

# 土工構造物のメンテナンスサイクル確立に向けた取り組み

宮武裕昭・中谷昌一

## 1. はじめに

道路は橋梁やトンネルといった構造物を除く多くの延長が盛土や切土といった土工区間で構成されている。これらの区間において、道路の安全性を確保するために設置される構造物が土工構造物である。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の中間とりまとめ<sup>1)</sup>では、崩壊のメカニズムに関する技術的知見の蓄積や土質構造等に関する情報が少ない自然斜面等については、その特性を考慮したメンテナンスサイクルの構築が必要であるとしており、土工構造物の計画において不確実性をどのように考慮しているかを念頭に置いて検討を進める必要がある。本稿では、土工構造物の特性を整理した上で来るべき本格的なメンテナンス時代に向けた土工構造物のメンテナンスサイクル確立に向けた課題を報告する。

## 2. 土工構造物の維持管理の特性

### 2.1 土工構造物の特性

土工構造物は様々な材料によって構成されるが主要な材料は土である。土工構造物と土の間には土圧の発生や裏込めの拘束といった様々な相互作用が発生するが、こうした相互作用の評価にあたっては、いまだに過去の経験の蓄積によるところが大きく、メカニズムは未解明な部分が多い。例えばこれらの相互作用のうちの代表的なものが土圧であるが、過去の経験に基づく算定法はあるものの、実際には使用されている材料のばらつきや施工の影響、降雨や湧水等の影響による含水率の変化によって土圧は非常に大きくばらつく。建設現場で発生する土は建設発生土としてリサイクルの促進が図られており、発生土の利用率は平成20年度実績で78.6%、平成22年度実績で85%と向上している。その影響で建設現場において使用される土のうち、新材土砂が利用される割合は平成7年度では68%であったが、平成20年度はわずか

21%と低下している。結果として、例えば同一の盛土においても上層と下層、場合によっては同一の層においても、異なる現場から発生した土が使用され、土の物性値にばらつきが生じている。また、自然斜面等も土工構造物の範疇において対策が講じられるものであるが、自然斜面はそもそも人為的な改変が加えられていないものであり、その内部構成は推定によらざるをえず、やはり大きな不確実性を有している。このような現状を踏まえると土工構造物の内包する不確実性については、根本的な解消は期待できないものと考えられ、こうした不確実性を前提とした維持管理が必要となる。

### 2.2 土工構造物の計画における不確実性への対応

実務上、こうした不確実性に対しては、土工構造物の計画において道路交通の安全性に影響を及ぼすと想定される同一の発生源に対して、複数の土工構造物を配置したり、個々の構造物についても土圧の算定手法や土工構造物の安定検討の手法に非常に大きな安全率を含ませたりすることで、安全性を確保している。

例えば、切土をして道路を作るような場合、山



写真-1 埋まったポケットの例

側に擁壁を設置して切土部周辺の部分的な安全性を確保しつつ、擁壁の背面に残る斜面については、法面保護工等の斜面対策を講じる。また擁壁の上部には落石防護施設を設置して小規模な崩落に対処する、というような計画が一般的である。この場合、個々の構造物は所要の安全性を有するか否

かという観点から計画されているが、お互いに安全余裕を持って配置されており、小規模な崩落が繰り返されて擁壁背面のポケットスペースが埋まってしまっても(写真-1)、背後斜面の斜面对策が機能していれば、直ちに災害にはつながらない。

システムの信頼性の観点からすれば、一つの発生源に対して複数の土工構造物を配置することにより対策の信頼性を非直列化し、個々の構造物の機能不全によるボトルネックの発生を防いでいるとも考えられる。

図-1はグラウンドアンカーの被害の発生プロセスを分析したものである。グラウンドアンカーで補強された斜面・構造物の変状・崩壊あるいはアンカー頭部の飛び出し・落下という二つの被害が想定されるが、そこに至るプロセスとして、アンカーの破断、のり枠・構造物の破壊といった構成部材の損傷、こうした部材の損傷を引き起こす要因として、のり枠・構造物の劣化、想定外外力の作用、テンドンの腐食といった現象が考えられる。

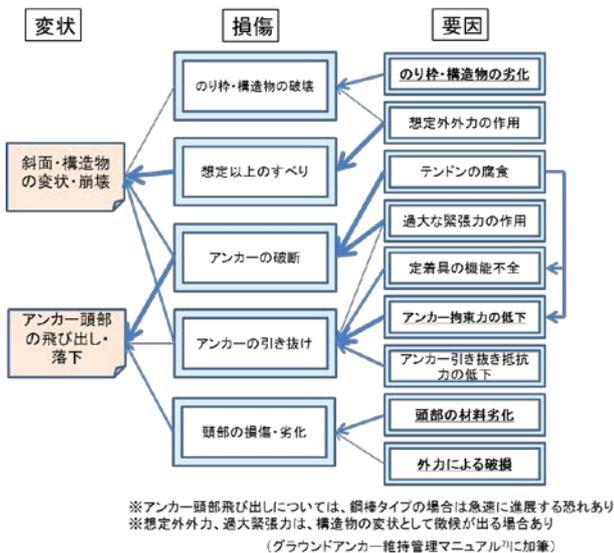


図-1 グラウンドアンカーの変状の発生プロセス分析

損傷にはのり枠・構造物の劣化、テンドンの腐食、といった部材の老朽化によるものもあるが、想定外の外力の作用のように作用の不確実性に起因するものも多い。実務上は、斜面の補強に必要なグラウンドアンカーの本数の余裕や有効なアンカーの緊張力による斜面の土塊の拘束効果等により群として打設されたアンカーの一部が機能を低下させていても、ただちに斜面の不安定化による被害の発生にはつながりにくい。

このように土工構造物をめぐる現行の技術は、いまだにメカニズムは不明確であるものの、不確実性を前提とした上で経験的に確立したものであるといえる。

### 3. これまでの土工構造物の維持管理

これまでの土工構造物の維持管理は、5年に一度行われる防災総点検を中心とする体系の中で行われてきた。防災総点検は、平成8年に発生した豊浜トンネル事故を受けて平成8年度実施の防災総点検から大幅な見直しが行われ、防災総点検により抽出された要対策箇所とカルテ対応箇所について、防災カルテの記録をベースとして巡視点検を実施し、道路の安全を確保するための努力が行われてきた。防災総点検は、平成18年にも実施され、要対策箇所の見直しが行われた。直轄国道の場合、防災総点検でカルテ点検箇所とされた箇所については年に一度のカルテ点検が行われ、要対策箇所の異常の進行程度が記録され、対策が実施されてきている。しかしながらこのような従来の維持管理については、いくつかの問題点が指摘されている。特に要対策箇所あるいはカルテ点検箇所と実際の災害発生箇所のズレは大きな課題である。平成9年度から平成23年度に直轄国道で発生した通行止めを伴う災害のうち、要対策箇所およびカルテ点検箇所として抽出されていた箇所は52%であり、カルテ点検対象外の箇所における通

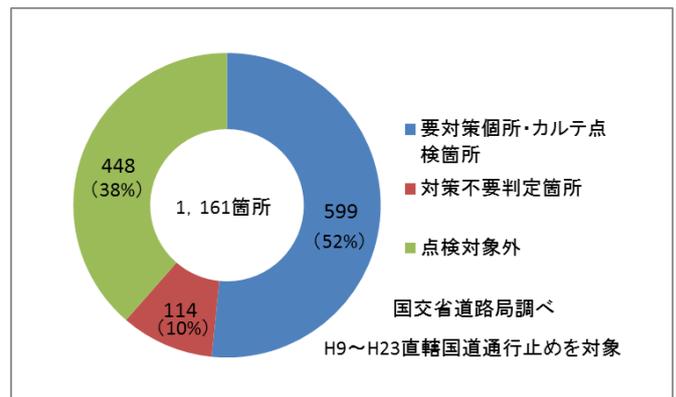


図-2 防災点検結果と災害発生箇所の対応

行止めは38%に及ぶ。カルテ点検は、防災総点検でなんらかの異常が発見された箇所のみを対象とした点検であり、防災総点検によってカルテ対応箇所となっていない箇所については、構造物の存在自体が記録されておらず、日常の巡視等にお

いて十分な注意が払われていないという問題も指摘されている。

平成25年2月には、第三者被害を防止する観点から、のり面工・土工構造物の変状等の異常（部材の落下等により災害、第三者被害につながるおそれのある変状等）を把握するためのストック総点検が実施された。ストック総点検は特に部材の落下という被害に着目をして行った緊急点検と位置づけることができる。このような緊急点検はこれまでに大きな災害が発生する都度行われており、例えば平成21年に発生した駿河湾沖を震源とする地震では東名高速道路の盛土が崩壊したが、このときは同様の盛土を対象とした緊急点検が実施されている。このような緊急点検は土工構造物が経験工学によって成立している構造物であることを踏まえ、随時発生した災害経験を維持管理に取り入れる取り組みであるということができる。

#### 4. メンテナンスサイクルの確立に向けて

##### 4.1 土工構造物の維持管理の視点

2.で述べたような土工構造物の特性を考慮した場合、従来行われてきた防災点検型の維持管理を基本とすることは有効であるが、そこに土工構造物の老朽化に着目した予防保全型の維持管理を取り入れることで、より実効性を高めることができると考えられる。防災の視点は、個々の構造物の機能ではなく、構造物が防ごうとする道路の安全性を低下させる災害の発生に着目するものである。図-1に示したグラウンドアンカーの被害に至るプロセスは非常に多様複雑であるが、補強斜面内部における水の存在、あるいは補強斜面の変形（のり枠等）といった着眼によって被害につながる損傷の進行や要因の発生を疑うことができる。

道路の安全性を確保するという目的からは、個々の構造物の性能ではなく斜面、沢といった地形単位に着目した災害の発生源ごとのリスクを評価する防災点検型の維持管理により、ネットワークをカバーすることが現実的である。

防災点検型の維持管理においても、災害の発生を精度よく予想することは難しいことから、日常点検のような頻度の高い点検を積み重ねて災害の兆候である変化を把握し、その変化を引き起こした構造物に対する詳細点検によつて的確な対処を行っていくという維持管理の方向性が考えられる。

防災点検型の維持管理を基本としつつもメンテナンスサイクルの確立を通じたスパイラルアップを図るために必要と思われる課題について述べる。

##### 4.2 予防保全型メンテナンスの導入

東日本大震災において、橋台背面の盛土の沈下により交通に支障を来したことから、重要な路線や影響の大きな箇所等においては、事後対応を基本とする防災対策型の対応では道路ネットワークに求められるニーズに十分にこたえられない。効率性を考慮し、一部の構造物や箇所に予防保全型のメンテナンスへの移行を検討することも必要である。

例えば、ロックシェドやスノーシェド等は、落石の発生については不確実性が高いものの構造物自体の老朽化については作用と応答が明確である。これらのシェドが老朽化した場合、構造部材が道路上に落下し、事故を引き起こすおそれもある。従って、これらシェド類は予防保全型のメンテナンスに適した構造物である。



写真-2 腐食したシェド頂版の状況

また、補強土壁構造は、近年、橋梁取り付け部等において適用される事例が多い。補強土壁は外的な作用に対して柔軟な変形を伴って抵抗する構造であるが、実際の設計は静的な極限釣り合い理論に基づいており、構造物の応答が明確になっていない。その結果、変形を発生した補強土について、そのまま使用に耐えるか、あるいは補修が必要かを判断する健全性評価手法が未熟という問題点が指摘されている。補強土工構造物は補強材の敷設により、土塊の弾性的な挙動を強化するという性格を持つ技術<sup>4)</sup>であることから、使用する材料の厳選、施工過程を厳格に規定することで通常考慮すべき範囲の作用に対しての応答を制御することが可能となり、予防保全型メンテナンス

の適用が有効となると考えられる。

一般的な盛土を考えた場合、盛土の連続区間では、なんらかの作用により盛土に沈下が発生したとしても、路面には大きな段差は発生せず、交通機能への支障も小さい。しかし橋台背面やカルバート埋設区間のように構造物周りでは盛土の沈下が不同沈下を引き起こし、路面の段差、交通機能の支障へとつながる。橋梁は渡河部のように迂回路の設置が困難な箇所には設置されることが多いので、地震のような突発的広域的な災害時以外でも橋梁付近の段差は交通影響が大きい。このような場所については、予防保全型のメンテナンス導入の必要性が高い。そのためには構造物まわりの狭隘部や現地発生土に改良を行った場合の締固め管理のような施工法の規定、排水施設の設置による土中の排水性の定量評価などの技術開発が必要となる。

#### 4.3 データの蓄積をベースとした点検技術

土工構造物の点検で重要なのは、点検時点での精密な情報の取得よりも経時的な変化の把握である。災害の発生要因は異なっても道路交通への影響としては、路面の陥没や路上への石等の落下という形態で現れることがほとんどであることから、こうした変化をデータの蓄積により検出できるようなデータの蓄積が重要である。その場合も、既往の災害発生箇所や防災点検における要対策・カルテ点検箇所などのデータ蓄積ではなく、災害の発生していない構造物に関するデータ、土工構造物の戸籍に相当するデータの蓄積が必要である。また災害の発生に対応した緊急点検等により経験工学としての充実を支援するためには、土工構造物の位置や諸元といったデータだけでなく、使用した材料や施工方法のような施工時のデータをシームレスに収録したものに発展させることが望ましい。

#### 4.4 インハウスエンジニアの育成

土工構造物の維持管理においては、個々の構造物の老朽化のような客観的な評価によらない判断が強く求められる。したがって、点検・診断に関する技術力の育成、技術の開発にあたっては、個々のモニタリングやセンシング技術以上に発見された損傷に対する効果的効率的な対策を講じることができるインハウスエンジニアとしてのストックマネジメントに関する技術力育成が重要で

ある。

そのためには、被災事例に関する物理的データの蓄積と並行して対応の事例の収集、判定に関するノウハウの蓄積や講習を通じてのノウハウの伝搬を進める必要がある。特に現場等に判定の協議の場を設け、研究機関がこれを技術的にバックアップするというようなシステムの確立も必要である。

## 5. おわりに

土工構造物の維持管理にあたっては、構造物自体が持つ物理的な特性と計画・設計・施工の手法の特性を考慮した維持管理が求められる。

土工構造物の技術的裏付けとなる地盤工学は経験工学の代表的なものであるが、近年は使用する材料、適用されるさまざまな新工法、土工構造物を取り巻く気象・環境等の条件の着実な変化にさらされており、従来の経験を基礎とする設計手法の適用範囲を再考すべき時期に来ていると考えられる。

今後到来する本格的なメンテナンス時代においては単にこれまでの経験を踏襲するのではなく、社会状況の変化に対応した技術の取り込みや体制をもとにした持続可能なメンテナンスサイクルの確立が必要である。

### 参考文献

- 1) 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：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
- 2) 土木研究所、日本アンカー協会：グラウンドアンカー維持管理マニュアル、平成20年7月
- 3) 国土交通省道路局：総点検実施要領（案）【道路のり面工・土工構造物編】、平成25年2月
- 4) 倉持ら：免震基礎としてのPLPS補強盛土の性能に関わる条件、ジオシンセティック論文集、平成15年12月

宮武裕昭



(独)土木研究所つくば中央研究所地質・地盤研究グループ施工技術チーム 上席研究員  
Hiroaki MIYATAKE

中谷昌一



(独)土木研究所つくば中央研究所地質・地盤研究グループ長  
Shoichi NAKATANI