

# 補強土壁における点検手法の構築に向けた取組み

宮武裕昭・藤田智弘

## 1. はじめに

土工構造物は、土の物性値のばらつきなど大きな不確実性を有していることや、鋼・コンクリート構造物と比べて修復性が良い等の理由から、これまで崩壊等に対してはすみやかに機能を回復させるなど事後対応的な維持管理を基本としてきた。補強土壁についても同様、主に事後対応的な維持管理がなされてきた。しかし、平成 23 年の東北地方太平洋沖地震では、橋台背面アプローチ部(以下、アプローチ部)の補強土壁を使用した箇所の一部で橋台背面の段差により一定期間通行が困難となった事例(写真-1)が見られた。この事例のように、補強土壁は不具合が生じると、一般的な盛土と比べて修復が困難である。さらに、橋梁は渡河部のように迂回路の設置が困難な箇所に設置されることが多いため、アプローチ部の補強土壁の不具合は道路交通に与える影響は大きい。したがって、アプローチ部の補強土壁等は常時において予防保全による維持管理を取り入れる必要があると考える。予防保全による維持管理を実施するには、維持管理手法確立は喫緊の課題と言える。

本報文では、維持管理手法確立に向けた取組みの中でも、「点検手法の開発」と「予防保全型の維持管理に向けた取組み」を紹介する。

## 2. 点検方法の開発

### 2.1 補強土壁の維持管理手法の提案

道路構造物を計画的に維持管理するためには、点検、診断、措置の維持管理の業務サイクル(以



写真-1 橋台背面の段差

下、メンテナンスサイクル)の構築が不可欠であると言われている。土を主材料とした土工構造物についても同様に、メンテナンスサイクルの構築が求められている。2014年7月の道路法施行規則の一部を改正する省令・トンネル等の健全性の診断結果の分類に関する告示の施行により、橋梁・トンネル等は5年に1回の頻度で近接目視により点検を行うことを基本とし、その健全性については4段階に区分することが定められた。土工構造物のうちシェッド・大型カルバート等は、省令・告示の規定に基づいた具体的な点検方法等を示した定期点検要領が示されたが、補強土壁の具体的な点検方法等を示したものはない。また、一般的な鋼・コンクリート構造物では、外形の変化がすなわち機能の低下と考える場合が多いが、多くの補強土壁は経年的にある程度変形しつつ安定していると考えられるため、外形の変化がすなわち機能の低下と判断することは適切でない。さらに、補強土壁の変状形態の多くは、適切に設計・施工されれば外形の変化を伴いながら緩やかに進行すると考えている。そこで、著者らは以下に示すSTEPで補強土壁の維持管理を実施する試みを検討している。

- STEP 1 日常的な点検により外形の変化を捉える
- STEP 2 詳細調査により外形の変化を引き起こした要因を検出する
- STEP 3 外形の変化を引き起こした要因が機能の低下要因かどうかを判断する
- STEP 4 適切な対策を実施する

この維持管理手法では、日常的な点検は何らかの変状を捉えたうえで、継続的に外形のデータを蓄積し、そのデータの差分より外形の変化を捉え、詳細調査の必要性を判断する選定行為となる。そのため、日常的な点検において継続的に実施できる簡易な壁面形状計測技術が必要とされる。本節では、計測技術として写真測量に着目し、計測方法と精度の検証を実施したので報告する。

### 2.2 写真測量の実施概要

写真測量による壁面形状の計測は、1995年に国

立研究開発法人土木研究所の屋外実験場に構築した壁高8mのジオグリッド補強土壁に対して実施した。測定の対象範囲は、図-1に示す壁形状計測エリア（高さ8m×幅8m）とした。使用機器は、一般的に市販されているデジタル一眼レフカメラを使用した。カメラの設定は、表-1に示す。車上からの点検を想定し、壁面から15m程度離れた箇所で、壁面とほぼ平行に車両を走行させて吸盤式の固定治具により車両に固定したカメラで計6枚の写真撮影した。車両の走行速度は0km/h（撮影位置で停車）、10、20、30km/hの条件で行い、写真はカメラの連写を使い、連続する2枚の写真の撮影範囲のオーバーラップが80%以上となるように設定した。計測装置を図-2に示す。

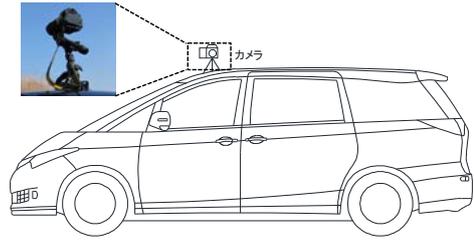


図-2 計測装置

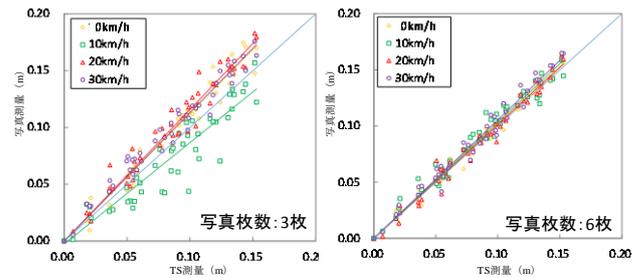


図-3 壁面形状

2.3 写真測定の測量精度について

本節では、写真測量により計測した壁面形状の測量精度について整理する。測量精度は、トータルステーション（以下、TS）で計測した壁面に設置された48点のターゲット（図-1）の計測値と比較することで検証した。また、精度の検証は計8ケース（走行速度4ケース×写真枚数2ケース）の相対比較を行った。図-3に、壁面形状の計測結果を示す。写真枚数が3枚のケースでは、6枚のケースと比べて走行速度の違いによりばらつきが大きくなる結果となった。また、表-2に計測誤差を示す。回帰直線の傾き、最大残差、および残差分散の指標については、いずれの走行速度でも写真枚数6枚のケースが3枚のケースと比べ計測誤差が小さくなる傾向があることを確認した。つまり、計測精度の確保には、走行速度よりも写真の枚数が重要であると言える。

表-2 計測誤差

	写真枚数：3枚	写真枚数：6枚
走行速度 0km/h	1.12 {0.035} 【 $2.20 \times 10^{-4}$ 】	1.02 {0.011} 【 $2.96 \times 10^{-5}$ 】
走行速度 10(km/h)	0.87 {0.055} 【 $3.71 \times 10^{-4}$ 】	1.01 {0.021} 【 $7.46 \times 10^{-5}$ 】
走行速度 20(km/h)	1.16 {0.042} 【 $3.19 \times 10^{-4}$ 】	1.04 {0.019} 【 $3.92 \times 10^{-5}$ 】
走行速度 30(km/h)	1.13 {0.026} 【 $2.19 \times 10^{-4}$ 】	1.04 {0.019} 【 $3.92 \times 10^{-5}$ 】

上段：回帰直線の傾き、中段：{最大残差}(m)  
下段：【残差分散】(m<sup>2</sup>)

3. 予防保全型の維持管理に向けた取組み

3.1 補強土壁の劣化シナリオの作成

道路構造物の維持管理は効率性の観点から予防保全を基本とし、予防保全の基本となる劣化シナリオ等の知見蓄積が不十分な構造物については、早期の知見形成を検討すべきとされている。アプローチ部等の補強土壁は、前述のとおり支障が生じた際に道路交通に与える影響は大きい。早期に予防保全型の維持管理へと移行する必要がある。そこで、国立研究開発法人土木研究所、防衛大学校、(株)高速道路総合技術研究所、(一財)土木研究センター、民間11社と「補強土壁の維持管理手法開発に関する共同研究」(平成26~27年度)(以下、本共同研究)を実施し、予防保全の基本となる劣化シナリオを作成している。

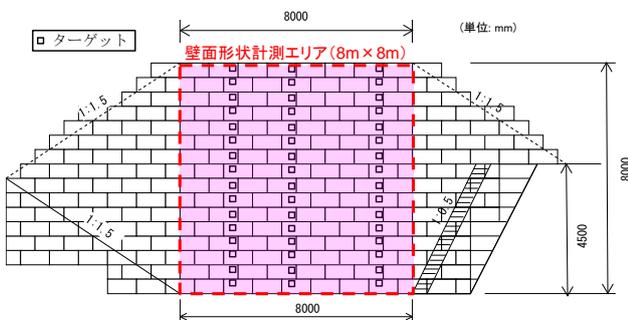


図-1 測定の対象範囲

表-1 カメラの設定条件

焦点距離	24.0mm	ISO感度	200
シャッター スピード	1/640秒	絞り値	F13

次節以降で、その取り組みを紹介する。

### 3.2 劣化シナリオの作成手順

劣化シナリオの作成にあたっては、まず初めに近年実施された点検結果から補強土壁の劣化の実態を把握し、本共同研究メンバーで議論を重ねて劣化シナリオを作成し、事例調査等により劣化シナリオの妥当性を検証した。

#### (1) 補強土壁の点検結果の整理

第三者被害防止の観点から、部材の落下等による災害、第三者被害につながるおそれのある変状等を把握するために近接目視により実施された点検結果から、何らかの変状がある 916 件の補強土壁の変状の発生個所や発生形態を整理した。部材ごとに確認された変状及びそれらが進行した場合の損傷・崩壊について、主なものを以下に示す。

#### 1) 壁面材

壁面材では角欠けやクラック等が見られた。進行すると壁面材やその一部の落下や開いた目地からの盛土材の漏出等に至ることが考えられる。

#### 2) 笠コンクリート

笠コンクリートには、クラック、傾斜(写真-2)等が確認された。一般的には、盛土や壁面材の変形にともなって笠コンクリートに変状が生じることが多い。進行すると笠コンクリートまたはその一部の落下等につながるおそれが考えられる。

#### 3) 排水施設

落ち葉や土砂による排水施設の閉塞、基礎洗掘による排水施設の損傷が確認された。排水施設により集水した水が、損傷部から流れ出て、基礎の洗掘等につながるおそれが考えられる。

#### 4) 隣接する構造物との境界

橋台等に隣接する構造物との境界部は、境界部の開き等が確認された。境界部の変状は、進行すると盛土材の漏出に至ることが考えられる。

#### 5) 上面道路

補強土壁の上面道路において、路面クラックや傾斜が確認された。進行すれば、上面道路の陥没等に至ることが考えられる。

#### (2) 劣化シナリオの作成

劣化シナリオの作成にあたっては、崩壊等の望ましくない事象を「重大事象」、その事象発生に係わる部材の機能消失を「損傷」、部材の機能低下を「変状」と定義した。また、重大事象を起点としてその要因となる事象を探る、トップダウン

の解析で整理した。なお、施工不良等の劣化以外の事象は、それらが生じている場合の劣化事象への影響は考慮するが、劣化シナリオの中に事象として出現させないというルールで整理した。

#### (3) 劣化シナリオの妥当性検証

損傷程度以上の事象が確認された補強土壁(たとえば、写真-3)を調査し、事象の漏れ等を確認した。また、本共同研究で作成した補強土壁のデータベース(1999～2013年に確認した損傷事例等)を基に、劣化シナリオの妥当性を検証している。

### 3.3 劣化シナリオの活用の例

本報では、「上面道路の沈下・陥没」という重大事象に至る過程のうち「盛土材の漏出」に係わる劣化シナリオ(図-4)について紹介する。盛土材の漏出に至る前段階の事象として、「壁面材の損傷」、「目地の開き」、「基礎の洗掘」、「隣接構造物境界部の開き」等を損傷事象とした。例えば「目地の開き」については、通常目地部に透水防砂材が設置されているため、それだけでは盛土材漏出は生じないが、目視により確認が困難な透水防砂材が施工不良等により適切に設置されていないと盛土材漏出に至ることが考えられる。盛土材が一度漏出すると盛土のゆるみや漏出範囲の把握等、困難な対応が求められる。一方、変状事象は「壁面変位」、「沈下」等すぐに盛土材の漏出に至るものではないものが並ぶ。また、前述のとおり変状事象が生じていても必ずしも補強土壁自体が機能低下しているわけでもない。そのため、2.1 で示したとおり日常的な点検は、予防保全の観点から劣化シナリオで示す変状事象程度を把握し、継続的に外形のデータを蓄積することが望ましいと考える。また、実効性のある点検方法の構築を考えた場合、現行の制度の中(直轄国道では2日1回程度の車上目視や年に1回の徒歩目視)で変状事象程度を把握できる点検方法を構築することが必要である。そこで大きな課題となるのが、道路下の補強土壁でかつ壁面の前方に道路がない場合(以下、道路下の補強土壁)である、このような立地条件では、日常的な点検で壁面の状態を確認することは容易でない。ただし、「壁面変位」や「沈下」等の事象の発生は、笠コンクリートの傾斜等を伴うことが多い。図-4に示す劣化シナリオは、前述のとおりトップダウンの解析で整理したもののなので、笠コンクリートの傾斜等の進行



写真-2 笠コンクリートの傾斜



写真-3 目地の開きからの盛土材の漏出事例

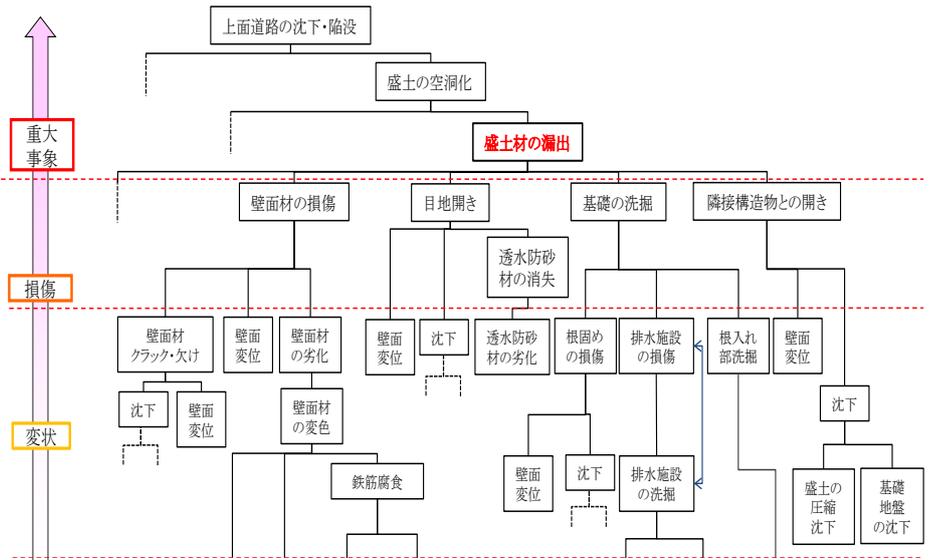


図-4 劣化シナリオ（盛土の漏出）

しても盛土材の漏出に至らない事象はシナリオに記載されない。道路下の補強土壁を点検する場合、笠コンクリートは壁面等と比べて路面から目視で確認しやすい部材である。劣化シナリオ作成時のプロセスとは逆の、劣化シナリオで明らかとなった「変状」を起点としてその結果となる事象を探るボトムアップの解析も実施し、日常的な点検で目視可能な部材に現れる「変状の痕跡」を整理することで、道路下の補強土壁であっても、現行の制度の中で重大事象に至る前にそれらに係る「変状」事象を発見できると考える。

#### 4. まとめと今後の展望

補強土壁を計画的に維持管理するため、点検方法の開発と予防保全型の維持管理に向けた取り組みを紹介した。以下に、まとめと今後の展望を示す。

##### 【点検方法の開発】

本検証の条件では、計測精度の確保には、車両の走行速度よりも写真の枚数が重要であると言える。また、本検証では30km/h以下の速度で6枚程度の写真を用いれば、精度よく壁面形状を計測することが可能であることが明らかとなった。

今後の展望は、本報で紹介した写真測量は、被写体に寸法が既知のものを設定する一般的な方法で解析したが、日常的な点検への適用を考えると効率的でないため、その解決方法を示す。具体的には、被写体に寸法が既知のものを設定せずに、複数台のカメラで同時撮影する架台を使う方法による写真測量の計測方法を提案する。

##### 【予防保全型の維持管理に向けた取り組み】

「上面道路の沈下・陥没」という「重大事象」に対して、それに至る「損傷」や「変状」を体系的に整理し、補強土壁の劣化シナリオを提案した。

今後の展望は、劣化シナリオで明らかとなった「変状」を起点としてその結果となる事象を探る解析も実施し、日常的な点検で目視可能な部材に現れる「変状」と「変状の痕跡」を整理し、日常的な点検の着目点を整理する。

#### 謝 辞

本報文の作成にあたっては、「補強土壁の維持管理手法開発に関する共同研究」の共同研究メンバーに多大なるご指導を賜りました。ここに感謝の意を表します。

#### 参考文献

- 1) 道路のメンテナンスサイクルの構築に向けて、平成25年6月、社会資本整備審議会 道路分科会道路メンテナンス技術小委員会

宮武裕昭



国立研究開発法人土木研究所地質・地盤研究グループ施工技術チーム 上席研究員  
Hiroaki MIYATAKE

藤田智弘



国立研究開発法人土木研究所地質・地盤研究グループ施工技術チーム 研究員  
Tomohiro FUJITA