

補強土壁工法の比較試計算による限界状態設計法に関する一考察

補強土壁工法, 補強盛土工法, 限界状態設計法

(株) 複合技術研究所 正会員 ○鴫田 由希, 矢崎 澄雄
 (財) 鉄道総合技術研究所 正会員 館山 勝, 小島 謙一
 (財) 鉄道総合技術研究所 正会員 山田 孝弘

1. はじめに

補強土壁工法（鉄道では補強盛土工法）の設計は、道路構造物では「ジオテキスタイルを用いた補強土の設計・施工マニュアル 平成12年2月」（土木研究センター）、鉄道構造物では「鉄道構造物等設計標準・同解説 土構造物 平成4年11月」（鉄道総合技術研究所編）に準拠して行われている。

各基準の設計とも、現状においては許容応力度法を基本としているが、今後は基礎構造物等のように限界状態設計法に移行していくものと考えられる。限界状態設計法では、構造物の重要度や構造形式に応じて、安定度や部材などの要求性能を区分けすることが重要な項目のひとつである。

そこで、本稿では、補強土壁工法について、重要度が異なる鉄道と道路の現行での設計法による比較試計算を行い、各基準の設計結果から得られる補強土壁構造を等価な安定指標として比較を行った。

2. 各基準の補強土壁工法の設計方法比較

各基準における補強土壁工法の設計方法の比較は、剛な壁面工を有する補強土壁工法に限定した。この場合、道路基準では壁面工は剛な分割壁を、鉄道基準では剛な一体壁を用いる点異なる。各基準の設計法の概略比較を表1に示す。ただし、比較はジオテキスタイル（以降、補強材と称す）の配置・敷設長の設定、各安定に対する検討方法のみとし、基礎地盤を含む全体系の安定（円弧すべり安定）、壁面工の検討などは対象外とした。

構造細目的な補強材配置は、鉄道基準では、施工過程の安定性、列車荷重による変形などを考慮したもので、多密配置、全層敷補強材を用いている。これに対して道路基準では、比較的疎密配置としており全層等長配置としている。

補強材仕様の検討方法としては、鉄道基準では滑動、転倒安定（全体系の円弧すべりに問題がないとした場合）の検討を行う中で、補強材の配置を決定していくのに対して、道路基準では補強盛土のり先の円弧すべり（以降、つま先円弧と称す）により配置を決定し、決定した補強領域に対して滑動、転倒安定の照査を行う方法としている。滑動安定、転倒安定については考え方が異なり、鉄道基準では補強領域を変動させる試行2楔法による壁面工の安定問題としているのに対して、道路基準では補強材を敷設した領域を補強領域と仮定した擬似重力式擁壁の安定問題としている。

表1 各基準における補強土壁工法の設計法の比較

	鉄道基準の方法	道路基準の方法
補強材の構造細目的配置		
補強材の配置	①補強材は、等長補強材と全層敷補強材を配置する ②等長補強材は、盛土厚さ0.3mに1層配置 ③等長補強材は、1.5m以上、かつ壁高Hの35%以上の長さ ④全層敷補強材は、高さ1.5mに1層、敷設長は盛土材の安息角までの長さとする	①補強材は、全て等長補強材とする ②等長補強材は、盛土厚さ1.0m程度に1層を上限とする ③等長補強材は、3.0m以上、かつ壁高Hの40%以上の長さ ④補強材の定着長は、1.0m以上とする ⑤最上段の補強材の土被りは、50cm以上とする ⑥敷設間隔が広い場合は、安定補助材1.0mを敷設する
補強材仕様の検討方法	試行2楔法（2楔法）による滑動・転倒安定の検討により、必要安全率を満足する補強材の種類、敷設長を決定する	つま先円弧による内的安定計算および部分安定計算を行い、必要安全率を満足する補強材種類、敷設間隔、敷設長を決定し、この配置に対する補強領域の滑動・転倒安定を照査
安定計算方法	(2楔法による土圧) (滑動安定) (転倒安定) 滑動・転倒安全率 Fが最小となる楔 $F = T / P_H \geq 2.0$ $F = M_R / M_D \geq 2.0$	(配置の検討) (滑動安定) (転倒安定) 部分安定計算法 $\Sigma T_i \geq \Sigma T_{max}$ $Wtan \phi / P_H \geq 1.5$ $e \leq 1/6$

Consideration about Limit State Design by Comparison Calculation of Reinforced Soil Method:

Y.Tokita,S.Yazaki(Integrated Geotechnology Institute), M.Tateyama,K.Kojima,T.Yamada (Railway Technical Research Institute)

3. 補強土壁工法の安定に対する比較試算

鉄道基準と道路基準における補強土壁工法の安定に対する指標の違いを、等価な安全度として比較を行うことを目的として、試算を行った。計算断面は、剛な壁面を有する構造として、壁高 3 種類(4m,7m10m), 勾配 3 種類(1:0.3, 1:0.45, 1:0.6)の 9 断面について、常時のみの安定計算を行った。また、基礎地盤は全体系の安定に問題がなく、上載荷重はない条件とした。

比較試算は、まず、①「各基準での安定を満足する補強材配置、敷設長の決定」を行い、②「①で決定した道路基準の設計断面に対して、鉄道基準での滑動・転倒安全率の計算」を行った。このとき、鉄道基準による滑動・転倒の計算では壁面工の重量が加味されるため、壁面工の重量は共に 0 とした。②により、滑動・転倒安全率は等価に評価できるものと考えた。

表 2 に、手順①で決定した補強土壁断面の例として、壁高 7m の結果を示す。鉄道基準では、構造細目の配置で各安全率を満足する結果となった。道路基準では、つま先円弧による検討での補強材配置が支配的であった。

表 3 に、検討手順②で等価とした滑動・転倒安全率を示す。また、図 1 に表 3 に示した鉄道基準の決定断面に対する安全率 $F_{s_{鉄道}}$ と、道路基準の決定断面に対する安全率 $F_{s_{道路}}$ の比を、各壁高・各勾配の比較として示す。同図から、滑動・転倒とも、緩勾配の場合は壁高が高くなるほど安全率比が高くなり、急勾配になるほど壁高による安全率比の変動は小さくなる傾向にあり、滑動よりも転倒のほうが安全率比が高くなっていることがわかる。また、壁高 10m のケースでは、滑動・転倒とも勾配による安全率比の差は小さく、全て 1.5~1.8 の範囲となっていることがわかる。さらに、壁高 4m のケースでは、特に滑動で安全率比が 1.0 を下回っており、道路基準のほうが安定度の高い構造となっていると判断できる。これは、壁高 4m の場合には、道路基準では補強材の配置が構造細目の最低敷設長 4.0 で決定しており、鉄道の構造細目の 1.5m と比べ補強材量が多いためであると考えられる。

次に、鉄道での設計方法を用いた場合の道路基準の安定レベルに相当する安全率(修正安全率)=(鉄道必要安全率 2.0)/(安全率比)として求めた各ケースの比較を、図 2 に示す。同図から、壁高 4m のケースでは前述の理由から安全率が高くなっているが、ほとんどのケースで修正安全率は $F_s=2.0$ 以下となっていることがわかる。特に壁高 10m のケースでは、勾配、滑動・転倒安定の違いによらず、ほぼ一定で修正安全率 $F_s=1.1\sim 1.4$ となっている。このことは、道路構造物等として鉄道基準による補強土壁の構造・設計方法を用いた場合には、これまで適用してきた $F_s=2.0$ よりも小さな安全率とできる可能性を示すものであると考えられる。

4. おわりに

今回の試算結果から、鉄道基準では、補強土壁背面地盤上に鉄道を通すことを前提とした構造・設計方法としていることから、道路基準と比べ等価安全率が高い結果となった。今後、補強土壁工法についても限界状態設計法に移行していくことから、本結果を参考に適用構造物の重要度や構造形式に応じた設計の採用に関する検討を行うことが課題の一つであると考えられる。また、本試算では、限られた条件のみでの検討であるため、限界状態設計法への適用を検討する場合には、地震時の検討を含め、更なる試算が必要であると考えられる。

<参考文献>

- 1) ジオテキスタイルを用いた補強土の設計・施工マニュアル, 土木研究センター, 平成 12 年 2 月
- 2) 鉄道構造物等設計標準・同解説 土構造物, 鉄道総合技術研究所編, 平成 4 年 1 1 月

表 2 各基準に準拠した設計での補強材配置 (H=7.0m の場合)

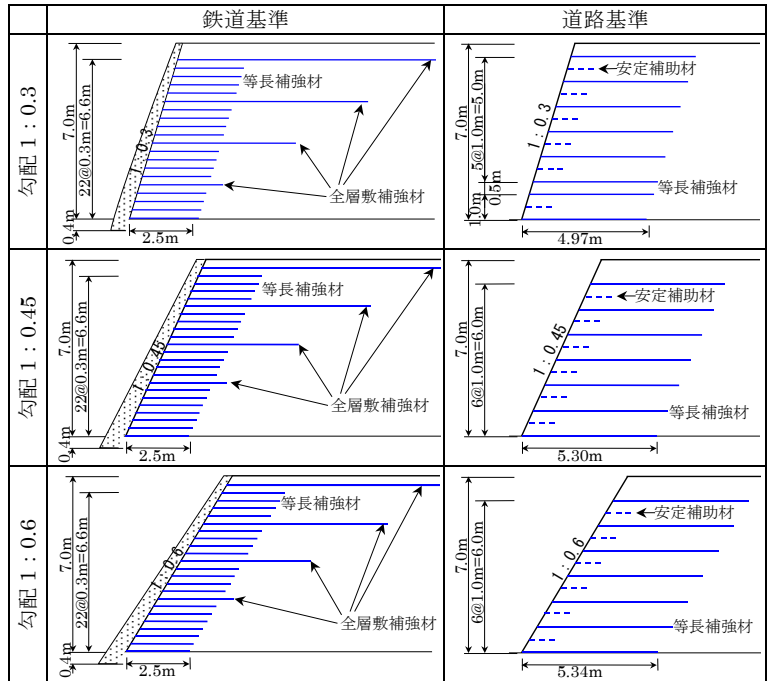


表 3 各基準で決定した断面の等価とした安全率

勾配	破壊モード	壁高(m)					
		4		7		10	
		鉄道	道路	鉄道	道路	鉄道	道路
0.3	滑動 F_s	4.337	3.173	4.095	2.558	3.485	2.263
	転倒 F_s	6.554	3.473	5.107	2.564	3.734	2.094
0.45	滑動 F_s	5.264	6.076	4.953	3.423	4.737	2.848
	転倒 F_s	7.331	5.439	6.466	3.796	4.947	2.880
0.6	滑動 F_s	6.643	10.126	6.237	5.290	6.065	3.913
	転倒 F_s	7.951	8.570	8.392	5.838	6.787	4.185

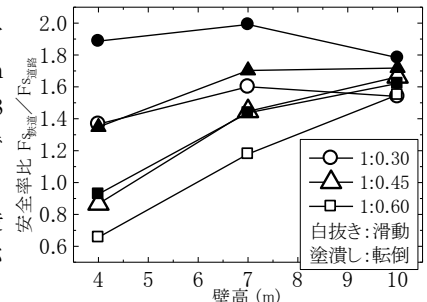


図 1 安全率比の比較

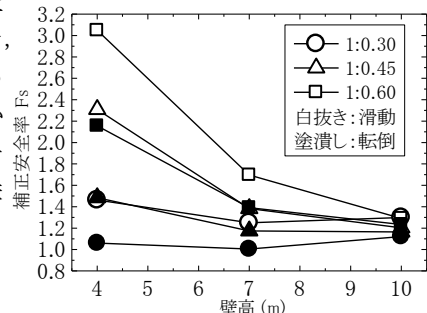


図 2 補正安全率の比較