

機関番号：32660

研究種目：基盤研究(B)

研究期間：2008～2010

課題番号：20360215

研究課題名(和文) ジオテキスタイル補強盛土を活用した新形式高耐震橋梁

研究課題名(英文) Highly seismic-resistant new type bridge taking advantage of geosynthetic-reinforced soil

研究代表者

龍岡 文夫 (TATSUOKA FUMIO)

東京理科大学・理工学部・土木工学科・教授

研究者番号：70111565

研究成果の概要(和文)：盛土は無補強であり橋桁は支承を介して片持ち梁形式の橋台が支持する従来形式の橋梁は、構造が巨大化しやすく、地震被害が絶えず、常時維持管理でも問題が多い。盛土をジオシンセティックスで補強し桁・橋台を支承を用いずに一体化した新形式橋梁(GRS 一体橋梁)を提案し、模型実験と数値解析により、この橋梁は他の橋梁形式よりも、常時・地震時の安定性、施工性・建設コスト・維持管理性が圧倒的に優れていることを示した。

研究成果の概要(英文)： The conventional type bridge, which comprises a girder supported with a pair of cantilever-type abutments via shoes and unreinforced backfill, tends to be massive while the seismic stability is relative low and the long-term maintenance cost is relatively high. To alleviate these problems, a new type bridge (called GRS integral bridge) is proposed. The new type bridge comprises a continuous girder integrated to a pair of abutments without using shoes while the backfill is reinforced with a geosynthetic reinforcement connected to the abutment. By performing a series of model static and dynamic loading tests and numerical analysis, it is confirmed that this new type bridge is much more cost-effective exhibiting substantially higher seismic stability, long-term higher performance and higher constructability than the conventional type bridge.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2008 年度	8,500,000	2,550,000	11,050,000
2009 年度	2,800,000	840,000	3,640,000
2010 年度	2,900,000	870,000	3,770,000
総計	14,200,000	4,260,000	18,460,000

研究分野：工学

科研費の分科・細目：土木工学・地盤工学 5203

キーワード：(1)新形式一体橋梁, (2)ジオシンセティックス補強盛土, (3)地震時安定性, (4)振動台実験, (5)模型実験, (6)橋桁の温度伸縮, (7)盛土の受働土圧, (8)盛土の主働崩壊

1. 研究開始当初の背景

従来形式の橋梁(単純桁を橋台が支承を介して支持し盛土は無補強)の橋台は、自立性のない盛土からの土圧を片持ち梁構造として

受けるため、橋台内部と底部での応力集中、杭等基礎の必要性、盛土重量による盛土と支持地盤の変形、盛土の常時残留変形と低い地震時安定性、盛土・橋台・橋桁が一体化でな

いたための全体系としての低い地震時安定性等、様々な問題がある。これまでも、多くの地震で非常に多くの従来形式の橋梁が甚大な被害を受けてきた。この背景から、経済的で高耐震化した新しい構造形式の橋梁の開発が必要とされてきた。

本研究ではジオテキスタイルを用いた盛土の補強技術を活かして橋梁構造形式を抜本的に合理化する提案をするが、これには次の三つの背景がある。

- (1) 研究代表者は、これまで30年以上地盤工学を通じて各種の社会基盤構造物の設計の合理化、特に経済的高耐震土構造の研究を行ってきた。その中で、地盤工学と構造工学の接点である橋台と背後盛土には多くの深刻な技術的問題があり、また橋台と橋桁を結ぶ支承部にも問題が多いことも認識してきた。
- (2) 支承の問題の解決のための構造工学的解決策が連続桁と橋台を一体化したIntegral橋梁(従来型一体橋梁)であり、欧米では標準的な橋梁形式の一つになっている。しかし、盛土は無補強のままであり、桁の温度伸縮に伴い橋台背面での土圧は受働土圧に近づいて行き盛土は主働崩壊して大きく沈下する問題や耐震性等の諸問題が多く、費用に対する便益の比率が高くないため、我国では殆ど建設されていない。
- (3) 研究代表者は、地盤工学としての解決策として、「盛土を剛で一体な壁面工に結合したジオテキスタイルで補強した擁壁を橋台として支承を介して橋桁を支持するGRS擁壁橋梁」を研究開発してきた。しかし、この形式も盛土の変形による桁の沈下と、一対の橋台の間と橋台・橋桁間の独立性から来る様々な限界がある。

2. 研究の目的

今回提案するのは、上記の従来型一体橋梁とGRS擁壁橋梁を統合して、それぞれの長所を活かしそれぞれの欠点を補うことができる新しい橋梁形式のGRS一体橋梁である。この新形式の橋梁は、高い経済性で高い機能(特に耐震性)が発揮できる変形強度特性を持つことを明らかにし、施工法と設計法の基本概念を確立し、この形式の普及を狙う。

3. 研究の方法

GRS一体橋梁の常時と地震時の変形・変位特性と地震時破壊メカニズムを明らかにするために、以下の方法で研究する。

- (1) 従来形式橋梁、従来型一体橋梁、GRS擁壁橋梁と新しく提案するGRS一体橋梁の構造的な原理的な相違を明らかにする。

- (2) これらの四つの異なる形式の橋梁の小型模型の振動台実験を行い、その動的挙動の比較をする。その結果を解析して、動的安定性の相違のメカニズムを明らかにする。
- (3) これらの四つの異なる形式の橋梁の小型模型の橋台上端の繰返し水平載荷試験と盛土天端に繰返し鉛直載荷試験を行い、その気温の季節変動と交通荷重に対する長期挙動の比較し、異なる挙動のメカニズムを明らかにする。
- (4) GRS一体橋梁の詳細構造を明らかにして、設計法・施工法の基本概念を確立する。

4. 研究成果

図1は、ジオシンセティック補強した盛土(geosynthetic-reinforced soil)と「桁・橋台を一体化した橋梁」を統合した新形式橋梁のGRS一体橋梁である。

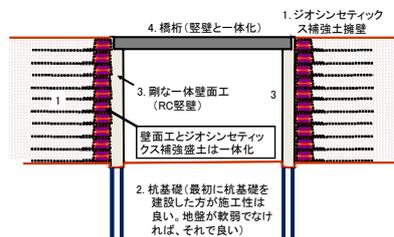


図1 提案するGRS一体橋梁(図では橋桁を短く描いているが、実際は橋台高さの10倍程度までを想定している)

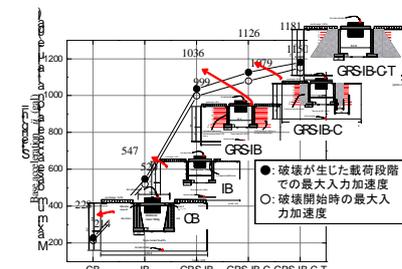


図2 各種橋梁形式の耐震強度(破壊時入力加速度): CB: 従来形式橋梁, IB: 従来型一体橋梁, GRS-IB: 新提案GRS一体橋梁, GRS-IB-C: 新提案GRS一体橋梁で背面盛土一部矩形型にセメント改良, GRS-IB-C-T: 新提案GRS一体橋梁で背面盛土一部台型にセメント改良

GRS一体橋梁とともに従来形式橋梁、従来型一体橋梁、GRS擁壁橋梁の模型を用いた静的繰返し載荷実験と振動台実験を行い、その結果を解析して、以下の成果を得た。

- 1) GRS一体橋梁は、橋桁・橋台・盛土の一体化によって次の四つで動的特性が向上し、他の形式の橋梁よりも圧倒的に高い耐震性を示す(図2)。a)初期剛性が向上して初期固有周期が地震動の卓越振動よりもより高くなり、初期動的応答値が減

- 少する。b)動的変形に伴う損傷率が減少し、地震動の増加に伴う固有周期の減少率が下がるため主要地震動に対して共振しにくくなり、動的応答値が増加しにくくなる。c)桁・橋台部の振動エネルギーが盛土と基礎地盤に対して逸散しやすくなり、動的応答値が増加しにくくなる。d)破壊・崩壊に至る動的応答加速度が増加する（動的強度が増加する）。
- 2) 補強盛土領域を適切にセメント改良すると更に耐震性は向上する。
 - 3) 盛土をジオセルで補強することによっても、GRS 一体橋梁は一定の耐震性を確保できる。
 - 4) 気温年変化に伴う橋桁の伸縮による橋台上端での繰返し水平変位に対して、GRS 一体橋梁は最も高い抵抗力を示す。
 - 5) 橋台背後の盛土天端に作用する交通荷重による長期繰返し鉛直載荷に対して、GRS 一体橋梁は最も高い抵抗力を示す。
 - 6) ジオシンセティック補強盛土の完成後に橋台として剛で一体の壁面工を建設し、最後に橋桁を建設することにより、盛土建設に伴う基礎地盤と盛土の変形による橋台との相互変位の課題が解消され、橋台の杭基礎の必要度が低下する。

以上から、提案する GRS 一体橋梁は、他の橋梁形式と比較すると、常時・地震時の安定性ととも施工性・建設コスト・維持管理性も圧倒的に優れていることが示された。

この工法は、既に新幹線の橋梁形式として採用され、2011 年度に北海道新函館・新青森間の木古内で初めて建設されることが決定されている。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 13 件)

- ① Tatsuoka, F., Nishikiori, H., Soma, R., Hirakawa, D., Kiyota, T., Tateyama, M. and Watanabe, K. Development of a new bridge type, GRS integral bridge, Proc. 9th International Conference on Geosynthetics, 査読有, 4 巻, 2010, 1659-1664
- ② Tatsuoka, F., Hirakawa, D., Nojiri, M., Aizawa, H., Nishikiori, H., Soma, R., Tateyama, M. & Watanabe, K. Closure to Discussion on “A new type of integral bridge comprising geosynthetic-reinforced soil walls, Gesynthetics International, 査読有, 17 巻, 2010, 1-12
- ③ Munoz, H., Tatsuoka, F., Tateyama, M. and Watanabe, K. Seismic stability of geosynthetic-reinforced soil integral bridge, Geosynthetics Engineering Journal, IGS Japanese Chapter, 査読有, 25 巻, 2010, 153-160
- ④ 黒田 哲也, 相馬 亮一, Munoz Henry, 太田 準一郎, 清田 隆, 原田 道幸, 龍岡 文夫, 盛土をジオセル補強した一体橋梁の地震時安定性, Geosynthetics Engineering Journal, IGS Japanese Chapter, 査読有, 25 巻, 147-152
- ⑤ Peng, Fang-Le, Siddiquee, M.S.A., Tatsuoka, F., Yasin, S. J. M. and Tanaka, T., Strain Energy-based elasto viscoplastic constitutive modeling of sand for numerical analysis, Soils and Foundations, 査読有, 49 巻, 611-629
- ⑥ Mohri, Y., Matsushima, K., Yamazaki, S., Lohani, T. N., Tatsuoka, F. and Tanaka, T., New direction of earth reinforcement - Disaster prevention for earth fill dam -, Gesynthetics International, 査読有, 16 巻, 2009, 246-273
- ⑦ Tatsuoka, F., Hirakawa, D., Nojiri, M., Aizawa, H., Nishikiori, H., Soma, R., Tateyama, M. and Watanabe, K., A new type integral bridge comprising geosynthetic-reinforced soil walls, Gesynthetics International, 査読有, 16 巻, 2009, 301-326
- ⑧ 龍岡文夫, 館山勝, 平川大貴, 渡辺健治, 清田隆, GRS 一体橋梁の特徴と開発経緯, Geosynthetics Engineering Journal, IGS Japanese Chapter, 査読有, 16 巻, 2009, 205-210
- ⑨ 相馬亮一, 龍岡文夫, 平川大貴, 野尻峯広, 相澤宏幸, 錦織大樹, 渡辺健治, 清田隆, 盛土をジオグリッド補強したインテグラルブリッジの常時及び耐震性能に及ぼす構造諸条件の影響, Geosynthetics Engineering Journal, IGS Japanese Chapter, 査読有, 16 巻, 2009, 75-82
- ⑩ Tatsuoka, F. Recent practice and research of geosynthetic-reinforced earth structures in Japan, Journal of GeoEngineering, 査読有, 3 巻, 2008, 47-67
- ⑪ Tatsuoka, F., Geosynthetic-reinforced soil structures: A cost-effective solution combining two engineering disciplines, Carrillo Lecture, Mexican Society for Soil Mechanics, 査読無, 2008, 1-176
- ⑫ Palmeira, E. M., Tatsuoka, F., Bathurst, R. J., Stevenson, P. E. and Zornberg, J. G., Advances in Geosynthetics Materials and Applications for Soil Reinforcement and Environmental Protection Works, Electric Journal of Geotechnical Engineering, 査読有, 2008, 181-198
- ⑬ Tatsuoka, F., Benefits of geosynthetic-reinforcing the backfill for integral bridges, Proc. 4th European geosynthetics conference

(EuroGeo4), 査読有, 2008, Edinburgh, United Kingdom

[学会発表] (計 3 件)

- ① Munoz, H., Soma, R., Kuroda, T., Ota, J. and Tatsuoka, F., Kiyota, T., Watanabe, K. and Tateyama, M. Dynamic response and stability of different bridge types evaluated by shaking table tests, 第45回地盤工学研究発表会, 2010年8月18日, 松山
- ② 黒田哲也・相馬亮一・Munoz Henry・太田準一郎・龍岡文夫・清田隆、盛土をジオセルで補強した一体型橋梁の地震時安定性, 第45回地盤工学研究発表会, 2010年8月18日, 松山
- ③ 龍岡文夫, (特別講演) ジオシンセティックス補強土擁壁の歴史・現状・展望国際ジオシンセティックス学会日本支部第25回ジオシンセティックスシンポジウム, 2010年12月4日、東京

[図書] (計 件)

[産業財産権]

○出願状況 (計 件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
出願年月日：
国内外の別：

○取得状況 (計◇件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
取得年月日：
国内外の別：

[その他]

ホームページ等

<http://www.rs.noda.tus.ac.jp/soil/index.htm>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

龍岡 文夫 (TATSUOKA FUMIO)

東京理科大学・理工学部・土木工学科・教授

研究者番号：70111565

(2) 研究分担者

塚本 良道 (TSUKAMOTO YOSHIMICHI)

東京理科大学・理工学部・土木工学科・准
授

研究者番号：50253505

(3) 連携研究者

()

研究者番号：

