

テールアルメ工法、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(その2)

中根 淳・大谷義則・酒井茂賀・小浪岳治

1. はじめに

本報文は、先月号¹⁾の「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」に引き続き、「道路土工-擁壁工指針」(平成24年度版)²⁾(以下、指針)に準拠し、性能設計の枠組みを取り入れ改訂した「補強土(テールアルメ)壁工法設計・施工マニュアル」³⁾と「多数アンカー式補強土壁工法設計・施工マニュアル」⁴⁾について、その概要を述べる。

2. 主な改訂の経緯と改訂点

補強土壁工法は、設計・施工マニュアルの発刊や平成11年に改訂された「道路土工-擁壁工指針」で紹介されたことを契機に急激に実績が増え、一般工法として一定の地位を確立した。その一方で、補強土壁の変状事例も増加した。これらの変状は、補強土壁工法の特長や設計・施工・維持管理上の留意点が十分に理解されずに不適切な適用がなされたこと。また、土工構造物であるが故に不可欠となる排水処理と締固め等の施工・施工管理が十分でないことなどを主な原因として生じた。今回の改訂は、このような変状事例の分析を踏まえ、①適用に当たっての留意点と注意すべき箇所、②確実な排水対策、③施工・施工管理、特に、盛土材の選定及び締固め方法・締固め管理、④維持管理など、計画・設計・施工・維持管理に関する内容の充実を図った。

また、土木研究センターで設計・施工マニュアルを発刊している「ジオテキスタイル補強土工法」、「テールアルメ工法」、「多数アンカー式補強土壁工法」の3工法について、補強土壁としての共通性と一般土木構造物の設計法との整合性を確保するため補強土壁自体の安定と外的安定等に関する事項(④耐震性能の評価⑤支持力の検討⑥全体安定の補強効果の検討)について統一を図ることとした。

なお、今回の改訂は、補強土(テールアルメ)壁工法(以下、テールアルメ)については、昭和57年に初版の設計・施工マニュアルが発刊されて以来、

第3回目の改訂に、多数アンカー式補強土壁工法(以下、多数アンカー)については、平成6年に発刊されて以来、第3回目の改訂となる。

2.1 適用に当たっての留意点・注意すべき箇所

補強土壁の不適切な適用を避け、設計・施工・維持管理に当たっての注意を喚起するため、補強土壁で生じる、壁面の前倒れや局所的なはらみ出し、盛土材料の抜出し、基礎地盤の滑りなどの変状事例と要因を紹介している。また急峻地形や集水地形など、補強土壁を適用する際に、特に留意を要する箇所とその際の計画・設計・施工・維持管理の技術上の要点についての充実した記述を行っている。

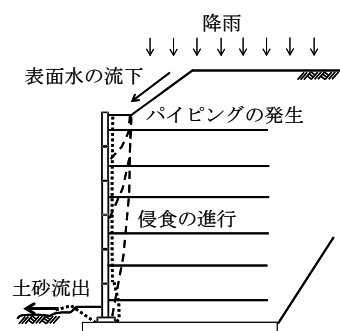


図-1 流水で生じた盛土材料の抜け出しの変状事例

2.2 排水対策

補強土壁は、コンクリート擁壁と同様に確実な排水対策を前提に設計が行われている。また、大きな変形や変状が生じた事例の多くは不適切な排水処理に起因していた。このため、今回の改訂では排水施設(工)に関して適切な施設を計画・設計できるよう記述した。具体的には、「道路土工要綱 共通編 排水」等と整合を取りながら、表面水の補強領域や背面盛土への浸入等を防止する表面排水工および補強領域内への地下水の浸入を防止し、補強領域内の排水する地下排水工の考え方や構造を示した。また、排水層としての性能、耐久性等から適切な排水材料を選定するものとした。

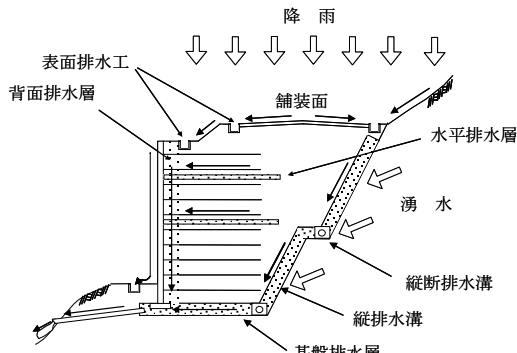


図-2 補強土壁の排水対策の例

2.3 盛土の施工・施工管理

盛土材料の敷均しから締固めまでの一連の作業は、完成後の補強土壁の品質を左右する最も重要な工程である。盛土の品質を確保するには、適用する盛土材料の特性に応じた施工方法の選定および品質・施工管理方法を設定する必要がある。特に、盛土材料の締固め管理は、締固め度によって管理することを標準とし、路床を対象とした指針で規定するJIS A 1210のA、B法による最大乾燥密度の95%以上、またはC、D、E法による最大乾燥密度の90%以上を管理値とすることとした。

2.4 維持管理

2009年の東名の牧の原の盛土崩落事故以来、供用期間中の経年的な変化による変状についても十分な点検・調査を行うことが求められている。このため今回の改訂では、維持管理における点検項目を変状形態・要因により区分して追記した。また、災害時の緊急対策の検討を目的に応急危険度判定について被災台帳と被災度応急判定表を規定するとともに、応急対策・恒久対策における対策事例を記載した。

2.5 耐震性能の評価

一般のコンクリート擁壁等では、地震時における滑動、転倒、支持の外的安定性の照査は、自重に起因する地震時慣性力と擁壁背面に作用する地震時土圧を同時に作用させている。一方、従前のテールアルメ・多数アンカーでは、地震時には周辺地盤や基礎地盤の変形に追従し、補強土壁全体が一体となって挙動するため、地震時慣性力と地震時土圧が同時に同じ方向に作用することがないものとし、どちらか大きい方の値で地震の影響を照査していた。この従前の耐震設計法による補強土壁は、兵庫県南部大地震等の大地震においても重大な被災事例がなく、その耐震性能は評価されている。このため、補強土壁に関しても一般の土工構造物の耐震設計との整

合性を確保するため、震度法での設計を前提に補強土壁については従来型擁壁の設計水平震度に低減係数を用いる提案設計法⁹⁾を採用することとした。

$$k h' = \nu \cdot k h$$

ここに $k h'$: 補強土壁に用いる修正水平設計震度

$k h$: 従来型擁壁の水平設計震度、
 ν : 水平設計震度に対する補正係数

設計水平震度 ν は、図-3に示すように動的遠心模型実験や過去の大地震における被害調査結果に基づき妥当性を確認し設定した。

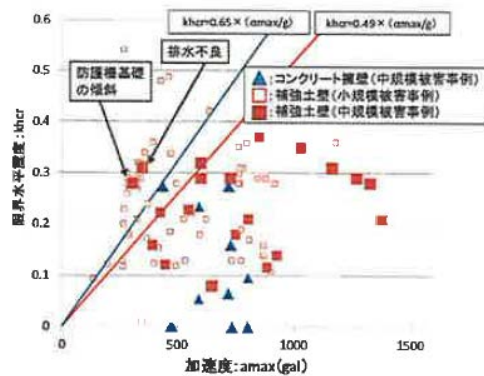


図-3 被害事例による検討結果

2.6 支持の検討

補強土壁は、一般のコンクリート擁壁に比較すると柔な構造特性を有し、壁直下を除き盛土としての挙動が期待できるために、基礎の変形に伴う補強領域の変形が必ずしも不安定要因にならない。このため支持力の設計安全率を低減し常時2.0以上、地震時1.5以上としていた⁹⁾。今回の改訂では、基礎地盤を評価する際に、上部構造物の変形性能を一括した安全率として検討し、一般構造物との整合性を考慮し、同一の設計安全率で照査するものとした。

その際、図-4に示すように盛土に近い挙動を示す補強領域と補強材を連結し背面の補強領域と連動して挙動する壁面工の基礎については、それぞれ分けて支持の照査を行うことにした。

図-4に示す盛土直下の補強領域では盛土荷重等による地盤反力が均等に分布し、壁面工の基礎(壁面直下)においては壁面材の自重と壁面土圧の鉛直成分が作用するものとして、それぞれの鉛直地盤反力度が基礎地盤の許容支持力度以下であることを照査している。

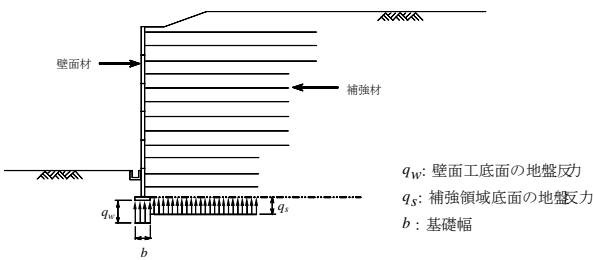


図-4 支持力の検討

2.7 全体安定の補強効果の評価

従来、円弧すべり解析による全体安定を照査する際に、補強材による盛土材の変形拘束効果として、補強材の降伏強度を見かけの補強せん断強度増分として換算する方法を適用していた⁷⁾。この方法については、今回、性能設計の枠組みを導入したことに伴い、理論的もしくは実証的に明確な適用限界を明らかにすることが必要となった。特に、規定される補強材の許容応力度レベルにより照査する現状設計法に対し、性能規定として構造物の変形問題を考慮することに限界があった。このため従前の方法に変えて補強材に発現する抵抗力を図-5に示す補強領域内を通る想定すべり面に作用させた照査法によるものとした。

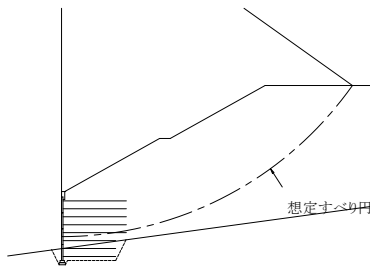


図-5 全体安定検討

3. 改訂の内容

今回の改訂では、一般土木構造物、擁壁、補強土壁工法に共通する表現、照査法の整合性、統一性を図るものとした。両マニュアルに共通する改訂内容を、①擁壁工指針改訂の準拠、②一般土木構造物との整合、③補強土壁工法の整合 に区分して以下に述べる。

3.1 擁壁工指針改訂の準拠

擁壁工指針の改訂に伴い、本マニュアルでも一般擁壁および補強土壁に関係する改訂事項に準拠することにした。性能設計の枠組みの導入による性能規定化を前提とした表現、設計・施工管理に関わる規

定の明確にしている。

3.2 一般土木構造物との整合性の確保

前述したように支持力の安定検討における安全率を一般土構造物と統一し、常時3.0、地震時2.0とするなど土木構造物に共通する安定照査における安全性指標の統一を図った。

3.3 補強土壁工法における整合性の確保

土木研究センターが発刊する3つの設計・施工マニュアルについて、前述した耐震性能の評価、支持の安定検討、全体安定の補強効果のほか、補強土壁の基本原理に関わる共通する事項として仮想背面の設定などについて整合性を確保した。

補強領域の仮想背面は、最上段の補強材後端と最下段の補強材後端を結んだ全段を貫通あるいは接する直線とすることを基本とした。

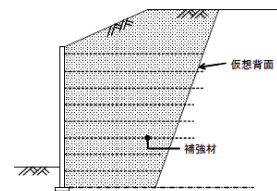


図-6 仮想背面

4. テールアルメの改訂点

(1) 背面土圧

補強領域盛土直下の支持力検討において、背面土圧の鉛直成分を考慮する。

(2) 嵩上げ盛土の自重換算

嵩上げ盛土の自重について、部材の安全性（内的安定）と補強土壁自体の安定（外的安定）の検討のそれぞれにおいて、統一して設定した。

(3) 部材規格

従来の壁面材規格において、壁面工のコンクリートの設計基準強度を上げ、耐久性の向上を図った。

(4) 構造物基礎の適用

テールアルメ橋台の規定を構造物基礎の適用として、技術資料に構造物背面の処理等を拡充して記載した。

(5) 使用部材の品質管理・施工管理

使用部材の品質管理および施工管理について、製品検査の規定、施工チェックシートを記載した。

5. 多数アンカーの改訂点

(1) 盛土材の規定

多数アンカーは、アンカープレートの支圧抵抗により安定を図るものであり、適用土質が比較的広い。



写真-1 テールアルメ工法



写真-2 多数アンカー工法

ただし、細粒土は練返しの影響を受けて強度が低下することにより、適用適否を現場含水比で判断することとした。また、改良土についても制限を加えた。

(2) 補強材の規格

タイバーを構成するロッド（棒鋼）は、靱性が高く、許容引張り応力度が大きい材質を標準とした。この材質は、降伏比（降伏強度と耐力との比）に上限が規定され、大規模地震時等で生じる塑性変形能力を確保できるものである。

(3) コンクリート製壁面材

コンクリートの設計基準強度を高め、強度特性と耐久性の向上を図った。また、合理的な壁面材の選定として、適用する土圧区分を3種類とした。

(4) 施工

設計で想定した性能を確保するために、盛土の締固め要領、壁面材の鉛直の調整要領、他の構造物との隣接部の設置要領など整理して示した。

6. まとめ

本報は、前報(12月号)に続き、今回改訂したテールアルメ、多数アンカーの設計・施工マニュアルについてその概要を報告した。改訂により性能規定型設計の枠組みが導入された。その一方で、従前からの経験・実績に基づく設計法も要求性能を満たす照査法と見なされている。この意味から、今回の改訂は、

みなし規定から性能設計への移行過程と位置付けている。すなわち、要求性能に対して設計において補強土壁工法が保有する安全性について、今後、必要な時間をかけ、合理的に説明を行うことが重要な課題となったと認識している。

なお、改訂マニュアルに基づいた設計を実施する際の支援ツールとして、土木研究センター・システム開発研究会により技術計算プログラムを提供していることを申し添えます。

参考文献

- 1) 中根淳：補強土工法の設計・施工マニュアルの改訂概要（その1）、土木技術資料、第55巻、第12号、pp.58～61、2013
- 2) 社団法人日本道路協会：道路土工一擁壁工指針、2012.7
- 3) 財団法人土木研究センター：補強土(テールアルメ)壁工法設計・施工マニュアル第4回改訂版2013.12
- 4) 財団法人土木研究センター：多数アンカー式補強土壁工法設計・施工マニュアル第4回改訂版2013.12
- 5) 中島進、藪雅行、石原雅基、佐々木哲也：模型実験・地震被害事例の解析による道路土工構造物としての補強土壁の耐震性評価、土木技術資料、第54巻、第9号、pp.38～41、2012.
- 6) 青山他：土木学会、ローム地盤上に構築した補強土壁の現地計測、2000.9
- 7) 太田他：土木学会論文集 締固め地盤材料の構造部材としての工学的応用の可能性、2010.11

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

大谷義則**



ヒロセ(株)補強土事業本部技術部チームマネージャー
Yoshinori OTANI

酒井茂賀



JFE商事テールワン(株)東部技術部 部長
Shigeyoshi SAKAI

小浪岳治



岡三リビック(株)技術部 部長
Takeharu KONAMI