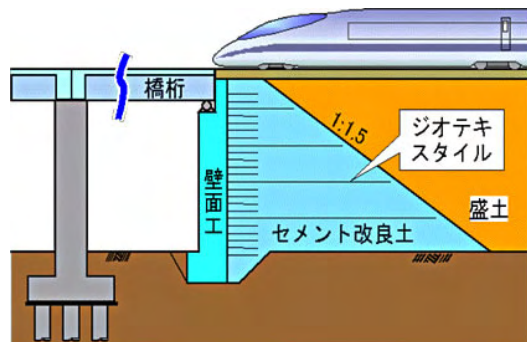


そこで、阪神大震災クラスの大規模地震に対しても十分な耐震性を有する「セメント改良補強土橋台（耐震性橋台）」が開発されたんだよ。この耐震性橋台には以下に示す特長があるんだ。

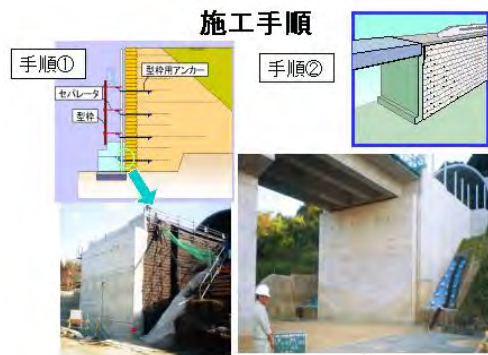
① ジオテキスタイルで橋台と背面のセメント改良土を連結することによって橋台の安定性が飛躍的に向上し、揺り込み沈



下も激減できる。

② セメント改良土を用いてジオテキスタイルで多層に橋台躯体を支持するために、従来橋台に比べて躯体やフーチングを格段にスリムにできる。

工法概要と施工手順は、下記の通りだよ。



2. 開催場所：ホテルメトロポリタン エドモント 悠久の間（2F）  
（東京都千代田区飯田橋3丁目10番8号）  
電話 03 - 3237 - 1111）

### 会員活動休止のお知らせ

準会員の前田工織株式会社（敬称略）より、今回、協会会則第2条『目的』、第3条『事業』、第7条『会員の義務』および第9条『除名勧告』ならびに細則第5条に違反したため、平成23年7月1日から同年12月31日まで、RRR工法協会の会員活動を自粛したい旨の申し入れがあり、同日より6か月間RRR工法の新規物件に関する業務を休止することとなりました。

### 【事務局便り】

#### 平成22年度RRR工法技術講習会を開催いたしました。

平成22年10月15日、札幌市において、技術講習会を開催しました。北海道開発局、鉄道・運輸機構、JR北海道他約116名の参加をいただき、東京理科大学・龍岡文夫先生、鉄道総合技術研究所・館山部長の特別講演の他にセメント改良補強土橋台の技術説明を行い、盛況のうちに終了しました。

#### 平成23年度定時総会開催のご案内

下記のとおり開催致します。ご多用とは存じますが、万障お繰り合わせのうえご出席下さるよう御案内申し上げます。

1. 開催日時：平成23年6月1日（水）
- |        |               |
|--------|---------------|
| 定時総会   | 16時30分～17時30分 |
| 懇親パーティ | 17時30分～19時まで  |



講習会会場の状況

内容	講師
開会の挨拶	協会事務局 田村 幸彦
特別講演① 「補強土工法による盛土構造物の復権」 —補強土擁壁の原理・実際・展望—	東京理科大学 教授 龍岡 文夫 先生
休憩	
特別講演② 「補強土壁工法の課題と期待」	(財)鉄道総合技術研究所 構造物技術研究部長 館山 勝 氏
休憩	
セメント改良補強土橋台の性能照査型設計の基本	(株)複合技術研究所 矢崎 澄雄 氏
セメント改良補強土橋台の設計事例	(株)複合技術研究所 鈴木 聡 氏
閉会の挨拶	協会事務局 岡本 正広

### 【編集委員会名簿】

委員長：今村眞一郎(西松建設株) 幹事：田村幸彦(株)複合技術研究所 事務局：岡本正広(株)複合技術研究所  
委員：田島直毅(前田建設工業株)・鎌田英樹(株)クラレ・西村 淳(三井化学産資株)

### 【協会事務局】

〒102-0072 東京都千代田区飯田橋4-6-9 ロックフィールドビル6F 一(株)複合技術研究所内—  
電話 03-5276-5319 FAX 03-5276-5309 ホームページ・アドレス <http://www.RRR-SYS.GR.JP>



# RRR工法協会だより

Reinforced Railroad/road with Rigid Facing Construction System

No. 29 2011.02

## セメント改良礫土を用いた軟弱地盤上の盛土構築方法

(財)鉄道総合技術研究所 構造物技術研究部  
基礎・土構造 渡辺 健治

### 1. はじめに

従来、セメント改良土とは粘性土や浚渫土などの「軟弱な土」を安定処理することによって用いられてきたが、粒度調整砕石などの「良質な土」に若干のセメントを添加し良く転圧することによって、強度・変形特性が飛躍的に高まること、長期養生により強度がさらに高まること分かってきている<sup>1)</sup>。このようなセメント改良土（以下、セメント改良礫土）の強度・変形特性は非常に良いため、例えば橋台の背面部分（アプローチロック）や、スラブ軌道を支持する盛土材料など、列車荷重や大地震動に対しても高い変形性能が求められる箇所に近年適用が広がってきている。

このセメント改良礫土にジオグリッド等の面状補強材を併用した複合材料は、引張力をジオグリッドが負担し、圧縮力をセメント改良礫土が負担することにより、構造部材（曲げ部材）としての適用が期待できる。本稿では、この複合材料を軟弱地盤（粘性土地盤など圧密沈下が懸念される地盤、あるいは地震時に液状化が懸念される地盤）上の盛土建設へ適用する方法について紹介する。

### 2. セメント改良礫土の新しい適用方法

軟弱な粘性土地盤上への盛土建設の際に攪拌混合杭により地盤改良を行う場合、セメント改良礫土にジオグリッドを併用した複合材料を図1(a)に示したように盛土下のスラブ（以下、セメント改良礫土スラブ）として用いると、地盤改良率を低減できる。これは、攪拌混合工法の設計では杭反力により盛土堤体

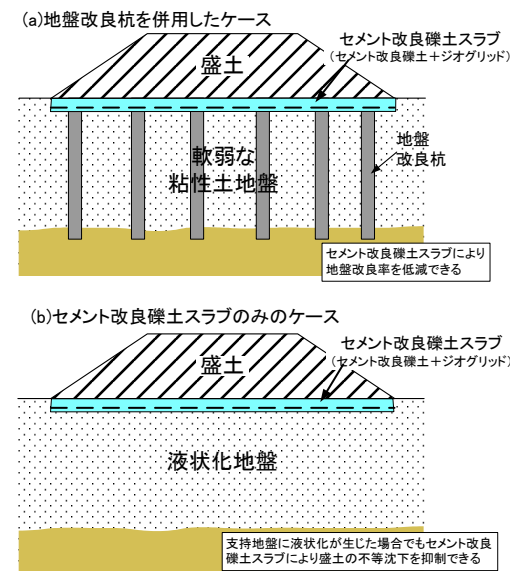


図1 セメント改良礫土スラブの盛土建設への適用のイメージ

内にパンチング破壊が生じないように地盤改良率を決定していたためであり、一般には25%以上の地盤改良率を必要としてい

た。しかしながら、盛土下にセメント改良礫土スラブを設けると、盛土荷重をこのスラブが支持し、盛土堤体内にパンチング破壊が生じにくくなるため、地盤改良率を大幅に低減できる。

また、図1(b)に示したように地震時に液状化が懸念される支持地盤上の盛土構築にこのスラブを適用した場合、盛土の不等沈下を抑えられることができる。地震時には盛土全体があたかも水の上に浮かぶ船のような状態となり、列車走行安全性が向上するとともに、地震後の復旧性の向上が期待できる。

### 3. セメント改良礫土スラブの性能確認試験

#### 3.1 セメント改良礫土スラブの曲げ特性の評価

セメント改良礫土スラブの曲げ特性を評価するために、室内で作成した供試体に対して曲げ試験を実施した（図2）。実験は

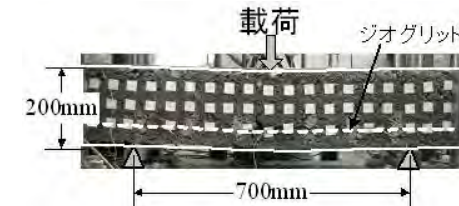


図2 セメント改良礫土スラブの曲げ試験

ジオグリッドを用いた供試体と、用いなかった供試体に対して実施した<sup>2)</sup>。セメント改良礫土はM40粒度調整砕石（セメント改良率：2.5%）を用い、ジオグリッドは実施工と同じ製品を用いた（目合20×20mm、製品保証強度：31kN/m）。この実験より、ジオグリッドを用いていない場合ではピーク強度発揮後に強度が急減するのに対して、ジオグリッドを用いた場合は急減せず、粘り強い挙動を示すことが確認された。これはジオグリッドの引張抵抗力により部材の靱性能が増加したためであった。

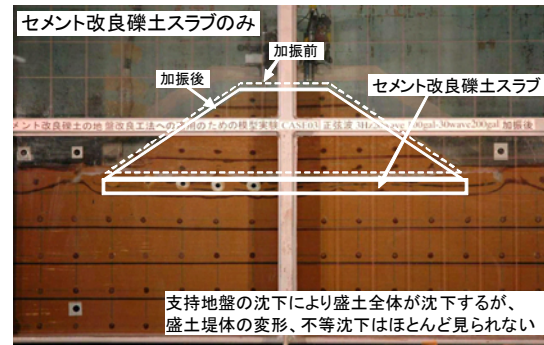
#### 3.2 セメント改良礫土スラブの効果の確認

図1に示した2通りの提案方法について、高さ250mmの模型盛土を用いた振動実験を実施し、その効果を検証した<sup>2)</sup>。いずれの支持地盤も緩い飽和砂で作成し、加速度を漸増させる加振により液状化を発生させた。セメント改良礫土スラブの厚さ、ジオグリッド模型配置は、改良杭間の単純梁が盛土荷重を支持できる厚さとして設定した。

セメント改良礫土スラブのみを用いた場合（図3左図）、液状化により支持地盤が圧密沈下するために盛土全体が一緒に沈下したものの、盛土の堤体の崩壊や不等沈下は発生しなかった。この理由としては、①セメント改良礫土スラブにより盛土のり尻部の安定性が向上し、盛土の沈下が一様化したため、②支持地盤の液状化後は盛土に伝達加速度が伝播しにくくなったため（免震効果）、などが挙げられる。実験後の盛土の沈下量は13mmであり、過去に実施した無対策の実験結果の1/3程度に相当し、沈下抑制効果が確認できた。一方、地盤改良杭を併用した場合（図3右図）では沈下量はさらに小さくなったものの（6mm）、水平方向への残留変位が観測された。これは、改良杭とセメント改良礫土により盛土荷重を支持しているため支持地盤の拘束圧が低くなり、加振初期段階において液状化が進行し始めたことにより、改良杭の損傷（特に両端部の改良杭）によって水平

方向の残留変位が生じたと考えられる。

以上の実験結果より、提案工法を液状化地盤上の盛土構築に適用する場合、パラスト軌道を支持する盛土等、多少の沈下を許容するのであれば地盤改良杭を併用しない方が適度な地盤の免震効果が得られ、盛土体のダメージや水平方向の変形も少な



く合理的な対策だと考えられる。一方、沈下量の制限値が厳しい場合や液状化程度が高い場合には地盤改良杭を併用する必要があるが、その際には盛土全体の水平変位や改良杭の損傷程度について検討する必要がある。

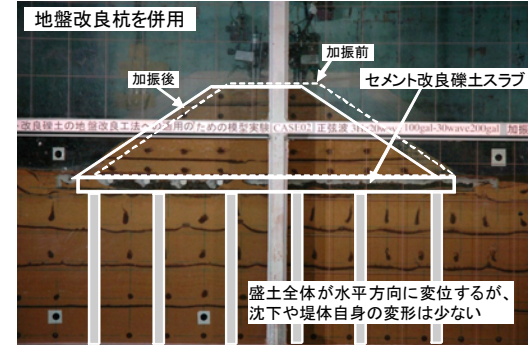


図3 振動実験後の盛土の変形状況 (左図：地盤改良杭なし、右図：地盤改良杭あり)

#### 4. セメント改良礫土スラブの設計方法の提案

以上の性能確認試験結果を踏まえ、セメント改良礫土スラブを実施に用いる際の設計方法を提案する。まず、セメント改良礫土スラブの曲げ耐力については、ジオグリッドの引張強度およびセメント改良礫土の圧縮強度から評価するものとする。本来であれば、セメント改良礫土の引張強度も期待できるが、実施工されたセメント改良礫土はセメントの混合ムラあるいは転圧ムラにより局所的な弱部が存在し得ることを考慮し、計算上はセメント改良礫土の引張強度を無視し、安全側に評価することとした。この手法によって求めた引張強度の計算値は図2の曲げ試験で得られた強度を安全側に評価できることが確認さ

れている<sup>2)</sup>。

図1(a)に示した提案方法の場合、セメント改良礫土スラブを地盤改良杭に支持された単純梁としてモデル化し、盛土の上載荷重、軌道荷重から断面力を算出し、上記の手法によって算出した曲げ耐力以内であることを照査する。一方、図1(b)に示した提案方法の場合、支持地盤を液状化程度に応じた地盤バネで模擬し、セメント改良礫土スラブを弾性床上の梁としてモデル化することによって発生断面力を評価し、それによりジオグリッド引張強度、敷設層数、セメント改良礫土スラブの厚さ等を決定する。地盤バネについては、支持地盤の地盤反力係数と液状化程度に応じた低減係数 ( $D_E$ )<sup>3)</sup>によって定めることとする。

#### 5. 鉄道盛土の実施工現場への適用

##### 5.1 軟弱な粘性土地盤への適用<sup>5,4)</sup>

JRの在来線高架化工事において、取り付け部の盛土を軟弱地盤上に構築する際に提案手法(図1(a))が適用された。図4に示すように、当該現場は軟弱な粘性土地盤上に盛土補強土擁壁(RRR工法、最大高さ3.5m、延長110m程度)を構築するが、盛土下にセメント改良礫土スラブを適用することによって支持地盤の改良率の低減を図った。図5にセメント改良礫土スラブの施工の様子を示すが、一般的な盛土工事と同レベルの施工管理・作業でセメント改良礫土スラブを構築することができた。通常の深層混合処理工法による地盤改良率は25%程度であるが、セメント改良礫土スラブを用いることにより地盤改良率が10.0%~14.4%となり、おおよそ半減することによって、工事費を抑え、工期も短縮することができた。現在、盛土補強土擁壁の供用開始後9ヶ月が経過しているが、軌道面の沈下等、目立った変状は生じていない。

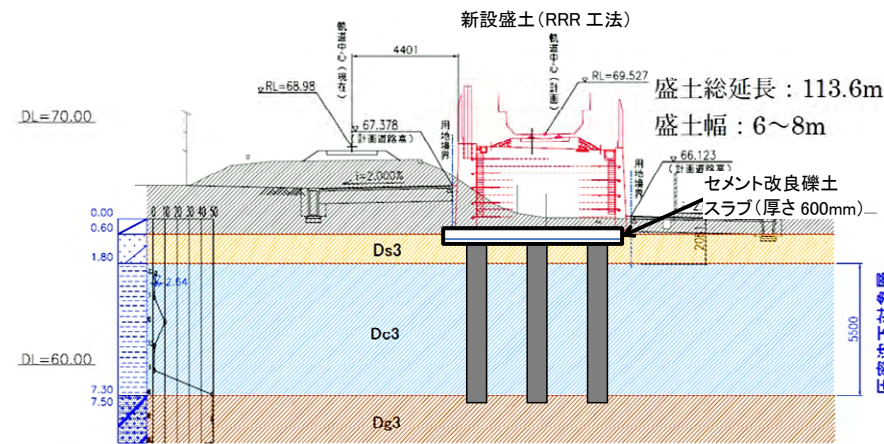


図4 盛土補強土擁壁の断面図(文献3に加筆)



図5 セメント改良礫土スラブの施工の様子

##### 5.2 液状化のある地盤への適用

図1(b)の提案方法については、JRの在来線高架化工事において、地震時に液状化の可能性のある支持地盤(PL値=15~20程度)上への盛土構築部分(盛土補強土擁壁および一般盛土、最大高さ3.5m、延長120m程度)へ適用した。当該現場において液状化の可能性のあるのは盛土下1m程度に集中しており、そ

の下の5mほど非液状化層が分布しているため、支持地盤全体としてはある程度の剛性が期待できる。当初は支持地盤全面を地盤改良する予定であったが、当該現場は地震後に多少の沈下を許容できるパラスト軌道であることを考慮し、地盤改良に代わりセメント改良礫土スラブを構築した。

本提案工法の適用に際しては、液状化時におけるセメント改良礫土スラブの断面力照査を行う必要がある。その際には、前述したように、セメント改良礫土スラブを多数の地盤バネに支持された弾性床上の梁として取り扱い、断面力計算を行った。支持地盤が液状化する場合はその程度に応じて支持地盤の剛性が変化するため、セメント改良礫土スラブに断面力が発生する。そのため、本検討では、

- ①盛土のり尻部付近の支持地盤は液状化により破壊(側方流動)しやすい。
- ②盛土中央の支持地盤では拘束圧の増加により液状化程度が軽減される。(液状化の発生が遅れる)

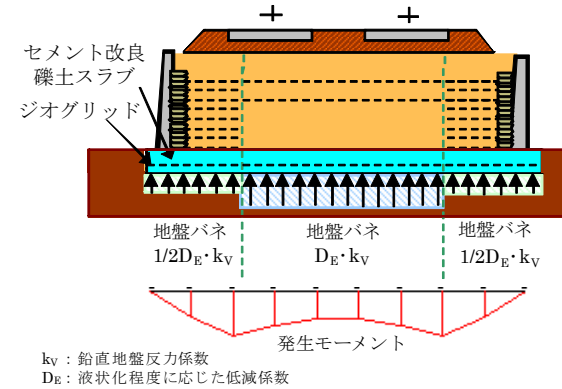


図6 地盤バネの設定概要図とモーメント図

等を考慮し、盛土中央部に対して盛土端部において地盤バネを1/2に低減した上でスラブの断面力を算定した(図6)。その結果を踏まえ、セメント改良礫土スラブの厚さ1mとし、ジオグリッドをスラブの1/4、1/2、3/4高さにおいて3層敷設する構造とした。本現場は施工が完了したが、当初予定されていた地盤改良と比較して大幅なコスト削減が図られた。

#### 6. まとめ

本研究では、セメント改良礫土およびジオグリッドを用いた複合材料を軟弱地盤上あるいは液状化地盤上の盛土構築に用いる工法を提案した。セメント改良礫土スラブは、鉄筋コンクリートの施工と異なり型枠工、配筋工を必要とせず、盛土工事と同レベルの施工管理・作業で施工が可能であるにもかかわらず、高い圧縮強度および曲げ強度を有する構造部材を構築できる。今後、盛土や補強土擁壁等の土構築物において適用可能であると考えられる。

#### 参考文献

- 1) 渡辺健治、館山勝、蔭関魯、米澤豊司、青木一二三、龍岡文夫：セメント改良礫土の強度特性に関する大型三軸試験、第37回地盤工学研究発表会、2002
- 2) 渡辺健治、館山勝：セメント改良礫土の締固めと鉄道構造物への適用、基礎工、Vol.37、No.7、pp.55-58、2009.7.
- 3) 鉄道総合技術研究所：鉄道構造物等設計標準・同解説(耐震設計)、1999.
- 4) 滝澤聡、高橋俊徳、渡辺健治：鉄道高架橋アプローチ盛土部へのセメント改良礫土の適用について、第65回土木学会年次学術講演会講演集、2010.9

読者の皆様からの質問をお待ちしております。協会事務局までお寄せ下さい。

「セメント改良補強土橋台(耐震性橋台)」は、協会だより No.17 (2005.12) にも紹介されているように、鉄道・運輸機構、鉄道総合技術研究所、東京大学の3者で開発が進められた新しい形式の橋台で、日本国内では計画中のものを含めて既に60件以上も採用されているんだよ。施工実績も増えてきているので、RRR-A工法という呼び名を広めようと考えているんだ。

地震によって橋台背面の盛土が沈下して段差が生じると、列車の走行安全性に重大な支障となるので、これまではアプローチブロックを敷いて沈下の影響を緩衝する処置がとられてきたんだよ。しかしながら、北海道南西沖地震の際に高さ8.5mの橋台(津軽海峡線、建川橋梁)においてアプローチブロックが施工されていたにもかかわらず橋台背面が50cm程度も沈下してしまったんだよ。