

補強土工法的设计・施工マニュアルの改訂概要（その1）

中根 淳

1. はじめに

「道路土工—擁壁工指針」（平成24年度版）（以下、指針と称す）の改訂では、性能規定型設計の考え方を取り入れるとともに、各章節の要点を粹書きにしてわかりやすい表記とし、さらに、平成23年3月11日に発生した東日本大震災における教訓を反映された記述となっている。また、適用事例が増えている補強土壁については、これまでの被災事例等の経験や実績を踏まえ、補強土壁の主な変状とその原因、適用に当たっての留意点等が整理して示すとともに、補強土壁の基本的な設計・施工方法に関する記載の充実が図られた。この指針の改訂を受けて、土木研究センターでは管轄する「ジオテキスタイルを用いた補強土工法」、「補強土（テールアルメ）壁工法」、「多数アンカー式補強土壁工法」の設計・施工マニュアルについて、指針に沿った改訂を行うこととした。

ここでは、改訂された指針「道路土工—擁壁工指針」及びジオテキスタイルを用いた補強土の設計・施工マニュアルについて主な改訂の概要を述べる。

2. 「道路土工—擁壁工指針」の改訂概要

2.1 設計の基本的な考え方

2.1.1 性能規定の枠組みを取り入れた設計法

指針では、性能規定型設計の枠組みの導入に伴い、補強土壁を含む擁壁についての設計の基本的な考え方は、原則として、設計に当たっては想定する作用に対して要求性能を設定し、それを満足することを照査することとしている。また、照査は、擁壁が要求される事項を満足しているかを論理的な妥当性を有する方法や実験等による検証がなされた手法、もしくは、これまでの経験・実績から妥当と見なせる手法等に基づいて行うことを基本とすることとしている。

2.1.2 補強土壁の改訂概要

補強土壁についても、要求性能を満足することを照査する性能規定型の設計法を基本とするが、帯状補強土壁（テールアルメ）、アンカー補強土壁（多数アンカー式補強土壁）、ジオテキスタイル補強土工法に関しては、不適切な設計・施工がなされた事例を除けば、これまでの多くの施工実績より供用中の健全性が経験的に確認されている。このため、従前からの慣用的な設計方法・施工方法に従えば、常時、降雨、地震動の作用に対し、所定の規模の範囲内であれば、所定の性能を確保するとみなせるものとされた。これを受け、上記の3つの補強土壁についてはこれまでの経験・実績から妥当な手法と見なせる、従前からの慣用的な設計法を基本とした設計が示された。

2.2 補強土壁の改訂概要

補強土工法は、前回の平成11年3月の改訂で「道路土工—擁壁工指針」において取り入れられ、その後、急速に実績が増加した。その一方で、同工法の設計・施工上の留意点が十分に理解されずに適用され、変状が生じたものも少なくない。このために補強土工法については、次のようにその定義とともに、これまでの生じた主な変状とその要因、さらに適用に当たっての留意点についての記載の充実が図られている。

2.2.1 補強土壁の定義

補強土工法は、盛土内に敷設された補強材によって盛土の安定度を補い、標準のり面勾配より急な盛土・擁壁構造を作る構造物である。便宜上、のり面勾配（壁面勾配）が1:0.6より急なものを「補強土壁」、1:0.6かそれより緩いものを「補強盛土」と定義し、「補強土壁」については擁壁工指針に示し、「補強盛土」については盛土工指針に設計・施工法を示している。

2.2.2 補強土壁の変状とその要因

これまでの補強土壁の変状としては、壁面の前倒れや局所的なはらみ出し、壁面材の開きやズレ、破損や天端の沈下、補強材の破断、盛土材料の拔出、基礎の洗堀、基礎地盤の滑り、補強土壁全

体の倒壊などがあるが、これまでの経験から、その要因としては、不適切な盛土材料と締固め不足、基礎地盤の滑り、不同沈下、地下水や地表水の浸透・浸食、地震動が主なものである。これらの要因により、補強土壁の外力が増加するとともに、盛土材と補強材、壁面材との拘束が不十分になり、補強土壁に大きな変状が生じる。変状が進むと、盛土材のこぼれ出しなどにより、さらに盛土材と補強材等との拘束が低下し、補強土壁の力学的な安定性を保持できない状態になる。これらのうち、不適切な設計や施工を除くと、水と基礎地盤による影響が変状要因の大きな割合を占め、その対策が重要としている。補強土壁は、本来、一定の変形を許容している構造物で、変状が安定と判断される場合でも、壁面材の開き等外観や部材の耐久性への影響が懸念されるため、状況に応じた適切な補修・補強対策を採ることが重要としている。

2.2.3 適用に当たっての留意点すべき箇所

補強土壁の変状の要因を受け、適用に当たっては、力学的な安定のメカニズムや特徴が一般のコンクリート擁壁と異なり、補強土壁に使用される材料、実施する施工・維持管理の方法について十分な理解と認識が必要と指摘している。

特に、補強土壁は一般にコンクリート擁壁に比べ規模が大きく厳しい条件の箇所で設置されることも多く、このような条件で設置された補強土壁に変形・変状が生じた場合には、道路交通や周辺の構造物等に与える影響が大きい。このため、適用に当たっての条件の整理、地盤条件や使用する盛土材料、さらに隣接構造物と関係を十分に調査する必要があること。また、積雪寒冷地、水辺等に補強土壁を適用した際の補強土壁の変形特性や変状形態及び適用上の留意点を示している。

2.2.4 設計手順と設計法の変更点

補強土壁の設計は、「補強土壁を構成する部材の安全性の照査」、「補強土壁の安定性の照査」、「基礎工、排水工、付帯する構造」について検討を行う。

補強土壁の安定性では、①補強土壁自体の安定性と②補強土壁及び基礎地盤を含む全体としての安定性について照査する。その際に土圧を算出する際の仮想背面及び壁面摩擦角の考え方を見直している。また、水の影響を受けないように、確実な表面水及び地下水に対する排水対策とその維持

表-1 目次構成の変更内容

第2回改訂版	第1章 総説
	第2章 補強土工の基本方針
	第3章 計画・調査
	第4章 設計に関する一般事項
	第5章 補強盛土工法
	第6章 補強土壁工法
	第7章 ジオテキスタイルを用いた軟弱地盤対策工
	第8章 維持管理
	付属資料1 ジオテキスタイルと土の特性評価試験について
	付属資料2 補強土壁の耐震性

管理が不可欠としており、「6-8 排水工」に従った排水対策については充実した記述がなされている。

また、補強土壁に使用する盛土材料には、補強材による補強効果が発揮され、敷均し・締固めが容易で、かつ有害な変形が生じない材料を用い、土質区分として細粒分の少ない粗粒土が適当であると規定している。

3. 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 第2回改訂版

3.1 目次構成の変更

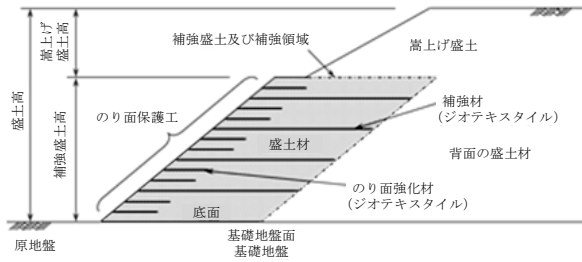
第2回改訂版における目次構成を表-1に示す。改訂版の1～4章には、改訂された指針に倣いジオテキスタイル補強土工法としての性能規定型設計の導入に向けた基本的な考え方を記載した。5章以降は、従前と同様の並びで各補強土工法（補強盛土、補強土壁、軟弱地盤対策工）の設計・施工法の考え方を示している。また、従前の「6章耐震設計」については、より地震時の考え方が判り易いよう工法毎に常時の設計と並べて各章で記述することとした。同じく「2章 ジオテキスタイル土の特性評価」については、ジオシンセティックスの試験法等に関する地盤工学会基準や国際標準（ISO）で制定された試験基準等との整合を図りながら、いち早くマニュアルに反映できるように「付属資料1」として整理した。

3.2 主な改訂概要

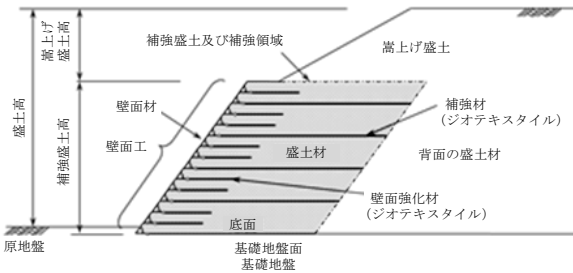
3.2.1 対象とする補強土工

本マニュアルで取り扱う補強土の種類と各部の名称を、図-1～3のように整理した。図-1(a)に示すのり面勾配が1:0.6以下の緩い盛土では、補強領域の転倒、滑動は生じないため、すべりに対する安定だけで設計が行えるとして補強盛土と定義

土研センター



(a) のり面勾配1:1.0より緩い場合



(b) のり面勾配1:0.6~1:1.0の場合

図-1 補強盛土の各部の名称

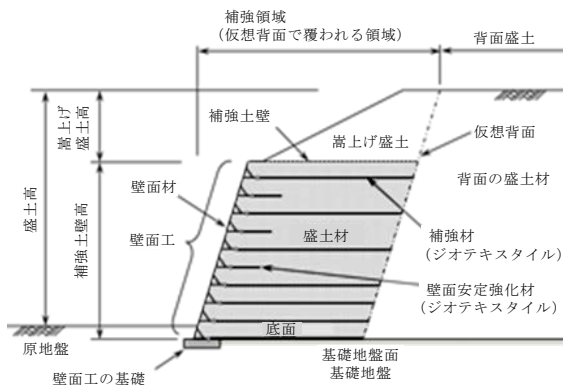
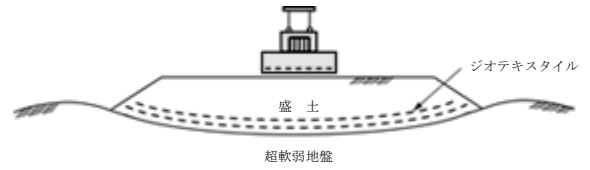


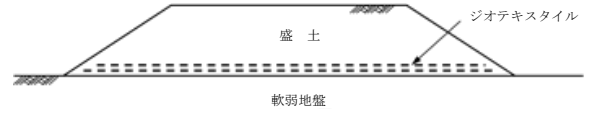
図-2 補強土壁の各部の名称

した。ただし、図-1(b)に示すのり面勾配が1:1.0～1:0.6までの急勾配の補強盛土は、施工上の安定を考慮してのり面には壁面工を設置する。

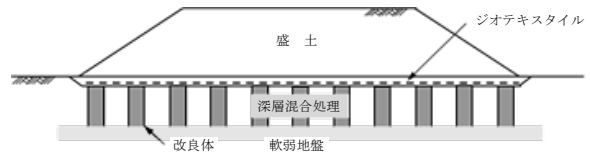
図-2に示すのり面勾配（壁面勾配）が1:0.6より急な盛土は、すべりに対する安定の他に補強領域に作用する土圧や補強領域内の土圧に抵抗できる補強材と壁面工の設計が必要となり補強土壁と定義した。またその他、図-3に示す軟弱地盤対策工として、図-3(a)敷設工法は、仮設工事として主にサンドマットの下に補強材を敷設し、施工機械のトラフィカビリティーを確保するとともに、盛土荷重を均等に分散して地盤の局部的な沈下を減じ、施工時の支持力の確保を図る表層処理工法である。また図-3(b)盛土補強工法は、基礎地盤の表面あるいは盛土下層部にジオテキスタイルを敷設し、基礎地盤の側方移動や基礎地盤を含む



(a) 敷設工法



(b) 盛土補強工法



(c) 深層混合処理との併用工法

図-3 軟弱地盤対策工における各部の名称

べり破壊の防止等の盛土の安定性の確保を図る工法である。さらに図-3(c)深層混合処理工法との併用工法は、深層混合処理工法により形成した改良柱体の頭部にジオテキスタイルを敷設し、不同沈下の抑制やすべり破壊を防ぐ工法である。

3.2.2 主な改訂事項

(1) 補強土の変状・損傷の発生形態の原因を整理
本マニュアルに従わず不適切な処置を施した場合に、想定されるジオテキスタイル補強土の変状や損傷について、図面を入れて紹介した。

(2) 補強土の適用に当たっての留意点を整理
ジオテキスタイル補強土の適用に当たって注意を要する場所やその設計条件について、図面を入れて留意点をわかりやすく整理した。

(3) 補強土壁の要求性能
指針に倣いジオテキスタイル補強土壁の要求性能の水準および、ジオテキスタイル補強土壁の重要度に応じた要求性能を示した。

(4) 補強盛土工法
引張補強材としてジオテキスタイルを用いる場合の補強盛土の設計では、従前と同じく、盛土の内部を通る円弧すべりに対し、補強盛土が所定の安定性の確保に必要なジオテキスタイルの必要引張力（抵抗力）を求め、その引張力に応じてジオテキスタイルが破断や引抜きが生じないことを照査し、併せて使用目的に応じた耐久性を有することを確認するものである。その際、図-4に示すよ

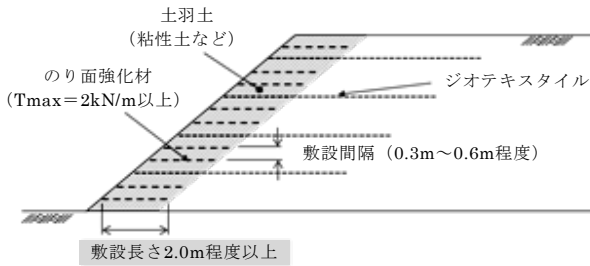


図-4 のり面強化材の敷設

うに、のり面勾配が1:1.0より緩い補強盛土では、のり面部には長さ2.0m程度以上で敷設間隔0.3~0.6mののり面強化材(ジオテキスタイル)を敷設して、表層すべりや侵食(エロージョン)対策を施すことを標準とした。その他、ジオテキスタイルを排水補強材として用いる補強盛土の設計法は、従前と同様の扱いとした。

(5) 補強土壁工法

補強土壁の設計では、指針に倣い常時及び地震時における、補強土壁を構成する部材の安全性の照査(内的安定の検討)、補強土壁自体の安定性の照査(外的安定の検討)を見直した。

内的安定の検討では、補強土壁の内部を通るすべり破壊に対して補強土壁が安定していることを照査し、併せて使用目的に応じた耐久性を有していることを確認するものである。その際、壁面材に用いる鋼製枠の安定性は、壁面部の土塊のこぼれ出しに対する安定性について照査するものとした。

外的安定の検討は、常時及び地震時に考慮する荷重に対して、補強土壁を一つの土工構造物とみなし、滑動、転倒、支持に対する安定性を照査する。その際、基礎地盤の許容支持力は、「道路橋示方書・同解説IV下部構造編」に準じて極限支持力を算定し、所要の安全率で除して求める。

(6) 軟弱地盤対策工法

図3(c)の深層混合処理工法にジオテキスタイル

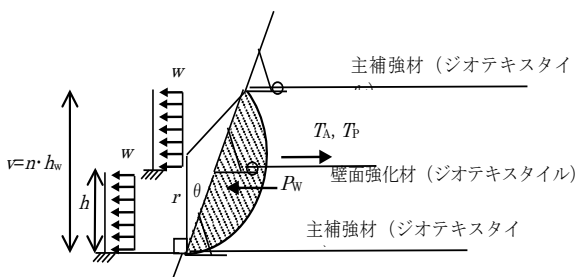


図-5 鋼製枠の安定性の照査

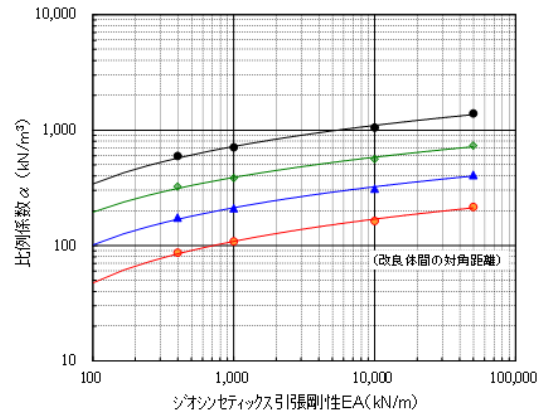


図-6 比例係数αとジオテキスタイルの引張剛性の関係

を併用した場合、改良柱体と柱体間未改良部との間で発生する不同沈下量を算定する。その際、用いる比例係数αとジオテキスタイルの引張剛性の関係を図-6のように見直した。

4. まとめ

本報では、改訂指針に従ったジオテキスタイル補強土工法 設計・施工マニュアルの紹介を行った。次号(1月号)では「補強土(テールアルメ)壁工法」、「多数アンカー式補強土壁工法」の設計・施工マニュアルの改訂概要について紹介する。

謝 辞

「ジオテキスタイル補強土工法 設計・施工マニュアル」の改訂作業に当たっては、ご協力いただいたジオテキスタイル補強土工法普及委員会 の会員皆様に感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 社団法人日本道路協会：道路土工—擁壁工指針、2012.7
- 2) 財団法人土木研究センター：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 改訂版、2000.2

中根 淳



(一財)土木研究センター
技術研究所地盤・施工研究部 部長代理
Atsushi NAKANE