

同表に示すように、安全性、使用性、および復旧性の照査において各作用の組合せに対応する低減係数の組合せが、それぞれ提案されている。

例えば、安全性の照査においては、作用条件に応じてそれぞれ下記のような組合せ例が提案されている。<sup>3), 4)</sup>

- (1) 永久作用 (自重、施工時含む) :  $\alpha_1 \times \alpha_2 \times \alpha_3$
- (2) 変動作用 (自重+列車荷重) :  $\alpha_1 \times \alpha_2 \times \alpha_5$
- (3) 地震作用 (L1 地震時) :  $\alpha_1 \times \alpha_2 \times \alpha_4$

また、設計基準破断強度 (引張強度の規格値) は、下記に示す (1) で与えられ、これに材料修正係数  $\rho_m$  を乗じて引張強度の特性値  $T_a$  を設定し、更にこれに材料係数  $f_{eg}$  を乗じて設計引張強度  $T_d$  が設定される。

その代表的な例を表-5 に示す。<sup>3), 4), 5)</sup>

$$T_k = T_{AVE} - \alpha \cdot \sigma_x \quad \dots\dots\dots (1)$$

$$T_a = \rho_m \cdot T_k \quad \dots\dots\dots (2)$$

$$T_d = f_{eg} \cdot T_a \quad \dots\dots\dots (3)$$

ここに、

$T_k$ : 引張強度の規格値 (=設計基準破断強度) (kN/m)

$T_a$ : 引張強度の特性値 (kN/m)

$T_d$ : 設計引張強度 (kN/m)

$T_{AVE}$ : 平均破断強度 (kN/m)  
(ただし、破断時の伸びが15%を超える材料に対しては15%伸び時の強度とする)  
 $\sigma_x$ : 標準偏差  
 $\alpha$ : 低減係数 (一般には0.67)  
 $\rho_m$ : 材料修正係数 (表5の値)  
 $f_{eg}$ : 材料係数 (表5の値)

【参考文献】

- 1) 龍岡文夫監修: 新しい補強土擁壁のすべてー盛土から切土までー, (株)総合土木研究所, 平成17年10月
- 2) RRR工法協会: 「RRR工法による補強盛土工法」材料マニュアル, 平成29年10月
- 3) 丸善出版: 鉄道総合技術研究所編 鉄道構造物等設計標準・同解説 土留め構造物, 平成24年1月
- 4) 丸善出版: 鉄道総合技術研究所編 鉄道構造物等設計標準・同解説 土構造物, 平成19年1月
- 5) RRR工法協会: 「RRR-B工法 (剛壁面盛土補強土擁壁工法) 設計・施工マニュアル (案)」, 平成27年10月

【謝辞】本論をまとめるに当たり、東京理科大学龍岡文夫教授にご指導いただいた。末筆ながら、感謝の意を表します。

【事務局だより】

・平成30年度 RRR工法技術講習会を開催いたしました。  
平成30年10月11日(木)名古屋市で開催の RRR 技術講習会は、おかげさまで144名と定員以上のお申込みをいただき、盛況のうちに終了いたしました。  
ご参加いただきました皆様に厚く御礼申し上げます。  
講習会資料をご希望の方にはお分けいたします。



平成30年度 RRR工法技術講習会状況

・材料マニュアル 物性値の訂正とお詫び

平成29年に改訂した下記材料マニュアルの、以下の2製品の紹介ページ内検定値に訂正箇所がございます。

製品名: ジオエース 品番 DHV-60W  
製品名: Jグリッド 品番 KJV-60W

ご購入いただいた方、お手元にある方は下記の正誤表をお確かめの上、ご訂正いただきますよう、お願い申し上げます。

正誤表を用意しておりますので、ご希望の方は事務局までご連絡ください。  
大変ご迷惑をおかけしました。深くお詫び申し上げます。

【正誤表】

29頁 「5 物性表」の「設計に用いる係数」欄の下記の箇所 (ジオエース、DHV-60W)

項目	誤	正
$\alpha_1$ (一時の総合低減係数)	0.80	0.85
$\alpha_5$ (地震時の総合低減係数)	0.80	0.85

33頁 「5 物性表」の「設計に用いる係数」欄の下記の箇所 (Jグリッド、KJV-60W)

項目	誤	正
$\alpha_1$ (一時の総合低減係数)	0.80	0.85
$\alpha_5$ (地震時の総合低減係数)	0.80	0.85

・2019年度 RRR工法協会定時総会の開催のお知らせ  
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: 2019年7月10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
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)

【編集委員会名簿】

委員長: 佐藤靖彦(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、梅津喜美夫(株)複合技術研究所  
委員: 神田隆真(前田建設工業(株))・片山 隆(株)クラレ・西村 淳(三井化学産資(株))

【協会事務局】

〒160-0004 東京都新宿区四谷1-23-6 協立四谷ビル 5F (株)複合技術研究所 内  
電話 03-5368-4103 FAX 03-5368-4105 ホームページ・アドレス <http://www.RRR-SYS.GR.JP>

軌道直下で長期間供用されていた RRR 盛土補強土擁壁に用いられたジオテキスタイル補強材の強度特性

東急建設株式会社  
旭化成アドバンス株式会社

1. はじめに

鉄道盛土構造物では大規模地震に対する構造物の安定確保に加え、複々線化工事に伴う線形変更と限られた用地の有効活用を目的に、剛な壁面を有する盛土補強土擁壁(以下、RRR盛土補強土擁壁と称す)が数多く採用されてきた。<sup>1)</sup>

此度、約20年程度、首都圏の鉄道構造物として供用されていた RRR 盛土補強土擁壁が鉄道線形の再変更によって解体・撤去されることになった(図1参照)。

RRR 盛土補強土擁壁は、鉄道構造物を中心に広く普及しているが、軌道を支えた RRR 盛土補強土擁壁を解体してその状況や長期間供用されていたジオテキスタイルの補強材強度特性等を調査した事例は少ない。

そこで、今回、RRR 盛土補強土擁壁の補強材として使用されていたジオテキスタイルを盛土補強土擁壁の解体時に採取し、長期間供用されていたジオテキスタイル補強材の強度特性を調査した。

2. ジオテキスタイル補強材の採取方法

調査対象の RRR 盛土補強土擁壁は、平成8年に立体交差化工事により施工された構造物であり、完成後、上り線の仮線として使用されていた。その後、平成27年の解体まで約20年間供用され、その間に仮線として軌道を支えている。

RRR 盛土補強土擁壁に用いられたジオテキスタイル補強材は、芯材がナイロン・66繊維のジオエース DH-60 であり、敷設時および今回補強盛土体の中から採取した試料の状況をそれぞれ写真1および写真2に示す。

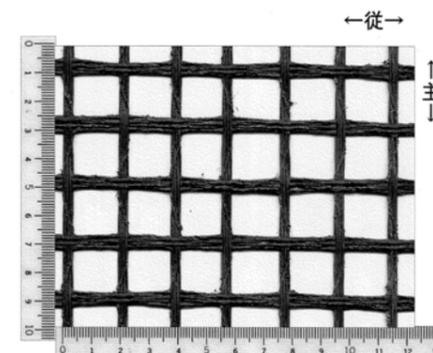


写真1 敷設したジオテキスタイル補強材 (製品名ジオエース、品番DH-60)

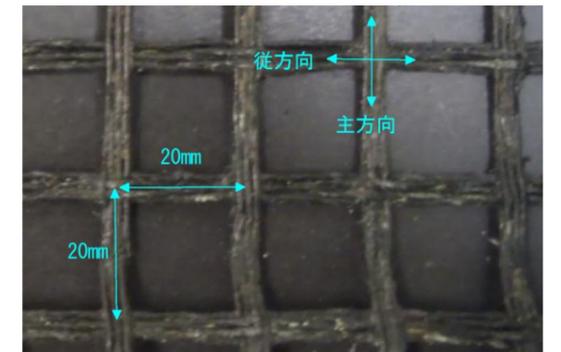


写真2 約20年間供用されていた盛土補強体の中から採取したジオテキスタイル補強材試料(DH-60)

ジオテキスタイル補強材の諸元を表1に示す。<sup>2)</sup>

施工当時は、用地の制限により、一方向から大型トラックで盛土材を直接ジオテキスタイル補強材上に投下して敷き均し・転圧した。

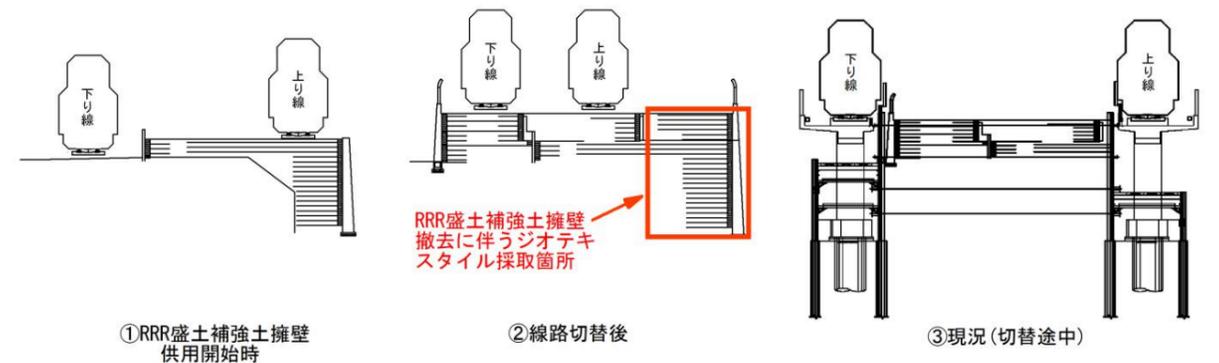


図1 複々線化工事の概要 (線路変更履歴)

表 1 ジオテキスタイル緒元

主材料	ナイロン・66繊維
被覆材料	塩化ビニル系樹脂材
目合(mm×mm)	20×20
設計基準破断強度 $T_k$ (kN/m)	64
引張強度の特性値(kN/m)	51.2~64.0
設計引張強度(kN/m)	31.0~51.0
壁面応力計算用のバネ係数 $K_s$ (kN/m)	290

また、盛土材として解体コンクリートを破碎して粒度調整したアルカリ分を多く含む再生砕石を用いていることから、今回の調査では、施工時の機械的な損傷、交通荷重による繰返し、および盛土材のアルカリによるジオテキスタイルの長期強度特性へ与える影響について着目した。試料の採取位置を図 2 に、採取状況を写真 3 に示す。

試料は、再生砕石が良く締め固められた盛土中から採取しており、写真 2 および 3 に示すように白い細粒分の付着は見られるが、目立った損傷は確認されなかった。

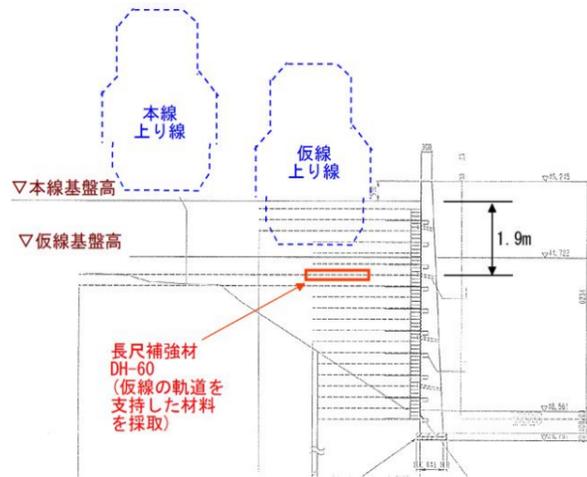


図 2 ジオテキスタイル補強材試料の採取位置



写真 3 ジオテキスタイル補強材試料の採取状況

3. 試験方法

引張強度試験は RRR 工法材料マニュアル<sup>2)</sup>を参照して、表 2 に示す条件で実施した。引張試験は主方向および従方向の 2 方向実施した。

なお、試料数の制限からロープチャックでの引張試験を実施しておらず、破断荷重の補正はしていない。

表 2 引張強度試験条件

使用機械	万能材料試験 (INSTRON-5582)
引張速度	5%/min
試料長さ	40cm
使用チャック	平行締付型チャック (エアチャック)
試料幅	1本(グリッド状材料)

4. 試験結果

引張試験による引張荷重-伸びひずみ曲線を図 3 に示す。本試料は主方向と従方向で目合もグリッド幅も同じであるため、切出した試料から主方向と従方向の試験体を作成し、それぞれの引張試験を実施した。

試験結果は、主方向、従方向それぞれの試験数 10 本の中ほぼ一様な引張荷重-伸びひずみ関係となり、ばらつきはほとんどない結果であった。

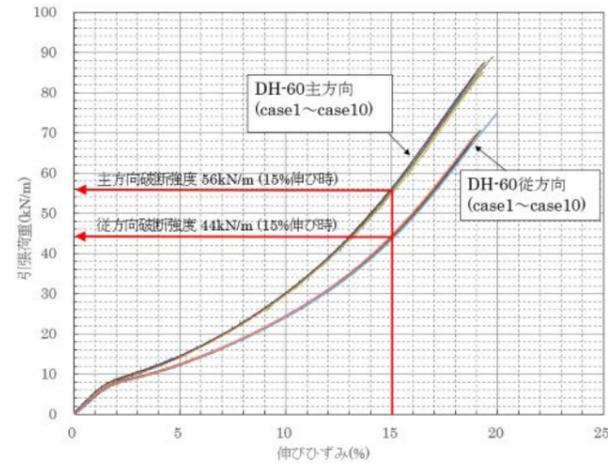


図 3 引張荷重-伸びひずみ曲線

また、破断強度と剛性は主方向の試験体が大きい結果であった。これは、ジオテキスタイル補強材の芯材の本数が従方向より主方向が多いためである。

引張強さと伸びひずみの関係を図 4 に示す。試験数 10 本のうち主方向では 5 本が、従方向では 8 本がチャック切れによる引張破壊となった。残りの試験体では試験体の引張破断が確認された。チャック切れの試験体も含めて全ての試験体で引張強度の基準となる 15%以上のひずみで破断している。

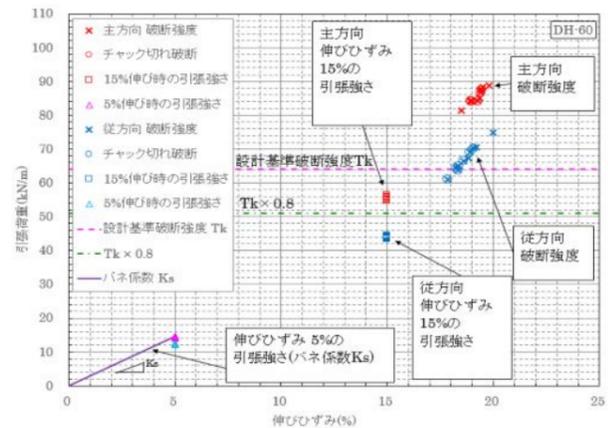


図 4 引張強さと伸びひずみ関係

主方向の破断強度 (15%ひずみ時) は平均 56kN/m であり、設計基準破断強度 64 kN/m の約 88% の値を維持している。また、従方向のそれは 44 kN/m であり、主方向の約 80% の値であり、伸びひずみ 5% 時のバネ係数  $K_s$  も初期値とほぼ同等であった。

5. まとめ

頻りに列車が通過する軌道下で長期間供用されていた RRR 盛土補強土体から採取したジオテキスタイル補強材の引張試験結果より、以下のことが分かった。

1. 通勤線の軌道下で長期間 (約 20 年) 供用されていたジオテキスタイルの破断強度 (15%ひずみ時) は、設計基準破断強度の約 88% の値であった。
2. この総合的低減率約 12% は、施工時の瞬時荷重や長期列車荷重による機械的損傷、長期アルカリによる化学的損傷等によるものと考えられる。ただし、設計においてはこれらの要因による損傷の程度は、各作用条件 (安全性、使用性、復旧性) に対して、低減係数 ( $\alpha_1 \sim \alpha_5$ ) によって考慮するが、今回の調査では個々のそれぞれの係数の値についての調査は出来なかった。

なお、盛土材の撒き出しおよび締め固めの施工では、アルカリ分を多く含む再生砕石を大型トラックより直接落下させて敷き均し・転圧したが、目視ではジオテキスタイルの明白な損傷は確認されていない。(写真 3 参照)

ここに、前記 ( $\alpha_1 \sim \alpha_5$ ) の低減係数は下記の通りである。<sup>3)・4)</sup>

- $\alpha_1$ : 耐アルカリを考慮した低減係数
- $\alpha_2$ : 施工時の破損に関する低減係数
- $\alpha_3$ : クリープに関する低減係数
- $\alpha_4$ : 瞬時荷重に関する低減係数
- $\alpha_5$ : 列車荷重に関する低減係数

以上の低減係数は、設計段階ではジオテキスタイル補強材の特性値・設計値として次頁の (3) 式に示す材料係数  $f_{eg}$  の設定に際して、考慮する低減係数の組み合わせ例が提案されている。

以下、参考までに設計上考慮されているジオテキスタイル補強材の特性値・設計値の求め方について概説する。その一例を表-3 および表-4 に示す。<sup>3)・4)</sup>

表 3 材料係数の設定に考慮する低減係数の組合せ例<sup>3)・4)</sup>

作用の組合せ	各低減係数 (○: 考慮)				
	$\alpha_1$	$\alpha_2$	$\alpha_3$	$\alpha_4$	$\alpha_5$
永久作用	○	○	○	—	—
永久作用+変動作用 (列車)	○	○	—	—	○
永久作用+地震作用 (L1地震時) + 従たる変動作用	○	○	—	○	—
永久作用+地震作用 (L2地震時) + 従たる変動作用	○	○	—	○	—
施工時	—	○	—	—	—

表 4 各作用の組合せに用いる材料係数の設定に考慮する各低減係数の組合せ例<sup>3)・4)</sup>

限界状態の種類	安全性			使用性		復旧性
	自重 施工時	変動 作用時	L1 地震時	自重	変動 作用時	L2 地震時
材料修正係数 $\rho_m$	0.8			0.8		1.0
低減係数の組合せ	$\alpha_1 \times \alpha_2 \times \alpha_3$	$\alpha_1 \times \alpha_2 \times \alpha_5$	$\alpha_1 \times \alpha_2 \times \alpha_4$	$\alpha_1 \times \alpha_2 \times \alpha_3$	$\alpha_1 \times \alpha_2 \times \alpha_5$	$\alpha_1 \times \alpha_2 \times \alpha_4$
材料係数 $f_{eg}$	0.6	0.7	0.8	0.6	0.7	0.8

表 5 ジオテキスタイルの設計用値の例 ( $T_k = 37.5$  kN/m の場合)<sup>3)・4)</sup>

限界状態の種類	安全性			使用性		復旧性
	自重 施工時	変動 作用時	L1 地震時	自重	変動 作用時	L2 地震時
引張強度の規格値 $T_k$	37.5 kN/m					
材料修正係数 $\rho_m$	0.8			0.8		1.0
引張強度の特性値 $T_a$	30 kN/m			30 kN/m		37.5 kN/m
材料係数 $f_{eg}$	0.6	0.7	0.8	0.6	0.7	0.8
設計引張強度 (kN/m) $T_d$	18	21	24	18	21	30
壁面応力計算用のバネ係数 $K_s$ (kN/m)	200					