

補強土壁の施工指針に関する欧州の動向

宮田喜壽* 中根 淳**

1. はじめに

補強土壁は、盛土材の種類に応じて、補強材、壁面工、排水工を適切に選定・配置し、施工（締固め）をしっかりと行えば、旧来のコンクリート擁壁に比べ非常に高い安定性を示す。欧州では、その設計法を限界状態設計法に移行する手続きを進める一方で、施工指針の策定に力を注ぎ、欧州規格EN14475として運用を始めている¹⁾。その内容は補強土壁で生じやすい事故を未然に防ぐよう配慮されており、示唆に富むものとなっている。既報^{2),3)}では限界状態設計法への移行の流れを解説したが、本稿では施工指針の概要を紹介したい。

2. 補強土壁の施工に関する欧州規格

欧州では、様々な技術分野で基準化・規格化が進められているのは周知のとおりである。地盤関連では、設計法がCEN/TC250/SC7で審議され、昨年末、長い年月を経てようやくEurocode7 (Part1:総則、Part2:地盤調査と試験) が正式に規格になった。これによって、移行期間をすぎれば、欧州の設計法は全面的に限界状態設計法に移行することになる。一方、CENでは施工指針の策定にも力を入れ、CEN/TC288で審議を行ってきた。TC288に12のWGを設置し、様々な地盤技術関連の施工指針を策定している。補強土構造物に関する規格はWG9で審議され、2006年にEN14775: Execution of special geotechnical works -Reinforced fill (地盤技術の施工指針：補強盛土編) として規格化された。

EN14775は、本文と付属文書（付録 A～F）から構成される。本文の構成と内容は表-1に示すとおりである。調査、試験、設計に関する各種基準を参照しながら、安定した構造物を構築するための材料選定や施工管理の方法、報告事項に関する取り決めが示されている。この規格は、補強土壁、補強土壁橋台、軟弱地盤上の補強盛土、盛土の凍上対策などを対象とし、舗装の補強は対象外

表-1 EN14475の内容

章	各章の内容
1.	本規格の対象
2.	参照規格
3.	用語と定義
4.	施工に必要な情報
5.	地盤調査の目的と役割
6.	盛土材、補強材、壁面別の材料・施工方法
7.	設計で検討される項目
8.	建設材料の入手と品質管理、保管、現場の環境整備、排水、構造物の施工に関する留意点
9.	管理責任、試験とモニタリングの義務
10.	施工中、施工終了時での報告事項
11.	現場の安全管理や環境保護
付録A	盛土材別の用途、推奨される補強材と壁面
付録B	金属製補強材を選定する場合に留意すべき盛土材の電気・化学的性質
付録C	壁面材とシステムに関する留意点
付録D	典型的な補強材の種類
付録E	金属製補強材に関連規格などに関する留意点
付録F	壁面材に関する規格などに関する留意点

である。本文で概念的な事項が規定され、具体的な内容が付属文書（付録 A～F）の中で図表を用いてわかりやすく解説されている。設計法と同じく補強材の種類や補強形式によらない統一的な記述となっている。一方、材料試験などの関連規格との参照では、付録の項目を分ける等の配慮がなされている。

EN14475の策定は、AFNOR（フランス規格協会）が幹事国として策定が進められた。補強土構造物の事故例を分析し、適切な材料と工法を組み合わせる必要性が高いとした上で、盛土材の種類や壁面の形式ごとに奨励する構造形式を規定することを基本方針にしたとのことである。この点に欧州30カ国が強く同意し、この規格が策定された。わが国にも見習う点が多い話である。次章以降、もう少し内容を詳しく見ることにする。

表-2 EN14475：盛土材、補強材と壁面の代表的な組合せ－盛土材別－
(A：しばしば実施される B：時々実施される C：特別の調査を条件として D：推奨できない)

盛土材の種類	名称	Type 1	Type 2		Type 3		Type 4
		Draining	Granular		Intermediate		Fine
盛土材の種類	粒度分布特性：80 μm通過分	< 5 %	< 12 %	12 ~ 35 %	12 ~ 35 %	> 35 %	その他
	粒度分布特性：20 μm通過分	なし	なし	< 10 %	> 10 %	< 40 %	
	塑性指数	なし	なし	なし	< 25	< 25	
用途	出水・急速な水位の変動作用をうける構造物	A	B	B	D	D	D
	橋台、鉄道、構造物の基礎	A	A	B	C (a)	D	D
	規模の大きい補強土壁	A	A	B	B	D	D
	規模の大きい補強盛土斜面	A	A	B	B	C (b)	C (b)
	通常の規模の補強土壁・補強盛土	A	A	A	B	C (c)	C (c)
補強材	ストリップ〔滑〕、ロッド〔アンカー付含〕 (金属・高分子)	A	A		C (d)		D
	ストリップ〔リブ〕、ロッド〔アンカー付含〕、ロッド〔支圧抵抗部材付〕 (金属・高分子)	A	A		B	C (d)	D
	溶接金網、ロッド〔支圧抵抗部材付〕、メッシュ、グリッド、シート (金属・高分子)	A	A		B	C (d)	D
	排水機能を有するジオシンセティックス	B	A		A		C (b)
壁面	剛壁面	A	A		D (a)		D
	半柔壁面	A	A		C (e)		D
	柔壁面	A	A		A	B	C (e)

- (a) 締固めが不十分な場合、壁面材と補強材間の相対沈下が大きくなり、過度の荷重がその接続部に作用する。
- (b) 排水条件が盛土材特性に及ぼす影響について評価しなければならない。
- (c) 内部摩擦角、含水比に応じた締固め方法、天候、排水層の必要性について、特別の配慮を払わなくてはならない。
- (d) 長期および施工期間中における盛土材と補強材の相互作用に関して評価しなければならない。
- (e) 施工期間中、壁面材の設置状況を調整するために、特別の配慮を払わなくてはならない。

3. 推奨される構造形式と出来形管理

盛土材別の推奨される構造形式として、付録A「盛土材別の用途、推奨される補強材と壁面」で、表-2が示されている。EN14475では盛土材を4種類に分類し、それぞれに推奨される構造形式を示している。土質区分の考えがわが国のそれとは異なるので、無理に訳をせず、そのまま英語名で記した。EN14475では6段階にわけて、推奨される用途、補強材、壁面工を示している。剛な壁面の場合、壁面と盛土材の相対沈下量の増大に伴い、補強材の壁面への取り付け部で応力集中が生じる可能性があるとして、塑性指数を有する盛土材は推奨できないとしている。その一方で、そのような粘性の高い盛土材に対しては、排水機能を有するジオシンセティックスと柔な壁面工を選択し、調査と設計に特別の配慮をすれば、規模の大

きい補強盛土や通常規模の補強土壁・補強盛土に適用可能としている。

EN14475では、付録C「壁面材とシステムに関する留意点」で、12種類の壁面工別に、用途、盛土材、補強材、施工技術、縦断・横断方向の構造的柔軟性の特徴、出来形の規格値について詳述している。そのうち、わが国でもよく用いられる5種類の壁面工について、盛土材、補強材の代表的な組合せと留意事項をまとめて示すと表-3のとおりになる。盛土材の区分は表-2を参照されたい。これらの資料の策定には、最初に述べたように、「適切な材料と工法の組み合わせ」が性能の高い構造物を構築する上で最も重要であるという基本概念が貫かれている。

表-3 EN14475：盛土材、補強材と壁面の代表的な組合せ－壁面材別－
(オリジナルの記述より著者が◎○で推奨レベルを整理)

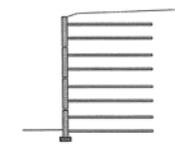
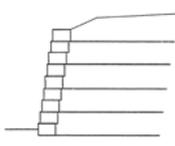
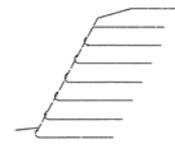
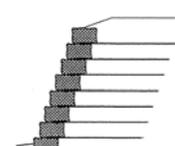
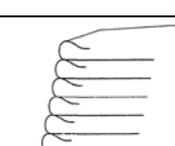
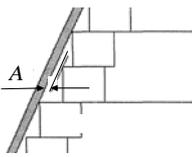
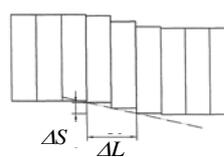
材料その他 壁面の形式		盛土材				補強材			備考	
		Draining	Granular	Intermediate	Fine	ストリップ [®] [滑]、 ロッド [®] [アンカー付含]	ストリップ [®] [リア]、ロッド [®] [アンカー付含]、ロッド [®] [支圧抵抗部材付] (金属・高分子)	溶接金網、ロッド [®] [支圧抵抗部材付]、メッシュ、グリッド、シート (金属・高分子)		排水機能付き ジオシンセティックス
分割パネル		◎	◎	○		◎	◎	○	垂直壁がメインだが、のり勾配を有する壁にも適用可能。支保工なしで施工し、壁面材のジョイントには緩衝材を使用する。	
コンクリートブロック		◎	◎				○	◎	垂直壁、斜面を有する壁のいずれにも適用可能。緩衝材なしで壁面を構築。補強材は、ブロックに挟み込む形式で壁面に接続。	
鋼製型枠		◎	◎	○				◎	垂直壁、斜面を有する壁のいずれにも適用可能。壁面には植生を行う。型枠背後に盛土材と異なる材料を配置する場合、フィルターを使用。	
蛇籠		◎	◎	○				◎	垂直壁、斜面を有する壁のいずれにも適用可能。蛇籠は金属メッシュ、ジオグリッドで構築し、内部には碎石を投入。フィルターが壁面部と盛土部の境界に必要。	
土嚢巻き込み		◎	◎	◎	○			◎	○	斜面を有する壁に適用。支保工を用いることで斜面の直線性を確保。植生や吹き付け工で火災などによる壁面部の損傷リスクを小さくする。

表-4 EN14475：補強土壁の出来形の規格値の例

材料その他 壁面の形式	のり面の直線性 A	不同沈下 $\Delta S / \Delta L$	盛土の圧縮 $\Delta H / H$
			
分割パネル	± 25 mm	1%	1%
コンクリートブロック	± 50 mm	0.5%	0%
鋼製型枠	± 100 mm	2%	5%
蛇籠	± 100 mm	2%	5%
土嚢巻き込み	± 100 mm	5%	10%

出来形管理について示されている規格値の例を表-4に示す。のり面の直線性、不同沈下、盛土の圧縮の3つの項目について、壁面工の種類ごとに規格値が設定されている。この値はEN14475で推奨されている盛土材と補強材の適正な組合せが前提条件であることに注意する必要がある。この内容について、理論的・統計的な根拠が示されるべきという批判もないわけでない。CENなどの地域規格では定期的な見直しが前提とされているので、今後は随時実測データを蓄積し、実際的な値へのすりあわせが試みられると思われる。

4. 注目すべきその他の留意事項

注目すべきその他の留意事項として、設計と施工の関係を明確に位置づけている点がある。例えば、設計ではどのような情報が施工者に提示されるべきであるとか、現地での設計変更や施工中の観測について基本的な考え・手順が記述されている。欧州の統一設計規格Eurocode7では、設計法と地盤調査・試験を明確に位置づけており、このEN14775とセットで、調査・試験、設計、施工がもれなく位置づけられたことになる。

取り扱いの難しい盛土材については、盛土材の入手、現地での保管方法、そしてまき出し・転圧の3つの段階について適当な記述がなされている。また、独立した節として、排水施設の項が設けられ、品質の良い排水材を適当な位置に設置することなどが明記されている。排水の重要性は、わが国の補強土壁の事故例でもたびたび指摘されている。施工指針にもこの項が設けられていることもみると、欧州においてもその重要性は強く認識されているようである。

5. まとめ

EN14475では、施工中、施工終了時での報告事項、現場の安全監理や環境保護についても必要十分な記述がなされている。環境保護では、近接施工による周辺地盤の影響、表面水や地下水の汚染、地下水の流れの急激な変化、大気汚染、騒音が挙げられている。さらに、補強材や壁面材の品質保証などに関する地盤関連以外の規格も幅広く参照

されており、「適切な材料の選定」が容易になるよう配慮がなされている。調査・試験、設計、施工の守備範囲がわが国と異なる点はあるため、その意図を正確に理解するには、Eurocode7や欧州各国の規格をあわせて目を通す必要はあるが、事故や間違いをなくすためという視点でまとめられたこの規格だけを読んでも、わが国の設計・施工法の発展に役立つ内容となっている。

謝 辞

第1著者はこの研究に対し、日本学術振興会科学研究補助金(基盤研究B, 21360229)による補助を受けている。また、本文の執筆は、以前国際委員会で議論したAFNOR (フランス規格協会) のP. Segrestin氏の話が非常に役立った。以上に謝意を表したい。

参考文献

- 1) BS EN 14475:2006 : Execution of special geotechnical works –reinforced fill.
- 2) 宮田喜壽、中根 淳：補強土壁の信頼性設計法－信頼性による性能評価と諸外国の動向－、土木技術資料Vol.51-11、pp.58-61、2009.
- 3) 宮田喜壽、中根 淳：補強土壁の荷重・耐力係数設計法、土木技術資料Vol.52-1、pp.54-57、2010.

宮田喜壽*



防衛大学校 准教授、博士(工)、土木研究センター ジオテクニカル補強土工法普及委員会 特別専門委員
Dr. Yoshihisa MIYATA

中根 淳**



財団法人土木研究センター技術研究所地盤・施工研究部 主任研究員
Atsushi NAKANE