行実験の結果を示す。補強マット30cm×3層仕様は20cm×3層仕様と比較して、緩和性に優れているのがわかる。また、走行性に関しては路面30cm以下の段差に対しては、全ての車両において走行可能であるが、それ以上では、車両と路面の腹スリ、後部接触により走行性が著しく低下し、30cm×3層仕様においても50cmの段差に対しては走行不能であった。

段差量	20cm×3層			30cm×3層		
	軽 自動車	大型 自動車 (4WD)	水槽付消防車	軽 自動車	大型 自動車 (4WD)	水槽付消防車
10cm	0	0	未確認	0	0	未確認
20cm	0	0	未確認	0	0	未確認
30cm	0	0	0	0	0	0
40cm	×	×	×	×	0	0
50cm	×	×	×	×	×	×

表一2 走行実験結果一覧

O:走行可能 ×:走行不可能

(2) H 鋼引抜実験

上記実験では、段階的に段差を発生させるため、構 台を押し上げたが、ここでは実際に地盤を沈下させた 実規模実験にて検証した(図―4、写真―2)。低土 被り地中構造物を模擬した覆工版、および沈下を発生 させる H 鋼を敷き並べた後、その上に 30 cm × 3 層の補強マットを敷設し、1.5 m の盛土を造成しアスファルト舗装を行い、埋め込んだ H 鋼の陥没 55 cm 仕様の H 鋼を引抜き(STEP 1)、その後陥没 20cm 仕様

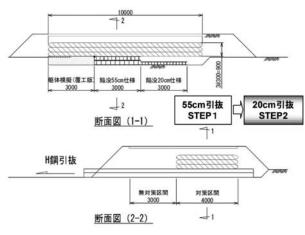


図-4 H鋼引抜実験

の H 鋼を引き抜いた (STEP 2) 引抜くことによって 路面を強制沈下させた。また、補強マットの敷設しな い無対策の実験も実施した。

図―5に日鋼引抜後の路面形状の測量結果を,写真―3に日鋼引抜後の路面状況を示す。無対策箇所では 道路段差が強制沈下量と同程度の55cm発生したのに 対し,対策箇所では道路段差が発生せず,不同沈下を なだらかに緩和することを確認した。また,構台押上 実験と同様に,軽自動車,普通自動車,14t水槽付消 防車を用いて走行実験を実施した。対策箇所ではSTEP 1,STEP 2 共に車両走行は可能であったが,STEP 2 の水槽付き消防車走行時,後部を路面に接触した。

このことから同じ段差量であっても地形的条件で走 行性が異なり、本工法を適用するにあたり段差の緩和



写真—2 H鋼引抜実験状況

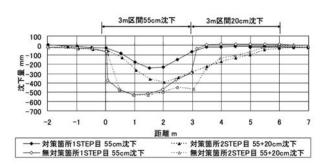
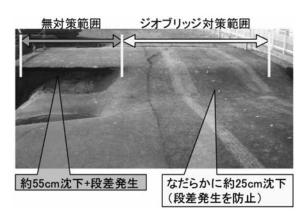


図-5 路面形状測量結果 (H 鋼引抜実験)



写真―3 H鋼引抜後の路面状況

形状を定量的に評価し、対象車両に対する走行性を評価する必要がある。

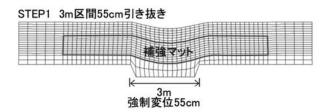
4. 設計方法の提案

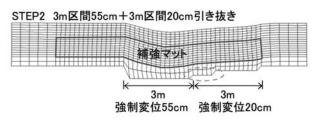
(1) FEM 弾性解析による段差緩和形状の詳細設計 方法

補強マットの緩和性を評価するため、構台押上試験で仮設構台を段階毎に押し上げた際の路面緩和形状の計測結果を基に FEM 弾性解析の逆解析を実施し、補強マット 1 層当りの変形係数を推定した。そこで求められた変形係数を用いて、図一6 に示す H 鋼引抜試験を再現した FEM 弾性解析モデルで、計測値と解析値の比較を行った。

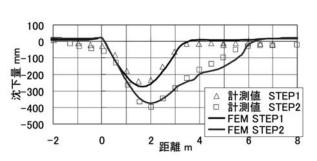
FEM 解析と計測値の比較を図一7に示す。逆解析で求めた変形係数を用いて検証した FEM 解析の値が計測値と整合しており、路面緩和形状を定量的に再現できることを確認した。この手法は、段差の緩和形状を定量的に評価するための検証解析として用いているが、地中横断構造物が複合するなど、複雑な現場条件の場合に適用できる手法であると考える。

(2) 骨組み解析による段差緩和形状の簡易設計方法 単純な現場条件に適用できる簡易な評価方法とし





図—6 FEM 弾性解析モデル(H 鋼引抜実験)

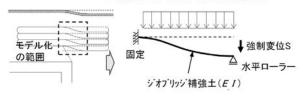


図─7 解析値と計測値の比較

て、骨組み解析による簡易設計方法に対する適用性の 検討を行った。

図―8に骨組み解析モデルを示す。同じ条件でFEM解析を実施し、段差緩和形状の解析結果の対比を行った。解析結果を図―9に示す。骨組み解析モデルとFEM解析モデルの解析結果はほぼ同程度であり、比較的単純な条件に限定されるものの、骨組み解析による段差緩和形状の評価手法として十分に適用できることを確認した。

上載荷重+ジオブリッジ自重+交通荷重



図一8 骨組み解析モデル

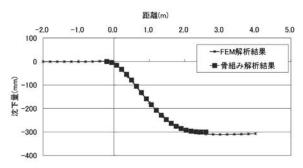


図-9 骨組み解析モデルと FEM 解析モデルの対比

(3) 段差緩和形状に対する走行性の評価方法

段差の緩和形状に対する走行性は、車種毎に異なるため、現段階で定量的な評価はむずかしい。車両の走行性を定量的に確認する1つの手法として、走行シミュレーションによる評価方法を提案する。上述した手法を用いて評価した段差緩和形状に対して、対象車両をCAD上で正確に再現し、段差緩和形状に対して



図―10 走行シミュレーション(14 t 水槽付消防車)

走行性のシミュレーションを行うものである。図—10に14t水槽付消防車に対する走行シミュレーションの一例を示す。

5. おわりに

本稿で紹介した本工法ジオブリッジ工法は、段差発生時の緩和性と車両の走行性を定量的に評価することが可能であるため、必要とされる要求性能(走行車種や走行性)に対して、工期や経済性を考慮した仕様を提案することが可能であり、複雑な現場条件でもFEM 弾性解析の適用が可能である。

本工法は、工期と経済性に優れ、施工ヤードを最小限とすることが可能であることから、供用中のインフラ関連施設内道路や基幹道路の道路段差対策工事に活用したいと考えている。本工法は平成21年3月に開発・実用化し、平成27年1月現在で重要施設内道路の路面段差対策として2件、県道の低土被り地中横断構造物境界で路面段差対策として1件に採用されている。

本工法は経済性に重点をおいているため補強マット中詰材に砕石を使用しているが、中詰材は容易に変更することが可能であるため、例えば高速道路等のように高い性能を要求された場合、中詰材に粘着性を有する材料(アスファルト再生骨材、エアミルク等)を適用することにより対処可能であるなど、様々な用途に適用できる可能性があると考えている。

J C M A

《参考文献》

- 1) 仙台河川国道事務所ホームページ, 平成23年(2011年) 東日本大震 災 応急復旧活動状況(道路), http://www.thr.mlit.go.jp/sendai/ saigai/121001_douro_fukkyuu_jyoukyou.pdf(参照2015.9.14)
- 2) 常田賢一, 小田和広, 中平明憲, 道路機能に基づく道路盛土の経済的 な耐震強化・補強技術に関する研究開発, 道路政策の質の向上に資す る技術研究開発成果報告レポート No.17-4, p7, 2008.7



[筆者紹介] 山内 崇寛(やまうち たかひろ) 前田建設工業㈱ 土木事業本部 土木設計部 リーダー