

1314 改良型ジオテキバッグ工法の性能確認試験

正 [土] ○平尾 博樹 (JR 東海) フェロー [土] 関 雅樹 (JR 東海)
正 [土] 曾田 祥信 (JR 東海) 正 [土] 中村 格之 (JR 東海)

Performance evaluation of ballasted railroad reinforced with geosynthetic bags

Hiroki HIRAO, JR central, 1545-33, Ohyama, Komaki-shi, Aichi

Masaki SEKI, JR central Yoshinobu SODA, JR central Tadayuki NAKAMURA, JR central

In order to reduce deformation of ballasted tracks during large earthquakes, a new method to reinforce ballasted tracks with stacked geosynthetic bags that are filled with ballast was conducted. In this study, some performance tests of geosynthetic bags method in various condition are conducted. In construction test on commercial lines, it is confirmed that the improved method has good workability.

Keywords: ballasted track, geosynthetic bags, railway

1. はじめに

現在、東海道新幹線では地震時の脱線防止と逸脱による被害拡大の防止を目的に、脱線防止ガードや敷設や構造物の変位を抑制する対策を実施している¹⁾。東海道新幹線の大部分を占めるバラスト軌道において、地震時に脱線防止ガードを有効に機能させ、列車の安全を確保するためには、バラストの流動を抑える必要がある(図1)。そこで、地震時のバラスト流動の抑制を目的としたジオテキバッグ工法を開発・実用化し、平成21年より本線に敷設している²⁾。

本研究では、ジオテキバッグ工法の適用範囲の拡大と施工コストの低減を目的に、ジオテキバッグ袋の形状、ジオテキバッグの積み方などジオテキバッグ工法の改良を検討した。実物大スケールの振動台試験により、改良型ジオテキバッグ工法が要求性能を満たすことを確認した。

2. 研究の背景

2.1 ジオテキバッグ工法の特徴

ジオテキバッグ工法とは、バラストを詰めたジオシステック製の編目袋(ジオテキバッグ)を積上げ、補

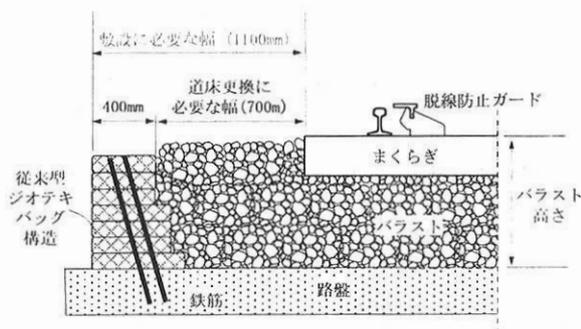


図1 脱線防止ガードとジオテキバッグ構造

強鉄筋を貫通させることでバラスト止めの機能を有する構造体(ジオテキバッグ構造)を敷設するものである。

従来型の標準的なジオテキバッグ構造を図2に示す。ジオテキバッグ構造は、ジオテキバッグおよび路盤に貫入した鉄筋とジオテキバッグ相互のかみ合わせにより一体となって地震動に抵抗する構造である。ジオテキバッグ袋の張力により内部のバラストが拘束されことで、各層のジオテキバッグのせん断強度が増加する³⁾。

また、以下の点で施工性に優れることから、コスト面でも有利な構造である。

- ・想定する地震の規模、現地の状況に応じて、積上げ層数や鉄筋本数を制御できるため柔軟な施工が可能
- ・現地のバラストをジオテキバッグに使用できるため、保守用車による材料運搬が発生しない。また、作業の規模が比較的小さく作業に伴う線路の占有を抑えられるので、弾力的かつ効率的な施工が可能

2.2 従来型ジオテキバッグ工法の課題

従来型のジオテキバッグ構造では、構造上、線路横断方向に400mmの幅が必要になる。さらに、新型道床更換機(NBS)による道床更換作業に必要な幅(700mm)を考慮すると、1,100mmの幅が必要となる(図1)。このため、バラスト肩幅の狭い箇所では、従来型のジオテキバッグ

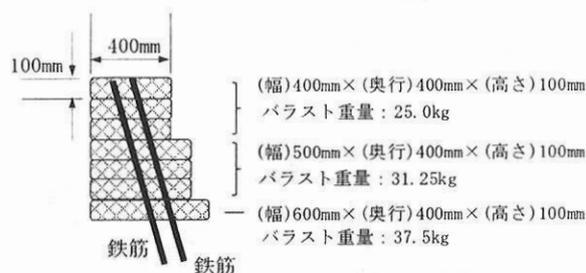


図2 従来型ジオテキバッグ構造

工法を適用できない。

また、従来型ジオテキバッグ工法では、ジオテキバッグの積上げ層数を最大7層としている。ジオテキバッグの積上げ層数が8層以上となるバラスト高さ(まくらぎ天端から路盤上面までの高さ)800mm以上の箇所においては、地震時に十分な性能を発揮できないおそれがあるため従来型ジオテキバッグ工法を適用できない。

3. 改良型ジオテキバッグ工法の検討

そこで、バラスト肩幅の狭い箇所、バラスト高さの大きい箇所においても、ジオテキバッグ工法を適用できるようにジオテキバッグ工法の改良を検討した。

改良型ジオテキバッグの従来型からの変更点は以下のとおりである。

- ・ジオテキバッグの寸法を変更することでジオテキバッグ構造の幅を縮小
- ・バラスト下層を支持層とすることでバラスト高さの大きい箇所においても7層構造を実現

3.1 ジオテキバッグ袋の形状の改良

改良型のジオテキバッグ袋は、従来型の袋の編目数を調整することで、層の厚みを100mmから150mmに、ジオテキバッグ構造体の幅を400mmから300mmにした(図3)。従来型に比べ幅が100mm小さくなり、ジオテキバッグ積上げ層数は7層から5層になる。

3.2 バラスト下層の支持力補強工法の検討

ジオテキバッグ構造が地震時の受動土圧に対し一体の構造体として抵抗するためには、鉄筋を貫入した支持層(従来型の場合の路盤)の支持力が重要な役割を果たす。そこで、バラスト高さの大きい箇所では、バラスト下層に十分な支持力を与え支持層とする構造を検討した。施工箇所によっては、既設の設備が敷設されているところもあり、現地の状況を考慮してバラスト下層の支持力補強方法を検討した。図4はその一例である。

これにより、バラスト下層に十分な支持力を確保でき

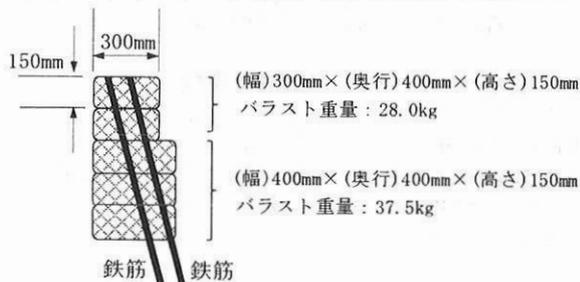


図3 改良型ジオテキバッグ構造

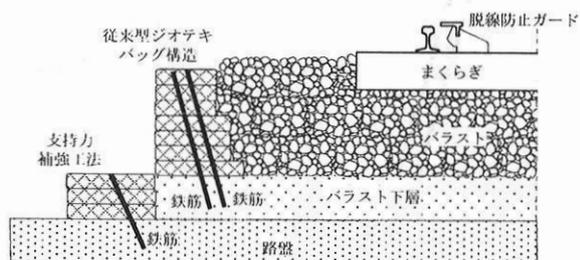


図4 バラスト下層の支持力補強工法の例

るので、バラスト高さが大きい場合も従来型7層構造(改良型5層構造)を適用できる。

4. 大型振動台による加振試験

4.1 試験条件

改良型ジオテキバッグ工法の耐震性能を確認するため、大型振動台を用いた加振試験を実施した(写真1)。実施した試験ケースの概要を表1に示す。

入力地震動として図5に示す想定東海地震波(G3地盤・盛土天端応答、最大左右加速度1338gal)を用いた。試験では、まくらぎ中央上面およびジオテキバッグ上端部の変位を測定した。

それぞれのケースの供試体の概要を図6に示す。

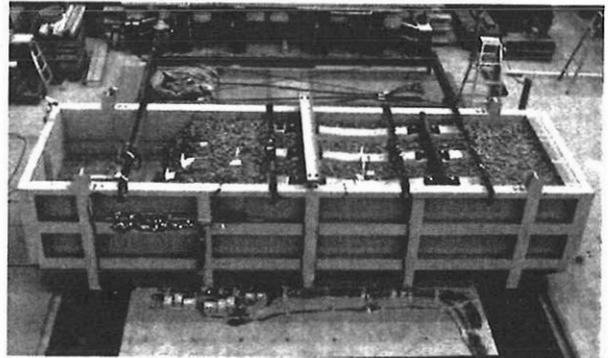


写真1 大型振動台による加振試験の状況

表1 大型振動台による加振試験のケース

ケース	ジオテキバッグ構造	バラスト高さ(mm)	支持層補強
CASE1	幅400mm、7層鉄筋3本	1150	外側バラスト
CASE2	幅300mm、5層鉄筋3本	1150	外側バラスト
CASE3	幅400mm、7層鉄筋3本	1150	ジオテキバッグ
CASE4(従来型)	幅400mm、6層鉄筋2本	750	なし

4.1.1 CASE1

CASE1はバラスト高さの大きい線路断面に従来型のジオテキバッグを敷設したものである。

供試体軌道は東海道新幹線の半断面を実物大スケールで再現したものであり、軌道材料として、新幹線軌道に用いられる標準的なものを使用した。盛土材料は鉄道構造物設計標準⁴⁾の土質区分2に相当する山砂を使用し、締め固め後の湿潤単位体積重量が17kN/m³となるよう調整した。

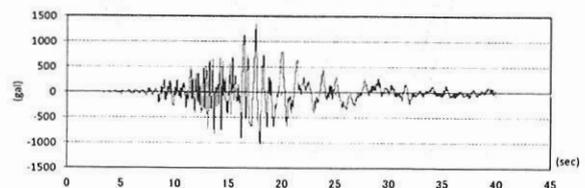


図5 入力地震動の波形

まくらぎ天端から高さ 800mm 以深のバラスト下層には礫混入土を用い、現地の細粒化したバラストの状況を再現した。また、バラスト下層の外側は勾配 1:1.5 でバラストを配置した。

ジオテキバッグ構造は従来型のジオテキバッグ 7 層構造とした。各層の高さは 100mm であり、一層ごとにランマーで転圧した。補強鉄筋は SD345 の D19 鉄筋をコの字型に加工したものを 3 本用い、バラスト下層への貫入量を 200mm、打込み角度を 70 度とした。

4.2.2 CASE2

CASE2 はジオテキバッグ袋の寸法を変更した省スペース型ジオテキバッグを用いたケースである。各層の高さは 150mm であり、一層ごとにランマーで転圧し 5 層積上げた。その他の条件は CASE1 と同様である。

4.2.3 CASE3

CASE3 はバラスト下層に対し支持力補強工法を実施したケースである。支持力補強工法として、600mm×400mm、高さ 100mm のジオテキバッグを 3 層積み上げ、鉄筋 1 本を路盤に 300mm 貫入させた。

ジオテキバッグ構造は従来型のジオテキバッグ 7 層構

造とし、その他の条件は CASE1 と同様とした。

4.2.4 CASE4

CASE4 は過去に実施した従来型ジオテキバッグ構造である³⁾。このケースは従来型の仕様を定める根拠となったものであり、今回の CASE1~3 の試験結果を比較するために示す。

4.3 試験結果

図 7~図 10 に、それぞれのケースのまくらぎ中央上面およびジオテキバッグ上部の水平方向変位を示す。

いずれのケースにおいても、供試体は加振約 27 秒後に線路外側方向に大きく変位し、まくらぎ、ジオテキバッグとも変位が最大となった。

それぞれの最大値を表 2 に示す。CASE1~CASE3 では、まくらぎ最大変位が 14.2mm~16.7mm、ジオテキバッグ最大変位が 8.5mm~11.3mm となった。

CASE4(従来型)のまくらぎ、ジオテキバッグの最大変位はそれぞれ 11.6mm、12.5mm であり、CASE1~CASE3 の変位とほぼ同等である。このことから、傾斜 1:1.5 の外側バラストおよび支持力補強工法により、バラスト下層の十分な支持力を得られるといえる。また、省

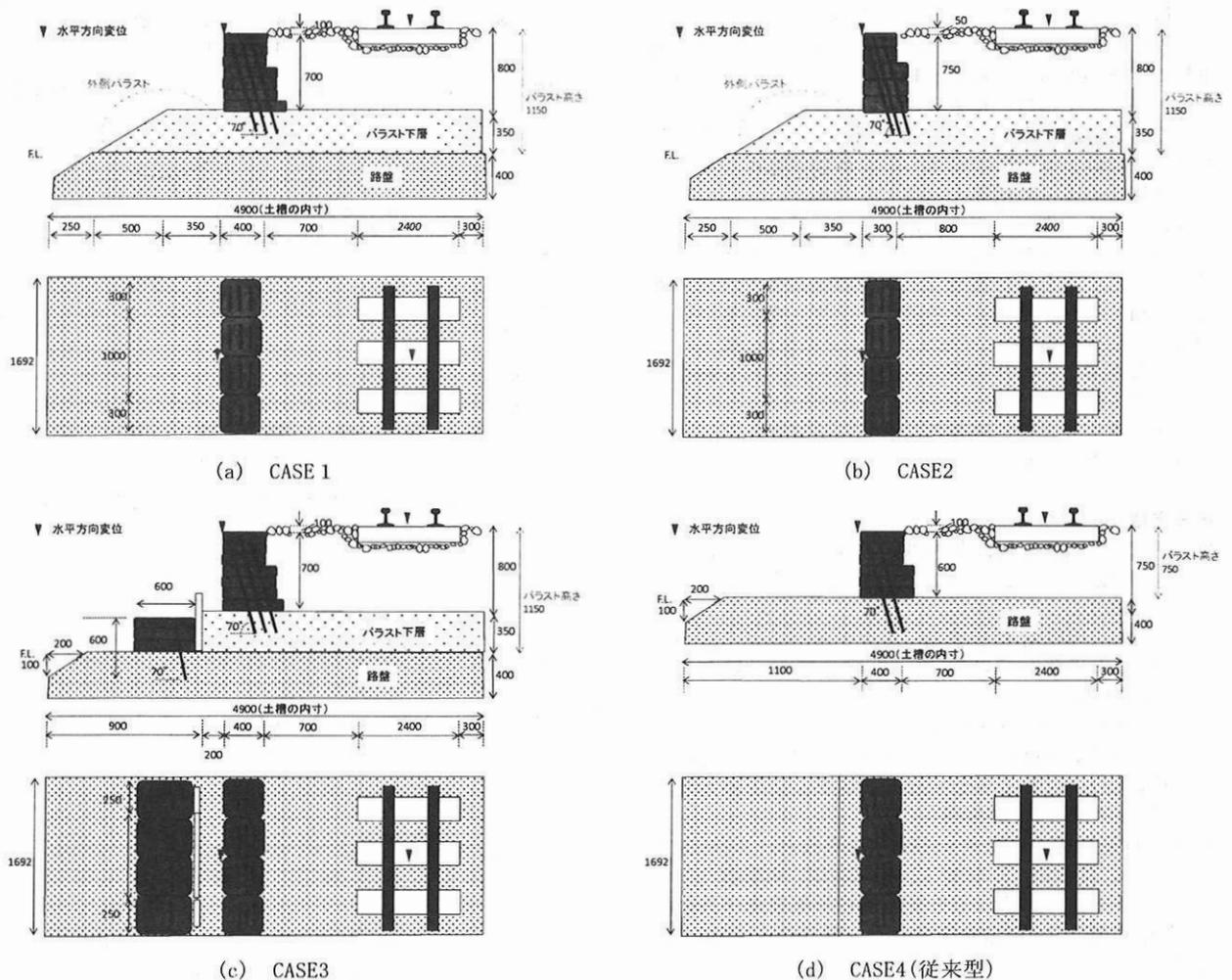


図 6 供試体の概況

スペース型のジオテキバッグの構造も想定東海地震動に対して十分な抵抗力を有するといえる。

脱線・逸脱防止対策全体がシステムとして機能するため、ジオテキバッグ構造には一定の性能が要求される。これまでの実台車を用いた脱線防止ガード加振試験の結果から、加振時のまくらぎ水平変位の最大値 30 mm 以下を要求性能としている³⁾。CASE1~CASE3 は要求性能を満たしており、この点からも、改良型ジオテキバッグ工法は地震動に対する十分な性能を有しているといえる。

表2 まくらぎおよびジオテキバッグの最大変位

	まくらぎ 最大変位 (mm)	ジオテキ バッグ 最大変位 (mm)
CASE1	-16.7	-8.5
CASE2	-16.3	-10.8
CASE3	-14.2	-11.3
CASE4 (従来型)	-11.6	-12.5

5. まとめ

本研究では、ジオテキバッグ工法の適用拡大と施工コストの低減を目的として改良型ジオテキバッグ工法を検討した。実物大スケールの振動台試験の結果、改良型ジオテキバッグ工法は、従来型構造と同等の耐震性能を有することを確認した。なお、改良型ジオテキバッグ構造の最終仕様は、本試験の結果のほか鉄筋本数とジオテキバッグ構造の変位の関係を整理して決めた。

改良型ジオテキバッグ構造により、バラスト肩幅のより狭い箇所、バラスト高さのより大きい箇所の施工が可能となった。さらに、省スペース型のジオテキバッグ構造の適用により、施工にともなうバラスト掘削量が従来型に比べ約3割低減し、ジオテキバッグの作成、積上げ、転圧の各作業工程の作業時間も従来型に比べ約3割の低減できる。

引き続き、施工性、経済性で有利なジオテキバッグ構造の開発を進めていく。

参考文献

- 1) 森村勉, 関雅樹: 新潟県中越地震後の東海道新幹線の地震対策について, 第16回鉄道技術連合シンポジウム, 2009.12
- 2) 中村格之, 関雅樹, 村松浩成: ジオテキバッグ工法の改良構造の性能確認試験, 第47回地盤工学研究発表会, 2012.07
- 3) 可知隆, 関雅樹, 小林幹人, 渡邊康人, 古関潤一: ジオテキスタイル材料で補強した有道床軌道の耐震性能確認試験, (社)地盤工学会中部支部第21回中部地盤工学シンポジウム, 2009.8
- 4) 鉄道構造物等設計標準・同解説(耐震設計): 丸善, 1999
- 5) 可知隆, 関雅樹, 小林幹人, 永尾拓洋, 古関潤一: ジオテキバッグ工法による東海道新幹線脱線・逸脱防止対策, 第16回鉄道技術連合シンポジウム, 2009.12

謝辞

本研究を進めるにあたり、多くのご助言をいただいた東京大学 古関潤一教授に改めて感謝の意を表したい。

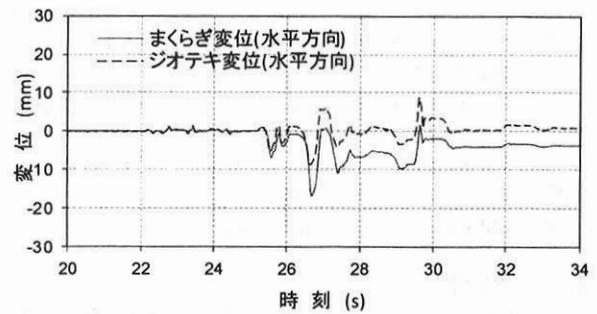


図7 ジオテキバッグおよびまくらぎの変位 (case1)

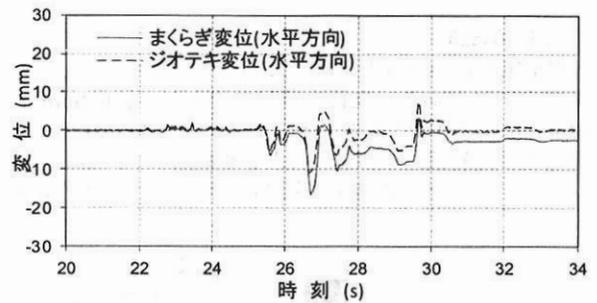


図8 ジオテキバッグおよびまくらぎの変位 (case2)

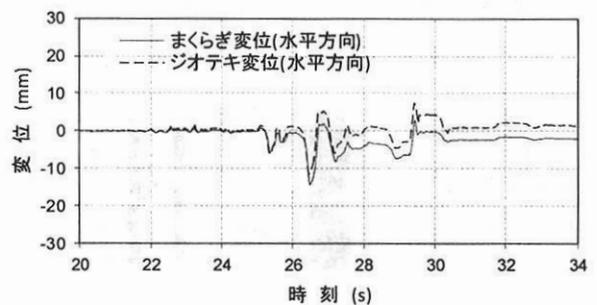


図9 ジオテキバッグおよびまくらぎの変位 (case3)

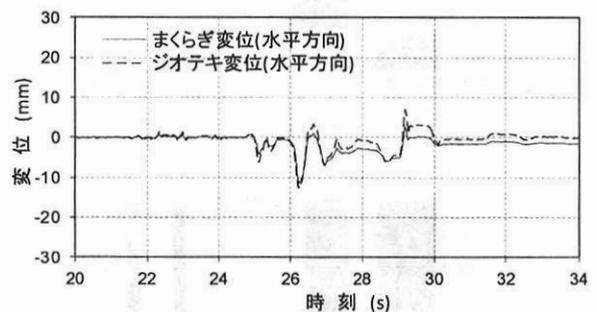


図10 ジオテキバッグおよびまくらぎの変位 (CASE4 従来型)