

防災・メンテナンス時代に対応したインフラマネジメントシステムに関する研究

目 次

| | |
|------------------------|----|
| 第1章. 序論 | 1 |
| 1. 1 研究背景 | 1 |
| 1. 2 研究目的 | 3 |
| 1. 3 論文構成 | 8 |
| 第1章の参考文献 | 13 |
| 第2章. 事業執行の現状と課題 | 14 |
| 2. 1 概説 | 14 |
| 2. 2 地方整備局等を取り巻く環境 | 15 |
| 2. 3 老朽化の現状と課題 | 17 |
| 2. 4 災害の現状と課題 | 19 |
| 2. 5 土工構造物の点検の現状と課題 | 21 |
| 2. 6 マネジメントの現状と課題 | 23 |
| 2. 7 まとめ | 30 |
| 第2章の参考文献 | 31 |
| 第3章. 災害対応マネジメントの改善 | 32 |
| 3. 1 概説 | 32 |
| 3. 2 盛土の災害復旧の現状分析 | 33 |
| 3. 3 復旧形状の提案 | 38 |
| 3. 4 災害復旧関係者へのヒアリング | 41 |
| 3. 5 模型実験による検証 | 44 |
| 3. 6 実大実験による検証 | 58 |
| 3. 7 改善効果 | 76 |
| 3. 8 まとめ | 77 |
| 第3章の参考文献 | 79 |
| 第4章. メンテナンスシステムの構築 | 81 |
| 4. 1 概説 | 81 |
| 4. 2 道路土工構造物の特性 | 82 |
| 4. 3 システムティックなメンテナンス | 87 |
| 4. 4 スパイラルアップメンテナンスの構築 | 91 |

| | | |
|------|-------------------------|-----|
| 4. 5 | メンテナンスシステムを実現する組織・体制の提案 | 94 |
| 4. 6 | まとめ | 96 |
| | 第4章の参考文献 | 97 |
| | 第5章. インフラマネジメントシステムの提案 | 98 |
| 5. 1 | 概説 | 98 |
| 5. 2 | マネジメントにおける課題 | 99 |
| 5. 3 | インフラマネジメントの方向性 | 100 |
| 5. 4 | インフラマネジメントの課題解決に向けた事例検証 | 102 |
| 5. 5 | マネジメントシステムの構築 | 112 |
| 5. 6 | まとめ | 119 |
| | 第5章の参考文献 | 120 |
| | 第6章. 結論と今後の展望 | 121 |
| 6. 1 | 結論 | 121 |
| 6. 2 | 今後の展望 | 125 |
| | 謝辞 | 126 |

Study on Infrastructure Management System Considered Disaster Prevention and Maintenance

Yoshinori Mori

In recent years, large-scale natural disasters such as Great East Japan earthquake, Kanto-Tohoku heavy rain and Kumamoto earthquake happen in Japan. There is no end to the number of the accidents due to deterioration of infrastructure such as the Chuo Expressway's Sasago tunnel collapse. As a first countermeasure for these situations, The Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism (MLIT) has announced the year 2013 as the inaugural year of aging infrastructure maintenance and built a maintenance cycle consisting of inspections, diagnosis and action (repairing). Secondly, MLIT determines the year of 2016 as the inaugural year of productivity revolution and implements the various kinds of policies against the population reduction such as i-construction, Working- Style reforms and setting a proper work period.

However, there are many unexplained parts of the mechanism of deterioration and the collapse of the structure. In addition, correspondence to large-scale natural disaster including the recent torrential rain is insufficient. In such situation, the system for an organization and a governance corresponding to a restoration technology, disaster prevention and the maintenance are not established. On the other hand, for the on-site actual situation, the staff is short chronically. In this situation, the staff must perform the correspondence such as disasters to occur in addition to normal duties on the site. Therefore, about a new measure, the facilities manager cannot give enough responses. It is necessary to introduce the most suitable management system to cope with future disaster prevention and maintenance. This brings about a maximum management effect in limited budget and talented people by being accompanied by the appropriate inflection of the hardware technology.

This study clarified the present conditions and a problem about the measure of deterioration or disaster prevention for the earthwork structure and the organization or system which carried out measures them. At first, as a solution to those problems policy, restoration technology technique of the embankment collapse disaster to occur frequently was shown. Then, a rational maintenance system was developed about the issue of deterioration of structure. Furthermore, this study proposed that it was necessary to take the ISO55000 series into account in an infrastructure management system.

第 1 章. 序論

1. 1 研究背景

2011 年に東日本大震災，2012 年には中央道笹子トンネルの天井板崩落事故が発生し，インフラの老朽化や防災対策に対する取組みがなされているが，その後もインフラの老朽化に起因する事故や地震・豪雨等に伴う大規模な自然災害が後を絶たない．日本の道路の総延長は約 120 万 km あり，そのうち 2m 以上の橋梁が約 70 万橋，トンネルが約 1 万箇所存在するが，それらの構造物を除く多くの区間が盛土や切土といった土工区間で構成されている．土工区間において，道路としての走行性，安全性等の機能を確保するために設置される盛土，切土，擁壁，カルバート等の構造物の総称が道路土工構造物である．道路土工構造物は，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ため，このような不確実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．土工構造物については，2014 年 6 月に「シェッド・大型カルバート等定期点検要領」¹⁾が策定され 2015 年 3 月に「道路土工構造物技術基準」²⁾が制定された．このようにインフラメンテナンスに関わる各種の取組みがなされる一方，メンテナンスサイクルを実行する事業執行システムの体制整備は不十分な状況にある．

一方，災害の視点で昨今の状況を捉まえると，2011 年 3 月の東日本大震災発生後，被災地での復興に向けた諸事業が進捗する状況において，2015 年 9 月の関東・東北豪雨，2016 年 4 月の熊本地震と大規模な自然災害が相次いで発生している．これらの豪雨や地震により道路盛土等が大きく崩壊するなど道路土工構造物の災

害が大規模化し、交通機能が遮断され、復旧までに時間を要することで物流に支障を来すことや集落の孤立等の社会的影響が拡大しつつある。今後、このような大規模災害は異常気象の影響等により増加する可能性は高く、道路管理者は、単に災害現場の技術的な解決を行うだけでなく、被災した道路の要求性能や周辺状況も勘案した上で、遮断された交通機能の早期の回復のために、適切かつ迅速な復旧工法の選定を行うなどの現場でのマネジメント力が必要とされる（写真-1.1.1）。筆者は、これまでに道路行政機関における緊急災害対策派遣隊（TEC-FORCE）や研究機関における専門家の立場で様々な災害や老朽化した土木構造物の現場に立会してきた。近年の集中豪雨や大規模地震は、過去に経験しなかった外力が土木構造物に作用し災害を引き起こす要因となっているが、老朽化に起因する事故は、構造物の点検を適切に実施していれば未然に防止出来るケースも少なくない。災害対応等を現場の最前線で指揮・監督する国土交通省直轄の国道事務所や出張所等の組織は、過度な人員削減が先行する一方、事業執行の形態は旧態依然どころかメンテナンスや大規模災害への対応など、これまで以上の負荷が増大しつつあり危機的な状況である。今後、首都直下型や南海トラフ等の巨大地震の発生が予測される状況において、現状の組織体制で十分に対応出来る状況とは言い難い。



写真-1.1.1 迅速な復旧に向けた TEC-FORCE による現場での災害対応マネジメント (H27.9)³⁾

1. 2 研究目的

近年，全国各地において，豪雨あるいは大規模地震等による道路盛土の崩壊やのり面の崩壊が頻繁に発生している．東日本大震災（写真-1.2.1），その後の関東・東北豪雨（写真-1.2.2），熊本地震等による大規模な自然災害，また，中央道笹子トンネルの天井板崩落（写真-1.2.3）等のインフラの老朽化やメンテナンスに起因する事故が後を絶たない．

これらの対策として，国土交通省では，道路法の改正，定期点検要領の策定¹⁾，技術基準の策定，地方公共団体との道路メンテナンス会議⁴⁾の開催など様々な取り組みを行っている．



写真-1.2.1 東日本大震災により発生した路面段差(H24.3)



写真-1.2.2 関東・東北豪雨により崩壊した道路盛土(H27.9)



写真-1.2.3 中央道笹子トンネルの天井板崩落事故 (H25.12)⁵⁾

出典：http://www.mlit.go.jp/road/road_tk1_000033.html

更に、図-1.2.1, 図-1-2.2 に示すとおり、2013 (H25) 年をメンテナンス元年、2016 (H28) 年を生産性革命元年と位置づけ、人口減少化社会を見据えた様々な施策にも取り組んでいる。しかしながら、地方整備局等の実態としては、図-1.2.3 に示すとおり、第一線でインフラを整備・管理する地方整備局の定員は年々削減され、人員不足の状況の中で、通常業務に加え、目の前の現場で発生する災害等の対応に追われており、新しい施策についても十分な対応が図られていない状況にある。

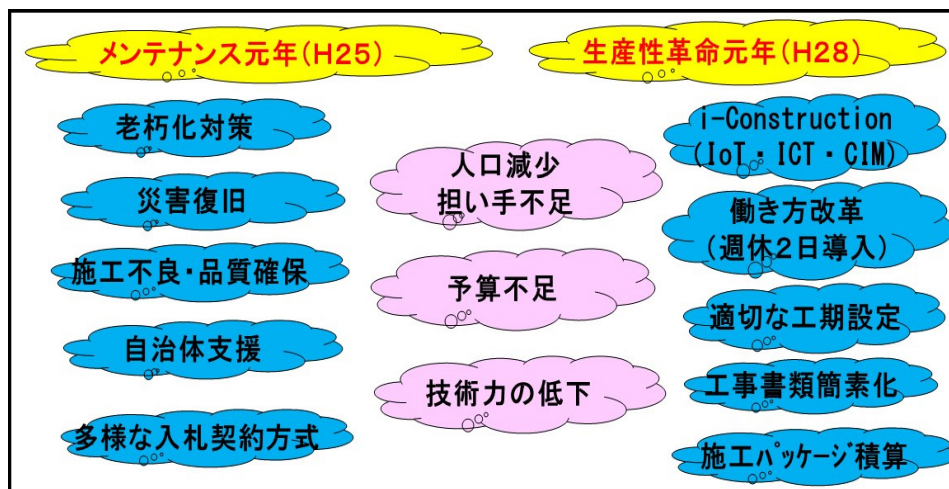


図-1.2.1 建設事業全体を取り巻く環境⁶⁾



図-1.2.2 i-Constructionの推進による新技術等の導入⁶⁾

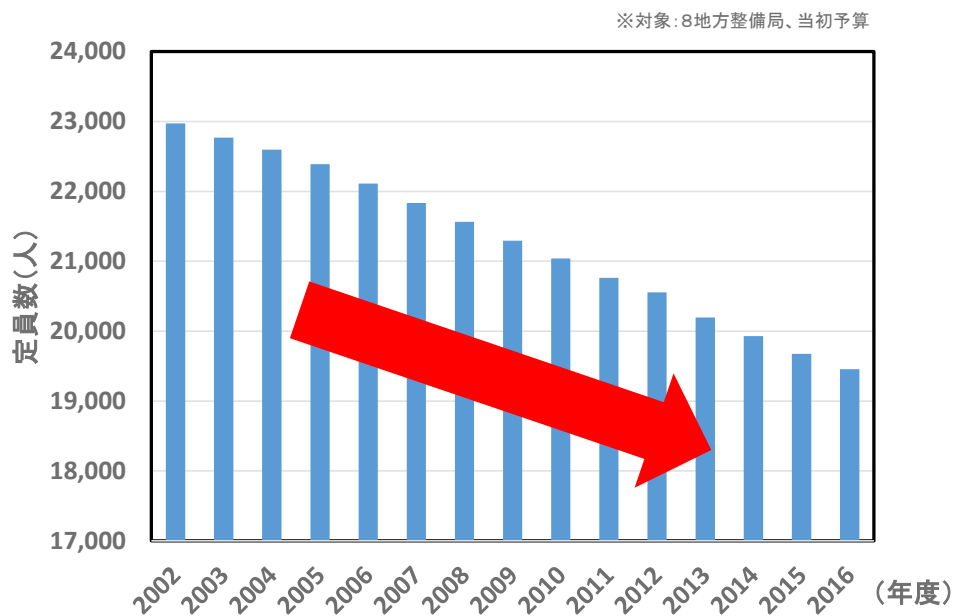


図-1.2.3 地方整備局職員数の推移⁷⁾

図-1.2.4 に本研究の対象領域を示す。研究のキーワードとして「災害対応（防災）」、「メンテナンス」、「マネジメント」とし、各々に対する研究項目及び担当章（第3章～第5章）を示している。頻発する大規模な災害に対する迅速な復旧技術と災害時の対応マネジメント，ストックが増大するインフラに対するスパイラルアップメンテナンスさせるシステム，多様化，突発する業務と縮小する組織・予算において，全体最適となるマネジメントシステムの導入は必要不可欠である。

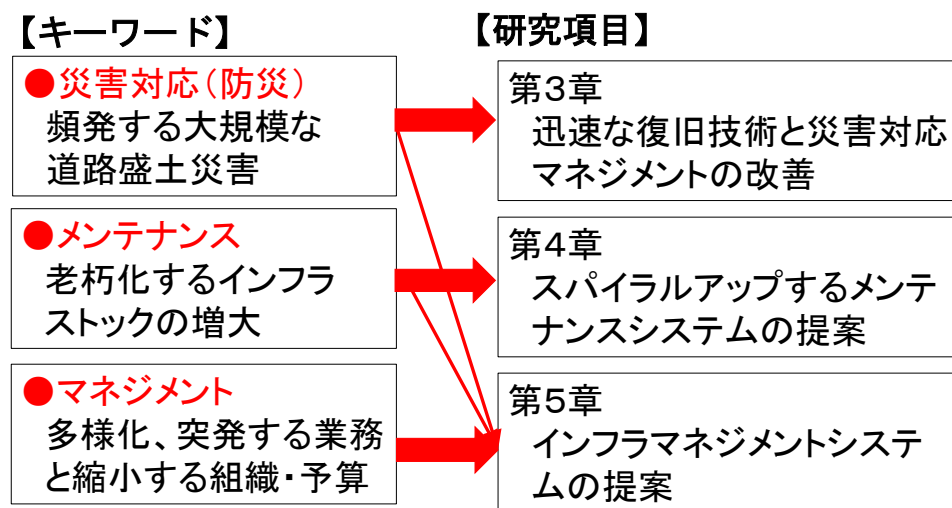


図-1.2.4 本研究の対象領域

本研究では，老朽化や崩壊のメカニズムが未解明な部分が多く，かつ近年のゲリラ豪雨や大規模地震等により大規模な崩壊が全国的に多く発生しつつある道路盛土等の道路土工構造物を対象に，インフラの老朽化及び災害の現状と課題に触れつつ，これからの防災やメンテナンスの対応を中心としたインフラマネジメントのあるべき方向性について研究・考察する。

防災面においては，道路盛土災害事例から崩壊形態や現場の制約条件による復旧対策手法等について分析・整理するとともに，被災した現場を迅速に復旧し通行

止め等の社会的影響を低減可能な手法の一つとして大型土のうを用いた復旧モデルを提案し、本設構造物としての適用性について、動的遠心力載荷模型実験及び実大実験、及び格子状補強材を用いた段差復旧対策の実大実験を実施し、変形挙動や施工性等を確認・検証するとともに、実験結果から従来工法との工期や工事費を試算・比較し、災害対応マネジメントの改善の方向性を明らかとした。

メンテナンスについては、道路土工構造物の特性を明らかにした上で、スパイラルアップさせるメンテナンスとするためのシステムや組織体制等の改善の方向性を明らかにした。

更に、道路行政分野を中心に、マネジメント上の課題を分析し、改善の方向性を整理した上で、これまで実際取り組まれてきた事例を検証しつつ、ISO55000 シリーズを参考としたマネジメントシステムと今後の防災やメンテナンスの対応を中心とした時代における組織体系の構築について提案した。

1. 3 論文構成

図-1.3.1 に本研究のスキームと論文構成を示す。本研究では、土工構造物の老朽化や災害等の対応を実施している組織や体制等について、研究の背景（第1章）、及び現状と課題（第2章）を明らかにした上で、それらの課題解決するための問題点及び解決方策として、多発する盛土崩壊等の災害に対応するマネジメント（第3章）、老朽化問題に対応するメンテナンスシステムの構築（第4章）、ISO55000シリーズの考え方を組み込んだインフラマネジメントシステムの提案（第5章）を行っている。さらに、第6章において、これらの成果を総括し、今後の展望を述べている。以下に各章ごとの要旨を述べる。

| 着目対象 | ①災害対応 ②メンテナンス ③マネジメント | 論文構成 |
|----------|---|------------------------------------|
| 研究の背景 | ①災害発生の頻発・激甚化 ②土木構造物の老朽化 ③笹子トンネル事故 | 第1章. 序論: 研究背景、目的 |
| 現状 | ④公務員(発注者)削減 ⑤人口減少 ⑥担い手不足 | 第2章. 事業執行の現状と課題 (災害、老朽化、マネジメント) |
| 課題 | ①災害による社会的影響拡大 ②点検要領・技術基準の策定 ③ストック総点検の実施 | 第3章. 災害対応マネジメント の改善 |
| 課題解決の方向性 | ④業務多様化 ⑤担当職員激減 ⑥技術力低下 | 第4章. メンテナンスシステム の構築 |
| 解決方策 | ①迅速な災害復旧技術 ②災害対応マネジメント ③点検精度 | 第5章. インフラマネジメントシ ステムの提案 |
| | ①災害対応やメンテナンスを中心としたマネジメントスキーム確立 ②品質確保、点検手法の確立 ③担い手確保、技術力確保、体制確保 | 第6章. 結論と今後の展望 |
| | ①災害時の迅速な復旧技術の確立 ②点検方法の革新、データベース構築 ③メンテナンスを中心とした事業執行体制・組織への転換 ④インフラマネジメントシステムの確立 ⇒ISO55000Xを参考としたマネジメントシステムの導入 | |

【研究スキームの色分け】 紫：第3章、青：第4章、赤：第5章に関連

図-1.3.1 本研究のスキームと論文構成

第1章 序論

東日本大震災,その後の関東・東北豪雨,熊本地震等による大規模な自然災害,また,中央道笹子トンネルの天井板崩落等のインフラの老朽化やメンテナンスに起因する事故が後を絶たない.これらの対策として,国土交通省では,2013年をメンテナンス元年,2016年を生産性革命元年と位置づけ,人口減少化社会を見据えた様々な施策にも取り組んでいる.しかしながら,地方整備局等の実態としては,慢性的な人員不足の状況の中で,通常業務に加え,目の前の現場で発生する災害等の対応に追われており,新しい施策についても十分な対応が図られていない状況にある.

本章では,これからの防災やメンテナンスの対応を中心としたインフラマネジメントのあり方について本研究の背景を概説し,本研究の目的および論文の構成について示した.

第2章 事業執行の現状と課題

国道等を管理する地方整備局等の機関では,戦後一貫して拡大傾向にあった公共事業予算が1995年度(平成7年度)をピークに年々縮小傾向となる中で,長年にわたって組織・定員の減少が進んできた.一方では,従前の業務に加え,事業の合意形成,施設の維持・管理,公共工事の品質確保,自治体支援等の新たな業務が増加しており,公共事業発注機関の業務のあり方及びその業務を支える技術力の維持・向上が大きな課題となっている.

本章では,国道事務所等の現場の最前線で事業執行を担う組織について,職員が削減される状況において,組織のマネジメント層,用地取得や工事を執行・監理する現場対応層,予算を執行・管理する中堅層の各々が常に情報を共有し,現

場で発生する課題解決を図りながら、限られた人数にて事業のP→D→C→Aを展開している状況について概説した。

第3章 災害対応マネジメントの改善

近年、大規模な土工構造物が地震等により甚大な被災を受ける場合がある。道路管理者は、単に災害現場の技術的な解決を行うだけでなく、被災した道路の要求性能や周辺状況も勘案した上で、遮断された交通機能の早期の回復のために、適切かつ迅速な復旧工法の選定を行うなどの現場でのマネジメント力が必要とされる。

本章では、道路盛土災害事例から崩壊形態や現場の制約条件による復旧対策手法等について分析・整理するとともに、被災した現場を迅速に復旧し社会的影響を低減可能な手法の一つとして大型土のうを用いた復旧モデルを提案し、本設構造物としての適用性について、動的遠心力載荷模型実験及び実大実験、及び格子状補強材を用いた段差復旧対策の実大実験を実施し、変形挙動や施工性等を確認・検証した。その結果、従来の復旧方法よりも本復旧までに要する作業時間が短縮し、早期の交通解放にも寄与できる可能性が確認できた。また、走行試験の結果からも、車両が走行するのに支障が生じるような変状等も発生せず、短期的な耐久性には問題ないことが確認出来た。以上により、考案した技術を現場へ適用することにより、災害対応マネジメントの改善に寄与出来ることが明らかとなった。

第4章 メンテナンスシステムの構築

増大するインフラストックを効率的にマネジメントしていくためには、執行体

制，建設生産システム，品質確保，データベースの構築，CIM 導入等による技術のイノベーションなど個々の改善方策に取り組むとともに，事業を執行するための予算についても改築と管理を連動させた柔軟且つ弾力的な執行システムに改善することが必要である．

本章では，これまで分離していた改築と管理（保全）の組織を予算執行も含めて集約化するとともに横断的な業務である防災とマネジメントに係わる組織も集約化し，今後のメンテナンスを中心とした機動的な事業執行システムについて検討した．その結果，新しい執行システム確立に向けた方策，今後の組織体系について明らかにした．

第5章 インフラマネジメントシステムの提案

近年の集中豪雨や大規模地震は，過去に経験しなかった外力が土木構造物に作用し災害を引き起こす要因となっているが，老朽化に起因する事故は，構造物の点検を適切に実施していれば未然に防止出来るケースも少なくない．一方で，国土交通省直轄の国道事務所や出張所等の組織は，過度な人員削減が先行し，事業執行の形態は旧態依然どころかメンテナンスの対応に加え，突発的な大規模災害への対応など，これまで以上の負荷が増大しつつあり危機的な状況である．今後，首都直下型や南海トラフ等の巨大地震の発生が予測される状況において，現状の組織体制で十分に対応出来る状況とは言い難い．

本章では，国道事務所等へのヒアリングによりマネジメント上の課題を抽出・整理した上で，過去の道路行政マネジメントや現在の TEC-FORCE や技術エキスパート研究会などの取り組みについて，継続的に改善する枠組みの構築や組織横断的な体制構築の重要性について明らかにするとともに，ISO55000 シリーズを

参考としたマネジメントシステムと今後の防災やメンテナンスの対応を中心とした時代における組織体系の構築について提案した。

第6章 結論と今後の展望

本章では、各章から得られた結果を総括した上で、今後の防災とメンテナンスを中心としたインフラメンテナンスシステムのあり方と今後の課題について示した。

第 1 章の参考文献

- 1)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 年 6 月 25 日
- 2)国土交通省道路局：道路土工構造物技術基準，2015 年 3 月 31 日
- 3)国土交通省 web サイト（TEC-FORCE について，2018 年 2 月 20 日確認）
<http://www.mlit.go.jp/saigai/TEC-FORCE>
- 4)国土交通省 web サイト（道路メンテナンス会議，2018 年 2 月 20 日確認）
<http://www.mlit.go.jp/road/sisaku/yobohozen/yobohozen.html>
- 5)国土交通省 web サイト（第 5 回トンネル天井板の落下事故に関する調査・検討委員会，2018 年 2 月 20 日確認）
<http://www.mlit.go.jp/road/ir/ir-council/tunnel/>
- 6)森芳徳，秋葉正一，関健太郎：道路行政分野における今後のインフラマネジメントのあり方に関する一考察，土木学会論文集 F4（建設マネジメント），Vol.73,No.4,I_120-I_129，2017
- 7)国土技術政策総合研究所 web サイト（「発注者責任を果たすための今後の建設生産・管理システムのあり方に関する懇談会」，平成 25 年度懇談会（第 1 回）資料，2018 年 2 月 20 日確認）
<http://www.nilim.go.jp/lab/peg/hatyusyasekininkondankai.html>

第2章 事業執行の現状と課題

2.1 概説

東日本大震災,その後の関東・東北豪雨,熊本地震等による大規模な自然災害,また,中央道笹子トンネルの天井板崩落のようなインフラの老朽化やメンテナンスに起因する事故が後を絶たない.これらの対策として,国土交通省では,2013年をメンテナンス元年,2016年を生産性革命元年と位置づけ,人口減少化社会を見据えた様々な施策にも取り組んでいる.しかしながら,国道や一級河川等を整備・管理する地方整備局等の実態としては,慢性的な人員不足の状況の中で,通常業務に加え,目の前の現場で発生する災害等の対応に追われており,新しい施策についても十分な対応が図られていない状況にある.

本章では,防災やメンテナンスの対応を中心としたインフラマネジメントについて,事業執行の現状と課題を整理した.

2. 2 地方整備局等を取り巻く環境

図-2.2.1 に示す気象庁のデータによると、1時間降水量 50mm 以上の年間観測回数は増加傾向となっている。また、図-2.2.2 に示すとおり、豪雨等の災害による道路の通行止めも、1997（平成9）年以降からゲリラ豪雨や豪雪、及び地震の活発化等により増加する傾向となっている。図-2.2.3 は、過去15年間に於ける公共事業関係費と国道や一級河川等を整備・管理する地方整備局職員数の推移を示す。公共事業関係費は減少してきたものの、2012（平成24）年度以降は増加に転じつつあるが、予算や事業を執行する地方整備局の職員数は、行政改革の一環で長年にわたって組織・定員の減少が続いている。一方では、従前の業務に加え、事業の合意形成、施設の維持・管理、公共工事の品質確保、自治体支援等の新たな業務が増加しており、公共事業発注機関の業務のあり方及びその業務を支える技術力の維持・向上が大きな課題となっている。

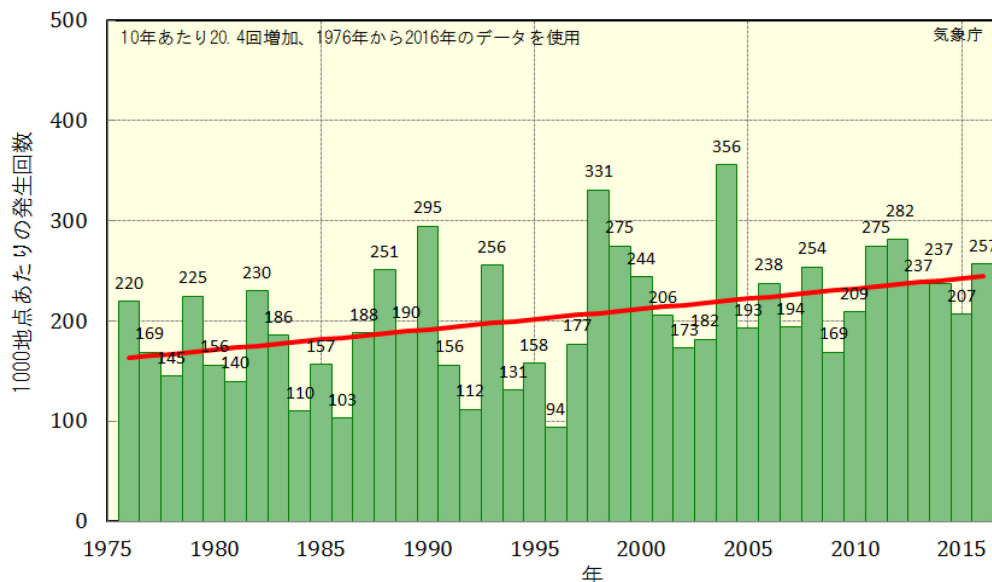


図-2.2.1 時間降水量 50mm 以上の観測回数¹⁾

出典：<http://www.jma.go.jp/jma/kishou/info/heavyraintrend.html>

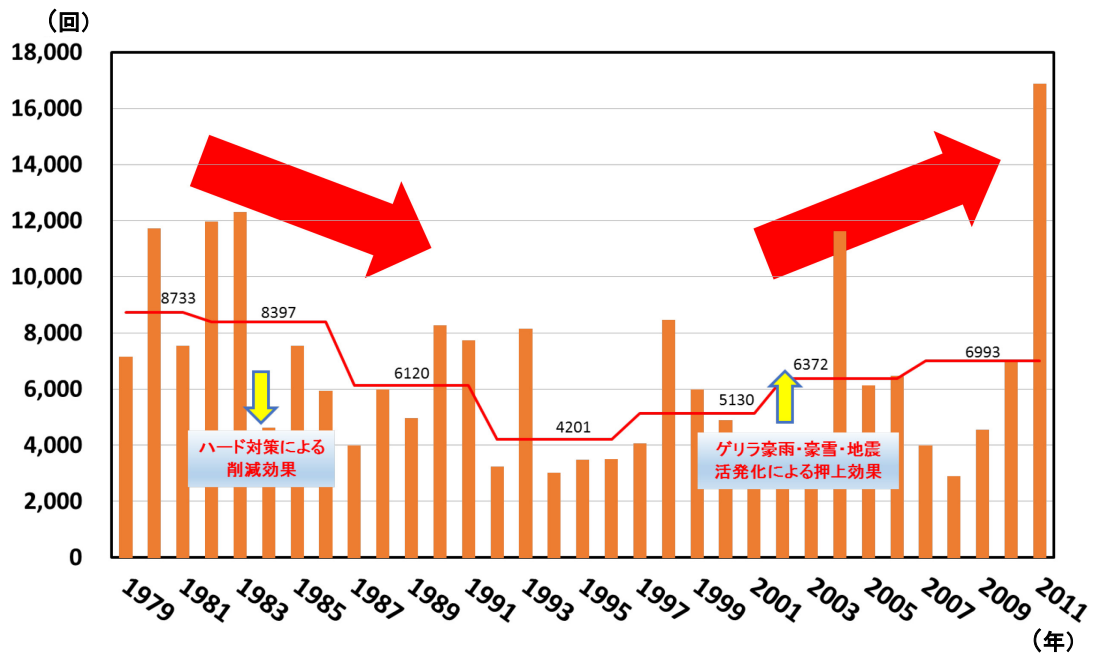


図-2.2.2 災害による通行止め回数²⁾

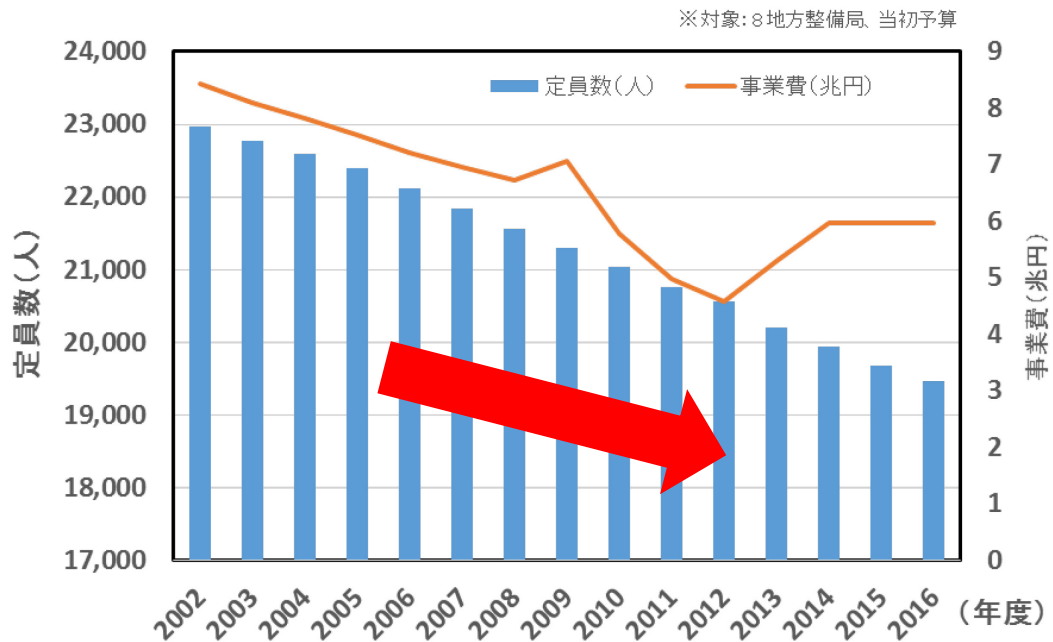


図-2.2.3 国の公共事業関係費と地方整備局職員数の推移³⁾

2. 3 老朽化の現状と課題

図-2.3.1 に示すとおり、我が国では1964年の東京オリンピック前後に整備されたインフラが、今後一斉に老朽化し、将来的に維持管理・更新費が投資可能額を上回る見込みである。また、図-2.3.2 に示すとおり、2033年には、道路橋や河川管理施設の6割以上が建設後50年以上経過した構造物となる。

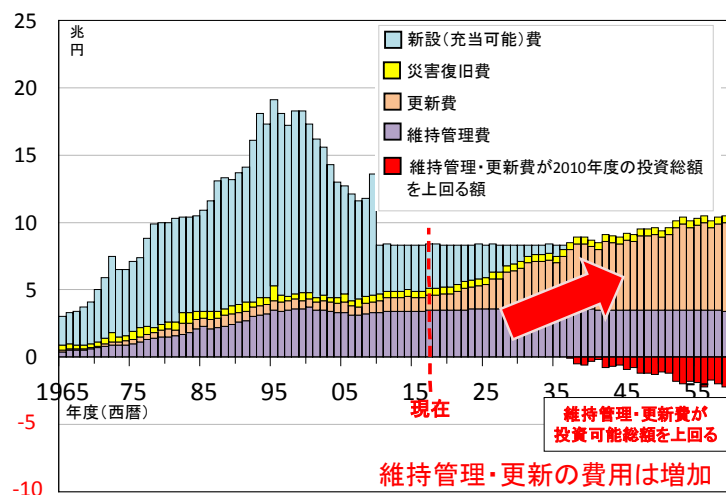


図-2.3.1 インフラの維持管理・更新費の見通し⁴⁾を加工

| 施設名 | 2013年3月 | 2023年3月 | 2033年3月 |
|------------------------|---------|---------|---------|
| 道路橋 [約40万橋(橋長2m以上)] | 約18% | 約43% | 約67% |
| トンネル [約1万本] | 約20% | 約34% | 約50% |
| 河川管理施設(水門等) [約1万施設] | 約25% | 約43% | 約64% |
| 下水道管渠 [総延長:約45万km] | 約2% | 約9% | 約24% |
| 港湾岸壁 [約5千施設] | 約8% | 約32% | 約58% |

図-2.3.2 建設後50年以上経過するインフラの割合⁵⁾を加工

出典：http://www.mlit.go.jp/sogoseisaku/maintenance/02research/02_01.html

道路分野では、図-2.3.3に示すとおり、笹子トンネルの事故以前からメンテナンス問題に着目し、国土交通省総合技術開発プロジェクト「社会資本の予防保全的管理のための点検・監視技術の開発」⁶⁾等において、点検や診断技術の研究開発に取り組んでいた。笹子トンネル事故以降、道路法の改正、5年に1回を基本とした定期点検の義務化等の対策を講じるとともに、実用的な点検手法やモニタリング技術、インフラ用ロボットの導入に向けた公募や現場検証にも取り組んでいる。地方整備局の組織も、道路保全企画室、道路保全企画官、道路構造保全官等のメンテナンスに専属的に対応するポストを新設するとともに、都道府県単位で「道路メンテナンス会議」を設立し、各道路管理者が相互に連絡調整し、協力して情報の共有や発信を行うことによって、点検・診断や修繕計画等の調整、技術基準類の理解、技術的支援等を促進する等、道路施設の予防保全・老朽化対策の強化に取り組んでいる。また、必要に応じて、国の職員等から構成される「道路メンテナンス技術集団」による「直轄診断」や緊急的な修繕・更新を地方自治体に代わって国が代行する制度も導入されている。しかしながら、前述した通り、既存の業務は従来と同様の対応が求められる中で、十分なマンパワーが確保出来ない状況で新たに追加となったメンテナンス問題の対応を強いられている。

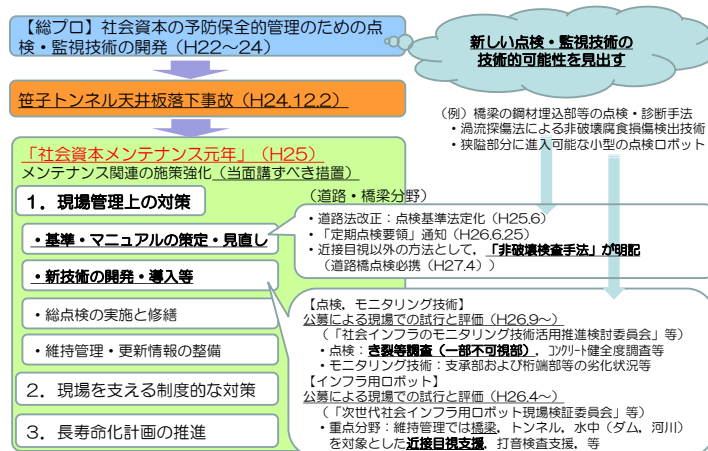


図-2.3.3 道路分野におけるメンテナンスに関する対応動向

2. 4 災害の現状と課題

写真-2.4.1, 写真-2.4.2 に示すとおり, 全国各地において, 豪雨あるいは大規模地震等による道路盛土の崩壊やのり面の崩壊が頻繁に発生している. これらの事象は, 従来 of 経験的知見に基づいた土工構造物の設計, 施工, 及び維持管理では十分な対応が出来なくなってきたことを示唆しており, 前述の図-2.2.1 に示したとおり雨の降り方などが新たなステージに変わったものと認識し, 構造物全体のライフサイクルを見直すべき転換時期にきていることを示している.



写真-2.4.1 東日本大震災により発生した路面段差



写真-2.4.2 関東・東北豪雨により崩壊した道路盛土

土工構造物等の維持管理では、構造物の機能や性能を維持し、信頼性の高い道路交通網を確保することが求められる。しかしながら、従来の維持管理においては、点検等による効果が十分に発揮されているとは言い難い側面も存在する。図-2.4.1に平成9年度から平成23年度に直轄国道で道路のり面崩壊等により発生した通行止めを伴う災害発生個所と防災点検結果の関係を示す。全体で1,161個所の通行止めを伴う災害が発生しているが、要対策個所およびカルテ点検個所として抽出されていた個所は52%であり、カルテ点検対象外における通行止めは38%に及ぶ。カルテ点検は、防災総点検で異常が発見された個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個所となっていない個所については、構造物の存在自体が記録されておらず、日常の巡回等において十分な注意が払われていないという課題もある。また、シェッド・大型カルバート等が義務付けられた定期点検も、2017（平成29）年8月から高盛土や長大切土などの特定道路土工構造物も義務付けられるなど、今後、更に膨大な労力と費用が必要となることが想定される。

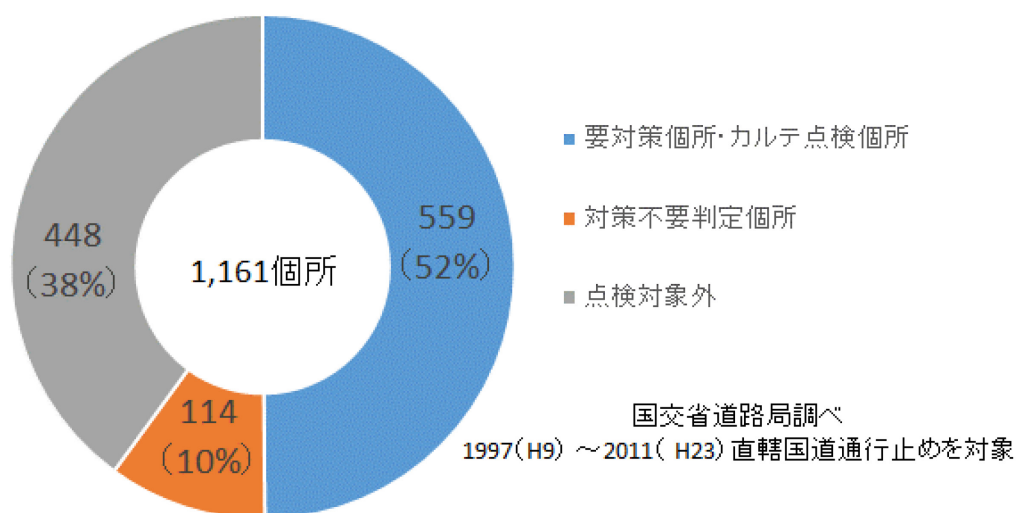


図-2.4.1 防災点検結果と災害発生個所の関係⁷⁾

2. 5 土工構造物の点検の現状と課題

宮武らは図-2.5.1に示すとおり，土工構造物の点検の特徴の一つとして，「老朽化」と「防災」の2つの視点が存在することを唱えている．老朽化の視点では，シェッド，カルバート，擁壁など主にコンクリート等で構成されている部材の性能が何らかの要因により低下することで被害が発生することを予防保全的に対応することが有効であり，防災の視点では，盛土，切土など地盤材料を主に構成されている構造物の場合は，被害を及ぼす誘因を発見した場合でも対応が困難であり，規模も大きく，かつメカニズムも不明確なことが多いことを指摘している．これまで「防災」の視点では，5年に一度の防災総点検を中心に行われてきた．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年度の防災総点検から大幅な見直しが行われた．防災総点検により抽出された要対策個所とカルテ対応個所は，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取り組みが行われてきた．防災総点検は，平成18年にも実施され，要対策個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対応とされた個所については年に一度の点検が行われ，要対策個所の異常の進行程度が記録され，必要により対策が実施されてきている．一方「老朽化」の視点で最近実施されたものとしては，平成24年12月の笹子トンネル天井板崩落事故を契機として実施された「ストック総点検」がある．ストック総点検では，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）を把握するための点検が実施された．以上から，本格的なメンテナンス時代における土工構造物の維持管理は，①土工構造物に作用する外力（地震動・降雨強度等）の変化，②土工構造物特有の不確実性，③老朽化と防災の

2つの視点，等を総合的に勘案した予防保全型のメンテナンスシステムの確立が必要であるといえる。

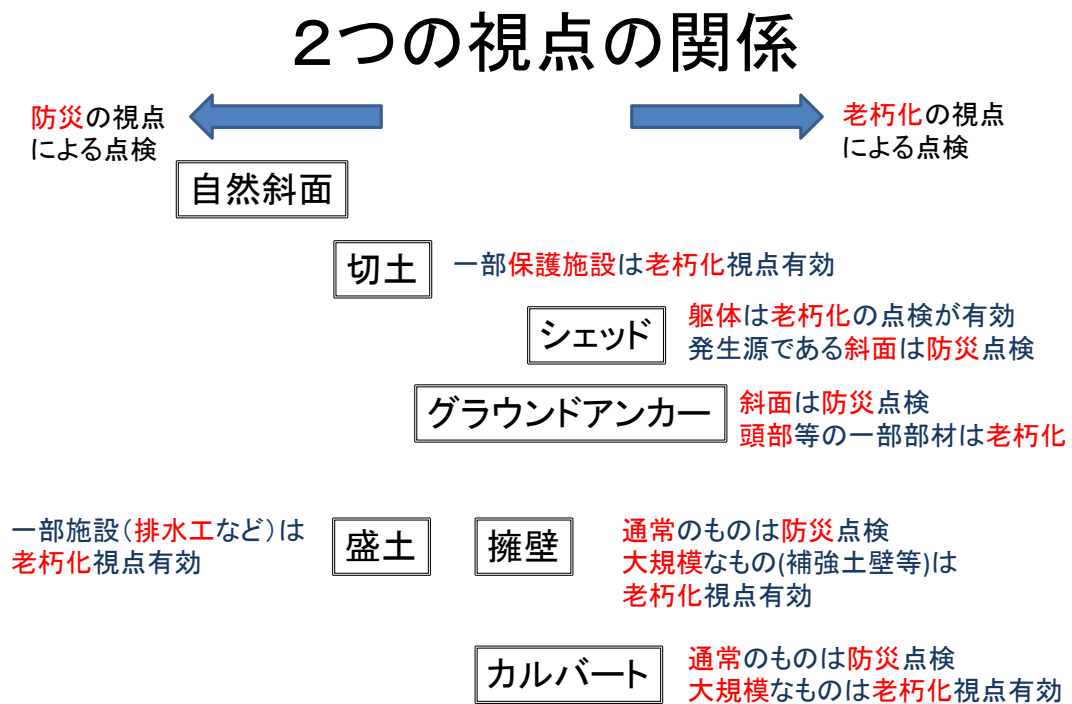


図-2.5.1 土工構造物の「防災」と「老朽化」の関係⁷⁾

2. 6 マネジメントの現状と課題

(1) 業務執行上の課題

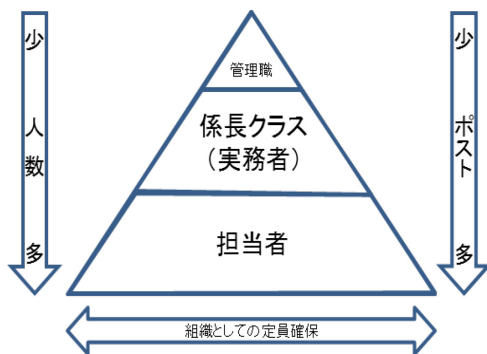
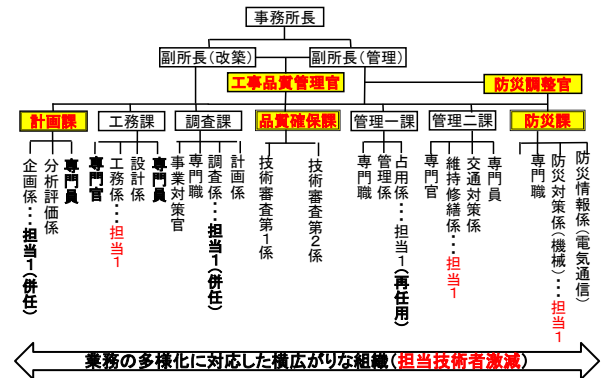
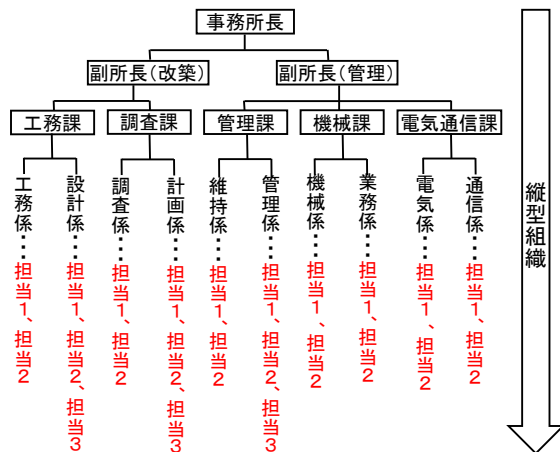
道路や河川等の公共施設を整備・管理する発注者における業務は、表-2.6.1に示すとおり、従前の業務に加え、事業の合意形成、施設の維持・管理、公共工事の品質確保、自治体支援等の新たな業務が増加しており、公共事業発注機関の業務のあり方及びその業務を支える技術力の維持・向上が大きな課題となっている。

表-2.6.1 発注者の主な業務 (参考文献8) に加筆)

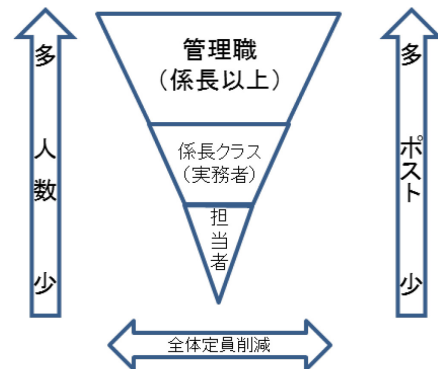
| 従前の業務 | 新たな業務 |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> ○予算 <ul style="list-style-type: none"> ・予算要求 ・予算執行、管理 ○調査・設計及び施工 <ul style="list-style-type: none"> ・業者選定 ・監督・検査 ・成績評定 など ○維持管理 <ul style="list-style-type: none"> ・点検・パトロール等 ・災害時の対応 など | <ul style="list-style-type: none"> ○社会的要請に対する対応 <ul style="list-style-type: none"> ・環境対策(環境への配慮) ・情報公開 ・住民参加、合意形成 ・説明責任(アカウンタビリティ) など ○品質確保のための新たな制度導入による影響 <ul style="list-style-type: none"> ・多様な入札・契約方式の選定、手続き ・技術力の評価 など ○コスト縮減への対応 <ul style="list-style-type: none"> ・VEの導入 など ○管理水準の向上 ○自治体支援 <ul style="list-style-type: none"> ・災害復旧(TEC-FORCE) ・品質確保(総合評価、改正品確法)技術指導 ・メンテナンス(老朽化診断) など |

図-2.6.1に示すとおり、過去において、新規採用者や若手職員が十分に確保出来た時代は、各事業担当課・担当係単位で担当者が複数配置され、調査設計、工事発注、維持管理等に係わる業務の受け皿として縦型組織が十分機能していた。一方、図-2.6.2に示すとおり、現在は業務の多様化による担当課や担当官の増設等により横広がりな組織になるとともに、定員削減による新規採用者の抑制・若手職員の減少により各業務を担う担当者が激減している。従来と現在を比較すると、従来は数十名いた担当者が現在では数名程度(併任・再任用を除く)となっている。結果的に横広がりな組織形態となり、中堅職員である係長や専門員、あるいはスタッフポストとして増設された専門官等が従来の担当職員の業務を受け持たざるを得な

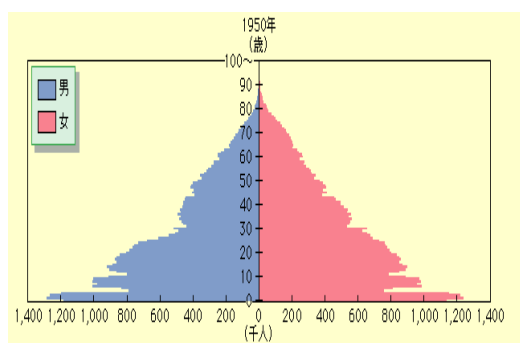
い状況となっている。この組織形態の変化は、図示している人口ピラミッドの形状⁹⁾と酷似している。



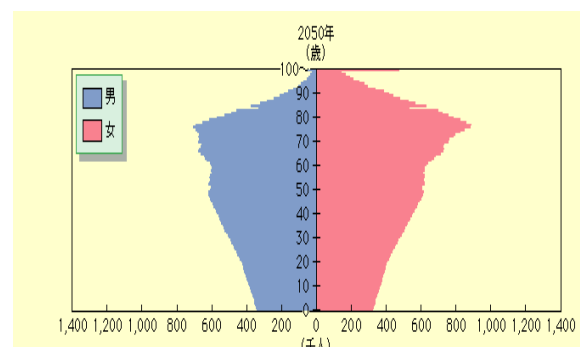
従来の組織形態 (著者の経験に基づき図化)



現在の組織形態 (著者の経験に基づき図化)



人口ピラミッド (1950年)



人口ピラミッド (2050年)

図-2.6.1 従来組織と人口ピラミッド

図-2.6.2 現在組織と人口ピラミッド

根本的な問題として、人口の減少が国家予算の逼迫に繋がり、その結果、公務員人件費の削減にも繋がり、時代の要請による業務の多様化も相まって、現状の組織形態にならざるを得ない状況に陥っている。むしろ、2050年の人口ピラミッドを先取りした組織形態でもあり、将来を見据えると避けられない状況であるとも言える。また、図-2.6.3に示すとおり、国家公務員の年齢構成を比較すると、2005（平成17）年は20～30代が中心であったが、2015（平成27）年では40～50代が中心の年齢構成と変化しており、現状の制度が継続されれば、10年後は50代以上が年齢構成の中心となることから、中堅層の処遇対応や年功序列を基本としたキャリアシステムの改善等も必要な状況である。

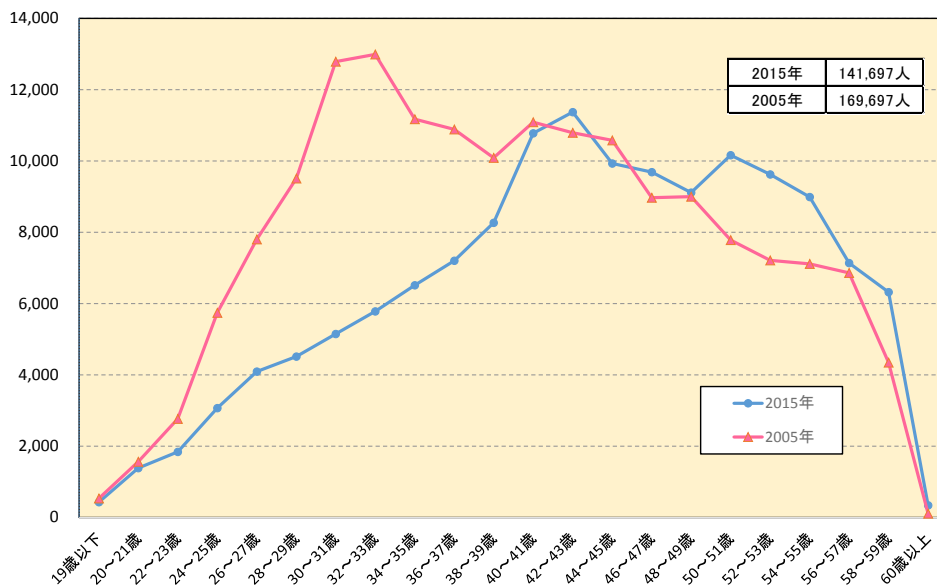


図-2.6.3 国家公務員年齢構成の比較¹⁰⁾

出典：http://www.jinji.go.jp/hakusho/h27/1-2-01-1-1.html

（2）予算執行上の課題

国における予算執行、特に道路に関わる予算については、平成21年度からの道路特定財源の一般財源化以降、予算執行の厳格化への取り組みが図られた。このた

め、費目間はもちろんのこと、号線間の移し替えも厳しくなった。図-2.6.4に事例として予算の執行体系と流用等の厳格化の現状を示す。同一事業個所における工事費と用地費、あるいは測量設計費等の流用は、入札差金等の発生や流用の必要性を理由に可能であるが、事業個所を跨いだりする場合の流用は、財務省の承認が原則必要であり、事業そのものが反対運動や環境問題等により全体的に事業を休止せざるを得ず予算執行が滞る場合など相当な理由がない限り非常に厳しくなっている。また、費目間を跨いだり流用や「改築系」と「管理系」における予算の流用は原則出来ないことになっている。

上記のような予算執行の厳格化が図られる一方、旧態依然として単年度予算が基本であり、示達された予算は年度内に全額執行することが原則となっている。このため、下半期から年度末にかけて、予算を所掌する担当部署は、全額執行に向け

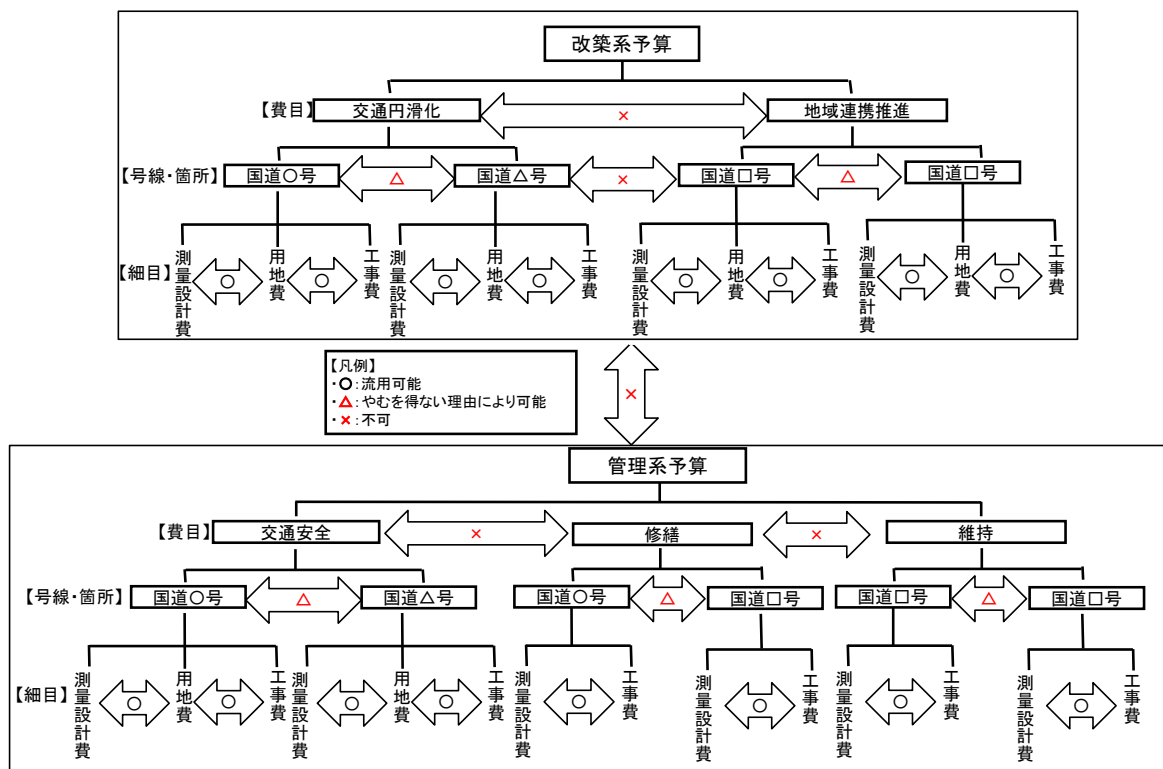


図-2.6.4 予算執行体系と厳格化の現状

て日々帳簿等を睨みながら如何に繰越額を減らすか、あるいは不用額を発生しないようするかに対応に追われることとなる。

国道事務所では職員が削減される状況において、図-2.6.5に示すとおり、組織のマネジメント層、用地取得や工事を執行・監理する現場対応層、予算を執行・管理する中堅層の各々が常に情報を共有し、現場で発生する課題解決を図りながら、限られた人数にて事業のP→D→C→Aを展開している状況にある。

近年では新規採択時や事業中だけでなく、図-2.6.6に示すとおり、計画段階や事業終了段階における事業評価が義務付けられたことや、メンテナンス分野における定期点検や自治体支援に係わるメンテナンス会議の開催や直轄診断、更には事業の整備効果検証等の広報など、透明性・公平性の観点から多種多様な行政対応が発生している。

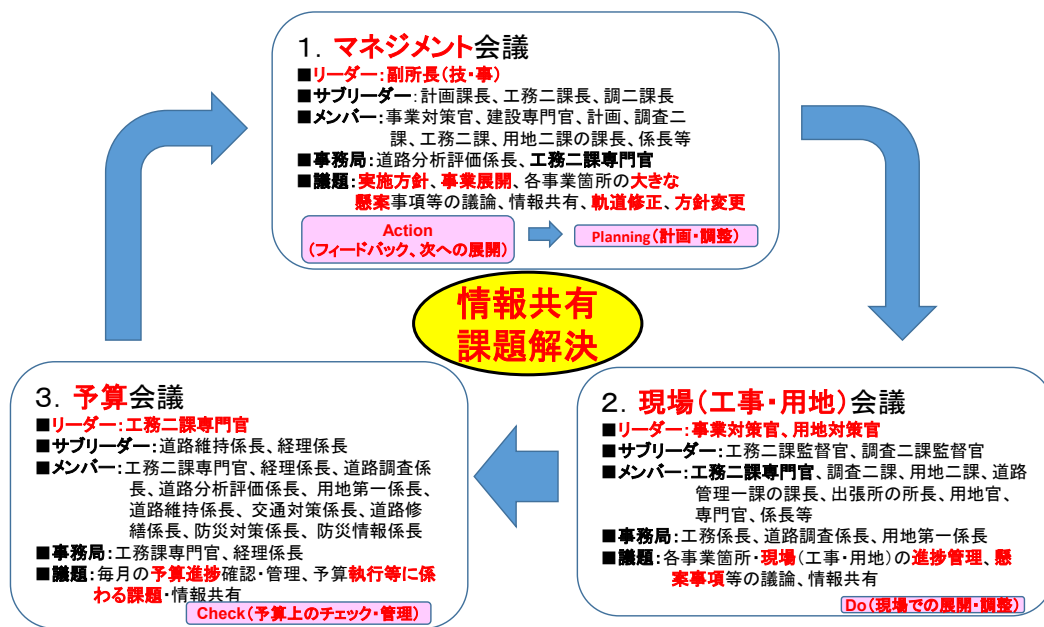


図-2.6.5 国道事務所における組織横断的な事業執行事例

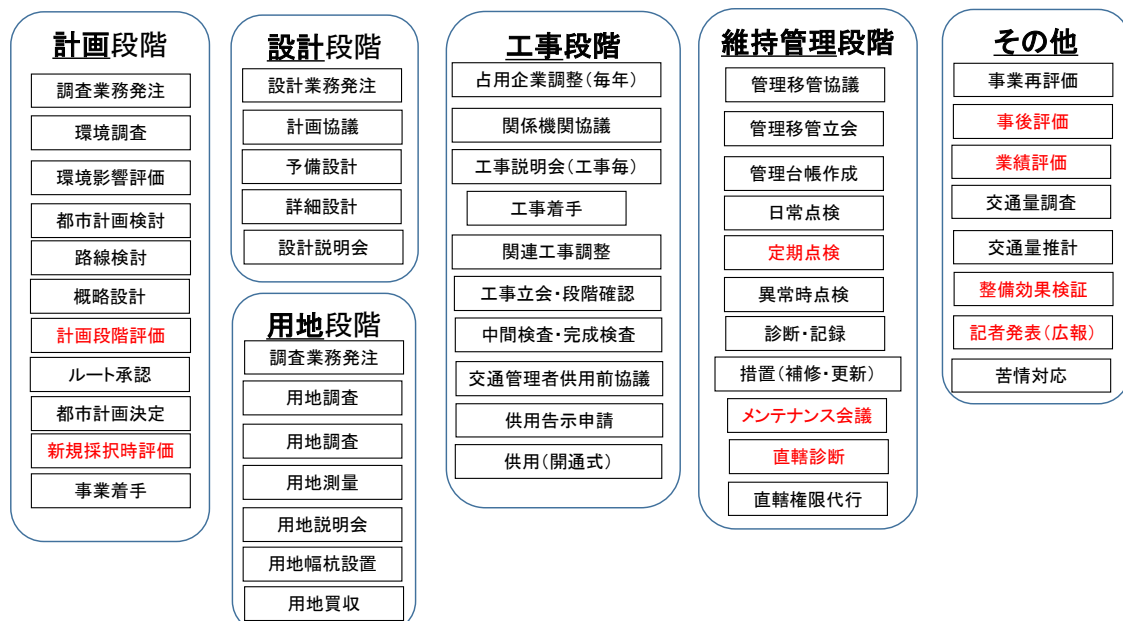


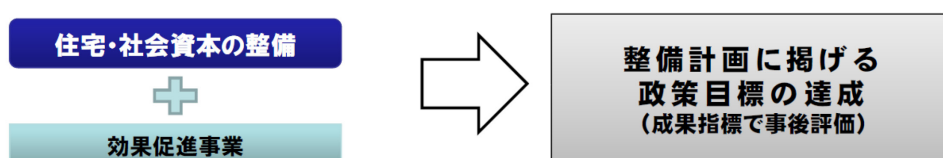
図-2.6.6 国道事務所における各段階における業務項目

図-2.6.7に地方自治体等で実施されている社会資本整備総合交付金事業の特徴を示す。交付金事業の場合、①事業のパッケージ化による一体整備、②関連事業間等における予算流用、③年度間調整（繰越し手続き等削減）、④一定割合での関連事業への執行（効果促進事業）等が可能となっている。国直轄の事業においても、交付金事業のように、道路、河川の各事業をパッケージ化し、予算執行も関連する事業一連で流用しながら橋梁の架け替え事業と堤防事業を一体化整備するなどして執行可能となるなど、より効果的な事業執行が実現できるものと思われる。

以上のように現状の事業執行システムは、人員、組織体制、予算執行制度など、あらゆる面で課題を有しており、メンテナンスを中心とした執行システムの確立には、前章で述べた技術的な課題とともに、これらのマネジメントシステムに関する課題解決が必要不可欠である。

社会資本整備総合交付金の特徴

- ①個別事業をパッケージ化し一体的に事業執行
- ②事業費の2割は効果促進する目的であれば自由に執行可能
- ③事業間での予算流用が可能
- ④事業費の年度間調整が可能（繰越し手続き不要）



| 住宅・社会資本の整備 | | 効果促進事業 |
|---|---|--|
| 基幹事業 | 関連社会資本整備事業 | |
| <ul style="list-style-type: none"> ○ 道路 ○ 河川 ○ 下水道 ○ 広域連携 ○ 市街地 ○ 住環境整備 | <ul style="list-style-type: none"> ○ 港湾 ○ 砂防 ○ 海岸 ○ 都市公園 ○ 住宅 等 | <ul style="list-style-type: none"> ○ 各種「社会資本整備事業」 (社会資本整備重点計画法) ○ 「公的賃貸住宅の整備」 |
| | | <ul style="list-style-type: none"> ○ 計画の目標実現のため基幹事業と一体となって、基幹事業の効果を一層高めるために必要な事業・事務 ○ 全体事業費の2割目途 (例) <ul style="list-style-type: none"> ・アーケードモールの設置・撤去 ・観光案内情報板の整備 ・社会実験(レンタサイクル、自転車乗り捨てシステム…) ・計画検討(無電柱化、観光振興…) |

図-2.6.7 社会資本整備総合交付金の概要¹⁾

2. 7 まとめ

本章で得られた知見を以下に総括する。

- (1) 国道等を管理する地方整備局等の機関では、定員削減による慢性的な人員不足の状況において、従前の業務に加え、事業の合意形成、施設の維持管理、公共工事の品質確保、自治体支援等の新たな業務が増加しており、発注機関としての業務のあり方及びその業務を支える技術力の維持・向上が大きな課題となっている。
- (2) 東京オリンピック前後に整備されたインフラが、今後一斉に老朽化し、将来的に維持管理・更新費が投資可能額を上回る見込みであり、道路分野では点検に関する基準策定や新たな技術開発、メンテナンスに関する組織やポストの新設、地方自治体とのメンテナンス会議の設立などの対策に取り組んでいるが、人員が不足している状況において、十分な対応が図られていない。
- (3) 豪雨や大規模地震等により災害による通行止め回数が増加しているが、災害の半数は対策不要判定個所や点検対象外の個所において発生し、今後の土工構造物の点検には膨大な労力と費用が必要となることが想定される。
- (4) 定員削減による各業務を担う担当者の激減、組織形態や年齢構成の変化、予算執行の厳格化など、あらゆる面で課題を有しているが、根本的な問題として人口減少等を見据えると現状の組織形態にならざるを得ない状況であり、今後の防災・メンテナンスを中心とした事業執行システムの確立には、これらのマネジメントシステムに関する課題解決が必要不可欠である。

第2章の参考文献

- 1) 気象庁 web サイト（アメダスで見た短時間強雨発生回数の長期変化について，
2018年2月20日確認）
<http://www.jma.go.jp/jma/kishou/info/heavyraintrend.html>
- 2) 国土交通省道路局資料，2013年
- 3) 行政管理研究センター：行政機構図，平成14年度版～平成28年度版
- 4) 国土交通省：国土交通白書，pp.99，平成23年度
- 5) 国土交通省 web サイト（インフラメンテナンス情報，2018年2月20日確認）
http://www.mlit.go.jp/sogoseisaku/maintenance/02research/02_01.html
- 6) 国土技術政策総合研究所：「社会資本の予防保全的管理のための点検・監視技術の開発」プロジェクト研究報告，2015. 12
- 7) 宮武裕昭，中谷昌一：土木技術資料第56巻第4号，p.14～17，（一財）土木研究センター，2014
- 8) 国土交通省 web サイト（国土交通省直轄事業の建設生産システムにおける発注者責任に関する懇談会，第1回（H18.5.17）資料，2018年2月20日確認）
http://www.nilim.go.jp/lab/peg/hatyushasekinin_iinkai.html
- 9) 総務省統計局 web サイト（統計データ（人口ピラミッド），2018年2月20日確認）
<http://www.stat.go.jp/data/jinsui/riyou.htm>
- 10) 人事院 web サイト（公務員白書平成27年度年次報告書，2018年2月20日確認）
<http://www.jinji.go.jp/hakusho/>
- 11) 国土交通省 web サイト（社会資本整備総合交付金の概要，2018年2月20日確認）
http://www.mlit.go.jp/page/kanbo05_hy_000213.html

第3章 災害対応マネジメントの改善

3. 1 概説

近年、大規模な土工構造物が地震等により甚大な被災を受ける場合がある。今後、このような大規模災害は異常気象の影響等により増加する可能性は高く、道路管理者は、単に災害現場の技術的な解決を行うだけでなく、被災した道路の要求性能や周辺状況も勘案した上で、遮断された交通機能の早期の回復のために、適切かつ迅速な復旧工法の選定を行うなどの現場でのマネジメント力が必要とされる。現場の実態調査から、被災現場では大型土のうを用いた応急復旧の採用が多く見られる。応急復旧対策としての設計・施工マニュアルとして「耐候性大型土のう積層工法」¹⁾も存在する。大型土のうは現場の状況に柔軟に対応でき簡易的に復旧可能であることから多くの被災現場で採用されていると考えられる。しかし、従来の大型土のうは仮設構造物であるため、本復旧の際には撤去作業が必要となり、本復旧が完了するまでには時間を要する。被災した土工構造物を効率的に本復旧するためには、大型土のうを用いた応急復旧盛土をそのまま本復旧として活用することが有効であると考えられる。

本章では、道路盛土災害事例から崩壊形態や現場の制約条件による復旧対策手法等について分析・整理するとともに、被災した現場を迅速に復旧し通行止め等の社会的影響を低減可能な手法の一つとして、大型土のうを用いた復旧モデルを提案し、動的遠心力載荷模型実験及び実大実験等を実施し、大規模災害時におけるマネジメントの改善手法を提案した²⁾³⁾。

3. 2 盛土の災害復旧の現状分析

大規模な道路盛土等の災害において、災害復旧及び仮設構造物としての土工構造物の問題点、今後開発すべき技術の方向性を明らかにすることを目的として、災害事例に関する調査分析を行った⁴⁾。調査方法は、既存の災害復旧事例に関する文献^{5),6),7),8)}から92例を抽出し、表-3.2.1に示す現場の概要、現場条件等について分類・整理した。以下に採用された応急対策、復旧時の制約条件、地形と復旧対策工等との関係について示す。

a) 応急対策工

図-3.2.1に盛土の崩壊形態別による応急復旧対策工の採用割合を示す。崩壊形態は、道路が全面通行止めとなる「完全崩壊」、片側通行可能な状態に留まった「部分崩壊」に分類されるが、いずれの崩壊形態の場合においても、大型土のうを用いた対策が高い割合で採用されていた。また、「完全崩壊」、「部分崩壊」では、盛土の再構築あるいは切土による拡幅等の土工による応急復旧対策の採用が多かった。その他の復旧対策では、「完全崩壊」で仮橋が、「部分崩壊」では鋼矢板・H鋼打設等が採用されていた。以上から、崩壊の形態にかかわらず、応急復旧対策において、大型土のうによる応急復旧対策が多く採用されていることが確認できた。

図-3.2.2は、災害復旧事例のうち、応急復旧日数 N と被災延長 W （道路延長方向）が確認できた事例について関係を整理したものである。被災延長と応急復旧日数には概ね比例関係（ $N=0.4W$ ）が見られ、特に被災延長が約100m以内且つ応急復旧に要する日数が約50日以内のケースにおいては、相関関係が強い傾向にある。

表-3.2.1 文献・工事記録収集における主な調査項目

| 分類 | 調査分類 | 調査項目 | 具体的な調査事項 |
|--------|--------|--------------------|-----------------------|
| 現場の概要 | 災害工事規模 | 工事対象範囲、崩壊盛土高など | |
| | 地盤特性 | 崩落土の土質、ボーリングデータなど | 火山灰質粘性土、N値と地層構成など |
| | 道路の規格 | 道路の幅、常時の交通量など | 高規格道、国道、地方道、生活道路など |
| 現場の条件 | 迂回路の設置 | 迂回路を設置の有無 | スペースがない、回り道可、地主が不同意など |
| | 排水処理 | 応急復旧、本復旧時の排水対策 | 暗渠、排水シート、砕石など |
| | 応急復旧 | 方法、仕様、手順、工事期間など | 土のう、矢板など |
| | 本復旧 | 復旧条件、工法選定理由、工事期間など | 〇日までに復旧、通行規制不可など |
| マネジメント | 土砂の搬出入 | 撤去土量、搬入土量、撤去場所など | |
| | 資材調達 | 使用重機・資材 | |

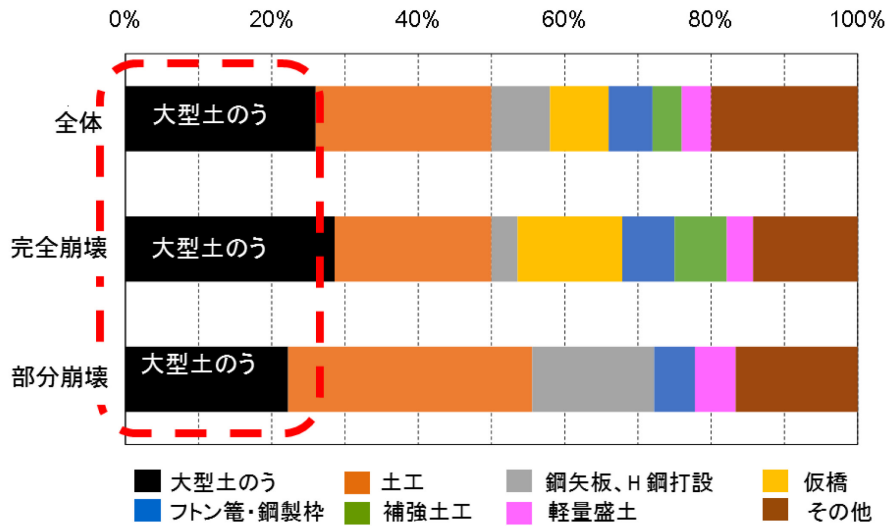


図-3.2.1 盛土の崩壊形態による応急復旧対策工の割合

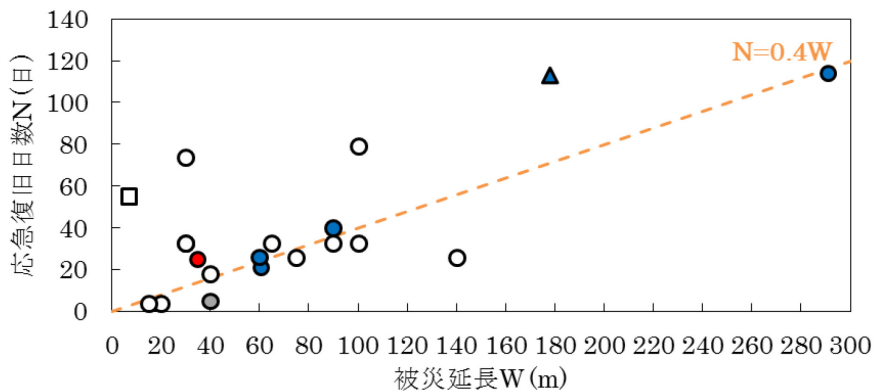


図-3.2.2 応急復旧と被災延長の関係

また、応急復旧に 20～50 日間程度を要しているものが多く、長いものでは 4 ヶ月近くに及んでいた。そのため、現場で使用されている大型土のうは、写真-3.2.1 に示すような耐候性の高い材料が採用されているケースが多い⁹⁾。



写真-3.2.1 耐候性大型土のうによる復旧状況

b) 復旧時の制約条件

表-3.2.2 に応急復旧対策時における制約条件を示す。応急復旧対策時の主な制約条件は、施工、地盤、交通機能等の 7 つに分類できる。また、図-3.2.3 に応急復旧工法選定時における制約条件の割合を示す。応急復旧工法の選定時に最も考慮されている条件は、「施工に関する条件」と「交通機能に関する条件」である。迂回路の設定や作業区間の確保が厳しいことが、応急復旧対策時の工法選定の際に重要な要因となっているものと考えられる。

表-3.2.2 応急復旧対策時の制約条件

| No. | 制約項目 | 制約内容 |
|-----|--------------|-------------------------------------|
| 1 | 施工に関する条件 | 急峻な地形，狭隘な箇所， 施工機械や材料の搬入が困難等 |
| 2 | 地盤に関する条件 | 支持地盤の強度不足，支持層が深い等 |
| 3 | 崩壊土砂等に関する条件 | 崩壊土砂や倒壊した構造物による閉塞， 残土処分場がない等 |
| 4 | 建設資材に関する条件 | 現地発生土の再利用の可否， 被災構造物の殻の再利用の可否等 |
| 5 | 交通機能に関する条件 | 迂回路の確保が困難， 車線の確保が困難 |
| 6 | 地下水等の水に関する条件 | 侵入水による復旧箇所の強度低下 |
| 7 | 二次災害等に関する条件 | 復旧現場の強化復旧が発生， 工事途中での復旧工法の見直し等が発生 |

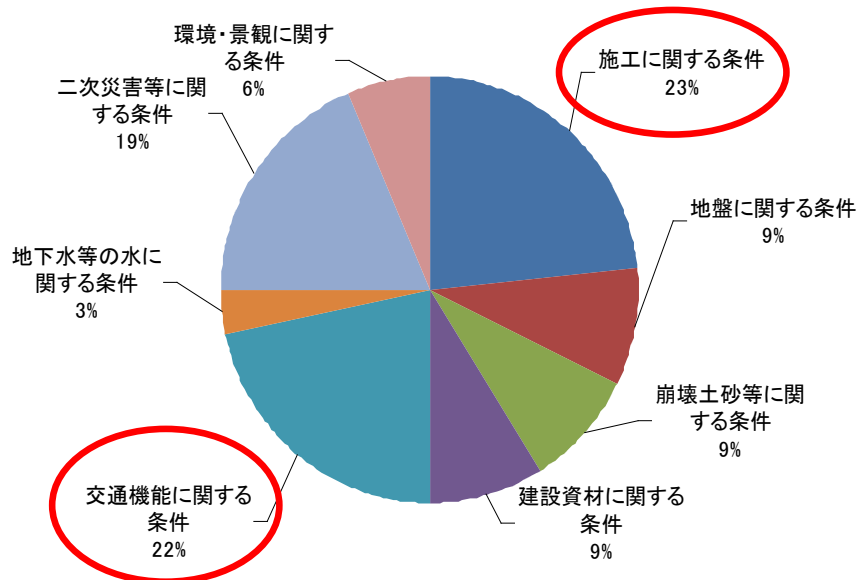


図-3.2.3 工法選定時に考慮した条件

c) 地形区分と復旧対策の関係

表-3.2.3 に採用時に選定された地形区分と応急復旧対策工の関係を示す。「河川沿い」、「山地」では、大型土のうの採用が多い。「河川沿い」、「山地」では、迂回路の設定が困難であったり、作業空間に制約があるような厳しい地形条件である場合が多く、本復旧時に土のうを撤去する作業が生じることが予め分かっているにもかかわらず、大型土のうを用いた復旧対策を採用せざるを得ない状況となっていることが考えられる。以上の調査・分析結果から、大型土のうは、応急復旧としては有効であるとともに残置したまま本設構造物として適用することが出来れば、効率的な復旧工法としての可能性が高いことが確認できた。

表-3.2.3 地形区分と応急復旧工の関係

| 地形区分 | 応急復旧工 | 割合 |
|------|-------|-----|
| 河川沿い | 大型土のう | 50% |
| | ふとんかご | 19% |
| | 補強土 | 7% |
| | 仮橋 | 7% |
| | その他 | 17% |
| 山地 | 大型土のう | 35% |
| | 土工 | 13% |
| | 補強土 | 3% |
| | 仮橋 | 3% |
| | その他 | 46% |
| 平地 | 大型土のう | 20% |
| | 土工 | 20% |
| | その他 | 60% |

3. 3 復旧形状の提案

上述の調査結果を踏まえ、大規模な被災現場における崩壊した場合の復旧手法について検討した。図-3.3.1 に示すように、従来は応急復旧から本復旧の間に土のうや盛土を撤去するなどの手戻りとなる作業が発生しており、応急復旧から土のうを残置して本復旧する手法を考案した。図-3.3.2 に過去の災害事例を参考に想定した道路盛土の大規模崩壊時における崩壊形状を、図-3.3.3 (a)～(c) に標準形状として設定した復旧モデルの断面図を示す。過去の災害では、片盛り片切りした道路盛土において、切り盛り境が崩壊線となった崩壊パターンが多い。この主な要因としては、地山との境界部の盛土が締固め不十分であったり、境界沿いに水みちが生じたことが考えられる。図-3.3.3 (a) の応急復旧は早期復旧することを基本とし、崩壊土砂を確実に撤去した上で切土等の土工量をなるべく低減させるとともに、崩壊土砂を一時的に仮置きするためのスペースの確保等も考慮し、また、復旧する土工構造物が高盛土となるため盛土の安定性を確保する観点から、補強材（ジオテキスタイル）を敷設することとした。図-3.3.3 (b) 及び (c) に本復旧の断面形状を示す。大型土のうを残置した復旧盛土を本設構造物として適用する場合、長期的に安定した状態を保持できる性能が要求される。そこで、大型土のうを保護する目的で2種類の仕様を提案した。地山が近接し施工スペースの確保が困難な現場に対しては、図-3.3.3 (b) に示すように背面の補強材を前面に延長させ壁面補強材と鋼製枠を用いて一体化した腹付盛土を設置する構造（補強土タイプ）、また、比較的用地や施工条件等の制約がない現場に対しては、図-3.3.3 (c) に示すように前面を安定勾配で盛土する構造（安定勾配タイプ）とした。

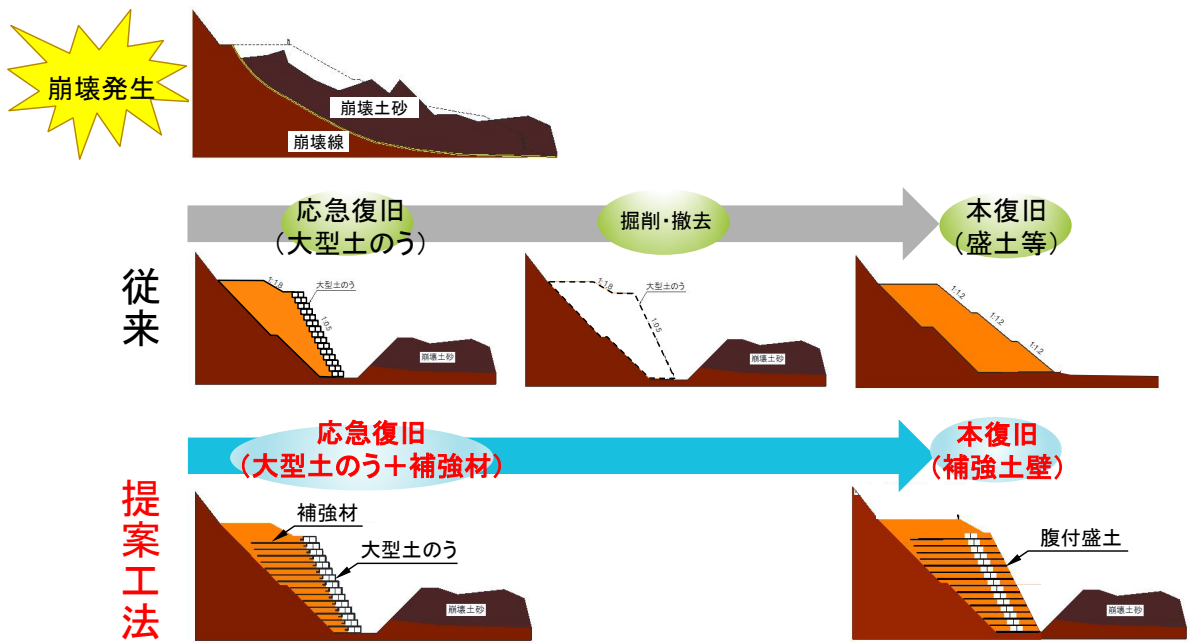


図-3.3.1 大規模災害における復旧手法の提案

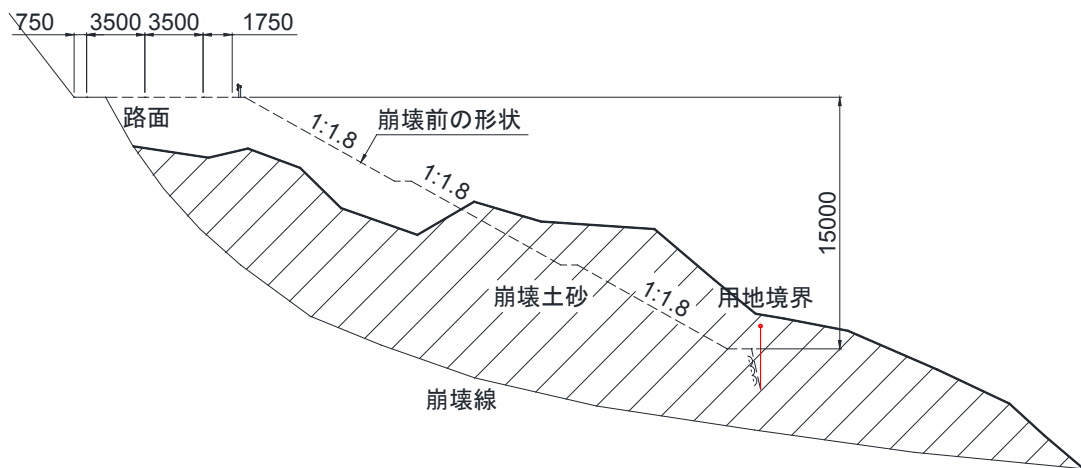
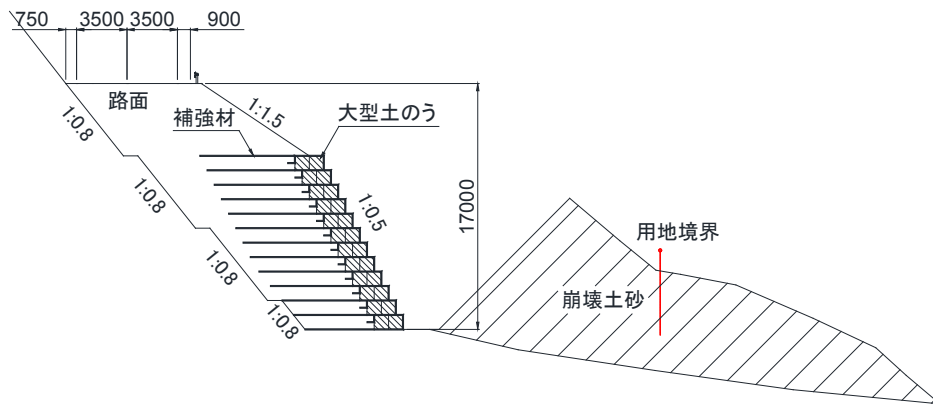
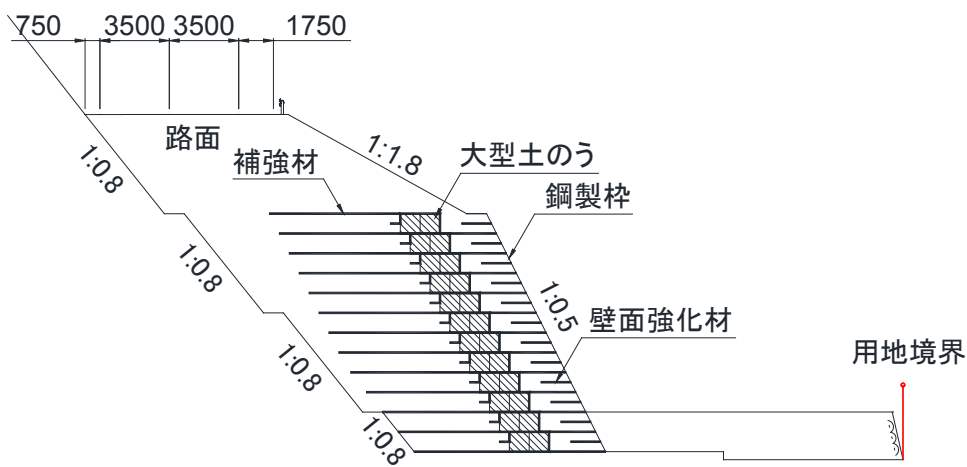


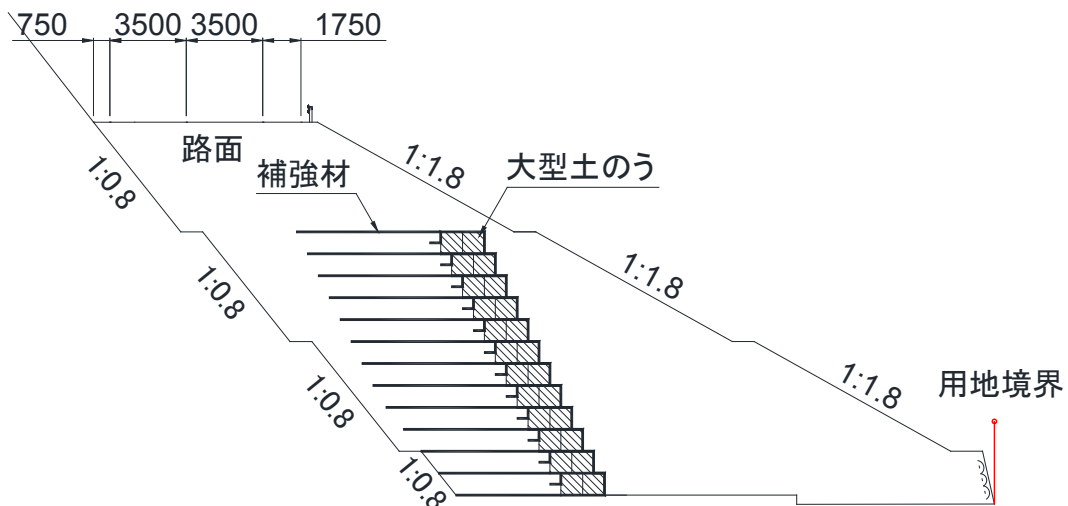
図-3.3.2 大規模災害における崩壊形状



(a) 応急復旧の断面形状



(b) 本復旧の断面形状 (補強土タイプ)

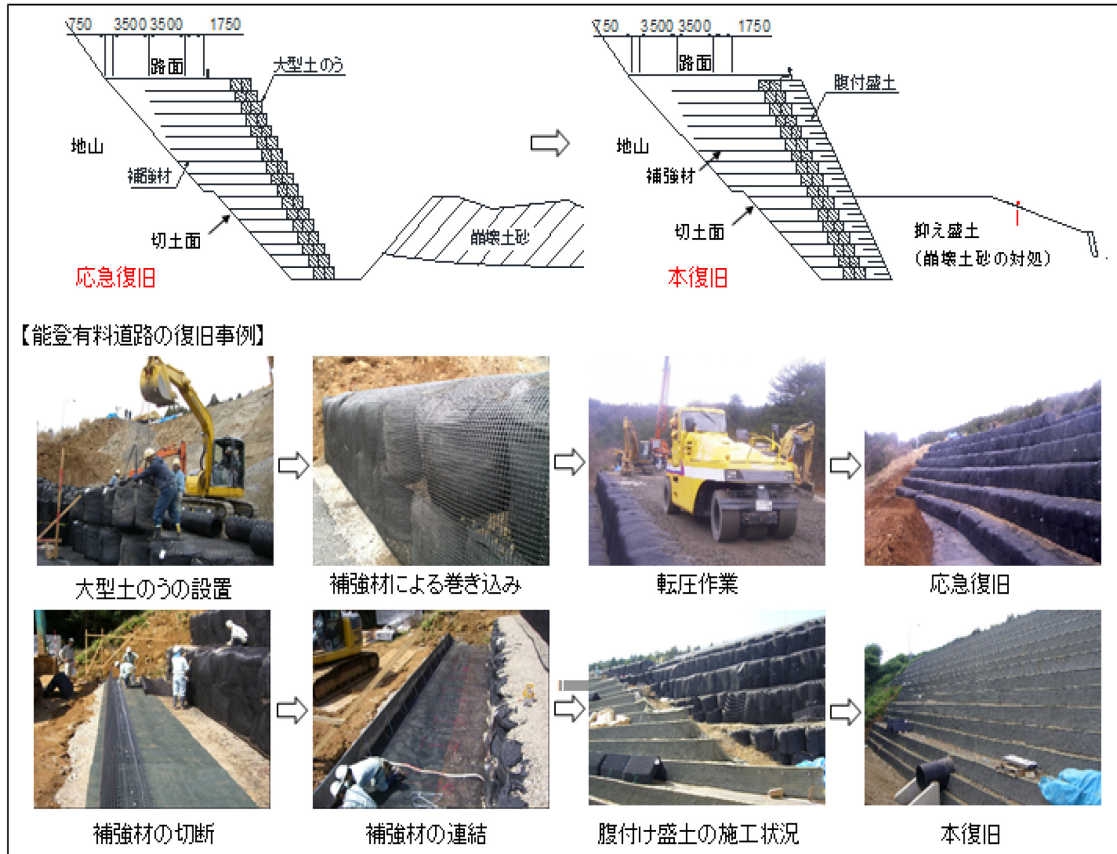


(c) 本復旧の断面形状 (安定勾配タイプ)

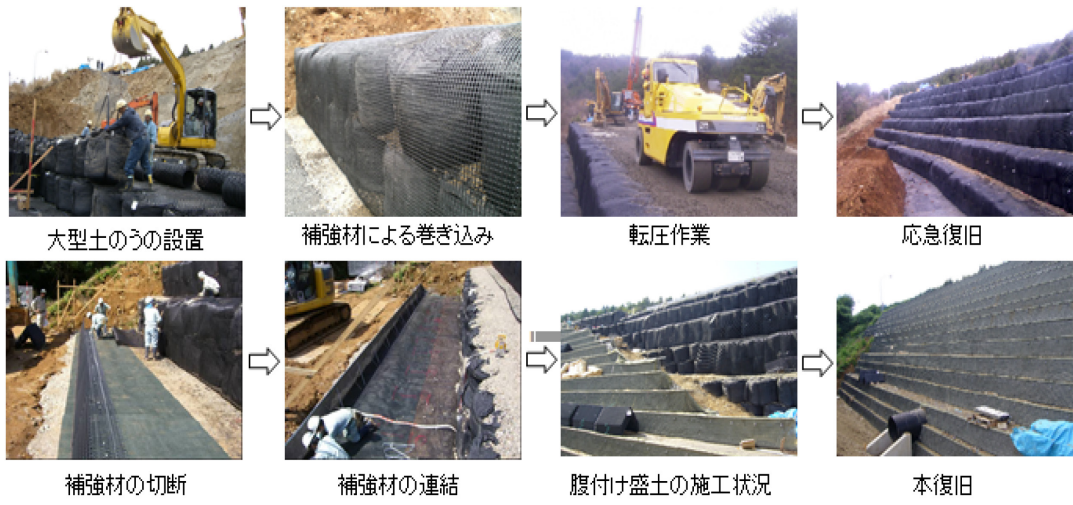
図-3.3.3 標準形状として設定した復旧モデル

3. 4 災害復旧関係者へのヒアリング

復旧形状の安定性を検証するための動的遠心力載荷模型実験を実施するにあたり、実際に現場で災害対応マネジメントを経験された直轄国道の道路管理者及び復旧作業員（施工業者）を対象に、復旧形状等についてヒアリングを実施した。具体的には図-3.4.1のシートを用いて、①施工上や構造上の問題が生じると思われる事項、②現場で活用するために必要と思われる改良点、③実験において計測等により確認しなければいけないと思われる事項、④その他、被災現場における土工工事（復旧工事）の実情等に関して、ヒアリングを行った。ヒアリングの主な意見を表-3.4.1に示す。道路管理者・復旧作業員ともに、「大型土のう間に隙間が生じ、水みちや盛土材流出」、「大型土のう設置箇所の締固め不足による沈下」、等を懸念する意見があった。また、道路管理者からは、「大型土のう残置による盛土の品質確保が懸念」、「大型土のう設置位置は交通荷重の影響範囲外とすべき」、との意見があり、復旧作業員からは、「腹付盛土（補強材無し）ののり面勾配は1:0.8程度が限界」、「大型土のう自体の排水機能の付加は有効」、等の意見があった。これらの意見を踏まえ、実験ケースを設定した。



【能登有料道路の復旧事例】



【応急復旧について】

- ① 当復旧方法の施工上、問題が生じると思われる事項を教えてください
例) 早期復旧を目指すことから十分な締め固め作業ができないため、本設構造物として適用してよいのか。
- ② 当復旧方法の構造上、問題及び懸念が生じると思われる事項を教えてください
例) 残置した大型土のうの隙間から盛土材が流出することを懸念する。
- ③ 当復旧方法を現場で活用するために必要と思われる改良点または更に把握しなければいけないと思われる事項を教えてください
例) 災害復旧現場で補強材の敷設や大型土のうを設置することによる施工上の不具合、排水機能の確保が懸念される。
- ④ 被災現場における土工工事(復旧工事)の実情を教えてください。
例) 早期の交通開放が最優先であり、復旧工法の選定は施工日数が最も短い工法を選定している。
- ⑤ その他

図-3.4.1 ヒアリングシート

表-3.4.1 ヒアリング結果

| 道路管理者（発注者（地方整備局・河川国道事務所）） |
|---|
| <p>(1) 大型土のう間に隙間が生じ、<u>水みちや盛土材の流出</u>が懸念。(①, ③)</p> <p>(2) 大型土のう設置箇所の<u>締固め不足</u>による沈下が懸念。(①, ③)</p> <p>(3) 大型土のうを残置することで<u>本設構造物としての品質確保</u>が懸念。(①, ②)</p> <p>(4) 大型土のうの設置位置は、<u>交通荷重の影響を直接受けない範囲</u>にすべき。(①, ③)</p> <p>(5) 盛土高さが高い場合、<u>下層部を3列配置</u>にした方が施工性や安定性が向上。(①, ②)</p> <p>(6) のり面勾配を1:0.5にした場合、施工時の安全対策が必要。(①, ②)</p> <p>(7) 大型土のうの品質管理が必要。施工及び品質はオペレータの技量に左右される。</p> <p>(8) 本復旧であれば、大型土のうの長期的耐久性の検証が必要。(②, ③)</p> <p>(9) 大型土のうを擁壁（補強土）として考える場合、設計法および維持管理の手法が必要。(④)</p> <p>(10) 上記の懸念事項等が解決できれば有効な復旧方法。(④)</p> |
| 復旧作業（施工業者） |
| <p>(1) 大型土のうの間に隙間が生じ、<u>水みちや盛土材の流出</u>が懸念。(①, ③)</p> <p>(2) 大型土のう設置箇所の<u>締固め不足</u>等による沈下が懸念。(①, ③)</p> <p>(3) 大型土のう自体に排水機能を付加することは、しっかり施工できていれば問題ない。(①, ③)</p> <p>(4) <u>腹付盛土</u>ののり面勾配は、施工性等も勘案すると<u>1:0.8</u>程度が限界。(①, ②)</p> <p>(5) 崩壊した土砂を崩壊面から完全に除去することが、その後の作業性や安全性に大きく影響。</p> <p>(6) 大型土のう間の隙間対策として、現場では流動化処理土を充填。(④)</p> <p>(7) 鋼製壁面材の使用は<u>施工性</u>や復旧の<u>迅速性</u>を勘案すると現実的でない。(①, ③)</p> <p>(8) 復旧するのり面表面は、<u>植生シート</u>を用いて保護すると効果的。(②)</p> <p>(9) 実現場では大量の大型土のうや矢板等を確保する必要があり、<u>材料調達・手配が困難</u>。(④)</p> <p>(10) 補強材を敷設する作業はあまり手間だとは思わない。(④)</p> <p>(11) 現地発生土を利用する際は、<u>土質により安定処理</u>が必要な場合もある。(④)</p> <p>(12) 基本的に大型土のうを用いて本復旧することは可能。(④)</p> |

※（ ）内の数字はヒアリング項目との関連を示す

3. 5 模型実験による検証

本節では災害復旧現場の実態や災害復旧関係者の意見を参考に復旧構造の基本的なモデルから実現場の施工条件を踏まえたモデルを構築し，動的遠心力载荷模型実験により，土のうの配列形状，排水条件等の違いによる挙動について検証した。

(1) 実験概要

実験は写真-3.5.1 に示すとおり，最大遠心加速度が100G まで対応可能なビーム型の動的遠心力载荷実験装置を用いた。模型は遠心力の相似則から，実スケールの1/50 とした。模型地盤は，写真-3.5.2 に示す長さ1m×高さ0.5m×幅0.2m の実験土槽内に，写真-3.5.3 に示すとおり，高さ240mm（実スケールで12m 相当）となるように大型土のう（12 段積み），盛土及び補強材を敷設し，更にその上に高さ100mm（実スケールで5m 相当）の嵩上げ盛土を構築した。



写真-3.5.1 動的遠心力载荷実験装置



写真-3.5.2 実験土槽



写真-3.5.3 模型地盤（補強土タイプ）

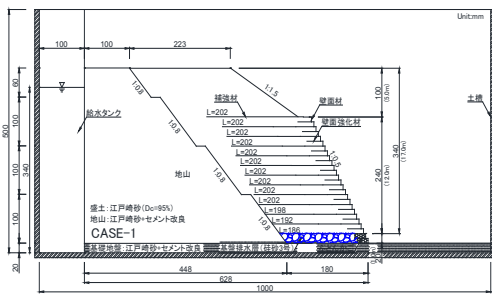
実験ケースは、本設構造物（本復旧）としての安定性に着目し、大型土のうを残置させた状態において、地震動に対する地盤の変状や地下水位を与えた場合の排水機能を明らかにするために、腹付盛土の形状、大型土のうの配列、盛土内の排水条件（盛土下層部の基盤排水層及び土のう中詰材の排水機能の有無）等をパラメーターとして設定した。各ケースの仕様を表-3.5.1に、断面形状を図-3.5.1に示す。

CASE-1は、土のうは配列せず一般的に本設構造物として採用されている補強土を模擬したケースとし、CASE-2、CASE-6は、排水機能を有する大型土のうを適用したケースとした。CASE-3、CASE-7は、大型土のうの背面にベントナイト層を設けることで大型土のうの排水機能を低下（不透水）させ、CASE-4、CASE-8は、大型土のうの配列を上部（2列）と下部（3列）で変化させた。配列の変化点は、既往

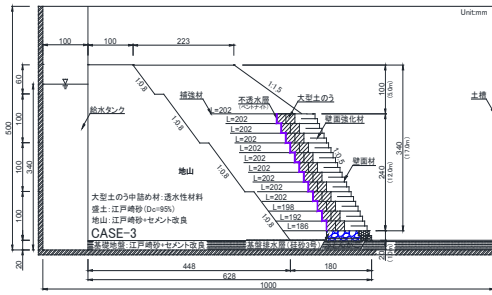
の実験結果¹⁰⁾において、大型土のうの設置高さの1/2より下の位置で水平方向の変位が最大となったことなどから、変化点が新たな弱点とならないように大型土のうの設置高さの1/2とした。CASE-5は一般的な安定勾配で復旧した盛土（無補強）を模擬したケースとした。模型を製作するに当たり、大型土のうは写真-3.5.4に示すとおり、不織布（透水係数： 2.7×10^{-2} cm/s）を用い、縦20×横20×高20mm（実スケールで1.0×1.0×1.0m相当）の立方体に作成した。大型土のうの中詰材は密度を調整するために7号砕石とジリコンサンドを混合した材料（ $\rho_i=1.80$ g/cm³）を用いた。補強材は、実スケールで必要となる引張剛性E・t（E：弾性係数，t：厚さ）が本実験の相似則に合うようにポリエチレン製のジオテキスタイル（E・t=36.0kN/m）を使用した。補強材の敷設長及び引張剛性は、ジオテキスタイルを用いた設計・施工マニュアル¹⁰⁾により算出した。補強土タイプの腹付盛土の壁面材には、写真-3.5.5に示すとおり、高さ10mmのステンレス製のL型アングルを使用した。補強材とL型アングルとは接着剤を用いて接続した。盛土材は表-3.5.2に示す江戸崎砂を用いた。盛土の締固め条件は、実際の現場条件を想定し、補強土領域は締固め度Dc=95%、CASE-5及び腹付盛土の領域は締固め度Dc=90%とした。基礎地盤及び盛土背面の地山は、江戸崎砂とセメントを混合した改良土を用いて堅固な地山条件を再現した。

表-3.5.1 実験ケース

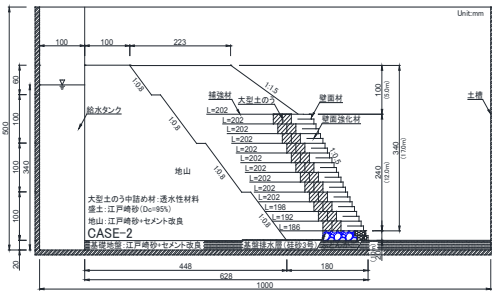
| ケース | 腹付盛土形状 | 土のうの配列 | 基盤排水層 | 土のうの排水機能 |
|--------|----------------------|--------|-------|----------|
| CASE-1 | 補強土タイプ (勾配1:0.5) | 無し | 全面 | - |
| CASE-2 | | 2列 | 部分 | 透水 |
| CASE-3 | | 2列 | 部分 | 不透水 |
| CASE-4 | | 2,3列 | 部分 | 透水 |
| CASE-5 | 安定勾配タイプ (勾配1:1.0) | 無し | 全面 | - |
| CASE-6 | | 2列 | 部分 | 透水 |
| CASE-7 | | 2列 | 部分 | 不透水 |
| CASE-8 | | 2,3列 | 部分 | 透水 |



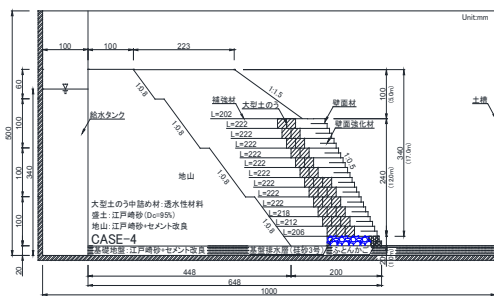
(a) CASE-1 (壁面材+土のう無し)



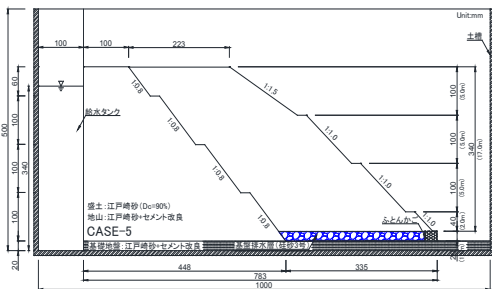
(c) CASE-3 (壁面材+土のう (不透水))



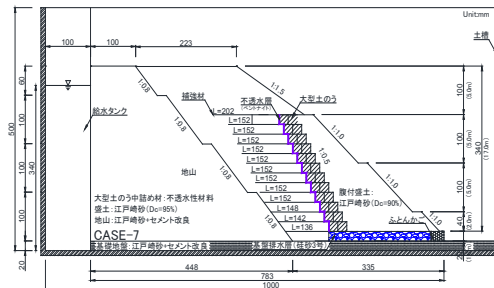
(b) CASE-2 (壁面材+土のう)



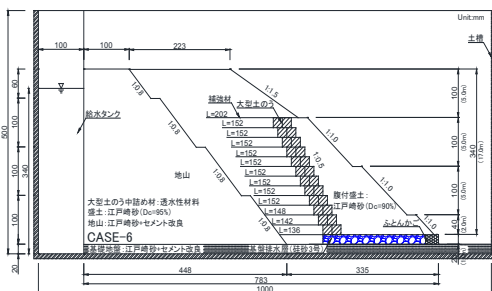
(d) CASE-4 (壁面材+土のう (2列, 3列))



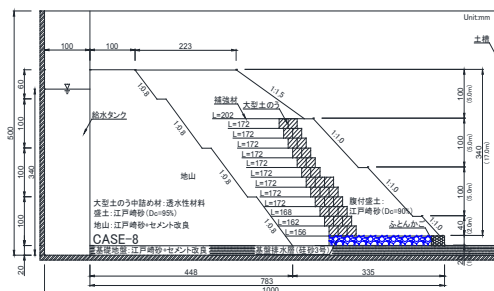
(e) CASE-5 (安定勾配+土のう無し)



(g) CASE-7 (安定勾配+土のう (不透水))



(f) CASE-6 (安定勾配+土のう)



(h) CASE-8 (安定勾配+土のう (2列, 3列))

図-3.5.1 実験ケースの断面形状



写真-3.5.4 大型土のう

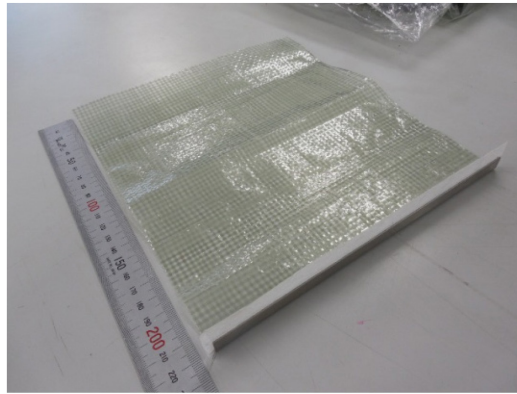


写真-3.5.5 壁面材と補強材模型

表-3.5.2 盛土材の物性

| 名称 | | 江戸崎砂 |
|-----------------------------|----------|-----------------------|
| 土粒子の密度 | | 2.746 |
| 粒度分布 | 礫分 (%) | — |
| | 砂分 (%) | 91.7 |
| | シルト分 (%) | 3.7 |
| | 粘土分 (%) | 4.6 |
| 均等係数 U | | 3.09 |
| 透水係数(cm/s) | | 1.02×10^{-3} |
| 最大乾燥密度 (g/cm ³) | | 1.578 |
| 最適含水比 (%) | | 18.0 |
| 湿潤密度 (kN/m ³) | | 18.27 |
| 粘着力 c(kN/m ²) | | 14.21 |
| せん断抵抗角 φ (°) | | 35.76 |

(2) 実験手順

実験は、模型に対して遠心加速度を 50G まで作用させ、模型の状態が安定した後、盛土背面の地山から水を盛土内に供給した。その後、盛土内の間隙水圧が安定した後に入力加速度 150gal, 250gal, 350gal, 500gal の正弦波 (2.0Hz) を 20 波ずつ段階的に加振した。最大加速度は、レベル 2 地震動及び東日本大震災時に東北から関東まで広域的に観測された震度 6 強程度を想定し 500gal とした。計測器の配置を図-3.5.2 に示す。計測項目は、標点による盛土及び大型土のうの変位、盛土内の土圧、応答加速度、間隙水圧、及び補強材のひずみ等とした。

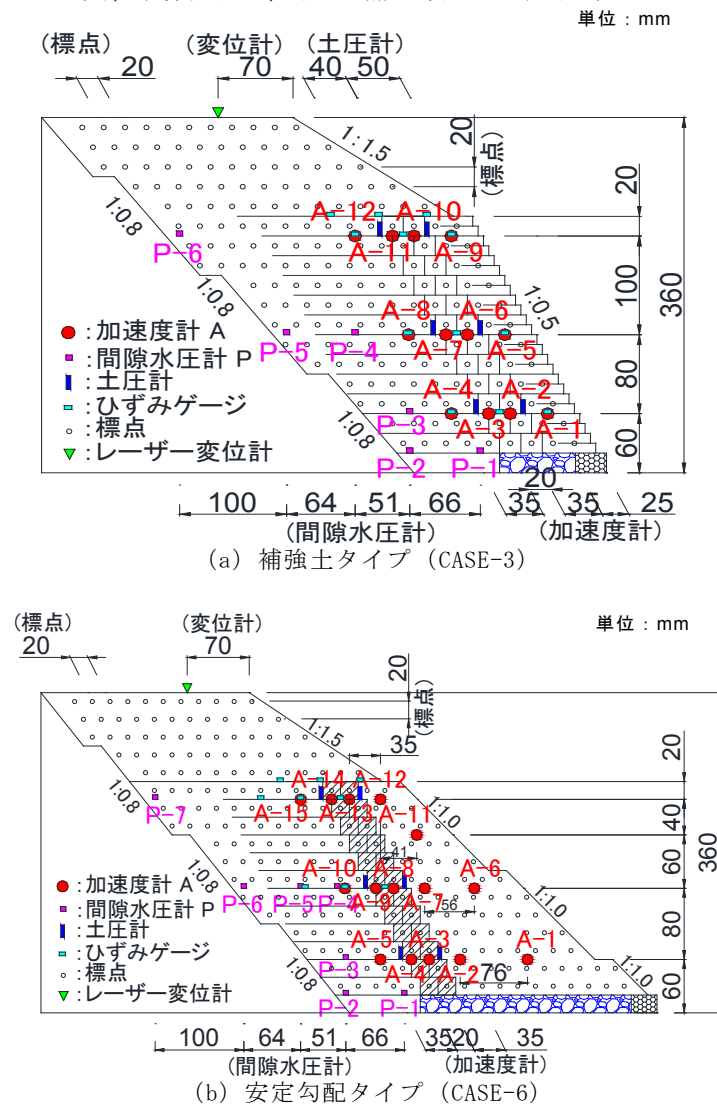


図-3.5.2 計測器の配置

(3) 実験結果

a) 盛土全体の挙動

写真-3.5.6 に加震後の断面を示す。安定勾配タイプの CASE-6 では、前面の腹付盛土の領域ですべり崩壊が生じているが、地山と大型土のうに挟まれた領域では、地山境界部で僅かなクラックが発生したものの大規模な変状は生じていないことが確認できた。補強土タイプは、腹付盛土も含めて大規模な変状は生じなかった。図-3.5.3 に各ケースの入力加速度 350gal 加振後における盛土の相対変位分布を、図-3.5.4 にせん断ひずみ分布を示す。図中の四角は土のう設置位置を示している。何れのケースにおいても、土粒子の変位量は盛土下部では微小であり、盛土上部で多く生じる傾向を示した。また、排水条件だけが違う CASE-2 と CASE-3、及び CASE6 と CASE7 を比較することにより、盛土の変形は盛土の含水状態が影響し、排水性を有する大型土のうの適用は、盛土の変形を抑制することが確認できた。

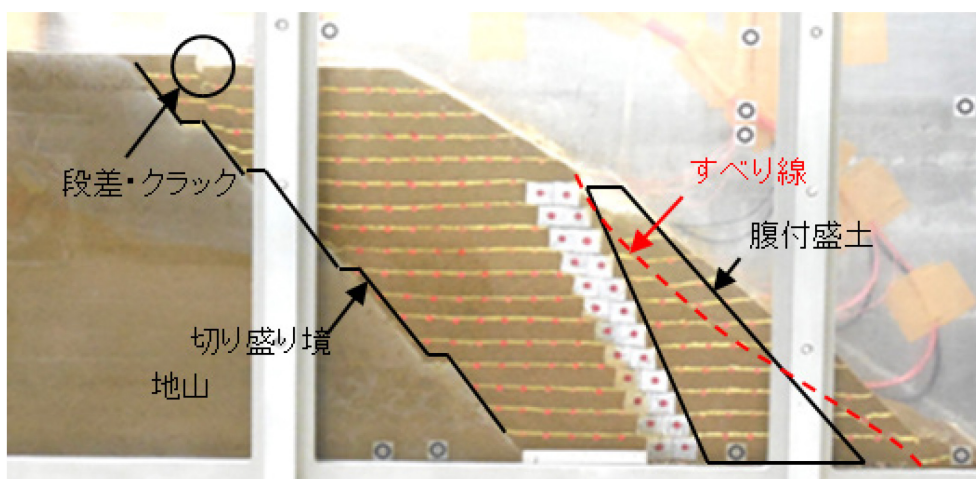
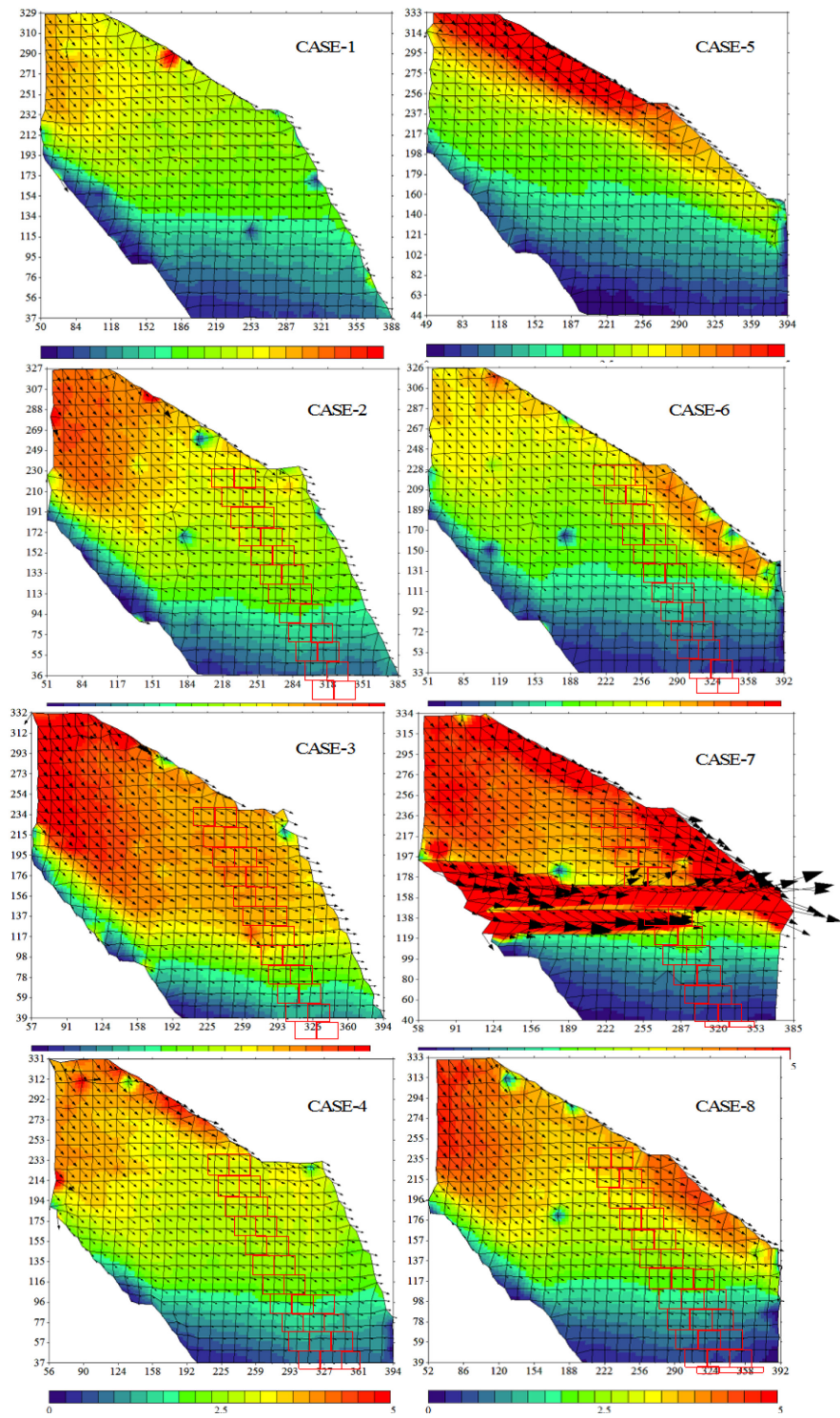


写真-3.5.6 加震後の状態 (CASE-6)



(单位:mm)

图-3.5.3 相对变位分布

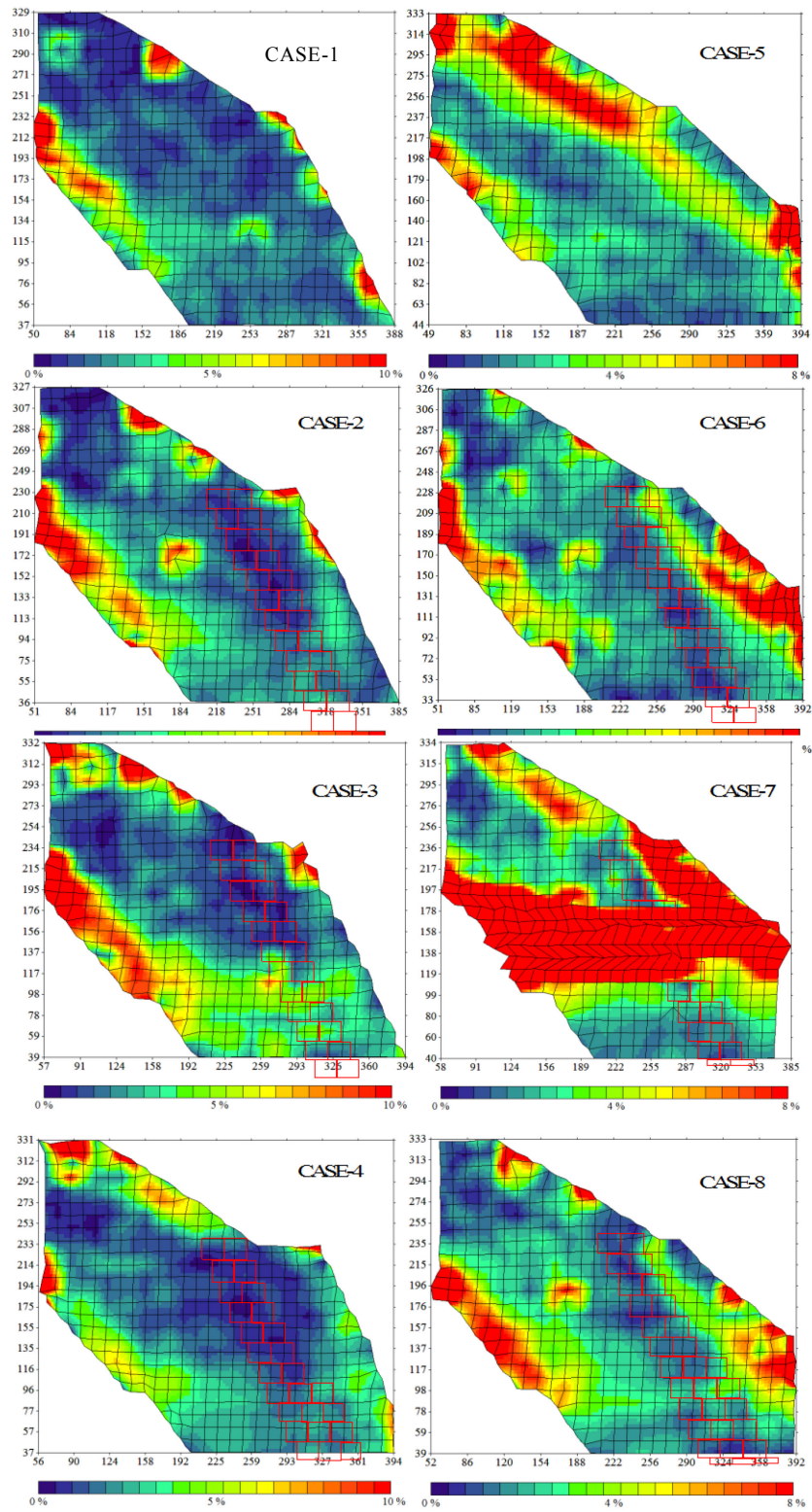
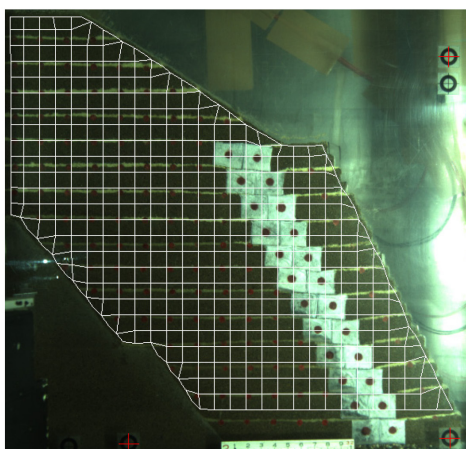
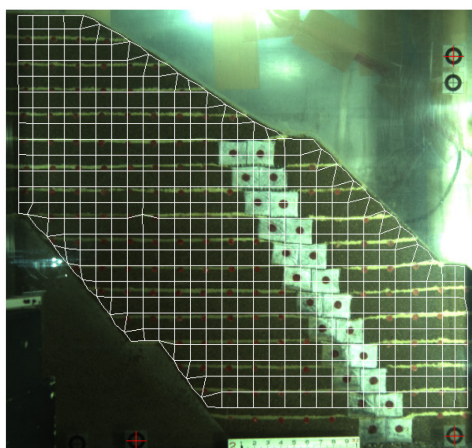


図-3.5.4 せん断ひずみ分布

更に加振後における盛土の挙動を詳細に把握するために画像解析を実施した。補強土タイプ及び安定勾配タイプの解析範囲（メッシュ）を写真-3-5.7に示す。何れのケースにおいても、土粒子の変位量は盛土下部では微小であり、盛土上部で多く生じる傾向を示した。安定勾配タイプでは、腹付盛土にも変位が多く生じる傾向を示した。大型土のうは、前列（腹付盛土側）と後列（地山側）の大型土のう及び大型土のう設置箇所付近の盛土と同程度の変位を示していることが確認出来た。



(a)補強土タイプ



(b)安定勾配タイプ

写真-3.5.7 解析範囲（メッシュ）

b) 大型土のうの挙動

図-3.5.5 に加振後における後列（地山側）の大型土のうと大型土のうの背面に位置する盛土に設けた標点の水平変位の相関を示す。ここで、CASE-1 及び CASE-5 については、他の CASE で用いている標点と近い標点の水平変位を示す。大型土のうと盛土の水平変位は同程度の変位を示しており、大型土のうを設置していない CASE-1 及び CASE-5 と同様な結果が得られた。また、0.9 程度の強い相関性が認められ、大型土のうと盛土は一体的に挙動していることが確認できた。

図-3.5.6 に入力加速度 500gal 加振後における後列（地山側）の大型土のうの水平変位を示す。大型土のうの変形は、補強土タイプと安定勾配タイプで異なる挙動を示した。補強土タイプでは盛土下部からはらみ出す変形を、安定勾配タイプでは盛土下部の水平変位は抑制され、中間付近から水平変位が増加する変形を示した。これは、大型土のう前面に腹付けした盛土の影響によるものと考えられる。また、各々のタイプにおいて、土のうを設置しない CASE-1 や CASE-5 と土のうを設置したその他のケースでは変位量の違いは見られるものの、土のう残置による異常な変形モードは確認されなかった。一方、補強土タイプ及び安定勾配タイプともに土のう中詰材が不透水である CASE-3 と CASE-7 の変位が最も大きく、これらのケースでは水平変位と連動し、盛土天端部の全体的な沈下も確認された。土のうを 2, 3 列配置とした CASE-4 と CASE-8 を比較すると、腹付盛土にすべり破壊が生じた安定勾配タイプ（CASE-8）に対し、補強土タイプ（CASE-4）においては大きな変状は生じなかった。これは、腹付盛土の盛土形状や補強材の配置による影響と考えられる。

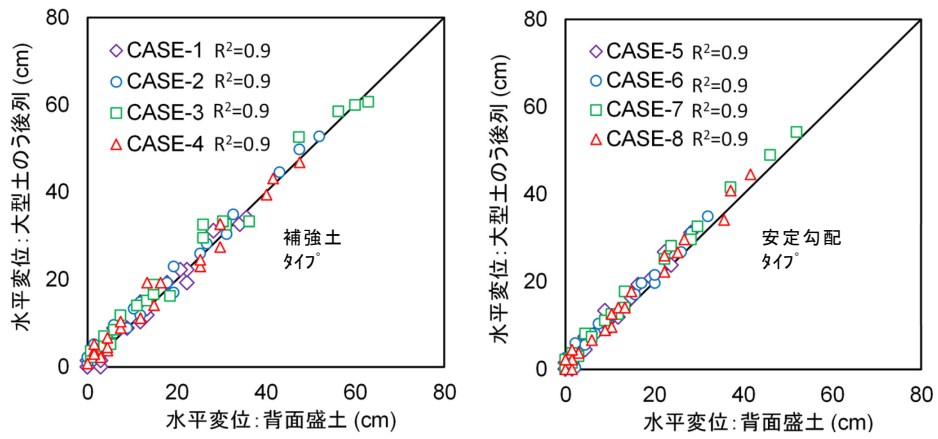


図-3.5.5 大型土のうと盛土の挙動（水平変位）

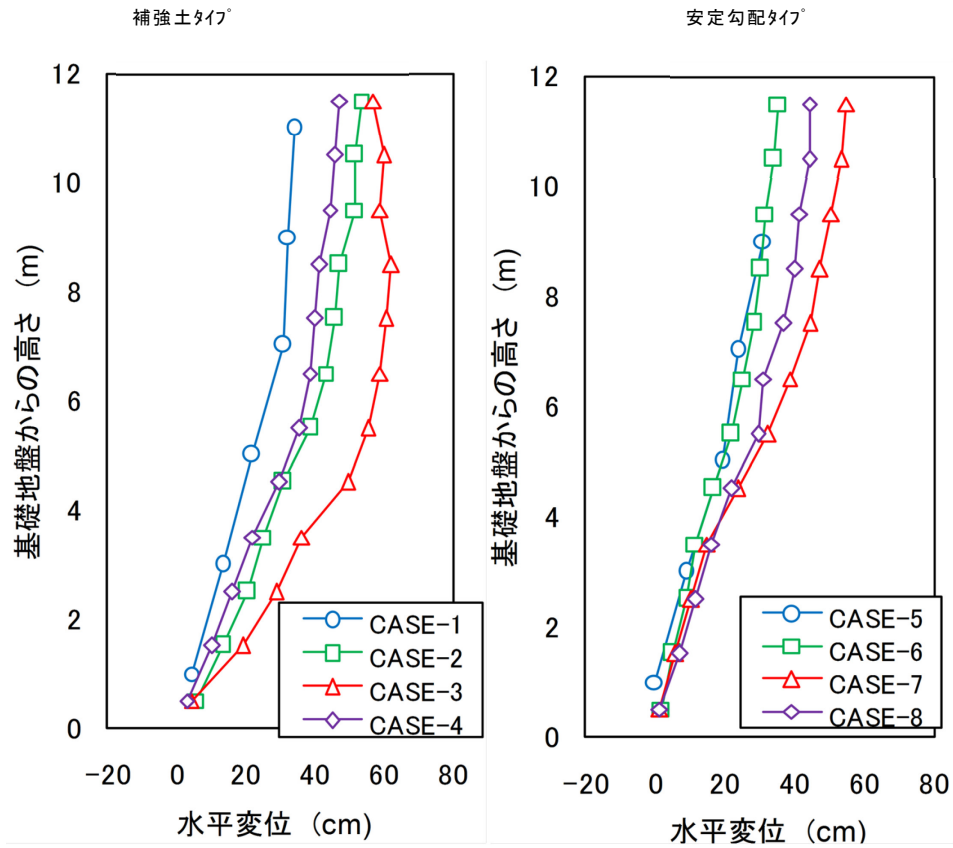


図-3.5.6 大型土のうの水平変位（後列）

c) 応答変位

図-3.5.7 に入力加速度 500gal 加振時における補強土タイプ (CASE-2) 及び安定勾配タイプ (CASE-6) の隣接した大型土のうの応答変位を示す. 前列と後列の大型土のうの応答変位は, 振幅の大きさが異なるものの, 概ね同位相の傾向を示した. この結果から, 地震動等の作用による土のう間における隙間や水みち等の発生の可能性は低いことが確認できた.

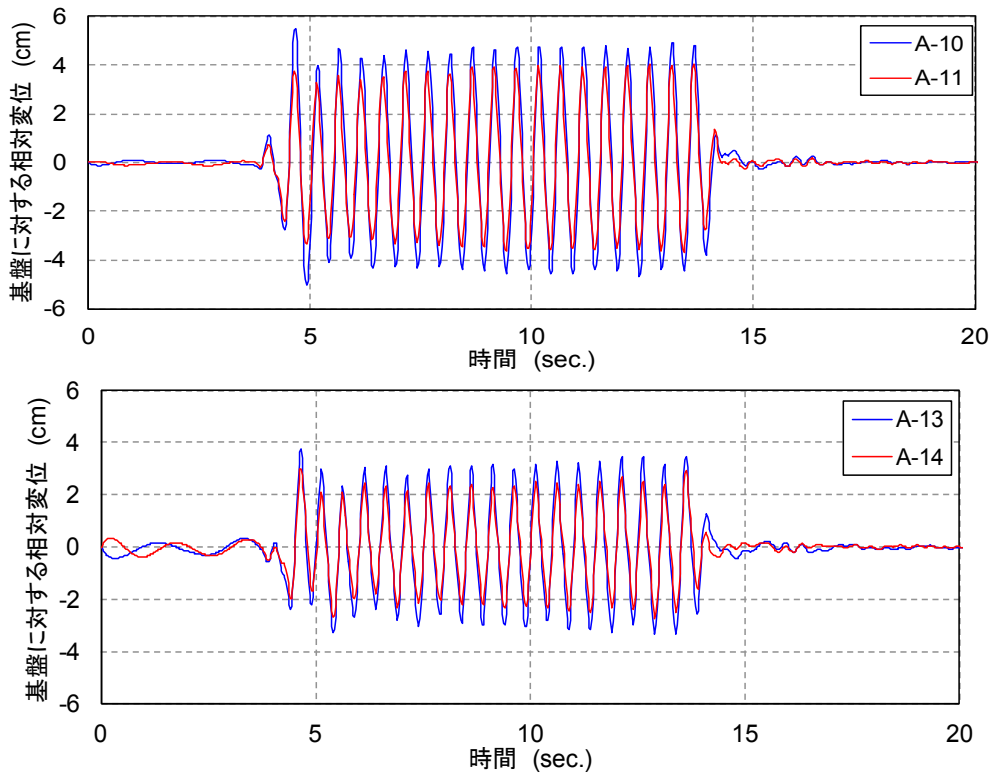


図-3.5.7 隣接した大型土のうの応答変位

d) 間隙水圧

図-3.5.8 に盛土底盤における地山との境界付近に設置した間隙水圧計 P-2 (実線) 及び盛土の中間に位置する間隙水圧計 P-4 (破線) の加振時における過剰間隙

水圧（最大値）の変化を示す。大型土のうの中詰材の違いによる盛土底部（実線）の間隙水圧を比較すると、補強土タイプ及び安定勾配タイプともに、不透水状態にある CASE-3 や CASE-7 の方が、透水状態である CASE-2 や CASE-6 よりも高い値を示した。この結果から、排水機能を有する大型土のうの適用が過剰間隙水圧の抑制に有効であることが確認できた。

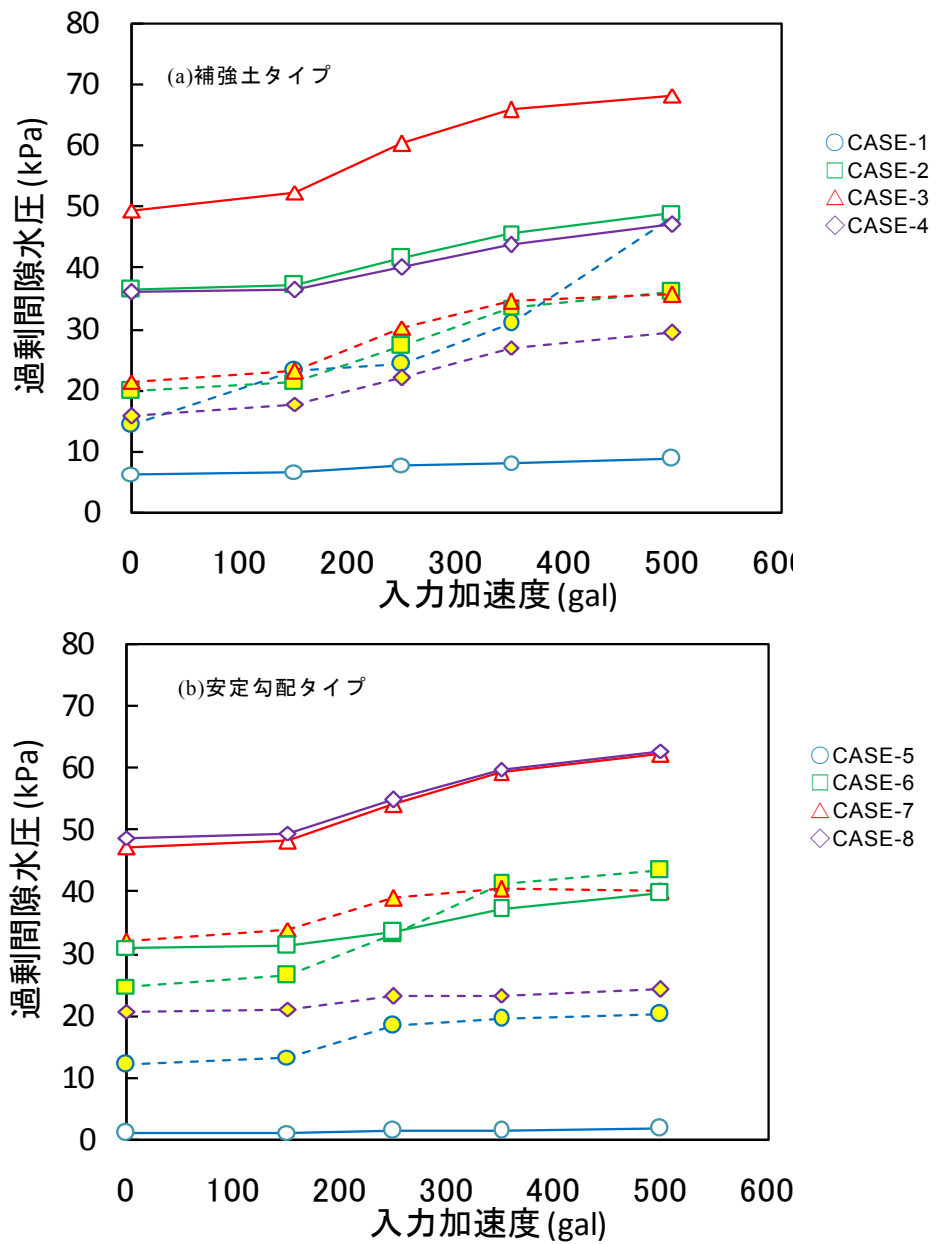


図-3.5.8 過剰間隙水圧（最大値）

3. 6 実大実験による検証

動的遠心力載荷模型実験の結果を踏まえ、土木研究所構内の試験フィールドにおいて、復旧盛土を実大規模で構築し、施工性及び交通荷重の影響を確認し、実現場への適用性を検証した。また、現場でのヒアリングの際に、災害時に発生する路面段差に対する迅速且つ効果的な復旧方法に関する意見・要望も多かったことから、法面保護等にも一部活用されている格子状補強材を用いた段差復旧技術についても、実大実験において適用・検証することとした。

(1) 実験概要

実大実験は、土木研究所屋外にある土工管理実験場に復旧盛土及び段差復旧の実大モデルを構築し、交通荷重による影響等を確認・検証できるように周回道路を構築した。図-3.6.1に周回道路の全体平面図を示す。

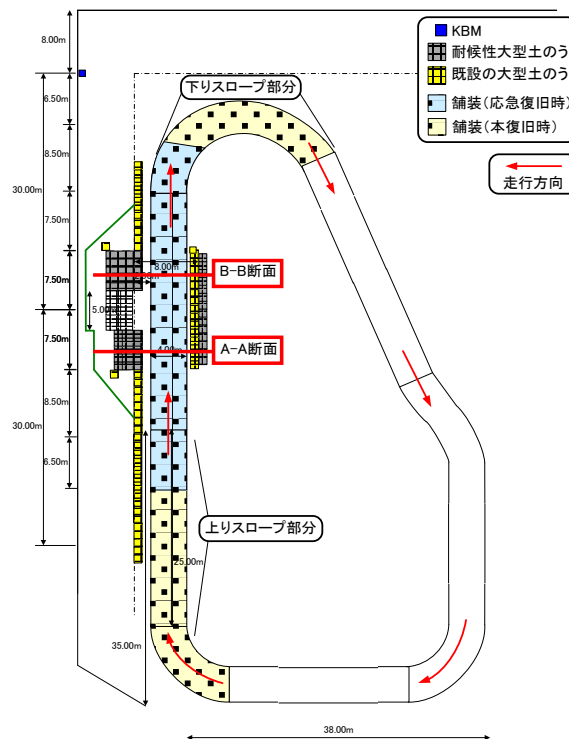


図-3.6.1 周回道路全体平面図

(2) 復旧盛土の構造

復旧盛土の断面図を図-3.6.2に示す。復旧盛土は、断面A及び断面Bの2種類構築した。断面Aは大型土のうを全て2列配置とし、断面Bは、2段目までを3列配置とした。復旧盛土の構築は、早期復旧を目的とした応急復旧構造を構築し、その後、本復旧構造として前面に腹付盛土を構築した。なお、大型土のうは、恒久的に残置することから、耐候性大型土のうを用いるとともに、盛土の安定性を確保するために、背面盛土に補強材（ジオテキスタイル）を敷設する構造とした。後述する走行実験は、応急復旧盛土完成後及び本復旧盛土完成後の各段階で実施した。

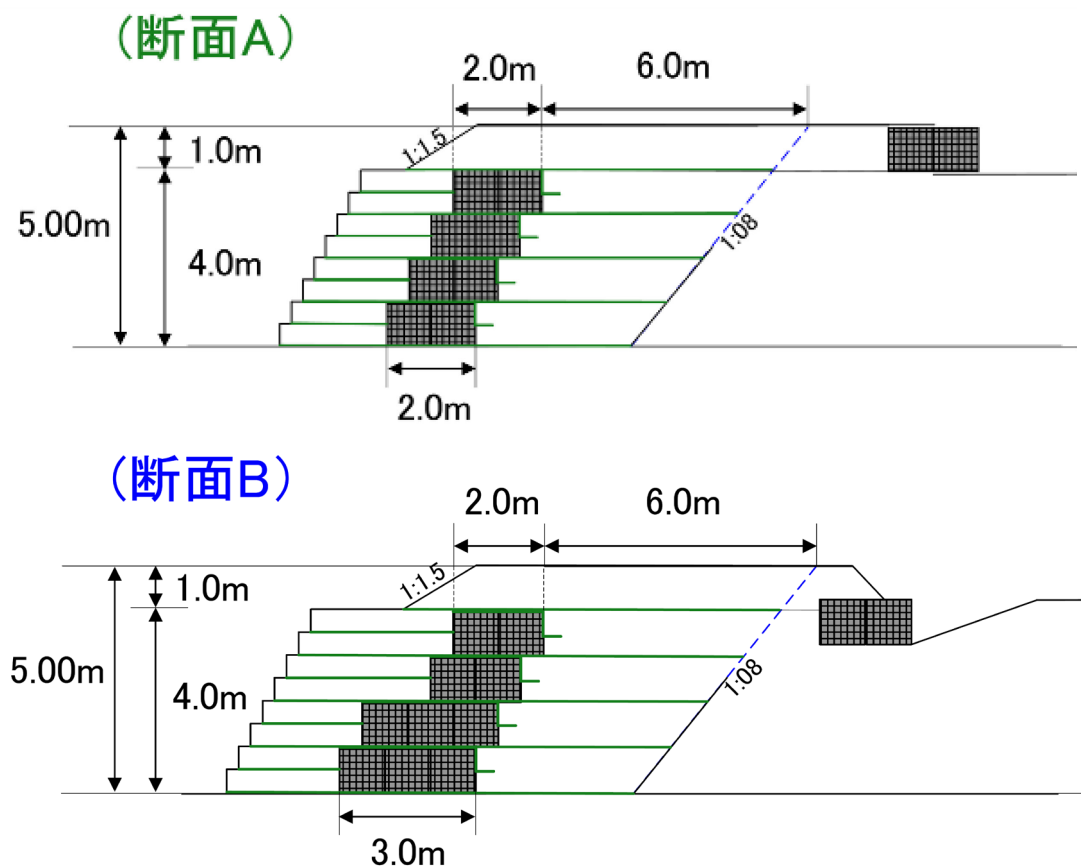


図-3.6.2 断面図（本復旧時）

(3) 格子状補強材を用いた路面段差復旧構造

路面段差復旧は、周回道路上に3ケース(6パターン)の実験モデルを構築した。段差復旧断面を図-3.6.3に示す。段差は東日本大震災時に茨城県内の国道で発生した事例を参考に100mmと300mmの2種類とした。また、段差復旧の補強に用いる格子状補強材は、化学繊維及び不織布の4種類(A~D)を用いるとともに、従来工法として土のうによる復旧モデルも設定し、従来工法と格子状補強材を用いた場合の施工性、交通荷重載荷前後の表面変位や補強材の変状・損失状況等を確認した。

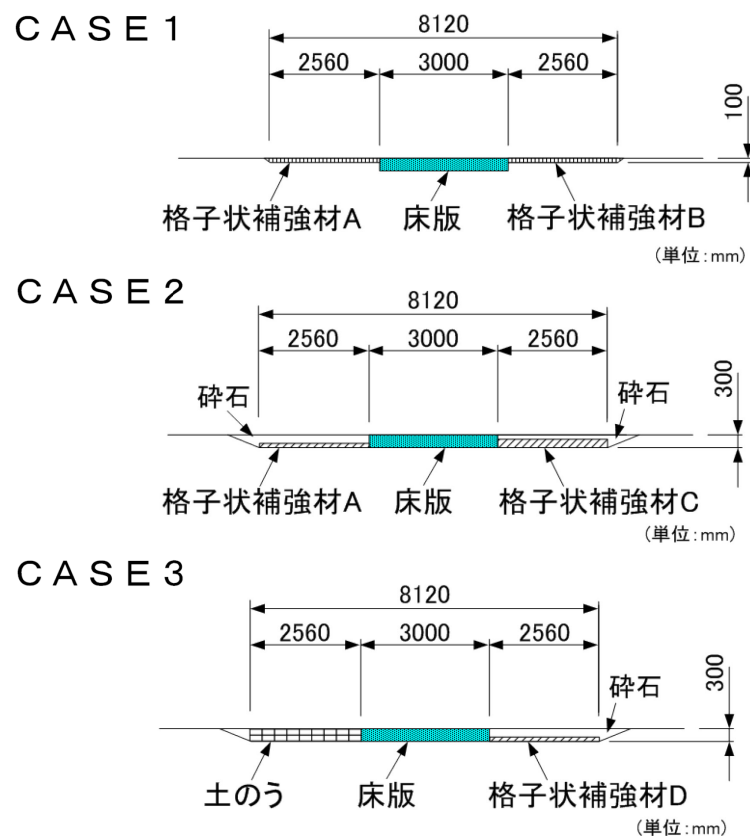


図-3.6.3 段差復旧断面図

(4) 使用材料

復旧盛土の構築で使用した材料及び計測機器を表-3.6.1に示す。計測機器は、復旧盛土施工中の変位や復旧盛土施工後に行う走行実験に伴う変位計測を行う目的で、復旧盛土内に土圧計、光ファイバーセンサー機能付きジオテキスタイル（以下、OFGと称す）及び水位観測孔を設置し、復旧盛土前面・周辺に地表面変位杭を設置した。なお、計測機器の設置断面図を図-3.6.4に示す。また、復旧盛土構築の使用材料・計測機器を写真-3.6.1に示す。また、路面段差復旧の構築に使用した材料を表-3.6.2及び写真-3.6.2に示す。

表-3.6.1 復旧盛土に使用した材料・計測機器

| 材料名 | 規格 |
|---------------|-----------------------|
| 耐候性大型土のう | φ1100mm×H1100 |
| 壁面材 | H=0.5m |
| 層厚管理材 | SP-70E*BS 1*50 |
| 補強拘束ネット付植生シート | SG-SP17MTG*GR25 |
| 補強材(ジオテキスタイル) | HG-50,80(T=30,49kN/m) |
| 壁面補強材 | UC-20 |
| 基盤排水層 | RC-40 |
| 大型土のう充填材 | RC-40 |
| 土圧計 | EET-5301D,EM-M01T |
| 水位観測計 | SKT-2C-50A |
| 地表面変位杭 | 変位計測ターゲット |
| OFG | HG-150-OPT |

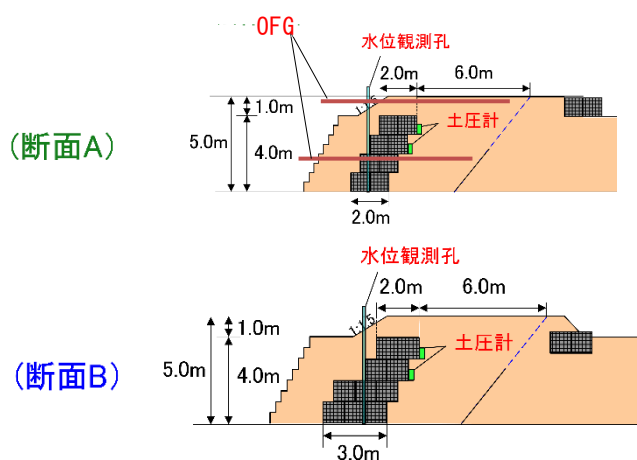
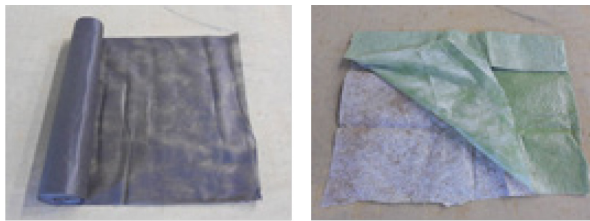


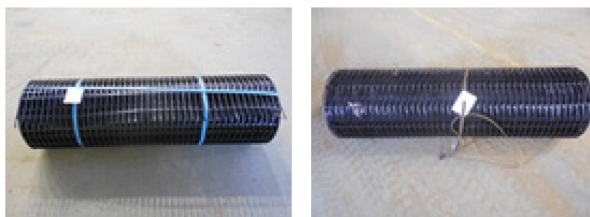
図-3.6.4 計測機器設置断面図



(a) 耐候性大型土のう及び壁面材



(b) 層厚管理材及び補強拘束ネット付植生シート



(c) 補強材及び壁面補強材



(d) 土圧計及び水位計



(e) OFG

写真-3.6.1 使用材料・計測機器写真

表-3.6.2 路面段差復旧に使用した材料

| 材料名 | 規格 | 備考 |
|--------------|---------------------------------------|-------------------|
| 格子状補強材 A | セルサイズ :L224mm × W259mm × H100mm | 高密度 ポリエチレ ン |
| 格子状補強材 B | セルサイズ :L475mm × W508mm × H100mm | 高密度 ポリエチレ ン |
| 格子状補強材 C | セルサイズ :L224mm × W259mm × H200mm | 高密度 ポリエチレ ン |
| 格子状補強材 D | セルサイズ :L224mm × W259mm × H100mm | ポリエステ ル |
| コンクリート床 版 | L3m × W3m × H0.3m | 段差造成用 |



補強材 A



補強材 B



補強材 C



補強材 D

写真-3.6.2 格子状補強材

(5) 施工方法

復旧盛土の造成は以下の手順で施工した。土のうの作成や設置方法、及び補強材の敷設方法・施工管理基準等は、「耐候性大型土のう積層工法マニュアル」¹⁾や「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」¹¹⁾に準拠して行った。各作業の状況を写真-3.6.3に示す。

- ①大型土のう設置面に補強材敷設 (写真-3.6.3(a)).
- ②大型土のう設置 (写真-3.6.3(b)).
- ③裏込め材の撒き出し, 敷均し, 転圧 (写真-3.6.3(c)).
- ④1~3 の作業を大型土のう 4 段まで繰り返す.
- ⑤上載盛土部を構築 (写真-3.6.3(d)). 応急復旧盛土完成.
- ⑥壁面材及び植生シートの設置 (写真-3.6.3(e)).
- ⑦裏込め材の撒き出し, 敷均し, 転圧 (写真-3.6.3(f)).
- ⑧6 及び 7 を大型土のう設置高まで繰り返す.
- ⑨腹付部上載盛土を構築 (写真-3.6.3(g)). 本復旧盛土完成.



(a) 補強材敷設



(b) 大型土のう設置



(c) 裏込め材敷均し



(d) 上載盛土構築・応急復旧盛土完成



写真-3.6.3 復旧盛土施工状況



(e) 壁面材及び補強材設置



(f) 裏込め材敷均し



(g) 腹付部上載盛土構築・本復旧盛土完成



写真-3.6.3 復旧盛土施工状況

路面段差復旧の施工状況を写真-3.6.4に示す。まず、(a)に示すとおり路面段差を模倣するためのコンクリート床版の隣に格子状補強材を敷設し、次に(b)に示すとおり補強材の格子内に碎石を敷き均した。その後に(c)に示すとおりハンドガイドローラを用いて締め固めを行った。



(a) 格子状補強材の設置



(b) 碎石敷均し



(c) 碎石締め

写真-3.6.4 段差復旧施工状況

(6) 施工結果

復旧盛土の施工は、一般的なバックホウ等の機械および作業員 3 名で一連の作業が行えた。また、構築した復旧盛土の現場密度を土の締固め試験法（A-c 法）及び砂置換法（JISA1214）により確認したが、表-3.6.3 に示すとおり品質管理基準値（ $D_c=90\%$ ）以上の値が得られた。

図-3.6.5 及び図-3.6.6 に従来工法（土のうによる応急復旧→撤去→本復旧補強盛土）で施工した場合と今回の試験施工で構築した復旧盛土の施工時間及び概算工事費の比較を示す。現場の施工条件や制約条件等の影響も考慮する必要があることから一概には言えないが、本工法を適用することにより、本復旧時の手戻り作業がなくなるため約 4 割の施工時間短縮と約 3 割の施工費削減が見込める。また、本工法は応急復旧完了後の交通解放以降、本復旧施工の際も交通規制を必要としないことから、渋滞や迂回等の社会的影響の減少にも寄与できる可能性が高いことが確認できた。以上から、大型土のうの撤去を必要としない今回の施工法は、これまでの復旧工事より時間短縮が可能であるとともに、施工性も問題なく、現場適用性は十分にあると判断できる。

表-3.6.3 現場密度試験結果及び締固め度一覧表

| 試験箇所 | | 湿潤密度 ρ_t (g/cm^3) | 含水比 w (%) | 乾燥密度 ρ_d (g/cm^3) | 締固め度 D_c (%) |
|------|------|-------------------------------|----------------|-------------------------------|-------------------|
| 仮復旧 | 1 段目 | 1.773 | 16.9 | 1.516 | 96.1 |
| | 2 段目 | 1.817 | 16.7 | 1.558 | 98.8 |
| | 3 段目 | 1.741 | 14.3 | 1.524 | 96.6 |
| | 4 段目 | 1.814 | 18.2 | 1.535 | 97.3 |
| | 上載盛土 | 1.762 | 17.5 | 1.500 | 95.1 |
| 本復旧 | 3 段目 | 1.790 | 19.1 | 1.502 | 95.2 |
| | 4 段目 | 1.774 | 17.3 | 1.512 | 95.9 |
| | 3 段目 | 1.787 | 19.2 | 1.500 | 95.1 |
| | 4 段目 | 1.777 | 17.9 | 1.508 | 95.6 |

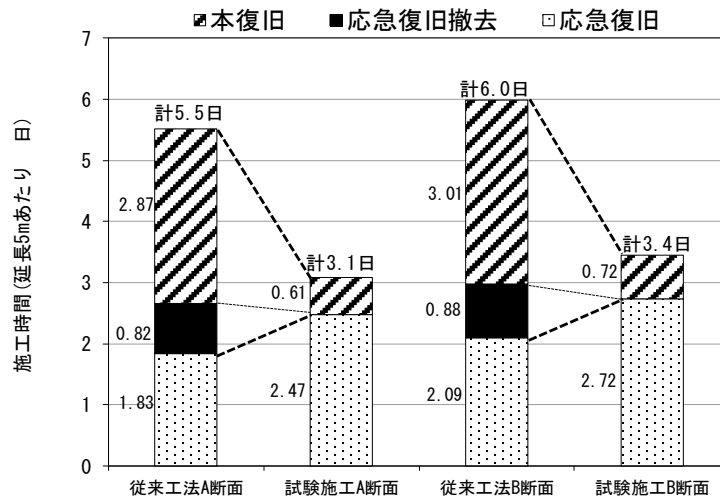


図-3.6.5 従来工法との施工時間の比較

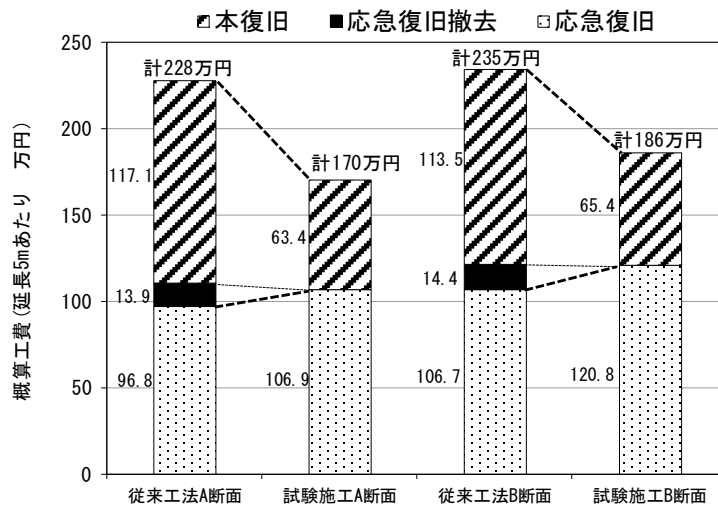


図-3.6.6 従来工法との概算工事費の比較

格子状補強材を用いた段差復旧の施工結果を表-3.6.4に示す。各ケースともに作業員2名にて20分程度で施工できた。補強材Bは補強材Aに比べ、格子間隔が広いことから施工性が良かった。補強材Cは補強材Aに比べ、格子の厚みがあることから作業性は悪かった。また、補強材Dの段差の違いによる施工性（内容・時間）に大きな違いはなかった。

表-3.6.4 格子状補強材の施工状況

| 項目 | 格子状補強材の種類 | | | | | |
|-------|-----------|--------|--------|--------|-------------------|--------|
| | 補強材 A | | 補強材 B | 補強材 C | 補強材 D | |
| | CASE1A | CASE2A | CASE1B | CASE2C | CASE3D | CASE3D |
| ①設置時間 | ・22分 | ・24分 | ・14分 | ・21分 | ・20分 | ・18分 |
| ②施工時間 | ・22分 | ・22分 | ・22分 | ・28分 | ・18分 | ・16分 |
| ③必要人員 | ・2人 | ・2人 | ・2人 | ・2人 | ・2人 ¹⁾ | ・2人 |
| ④段差 | ・100mm | ・300mm | ・100mm | ・300mm | ・300mm | ・100mm |

(7) 走行実験

復旧盛土及び段差復旧の施工を行った後、走行実験を実施した。走行実験は、復旧盛土の応急復旧完了時及び本復旧完了時の各段階で 10t 級ダンプトラック（総重量 20t）を走行させ、表層部の沈下量や事前に設置した計測機器等による復旧盛土内部の変状等を調査した。なお、走行実験回数は、応急復旧盛土完了時 200 回、本復旧盛土完了時 200 回の合計 400 回とした。写真-3.6.5 に走行実験状況を示す。



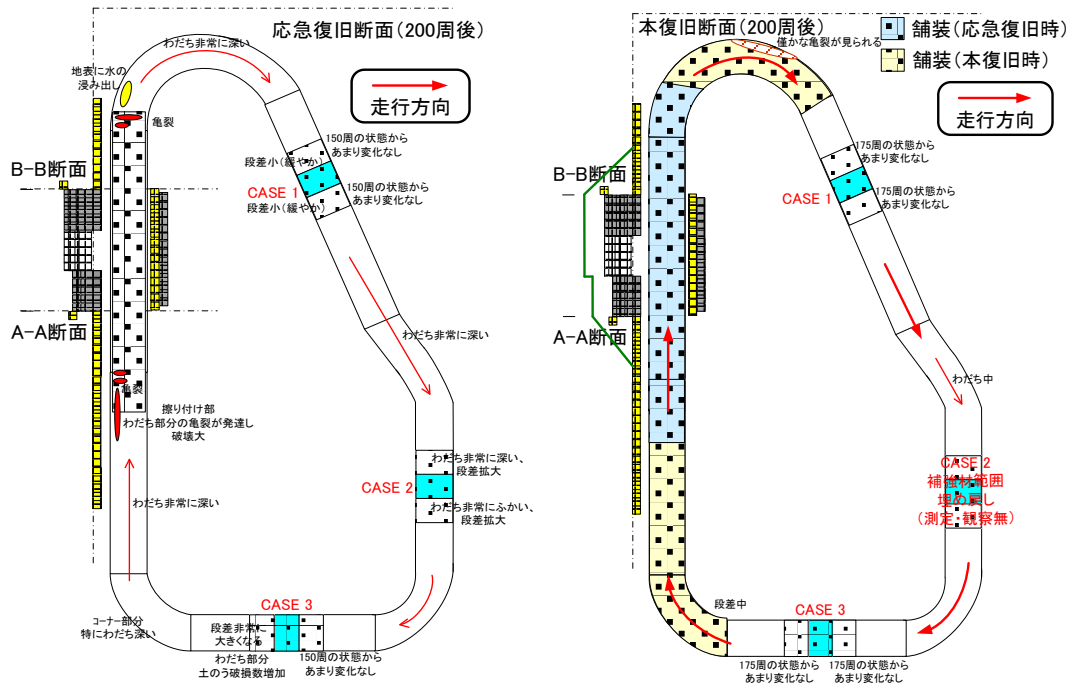
写真-3.6.5 走行実験状況

a) 復旧盛土

走行実験時における復旧盛土の目視観察記録，舗装面沈下量，復旧盛土変位，復旧盛土内土圧及びジオテキスタイルのひずみの状況について以下に示す。

① 目視観察

応急復旧盛土完成後のダンプトラック走行時においては，復旧盛土天端及び法面の変状は見られなかった。一方，周回道路の舗装擦り付け部や舗装していない碎石部においては，図-3.6.7(a)に示すとおり，亀裂やわだちが走行実験初期から発生し，走行回数を重ねるごとに変状が進行した。また，本復旧盛土完成後の走行実験においても，図-3.6.7(b)に示すとおり，復旧盛土自体の変状は見られなかった。変状した箇所は，本復旧盛土構築時に並行して修復を行っており，本復旧盛土完成後の走行実験では特に大きな変状は見られなかった。



(a) 応急復旧盛土完成時の走行実験後

(b) 本復旧盛土完成時の走行実験後

図-3.6.7 周回道路目視確認状況図

②復旧盛土舗装面の変状

復旧盛土上の舗装面の沈下量の測定結果を表-3.6.5及び図-3.6.8に示す。なお、沈下量は舗装横断面の中心で計測した。応急復旧盛土完成後の沈下量は、走行実験終了(200周走行)でA断面が40mm、B断面が28mmと僅かではあるが、A断面の沈下量がやや大きい結果となった。A断面では、走行開始から30回走行までに35mm程度の沈下が生じているが、これは盛土完成直後の初期沈下及び即時沈下であると考えられる。また既往の文献¹²⁾では、橋梁・高架等の接続盛土部において100～300mmの段差を想定していることや、本復旧盛土完成後の走行実験ではA及びB断面ともに殆ど沈下が発生しなかったことを踏まえると、構造の安定性に影響を及ぼすものではないと考えられる。

表-3.6.5 舗装面沈下量一覧表
(a) 応急復旧盛土完成後の走行実験

| | | 距離 (m) | | | | | 法肩近傍 | | |
|-----------|-----|--------|-----|------|------|------|------|-----|-----|
| | | 0.0 | 7.5 | 15.0 | 22.5 | 30.0 | ⑥ | ⑦ | ⑧ |
| 計測日 | 周回数 | ① | ② | ③ | ④ | ⑤ | ⑥ | ⑦ | ⑧ |
| 2015/12/3 | 0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 2015/12/4 | 2 | 0.1 | 0.5 | 0.3 | 1.1 | 0.5 | 0.3 | 0.8 | 0.0 |
| " | 5 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 1.0 | 0.5 | 0.0 | 0.5 | 0.0 |
| " | 10 | 0.0 | 0.3 | 0.2 | 1.0 | 0.5 | 0.0 | 0.5 | 0.0 |
| " | 15 | 0.1 | 0.3 | 0.3 | 1.0 | 0.5 | 0.0 | 0.5 | 0.0 |
| " | 20 | 0.2 | 0.3 | 0.4 | 1.1 | 0.5 | 0.0 | 0.5 | 0.0 |
| 2015/12/7 | 30 | 2.5 | 2.7 | 2.5 | 3.3 | 3.0 | 2.5 | 3.0 | 2.5 |
| " | 50 | 2.5 | 2.7 | 2.6 | 3.5 | 3.0 | 2.5 | 3.0 | 2.5 |
| " | 100 | 2.5 | 2.8 | 2.8 | 3.5 | 3.0 | 2.5 | 3.3 | 2.5 |
| 2015/12/8 | 150 | 2.7 | 2.7 | 3.0 | 4.0 | 3.2 | 2.5 | 3.5 | 2.7 |
| " | 200 | 2.7 | 2.8 | 3.0 | 4.0 | 3.2 | 2.8 | 3.5 | 2.7 |

※走行回数0回を初期値とした。沈下量単位(cm)

表-3.6.5 舗装面沈下量一覧表
(b) 本復旧盛土完成後の走行実験

| | | 距離 (m) | | | | | 法肩近傍 | | |
|----------|-----|--------|-----|------|------|------|------|-----|-----|
| | | 0.0 | 7.5 | 15.0 | 22.5 | 30.0 | | | |
| 計測日 | 周回数 | ① | ② | ③ | ④ | ⑤ | ⑥ | ⑦ | ⑧ |
| 2016/1/6 | 0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 2016/1/7 | 10 | 0.2 | 0.3 | 0.3 | 0.5 | 0.3 | 0.1 | 0.5 | 0.5 |
| " | 50 | 0.2 | 0.3 | 0.3 | 0.5 | 0.3 | 0.1 | 0.5 | 0.5 |
| " | 100 | 0.2 | 0.3 | 0.3 | 0.5 | 0.3 | 0.1 | 0.5 | 0.5 |
| 2016/1/8 | 150 | 0.2 | 0.3 | 0.3 | 0.5 | 0.3 | 0.1 | 0.5 | 0.5 |
| " | 200 | 0.2 | 0.3 | 0.3 | 0.5 | 0.3 | 0.1 | 0.5 | 0.5 |

※走行回数0回を初期値とした。沈下量単位(cm)

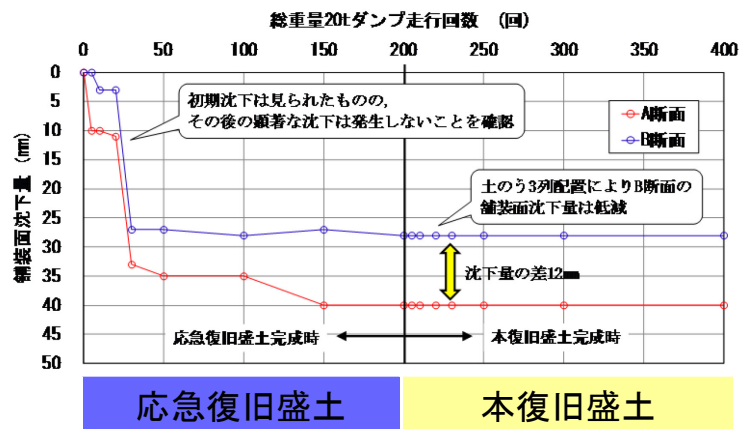


図-3.6.8 舗装面沈下図(A断面及びB断面)

③復旧盛土法面の変位および盛土内水平土圧

法面変位は、光波測量により大型土のう表面及び復旧盛土法面を計測した。応急復旧盛土完成後及び本復旧盛土完成後の走行実験においても、A断面、B断面の法面変位は、水平・奥行方向ともに最大変位 2mm と小さく、交通荷重による影響は発生しなかった。また、法面変位と同様に施工段階から本復旧盛土完成及び走行実験終了後まで土圧計測も行ったが、走行実験前後における土圧の変化は特に見ら

れなかった。

④ジオテキスタイルのひずみ

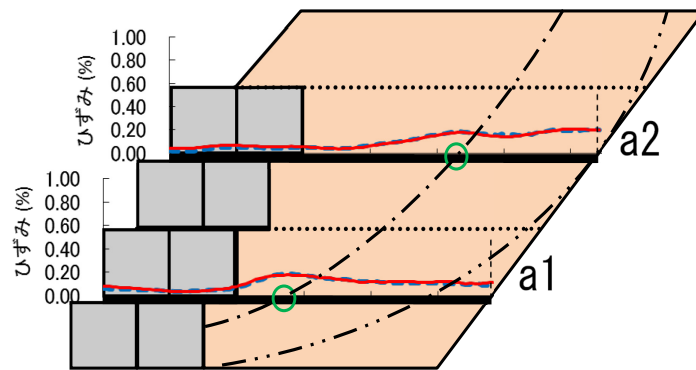
復旧盛土内に敷設した OFG のひずみは、応急復旧盛土の施工完了後、本復旧盛土の施工完了後、及び走行実験前後で計測した。A断面の各復旧段階における走行実験前後の計測結果を図-3.6.9に示す。何れの復旧段階においても走行実験前後でジオテキスタイルのひずみ分布には変化がなく、走行車両による繰返し荷重の影響は確認されなかった。a1、a2で計測された各層のひずみの最大値は、大型土のう背面の裏込め部で確認した。本復旧時のa1については、腹付盛土と大型土のうの境界部で大きなひずみを確認したが、これは腹付盛土と大型土のうの境界部で不同沈下が生じたものと推察する。また、当実験で計測されたひずみの最大値は、本復旧時のa2で計測された0.25%程度であり、補強材の破断ひずみ3.00%に対して僅かな値を示しており安定した状態であった。図中の一点鎖線は、応急復旧時におけるa1及びa2のひずみの最大値を結んだ円弧を、二点鎖線は設計時の想定すべり面を示す。この結果から、実際のすべり線が設計時に求めたすべり線より壁面側に潜在していると想定できる。これは、設計で見込まれていないジオテキスタイルによる補強効果等が要因として考えられる。

b) 段差復旧

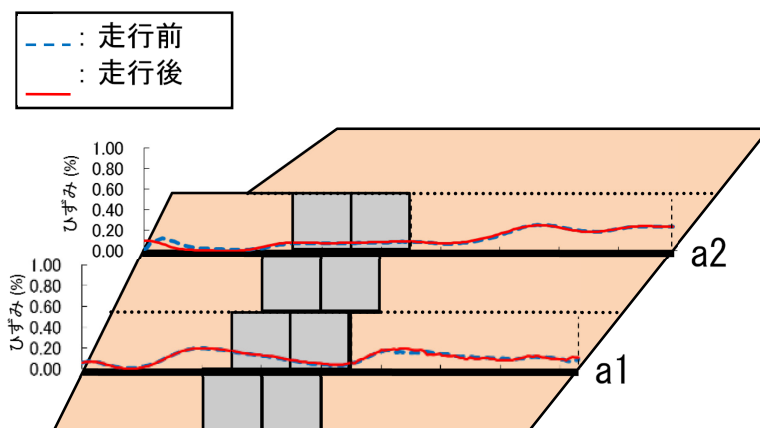
写真-3.6.6に走行実験後の状況を、図-3.6.10に各段差復旧箇所の走行実験後の地表面変位を示す。なお、表層部を碎石で覆ったCASE2と従来の土のうを用いたCASE3の片側のケースは、走行実験途中でわだち掘れや土のうの破損が顕著となり、車両の走行が困難な状況となったため200周までとなった。

400周走行後で、最も沈下量が小さかったのはCASE3の補強材Dであり、次いで補強材Aであった。材質の違いはあるものの、双方ともセルサイズが小さい

タイプであった。実験中，目視観察も行っていたが，間詰めされている砕石の飛散等もなく走行車両に支障が生じるようなわだちにもならなかった。一方でCASE3の従来の土のうの場合，写真-3.6.7に示すように30周を過ぎたあたりから破れはじめ，200周では完全に破損してしまった。以上の結果から，段差復旧箇所補強材Aや補強材Dを適用することにより，従来の土のうによる対策に比べ安定した状態で保持でき，迅速な段差復旧技術として有効であることが確認出来た。



(a) 応急復旧時



(b) 本復旧時

図-3.6.9 ジオテキスタイルのひずみ分布

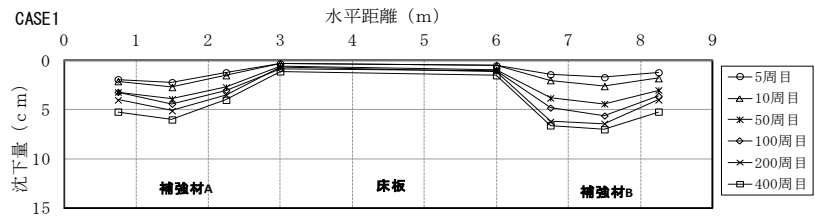


CASE1

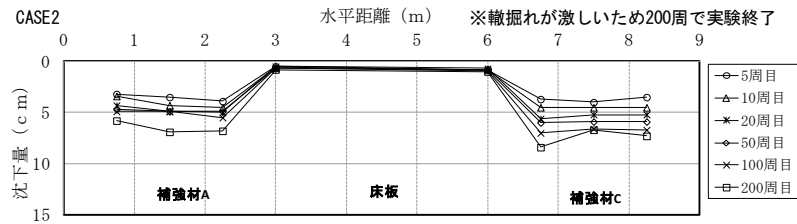


CASE2

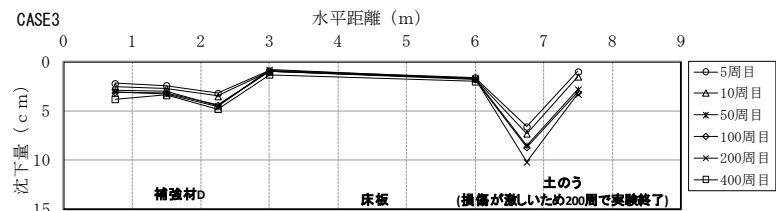
写真-3.6.6 走行実験後の段差復旧箇所の状況



(a)CASE1



(b)CASE2



(c)CASE3

図-3.6.10 段差復旧断面の地表面変位



30 周時点



200 周時点

写真-3.6.7 従来の土のうの破損状況

3. 7 改善効果

図-3.7.1 に上述の実験による検証を踏まえた災害時の対応マネジメントの改善効果を示す。本研究で提案した工法を適用することにより、本復旧時の手戻り作業がなくなり、施工時間短縮と施工費削減が見込め、本復旧施工の際も交通規制を必要としないことから、通行止め時間の削減にも繋がり、渋滞や迂回等の社会的影響の減少にも寄与できる可能性が高いことが確認できた。

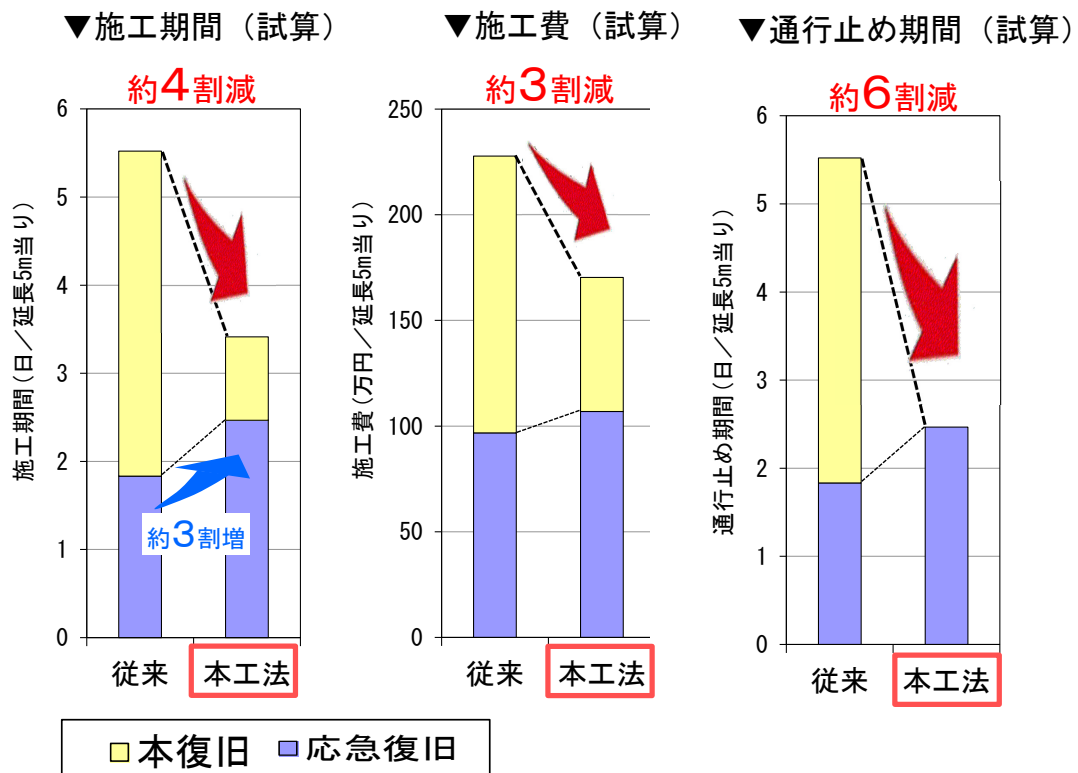


図-3.7.1 災害対応マネジメントの改善効果

3. 8 まとめ

道路盛土の崩壊等の災害現場における応急復旧方法等の実態を調査分析し、災害復旧対応者へのヒアリング等から得られた知見等を踏まえ、災害対応マネジメントの改善の一手法として、大型土のうと補強材（ジオテキスタイル）を組み合わせた新しい復旧工法を提案し、本設構造物としての適用性について、遠心力載荷模型実験により基本性状を検証するとともに、格子状補強材を用いた段差復旧技術も併せて実大実験を実施し、構造物としての安定性や施工性、及び災害対応マネジメントの改善の方向性を明らかにした。本章で得られた知見を以下に示す。

（1）現場実態調査・分析

過去の実態等から、道路盛土等の災害復旧現場では、「完全崩壊」及び「部分崩壊」等の崩壊形状によらず、施工性や資材調達の迅速性の観点から大型土のうを用いて応急復旧する現場が多いことが確認でき、土のうを残置したまま本復旧盛土を構築することにより、復旧作業の効率化が図られ、迅速な交通解放にもつながる可能性があることが確認出来た。

（2）現場ヒアリング

大型土のうを残置した本復旧盛土の構造について、道路管理者・復旧作業者と
もに、①土のう間に隙間や水みち、盛土材流出、②土のう設置箇所の締固め不足による沈下、等を懸念する意見があった一方、道路管理者からは、①土のう残置による品質確保、②土のう設置位置（交通荷重影響範囲外）の配慮、復旧作業者からは、①腹付盛土の安定勾配の確保、②土のう自体の排水機能の有効性、等の有意義な意見が得られた。

(3) 遠心力载荷模型実験

災害復旧現場の実態や災害復旧関係者の意見を参考に復旧構造の基本的なモデルから実現場の施工条件を踏まえたモデルを構築し、土のうの配列形状、排水条件等の違いによる挙動について検証した。実験結果より、配列形状の違いによる挙動の差異がないこと、地震時における構造の安定性、土のうの排水機能の有効性等について確認でき、実大実験のケース設定に反映することが出来た。

(4) 実大実験

試験フィールドにおいて、実大の大型土のうを用いた復旧盛土を構築し、大型車両による走行試験を実施した。応急復旧及び本復旧の各段階において、計画した施工手順に基づき復旧盛土を構築することができるとともに、本復旧までに要する作業時間が短縮し、コスト縮減や早期の交通解放にも寄与できることが確認でき、災害対応マネジメントの観点からも現場適用性が高いことが明らかになった。走行試験の結果からも、車両が走行するのに支障が生じるような変状等も発生しなかった。このことから、短期的な耐久性には問題ないことが確認出来た。

(5) 格子状補強材を用いた路面段差復旧の適用性

従来の土のうによる段差復旧に比べ、施工性及び耐久性に優れていた。走行試験の結果では、補強材の材質の違いによる施工性の違いはなかった。また、交通荷重に直接接触するタイプの方が、わだちの発生が抑制され補強効果が高いことが確認出来た。

(6) 改善効果

今回提案した新しい災害復旧手法を適用することにより、大規模災害時におけるマネジメントの改善に寄与し、早期の交通解放など社会的影響の低減にも貢献できることが明らかとなった。

第3章の参考文献

- 1) (財)土木研究センター:「耐候性大型土のう積層工法」設計・施工マニュアル, 2012.
- 2) 森芳徳, 宮武裕昭, 井上玄己, 久保哲也:大規模土砂災害に対応した新しい災害復旧技術に関する研究, 土木学会論文集 F4(建設マネジメント)Vol.72,No.4,pp. I_77~87, 2016.
- 3) 森芳徳, 宮武裕昭, 井上玄己, 久保哲也:ジオシンセティックスを用いた道路盛土等の災害復旧技術に関する研究, ジオシンセティックス論文集第 31 巻 (2016.12), pp.241~248, 2016
- 4) 宮川智史, 久保哲也, 森芳徳, 宮武裕昭:大規模な土砂災害に対応した効率的な復旧方法の検討, ジオシンセティックス論文集, Vol.28, pp.45-52, 2013.
- 5) 堤祥一, 小橋秀俊, 藪雅行:盛土崩壊における文献・災害復旧工事記録の実態調査, 第 29 回日本道路会議, 2011.
- 6) 堤祥一, 小橋秀俊, 藪雅行:二次災害を考慮した大型土のうの遠心模型実験, 第 29 回日本道路会議, 2011.
- 7) 小橋秀俊:道路土工における災害復旧の今後の課題, 地盤工学会誌, Vol.59 No11, 2011.
- 8) NEXCO 中日本:【緊急報告】東名復旧までの 115 時間<駿河湾を震源とする地震による東名高速被災応急復旧報告>, 2009.
- 9) 国土交通省北陸地方整備局:能登半島地震による能登有料道路の被害と復旧, 2007.
- 10) (国研)土木研究所:研究成果報告書 戦 7 大規模な盛土災害に対応した新し

い災害復旧技術に関する研究，2010.

- 11) (一財) 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.
- 12) (社) 日本道路協会：道路土工 軟弱地盤対策工指針

第4章 メンテナンスシステムの構築

4.1 概説

日本の道路の総延長は約120万kmあり、そのうち2m以上の橋梁が約70万橋、トンネルが約1万箇所存在するが、それらの構造物を除く多くの区間が盛土や切土といった土工区間で構成されている。土工区間において、道路の安全性を確保するために設置される盛土、切土、擁壁、カルバート等の構造物の総称が道路土工構造物である。

道路土工構造物は、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ため、このような不確実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。土工構造物については国において、2014年6月に「シェッド・大型カルバート等定期点検要領」¹⁾が策定され、2015年3月に「道路土工構造物技術基準」²⁾が制定された。このようにインフラメンテナンスに関わる各種の取り組みがなされる一方、メンテナンスサイクルを実行する事業執行システムの体制整備は不十分な状況にある。

本章では、道路土工構造物のメンテナンスの現状と課題に触れつつ、スパイラルアップメンテナンスを実現させるための事業執行システムと組織・体制について提案した。

4. 2 道路土工構造物の特性

道路土工構造物（以下、土工構造物と称す）とは、道路を建設するために土砂や岩石等の地盤材料を主材料として構成される構造物、及びそれらに附帯する構造物の総称である。主な土工構造物としては、盛土、切土、擁壁、落石防護柵、シェッド、カルバート等がある。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。土工構造物は、道路の供用開始後長期間にわたり道路交通の安全かつ円滑な状態を確保するための機能を果たすことを目的として構築されるものである。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的知見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。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、過去の経験的知見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ばらつくことが、コンクリートや鋼構造物と大きく異なる。また、鉄道等の分野では、首都直下型地震を想定し、盛土の耐震性能の評価と破壊形態を踏まえた対策基準を策定し、既設盛土の耐震補強対策が積極的に実施されている。しかしながら、道路盛土等の道路土工構造物の多くは、上述した理由により過去の経験・実績から妥当とみなせる方法等により対応を図っている状況である。

(1) 土工構造物の不確実性

土工構造物は、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ため、このような不確実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。土工構造物の主材料である土は多種多様であり、多くの現場では、他の現場で発生した土を活用している場合が多い。図-4.2.1に示すとおり、発生土の利用率は平成20年度実績で78.6%、平成24年度実績で88.3%と増加している。従来は隣接工区や同一事業で発生する類似の地盤材料を用いて、切土材を盛土材に流用するなどして現場内で調整していたが、昨今では、リサイクルの積極的推進の観点から、遠隔地の別事業で発生した地盤材料等であっても有効利用している。一方、図-4.2.2に示すとおり、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60%以上であったが平成20年度は20%程度に低下している。その結果、例えば同一の盛土においても上層と下層、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、材料の物性値にもばらつきが生じている。また、自然斜面等も土工構造物として対策が講じられるものであるが、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、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る。土工構造物は、鋼構造物やコンクリート構造物と比べ、このような不確実性を多く有していることから、維持管理段階に施工時のデータを確実に引継ぐとともに、変状等の兆候が

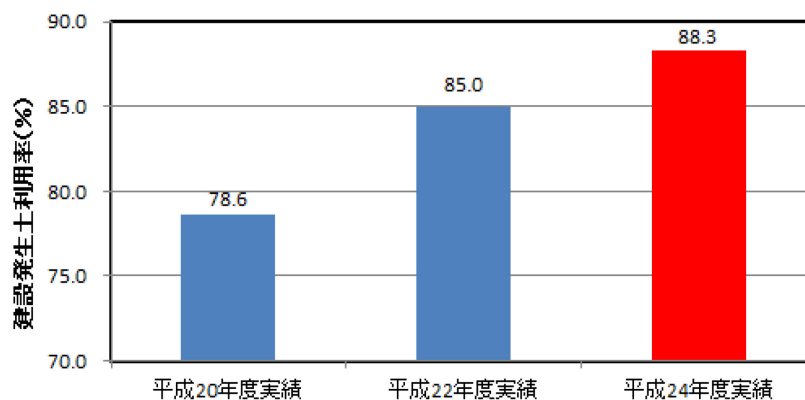


図-4.2.1 建設発生土の利用率³⁾

確認した場合には詳細調査し、状況を記録するとともに措置していくことが重要である。

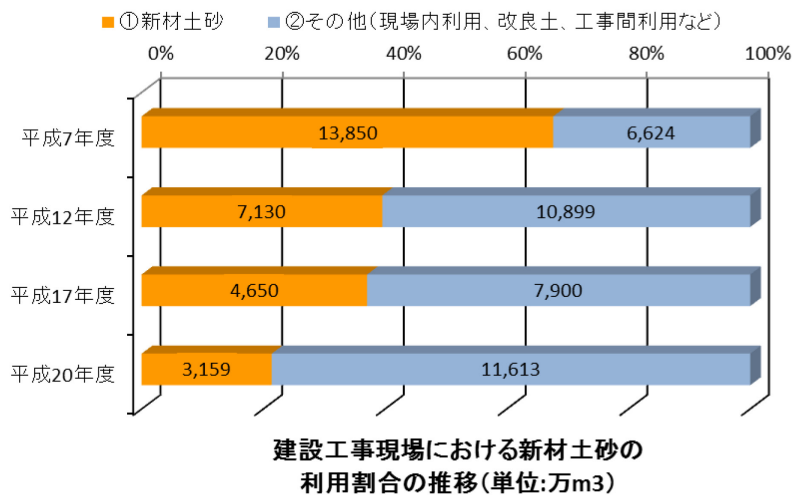


図-4.2.2 建設現場における新材土砂の利用率³⁾

(2) 維持管理の種類

道路の維持管理は、通常、走行空間の快適性の向上、路面の異状・障害に起因する事故防止、沿道環境向上を目的に実施されている。具体的には、道路巡回、路面清掃、除草、樹木剪定、除雪等である。これらを各地域の気象条件や地理的特性、道路の周辺環境等を考慮して適切な時期・頻度を設定し実施することが求められる。国土交通省では「国が管理する一般国道及び高速自動車国道の維持管理基準(案)」⁴⁾を策定し、一般的に表-4.2.1を基本に土工構造物の維持管理が実施されている。上記の維持管理のサイクルにおいて、通常巡回、定期巡回、構造物点検等の組合せにより、土工構造物についても適宜適切に点検を実施し、発見された異常は、診断、措置、記録等を行い、道路利用者に対して一定のサービス水準が確保されるよう配慮する必要がある。

表-4.2.1 維持管理の種類（土工構造物関連を抜粋）⁴⁾

| 種類 | 分類 | 概要 |
|----|-------|---|
| 巡回 | 通常巡回 | 主に道路パトロールカーの車内より、道路の異状、道路利用状況等を目視で確認、原則として以下の頻度で実施。 ・平均交通量50,000台/日以上:1日に1回 ・平均交通量5,000~50,000台/日未満:2日に1回 ・平均交通量5,000台/日未満:3日に1回 |
| | 定期巡回 | 徒歩にて道路施設の状況等を確認するため、原則として年に1回の頻度で実施。 |
| | 異常時巡回 | 豪雨、地震等の異常気象時や災害発生時において、道路施設の被災状況や通行の可否等を把握し、適切な措置を講じるため、適宜実施。 |
| 点検 | 構造物点検 | 土工構造物毎に定期的実施。防災点検はカルテ箇所位置付けられた箇所について、年1回の頻度で実施。 |
| | 防災点検 | 過去の防災総点検等で対策箇所および防災カルテ箇所位置付けられた箇所について、道路巡回による目視点検に加え、原則として、年に1回の頻度で実施。 |
| 対策 | 防災対策 | 防災点検結果や現地点検等により対策が必要と判断されたのり面・斜面等について、通行規制区間の有無や災害発生の危険性等を勘案して実施。 |

（3）土工構造物の点検の種類

土工構造物の点検を頻度で区分すると、①日常点検、②定期点検、③異常時点検、の3つに分類される。直轄国道におけるこれらの点検は、通常、表-4.2.1に示す巡回と併せて実施されている。図-4.2.3に擁壁を例に点検のイメージと各点検で抽出される事象を示す。日々のパトロール等による日常点検では、壁面のブロックが落下しているような顕著な崩壊の状態が抽出され、年に1回程度の徒歩パトロール等による定期点検では、壁面材の継ぎ目から盛土材が流出し始めているような崩壊の前兆となる兆候が抽出される。また、震度4以上の地震発生後等の異常時点検では、崩壊箇所や変状箇所の要因の抽出にも主眼をおきつつ、カルテ点検箇所等における過去の被災履歴や点検結果との相違等について点検することが重要であ

る。以上のように各々の点検では、同一構造物であっても抽出される事象や点検の視点が異なるため、各点検を組み合わせることで実施することにより、点検の熟度が高まり、予防保全的な管理が実現できることになる。

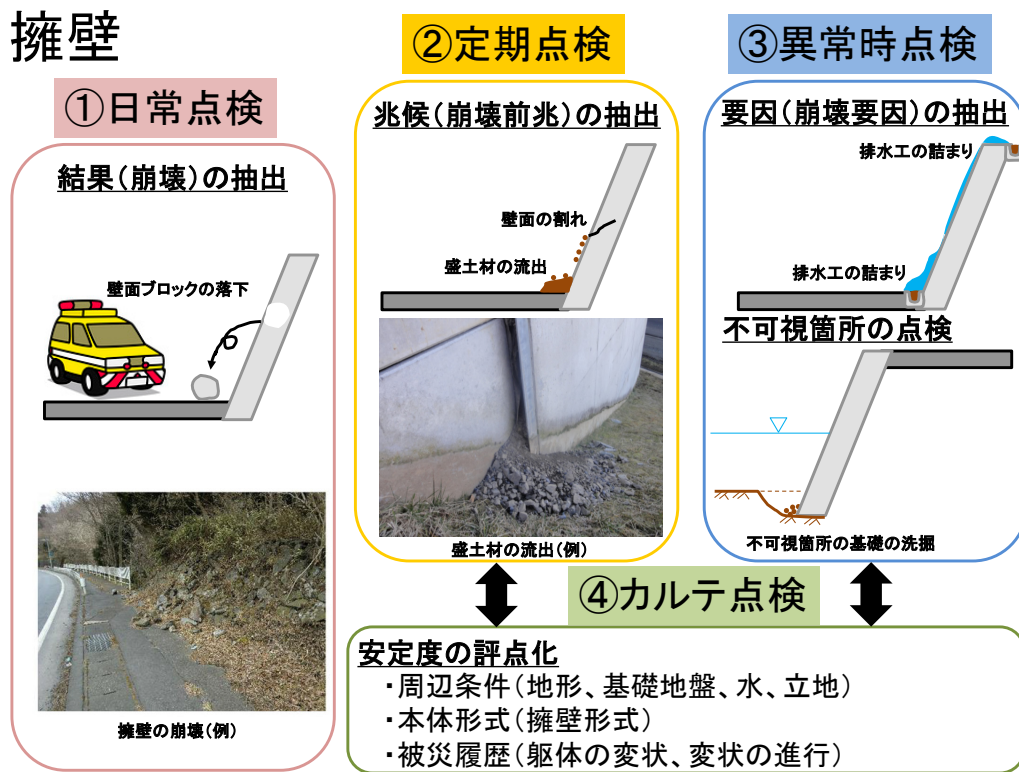


図-4.2.3 各点検における変状等の抽出イメージ⁵⁾

4. 3 システマティックなメンテナンス

本格的なメンテナンス時代を迎えるにおいて、中谷⁶⁾は「これまで」と「これから」へのシステムの変更が不可欠であることを唱えている。すなわち、「これまで」の高度成長期のような「効率」に重きが置かれていた時代であれば、分業化が有効であった。一方、「これから」の成熟期であるメンテナンス時代にあつては、「効果」に重きが置かれ、不確定な条件を前提に個々の目的に応じて信頼性を評価しながら個々に意志決定するシステムにパラダイムシフトすべきと指摘している。個々の点検→診断→措置→記録のサイクルを回すだけでなく、各々の結果や記録を次の他の点検に活用し、更にその結果を次々回の点検に反映可能なシステムが確立されることになればスパイラルアップメンテナンスが実現可能である。これまで、道路の新設・改築に重点が置かれ、道路メンテナンスに関しては、予算面も含め長期的な視点、又は予防保全的な対応が図られてきたとは言い難い。道路管理そのものも、変状や損傷が顕著に現れている個所や災害・事故等が発生した個所について、事後保全的な対応が図られるのが一般的であった。また、点検の実施や点検結果の記録等も構造物単位であったり、点検毎に実施されているだけで、全体を俯瞰した取り組みや統括的なマネジメントシステムの下で実施されてきたものではないため、スパイラルアップしていく予防保全的なシステムに成り得ていない状況が続いている。これらの現状と課題に対し、維持管理に関連する動向を踏まえ今後の方向性について述べる。

(1) 点検要領策定と技術基準制定の動向

本格的なメンテナンス時代への対応として、国土交通省では、2014年3月31日に

道路法施行規則の一部を改正する省令及びトンネル等の健全性の診断結果の分類に関する告示を公布し同年7月1日より施行した⁷⁾。筆者らは、トンネル、橋と同様に、土工構造物であるシェッド・大型カルバート等についても5年に1回の頻度で近接目視により点検し、その健全性について4段階に区分した点検要領を策定した。また、国土交通省道路局と（国研）土木研究所及び国土技術政策総合研究所が中心となり、新設・改築する基準として2015年3月31日に「道路土工構造物技術基準」を制定し、その中で「維持管理に必要となる記録は適切に保存すること」を明記した。特に、メンテナンスの基本となる要求性能の設定については、図-4.3.1に示すように、例えば、重要度1である直轄国道上に計画されている橋梁に対してレベル2地震動の作用に求められる要求性能が「耐震性能2」であれば、連続する補強土壁の要求性能は「性能2」、隣接する盛土の要求性能も「性能2」と設定するなど、個々の構造物単位ではなく、道路ネットワークとしての整合を図りながら要求性能を設定している。

○連続・隣接する構造物との要求性能の整合のイメージ 作用:地震動(レベル2)

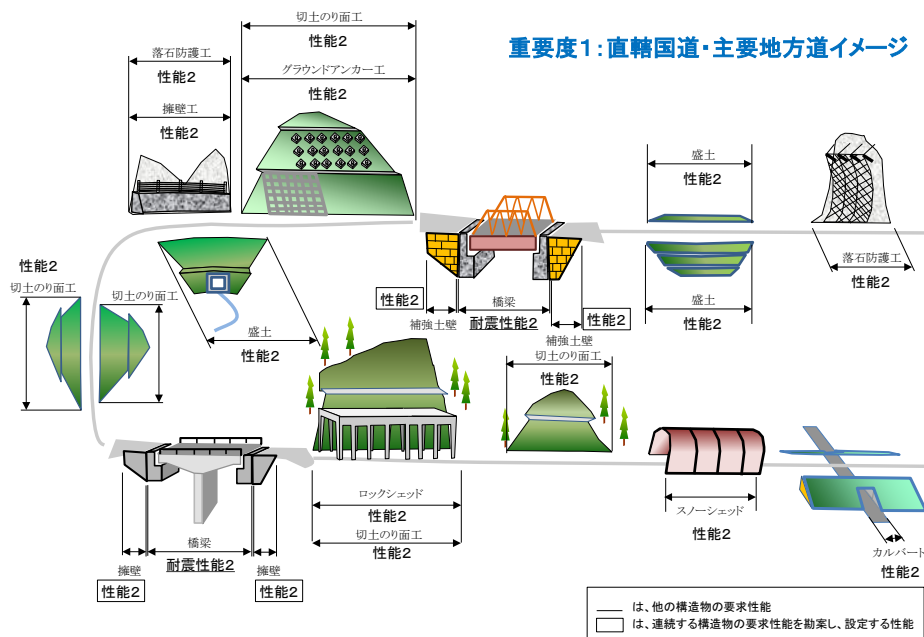


図-4.3.1 連続・隣接する構造物との要求性能²⁾

(2) システマティックな点検の重要性

盛土、擁壁、カルバート等の土工構造物は、直轄国道の場合、日々の巡回や月1回の徒歩パトロール時に目視点検を実施するほか、防災総点検によるカルテ個所に位置付けられた個所は、毎年カルテ点検を実施している。これらの点検結果については、単発的な記録や対応だけに留めるだけでなく、次回以降の点検あるいは修繕等に反映・共有しながら、スパイラルアップとなるようシステマティックな仕組みとする必要がある。山側壁を有するシェッドや大型カルバート等の構造物は、一旦供用すると常に土圧等の作用を受けながら長期間使用されるため、状態は絶えず変化し続ける。したがって、供用安全性の確保のために、供用期間を通じて適切なタイミングでかつ様々な手段による状態の確認が行われることが必要となる。また、シェッドや大型カルバート等の供用安全性を合理的に確保するためには、徐々に進行する経年的な劣化以外にも、事故や災害などによる突発的な状態の変化や障害の発生、特殊な調査や高度な専門性をもった技術者による評価が不可欠な損傷や劣化の発生など様々な事象に対して、二次災害の防止や予防保全の実現など目的に応じて適切なタイミングで状況を把握することが不可欠である。

(3) 健全性の診断と結果の記録の必要性

表-4.3.1に部材単位及びシェッド・大型カルバート毎の健全性の診断で用いられる判定区分を、表-4.3.2に健全性を診断する各々の部材・部位の単位を示す。省令に求められる「健全性の診断」はあくまでシェッド・大型カルバート単位のものであるが、全体としての状態は重要な役割を担う部材の状態によって決定づけられることから、「部材単位の健全性の診断」を行った上で、その結果を考慮してシェッドや大型カルバート単位の健全性の診断を行うことを基本としている。措置の

最終的な意思決定は、最終的な責任者である道路管理者が行う必要がある。

表-4.3.1 判定の評価単位の標準¹⁾

(シェッド・大型カルバート等定期点検要領 (道路局))

| 区分 | | 状態 |
|-----|--------|--|
| I | 健全 | 構造物の機能に支障が生じていない状態。 |
| II | 予防保全段階 | 構造物の機能に支障が生じていないが、予防保全の観点から措置を講ずることが望ましい状態。 |
| III | 早期措置段階 | 構造物の機能に支障が生じる可能性があり、早期に措置を講ずべき状態。 |
| IV | 緊急措置段階 | 構造物の機能に支障が生じている、又は生じる可能性が著しく高く、緊急に措置を講ずべき状態。 |

表-4.3.2 部材・部位の単位¹⁾

<シェッド>

| 上部構造 | | | | 下部構造 | | 支 承 部 | そ の 他 |
|--------|--------|--------|-------------|--------|----------|-------------|-------------|
| 主 梁 | 横 梁 | 頂 版 | 壁 ・ 柱 | 受 台 | 谷側 基礎 | | |

<大型カルバート>

| | | |
|---------|----|------|
| カルバート本体 | 継手 | ウイング |
|---------|----|------|

4. 4 スパイラルアップメンテナンスの構築

点検結果は、各土工構造物の特性を踏まえ、個々に記録する対象部位や数値基準を設定し、記録様式に記入するとともにデータベースに格納する必要がある。また、格納された個々のデータを蓄積していくことにより、劣化予測分析や更新時期の予測に活用可能なフォーマットにしておく工夫が必要である。土工構造物は、他の土木構造物に比べメカニズムや健全性判定に関する技術的蓄積が十分でなく、変状の有無から健全性を評価しにくいいため、設計や施工の不確実性から維持管理を継続していくことで性能を向上させていく必要がある。変状等に対する措置にあたっては、これらの特性を踏まえることが重要である。例えば、土工構造物等の変状、損傷によって安全な道路交通の確保に支障をきたすと判断されたり、第三者への被害が発生する恐れがあると判断されたりしたものは、まず顕在化している危険を除去し、当面の安全性を確保するための対応を行う必要がある。通行規制を実施するといった対応に加えて、土工構造物本体の補修のみならず、例えば、切土のり面の変状においては、大型土のう、仮設防護柵を設置するなど、災害による被害の発生を抑止する対応を直ちに行うことも考える必要がある。

また、道路交通の安全性が明確に脅かされている要因はないものの、将来的な安全性の確保や効率的な土工構造物の維持管理のために何らかの対応が必要と考えられるものは、所要の安全性を確保するための対応を行う必要がある。具体的には、防護施設のような構造物を設置するようなハード対応とモニタリングによる規制を併用した対応を行うことも必要となる。

点検の結果は、次期の点検において参照することにより、前回点検からの変化の確認や、未点検個所の効率的な点検等が可能になる。また、蓄積することにより、

点検の精緻化に寄与するほか、分析を行うことで要注意個所の絞り込みや点検手法の高度化等に活用することができる。現状では各構造物の諸元や点検結果、カルテ等のデータが各々の台帳やデータベースとして管理されているため、スパイラルアップする仕組みとなり得ていない。個々の点検→診断→措置→記録のサイクルを回すだけでなく、図-4.4.1に示すように、日常、定期、異常時等の点検→診断→措置→記録の各結果を情報共有する統合型データベースに蓄積するとともに、各々の結果や記録を次の他の点検に活用し、更にその結果を次々回の点検に反映可能なシステムが確立することになれば、現状の事後対応となっている維持管理から予防保全的管理に転換し、スパイラルアップメンテナンスが実現可能であると考える。

増大するインフラストックを効率的にマネジメントしていくためには、執行体制、建設生産システム、品質確保、データベースの構築、CIM 導入等による技術

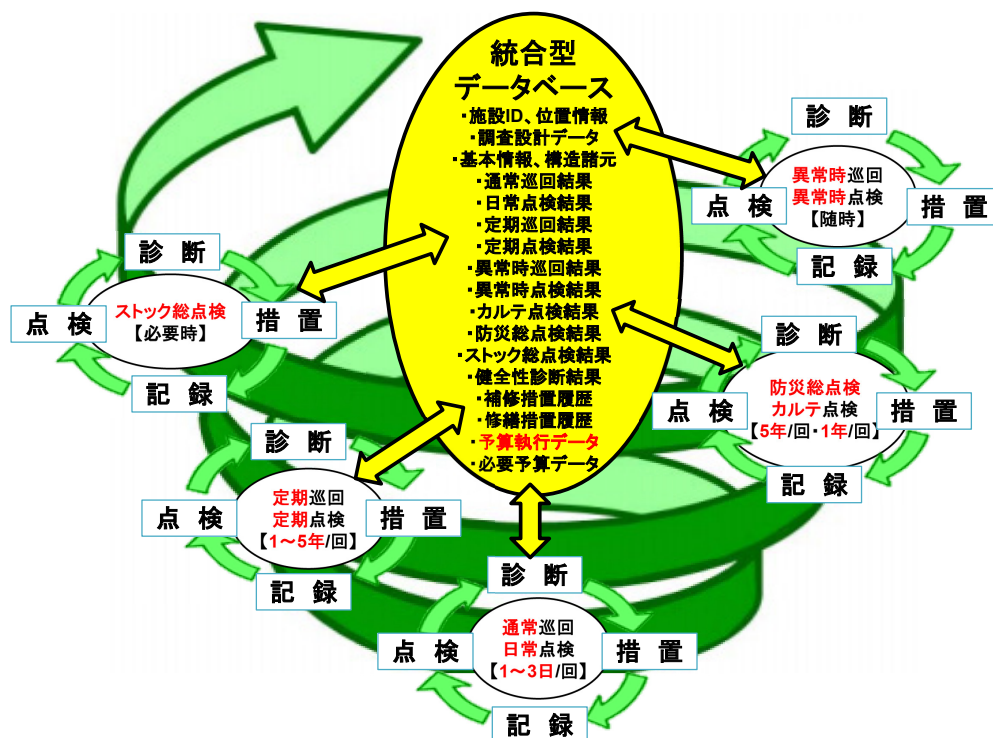


図-4.4.1 スパイラルアップメンテナンスの概念図⁵⁾

のイノベーションなど個々の改善方策に取り組むとともに、事業を執行するための予算についても改築と管理を連動させた柔軟且つ弾力的な執行システムに改善することが必要である。

以上を踏まえ、今後の新しい執行システム確立に向けた方策を表-4.4.1に、今後の本格的なメンテナンス時代における公共事業執行システムのスキームを図-4.4.2に示す。技術者や予算が減少する一方、増大するインフラストックを効率的にマネジメントしていくためには、執行体制、建設生産システム、品質確保、データベースの構築、CIM 導入等による技術のイノベーションなど個々の改善方策に取り組むとともに、事業を執行するための予算についても改築と管理を連動させた柔軟且つ弾力的な執行システムに改善することが必要であると考える。

表-4.4.1 新しい執行システム確立に向けた方策

| 着目対象 | 方策 |
|------------------------------|--|
| 執行体制の見直し | データベースなどマネジメントツールの導入、組織の二極化(マネジメント・現場) |
| 建設生産システムの合理化 | 複数年契約、地域一括契約、技術提案交渉方式、ECI方式等導入による契約手法の合理化・高度化 |
| 品質確保(入口のチェックから出口のチェックへ) | 入札要件の緩和、段階検査・完成検査の厳格化(第3者による検査、品質証明) |
| 統合データベース構築・運用による効率化 | IoTを活用し、予算、調査、設計、施工、維持管理までの各段階を横断・連携するデータベース |
| ICT施工やCIM活用による設計、施工、維持管理の高度化 | 事後保全から予防保全型へ、設計、施工段階のデータを維持管理段階に継承し、スパイラルアップのメンテナンスを実施 |

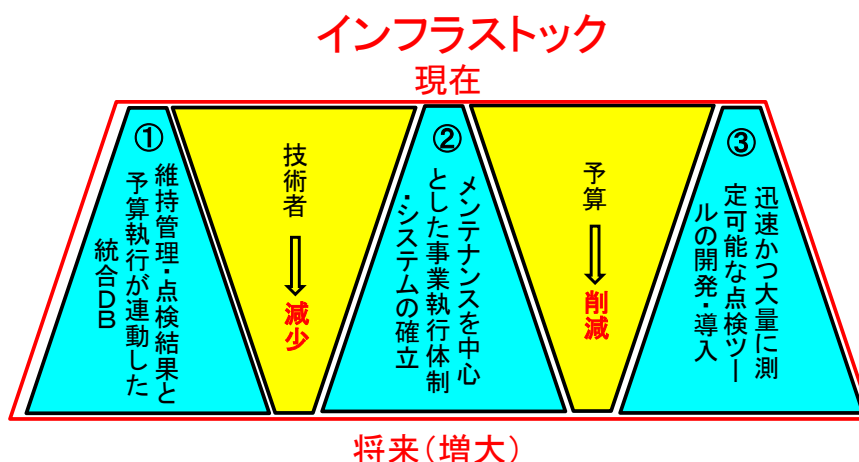


図-4.4.2 本格的なメンテナンス時代における公共事業執行システムのスキーム

4. 5 メンテナンスシステムを実現する組織・体制の提案

発注者側の技術者は減少傾向にあるが、災害対応や維持管理業務の増大、多様な入札契約制度、住民との合意形成など業務量は増大している。このため、近年、地方公共団体では、「測量・調査・設計」や「点検・診断」「維持修繕」等において委託を活用しつつ、「入札・契約」や「監督・検査」についても発注者支援等の業務支援・補助を得ることが多くなっている。これらの委託を活用する場合であっても、発注者側に十分な技術力がなければ良質な業務の実施が困難である。また、今後更に業務量が増大すると予測される維持管理・修繕等に関しても、的確な対策を進めるためには、インフラを管理する発注者側技術者による適切な判断力を育成するとともに、発注者側の責任で行うべき業務内容を選別し、専門領域に十分取り組めるような組織体制と業務環境を用意する必要がある。

これ以上の発注者側の技術者の体制の弱体化は、国民の安全・安心を脅かすことにもなりかねない。必要に応じて業務支援・補助を活用しながらも、今後の発注者の役割、発注者として負うべき責任を明確にした上で、適切に人員を配置し、技術力を強化することが重要である。

図-4.5.1に国直轄の道路行政機関等における今後の組織体系（案）を示す。現場を監督・管理する組織（出張所）を中心に位置付け、これまで分離していた改築と管理（保全）の組織は予算執行も含めて集約化し、横断的業務である防災、計画・評価、技術評価・検査等は、もう一つのグループとして集約化することにより、機動的な執行体制に改善出来るものとする。防災やマネジメント部門は災害の発生や事業ボリュームにより変動が激しいことから、現行の TEC-FORCE と同様に、上部機関等が状況に応じて支援する体制を確保すべきである。特に国の発注機関

(道路管理者)においては、技術者の少ない地方公共団体等に対して、「点検・診断」の技術的助言(直轄診断)や「修繕事業」の代行を行うことが求められている。

一方、技術者の体制を確保することが困難な地方公共団体においては、民間の技術者・技術力を有効に活用するための制度やしくみを導入し、公共事業執行システム全体の体制を確立する必要がある。国や地方公共団体の組織の改正等は、議会の承認手続きなど一定の手続きや期間を要するため機動的でない。民間企業等のように弾力的な組織運営が可能なように、それらを前提とした組織体系の構築も重要である。2014年6月に公共工事品質確保法が改正され、適切な点検・診断・維持・修繕等の実施、地域維持の担い手確保、維持管理工事等の複数年契約あるいは一括発注の実施、適切な工期設定・設計変更等による歩切りの断絶、などが規定され、維持管理分野含め多くの懸案が解決の方向に向かい始めた。しかしながら、今後のメンテナンスサイクルを中心とした事業執行システムを実現・運用するためには更なる改善が必要である。

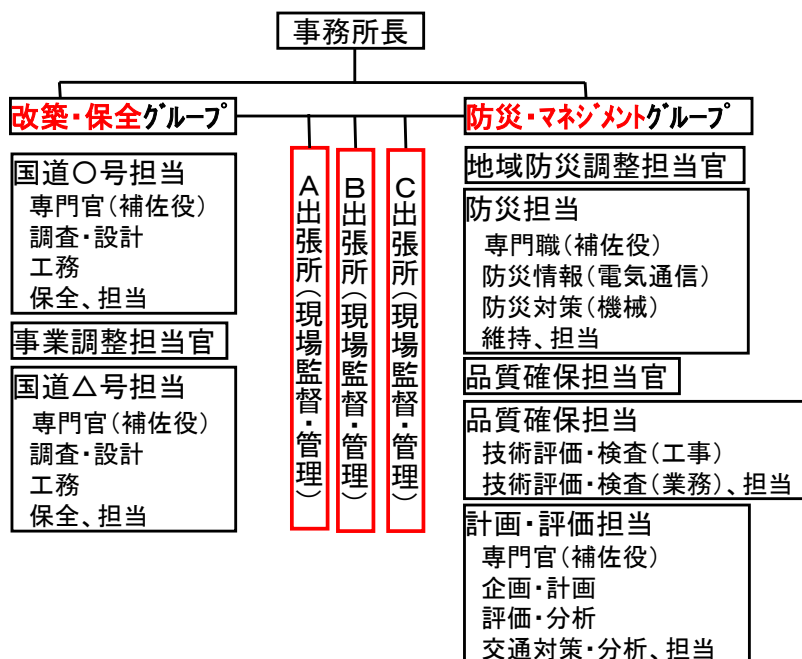


図-4.5.1 今後の道路行政機関等の組織体系 (案) 5)

4. 6 まとめ

本章で得られた知見を以下に総括する。

(1) 土工構造物は、鋼構造物やコンクリート構造物と比べ、材料のばらつき等の不確実性を多く有していることから、維持管理段階に施工時のデータを確実に引継ぐとともに、変状等の兆候が確認した場合には、直ちに診断しデータを参考に措置・記録していくことが重要である。

(2) ストックが増加し老朽化する構造物も増加するとともに、降雨や地震動等の作用も激化する一方、予算や技術者が減少する中でそれらを補完するマネジメントシステムの構築が必要である。

(3) 解決の方向性として、増大するインフラストックに対して、膨大な点検対象を効率的・効果的に点検が可能なツールの開発・導入、予算執行システムとも連動した統合データベースを構築し、スパイラルアップメンテナンスを可能とする事業執行システムの確立、そして人材の育成・確保に取り組むべきである。

上記の取り組みにより、以下に示す効果が期待できる。

(1) 横断的組織体系を構築することにより、少数の人員・縮小した組織でありながらも迅速な事業執行が可能となる。

(2) 効率的・効果的な点検ツールの開発・導入、及び統合データベースの構築により、計画→調査・設計→施工→維持管理の各段階のデータをリアルタイムに共有可能となり、予防保全的管理が可能となる。

(3) データベースと連動する予算執行システムの構築により、より費用対効果の高い事業執行が可能となり、人材の適正な配置とメンテナンス時代に対応した組織運営が可能となる。

第4章の参考文献

- 1)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年6月25日
- 2)国土交通省道路局：道路土工構造物技術基準，2015年3月31日
- 3)国土交通省総合政策局：「建設リサイクル推進計画2014」，平成26年9月1日
- 4)国土交通省道路局：国が管理する一般国道及び高速自動車国道の維持管理基準（案），平成25年4月
- 5)森芳徳：本格的なメンテナンス時代における公共事業執行システムのあり方に関する一考察，土木学会論文集 F4（建設マネジメント），Vol. 71, No. 4, I_1-I_10, 2015.
- 6)中谷昌一：土木技術資料第56巻第4号，p.4～5，(一財)土木研究センター，2014
- 7)国土交通省道路局：「道路法施行規則の一部を改正する省令」及び「トンネル等の健全性の診断結果の分類に関する告示」，2014年3月31日

第5章 インフラマネジメントシステムの提案

5. 1 概説

近年の集中豪雨や大規模地震は、過去に経験しなかった外力が土木構造物に作用し災害を引き起こす要因となっているが、老朽化に起因する事故は、構造物の点検を適切に実施していれば未然に防止出来るケースも少なくない。一方で、国土交通省直轄の国道事務所や出張所等の組織は、過度な人員削減が先行し、事業執行の形態は旧態依然どころかメンテナンスや大規模災害への対応など、これまで以上の負荷が増大することも想定され危機的な状況である。今後、首都直下型や南海トラフ等の巨大地震の発生が予測される状況において、現状の組織体制で十分に対応出来る状況とは言い難い。

本章では、道路行政分野を事例に、これからの防災やメンテナンスの対応を中心としたインフラマネジメントのあるべき方向性を検討し、マネジメントシステムのフレームワークと組織体系について提案した¹⁾。

5. 2 マネジメントにおける課題

国土技術政策総合研究所では、「リスクマネジメントの観点を組み込んだ維持管理の持続性向上手法に関する研究」²⁾において、維持管理業務におけるマネジメント上の課題に関して、道路、河川、下水道の各分野の施設を担当している現場事務所等へヒアリング調査を実施している。主な意見を表-5.2.1に示す。「維持管理プロセス」、「コスト・人材等」、「データ」の視点で分類・整理したが、各項目において従前からの課題や定期点検が義務付けられてからの新たな課題等が明確化された結果となっている。

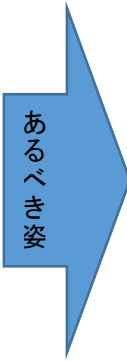
表-5.2.1 維持管理業務におけるマネジメント上の課題

| | |
|----------|--|
| 維持管理プロセス | <ul style="list-style-type: none"> ・点検業務、設計・調査業務、補修工事業務が別発注となっているため仮設の設置や交通規制が合理的に行えないケースがある ・点検、診断で要対策と判定されてから対策実施まで期間が長い ・他の施設管理者との調整に時間と労力を必要とすることが多い ・耐震補強、災害復旧等の他の予算費目の異なる事業と維持補修・修繕事業との連携により効率的になるケースもある ・点検、診断時に必ずしも十分なデータが取得できず、工事施工段階で手戻りが発生しているケースがある |
| コスト・人材等 | <ul style="list-style-type: none"> ・維持管理に携わる技術者が少なく、点検業務に対応する人員数が不足しており、育成制度も確立されていない ・予算や人材に対して、老朽化が相当進展している構造物が多く、これらの対策で手一杯であるため、必ずしも予防保全的・長寿命化からの措置が取られていない ・点検を十分に実施できない箇所において、事故等の不具合が発生してから対応せざるを得ず、事後保全的となっている ・技術職員のいない地方公共団体への支援が重要であるが、対応できる人員数が不足している |
| データ | <ul style="list-style-type: none"> ・竣工図書類等の不足等の理由で診断が難しく、対策の必要性や通行止め実施に支障をきたすケースがある ・今後の補修・補強工事を実施する際に役立つ情報として工事誌等もあるが活用が難しい ・データベースのデータ登録に労力がかかり、蓄積が十分に進んでいないケースがある ・設計図書や点検結果、補修履歴等の各種の情報が分散され、一元的管理がなされておらず、蓄積されたデータが活用しにくい |

5. 3 インフラマネジメントの方向性

表-5.2.1 の各項目を考察すると、分野共通課題として「人員不足」、「時間が足りない」、「情報収集・蓄積不足」等があげられ、これらが複雑に錯綜した事後対応的な維持管理の現状においては、単に新技術の開発・導入等の対応だけではなく、課題全体を俯瞰し、事業実施の各段階における要求事項や管理事項を体系的に把握した上で、課題解決を図ることが必要であると考えられる。メンテナンスサイクルの推進やコスト縮減、職員等の負担軽減のためには、技術的な解決に加え、メンテナンスサイクルのプロセス間の効率化、必要なデータの蓄積、システムの改善など、課題のいくつかはマネジメントの観点からも改善が可能であると考えられる。そこで、これら抽出されたマネジメント上の課題に対し改善の方向性について図-5.3.1 のとおり検討整理した。例えば「コスト・人材」に関する課題の一つに、「⑩人材不足への対応」があるが、改善の方向性として「D. 人材の計画的な育成・確保」、「F. 他機関との連携強化」、「J. 効率的な執行体制の確保」について検討することなどが有効であると考えられる。その他のマネジメント上の課題に関しても同様に改善の方向性を検討し、その結果を整理した。以上のように、土木技術者（インハウスエンジニア）が比較的多く存在する国の機関における事業執行は、今後のメンテナンスや大規模災害への対応や自治体への技術支援等の増大なども前提としたマネジメントスキームの構築が必要であると考えられる。

| 分類 | 番号 | マネジメント上の課題 | 分類 | マネジメントの改善の方向性 | 課題との対応 |
|----------|----|--------------------|----|---|---------|
| 維持管理プロセス | ① | 維持管理の合理化・効率化への取り組み | A | トップマネジメントを含めた体系的なマネジメントシステムの構築 | ② |
| | ② | 組織の目標、方針の設定 | B | 限られた予算・人材で対応するためのリスクマネジメントの観点を組み込んだ維持管理計画の策定と実施 | ⑬ |
| | ③ | 重大事故の再発防止 | C | 施設の重要度、リスク等に応じた維持管理計画の策定と実施 | ⑬ |
| | ④ | 維持管理業務の魅力向上 | D | 人材の計画的な育成・確保 | ⑩,⑪,⑫,⑭ |
| | ⑤ | 方針や計画等の継続的な改善 | E | 事例等の教育・伝承 | ⑫ |
| | ⑥ | 対策実施までの安全確保 | F | 他機関との連携強化 | ⑦,⑩ |
| | ⑦ | 他機関との円滑な調整 | G | データベース等による情報の一元管理と維持管理の効率化に向けた活用 | ①,⑮,⑯,⑰ |
| | ⑧ | 維持管理プロセス間の効率化 | H | 効率的かつ着実なデータ蓄積（蓄積項目、手順のルール化、データ管理部署の設置等） | ⑯,⑰ |
| | ⑨ | 計画策定時のノウハウ蓄積 | I | 維持管理手順書（ガイドライン、手引き等）の作成・更新 | ⑥,⑨,⑪,⑭ |
| コスト・人材等 | ⑩ | 人材不足への対応 | J | 効率的な執行体制の確保 | ④,⑧,⑩ |
| | ⑪ | 点検の品質確保 | K | 計画や体制を継続的に見直し、改善する仕組みの構築 | ⑤ |
| | ⑫ | 職員の技術力向上 | L | 同種・類似施設に対する緊急点検や予防措置等の対応 | ③ |
| データ | ⑬ | 予算制約がある中での点検実施 | M | 維持管理で得られた知見の各段階へのフィードバック | ① |
| | ⑭ | 診断の品質確保 | | | |
| | ⑮ | 維持管理情報の適切な蓄積・管理 | | | |
| | ⑯ | 情報の一元管理、蓄積 | | | |
| | ⑰ | 情報の確実な引継ぎ | | | |



(右記の①, ②…⑰は左記の①, ②…⑰に対応)

図-5.3.1 維持管理におけるマネジメント上の課題及びその改善の方向性

5. 4 インフラマネジメントの課題解決に向けた事例検証

これまで述べたとおり，公共施設を管理する職員や予算が減少する一方，大規模災害や土木構造物の老朽化問題が深刻化する状況において，点検診断技術の開発や現場への新技術の導入等が積極的に取組まれている．しかしながら，限られたリソースを前提に全体を俯瞰したマネジメントシステムの導入・構築までには至っていない．本節では過去に試行導入された道路行政マネジメントの事例を検証するとともに，地方整備局における災害対応や技術力確保に関する組織横断的な取り組みや体制の意義について述べる．

(1) 道路行政マネジメントの試行的実践

過去に国の行政機関においても，マネジメントシステムを現場レベルで導入してきた経緯がある．国土交通省道路局では，事業効果について「アウトプット」から「アウトカム」を重視し，道路行政を「行政管理」から「行政経営」に転換を図る取り組みがなされた．関東地方整備局においては，2004年頃から行政手法の先進的な取り組みが進む欧米の事例も参考に，データや指標に基づく成果重視の行政経営手法（NPM；ニューパブリックマネジメント）を先導的に導入した³⁾．

道路行政マネジメントを進めるにあたり，整備局管内の国道事務所を拠点として，地方公共団体と連携を図りながら，「道路行政マネジメント」の骨格となる「業績計画書」及び「達成度報告書」を策定し，国・都県・市町村が一体となり「道路見える化計画」として道路行政マネジメントに取り組んだ．筆者は，栃木県内の国道事務所で，「道路行政マネジメントを実践する栃木県会議」⁴⁾の設立に主体的に取り組み，栃木県内の国道，県道，市町村道を対象に，「移動性」及び「安全性」

の観点からデータを分析し、住民の意見も踏まえた改善事業に取り組んだ。図-5.4.1に道路行政マネジメントの取り組み概念を示す。まず、渋滞など移動性を阻害する箇所と事故など安全性を阻害する箇所について、客観的なデータである「渋滞損失時間」や「死傷事故率」等を用いて、栃木県内の国道、県道、市町村道を対象に算出し、図-5.4.2に示す要対策箇所の候補案を抽出した。それらの結果は、道路管理者が客観的データに基づき抽出しただけであり、道路利用者の意見や感覚と一致しているとは限らない。そこで、主な道路ユーザーである栃木県の住民に対してアンケート調査を実施し、県民意識とのマッチングを実施し最終的な優先要対策箇所を確定させた。

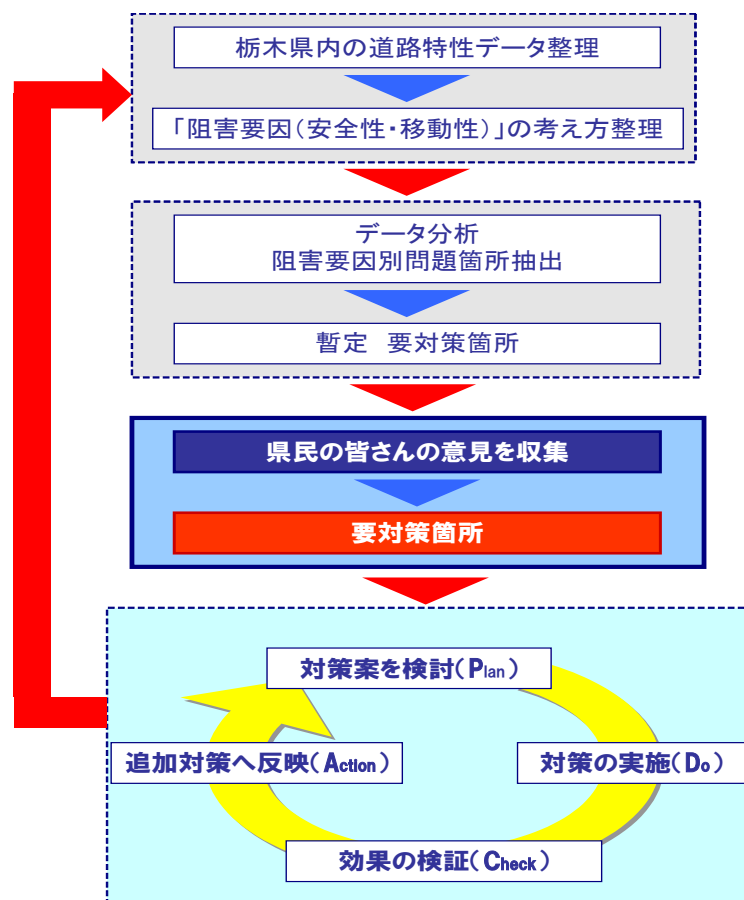
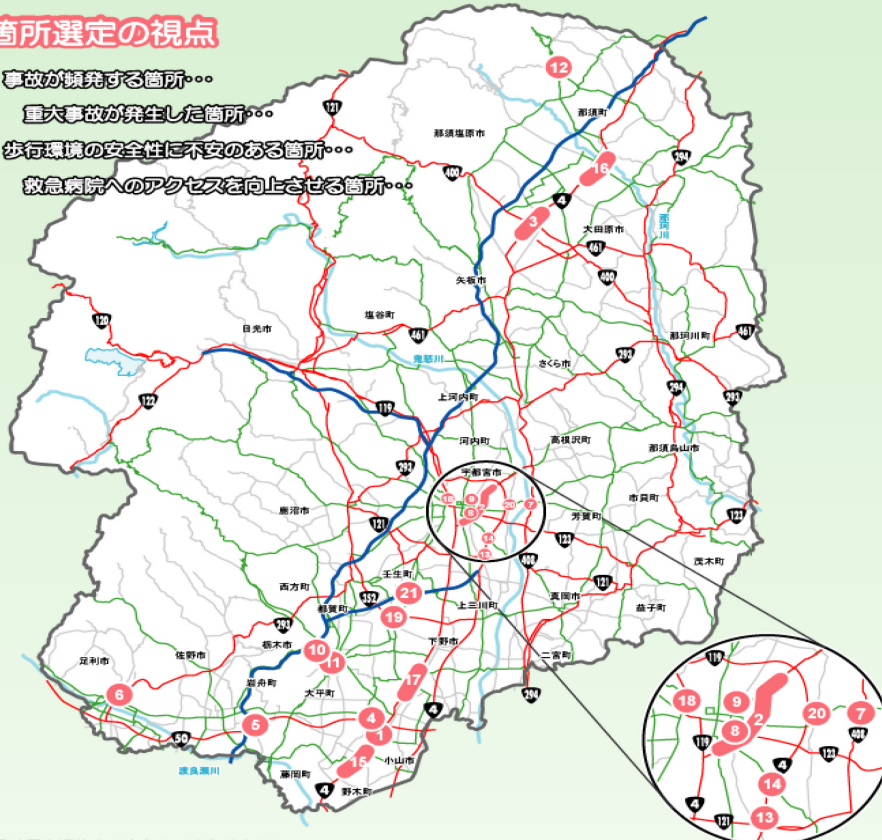


図-5.4.1 栃木県における道路行政マネジメントにおける取り組み概念図⁴⁾

安全性向上のための要対策箇所(案)

箇所選定の視点

- 事故が頻発する箇所
- 重大事故が発生した箇所
- 歩行環境の安全性に不安のある箇所
- 救急病院へのアクセスを向上させる箇所



※番号は優先順位を示すものではありません。

| 箇所選定の視点 | 番号 | 路線名 | 要対策箇所(案) | 選定理由(事故の確率) | 通学路指定 |
|---------------|----|-------------------|---------------------|-----------------------------|-------|
| 事故が頻発 | 1 | 国4号 | 小山市神鳥谷;市道との交差点 | (県平均の14倍;ワースト10) | ○ |
| | 2 | 国4号 | 宇都宮市御幸町ほか | (県平均の17倍;ワースト6) | ○ |
| | 3 | 国4号 | 那須塩原市三島1丁目 | (県平均の10倍) | ○ |
| | 4 | 国50号 | 小山市萩島;萩島交差点 | (県平均の9倍) | ○ |
| | 5 | 国50号 | 藤岡町大田和;町道との交差点 | (県平均の10倍) | ○ |
| | 6 | 国293号 | 足利市有楽町;足利女子高校前交差点 | (県平均の18倍;ワースト3) | ○ |
| | 7 | 国408号 | 宇都宮市道場宿町;道場宿交差点 | (県平均の16倍;ワースト8) | ○ |
| 重大事故が発生 | 8 | (注)宇都宮笠間線 | 宇都宮市宿細ほか | (県平均の12倍) | ○ |
| | 9 | (注)宇都宮烏山線 | 宇都宮市今泉町;今泉交番前交差点 | (県平均の12倍) | ○ |
| | 10 | (注)栃木佐野線 | 栃木市箇部町;踏着山入口北交差点 | (県平均の11倍) | ○ |
| | 11 | (注)大平山公園線 | 栃木市片柳町5丁目;栃南西交差点 | (県平均の13倍) | ○ |
| 歩行環境の安全性に不安 | 12 | (注)中塩原板室那須線 | 那須町東町;一軒茶屋西交差点 | (県平均の16倍;ワースト7) | ○ |
| | 13 | 国新4号 | 宇都宮市下桑島町;瑞穂野団地入口交差点 | 死亡事故が4年で2件発生(県平均の11倍) | ○ |
| | 14 | 国新4号 | 宇都宮市石井町;久部交差点 | 死亡事故が4年で2件発生 | ○ |
| | 15 | 国4号 | 小山市乙女ほか | 死亡事故が4年で2件発生 | ○ |
| 救急病院へのアクセスを向上 | 16 | 国4号 | 那須塩原黒磯;市道との交差点 | 死亡事故が4年で2件発生 | ○ |
| | 17 | 国4号 | 小山市羽川 | (県平均の28倍;ワースト1) | ○ |
| | 18 | 国119号 | 宇都宮市中戸祭;県立体育館周辺 | (県平均の18倍;ワースト4) | ○ |
| | 19 | 国352号 | 壬生町本丸1丁目;本丸1丁目交差点 | (県平均の18倍;ワースト5) | ○ |
| | 20 | (注)下岡本上三川線 | 宇都宮市平石;平石北交差点 | (県平均の20倍;ワースト2) | ○ |
| | 21 | 北関東自動車道・高道2-565号線 | 壬生町北小林~あけぼの町 | 新たに3万6千人が15分以内で高度救急病院に到達可能に | ○ |

図-5.4.2 栃木県内における安全性要対策箇所(案)⁴⁾

その後、確定した箇所の具体的な対策の検討(Plan)→実施(Do)→効果検証(Check)→追加対策等へ反映(Action)するマネジメントサイクルを構築した。このような取り組みにおける具体的な事例を示す。当時、国道4号石橋宇都宮バイパスに「瑞穂野団地入口交差点」が存在していたが、連続高架橋直近の交差点であったため、ドライバーが交差点の存在に気付くのに遅れたり、ブレーキを踏むタイミングが遅れることが原因となり、図-5.4.3のとおり、死亡事故等の重大事故が多発していた。また、図-5.4.4に示すように渋滞損失についてもバイパス区間で卓越していた。そこで、筆者らは、詳細な事故要因を分析し、抜本的な対策手法として図-5.4.5に示す交差点を無くす高架橋（案）への採用に踏み切った。

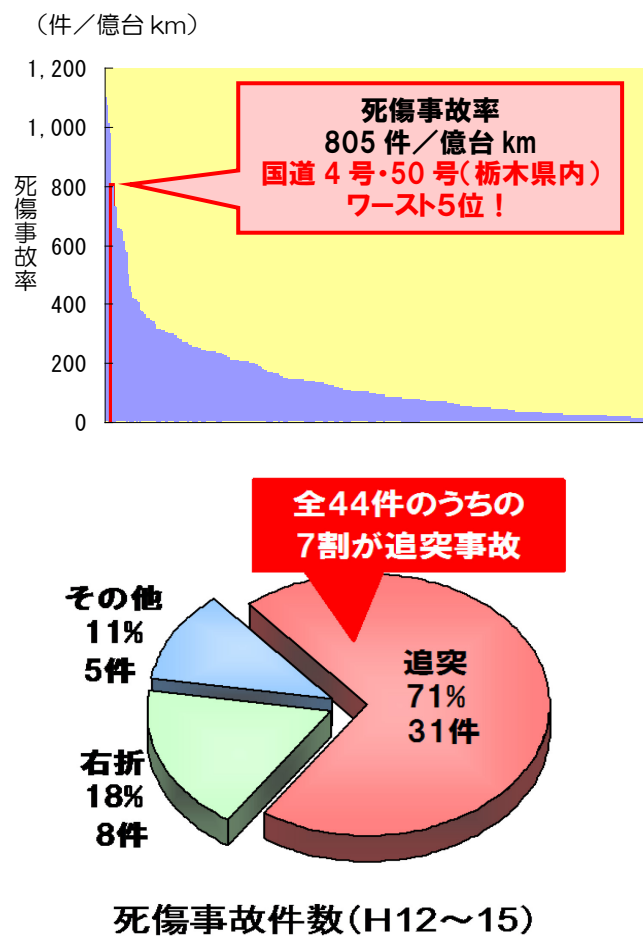


図-5.4.3 瑞穂野団地入口交差点における死傷事故分析⁴⁾

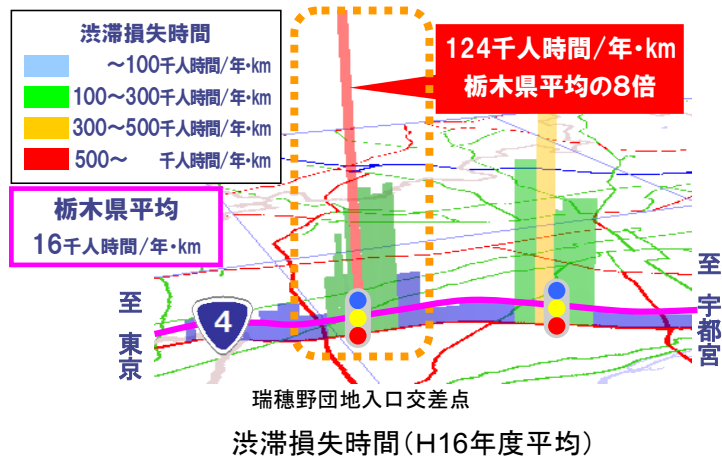


図-5.4.4 瑞穂野団地入口交差点における渋滞状況と渋滞損失⁴⁾

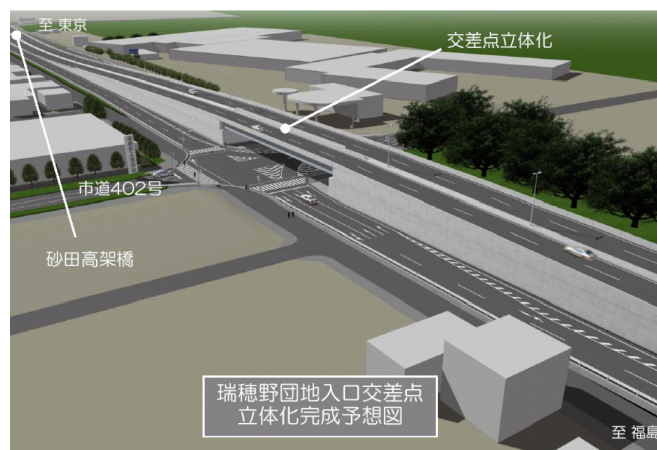


図-5.4.5 瑞穂野団地入口交差点高架橋（立体化）イメージ⁴⁾

高架橋（案）の採用にあたっては、地域住民の理解、交通管理者及び県や市との協議調整も伴ったが、P I（パブリックインボルブメント）を導入し、数十回に及ぶ地元協議会の開催により最終的に合意を得ることが出来た。しかしながら、高架橋事業を進捗し完成させるまでには複数年の期間が必要となる。そこで、高架橋事業という改築事業に着手・進捗させつつ、暫定的な対策として、写真-5.4.1に示す路面標示や注意看板等による交差点の明確化の対応を交通安全対策事業において実施した。これまで、改築事業を実施している区間において管理系事業を実施することは、予算執行上の観点からも困難であったが、道路行政マネジメントの導入により、短期的な事業効果の必要性及び妥当性、P Iによる地元合意の円滑化等の副次的な効果が得られることから、このような事業実施が可能となり、高架橋完成まで事業が迅速に実施できた。

栃木県における上記の取り組みは、図-5.3.1の改善の方向性のうち、「F. 他機関との連携強化」、「H. 効率的かつ着実なデータ蓄積」、「K. 計画や体制を継続的に見直し、改善する仕組みの構築」等に該当するものと考えられる。



写真-5.4.1 瑞穂野団地入口交差点における短期的対策⁴⁾

(2) TEC-FORCEの活動意義

国土交通本省及び出先機関である地方整備局には、頻発しつつある大規模な自然災害への対応として、**図-5.4.6**に示すとおり被災した地方公共団体等への技術的支援が行えるよう「緊急災害対策派遣隊 (TEC-FORCE)」⁵⁾が存在する。TEC-FORCEは、2008年4月に各地方整備局を主体に設立され、現在、約8千名が登録し、災害の規模により、全国から集結し、専門性を活かした調査、技術指導等により、自治体等への支援を実施している。2015年9月の関東・東北豪雨の際には、決壊した鬼怒川（茨城県内）や土砂崩壊した道路盛土（栃木県内）への対応に、全国の地方整備局等から延べ2千人以上の隊員が派遣され、土木構造物等の被害状況調査や点検を実施するとともに、浸水した地域における排水活動の対応を実施した。筆者らも研究機関の専門家の立場で栃木県内の道路盛土崩壊箇所の調査及び技術指導を行った。**写真-5.4.2**に当時の現場の状況を示す。当該現場は山岳地における県道であったが、豪雨により隣接する小河川から水が溢れ路面が河道状態となり、アスファルト舗装や路盤内にも水流が浸入したことにより、水圧で路面に多くの凹凸が発生するとともに盛土崩壊が発生していた。このような崩壊形態は、過去の事例からしても希少であり、土木構造物へ働く作用が明らかに変化してきていることを実証している。このような環境の変化に対応することを想定しても、TEC-FORCEのような組織横断的な体制を更に充実させ、災害等の現場において直接的な対応を図ることは、技術的判断力の向上や知見を深めることにも繋がり、技術者の育成や技術力保持としても有意義であると考えられる。

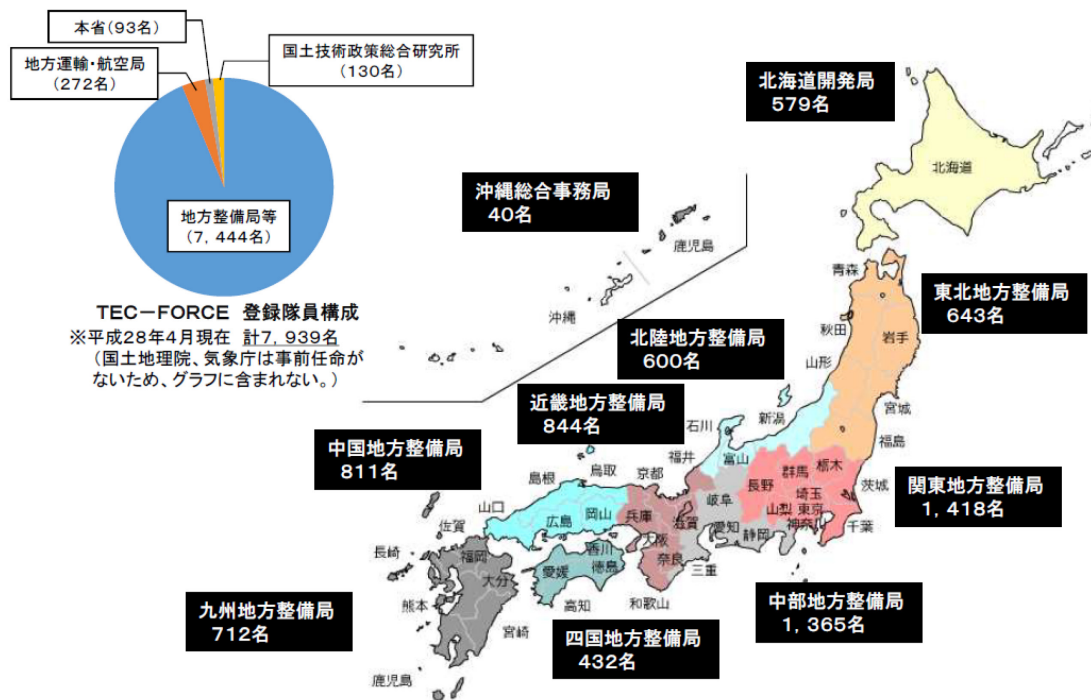


図-5.4.6 TEC-FORCE 構成概要⁵⁾

出典：http://www.mlit.go.jp/saigai/TEC-FORCE



写真-5.4.2 関東・東北豪雨で壊滅的被害を受けた道路と TEC-FORCE としての活動状況

(3) 技術エキスパート制度等の活用

地方整備局には組織横断的な技術者の組織として「技術エキスパート制度」⁶⁾が存在する。図-5.4.7に関東地方整備局における組織概要を示す。これは、技術的専門知識と応用能力及び十分な実務経験を有する職員を「技術エキスパート」として選定・登録し、整備局内の技術的課題の的確かつ効率的な解決を図るための制度である。筆者が以前所属していた関東地方整備局においては、技術系職員約2500名のうち275名がエキスパートとして登録され、エキスパート候補として約750名が登録されている。これらの会員により「技術エキスパート研究会」が構築され、道路土工、ダム、河川環境など全部で18部会が存在する。活動は各部会ごとに設定しているが、技術者集団として、各分野の現場の実態を調査したり、技術的課題に対する情報共有や検討、あるいは研究機関や民間企業等との意見交換を実施したりすることにより、各分野の技術的知見を深める活動を展開している（写真-5.4.3）。技術系職員が各自の担当業務を担いつつ、横断的組織にも所属・活動することにより、専門技術力の研鑽、先輩技術者からの技術の伝承、技術的な知見も深めることもでき、限られた職員数でありながら、高い技術力を身につけ、より機動的な組織の構築にも繋がるものと考えられる。以上のような組織横断的な取組みは、図-5.3.1の改善の方向性のうち、「D. 人材の計画的な育成・確保」、「E. 事例等の教育・伝承」、「L. 同種・類似施設に対する緊急点検や予防措置等の対応」、「M. 維持管理で得られた知見の各段階へのフィードバック」等に該当するものと考えられる。現場でのマネジメントの実践においては、TEC-FORCEや技術エキスパート精度などを活用し、継続的に改善する枠組みの構築や組織横断的な体制を構築することにより、緊急時や突発的な対応等の直接的な効果だけでなく、得られた知見のフィードバック、技術者の育成、技術の伝承等としても有意義である。

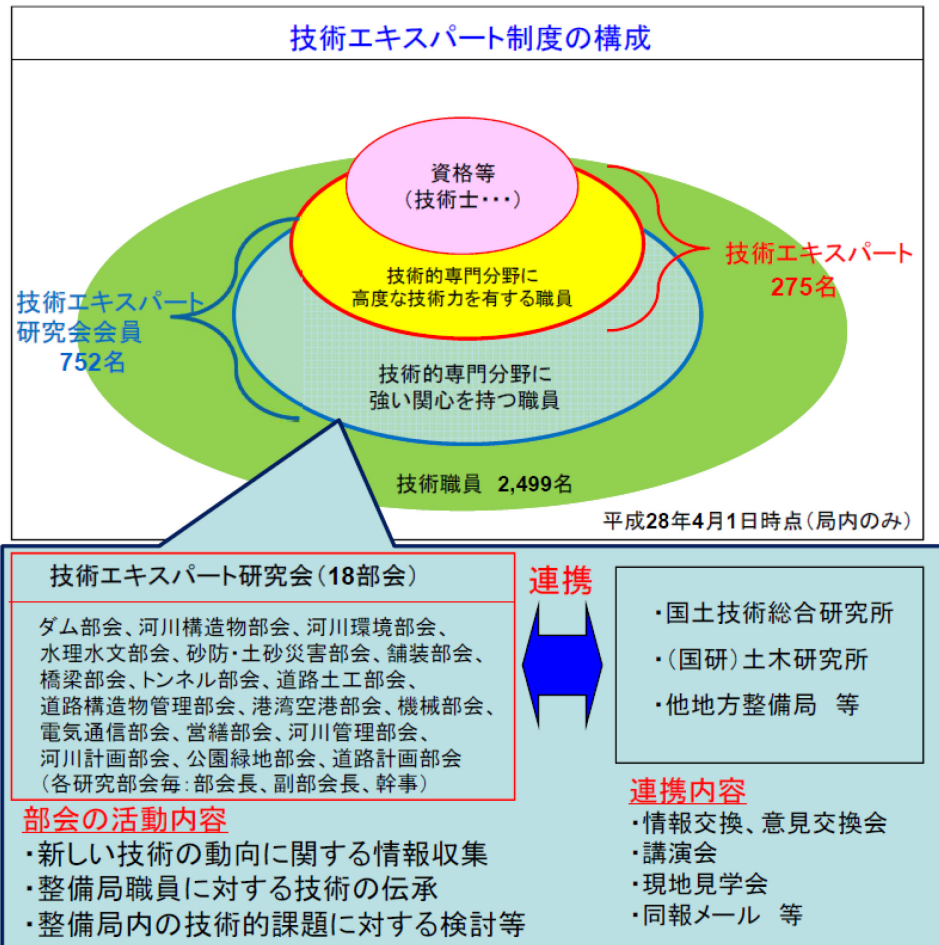


図-5.4.7 技術エキスパート制度（関東地方整備局）の概要⁶⁾



写真-5.4.3 技術エキスパート研究会（道路土工部会）の活動状況

5. 5 マネジメントシステムの構築

(1) マネジメントシステムの導入

現在、道路分野において、予防保全の考え方に立った長寿命化計画が策定され、構造物の点検、健全度診断、補修・補強対策、データベース整備等に関し、構造物のメンテナンスサイクルを適切に推進するための技術基準類の確立・技術開発が精力的になされている。さらには、こうして蓄積されたデータから構造物の劣化予測やそれに基づく戦略的な修繕・補修計画の立案に関する検討も進んでいる。一方で、現場におけるメンテナンスの取り組みは始まったところであるため、必ずしも体系化されたものとなっていない。現場における維持管理業務に投入可能なリソース（ヒト、モノ、カネなど）は限られていることから、その持続性向上のためには、リソースを適切に配分し、全体が最適となるようなマネジメントシステムを構築することが重要である。そこで、筆者らは、2014（平成26）年1月に発行されたアセットマネジメントの国際的な標準規格であるISO55000シリーズ⁷⁾の考えを参考に、施設管理者がメンテナンスサイクルの持続性を高めるために必要なマネジメントシステムの改善手法について検討を実施した。

(2) ISO55000シリーズにおけるマネジメントシステム

アセットマネジメントシステムの国際規格であるISO55000シリーズは、アセットマネジメントを行う組織がどのような仕組みを持たなければならないかを示しているもので、図-5.5.1に示すように「組織の状況」、「リーダーシップ」、「計画」、「支援」、「運用」、「パフォーマンス評価」、「改善」の構成となっている。例

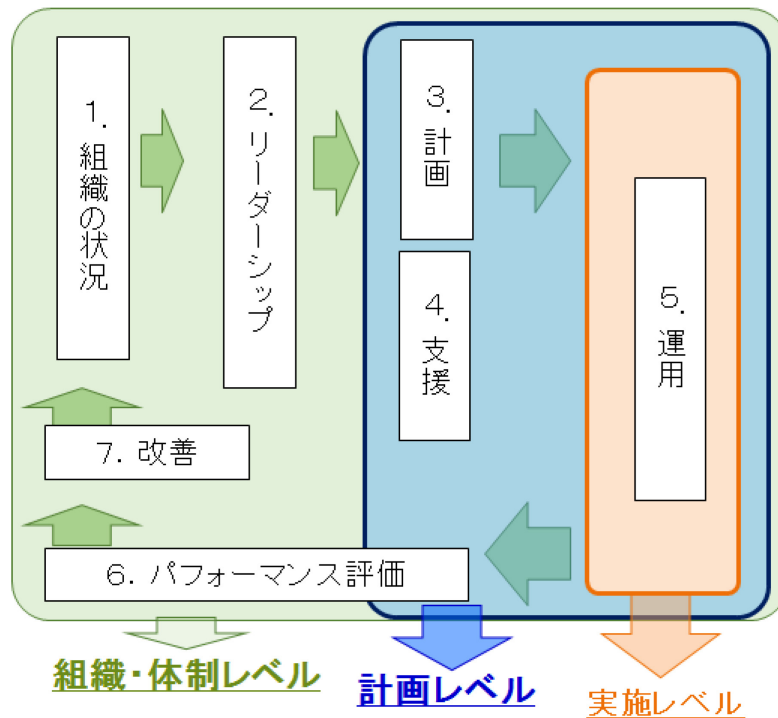


図-5.5.1 ISO55001におけるマネジメントシステムの構造り

例えば、「計画」においては、時間とともに変化するリスクをきちんと認識し、管理することを要求している。将来大きくなるリスクを理解することで、必要となる人員や費用の予測と優先度において、きちんと評価を行うこと、その手法や間隔を決めておくこと、更にその手段として有効である内部監査やマネジメントレビューの実施を要求している。また、「改善」においては、当初の目標を達成できない場合や、予期していない不具合が起こった場合に、どのように対処するか予め決めておくこと、また、予防的な手段があるのであればそれを認識し実施する、といったことを要求している。このようにISO55001における要求事項は、社会インフラの維持管理におけるマネジメントシステムの改善に有用であると考えられる。更にISO55000シリーズの構成は、大きく「組織・体制レベル」、「計画レベル」、「実施レベル」の3つの区分に整理した。

(3) 持続的マネジメントのためのフレームワークの提案

筆者らは、ISO55000シリーズの仕組みを参考に、持続的にメンテナンスマネジメントを行うための枠組みについて検討し、図-5.5.2に示す3つの階層からなるフレームワークに整理した。現場実施レベルでは点検から診断、措置、記録に至るメンテナンスサイクルを、現場での実施に必要な計画策定レベルでは管理施設全体の点検・修繕等計画の策定から優先順位評価に至るプロセスを、現場を動かす組織・体制レベルでは実効性について評価し維持管理に関わる組織や体制を継続的に改善する枠組みとなるよう整理した。

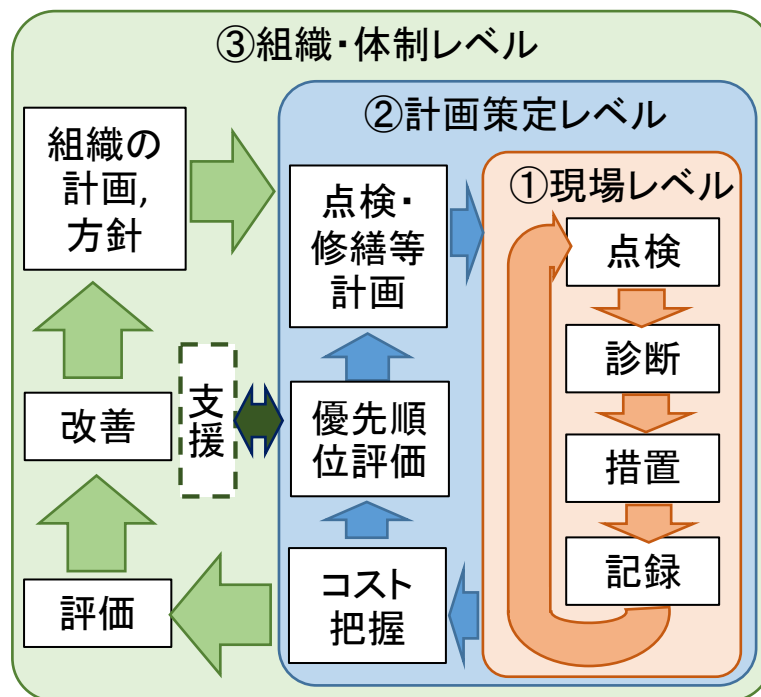


図-5.5.2 ISO55000X のマネジメントスキームに

メンテナンスマネジメントを組み込んだフレームワーク

(4) 道路メンテナンス分野における適用

上記で検討整理したフレームワークについて、道路メンテナンス分野の現場で取り組んでいる活動等を体系化させるために、図-5.5.3に示すとおり、具体的な取り組み項目をフレームワークに試行的に組み込んだ。このように、具体的な活動や施策を各段階のマネジメントサイクルに組み込むことにより、当該分野における活動・施策等が体系的に整理出来るものと考えられる。また、具体的な施策や取り組みが記載されていない項目、例えば「施設情報システム」は、「BMS（ブリッジマネジメントシステム）」など、個々の構造物単独のシステムは整備されつつあるが、管理施設全体を対象とした整備は不十分な状況である。

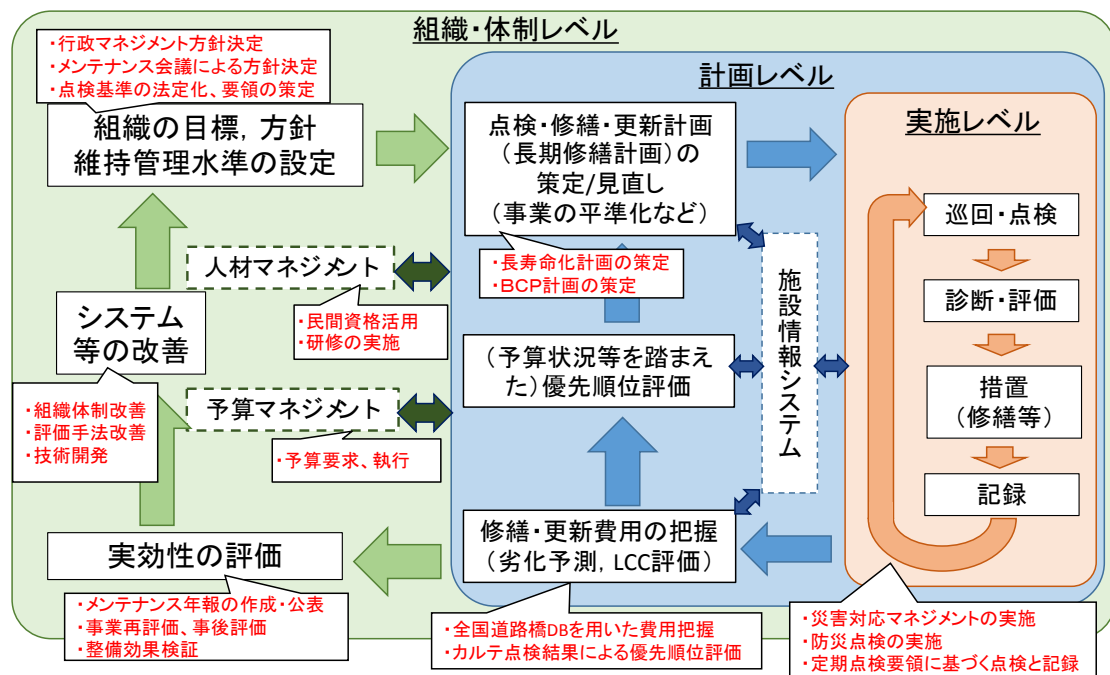


図-5.5.3 道路メンテナンス分野への適用 (案) 1)

(5) 国内外の組織比較による事例検証

ISO55001における要求事項に対して、現場の具体的な組織レベルで、海外組織との比較を表-5.5.1の通り整理した。各要求項目に対する活動を比較することにより、管理延長や橋梁数に対する予算や人員の投入状況やデータの保管方法などを参考にすることや現状での空白部分や対策の不十分な領域の発見や気づきにも繋がるものと考えられる。行政分野の組織運営において、様々な施策を実践しながら管理・運営するには、ISO55001における要求事項を参考としたフレームワークを活用し具体的な活動や取組みを体系化させ、全体を俯瞰的に把握することが、限られたリソースを最大限に活用することが必須である今後の時代におけるマネジメントシステムの構築には有効であると考えられる。一方で、ISO規格は、「何をすべきか」は示されているが、「どのようにすべきか」は示されていない。実際の現場では、施設管理者が各場面において暗黙知として実践しているものが多く含まれるが、今後はこれらも「見える化」することにより、更に効率的なマネジメントシステムの構築が図られると考えられる。以上のようなフレームワークを明確化したマネジメントシステムの導入の取組みは、図-5.3.1の改善の方向性のうち、「A. トップマネジメントを含めた体系的なマネジメントシステムの構築」、「B. 限られた予算・人材で対応するための維持管理計画の策定と実施」、「G. データベース等による情報の一元管理と維持管理の高度化・効率化に向けた活用」、「J. 効率的な執行体制の確保」等に該当するものと考えられる。

表-5.5.1 ISO55001 の要求事項に対する国内外比較（道路分野）

| 要求事項(チェック項目) | 国内 | 米国 |
|--|---|--|
| | A河川国道事務所 | カリフォルニア州交通局(Caltrans) |
| 1 【4.組織の状況】 管理対象施設の数量、管理体制、予算状況 | 【管理対象】 道路管理延長(国道):127.1km 橋梁数:195橋 【管理体制・人員】 橋梁の維持管理体制:合計7名(事務所道路管理第二課の修繕係長と2つの出張所各3名) 道路巡回:2人1組による2日/回の頻度で実施(直営と委託の割合は半々)。 橋梁定期点検:5年サイクル(委託) | 【管理対象】 道路管理延長 L=24,377km 橋梁数(州管理):13,189箇所(L=6.1m以上) " (自治体管理):13,140箇所(L=6.1m以上)(定期点検対応) 【管理体制・人員】 交通局の職員数:約24,000人。うち技術者は約8,000人 構造物維持管理調査ユニット(SM&I):217人 橋梁維持管理チーム:280人(12の地区事務所の計) 橋梁定期点検:2年サイクル(交通局職員が直営で実施) その他:橋梁の通常の維持管理は直営で実施し、高難易度を委託 |
| 2 【5.リーダーシップ】 組織責任者の施設管理方針・目標の立案 | ・事務所長が県及び市町村で構成される「道路メンテナンス会議」の会長となり、県内の道路施設のメンテナンスの対応方針等について関与。 | — |
| 3 【6.計画】 予算・人材・重要度を考慮した維持管理計画の策定 | ・維持管理計画は、診断結果を活用して、事務所が直営で作成。 ・C判定が多い場合、損傷の程度や部位を見て主部材を優先し、付属物は後回しにする等の優先順位付けを実施。 | ・州交通局は、道路システムの維持管理ニーズに対応する「維持管理5カ年計画(Five-Year Maintenance Plan)」と「州道路運行及び保安10カ年計画(SHOPP:Ten-Year State Highway Operations and Protection Plan)」を策定。 |
| 4 【7.2力量】 維持管理実施に当たり、人員、技術力等の把握、人材の計画的な育成・確保 | ・事務所内の管理及び出張所の技術職員で業務を担当 ・職員採用が抑制されていた時期があり年齢構成バランスが悪く、技術の伝承等の観点で技術力の継承が上手くできていない部分もある。 | ・2年ごとの橋梁定期点検は、連邦政府の規定どおりに実施。 ・橋梁維持計画は、橋梁の状態を踏まえて、区分に対応した措置を実施。 |
| 5 【7.3認識】 業務遂行メンバーの管理方針、計画、維持管理上のリスク等の共有 | ・事務所内にプロジェクトチームを立ち上げ、管理方針や修繕計画、優先順位、不具合事例、課題等を共有し、課題解決の方向性等を議論。 ・国交大でのメンテナンス研修等に職員を派遣。 | ・直営で実施できる人員を確保。民間への外注を増やす動きはない。 ・橋梁点検データの一貫性を保持するために、高速道路研究所(NHI:National Highway Institute)で橋梁点検研修。 |
| 6 【7.4コミュニケーション】 関連機関(外部)との円滑な連携 | ・県や市町村を指導する立場と認識し、メンテナンス会議等を活用しながら、随時、支援等を実施。 ・道路メンテナンス会議を、事務所長が筆頭となって展開。 | — |
| 7 【7.5情報に関する要求事項】 データベース等による情報の一元管理、維持管理の高度化、効率化 | ・定期点検要領に基づいた点検結果や補修履歴を所定の様式に蓄積、保管している。 | 橋梁担当事務所は、サクラメント、ロサンゼルス、オークランドの3都市。州内の都市との窓口はローカルアシスタンス部が担当。 |
| 8 【7.5情報に関する要求事項】 情報の蓄積項目、手順のルール化、効率的な情報の蓄積・管理 | ・橋梁の点検結果を全国道路橋データベースシステムに入力。 ・日常点検(パトロール)等の結果は所内所定の様式に記録。 | 州が管理する橋梁の維持管理は、大規模修繕や架け替えの必要性が解消されるまで、対応の追跡が可能な状態でBMSIに保存。 |
| 9 【8.1運用の計画と管理】 マニュアル、ガイドライン等の作成 | ・道路局で作成した「橋梁定期点検要領」「トンネル定期点検要領」「シェッド・大型カルバート定期点検要領」に基づいて実施。 | AASHTOが発行する橋梁評価マニュアル(Manual of Bridge Evaluations)に沿って実施。 |
| 10 【8.3アウトソーシング】 官民の役割分担、必要な外部委託先の確保 | ・日常点検は、維持工事の日々のパトロールに含めて実施。 ・軽微な補修作業等は、業者が効率的に作業できるように、まとめて依頼。 | 橋梁定期点検に関して、州交通局は、AASHTOが2015年1月に作成されたマニュアル(Element Inspection Manual)作成に関与。 |
| 11 【9.パフォーマンス評価】 現状の計画や体制の有効性、適合性の評価、継続的な改善の仕組み構築 | 「道路メンテナンス会議」において、直轄及び自治体が管理している橋梁等の点検結果を情報共有し、今後の点検・修繕計画に参考。 | 州は、通常の維持管理は直営で実施し、高難易度を委託。 |
| 12 【10.改善】 事故等の再発防止や予防措置の対策 | 緊急時の連絡体制を構築するとともに、事故発生後は上部機関(本局)の事故調査委員会と連携し、原因究明と再発防止に向けた対策等について検討するとともに、関係者へ周知。 | — |
| 13 【10.改善】 得られた知見のフィードバック | 上部機関(本局)のイントラに必要な情報を掲載するとともに、「道路メンテナンス会議」の場を活用し情報提供。 | — |

(6) ISO55001を組み込んだ道路行政組織体系の提案

図-5.5.4に道路行政分野にISO550001を組み込んだマネジメントスキームと第4章で示した道路行政組織を更に改善した今後の組織体系との関係を示す。3つのサイクル，すなわち，①現場の最前線で監督・管理する出張所（現場グループ）が中心となり個々の構造物のメンテナンスを実施し，②改築・保全グループを中心として施設全体の整備・修繕・計画等を実施し，③防災・マネジメントグループにおいて組織としての目標や水準の設定，及び評価・改善を実施する，これらの3つのサイクルが常に連動しながら，マトリックスな組織において，防災・マネジメント，事業調整，品質確保等の各担当官が組織の中間に位置するとともに，プレイングマネージャーとして組織全体の調整・連携の役割を担い，継続的かつ体系的にマネジメントが展開されることにより，予防保全を前提としたインフラマネジメントシステムとして機能するものと考えられる。そして，これまでの大量にインフラを整備してきた「量」の時代から，健全なインフラをストックし賢く活用（マネジメント）する「質」の時代へと転換していくものとする。

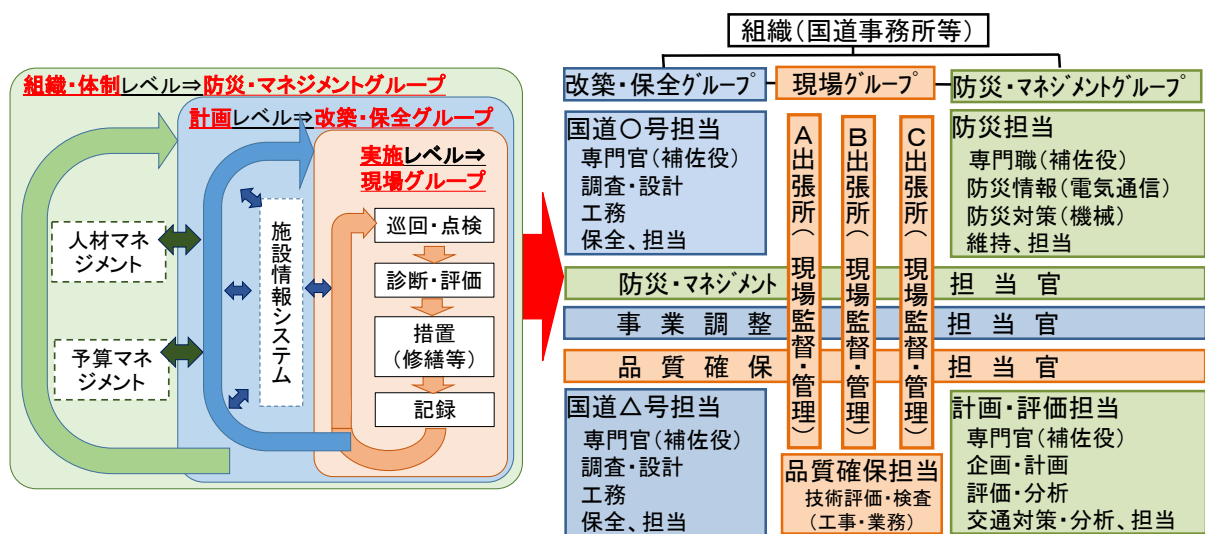


図-5.5.4 ISO550001の道路行政分野への適用と今後の道路行政組織体系との関係

5. 6 まとめ

本章で得られた知見を以下に総括する。

- (1) インフラの維持管理上に関する課題は、技術的な解決に加え、メンテナンスサイクルのプロセス間の効率化、必要なデータの蓄積、システムの改善など、マネジメントの観点からも改善が可能である。
- (2) 道路行政組織でのマネジメントの実践においては、継続的に改善する枠組みの構築や組織横断的な体制を構築することにより、緊急時や突発的な対応等の直接的な効果だけでなく、得られた知見のフィードバック、技術者の育成、技術の伝承等としても有意義である。
- (3) マネジメントサイクルの階層として「構造物」「施設全体」「組織・体制」の3つの階層が存在し、各サイクルがマトリックスな組織において連動しながら継続的に展開されることで、予防保全を前提としたインフラマネジメントシステムとして機能する。
- (4) 道路行政組織で実践している活動や取組みを ISO55001 における要求事項を取り込んだフレームワークに組み込み、体系的に整理することで、対応が不十分な領域の発見や気付きにも繋がり、全体を俯瞰したマネジメントサイクルの改善及び効果的なシステムが構築できる。

そして、これまでの大量にインフラを整備してきた「量」の時代から、健全なインフラをストックし賢く活用（マネジメント）する「質」の時代へと転換していくものとする。

第5章の参考文献

- 1) 森芳徳，秋葉正一，関健太郎：道路行政分野における今後のインフラマネジメントのあり方に関する一考察，土木学会論文集 F4(建設マネジメント)Vol.73, No.4, I_120_129, 2017.
- 2) 古本一司，市村靖光，森芳徳，梅原剛，笹川隆介：維持管理における変動要因を考慮したマネジメントシステムの継続的改善支援手法の開発，土木技術資料，Vol.58, pp.26-29, 2016.
- 3) 徳山日出男：行政経営の時代，日経 BP 社，2004
- 4) 国土交通省宇都宮国道事務所 web サイト（道路行政マネジメントを実践する栃木県会議，2018年2月20日確認）
- 5) 国土交通省 web サイト（TEC-FORCE について，2018年2月20日確認）
- 6) 国土交通省関東地方整備局：技術エキスパート制度，関東地方整備局資料,2016
- 7) 小林潔司，田村敬一，藤木修：国際標準型アセットマネジメントの方法，鹿島出版会，2016.

第6章 結論と今後の展望

本章では、各章から得られた結果を総括した上で、今後の防災とメンテナンスを中心としたインフラメンテナンスシステムのあり方と今後の課題について述べる。

6. 1 結論

第2章で得られた知見は、以下のとおりである。

- 1) 国道等を管理する地方整備局等の機関では、定員削減による慢性的な人員不足の状況において、従前の業務に加え、事業の合意形成、施設の維持管理、公共工事の品質確保、自治体支援等の新たな業務が増加しており、発注機関としての業務のあり方及びその業務を支える技術力の維持向上が大きな課題となっている。
- 2) 東京オリンピック前後に整備されたインフラが、今後一斉に老朽化し、将来的に維持管理・更新費が投資可能額を上回る見込みであり、道路分野では点検に関する基準策定や新たな技術開発、メンテナンスに関する組織やポストの新設、地方自治体とのメンテナンス会議の設立などの対策に取り組んでいるが、人員が不足している状況において、十分な対応が図られていない。
- 3) 豪雨や大規模地震等により道路盛土や法面の崩壊が増加しているが、災害は対策不要判定個所や点検対象外の個所においてが発生しており、今後の土工構造物の点検には膨大な労力と費用が必要となることが想定される。
- 4) 発注者における新たな業務が増加し、公共事業発注機関の業務のあり方及びその業務を支える技術力の維持・向上が大きな課題となっている。定員削減による

各業務を担う担当者の激減，組織形態や年齢構成の変化，予算執行の厳格化など，あらゆる面で課題を有しているが，根本的な問題として人口減少等を見据えると現状の組織形態にならざるを得ない状況であり，今後の防災・メンテナンスを中心とした事業執行システムの確立には，これらのマネジメントシステムに関する課題解決が必要不可欠である。

第3章で得られた知見は，以下のとおりである。

- 1) 過去の実態等から，施工性や資材調達の迅速性の観点から大型土のうを用いて応急復旧する現場が多く，災害対応マネジメントの改善の一手法として，土のうを残置したまま本復旧盛土を構築することにより，復旧作業の効率化が図られ，迅速な交通解放にもつながる。
- 2) 大型土のうを残置した本復旧盛土の構造について，道路管理者・復旧作業者ともに，①土のう間に隙間や水みち，盛土材流出，②土のう設置箇所の締固め不足による沈下，等を懸念する意見があった一方，道路管理者からは，①土のう残置による品質確保，②土のう設置位置（交通荷重影響範囲外）の配慮，復旧作業者からは，①腹付盛土の安定勾配の確保，②土のう自体の排水機能の有効性，等の有意義な意見が得られた。
- 3) 災害復旧現場の実態や災害復旧関係者の意見を参考に，復旧構造の基本的なモデルから実現場の施工条件を踏まえたモデルを構築し，遠心力載荷模型実験により，土のうの配列形状，排水条件等の違いによる挙動について検証した。実験結果より，配列形状の違いによる挙動の差異がないこと，地震時における構造の安定性，土のうの排水機能の有用性等について確認できた。
- 4) 実大実験

試験フィールドにおいて、実大の大型土のうを用いた復旧盛土を構築し、大型車両による走行試験を実施した。応急復旧及び本復旧の各段階において、計画した施工手順に基づき復旧盛土を構築できるとともに、本復旧までに要する作業時間が短縮し、コスト縮減や早期の交通解放にも寄与できることが確認でき、災害対応マネジメントの観点からも現場適用性が高いことが明らかになった。また、走行試験の結果からも、車両が走行するのに支障が生じるような変状等も発生しなかった。このことから、短期的な耐久性には問題ないことが明らかになった。

5) 格子状補強材を用いた路面段差復旧は、施工性及び耐久性に優れ、交通荷重によるわだちの発生が抑制でき、補強効果が高いことが明らかになった。

6) 今回提案した新しい災害復旧手法の適用が、大規模災害時における災害対応マネジメントに貢献し、早期の交通解放など社会的影響の改善にも寄与することが明らかとなった。

第4章で得られた知見は、以下のとおりである。

1) ストックが増加し老朽化する構造物も増加するとともに、降雨や地震動等の作用も激化する一方、予算や技術者が減少する中でそれらを補完するマネジメントシステムの構築が必要である。

2) ストックが増加し老朽化する構造物も増加するとともに、降雨や地震動等の作用も激化する一方、予算や技術者が減少する中でそれらを補完するマネジメントシステムの構築が必要である。

3) 解決の方向性として、増大するインフラストックに対して、膨大な点検対象を効率的・効果的に点検が可能なツールの開発・導入、予算執行システムとも連動した統合データベースを構築し、スパイラルアップメンテナンスを可能とする

事業執行システムの確立，そして人材の育成・確保に取り組むべきである。

上記の取り組みにより，以下に示す効果が期待できる。

- 1) 横断的組織体系を構築することにより，少数の人員・縮小した組織でありながらも迅速な事業執行が可能となる。
- 2) 効率的・効果的な点検ツールの開発・導入，及び統合データベースの構築により，計画→調査・設計→施工→維持管理の各段階のデータをリアルタイムに共有可能となり，予防保全的管理が可能となる。
- 3) データベースと連動する予算執行システムの構築により，より費用対効果の高い事業執行が可能となり，人材の適正な配置とメンテナンス時代に対応した組織運営が可能となる。

第5章で得られた知見は，以下のとおりである。

- 1) インフラを整備・管理する組織のマネジメントにおいて，継続的に改善する枠組みの構築や組織横断的な体制を構築することは，緊急時や突発的な対応等の直接的な効果だけでなく，得られた知見のフィードバック，技術者の育成，技術の伝承等としても有意義である。
- 2) マネジメントサイクルの階層として「構造物」「施設全体」「組織・体制」の3つの階層が存在し，各サイクルを継続的に実施することで事業改善が進捗する。
- 3) 道路行政組織等の活動や取組みを ISO55001 における要求事項を取り込んだフレームワークに組み込み，マトリックスな組織体系とすることにより，全体を俯瞰し予防保全を前提としたインフラマネジメントシステムとして機能する。そして，これまでの大量にインフラを整備してきた「量」の時代から，健全なインフラをストックし賢く活用(マネジメント)する「質」の時代へと転換していく。

6. 2 今後の展望

2020年の東京オリンピック開催に向け新たなインフラ整備やストック更新事業が早急に進む中、迫り来る巨大災害も想定し、膨大なインフラストックをマネジメントし、良質な建設産業として維持発展させることが、日本の今後の持続的な成長には不可欠である。2014年6月の公共工物品質確保法改正が有意義な効果をもたらすよう、限られた人、モノ、予算を駆使して、最大限の効果が発揮できる公共事業執行システムの改革を引き続き進める必要がある。

災害対応マネジメントの改善としての大型土のうを用いた災害復旧技術に関しては、災害時における迅速な交通解放による社会的影響の低減が見込め、マネジメント上の観点からも有効な技術であるが、長期的な耐久性は現時点では十分確認出来ていない状況であり、今回構築した盛土の変状等について、今後も継続的に観測・モニタリングを実施するとともに、実現場における試行検証も必要である。

インフラマネジメントを適切かつ継続的に実行・実現していくには、第三者や外部からのチェックを受け、常に軌道修正や改善に向けた評価システムの導入も必要であると考えられる。「生産性向上」による「働き方改革」の実現に向けたインフラマネジメントシステムの構築には、国と地方公共団体との連携、IoTやAI技術等を活用した情報システムの導入も有効であるとともに、システムを運営する人材の育成が重要である。「生産性向上」による「働き方改革」の実現に向け、学・民・官の連携も強化し、全体が最適となるインフラマネジメントシステムを確立すべく、行政組織における実践的検証や研究を引き続き進める所存である。

謝 辞

本研究を進めるにあたり、多くの方々からご指導、ご協力、ご支援いただきました。ここに深く感謝申し上げます。

まず、本研究を終始ご指導いただき、学位論文としてまとめる機会を与えていただいた日本大学生産工学部土木工学科教授・大学院生産工学研究科土木工学専攻主任教授 秋葉正一博士に心より感謝申し上げます。秋葉博士には、私が土木研究所在席時、国土交通省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委員と事務局の立場にて、定期点検要領や技術基準の策定等でご指導頂く機会があり、本研究に着手するきっかけともなりました。

生産工学部土木工学科教授 西尾伸也博士、渡部正博士には、博士論文のとりまとめ、研究発表に向けてのご指導、ご鞭撻を賜り深く感謝申し上げます。

また、日本大学副学長・生産工学部長である落合実博士、日本大学名誉教授 工藤勝輝博士、生産工学部土木工学科主任教授 伊藤義也博士には、大学院博士後期課程入学に向けて、貴重なご助言やご指導を頂きましたことに深く感謝申し上げます。

土木研究所顧問(前 理事長)魚本健人博士、土木学会専務理事 塚田幸広博士、土木研究所地質・地盤研究グループ 宮武裕昭上席研究員には、私の大学院博士後期課程における論文執筆に向けて力強く後押ししていただきました。

土木研究所在席時の上司で京都大学経営管理大学院教授 中谷昌一博士には、今後のメンテナンス時代における組織の役割や体制について、熱心にご議論・ご指導いただきました。

日本大学危機管理学部教授 木下誠也博士が委員長を務める土木学会建設マネ

ジメント委員会小委員会における議論や活動も，建設マネジメント分野の知見をより深めることに繋がりました．

私の論文は，国立研究開発法人土木研究所，国土交通省国土技術政策総合研究所，国土交通省関東地方整備局，公益社団法人土木学会，ゼネコン，コンサルタント，そして日本大学に所属する多くの研究者・技術者の皆様方との常日頃の業務上の密接な関わりと活発な議論から，建設マネジメント分野の一研究として体系的に取り纏めたものであり，改めて皆様方に厚く感謝申し上げます．

最後に，週末の貴重な時間を論文執筆活動に専念させてくれた家族に心から感謝します．

平成30年2月20日

森 芳徳