

アダムウォール工法の設計・施工マニュアルの概要と 補強土壁工法の性能の基本的な考え方

中根 淳・竜田尚希

1. はじめに

補強土壁工法は、盛土材料とその間に敷設された鋼材や高分子樹脂等の補強材との摩擦・支圧抵抗力によって盛土の安定性を補い、鉛直な壁面を有する土留め構造物を構築する工法である。補強土壁工法は、高い耐震性能を有し、従前の工法では対応が困難な高い壁を経済的に構築できる特徴がある。補強土壁工法は、当センターからの設計施工の手引きとなるマニュアルの出版以来、急速に普及し、平成11年には道路土工—擁壁工指針にも取り上げられた。



図-1 補強土壁の例(テールアルメ工法)

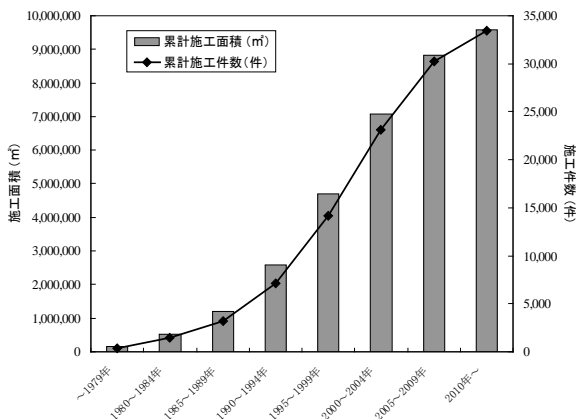


図-2 補強土壁工法の施工実績の例 (テールアルメ工法)

本報文では、当センターから新たに発刊した「アダムウォール工法設計・施工マニュアル」の概要について紹介を行う。また、当センターから発刊している4つの補強土壁工法設計・施工マニュアルに関し、適用に当たっての基本的な考え方や今後の課題を示す。

2. アダムウォール工法設計・施工マニュアル

2.1 アダムウォールの概要

アダムウォールは、図-3に示すように外壁と内壁で構成された二重壁構造を持ち、補強材にジオテキスタイル「アダム」を用いた補強土壁である。アダムウォールの外壁と内壁は、グリッドベルトによって連結され、外壁と内壁の間の空間は碎石が投入され、壁面排水層として機能する。

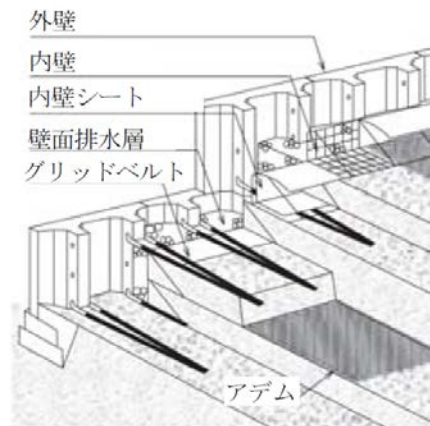


図-3 アダムウォールの構造

アダムウォールには外壁と内壁を同時に構築する「標準タイプ」(図-4参照)と内壁を先行して構築し、地盤の沈下が収束した後に外壁を構築する「壁面あと施工タイプ」(図-5参照)がある。

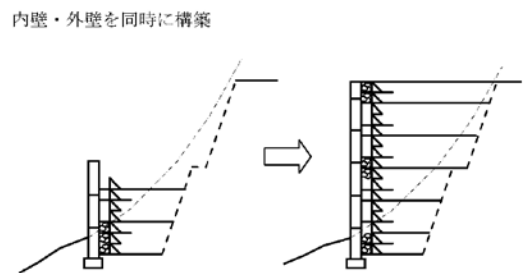


図-4 標準タイプの概念図

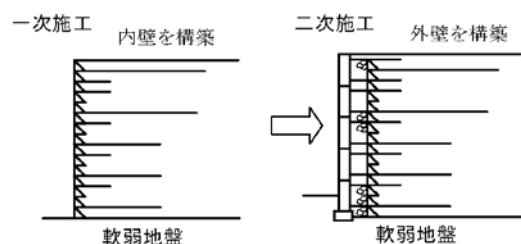


図-5 壁面あと施工タイプの概念図

アダムウォールは、2014年3月時点で施工件数1700件以上、累積壁面積で約50万m²の施工実績があり、平成24年には当センターより建設技術審査証明を取得した¹⁾。

2.2 設計・施工マニュアルの概要²⁾

アダムウォールの設計・施工マニュアルは、性能設計の枠組みを取り入れるとともに、アダムウォールを適用する際の計画・調査、設計、施工、維持管理の考え方を示した。

マニュアルは、テールアルメ、多数アンカー式補強土壁等のマニュアルに準拠した構成としている^{3)~5)}。また、適用範囲、適用にあたっての留意点・注意すべき箇所、排水対策や盛土の施工・施工管理、維持管理などの補強土壁として共通する事項はテールアルメ等のマニュアルと同じ記述内容としている。

表-1 目次構成

| | |
|------|----------------|
| 目次構成 | 第1章 総説 |
| | 第2章 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 アダムウォールの設計 |
| | 第6章 施工 |
| | 第7章 維持管理 |

2.2.2 設計計算

アダムウォールの設計計算の基本的な考え方は「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（第二回改訂版）」と同様であるが、アダムウォールの二重壁構造を考慮した設計計算を導入している。具体的には、外壁の安定やグリッドベルトの抜け出し等について照査している。

2.2.3 耐震性の評価

2001年芸予地震、2007年新潟県中越沖地震、2007年能登半島地震、2008年岩手・宮城内陸地震、2011年東北地方太平洋沖地震におけるアダムウォールの被災状況の現地調査、並びに壁高20.6mに相当するアダムウォールに対する動的遠心模型実験によりアダムウォールの耐震性の確認が行われている。

アダムウォールの外的安定性の検討では、補強領域を仮想的な擁壁とみなして、コンクリート擁壁と同様に、震度法により安定照査を行うが、その際に設計水平震度についてはコンクリート擁壁の水平震度を低減して設定する方法を導入した。

具体的には、式(1)で示されるアダムウォールと重力式擁壁における限界水平震度 k_{hcr} と地表面加速度 a_{max} との関係を整理した。

$$k_{hcr} = \alpha \times (a_{max} / g) \quad \text{式(1)}$$

ここに、 α ：限界水平震度と地表面加速度との関係式の勾配、 a_{max} ：地表面最大加速度、 g ：重力加速度である。

2011年東北地方太平洋沖地震を受けたアダムウォールの限界水平震度と地表面加速度の関係を図-6に示す。既往の研究によるコンクリート擁壁の α と比較すると、アダムウォールはコンクリート擁壁の0.65倍となる。また、前述の動的遠心模型実験では、コンクリート擁壁の0.72倍となる。これらの動的遠心模型実験や大規模地震動を受けた調査結果に基づいて、設計水平震度を0.7倍程度に低減する妥当性を確認している。

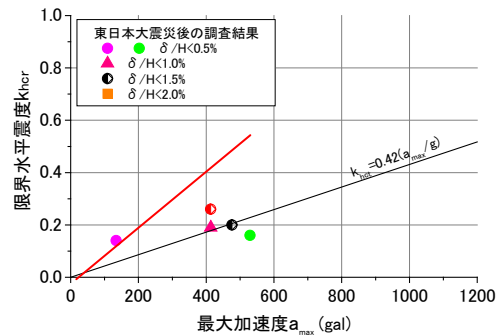


図-6 限界水平震度と地表面加速度の関係

2.2.4 維持管理

マニュアルでは、「補強土カルテ」と称する評価手法に基づいた災害発生時の安定性評価を含む維持管理の考え方を示した。アダムウォールの施工前、完成時、災害発生時の各時点でその状態を記録し、災害発生時には、アダムウォールおよび周辺の変状、アダムウォールが設置される地形や基礎地盤などの地形的要因による変状、盛土材料や排水機能などの機能的要因による変状から、安定性を評価する。

3. 各種補強土壁マニュアルの基本的な考え方

3.1 マニュアルの概要

当センターでは、平成25年12月から26年8月にジオテキスタイル、テールアルメ、多数アンカーの3つの補強土壁工法の設計・施工マニュアルの改訂版を、また本年2月にはアダムウォール工法

土研センター

の設計・施工マニュアルの初版を出版した^{2)~5)}。

これらのマニュアルは、道路土工—擁壁工指針（平成24年度版）に合わせ、性能規定型の設計の考え方を取り入れた。また、同指針に示された性能照査の考え方に従い、大型の動的遠心実験や中越地震等の地震災害、豪雨災害等での実績を基に常時、降雨、地震動の各作用に対し、所定の規模の範囲内であれば、補強土壁として所要の性能を確保するために必要な設計・施工法等を示している。

3.2 マニュアルにおける性能の考え方

①性能規定による設計

性能設計は、構造物に求められる性能に基づいて設計するもので、新たな材料や合理的な技術の導入促進などの様々な利点がある。このためマニュアルも性能規定型の設計法を基本としている。しかし、マニュアルに示す具体的な設計法は、これまでの実績・経験から所定の性能を有すると見なせる従前からの慣用的な方法によることとし、性能設計に必要な要求性能や限界状態、その指標、性能の照査・検証方法等については規定していない。このためにマニュアルでは性能設計法で構造物の設計を行うことに制限を加えていないが、実施する際には、これらの項目・内容について発注者や設計者が独自に定め、それらの者の責任の下に実施することになる。

②適用範囲と適用にあたっての条件

前述したように、マニュアルはこれまでの実績から見なし規定による慣用的な設計法によっている。その際に、不適切な調査・設計・施工に起因し壁面の傾斜や目地の開き、壁面材の破損等の変状や変形が生じている現状から、マニュアルでは、実績、理論面の両面から確実に性能を保証できる範囲に限定するとともに、性能を確実に確保できる用途、構造・規模、材料の仕様（形状・材質、強度）や規程（設計法・照査法、構造細目、施工・施工管理法等）を定めている。さらに、マニュアルでは、調査・設計段階からの施工・施工管理段階まで、それぞれの作業がマニュアルを遵守して行われることと、遵守して行われたことを示す設計図書や記録簿等を管理者へ提出することを求めている。なお、完成当初は安定な構造物が供用期間中に生じる排水路の不全に伴う盛土材の湿潤化等の保守上の課題については、マニュアルに示す留意事項を参考に日常の点検管理の適切な

実施によって対応できるものとする。

③適用範囲外の補強土壁と他工法の引用

現場条件によってはマニュアルの適用範囲を逸脱した仕様や設計・施工法とせざるを得ないこともある。このような場合には、設計者は安定の確保のために必要な方策を取るとともに、マニュアルの適用範囲外である旨並びに適用外でも安定であることの理由とを工事完了後に構造物を受け取る管理者に伝える必要がある。



図-7 補強土壁の変状と対策⁶⁾

また、上記の意味で当センターのマニュアルに規定する以外の補強土壁がマニュアルに準拠した設計・施工法、を採用しても、その性能を保証されるものではない。例えば、修正設計震度 $\nu = 0.7$ は、マニュアルに規定するそれぞれの補強土壁について動的な大型実験や大規模地震等の実績を基に慎重に決定されたものである。従って、材料・寸法や安定機構が異なる他の補強土壁では違った値になり、実験等により求める必要がある。また、同様に他の工法がみなし規定の設計法を採用する際にも、要求性能を適切に設定し、それらを満足することを論理的な妥当性を有する方法や実験等により検証がなされた手法、これまでの経験・実績から妥当と見なせる手法等、適切な知見に基づいて照査する必要がある。

3.3 今後の方向

平成26年度末に新築・改築の際の道路構造物の安全性等の確保の観点から土工構造物技術基準が発出され、橋梁やトンネル等と同様に法律、政・省令、基準から指針に至る体系が整備された。マニュアルにおいても、その新たな動向への対応が求められるとともに、次のような課題への対応が必要となる。

①維持管理と健全性評価

平成26年6月にトンネルや橋梁等について、近接目視を基本とする点検要領が策定された⁷⁾。補強土壁についても、経年した構造物が少なく、また橋梁等と変状や破壊に至る過程は異なるものの、効率的で確実な維持管理手法の確立が望まれている。このために維持管理については、現在、独法土研が中心になり、共同研究が進められており、簡便な壁面・のり面の変位・変状の計測技術をはじめ、健全度評価法や変状に応じた補修・補強技術等のマニュアルに記載すべき具体的な成果が待たれる。特に、健全性評価については、安定と変形に関する理論的解析とともに、補強土壁の特性から完成後に生じる健全な変位量のデータの収集等、統計的なデータ分析に基づいたアプローチも必要である。

②研究の充実と相互の協力

補強土壁工法は、規模や用途の拡大に技術的にも理論的にもその裏付けが追い付いておらず、様々な課題が指摘されている。このため、今回のマニュアルでは、確実に構築でき、理論的に説明の可能な範囲に限定した。本来、補強土や補強土壁は、社会資本を合理的、経済的に整備する上で、極めて重要な位置を占める技術であり、これらを確実に使いこなすことが不可欠となる。例えば、今回のマニュアルでは取り込まなかった両面補強土壁や見かけの補強せん断強度増分、また流水箇所等の設置場所の制限、環境に応じた材料の腐食や劣化対策、さらに部分安全係数設計法等の本格的な性能設計化の導入等がある。これらの補強土壁全体に共通する事項については、それぞれの課題や適用条件・限界値を明確にし、工法の立場を越え、官民が協力して適切な方法（実験、解析）により検証を行い、次回、若しくは次々回の本格的なマニュアルの改訂には取り込めるように、広く議論できる委員会等の体制を整え、研究を行うことが必要である。

③データベースの構築

3.2②に記した設計図書や、調査・設計から施工段階までの過程の記録は、変状の発生の際の原因・誘因分析に不可欠であり、今後、それらの記録を集めたデータベースは補強土壁がより合理的な設計・施工法を確立するのに欠かせないもので

ある。このために管理者の協力の元に工法メーカーや協会が記録の収集できる体制をはじめ、工法によらず調査・設計段階からの統一的な記録簿の策定、入力・転記の人為的なミスを防ぐためのICTを活用したシステム、さらに収集したデータを一元的に管理する体制の構築とマニュアルによる位置付けが望まれる。

4. おわりに

今回のマニュアルでは、健全性評価等の長期・短期にわたる様々な技術的な課題を積み残した。また、データベースの構築や補強土壁工法に特化した施工管理技術者の育成と管理体制の構築など制度の面でも沢山の改善すべき点がある。今後、合理的、確実に信頼性の高い補強土壁工法の構築を目指し、補強土壁に関与する者全体が切磋琢磨と協力の下に、これらへの対応が求められる。

参考文献

- 1) 一般財団法人土木研究センター：二重壁構造を持つジオテキスタイル補強土壁「アダムウォール」、建設技術審査証明報告書 土木系材料・製品・技術、道路保全技術（建技審証 第1103号）、2012
- 2) 一般財団法人土木研究センター：アダムウォール（補強土壁）工法設計・施工マニュアル、2014
- 3) 一般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（第二回改訂版）、2013
- 4) 一般財団法人土木研究センター：補強土（テールアルメ）壁設計・施工マニュアル（第4回改訂版）、2014
- 5) 一般財団法人土木研究センター：多数アンカー式補強土壁設計・施工マニュアル（第4回版）、2014
- 6) 桑野二郎：補強土壁の長期性能と維持管理、地盤工学会誌、Vol.62-4、2014.4
- 7) 国土交通省道路局：シェッド、大型カルバート等定期点検要領、2014

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

竜田尚希



前田工織(株)
斜面補強土推進部
補強土営業グループ
Naoki TATTA