

地質調査

'08 第1号

〔小特集〕
社会資本の維持管理とアセットマネジメント

編集／社団法人全国地質調査業協会連合会



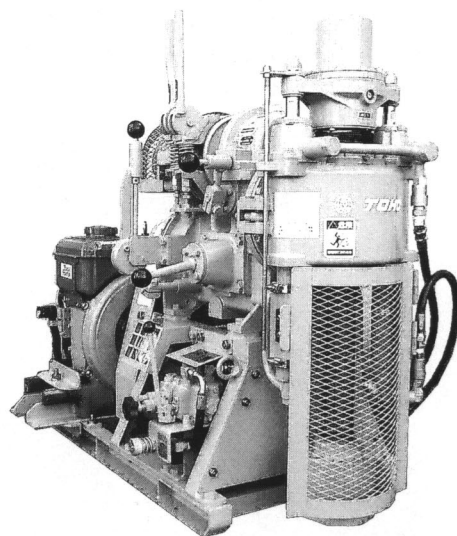
発行 土木春秋社



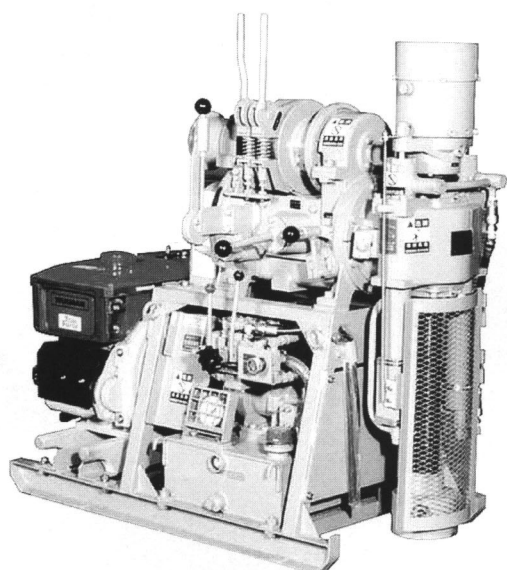
TOHO
DRILLING EQUIPMENT

小型ボーリングマシン

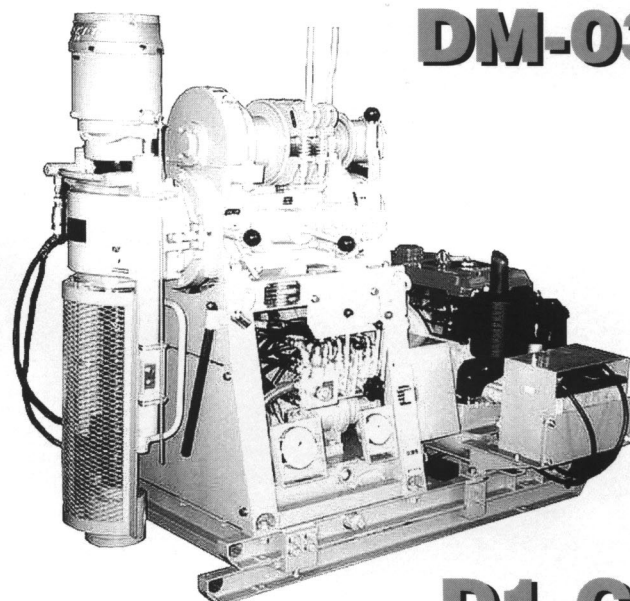
- ニーズに合わせて、ホイストドラムを取外し
コーンプリータイプに変更することができます。
- ブーリの交換で地質にあったスピンドル回転数
が選択できます。
- 試錐ポンプが内蔵でき、しかも原動機は1台で
済みます。



DM-03



D0-D



D1-C

仕 様

右操作・左操作をご用意致しております。

機 種 名		DM-03	D0-D	D1-C
穿孔能力	m	30	100	280
スピンドル回転数	rpm	65、125、370	(A) 60、170、330 (B) 110、320、625	(A) 65、130、250、370 ※2 (B) 90、170、320、490
スピンドル内径	mm	47	43	48 ※2 58
スピンドルストローク	mm	300	400	500
ホイスト巻揚げ能力	KN (kgf) 400	3.9 (400)	5.9 (600)	10.8 (1,100)
フレームスライド	mm		※1 油圧式 300	油圧式 300
動 力	kW/HP	3.7/5	3.7/5	5.5/8
質 量	kg	180 (本体)	315 (本体)	550 (本体)
寸 法 H×W×L	mm	960×500×1,115	1,200×660×1,180	1,390×735×1,580

※1 オプション

※2 スピンドル内径58の場合

東邦地下工機株式会社

東京都品川区東品川4-4-7 TEL 03 (3474) 4141

福岡市博多区西月隈5-19-53 TEL 092 (581) 3031

URL: <http://www.tohochikakoki.co.jp>

福 岡 〆 092 (581) 3031
 札 幌 〆 011 (785) 6651
 仙 台 〆 022 (235) 0821
 新 潟 〆 025 (284) 5164
 名 古 屋 〆 052 (798) 6667
 大 阪 〆 0729 (24) 5022

松 山 〆 089 (953) 2301
 広 島 〆 082 (291) 2777
 山 口 〆 083 (973) 0161
 北九州 〆 093 (331) 1461
 熊 本 〆 096 (232) 4763

巻頭言	次世代のアセットマネジメントにむけて 京都大学経営管理大学院教授 小林潔司	1
小特集	社会資本の維持管理とアセットマネジメント 社会資本へのアセットマネジメント導入の方法と課題	小澤一雅 2
	道路橋の維持管理に関する研究開発	玉越隆史 7 七澤利明
	高速道路斜面の維持管理について —特にグラウンドアンカーについて—	大窪克己 13 竹本 将
	トンネルの維持管理技術とアセットマネジメント	小西真治 19
	静岡市の下水道再構築事業におけるアセット マネジメント手法の導入	望月 茂 25
	大阪府の道路におけるアセットマネジメントの 取組状況について	坂本幸三 31
	青森県橋梁アセットマネジメントの取組み	川村宏行 37
教養読本	地質調査業における企業の社会的責任 (Corporate Social Responsibility: CSR)	成田 賢 43
やさしい知識	ライフサイクルコスト (LCC) 分析	大堀勝正 48
車窓から見る地形・地質	弓ヶ浜半島と大山	谷口洋二 50
各地の博物館巡り	横倉山自然の森博物館	川崎高思 52
大地の恵み	尾瀬ヶ原に竜宮があった	谷藤允彦 54
私の経験した現場	破碎帯岩盤におけるボアホールの撮影方法	田原隼人 56
	一味違った経験 不味かった地下水の味	大谷幸一 59
	国土交通省よりのお知らせ	62
会 告	地質情報管理士資格検定試験 91 名が合格	63
	平成 19 年度第 1～3 四半期の受注金額は、前年比 8.6%減 —全地連受注動向調査	64
	「地質調査技士」資格取得者 13,748 名に	66
	平成 20 年度事業計画(案)の決定	66
	平成 20 年度「地質調査技士資格検定試験」の実施要領を決定	67
	平成 20 年度「地質調査技術者の入職時教育」研修の 開催について	69
	土壤汚染修復工事の「かし」補償制度を新設 —全地連損害保険制度	69

小特集 地質リスクマネジメント

新コスト構造改革における地質リスクの貢献

道路防災関連での地質リスクのとりえ方

金属資源関連調査における地質リスク評価

地盤パラメータ特性値と地盤調査のあり方

地盤リスクの考え方

石油資源探査における地質リスクマネジメント

国内公共事業における地質リスクの発現とその対応の分析

全地連地質リスク海外調査の成果と展望

わが国における地質リスクの計量化事例

海外における地質リスクの計量化事例

やさしい知識 GBR (Geotechnical Baseline Report)

潜在危険

各地の博物館巡り

車窓から見る地形・地質

大地の恵み

次号から文字が大きくなり、読みやすくなります

次世代のアセットマネジメントにむけて

京都大学経営管理大学院教授 小林 潔 司

関係各位のご努力により、ここ数年の間に、社会資本のアセットマネジメント技術が飛躍的に向上してきた。現在、国、ならびに多くの地方自治体で導入が進められているアセットマネジメントシステムは、既存の社会資本の健全度を診断し、劣化した社会資本の維持補修計画を策定したり、あるいは、長期的視野において予算計画を策定し、目標とする管理レベルや新規投資や耐震投資とのバランスを検討することを目的としている。さらに、社会資本のアセットマネジメントを実現するためのマネジメント技術（統計的劣化予測モデルや、ライフサイクル費用の評価技術、維持補修戦略を決定するための最適化モデル等）に関しては、かなりの程度確立してきたと考えていいだろう。これらの研究成果の蓄積により、多くの社会資本の運営・管理の現場において、アセットマネジメントの実用化がスタートした段階にある。

社会資本は、過酷な自然環境の下で長時間にわたって使用される。社会資本の劣化過程には多大な不確定要因が含まれる。このため、同種類の社会資本であっても、それが置かれている環境により、劣化過程に多大な誤差が含まれる。その要因として、初期施工時の条件や環境条件の多様性、観測不可能な施設固有の特性などが介在している。アセットマネジメントの実用化により、社会資本の劣化状況に関して膨大なデータが蓄積されつつある。このようなデータの蓄積にも関わらず、社会資本の劣化過程の予測精度には限界がある。また、「何のために、データを蓄積しようとしているのか」という目的が明確でない場合も少なくない。

一般に、社会資本のモニタリングの目的は、1) 劣化が進行している施設を発見し、補修対策案を検討すること、2) 数多くの施設の状況を同時にモニタリングし、平均的な劣化傾向を把握することにある。モニタリングの第1の目的は明らかであろう。現実には、多くのアセットマネジメントにおいて、モニタリング結果に基づいて、補修計画が策定されている。しかし、モニタリングの第2の目的に関しては、それほど着目されていないのが実情である。アセットマネジメントの高度化のためには、第2番目の論点が重要となる。モニタリング結果に基づいて推計した劣化予測モデルは、対象とした社会資本の劣化特性を表現したものに過ぎない。むしろ、対象とする社会資本の劣化速度が大き

い場合、劣化予測の推計精度を向上するよりも、社会資本の長寿命化を図ることを検討することのほうが重要である。また、維持管理技術は、必ずしも時間とともに発展するとは限らない。維持補修技術のように、技術進歩の恩恵を享受することができる場合もある。しかし、点検技術者や施工技術者の能力や知識は、逆に後退する場合もあろう。技術が進展し、その効果が認められれば、広く導入することを検討すべきである。しかし、技術が後退する場合、その原因を追求し、新たな方策を検討することが必要となる。このように考えれば、現状の維持管理技術を改善し、社会資本の品質向上と土木技術の改善努力を続けることが、アセットマネジメントの本来の目的であると考えられる。第1世代のアセットマネジメントでは、モニタリングデータに基づいて、維持補修計画を作成したり、ライフサイクル費用評価に基づいて予算計画を策定することが主たる目的であった。これに対して、次世代のアセットマネジメントにおいては、モニタリングデータに基づいて、社会資本の長期的なパフォーマンスを評価し、社会基盤システムの継続的改善を追求することが主たる目的となる。

長い供用期間を有する社会資本の管理にあたっては、個々の社会資本の劣化の進展状態を継続的にモニタリングすることのほか、社会資本全体の長期的なパフォーマンスや維持管理技術水準をも継続的に診断することが必要となる。社会資本の状態や維持管理技術を取り巻く環境は、刻々と変化しており、社会資本の状態を長期間にわたって維持するためには、持続的モニタリングが必要である。アセットマネジメントの目的によりモニタリング方法も多様に異なる。長期的パフォーマンス評価や維持管理技術水準の診断・診断を目的としたモニタリング方法を開発するとともに、これを戦略的モニタリングとしてアセットマネジメントシステムに明確に位置づけることが必要である。現在、「アセットメトリクス」という社会資本の時間的な劣化リスクの計量化手法に関する研究が進展しつつある。また、アセットマネジメントの継続的な発展を支えるために、強化学習マネジメントシステムに関する研究も進展しつつある。このような新しい試みは、次世代のアセットマネジメントを支える基本的なマネジメント技術として位置づけることができよう。

社会資本へのアセットマネジメント導入の方法と課題

おざわ かず まさ*
小澤 一 雅*

1. 社会資本のマネジメント

資源の分配とサービス提供の基盤となる社会資本は、人間社会の幸福と発展に不可欠なものである。社会資本の質と効率性が、国民生活の質や社会の健全性、経済活動等に大きな影響を与える。世界各国の経済発展を支えたのは、社会資本整備であり、優良な社会資本が生活の質の向上に大きく寄与してきた(図1)。これまでのわが国の社会資本整備のしくみは、不足する社会資本を効率的に建設するために構築・運用されてきたといえる。50年以上経過したストックに老朽化が見られ、高度経済成長期に構築した社会資本ストックは、同時期に更新の時代を迎える(図2)。社会経済状況も変化し、財政的にも厳しい条件のなかで、社会資本の維持費を確保することが困難な状況になってきている(図3)。このような状況のもとで国力を維持していくためには、不足する社会資本の整備とともに、現存する社会資本の効果的な運用と適切な維持管理がきわめて重要である。「社会資本のマネジメントの課題」としては、

- ① 今後高齢化する施設が線形で増えるというよりは、高度経済成長時に大量に投資したものが今後急激に増え、指数関数的に増大するおそれがあること
- ② 一方で予算が非常に厳しいこと
- ③ 計画的な維持管理の考え方を導入することについて

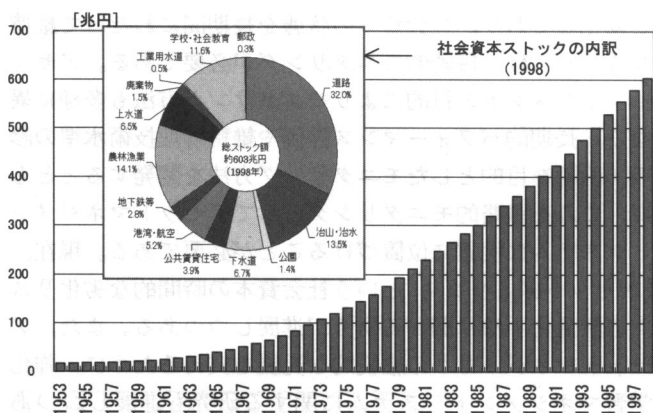


図1 社会資本ストックの推移 (資料;内閣府)

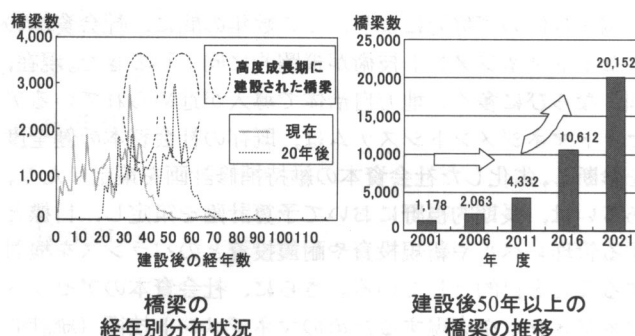


図2 橋梁の状況 (資料;直轄国道+旧4公団)

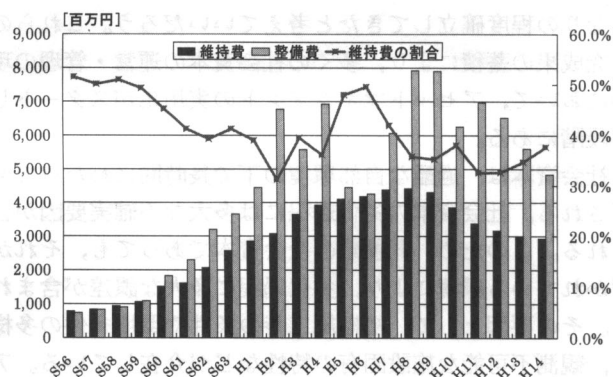


図3 ある自治体の橋梁の維持費の推移⁴⁾

- ④ それを支えるデータが蓄積されていない、不十分であること
- ⑤ それを支える実施体制にまだ問題があるということがあると考えられる。

2. 社会資本におけるアセットマネジメント

「アセットマネジメント」は、従来、預金、株式、債券などの個人の金融資産をリスク、収益性などを勘案して、適切に資産運用を図ることにより、その資産価値を最大化するための活動をさし、近年、この考え方を社会資本に適用することが国際的にも注目されている。金融資産運用の代表的形態のひとつである投資信託のしくみをみると、資産運用会社が顧客である投資家から金融資産を預かり、市場

* 東京大学大学院 工学系研究科 教授

で運用して、その利益を投資家に還元するというものである。社会資本のアセットマネジメントを同様に考えてみると、顧客である国民から預かった税金や料金などを社会資本に投資し、その運用、管理を通して公共サービスを生み出し、国民に還元すると理解することができる(図4)。社会資本におけるアセットマネジメントは、その運用、管理に必要な費用を小さく抑え、質の高いサービスを提供することにより、資産価値を最大化するための活動として位置づけられる。ただし、金融資産に比べて社会資本の場合、顧客へ還元されるものがサービス、便益など計測が容易でないこと、関係者が多種多様で資産の流動性が一般に低いこと、資産の管理に要する費用が小さくなく、維持管理の程度に応じて物理的劣化(資産の目減り)を制御することが可能なことなどが特徴である。社会資本のアセットマネジメントにおいても、工学だけでなく、経済学、経営学的知見を総合的に用いながら、長期的視点に立って実践する体系化された活動といえる。期待される効果としては、維持管理に対する事業予算、事業計画が合理的に説明できるようになるということ。それによって、結果として、資産あるいは社会資本の状態が改善されるということ。長期的に見て、ライフサイクルコストの低減によって、結果として資金が有効に活用される。さらには、住民、国民あるいは利用者に対してアカウントビリティが向上するといったことが期待される。

3.1 物理的資産のマネジメントシステム

最初に目標とするサービス水準や管理水準を設定した上で、現状のインフラの状態を点検、評価等によって把握し、目標達成のための事業を計画、選定、実施し、その結果をモニタリング、事後評価し、サイクルをまわしながら目標達成を実現するマネジメントの流れが必要である(図5)。これらの中で、重要な意思決定は、(a)点検、評価によって得られた結果に基づき、個々の施設の維持管理計画を策定することと、(b)限られた予算を効果的に配分するために、複数の施設群に対する計画に優先順位をづけ、実際の投資(事業実施)の意思決定を行うことである。前者については、将来発生する維持管理費用(ライフサイクルコスト)を最小化することを目標に(図6)、後者については、施設群全体のリスクを低減し、提供されるサービスを最大化することを目標に行うことになる(ポートフォリオ問題と捉えることもできる)。ただし、後者の意思決定により、前者の判断が必ずしもすべて実現されなくなるため、個別資産の計画と資産群全体の意思決定はお互いに影響を及ぼしあうことに注意する必要がある。予算の平準化とライフサイクルコストの低減をどのようにバランスさせるかの戦略を持つ必要がある。また、ライフサイクルコストの予測のための劣化予測(維持修繕後の劣化を含む)技術のさらなる向上が期待される。

社会資本の資産運用の流れ

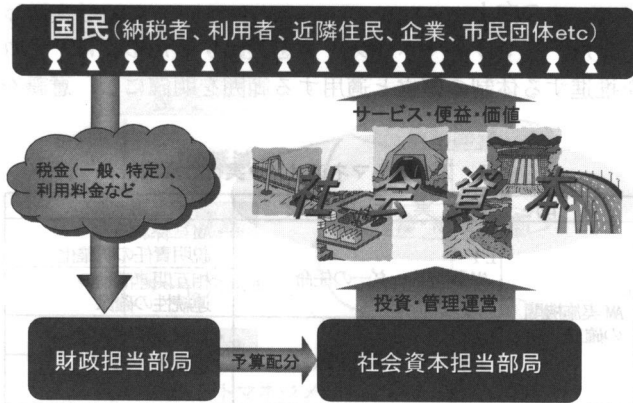


図4 社会資本の資産運用の流れ¹⁾

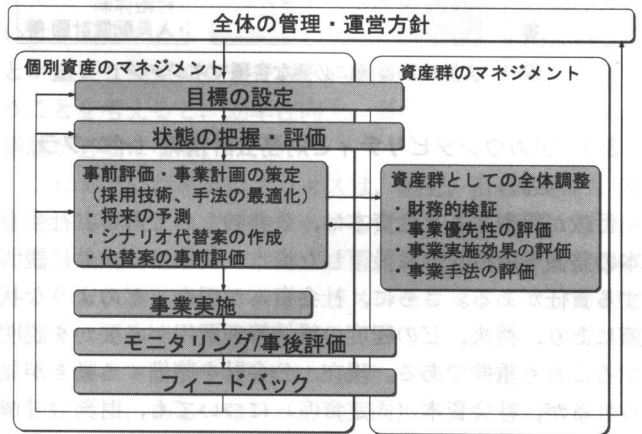
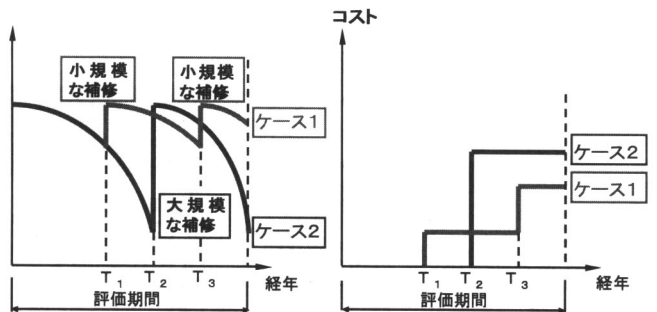


図5 物理的資産のマネジメントシステム⁴⁾

3. マネジメントシステム

上記の考えを実現するためには、マネジメントのしくみを構築する必要がある。これまでのわが国の行政執行のしくみは、決められた政策を実行するための管理に主眼がおかれ、マネジメント(経営)の視点は弱いものであったといえる。先進的な地方自治体においては、公共経営(パブリック・マネジメント)の観点から、効率性の高い行政執行のしくみを導入する試みが始まっている。構築すべきアセットマネジメントシステムも、同じコンセプトに基づくものである。システム構築にあたっては、以下の点に配慮することが重要である。



ケース1：予防的補修(ライフサイクルコスト最小化)
ケース2：補修限界になった時点で補修

図6 ライフサイクルコスト最小化のイメージ⁴⁾

3.2 実施体制と人材育成

設計したマネジメントシステムを実現するためには、これを支える実施体制を整備する必要がある(図7)。事業実

施に必要な資金のマネジメント、組織と人員のマネジメント、各種判断を支援する分析技術とデータベースを用意する必要がある。資金のマネジメントにおいては、予算配分をどの範囲で考えるか(新設や他種の施設等)、公共の財源が不足する場合PFI等の手法を活用するか、人員のマネジメントにおいては、内部の人員の確保とアウトソーシングをどのように活用するか、人材の技術力を高める方策をどうするか、技術開発やデータベースについては、必要な技術開発の目標をどのように設定するか、活用できるデータベースの構築をどのような手順で行うか、などを決める必要がある。どれも即座に実現できるものではなく、できるところから順次整備し、実行する戦略が重要である。

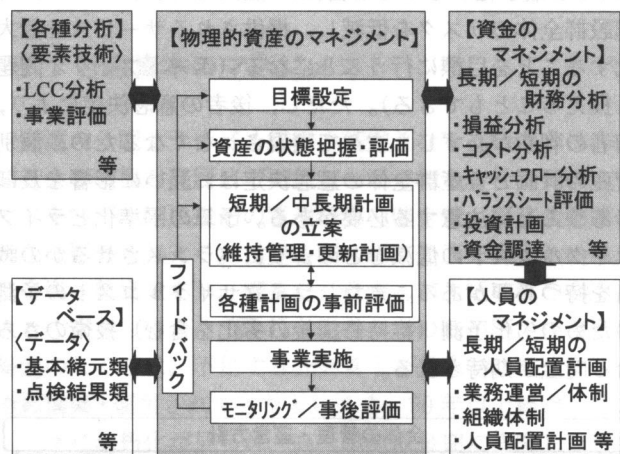


図7 実施体制整備に必要な各種マネジメント

3.3 アカウンタビリティと財務会計情報(インフラ会計)

行政が管理する社会資本は、公共のものである。社会資本の整備や維持管理に投下した資本や費用は、公共に説明する責任がある。さらに、社会資本が現在、どのような状態にあり、将来、どの程度の維持管理費用が必要かを説明することも重要である。現在、公会計を整備する動きが見られるが、社会資本(固定資産)についても、財務会計情報として明らかにする必要がある。インフラ資産のもつ価値を適切に評価することにより、財務会計と管理会計を構築し、アカウンタビリティの向上と戦略的インフラ管理を

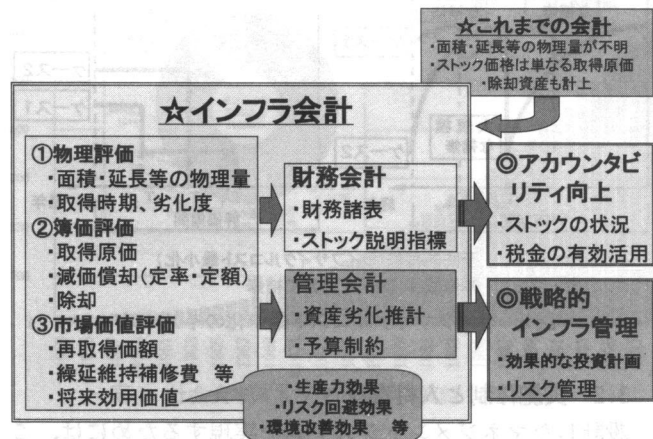


図8 インフラ会計の概念⁴⁾

目的とした「インフラ会計」が提案されている(図8)。この際、社会資本の耐用年数をどのように設定するのがよいか(減価償却, 除却の考え方)、資産価値の評価方法、投資的経費と維持のための期間費用の区分けをどのように決めるのがよいかを考えておく必要がある。

4. アセットマネジメント導入の効果と実施戦略

土木学会アセットマネジメント研究小委員会が実施したアンケート調査によると、各都道府県が管理している資産のうち道路延長が平均約3500km、橋梁数が平均約2700カ所、トンネル数が平均約100カ所である。5000カ所を超える橋梁を管理しているところもある。維持管理の戦略を持たないと対応できない数である。また、管理の現場においては、近隣住民から苦情等の要望が寄せられ、対応を迫られる。目標とする管理水準やその達成戦略を持たなければ、声の大きい要望が先に通ってしまうことになる。アセットマネジメント導入の効果は大きく以下の4点であると考えられる。

- ① 技術的判断に基づく、必要事業費確保(予算要求等)のしやすさの向上
- ② 資産の状態の改善
- ③ ライフサイクルコストの低減等による資金の有効活用
- ④ 国民、住民、ユーザー等に対するアカウンタビリティの向上

また、アセットマネジメントを実践するためには、これを推進する体制の確立と適用する範囲を明確にし、意識を

表1 アセットマネジメント実行計画例⁴⁾

目的	実行項目	狙い
1. AM実施機関の確立	1.1 AM調整リーダーの任命	・AMに係わる説明責任の明確化 ・相互関連活動の連続性の確保
	1.2 組織横断的指導委員会の設置	・組織横断的支援 ・AM活動に係わる全組織的調整
2. AM範囲の明示	2.1 対象とすべき資産と業務の定義(例: 自治体所有の道路橋梁に関する全ての資本的・維持管理的投資)	・成果対象の焦点を絞る ・適切な規模の成果
	2.2 投資類型に係わる合意の設定(例: 保全、資本、運行管理等)	・成果対象の焦点を絞る
	2.3 意思決定に適用する共通原則や手法に係る合意の設定(例: ライフサイクル投資戦略、施策レベルでの対案分析、資産価値算出手法等)	・業務過程・情報体系に係わる基本指針
3. AMに関する内外の理解の向上	3.1 局主催の定期的なワークショップの開催、AMおよび局の業務に関する議論	・担当者に対する情報提供と委任
	3.2 AMとその重要性を記載した公的情報の作成と配布	・公的な気づきと支援の増加

高めるための内外への働きかけを行う必要がある(表1)。データベースが未整備であっても、必要なデータを取りながら順次適用を拡大していく戦略が有効である。資産の種類および地域を順次拡大していく長期のマネジメントの視点をもつことが重要である。また、劣化予測等の技術は、全国レベルで技術の共有を図ることを考えることも必要である。

5. アセットマネジメントにおける技術的課題

アセットマネジメントのプロセスにおいて、物理的資産のライフサイクルコスト(LCC)を低減させるためには、これまでの技術的知見の蓄積を活かすとともに、今後もさらなる技術開発が必要である。どのタイミングで、補修・補強・更新を実施するのがよいか、どのような方法で補修・補強を行うのがよいかがライフサイクルコストを左右する。よい計画を立案するためには、劣化予測の精度を向上させる必要がある。そのためには、劣化メカニズムに基づく科学的推定手法や過去のデータに基づく統計的推定手法を活用することが有効である。特に、補修後に性能がどこまで回復するのか、その後の劣化はどの程度かを予測する精度を向上させるためには、さらなる技術開発が期待される。また、劣化予測の技術だけでなく、点検・診断の技術、補修・補強の技術についても、最新の技術が現場で活かせるシステムを考えることが重要であり、データを蓄積することで機能がアップグレードするシステムを構築することが望ましい。

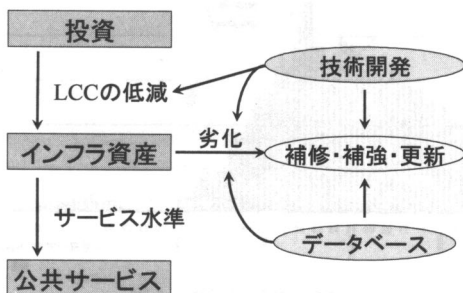


図9 アセットマネジメントにおける技術的視点

6. アセットマネジメントにおける経営的課題

現在いろいろなところで行われている、民間資金の活用や包括的な発注、あるいは複数年度の契約方法の導入などは、アセットマネジメントを経営的視点からいしくみに仕上げていくための一つの試みととらえることができる(図10)。

公的資金だけでなく民間の資金を活用することを視野に入れた資金調達の方策や、そのための発注・契約方式等を含めた事業スキームを考案すること、投資効果を高めるための体制・人材育成の方策や運営・管理方法、アカウントビリティ向上のためのインフラ資産を含めた会計制度の再構築を行うことで、地方自治体の経営上の課題にも対応することが期待されている。

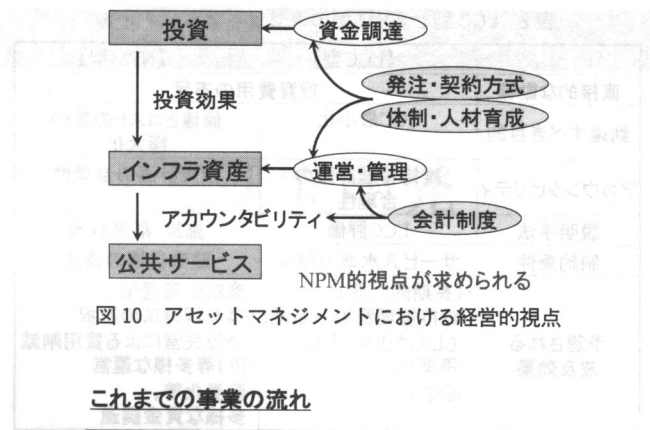
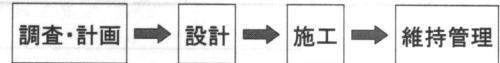


図10 アセットマネジメントにおける経営的視点

これまでの事業の流れ



これからの方向

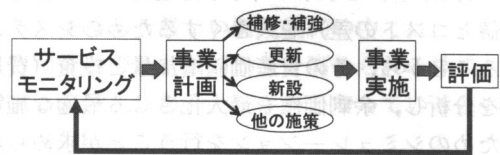


図11 公共事業のプロセス

インフラ整備事業は、これまでにはつくることに一生懸命になっていたが、これからは、「つくる」から「使う」時代に変化しつつある。管理している方には管理者責任、あるいはアカウントビリティをいかにうまく果たすかということが重要な視点になっており、ますます財政が厳しいということを考えて、効率性向上、資金調達の方法も含めた議論が必要になる。

これまで公共事業のプロセスは、調査、計画、設計、施工で、事業はここで終わりとする見方もあったが、その先に維持管理がある。これからは維持管理が出発点で、最初にサービスあるいはそのサービスのモニタリングが最初であって、それをどう改善していくかというための事業計画が考えられる。そのときには、補修あるいは補強もあるが、更新、新設、あるいはほかの施策も並行して選択の候補になってきて、そこから事業が選択され、実施され、評価され、フィードバックしていく。このように事業の流れそのものも見直すことが必要ではないだろうか(図11)。

7. アセットマネジメントの将来展望

これまで導入が図られてきているシステムの多くは、インフラの維持管理に要する費用(ライフサイクルコスト)の低減を目標とするものが多い。いわゆるLCC型のマネジメントシステムである。本来、アセットマネジメントには、管理と運用の両側面が含まれており、資産のもつ価値の増分と低減されたコストの差を大きくするための活動(NPM型マネジメントシステム)と捉えられる(表2)。したがってLCC型のマネジメントシステムでは、取得価格や再調達価格によって資産価値を算定することになり、例えば、補強・更新等の施策による資産価値の上昇量を評価する場合、その工事費用を基本とした資本的支出額によ

表2 LCC型とNPM型のアセットマネジメント

	【LCC型】	【NPM型】
直接的な動機	投資費用の不足	
到達すべき目的	LCC最小化	価値とコストの差の極大化
アカウンタビリティ	維持管理計画の合理性	投資計画の合理性
説明手法	LCC評価	施策・事業評価
制約条件	サービス水準の確保	政策目標の達成
予想される波及効果	<ul style="list-style-type: none"> ・(長期的に見て)維持管理費用の節減、もしくは少なくとも平準化 ・延命化 	<ul style="list-style-type: none"> ・施策の最適化 ・事業調達法の選択 ・公設民営による費用削減 ・PFI等多様な運営 ・証券化等、多様な資金調達

て資産価値増加量が評価されることになる。

一方、NPM型アセットマネジメントシステムは、余剰価値（価値とコストの差）を大きくするためのシステムとして捉えることから、その資産価値増加量と投資（費用）との関係を分析し、余剰価値を最大化させる最適な施策を検討するためのシミュレーションを行うことが求められる。既存のインフラの維持管理だけでなく、新設計画を含めて、

インフラ資産から提供される公共サービスの価値を評価し、運用の側面を含めたアセットマネジメントに発展することが期待される。

本稿の作成にあたっては、土木学会建設マネジメント委員会アセットマネジメント研究小委員会における数多くの議論がベースになっている。委員各位に心から御礼申し上げます。

参考文献

- 1) 土木学会建設マネジメント委員会アセットマネジメント研究小委員会：「アセットマネジメント導入への挑戦～新たな社会資本マネジメントシステムの構築に向けて～」，土木学会，2003年8月。
- 2) 笠原篤 監訳：「社会資本マネジメント」[維持管理・更新時代の新戦略]，森北出版，2001年6月。
- 3) 大住荘四郎：「ニューパブリックマネジメント」，日本評論社，1999年12月。
- 4) 土木学会建設マネジメント委員会アセットマネジメント研究小委員会：「アセットマネジメント導入への挑戦」，技報堂出版，2005年11月。

道路橋の維持管理に関する研究開発

たまこ たか し
 玉し 越隆 史
 なざ わ とし あ
 七澤 利 明**

1. 日本の道路橋を取り巻く状況

我が国の道路橋は、図1に示すように高度成長期を境に急激に増加し、現在道路橋では15万橋近い数のストックを抱えている。なかでも高度成長期に建設された橋梁は、全体の約34%を占めている。現在、これらの橋梁の平均経過年数は約37年であるが、近い将来、これら大量のストックが老齢化を迎えることとなる。50歳以上の橋の数は、現在約6%であるが、10年後には20%、20年度には47%となると予想されており、過去に例のない高齡化時代を迎えつつある。

当然とも考えられる予算についても、わずかながら減少傾向にある。すなわち厳しい財政制約の中では、維持管理についても可能な限り費用対効果を高められる体系・体制の構築による合理化、最適化が急務となっているといえる。

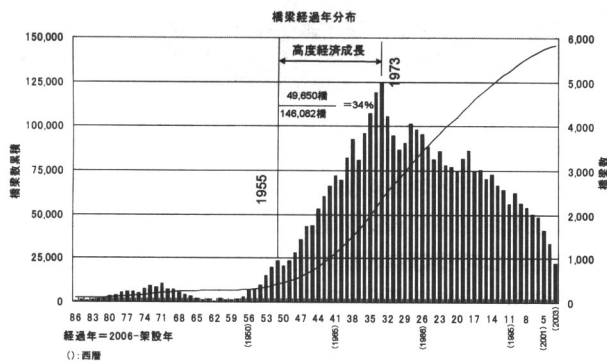


図1 橋梁経過年分布¹⁾

図2は、国管理の道路橋の定期点検結果から、橋の年齢ごとに主要部材の補修が必要と判定された橋梁の割合を表したグラフである。橋それぞれは固有の条件に応じて劣化の進展度合が異なるが、道路橋資産全体としては、年齢が増えるごとに補修が必要な橋梁の割合が増える傾向が明確に現れている。この例からも推定できるようにこれからは管理橋梁数の増加とその高齡化に伴い、維持管理に今まで以上に多くの予算が必要となることが予測されるが、我が国は現在厳しい財政状況にある。図3に示すように新規建設の予算は大幅に減少している。一方ストックの増加とそれらが確実に経年を重ねる事実から考えると増加するのが

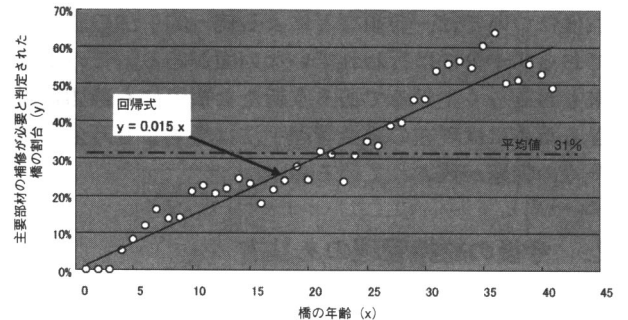


図2 年齢別の補修が必要と判定された橋梁の割合(国土交通省定期点検結果より)

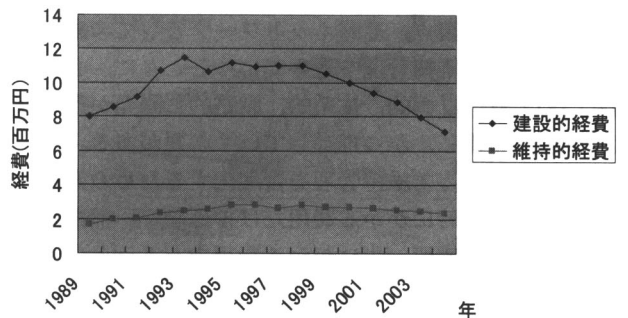


図3 建設投資額と維持管理投資額の推移¹⁾

近年、道路橋の耐震性能の向上のための対策が国管理の道路橋や高速道路等で進められてきている。しかし最近起こった地震では橋梁を含む道路構造物で被害が生じ、一部では道路ネットワークの機能に影響が生じる事態ともなった。例えば、平成19年3月に発生した能登半島地震では、自治体管理の自専道において盛土構造物に大規模な被害が生じた。また橋梁区間と一般土工部の境界では橋台背面の盛土の沈下による路面段差が生じ交通の支障となった。橋台背面盛土の沈下による通行障害は、同年7月に発生した新潟県中越沖地震においても、国道8号、116号の橋梁等で発生している。

従来は、橋梁、トンネル、土工など構造物の種類別に、

* 国土交通省国土技術政策総合研究所道路研究部道路構造物管理研究室 室長

** 国土交通省国土技術政策総合研究所道路研究部道路構造物管理研究室 主任研究官

それぞれの設計基準に基づいて想定する地震時における挙動などの性能が実現されてきたものの、その一方で路線や道路ネットワークの機能確保の点からの整合性が十分には配慮されてきたとはいえない面が、これらの例から浮かび上がった。このように既存ストックについては、社会的ニーズや背景によっても求められる性能や維持管理のあり方が変化してくるため、維持管理にあたってはそれらを考慮した対策等の優先順位づけなど合理化が求められている。

また近年、塩害、アルカリ骨材反応（以下「ASR」と呼ぶ。）、RC床版の疲労損傷といった、深刻な損傷が多数顕在化してきている。なかには主桁の著しい損傷やトラス斜材の破断、洗掘による沈下等、橋の安全性に大きく影響する重大な損傷が報告されている。

こうした重大な損傷を早期に発見し適切な時期に対策をとるべく、国管理の橋梁においては、定期点検要領（案）²⁾（以下「点検要領」と呼ぶ。）に基づく定期点検等による管理が実施されているが、これらは目視による点検が中心であり、構造物内部の状態や水中・土中等、橋の健全性に影響を及ぼしうるものの、目視では確認できない部位に対する点検については、要領などによる統一的手法の確立もできておらず十分には行われていない面がある。このように将来もおそらく生じるであろう新たな損傷にも適切に対応できるためには現在の維持管理手法は必ずしも万全ではなく多くの課題が残されている。

2. 今後の維持管理のあり方

このような状況に対応していくためには維持管理体系の高度化・合理化が必要である。

例えば、これまでの個々の損傷に対する事後的な処置から、中長期的な観点、道路ネットワークとしての観点を踏まえた合理的な維持管理を進めていくとともに、必要な技術については、計画的、体系的、戦略的に開発が行われるよう環境を整備し、かつ推進していく必要がある。

中長期的な観点で維持管理を合理化するための方策の一つとして、建設時にかかる費用だけではなく、補修費、更新費等を含めた橋梁一生にかかる費用であるライフサイクルコスト（以下「LCC」と呼ぶ。）の縮減がある。LCCを縮減するための手段としてもっとも有効と考えられるのが、従来の事後保全的な維持管理から予防保全的な維持管理への転換である。例えば、図4は塩害地域のコンクリート橋

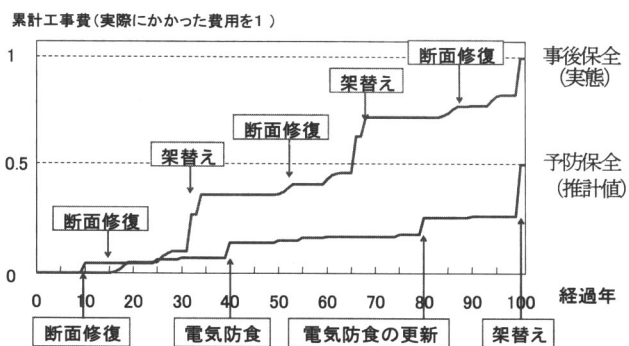


図4 塩害地域でのコンクリート橋試算例⁹⁾

で事後保全的な維持管理をしていた結果、建設後34年で架替に至ったある橋梁のLCCを表したものである。仮に架替後も同様の維持管理を実施した場合に100年間にかかる費用に対し、早い段階でコンクリート内部への塩分侵入を防止し電気防食等の塩害対策を施す予防保全的な維持管理を実施した場合、約半分のコストになると試算される。

合理的な維持管理に必要な技術開発を計画的、体系的、戦略的に進めていくためには、維持管理の全体像、構成要素を明らかにするとともに、個々の技術の開発目的を明確にし、その目標を示していくことが重要である。維持管理の構成要素としては、図5に示すように3つのマネジメントに大別されると考えられる。1つ目は多種多様な膨大なデータが有効に活用できるよう適切に収集・保管されること、2つ目は構造物群全体の投資計画の最適化やネットワーク性能の将来予測などを可能とする合理的なマクロマネジメントの確立、3つ目は個々の構造物の損傷や事故の防止、補修や補強などの維持管理行為の最適化や、長寿命化を図るための維持管理の実施を可能とする合理的なミクロマネジメントの確立である。

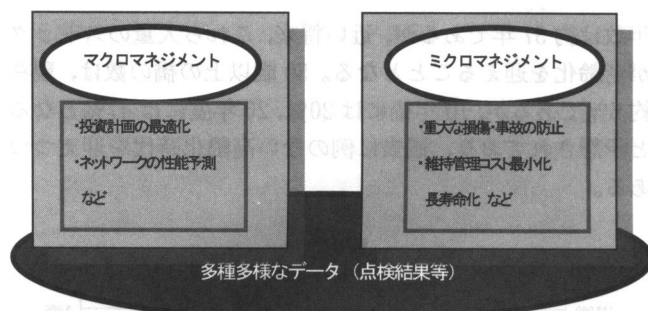


図5 合理的な維持管理のための構成要素

マクロマネジメントの合理化に関しては、投資計画の最適化や将来ネットワークの性能予測を支援するため、個々の構造物としてではなく、ネットワークにおける路線の位置づけや求められる機能に応じた、ネットワークとしての管理のあり方や最適化について検討していく必要がある。

例えば橋梁管理システム（BMS）については、これまで個々の橋梁管理の合理化を目標として、橋梁ごとの劣化予測を行い、それぞれに対して将来の補修補強時期や、それらに必要な費用のシミュレーションができる機能の確立、言い換えればミクロ、マクロ双方のマネジメントへの活用を目標に開発が進められてきた。しかし、マクロな推計・予測には活用できるものの、① 橋のパフォーマンスを支配する損傷の多くが局部的なものであること、② 劣化の進行程度にはミクロな環境や構造の条件が支配的な影響をもつこと、③ 目視が主体の点検で得られているデータでは損傷の状態が正確に把握できていないことから、個別橋の適切な管理に必要な精度は得られていない。近年、日本においても主要幹線道路の通行止めを余儀なくされる橋の重大な損傷が生じているが、このような予測システムの活用だけでは、重大な損傷や事故を防止することは困難であると思われる。

個々の構造物の損傷や事故の防止、補修や補強などの維

持管理行為の最適化、あるいは長寿命化を目的としたミクロマネジメントの合理化のためには、標準的な管理方針・計画等の参考としてシステムを活用するほか、システムで機械的に対応することは困難な個別構造物の管理の合理化、最適化についても取り組む必要がある。点検や補修補強技術に関する研究開発のみならず、例えば目視点検で得られた情報をもとに構造物の内部の劣化の状態を必要な精度で判定できることなども求められる。これらに対しては点検や診断に必要な能力を有する専門家の育成や評価システムも構築などハード的な技術開発ではない部分でも改善すべき課題が多く残されており、その解決に向けた取組みの一層の推進が不可欠である。

3. 合理的な維持管理に向けた取組み

マクロおよびミクロ双方の観点から、維持管理を合理化していくため、現在以下のような取組みを進めている。

3.1 状態評価に関する取組み

(1) 道路橋の性能評価指標の開発

道路橋の維持管理では、点検等により部材ごとの損傷状態を程度に応じて区分するなどの評価が行われるが、一方で、利用者や管理者にとっては、道路網の一部としての橋の機能がどの程度健全なかが重要であり、部材や部位ごとの状態は橋全体としての性能に影響を及ぼす要因にすぎない。そこで、部材や部位ごとに得られる点検データを基に橋全体としての機能や性能の状態を表現できる指標の開発を行っている。

指標化の対象となる道路橋の要求性能としては、全ての道路橋に該当し、かつ供用性や安全性の観点から不可欠と考えられる3つの性能(耐荷性、災害抵抗性、走行安全性)を設定した。また、多数の部材が複雑に構成された道路橋の状態を部材単位ごとのデータを基に定量的な指標で表現した場合、その精度には限界がある。したがって、定量的な計算値を「補修等の必要性のない程度の健全状態」「早期に補修する必要性が高いと考えられる状態」「所要の性能を満足していない可能性が高い状態」の3つに区分し、その区分された結果を指標のアウトプットとした。図6に指標値の表現方法の例を示す。

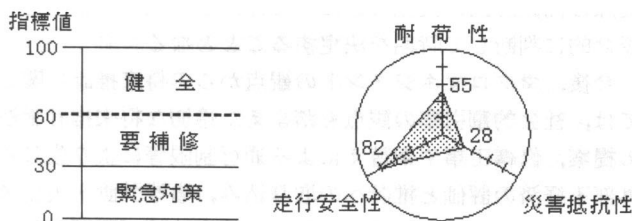


図6 指標値の表現方法の例

それぞれの指標値は、その性能に関連する部材の点検結果に基づく損傷度と、性能への影響度に応じた重み係数により計算される。多主桁のように同じ種類の部材が複数ある場合には、部材の重要性や橋梁全体の性能に与える影響度を考慮して、損傷度の最悪値または平均値を用いた。表

表1 部材の統合方法と重み係数の例

		耐荷性		災害抵抗性		走行安全性	
		統合方法	重み係数	統合方法	重み係数	統合方法	重み係数
上部工	主桁	最悪値	1.0	平均値	0.4	平均値	0.2
	床版	平均値	0.6	平均値	0.2	最悪値	1.0
	横桁	平均値	0.2	平均値	0.2		
	縦桁	平均値	0.2	平均値	0.2		
	対傾構	平均値	0.2	平均値	0.2		
	横構	平均値	0.2	平均値	0.2		
下部工		平均値	0.2	最悪値	1.0		
支 承		平均値	0.2	最悪値	0.8	平均値	0.2
伸縮装置						最悪値	0.8

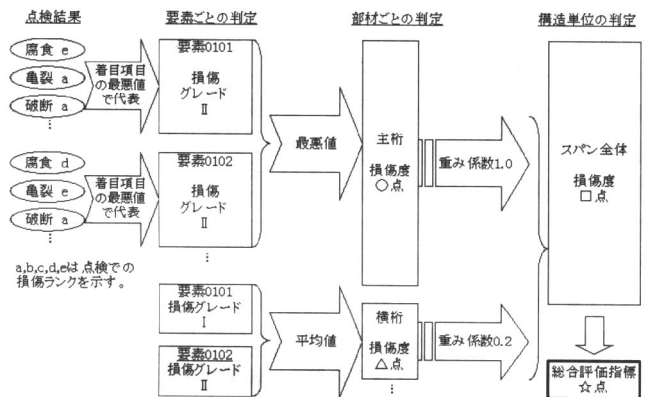


図7 指標値の計算の流れ

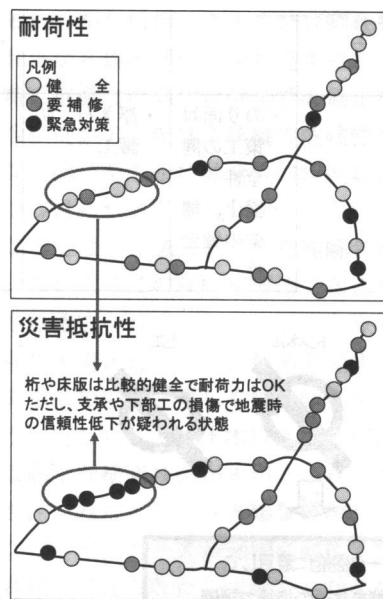


図8 指標値の試算結果(耐荷性、災害抵抗性)

1に部材の統合方法と重み係数の例を、図7に指標値の計算の流れを示す。

図8に、指標値の試算結果を示すが、耐荷性と災害抵抗性で異なる様相となり、ネットワーク上のどの位置の橋梁がどのように機能上の障害となる危険性があるのかなどが視覚的に捉えやすくなる。ここで紹介した例では点検でえられる実橋の損傷に関するデータから指標値を算出して

るが、本来の診断であれば橋や部材の性能の評価に準拠した設計基準による相違等も反映させる必要がある。今後は当該橋が新設時の性能に照らして損傷等の事実によって現在どのように機能や性能の信頼性が低下していると考えられるかということだけではなく、路線の位置づけや架橋条件に応じた要求水準に照らしての現状評価や将来予測にも活用できるよう検討をすすめていく。

(2) 構造物群としてのネットワーク評価

1. で述べたように、効率的な資産管理を目指す中で、路線の位置づけに応じた管理水準の差別化を図るとともに、

表2 道路構造物群の指標値の設定例

		耐荷性	災害抵抗性	走行安全性	
機能		劣化の進行により、早期に荷重制限や通行止めに至るおそれの程度	地震時等に所定の性能が発揮されないおそれの程度	安全かつ快適な走行性が確保されることの信頼性	
				落石やコンクリート片の落下等の突発的な事故等が生じるおそれの程度	段差、轍、冠水等により、安全かつ快適な走行が脅かされるおそれの程度
構造物ごとの評価	橋梁	・主桁の健全性 ・床版の健全性	・下部工の健全性 ・支承の健全性	・床版の健全性	・伸縮装置の健全性 ・支承の健全性
	トンネル	—	・覆工の健全性	・覆工コンクリートの状態(浮き)	—
	舗装	—	—	—	・路面性状 ・排水機能の状態
	土工	—	・のり面対策工の健全性 ・盛土、擁壁の健全性	・浮き石、防護工	—

大規模地震等の緊急時における迅速なネットワークの状態評価に活用するため、橋梁のみならず、トンネル、土工といったさまざまな道路構造物を含めた道路構造物群として、個々の路線を、路線に求められる機能や性能(例えば緊急輸送道路に指定された路線に要求される耐震性能など)に応じて評価していく必要がある。構造物群としての評価のためには、異なる道路施設を評価する共通の指標が必要となるが、橋に対する評価指標の概念をベースとして、こうした共通指標についても現在開発を進めている。表2には道路構造物群の共通指標の設定例を、図9には路線としての状態評価のイメージを示す。

こうした共通の状態評価指標とともに、迂回路の条件や緊急輸送路などの路線条件、交通量などさまざまな要素と組み合わせる手法を確立することで、対策箇所の優先順位づけや対策効果の計測・説明等、計画的な維持管理に資するツールとなることが考えられる。今後、実業務での活用方法や適用範囲など具体的な開発目標を設定した上で、開発を進めていく予定である。

3.2 将来予測に関する取組み

投資計画の最適化や将来ネットワークの性能予測を支援するためには、管理する全橋梁の構造条件、環境条件、状態、劣化予測と想定される補修補強・更新パターンや費用等を適切に入力、設定し、長期における管理水準別の維持管理費用等を必要な精度で推計するシステムが必要となる。また、こうしたシステムを用いた個別橋の将来状態予測や、それに基づく個別橋の標準的な補修補強計画・費用の推計は、個々の構造物の損傷や事故の防止、補修や補強などの維持管理行為の最適化、あるいは長寿命化を目的としたミクロマネジメントの観点からも参考となる。

国土交通省では、こうした劣化予測に基づく将来状態予測や標準的な補修補強計画を提案し、最適な管理計画の策定を支援するツールとして、BMSの開発を行っている³⁾。BMSでは、健全度を予測していくにあたっての現況の損傷状態の評価、理論式による劣化予測に基づく健全度予測、そして設定された現状の評価および将来予測を用いて、部位・損傷ごとに最適な補修時期・補修費用を算出し、対策計画の提案を行うことが可能となっている(図10参照)。BMSは現在、地方整備局において試行運用されているが、実際の補修計画の実施にあたっては、定期点検の結果等を総合的に判断して時期を決定することとなる。

今後、マクロマネジメントの観点からの将来推計に関しては、社会的割引率の観点も踏まえた適切な将来推計手法の提案、修繕工事や架替えによる通行制限等により生じる外部不経済の評価と推計への取り込み、事業計画・実施スキームへのこうした推計の具体的な反映方法等が課題としてあげられる。また、ミクロマネジメントの観点からの個別橋の将来状態予測とそれに基づく補修補強計画・費用の推計については、点検結果による損傷データや、環境条件、大型車交通量など個別の架橋条件に関するデータ、構造・防食仕様などの橋梁諸元、補修履歴等の分析を通じた予測精度の向上や、システムによるアウトプットの事業実施ス

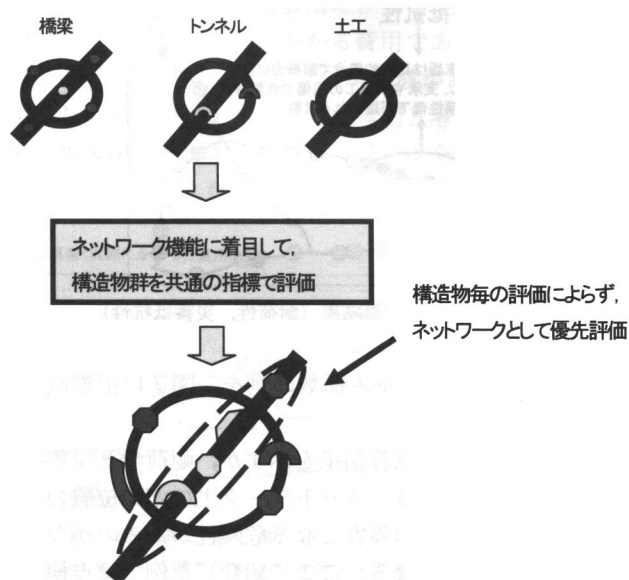


図9 路線としての状態評価のイメージ

点検データ(損傷程度の把握)

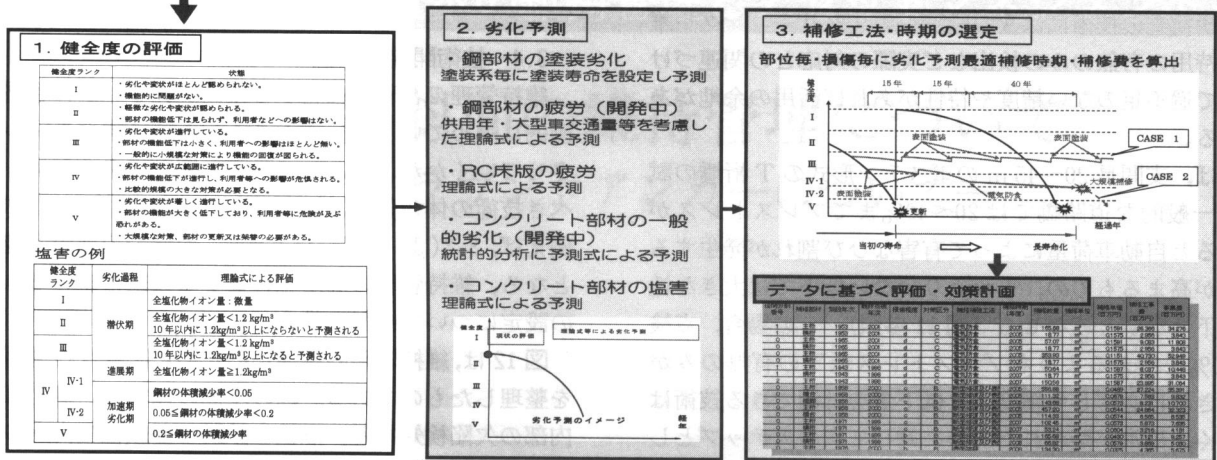


図10 BMSにおける試算イメージ

キームでの具体の活用方法，適用範囲の明確化が課題としてあげられる。

3.3 点検データの取得等に関する取組み

3.1, 3.2 に示した状態評価や将来予測を実現するために必要となる，点検データの取得，信頼性の向上，取得方法の合理化に向けた取組みについて以下に示す。

(1) 点検データ取得方法の見直し

現在，国管理の橋梁に対しては，5年に1度の頻度での点検が点検要領により定められているが，架設後の経過年，構造形式，交通状況，架橋環境等に，個別橋の点検結果に基づく損傷状況等に応じて差別化することにより，より合理的な管理が可能となる。そこで，直近の定期点検結果とその前の定期点検結果とを対比し，損傷の経年変化の把握，分析を行い，最適な頻度に関する検討を行っている。

また，現在は部材の要素ごとに細分化された損傷データが点検結果として蓄積されているが，多くの場合，局所的な損傷の進展が橋全体の健全性に影響を及ぼすため，こうした健全性に影響を及ぼす部位，損傷種類に着目したデータ取得方法等の見直し，差別化が必要であると考えられる。そこで，部位・形式等と損傷程度・進展および橋全体の健全性に対する影響を分析し，現在の点検手法によるデータ取得方法・記録単位の有効性の検証とともに，点検時に着目すべき項目やデータ取得方法について見直しを検討している。

(2) 損傷評価の方法の確立

多くの既設橋梁では，点検の際に何らかの損傷，変状が観察され，点検要領に基づく場合には部材単位で対策区分を判定していくこととなるが，それらの損傷や変状が橋全体の健全性にどの程度影響し，どの程度の緊急性をもって対策を行う必要があるか，評価が困難である場合が多い。撤去橋梁の損傷部位を用いた耐荷力，耐久性の検証試験等を通じ，こうした損傷部材の性能評価方法を検討していく予定である。

また，損傷を生じた部位に対する補強についても，多くの場合効果が不明のため，このような補強を実施した損傷部材の耐力評価試験等も併せて実施していく予定である。

(3) 点検の高度化に資する開発目標の設定

現在の点検要領では，目視による点検が基本となっているが，構造物の内部等目視での点検が不可能な部位の点検を行うためには，非破壊検査手法の開発や活用が不可欠である。しかし，多くの場合，非破壊検査による調査結果の評価方法，診断のため機器に求められる精度が不明のため，合理的な機器の開発や適用の促進・普及に結びついていない。このため，点検の高度化に資する技術の開発目標となる，要求性能（リクワイアメント）の設定について検討を進めている。

PC橋ではPC鋼材の劣化や不適切な施工等のさまざまな原因で導入されるプレストレスが設計と乖離する可能性が考えられる。しかし目視によってひび割れを発見したとしても，それらから橋の健全性を判定することは困難が予想される。特に軽微な段階では健全性の適正な評価は困難であり，大規模補修の必要性や落橋の危険性が危惧されるような深刻な事態に至るまで健全性の程度が認識されないまま供用がつづけられることも危惧される。この問題は特に目新しいことではなく過去より当然理解されてきたことではあるが，これまでこの課題を解決できる有効な検査手法や評価技術は確立されていない。このように維持管理に対しては合理化・適正化のために技術開発すべき多くの研究等課題があるものの，必ずしも技術開発が活発に行われていないように感じられる。土木以外の分野に目を転じるときさまざまな高度な検査技術が実用化されつつある実態を考慮したとき，これは着目すべき事象の絞り込みや必要な精度の設定など，技術ニーズが適切に発信・認知されていないことが課題と考えられた。すなわち時々の技術基準に従って整備される橋梁に関していえば次のような特徴があることを考慮すると，的確に維持管理に資するニーズを示すことで技術開発が促進されることにつながるものと期待している。

- ① 道路橋として時代ごとに同じ基準で設計されていることから，準拠した基準や構造形式等に応じて，劣化の傾向や管理で着目すべき事象等に大きな違いはないと考えられる。
- ② 維持管理では，緊急対応から監視，詳細検査，補修

補強の実施と、段階的に対策が行えることから点検や検査の技術には次の段階へのスクリーニングや維持用の有無のみの検出など実際の対応との関連づけで過不足のない精度や特性があれば活用の余地がある。

例えば、支間長 20~45 m のポステン形式の T 桁橋の試算では一般的な道路橋では 20~40% までプレストレスが低下すると自動車荷重によって有害なひび割れが発生するおそれが高まるものの、それより少ない低下では大きな性能の低下はないとみなせる (図 11 参照)。この場合、点検では 20% を越えるようなプレストレス低下の有無のみが判断できれば必ずしも精度よく低下量を計測できる技術は必要なく、異常が疑われたものに対して次のステップとして個別に詳細な調査が行われればよい。

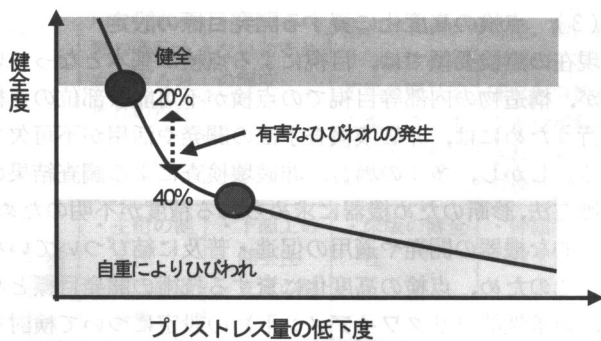


図 11 プレストレス低下による健全度への影響

現在当研究室では、プレストレス異常の合理的な検出を目指してスクリーニング手法としてのプレストレス量検出技術への要求性能のあり方についての検討を行っている。

(4) 点検困難な事象に対する点検・診断手法の確立

橋梁はじめ道路構造物の点検では、現在まで効率性や経済性の観点からも主に目視中心で異常の検出が行われてきている。しかし例えば、過去には下部工のフーチングにアルカリ骨材反応によると疑われる顕著なコンクリートひび割れや内部鋼材の破断が確認されたことがあるが、このような地中部や水中部など外観目視が困難な部位であっても、橋の健全度に深刻な影響を及ぼしうる劣化や損傷が生じる場合がある。今後新たに建設するものについては出来るだけ容易かつ確実に異常を検出できるような維持管理性にすぐれた構造を心がける必要があるが、既設構造物で維持管理性の抜本的な改善は困難な場合が多く、点検困難箇所の異常を検出できる手法の確立が求められている。例えば地中部でアルカリ骨材反応が生じる場合に、地上部にも高い相関でなんらかの異常が生じたり地中環境によって危険性の程度が異なるとすればそれを把握することで劣化フーチングの簡便なスクリーニング手法が確立できる可能性がある。このようにたとえ間接的手法であっても、できるだけ橋の多くの部位・部材における異常が合理的に検出できる手法についても開発が望まれる多くのテーマがあり、

現在研究室でもいくつかの取組みをすすめている。

3.4 技術開発の促進

維持管理の合理化に資する技術開発をいかに戦略的・計画的に進めていくか、またこうした技術開発をいかに促進させていくかが、国として重要な課題であるため、開発すべき技術の体系化や、技術の開発目標の設定を進めている。例えば、3.3(3)に示したように、産学での技術開発の目標となる、維持管理の高度化に資する技術に求められる性能の設定について検討を進めている。

図 12 は、維持管理の合理化のために必要な技術開発分野を整理したものである。図の左側の領域は、例えば構造物内部の欠陥検知など、点検や診断の信頼性の向上のために必要な技術開発領域である。一方右側は、例えば点検手法の機械化や自動化による省力化や、モニタリングによる速やかな異常検知など、点検の効率化・最適化に必要な技術開発領域である。また、左右の領域のそれぞれ上側の領域は、現在の維持管理体制の改善として導入が可能なもの、下側の領域は、維持管理の人員配置など体系そのものの改革を伴うものとなっている。

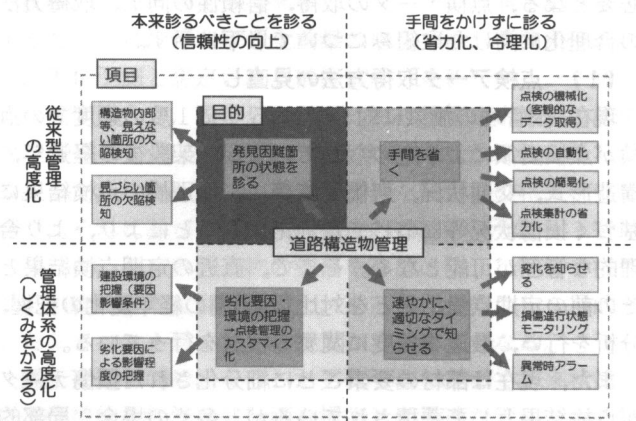


図 12 維持管理に関するニーズの整理

4. 今後の課題

今後、管理すべきストックが増大し、高齢化が進む中で、橋だけでなく、土構造物など他の構造物も含めた道路構造物群として、ネットワークとしての合理的な管理に向けた取り組みを体系的、網羅的に実施していくとともに、個々の構造物の重大な損傷を防ぎ、維持管理を合理化していくために必要となる研究開発や、研究開発を促進するための手法について、点検制度など維持管理制度への開発技術の反映方法も含め、引き続き検討を進めていく。

参考文献

- 1) 国土交通省道路局：道路統計年報，2006。
- 2) 国土交通省道路局：橋梁定期点検要領(案)，2004. 3。
- 3) 玉越隆史・小林 寛・武田達也：道路橋の維持管理に関する取り組み，土木技術資料，Vol. 48, No. 11, pp. 24~29, 2006。

高速道路斜面の維持管理について —特にグラウンドアンカーについて—

おおくぼ かつみ
大窪 己
たけもと まさる
竹本 将**

1. はじめに

日本に高速道路が供用し始めて約40年が経過し、その間、安全で快適な高速道路空間を提供するために、高速道路の維持管理を実施している。

高速道路の延長は平成18年度末で約7500kmにおよび、今後も道路資産が増えることから、国民の資産である高速道路を経済的で効率的に維持管理することが今後ますます重要になってくる。

高速道路を安全で安心して利用していただくためには、老朽化する高速道路資産を的確に判断する技術が必要である。NEXCOではこの目的を達成するために、日常点検、定期点検等必要に応じた点検を実施しており、計画的な補修を行うための基礎資料を得ることで目的を果たしてきている。

このうち、土構造物である盛土部・切土部については、のり面などの表面の健全度を評価することで判断が可能である。しかし、のり面の安定対策や斜面の安定対策に用いられているアンカー工（アースアンカーや現在のグラウンドアンカーを含む）の健全度の判断を行うためには、斜面

全体や地表面に現れているアンカー頭部の状況を評価すれば一応の判断はできるが、地中内部の状態までは目視できない。地中内部のアンカー工の定量的な損傷状態を把握する技術にアンカーの荷重を計測できるリフトオフ試験があるものの、古いタイプのアンカー工ではそれができない構造を有しているものもあり、未だに確立されていない状況にある。

本報文では、盛土や切土のり面の点検について述べるとともに、アンカー工の実態について報告することで、高速道路資産としての斜面の維持管理について記述する。

2. 斜面の点検

高速道路における点検は「保全点検要領（平成18年4月）」¹⁾と、これを補完あるいは関連する21のマニュアル類に基づき、路面、のり面、橋梁、トンネル、横断構造物等の種別ごとに実施されている。保全点検要領には、必要な点検の体制、点検種別、点検頻度、判定区分、点検手法、着目点、結果の記録方法など、全国レベルでの標準的な事項について記載されている。また、路線の供用年数や交通

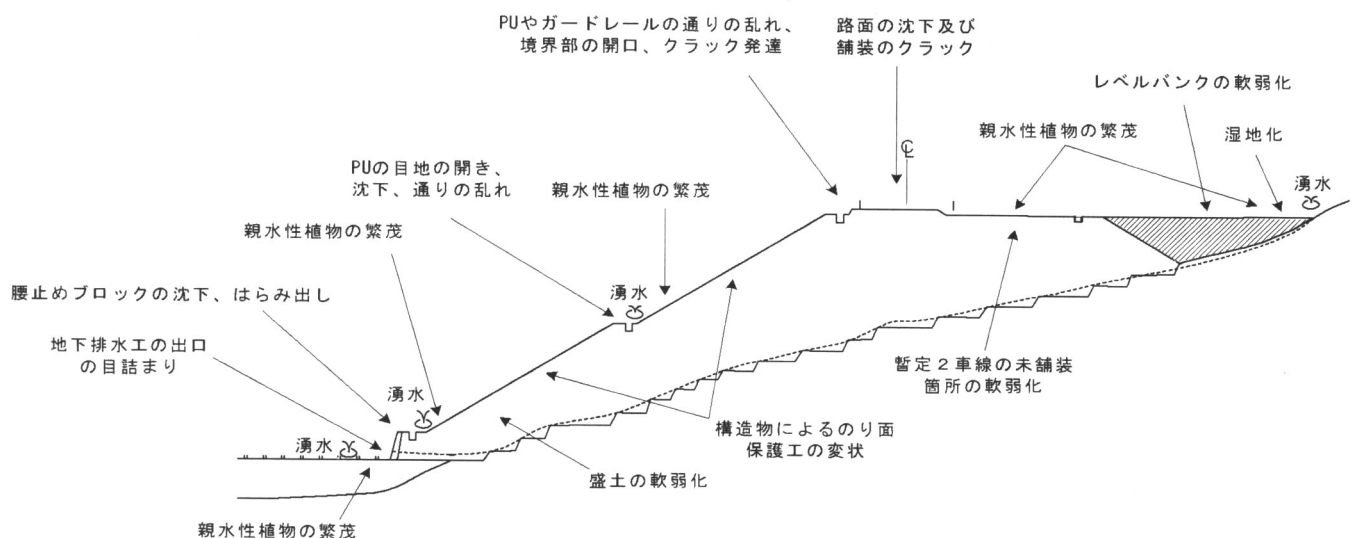


図1 盛土のり面点検の着目点

* (株)高速道路総合技術研究所 道路研究部 土工研究室 室長 ** 同主任

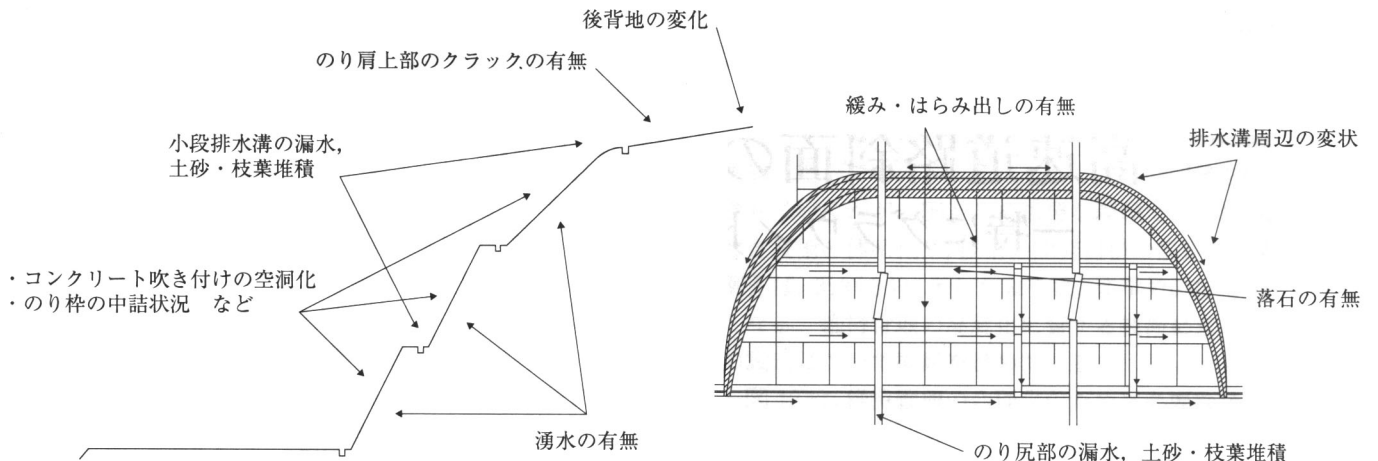


図2 切土のり面点検の着目点

状況、地域の特性を考慮し、別途細則を設けて対応することとしている。点検の実施においては、損傷を見落とさないよう留意事項を示している。図1は盛土のり面点検時の着目点について示したものである。盛土のり面の点検において、のり面の表面に現れるのり肩部のクラック、段差、はらみ出しは重要な点検項目である。また、傾斜地盤の狭い谷地形に構築された盛土やレベルバンク、片切片盛土および暫定二車線の盛土は、異常な降雨による過度な水の供給により盛土本体に悪影響を与えることも考えられるため、特に注意が必要となる。図2は切土のり面点検時の着目点について示したものである。切土のり面の点検では、切土のり面上部の自然斜面を含めた広い範囲にわたってクラック等の変状の有無を調べる必要がある。また、年数を経るに従い、高速道路に隣接する地域の開発および土地利用の変化に伴って、斜面の安定に大きな影響を与えるような事例も生じる。切土のり面では、このような周辺の環境変化などにより、のり面へ多量の水が供給される場合は、その影響を検討しなければならない。

点検により損傷を発見した場合は、損傷の程度を判定する。全ての土構造物の損傷程度を同一の基準および精度で統一することは困難であるが、ある程度統一した判定区分を用いることが必要である。判定区分は、土構造物の損傷・変状に対して構造物の機能面からみた損傷の程度と補修や調査の必要性の有無および緊急性を判定するAA, A, B, C, OKの5区分と、さらにその損傷が第三者等に対して支障となる恐れがあるかどうかを判定するEに区分し、補修計画に役立つものである。

3. アンカー工の損傷

切土のり面や盛土のり面に発生する変状や損傷は、小段のシールコンクリートや水路にクラックや段差として生じるため、目視により簡易に発見することができ、また簡易に補修することもできる。しかし、斜面崩壊対策や地すべり対策に用いられるアンカー工や抑止杭のような抗土圧タイプの抑止工については大半が地中に埋まってしまうため、地中部の損傷状態を簡易に把握することは難しい。こ

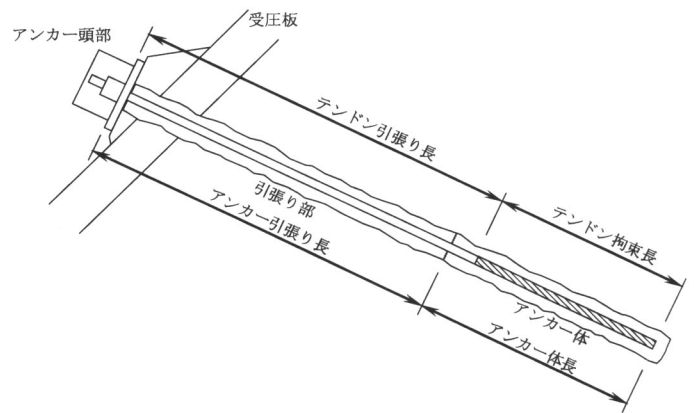


図3 アンカー工の基本的な構造

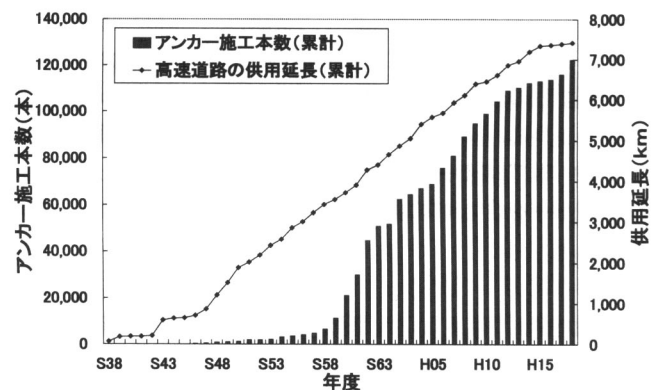


図4 アンカー工施工本数と高速道路供用延長

こで、アンカー工について着目し、図3にその基本的な構造を示す。アンカー工は、地表部に露出するアンカー頭部と受圧板、地中部に造成される引張り部およびアンカー体から構成される。アンカー体を地盤に拘束し、テンドンに引張り荷重をかけた状態でアンカー頭部を定着することにより、引張り部に緊張力がかかる。これにより受圧板とアンカー体間の地盤を締め付けたり引き止めたりするものである。

高速道路のり面では、施工の迅速性や経済性等の観点からこのアンカー工がある時点から多用され始めた。図4は年度ごとのアンカー累積施工本数と高速道路供用延長の

関係を示したものである。

高速道路では昭和44年頃からアンカー工が使用されており、平成18年までに約120,000本が施工されている。高速道路の供用延長がほぼ同じ割合で増加しているのに対し、アンカー工の施工本数が昭和60年以降急激に増加した背景には、山間部や地すべり地帯を通過する建設路線が増えたことやアンカー工に関する技術の進歩が要因と推測される。

アンカー工は引張り部の材料形状により、鋼棒タイプとより線タイプに分けることができる。図5に年度ごとの鋼棒タイプアンカーとより線タイプアンカーの施工本数を示す。鋼棒タイプアンカーは昭和60年代を境に施工本数が減少し、近年では全く使用されていない。一方、より線タイプアンカーは年度ごとに施工量は違うものの近年も継続した施工実績がある。

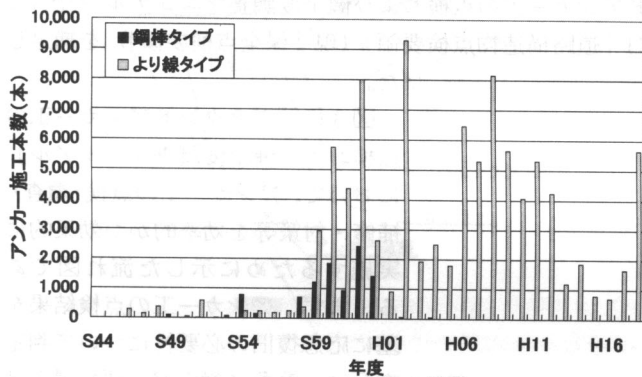


図5 タイプ別アンカー施工本数

この違いは昭和50年後半に発生したアンカー工の破断事例から端を発している。切土のり面の点検時に、施工から約10年が経過した鋼棒タイプとより線タイプのアンカー工の破断が発見された。より線タイプアンカーは頭部コンクリートキャップの浮き上がりとして、鋼棒タイプアンカーはアンカー鋼材の飛び出しとして報告された。この時、より線タイプの損傷状態はコンクリートキャップの浮き上がりであり、より線破断時の第三者へ支障をきたす可能性は小さいが、鋼棒タイプは飛び出しによる被害の可能性が推測された。このため、新規に鋼棒タイプアンカーの施工を控えたものである。実際、その後にも破断による鋼棒タイプアンカーの飛び出しは少数ではあるが続いたことから、旧日本道路公団では平成12年に応急対策として鋼棒タイプアンカーの飛び出し防止対策を行う手引きを作成し、全国的な対応を図ることにした。

アンカー破断の事象は、鋼棒タイプアンカーについて大きな問題となったが、より線タイプアンカーも含め、そもそも抑止工としてのアンカー工が10年で損傷・破断したことはさらに大きな問題となった。このため、破断したアンカーや施工経過年数の長いアンカー工について、アンカーの掘り起こしなどによる詳細な調査を実施した。掘り起こされたPC鋼より線の状況を図6(a)、PC鋼棒の状況を図6(b)に示す。

調査の結果、鋼棒およびより線には錆が発生しており、著しく断面欠損を生じているものも存在した。破断の原因

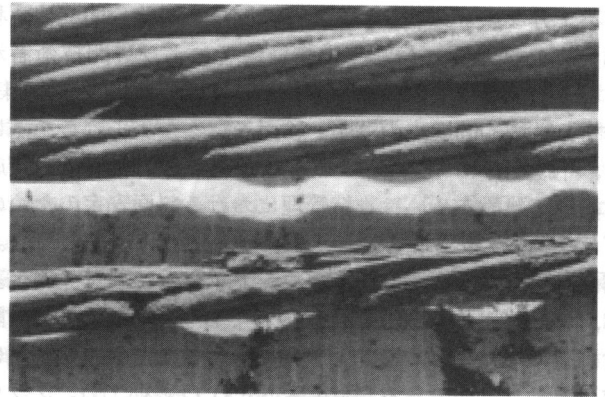


図6(a) 掘り起こされたPC鋼より線

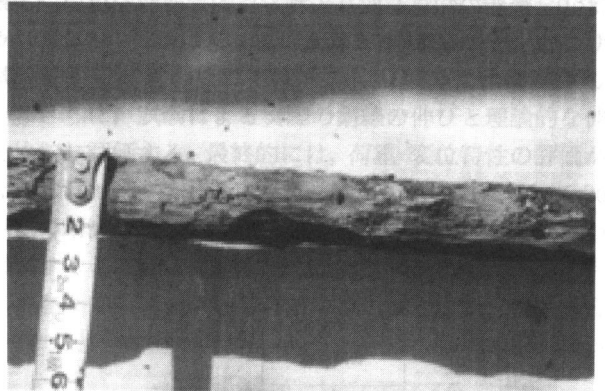


図6(b) 掘り起こされたPC鋼棒

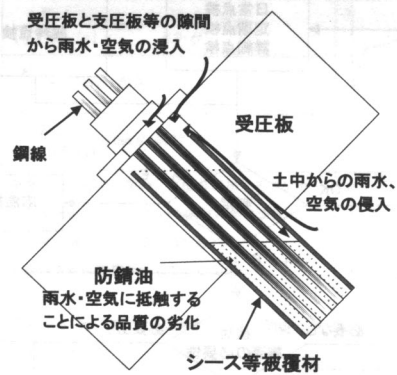


図7 アンカー頭部背面の構造の一例と損傷

はアンカーを構成するPC鋼より線やPC鋼棒が頭部背面あるいは引張り部（自由長部）において、腐食による断面欠損を生じ、緊張力を保持できなくなったと推測された。図7は損傷したアンカーの頭部背面の構造と損傷原因についての一例を示したものである。昭和60年代以前のアンカー工のテンドンは大半がシース等に被覆され防錆油が充填されることにより、錆の発生を抑える構造となっていたが、頭部背面部については空洞ができやすく、隙間から浸入した雨水などが空洞部分に露出したテンドンに錆を発生させることとなっていた。また、引張り部とアンカー体との境界付近も構造的な不連続面が存在することから、外部から水が浸入した場合は腐食の原因となっていた。このような結果から、構造的な防食性能のさらなる向上が要求されることとなった。

さらに、アンカー工には技術的に未解明な部分や標準化

が不十分な点もあったことから、旧日本道路公団では昭和63年から3年間にわたり学識経験者および専門技術者からなる研究委員会を設立し、アンカー工の施工事例を収集、分析し技術的問題点の解明、検討を行った。これらを基にし、平成4年に「グラウンドアンカー工設計指針」を作成し、道路建設あるいは維持管理における斜面安定のためのグラウンドアンカーの計画・設計へ適用することとした。旧(社)土質工学会でも「グラウンドアンカー設計・施工基準、同解説」²⁾を平成2年に出版しており、アンカー工の防食構造の向上など、設計・施工に関する新たな基準制定に取り組んだ時期である。今年度NEXCO総研では、グラウンドアンカー工設計指針の制定からすでに15年が経過しており、最新の知見を取り入れる目的で改訂を行い、「グラウンドアンカー設計施工要領」を制定した。

4. アンカー工の点検

現在、高速道路の切土のり面等には約120,000本のアンカー工が施工されている。我々は昭和60年代以前の防食性能が低いアンカーを旧タイプアンカー、それ以降の防食性能が向上されたものを新タイプアンカーと総称している。このうち、旧タイプアンカーと新タイプアンカーは約60,000本ずつ存在する。旧タイプアンカーについては十分な点検を行うことはもちろんであるが、新タイプアンカーについても、施工後約20年が経過することとなる。アンカー工は恒常的に緊張力がかかった状態で、しかも地中に造成され過酷な環境に置かれる場合もあり、他の構造物と比べ点検手法や点検結果の判断が特殊となる。このため、旧日本道路公団では計画的な維持管理の実施と的確な対策の立案に寄与することを目的として、平成12年に「グラウンドアンカー工の点検および健全度調査マニュアル」を出し、旧「道路構造物点検要領」(現「保全点検要領」)を補足した。

図8は「グラウンドアンカー工の点検および健全度調査マニュアル」において、アンカー工の点検・調査・補修・対策等を効率的かつ効果的に実施するために示した流れ図である。まず、アンカー工の点検結果を基に応急復旧の必要性について判定を行い、緊急に対応が必要な場合は応急的な復旧を行う。次に追加調査の必要性について検討した後、必要であれば調査を実施、その結果から対策工について検討を行うものである。

このマニュアルでは、アンカー工の点検は大きく日常点検、定期点検、詳細点検、臨時点検、健全度調査等に分けられている。日常点検は車上目視を基本とする遠望目視による点検。定期点検は、アンカー工設置のり面について、徒歩による近接目視を基本とし、主に個々のアンカー工についての状況を把握するために行う点検。詳細点検は、徒歩による近接目視および打音、その他クラック幅計測や荷重測定等の点検を実施し、個々のアンカー工の状況を把握するために行う点検。臨時点検は、異常気象時等に必要に応じて行う点検。健全度調査は、アンカー工設置のり面で変状、損傷などが確認され、詳細な調査が必要となった場合に行うもので、アンカー頭部を詳細に観察し、腐食状況、セット状況、破断、破損、前回調査との比較等について

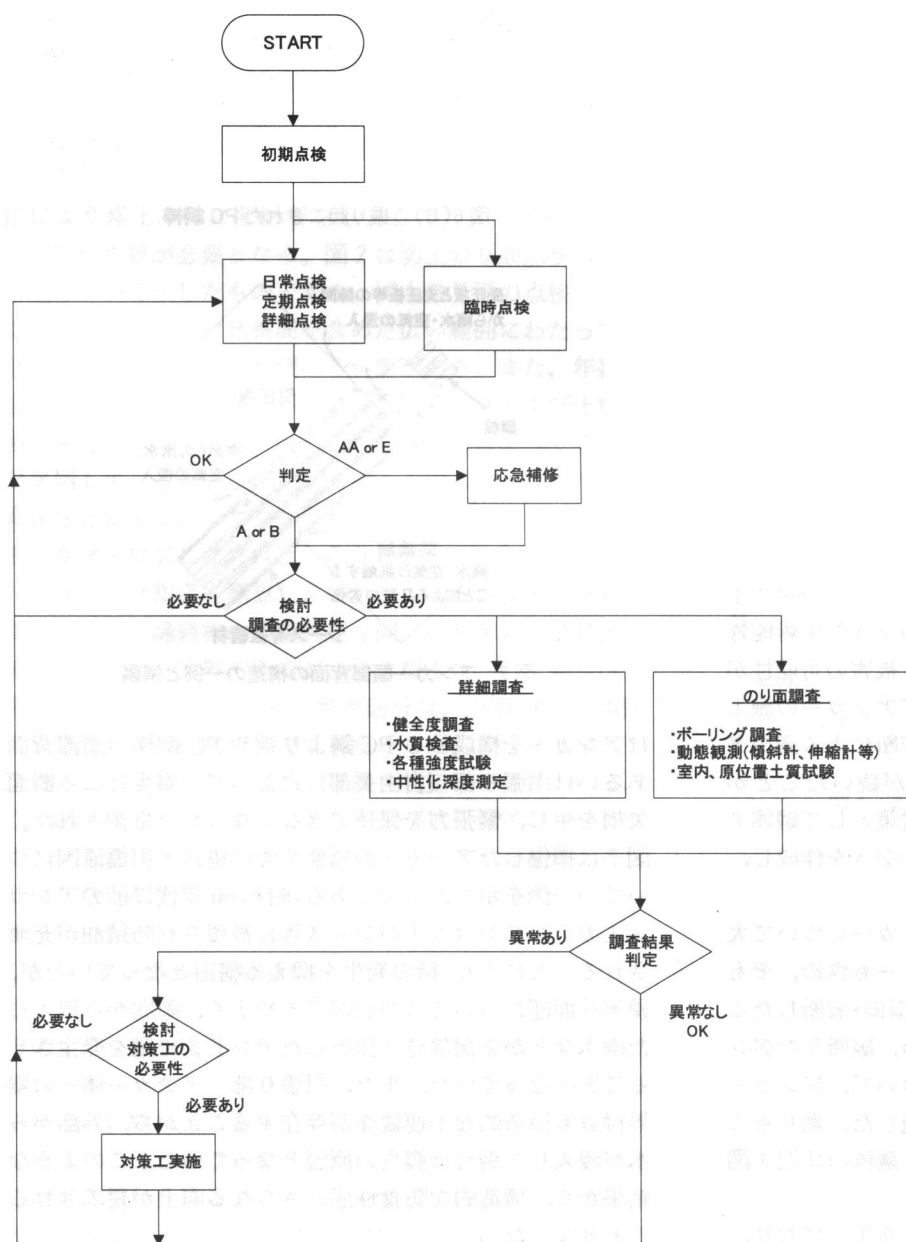


図8 アンカー工の維持管理の流れ

照査し、さらに荷重計測を行う調査である。アンカーが破断しているものについては、近接目視により発見できるが、地中に造成された部分の錆等による損傷の確認はできない。このため、健全度調査時には荷重計測を行うものである。現在、新たにアンカー工を施工する場合は全体数の5%に荷重計を設置し、荷重を管理することとしているが、荷重計が未設置のり面あるいは荷重計の耐用年数が過ぎ計測不可能になったものについては、リフトオフ試験の実施が必要である。図9にリフトオフ試験の概要を示す。リフトオフ試験はテンドンの余長を油圧ジャッキで載荷した場合、残存引張り力を超えた時にアンカー頭部が支圧板から離れる。その時の載荷荷重から、アンカーにかかっている荷重を捉えるものである。

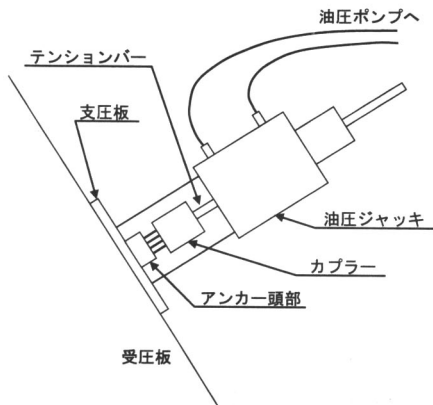


図9 リフトオフ試験の概要

表1 健全度評価項目と評価区分

対象部材	調査項目	評価区分	
		記号	評価内容
（くさび、ヘッド、プレート） 定着具	錆、腐食	I	著しい錆、腐食がある
		II	軽微な錆、腐食がある
	異物の混入（くさび）	I	著しく異物が混入している。もしくはくさびのぼらつき等がある
		II	多少異物が混入している。
	くさびのすべり	I	引き抜けたり、定着具がはずれたりしている。
		II	引張材のすべりが認められる。
ナットセット状況	I	適切な角度で設置されていない。十分にかみ合っていない	
	II	設置角度などの問題から、今後かみ合わせが悪くなる可能性がある。	
（テンドン） 引張材	錆、腐食	I	著しい錆、腐食がある
		II	軽微な錆、腐食がある
	破断、破損	I	破断・破損が認められる。もしくは破断・破損に発展する可能性のあるキズ等がある。
	切断方法	-	ガス、カッター、工場加工などを明記
	余長	-	引張材の余長を計測し、明記
	残存引張り力	I	残存引張り力が、設計アンカー力に対し120%以上に増加または定着時緊張力に対し90%未満に減少し、引張材余長に作業しろが見込めない、または再緊張作業中に降伏荷重を超えるもの。
I or II		残存引張り力が、設計アンカー力に対し120%以上に増加または定着時緊張力に対し90%未満に減少し、引張材余長に作業しろが見込める、または再緊張作業中に降伏荷重を超えないもの。	
防護工 受圧板	中性化	I	中性化深度が10mm以上
		II	中性化深度が10mm未満

5. アンカー工の健全調査と評価

アンカー工の健全度調査では、リフトオフ試験に併せ、表1の調査項目の判定を行う必要がある。評価区分Iは、現状でまったく機能しない。もしくは著しい機能低下が認められ、対策・補修を行ってもその機能の復元が望めないものを示す。評価区分IIは、機能低下は認められるが、対策・補修することによりその機能を復元でき、かつ、保持することができるもの。評価区分OKは、順調に機能しており、現状のままで、良好な状態を維持できるものを示す。

リフトオフ試験による残存引張り力の評価と表1の他に、荷重-変位特性と合わせて判断し評価する必要がある。表2に荷重-変位特性の評価区分の目安を示す。健全なアンカー工はリフトオフ後に頭部変位の増加量が一定となり、試験途中の荷重の抜けや鋼線の伸び率の変化は発生しない。さらに、試験による実際の鋼線の伸びと理論的な伸びを比較し評価する。最終的には、荷重-変位特性の評価がIないしIIで、残存引張り力が設計アンカー力に対して20%以上の増減を示した場合に、その原因や対策などについて検討することとしている。

現在までにアンカー工に対する点検手法やその評価方法

表2 荷重-変位特性の評価区分

タイプ	記号	P- δ 特性分類	図
A	OK	$\theta_1 = \theta_2 = \theta$ $\frac{E \cdot A}{(lf + 0.5 \cdot la)} \leq \tan \theta \leq \frac{E \cdot A}{0.9 \cdot lf}$: 正常	
	II	$\frac{E \cdot A}{0.9 \cdot lf} < \tan \theta$: 異常 $\frac{E \cdot A}{(lf + 0.5 \cdot la)} < \tan \theta$: 異常	
B	評価記号はAと同様	荷重を上げるのに従い、変位が増加するアンカー ・定着地盤のクリープ、PC鋼材の付着切れが徐々に進行していると考えられる。 ・自由長部に摩擦が生じている場合が考えられる ・ $\theta_1 > \theta_2$ 伸びが正常か異常かは、Aと同様の評価をする	
C	I	リフトオフ後、荷重が上がらず、逆に変位の増加と共に荷重が下がっていくアンカー	
D	I	Cと同様の状態であるがCよりも荷重の低下が著しいアンカー ・引き抜けてしまったアンカーで θ_2 が大きい場合、地盤とグラウトの付着切れであると考えられる。	
E	I or II	リフトオフ後に突然荷重が下がり、即時に再び上がり始めるアンカー ・リフトオフ後、クサビとテンドンのすべりが生じた。	
F	I or II	リフトオフが明確に判断できないアンカー ・自由長部シース内に注入材が浸入した等の理由により、自由長部が拘束されたと考えられる。 ・オーバーロードになっている場合。	

P : 荷重 lf : アンカー自由長 E : アンカーテンドンの弾性係数
 δ : 変位 la : アンカー定着長 A : アンカーテンドンの有効断面積



写真1 リフトオフ試験実施状況

等について研究を行い取りまとめてきたが、現時点でアンカー工のリフトオフ試験を行う上で問題となっているのが、定まったリフトオフ試験法がないことである。つまり、载荷速度や保持時間の設定、試験最大荷重の設定、荷重と変位のサンプリングデータ数、リフトオフ値の決定手法等の条件を変更することにより、リフトオフ値にどう影響するのか分かっていない。そこで、現在载荷条件を変更したことによるリフトオフ値の違いについて検証を行うとともに、統一したアンカーの残存引張り力を導く試験法の確立に取り組んでいるところである。さらに、これらの試験データを有効に利用するためにNEXCO総研では施工当初のアンカーの諸元を統一的に取りまとめるアンカー台帳の作成も行っている。

写真1はリフトオフ試験を実施している状況である。写真に示すテンションバーやジャッキなどの試験装置は一般的に使用されるものであり、その重量は重い。また、残存引張り力の大きさに応じて、段階的に計測装置の重量はさらに大きくなる。今後、リフトオフ試験の重要性が高まると予想される。さらに多くのリフトオフ試験を実施し、荷重管理を行っていくためには、簡易に計測できる軽量の装置の普及あるいは全く別の簡易な荷重計測手法の開発が不可欠であり、これについても現在検討中である。

6. アンカー工の補修と予防保全

旧タイプアンカーが損傷を受けやすい構造になっていることは前述したが、損傷したアンカーの効果的な補修方法

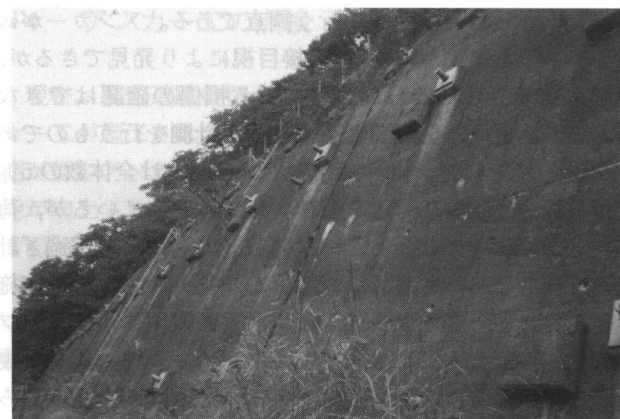


写真2 アンカー工の増し打ち

や、損傷が予想される弱点部を事前に補強することによりアンカーを延命化する技術は、残念ながらないのが現状である。また、アンカーが損傷を受けた場合、損傷の程度とのり面の安定性の関係を示すデータもない。現在執りうる対策は写真2に示すアンカー工の増し打ちのみであり、今後の効果的な補修技術あるいは予防保全技術の開発が望まれている。

7. まとめ

日本の国土の約7割は不安定な地質からなる山地であり、台風や地震の影響を頻繁に受けることから、斜面は非常に厳しい条件下にあるといえる。さらに高速道路が供用してから40年余りが経過した路線もあり、老朽化する斜面を効果的に維持管理する技術の重要性が増しつつある。未だに不明な点の多いアンカー工の構造や設計、施工法については、長い時間をかけて研究や検討を進め、改良・改善を進めてきているが、さらなる技術の進歩が望まれることから、今後も研究に取り組んでいくものである。

本編では、特にグラウンドアンカーに着目し、アンカー1本1本の点検手法と健全度評価について取り上げたが、本来の目指すところはアンカー工を施工したのり面全体の安定性であり、この評価方法が今後の最も重要な課題と考える。

参考資料

- 1) 東日本高速道路株式会社・中日本高速道路株式会社・西日本高速道路株式会社：保全点検要領構造物編，平成18年4月。
- 2) (社)土質工学会：グラウンドアンカー設計・施工基準，同解説，平成2年2月。

トンネルの維持管理技術とアセットマネジメント

こにし しんじ
小西 真治*

1. はじめに

国土の大半が山岳部である我が国では多くのトンネルが建設されてきた。図1は、わが国で供用されているトンネルのうち、水路、鉄道(JR)、一般国道、高速道路の年代ごとの累積延長の変化を示したものであるが、総延長は1万kmにも及んでいる¹⁾。これらのトンネルは一般に、周囲の地盤に守られ安定した環境にあり100年を超えるきわめて長い寿命を持つ。実際、今年で120歳になる東海道本線保土ヶ谷―東戸塚間の清水谷戸トンネル(上り)(1887年建設、写真1)のように、経年を重ねた多くのトンネルが現在も安全に使用されている²⁾。

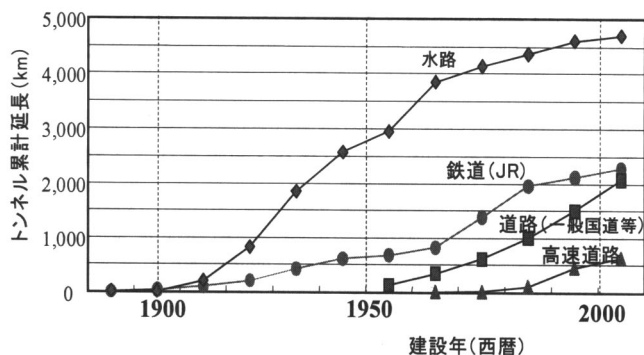
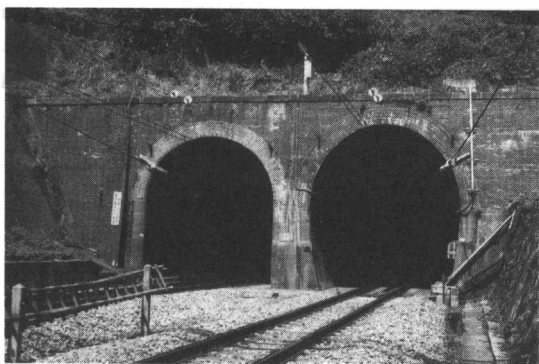


図1 日本のトンネル延長の変遷 (2003.9 土木学会岩盤力学委員会調べ¹⁾)



出口方坑門, 上り線 1887年建設 (左側)

写真1 清水谷戸トンネル(東海道線横浜―東戸塚間)²⁾

ところが中には、使用開始後早い時期にひび割れなどの変状が生じ、対策を余儀なくされるケースもある。原因としては、地圧等の外力の作用や覆工材料の劣化、施工中にやむを得ず生じたひび割れや背面の空洞、覆工巻厚の不足などがある。このような変状の生じたトンネルでも、きめ細く検査し、手を加えるといった維持管理をすることにより長期間にわたり安全に使用することができる。

急激な人口増加や高度経済成長が当面見込めない今、これら多くのトンネルを効率的に維持管理することが求められている。この場合、安全性、信頼性は確保しつつ、経済性を追求する姿勢が必要不可欠である。このような背景から、トンネルの検査体系を構築するとともに、検査や診断の機械化、補修・補強への新技術導入などの研究開発が進められている。また、維持管理計画にアセットマネジメント手法を利用する研究も進められている。ここでは、古いトンネルを多く抱え、早い時期から維持管理の問題に直面し、技術開発に取り組んできた鉄道トンネルを中心に、最近のトンネルの維持管理技術について述べる。

2. 維持管理の体系³⁾

鉄道では施設等の検査方法や検査周期など維持管理に関する技術基準として維持管理標準が国土交通省から平成19年2月に施行され、すべての鉄道事業者が同じ体系で維持管理を行うことになった。鉄道総研はこの標準の原案作成を国から受託し平成12年から検討してきた。この際、次の方針により維持管理の体系化を図った。すなわち、1) 列車運行と旅客公衆の安全性を確保するための性能照査型の体系を構築する、2) 幅広い技術レベルからなる全ての鉄道事業者に適用できる体系とする、3) すべての構造物に共通する体系とする、4) これまでの維持管理体系を大きく変更しない。

維持管理標準は、コンクリート構造物、鋼・合成構造物、基礎・抗土圧構造物、土構造物(盛土・切土)、トンネルの5編に分れ、それぞれ、総則、維持管理の基本、初回検査、全般検査、個別検査、随時検査、措置、記録、付属資料といった構成になっている。内容としては、① 維持管理の性能規定化、② 検査の区分、③ 検査の周期、④ 検査員、⑤

* (財)鉄道総合技術研究所 構造物技術研究部 部長

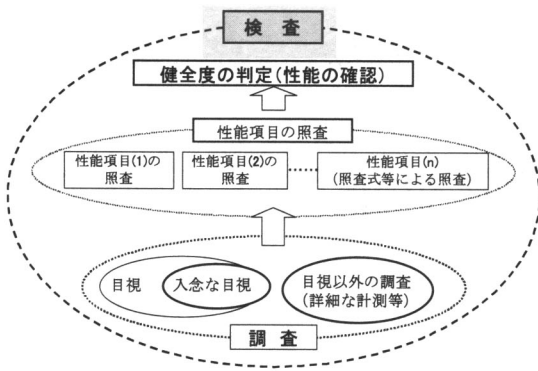


図2 検査における性能の確認の考え方³⁾

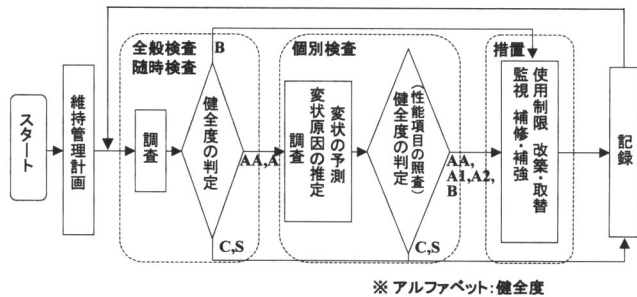


図3 鉄道構造物の維持管理の流れ⁴⁾

表1 鉄道トンネルにおける要求性能と性能項目³⁾

要求性能	性能項目	具体的な内容
安全性	①トンネル構造の安定性	トンネルが崩壊しない。
	②建築限界外余裕	建築限界を支援しない。
	③路盤部の安定性	列車の安全な運行に支障するような路盤の隆起・沈下・移動が生じない。
	④はく落に対する安全性	列車の安全な運行に支障するような覆工片、補修材等のはく落が生じない。
	⑤漏水・凍結に対する安全性	列車の安全な運行に支障するような漏水、凍結が生じない。
使用性	⑥漏水・凍結に対する使用性	漏水・凍結が坑内設備の機能に影響を及ぼさない。
	⑦表面の汚れ	検査に著しく支障するような汚れがない。
	⑧周辺環境に与える影響	周辺環境に有害な影響を与えない。
復旧性	⑨災害時等の復旧性	復旧対策が必要となるような災害時の偶発的な作用を受けた場合でもトンネルが崩壊せず性能回復が容易に行える。

調査項目と方法、⑥ 健全度判定、⑦ 措置、⑧ 記録、の考え方と方法が記載されている。

構造物では、経年とともに低下する本体あるいは部材の性能を継続して必要な水準以上に留めなければならない。そのため、設計・施工時の配慮のほか適切な維持管理を行うことがきわめて重要になる。すなわち、「設計・施工のみならず維持管理を含めて供用中の構造物の性能をある水準以上に確保する」ことが性能規定型の体系の基本的な考え方である。この性能は、安全性、使用性、復旧性の3つに区分し、安全性（列車が安全に走行するとともに落下物等により周辺の人命が脅かされないための性能）について取り扱うことにし、トンネルでは、表1に示す性能項目に整理した。実際の維持管理は、構造物の検査の周期、方法等を定めた維持管理計画に基づいて、一般に図2、3に示す手順で行う。検査は、初回検査、全般検査（通常全般検査、特別全般検査）、随時検査に区分され（表2）、全般検査で健

表2 鉄道トンネルにおける検査区分³⁾

検査区分	内容
初回検査	初期状態の把握を目的に新設時当の供用開始前に実施する検査。至近距離からの目視と打音。
全般検査	健全度の全体把握と共に個別検査や措置の要否を判定するための定期的な検査。
通常全般検査	2年毎に実施。目視と打音主体。
特別全般検査	トンネルでは新幹線10年、在来線20年毎に実施。至近距離からの目視と打音。
個別検査	全般検査、随時検査で「健全度A」の場合に実施する検査で、変状程度および性能の把握、変状原因の推定、措置の要否や時期、方法等の精査を行う。
随時検査	地震や大雨等で変状が発生した場合など必要な場合に実施。

表3 鉄道トンネルにおける健全度判定区分³⁾

(1) 剝落以外の安全性に対する判定

健全度	運転保安, 旅客および公衆などの安全に対する影響	変状の程度	措置等
A	AA 脅かす	重大	緊急に措置
	A1 早晚脅かす。異常外力の作用時危険	進行中の変状等。性能低下も進行	早急に措置
	A2 将来脅かす	性能低下の恐れがある変状等	必要な時期に措置
B	進行すれば健全度Aになる	進行すれば健全度Aになる	必要に応じて監視等の措置
C	現状では影響なし	軽微	次回検査時に必要に応じて重点的調査
S	影響なし	なし	なし

(2) 剝落に対する判定

健全度	変状の状態
α	近い将来、安全性を脅かす剝落が生じる恐れがあるもの
β	当面、安全性を脅かす剝落が生じる恐れがないが、将来健全度 α になる恐れのあるもの
γ	変状が認められるものの、安全性を脅かす剝落が生じる恐れがないもの

健全度の全体把握と共に個別検査や措置の要否を判定する（表3）。この検査では、外力・劣化・漏水等による機能障害に対する検査とともに、剝落に対する検査も行うが、その手順は次のとおりである。① 全体の目視検査を行った上で必要な箇所は打音検査を行う。② 打音検査で「濁音」が生じる場合は、可能な範囲で叩き落とす。③ 剝落に対する判定（ α （要対策）、 β （要注意）、 γ （問題なし）の3つに区分されている）を行い、 α に判定されたものについて剝落対策工を施す。このように、鉄道トンネルでは、剝落が生じ得る部位を全般検査で漏れなく抽出し、全般検査の結果から速やかに措置を施すことが求められている。ただし、地圧などの外力や材料劣化による剝落が問題となっている場合は、個別検査でさらに詳細な調査・計測を行い、トンネル全体の補強や劣化防止等を考慮した措置を必要により施すことになる。

3. 調査技術

トンネル坑内は、暗く、狭く、長く、単調なため、一般に行われている懐中電灯片手の徒歩による検査には自ずと限界がある。また、熟練技術者の減少も相まって、20年ほど前から検査の自動化が進められてきた。特に、剝落事故の経験をトリガーとして、客観化・自動化・システム化が

急速に進んだ。これらの技術の開発と導入は、道路、水路等の各分野で活発に進められているが、ここでは、鉄道トンネルでの動向を紹介する。

3.1 目視・打音に変わる調査法

目視による全般検査を補完あるいは代替する技術として、トンネル坑内を比較的高速で走行しながら覆工表面を撮影し、連続展開画像を得るシステムが実用化されている。画像を得る技術としては、まず1980年代からパノラマカメラ（近畿日本鉄道）や、スリットカメラ（JR西日本）が適用された。その後、ラインセンサカメラ（JR東海、JR北海道）（写真2(a)）、レーザー（鉄道ではJR東日本、西日本）（写真2(b)）等によるシステムが実用化され、画像処理（写真3）によって電子化された変状展開図の作成システム、さらに、他の検査データも併せたデータベースシステムに発展している⁴⁾。現在、さらなる高度化を目指して、測定速度や変状検出精度の向上、画像の重ね合わせによって変状の進行性を抽出する方法の開発が進められている⁵⁾。

一方、打音に替わる技術として、浮きや空隙などの覆工内部の変状を自動的に抽出する手法も実用化されている。例えば、熱赤外線により表層剝離を検知する方法（東京地下鉄）⁶⁾、電磁波によって覆工中の空隙等の欠陥を検知する方法（JR東日本）⁷⁾があり、いずれも車載化し一定速度で走行しながら面的な情報を得ることができる。

これらの検査システムは全般検査の目視あるいは打音調査に代わるものであるが、いずれも高価で、一部の大手鉄道事業者で実用化されているにすぎない。そのため、他の事業者での活用や個別検査への適用を目指して、さらにコンパクトな撮影システム（デジタルカメラ、CCDカメラによる方法、等）や内部検査システム（打音法、衝撃弾性波

法、音響弾性波法、等）が開発・実用化されている^{4),5)}。

3.2 変状監視法

トンネルの変状監視や近接施工による影響監視には、ひび割れや内空断面の変化等の計測が行われている。この場合、変状状況、監視の目的、範囲、期間、頻度、要求精度等に応じて、ひび割れ計測、歪み計測、内空変位計測、沈下計測等が選択される。しかし、長い区間で長期にわたって常時監視する場合には、必ずしも十分でない。

光ファイバを例えば10 kmという長い区間にわたって坑内に設置し、光ファイバに生じる歪みを計測することによって覆工の歪み、ひび割れ、内空断面の変化を監視する手法が開発されている（図4）⁸⁾。また、より経済的な導電材料を覆工面に線状に設置することにより、覆工のひび割れ発生を導電性の低下によって検知する手法も開発されている⁹⁾。

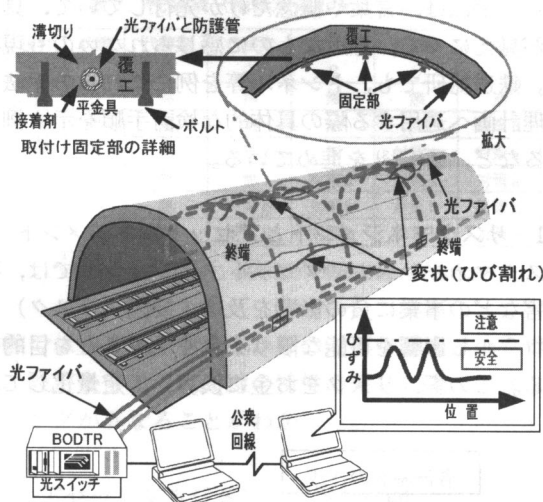
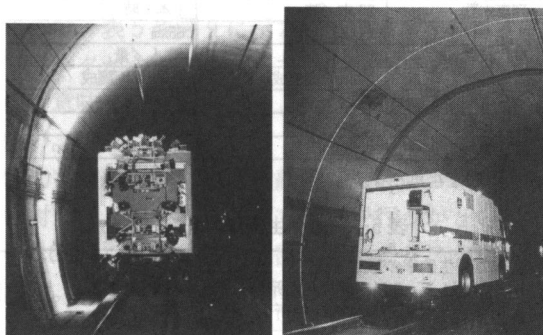


図4 光ファイバによる変状監視システムの例⁸⁾



(a) ラインセンサカメラ (JR東海, JR北海道) (b) レーザー (JR東日本, JR西日本)

写真2 覆工の自動撮影システムの例

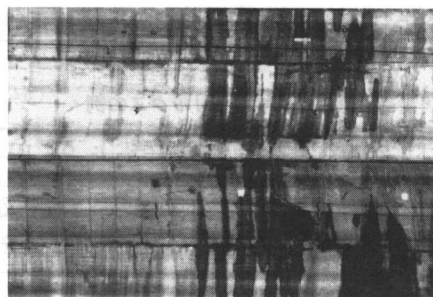


写真3 覆工展開画像の例 (ラインセンサカメラ)

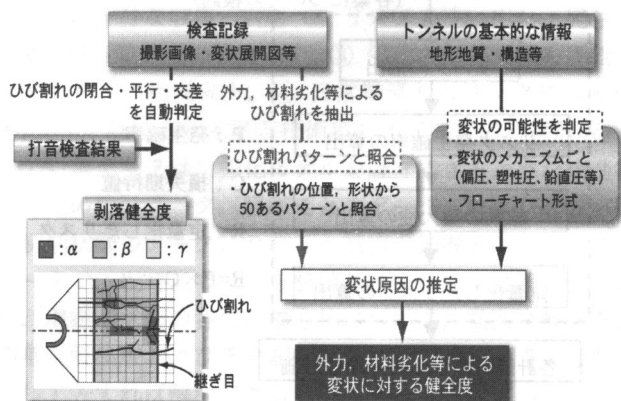


図5 トンネル健全度診断システムの概要¹²⁾

3.3 データベースと診断・維持管理のシステム化

現在、各事業者は、変状展開図等の維持管理の記録を整備し、これを拠り所にした検査体制を整えつつある。また、さらに一層のシステム化を目指して、次に示すような技術開発が進められている。① 画像や電子化された変状展開図をもとにしたデータベースシステムが実用化されている

(例えば文献¹⁰⁾)。さらに、事業者間の共通仕様により一元化された維持管理支援システムの構築も進められている¹¹⁾。
 ② 検査結果をもとに健全度診断を自動的に行うことのできる健全度診断システムが開発されている (図5)^{11),12)}。

4. アセットマネジメント

維持管理計画において、技術者のみで対処を判断するのではなく、経営者や利用者に適切に説明し、意思決定を行うことも必要である。これら意思決定する際の参考資料を作成する手法として、リスクマネジメントやアセットマネジメント手法がある。リスクマネジメント手法を用いて、リスクの洗い出しや、補強・補修個所の優先順位、検査方法、補強・補修方法を検討する、あるいは、もう一步踏み込んでアセットマネジメント手法により、メンテナンスに用いる資金や労働力の確保、配分計画等を検討するといった、維持管理計画法の研究がはじめられている。しかし、これらの手法は、言葉や概念だけが先行していて、具体的な姿が見えにくく、身近なものに感じられないのも現状である。鉄道総研でも、トンネル等を例にこれらの手法を維持管理計画へ適用する際の具体的な検討手順を示す例を作成するなど、研究¹³⁾を進めている。

4.1 リスクマネジメントとアセットマネジメント

リスクマネジメントやアセットマネジメントでは、事故や災害などの事業に負の影響を及ぼす要因(リスク)をコントロールし影響を可能な限り小さくすることを目的としている。この際、リスクをお金に換算し、定量化して取り

扱う。検討では、リスク=不具合の発生確率×不具合が発生した場合の損失金額、として定量化する。維持管理では、点検方法や周期、補修・補強方法やそのタイミングなどいくつかの案を、リスクを含めたトータルコストに換算して比較し、最適な方法を探し出す。図6に検討の手順を示す。

例えば、図7のように、点検費や補修費を抑える場合より、点検や補修を積極的に行ったほうが、リスクも含めたトータルコストで比較した場合、経済的になる場合も出てくる。

4.2 覆工からの剝落についてのケーススタディ(リスクマネジメント)

繁忙路線と閑散路線にある2つの架空のモデルトンネル(表4)について、安全性と経済性を考慮した適切な補修タイミングについて検討した例(リスクマネジメント)を紹介する。トンネルの経年は30年程度とし、今回はモデルを簡単にするため覆工からの剝落事故(50cm×50cm×50cm程度の剝落)のみを対象事象とした。剝落の発生する確率はトンネルの検査による健全度判定基準(表3)に依存すると仮定し、過去の健全度判定結果と実際の剝落事例から剝落の発生する確率を割り出した(表5)。また、トンネル覆工の劣化進行状況も過去の健全度判定例から遷移マトリックス(表6)を作成し、これにより将来のトンネルの状態を予測した。遷移マトリックスとは、構造物がある状態から周辺環境や外力などによって、別の状態に「遷移」していく状態をマトリックスで表現したものである。図8に示す各部分について、これらの計算を行い、合計してある年

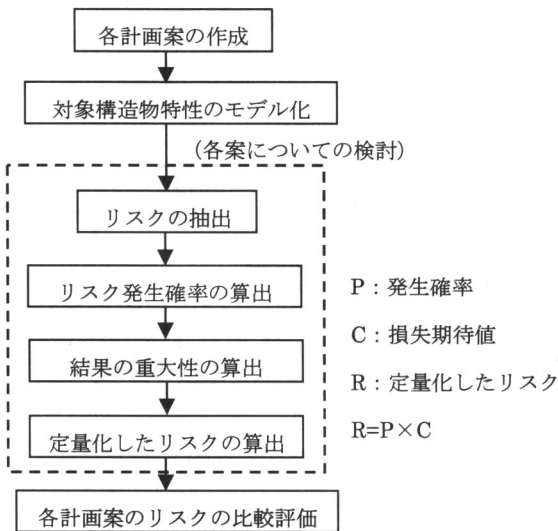


図6 維持管理でのリスクマネジメントの手順

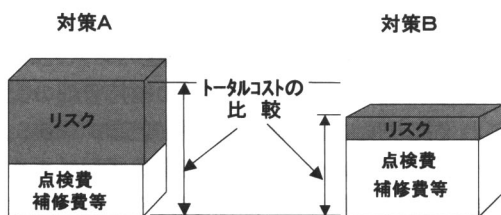


図7 維持管理でのリスクマネジメントの概念

表4 モデルトンネル諸元

項目	路線A(繁忙路線)	路線B(閑散路線)
工法	在来線	同左
列車本数	20本/時	1本/時
営業キロ	14km	65km
平均乗車人数	65人/量	12人/量
車両編成	16m 6両編成	16m 3両編成
トンネル延長	1008.8m	同左
地山の地質	均一	同左
営業収入	400億/年	38億/年

表5 剝落発生確率の想定例

剝落発生確率の想定(例)	
AA	: 3.3%/年・箇所
A1	: 0.33%/年・箇所
B	: . . .
例) AAの発生確率算出根拠例	
・ 4年間で15箇所で剝落発生	
・ 5分の4がAAで発生したと想定	
・ AAの鉄道トンネル延長は300m程度と想定	
・ 10.5メートルごと、アーチ、側壁部に分割 (12÷4÷300×10÷3) = 3.3%	

表6 遷移マトリックスの例

	S	C	B	A2	A1	AA
S	0.923					
C	0.077	0.998				
B		0.002	0.935			
A2			0.065	0.986		
A1				0.014	0.959	
AA					0.041	1

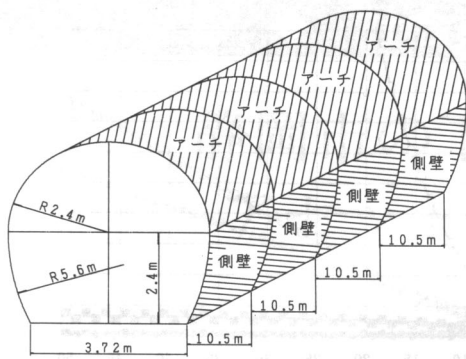
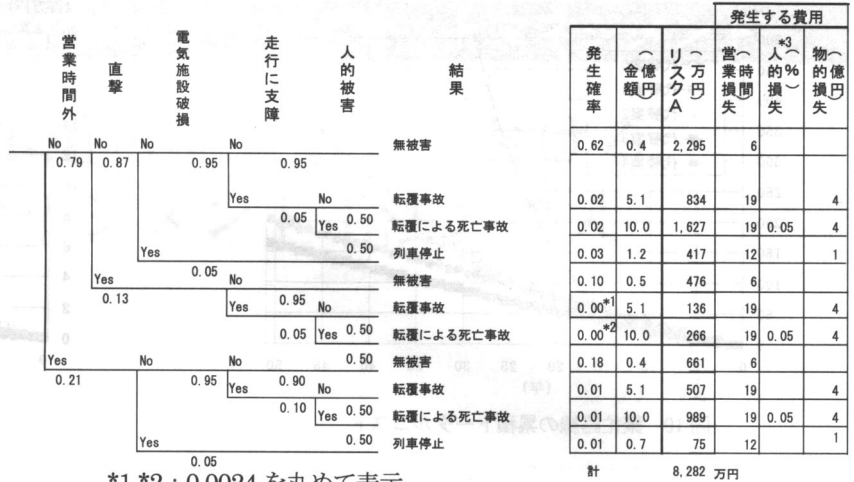


図8 トンネルのモデル化



*1,*2: 0.0024 を丸めて表示

*3: 車両当りの死亡者発生確率に表1の車両1台当りの乗客数と死亡1人当りの損失金額(ここでは1億5千万円)を掛けて算出した。

図9 イベントツリーの例

に剝落が発生する確率を算出した。

次に、イベントツリーを使って、剝落が発生することによって起こる、あらゆる不具合を拾い出し、そのような状態になる確率と、その場合の損害額を算出した。これらを掛け合わせて、剝落が起こった場合のリスクA(損失期待値: 将来予測される損失)を求めた。図9にイベントツリーの例を示す。イベントツリーとは、スタートとなる事象を左端におき、そこから考えられる選択肢を順に描き、どんな結果が導かれるかを枝分かれさせていく手法である。事象を変化させる要因に対し、変化の確率を与え、複数要因の結果として生じる事象の確率とその事象による損害額を関連づける。また、損失期待値とは、将来予測される損失、被害額のことである。このようにして求めたリスクAに、先ほどの剝落が発生する確率を掛けて、ある年のリスクを算出した。

ところで、表5や図9に示されている数字そのものは、少ないデータから仮定も含めて組み立てており、現段階ではさほど意味を持たない。ここでは検討の手順をご覧いただきたい。

具体的な検討では、通常全般検査で評価された健全度ランクに対してどのタイミングで補修を行うかといった代替案0~4(表7)について、上記の手順でリスクを算定し、比較した。

図10は繁忙路線の累積トータルコスト、図11は各年のリスク変動を示している。計算の結果、供用期間50年で、繁忙路線では累積トータルコストは代替案3(B以下の状態で補修を行う)が最小となるが、各年のリスクが存在する。代替案4(C以下の状態で補修を行う)は、各年のリスクがほとんどなく、累積トータルコストも代替案3より少しだけ多いので、色々な考え方はあるが、総合的には代替案4の早い時期から補修を行う方が適当であると考えられる。

図12、図13に閑散路線の結果を示す。閑散路線では、代替案3で累積トータルコストが最小になり、各年のリスクも0に近い値になっており、適当であると考えられる。このように損失費用が大きい高密度路線では早めの対処、閑

表7 代替案(補修対策のタイミング)

項目	状態	代替案0	代替案1	代替案2	代替案3	代替案4
シグ	S	無	無	無	無	無
	C	無	無	無	無	対策a
	B	無	無	無	対策a	対策a
	A2	無	無	対策a	対策a	対策a
	A1	無	対策b	対策b	対策b	対策b
	AA	無	対策b	対策b	対策b	対策b

対策aは注入工による補修。
対策bは対策aに加え、緊急補修対策時には充填工も行なう。

散路線では少し様子を見てからの対処が適当という結果になり、設定条件での、路線の特性の違いによる最適な補修タイミングが異なることがわかった。

4.3 アセットマネジメント適用の課題

今回の検討からアセットマネジメントを用いた維持管理計画の実用化について、次のような課題が考えられる。①データの十分な収集・蓄積、②リスクの洗い出し、発生の確率、被害額算出の精度向上、③劣化の遷移過程を評価できるモデルの精度向上、④日常業務とのリンクによる効率化、⑤経営者サイドと技術者サイド間での合意形成。

①対象データは、劣化モデルを確立できるような構造物の劣化の統計データ(経年ごとのデータ、および建設直後の初期状態のデータ)や詳細な被害の把握のために必要なデータで、現時点では十分整備されているとはいえないが、現在、鉄道の各種の構造物について、初回全般検査、通常全般検査およびその記録保管が行われるようになり、少し工夫すれば解決できると考えられる。⑤については、結果を利用して人間が計画を決定することから、技術者サイドだけでなく経営者サイドも入力データからアウトプットが出てくるまでの流れを把握し、結果のばらつきについても認識しておく必要がある。以上のような課題についても、本手法を実際に使っていくうちに徐々に改善されていくものと考えられ、粘り強く研究を進める必要がある。

事故の発生や損失の大きさが的確に算定できるようになれば、アセットマネジメントを用いた維持管理計画により、

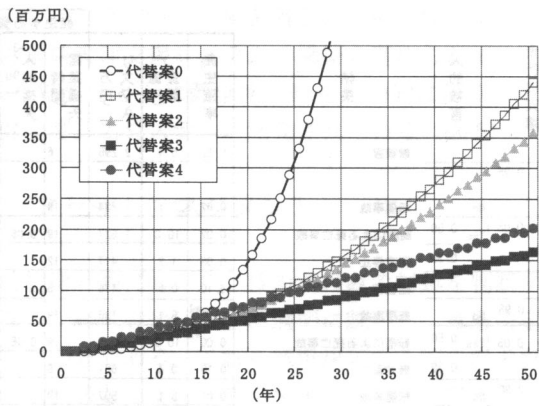


図10 繁忙路線の累積トータルコスト

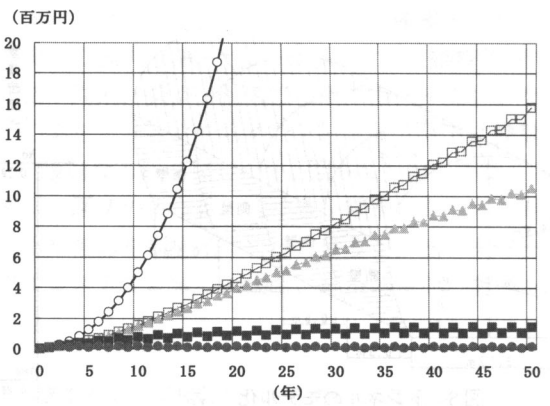


図11 繁忙路線の各年のリスク変動

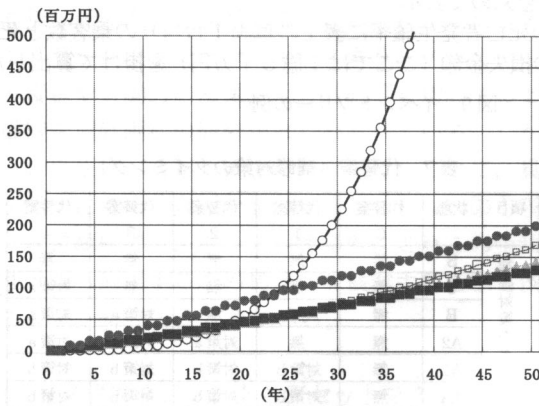


図12 閑散路線の累積トータルコスト

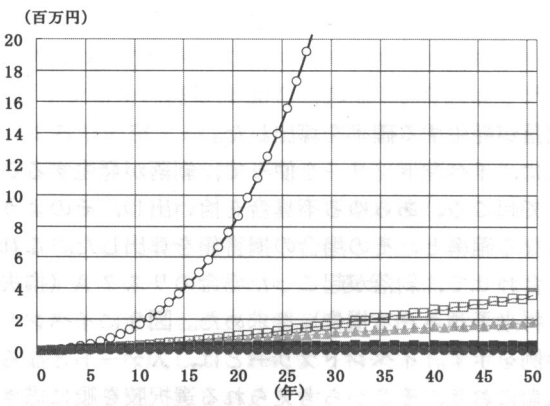


図13 閑散路線の各年のリスク変動

必要な安全性、信頼性は必ず確保した上で、経済性を追求することができると考えられる。

5. おわりに

最近の鉄道トンネルの維持管理の体系と新しい検査技術、アセットマネジメントについて述べてきた。

今後トンネルの維持管理はその量、重要性とも増大していくことが予想されるが、それに対するリソースには限界がある。そこで、しっかりと維持管理計画をたて、確実な検査と適切な手当てで、効率よくトンネルの安全な使用と長寿命化を図ることが必要であり、検査、診断、補強、補修技術やアセットマネジメントのさらなる発展が期待される。

参考文献

- 1) 土木学会岩盤力学委員会：トンネルの変状メカニズム，2003.
- 2) 朝倉俊弘・小島芳之：トンネルのリハビリテーション—守るから強くする—，RRR，鉄道総合技術研究所，1991.
- 3) 国土交通省鉄道局監修，(財)鉄道総合技術研究所編：鉄道構造物等維持管理標準・同解説（構造物編），丸善，2007.
- 4) 小島芳之・榎本秀明：トンネル検査の自動化を目指して（新しい

鉄道トンネル覆工検査法の開発），土木学会誌，Vol. 87，2002.

- 5) 小島芳之・鶴飼正人：トンネルの診断技術，RRR，鉄道総合技術研究所，2006.
- 6) 石坂利一：赤外線画像によるトンネル検査システムの開発，日本鉄道施設協会誌，Vol. 36，1998.
- 7) 大澤裕之・赤井 明：トンネル覆工検査車の導入，日本鉄道施設協会誌，Vol. 42，2004.
- 8) 六車崇司・小島芳之・吉川和之・朝倉俊弘・伊藤裕昌：光ファイバによるトンネル変状監視法の検証試験，鉄道総研報告，Vol. 16，No. 3，2002.
- 9) 小西真治・須藤幸司・深川良一・建山和由・毛利豊重：導電塗料を用いたひび割れ検知システムの研究，土木学会トンネル工学論文報告集，2002.
- 10) 藤井大三：土木構造物検査に使用する検査機器（4）—トンネル②—，日本鉄道施設協会誌，Vol. 42，2004.
- 11) 小西真治・菊地 誠・佐藤紀生・進藤良則・川浦美佐子・浅葉喜一・日高直樹：鉄道構造物の維持管理支援システムの開発～14鉄道事業者による新しい取り組み～，第13回鉄道技術連合シンポジウム講演論文集，No. 06-52，pp. 195-198，2006.
- 12) 津野 究・小島芳之：トンネル健全度を自動判定できる診断システムの開発，日本鉄道施設協会誌，No. 43，2005.
- 13) 小西真治・佐藤 豊・仲山貴司：トンネル維持管理計画へのリスクマネジメントの適用方法，鉄道総研報告，Vol. 19，No. 12，2005. 12.

静岡市の下水道再構築事業におけるアセットマネジメント手法の導入

もちづき しげる
望月 茂*

1. はじめに

静岡市における下水道事業へのアセットマネジメント手法導入の検討は、平成17年度より日本下水道事業団との共同研究により進めているものである。平成19年度末には、これまでの共同研究成果を盛り込んだ再構築計画の策定を予定している。この取組みは現在も継続中のものであり、再構築計画の策定後も引き続き検討を要するものであるが、これまでの取組みの概要について紹介する。

2. 静岡市の現況

本市は、平成15年4月に中核市であった旧静岡市と特例市であった旧清水市が合併して誕生した都市である。平成17年4月に全国で14番目となる政令指定都市に移行、平成18年3月末には、隣接した由比町を飛び越えて、蒲原町と合併して、現在、市域1,388 km²、人口72万人の都市となっている。

3. 下水道事業の現状

本市の下水道事業は、その成り立ちから3つに区分することができる。

(1) 旧静岡市公共下水道

市街地において、汚水と雨水を一緒に流していた排水路が大雨のたびに氾濫し、周辺地区へ多大な悪影響を与えていたため、大正13年に生活環境の改善を主な目的として事業着手した。以来、昭和15年の静岡大火や昭和20年の戦災などを経て、昭和35年に高松浄化センターの供用開始により、簡易処理ながら水洗可能都市になった。

(2) 旧清水市公共下水道

市街地の中央部を流れる巴川の水質汚濁の進行や、雨水による浸水、冠水被害が頻発していたため、それらの改善を目的として昭和31年に事業着手した。昭和47年に清水南部浄化センターの供用開始により水洗可能都市になった。

(3) 静清流域関連公共下水道

旧静岡、清水両市を流れる巴川の水質改善を目的として平成元年に事業着手し、平成9年に静清浄化センターが供用開始となった。平成15年の両市の合併に伴い流域下水道事業の要件からはずれたが、合併支援措置として平成24年度末までの10年間、流域下水道として静岡県が管理し、平成25年度当初に静岡市へ事業が移管される予定になっている。

以上のような経緯で、本市の下水道事業は推進されており、全体計画8処理区12,439 ha (図1参照)のうち、美和処理区を除く7処理区9,425 ha で事業認可を取得し、7,560 ha の地区で整備が完了している。しかしながら、平成18年度末下水道処理人口普及率は72%であり、これは

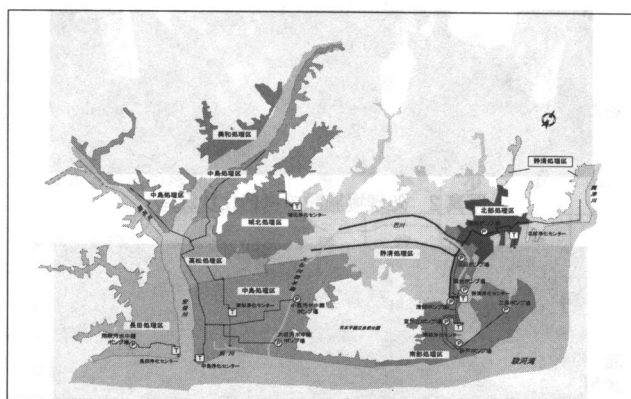


図1 静岡市の下水道全体計画

表1 静岡市の終末処理場整備履歴

年	静岡地区	清水地区	静清流域
大正 13年	事業着手		
昭和 31年		事業着手	
35年	高松T供用開始		
47年		南部T供用開始	
52年	城北T供用開始		
56年		北部T供用開始	
60年	中島T供用開始		
平成 元年			事業着手
9年			静清T供用開始
14年	長田T供用開始		

* 静岡市企業局下水道部 下水道計画課長

政令指定都市の中では最低の普及率となっている。市民から早期の下水道整備を求める声も大きく、今後も積極的に未普及地域の解消に努めていく必要がある。

表1は、終末処理場の整備履歴を示したものである。現在、本市では高松浄化センターをはじめとして7浄化センターが供用開始している。このうち5浄化センターについては、供用開始から20年以上が経過しており、機械・電気設備の老朽化が進んでいる（写真1, 2, 3参照）。



写真1 処理場施設の老朽化状況①



写真2 処理場施設の老朽化状況②



写真3 処理場施設の老朽化状況③

図2は、管渠施設の年度ごとの整備延長を示したものである。本市では、管渠施設の建設を大正末期に着手しており、現在では2,000 kmを超える管渠施設を保有している。一方で、このうち約130 kmが敷設から50年以上を経過しており、管更生等の対策の必要性が高まっている。また、

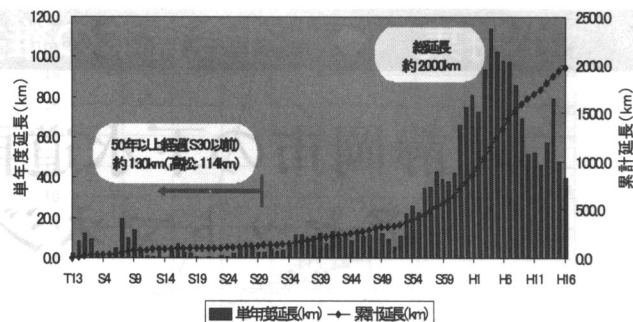


図2 静岡市の管渠整備状況

ポンプ場でも老朽化の著しい施設がみられ、下水道施設全般において老朽化対策が喫緊の課題となっている。

図3は、昭和60年以降の下水道事業費の推移を示したものである（平成15年度以前については、旧静岡市、旧清水市のそれぞれの事業費を合算した）。これより、本市の下水道事業費は平成5～6年頃にピークをむかえており、それ以降は、徐々に事業費が減少していることが分かる。下水道事業における課題は依然として山積しているが、市の厳しい財政状況を反映して、現在の事業費はピーク時の半分以下となっており、下水道事業の経営状況を鑑みれば、今後もより効率的、効果的な事業推進が求められている。

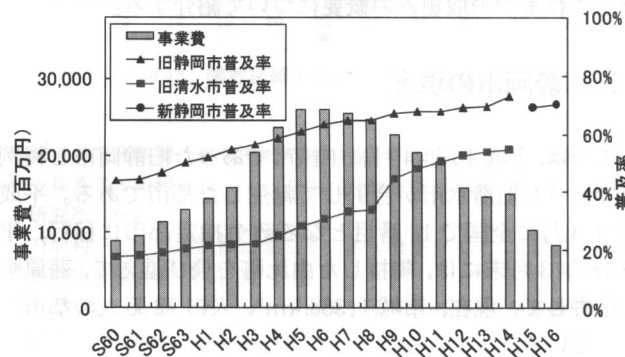


図3 静岡市の下水道事業費と普及率の推移

4. 下水道事業の抱える主な課題

本市における主な下水道事業の課題を以下に示す。

(1) 未普及地域の解消

平成18年度末の下水道処理人口普及率が72%と、政令指定都市の中で最低の水準であることから、政令指定都市にふさわしい都市基盤整備が急務となっている。

(2) 浸水対策の推進

本市では、平成15年、16年と2年続けて起きた局地的な集中豪雨（平成15年：時間112 mm，平成16年：時間82 mm）により、大きな浸水被害を受けており、安全で安心して暮らせる都市づくりには欠かせない事業である。

(3) 耐震対策の推進

東海地震の発生により甚大な被害予測がなされている本市では、これまで下水道施設の建築構造物についての耐震化を進めてきた。今後は被災時における汚水処理機能確保、交通機能の維持を目的とした耐震対策が急務となっている。

(4) 合流式下水道の水質改善

4つの合流処理区(一部合流の処理区を含む)を抱え、下水道法施行令の遵守や公共用水域の水質保全の観点から、速やかに事業を進める必要がある。

(5) 維持管理コストの削減

他都市と同様に、維持管理コストの削減は下水道事業経営に大きく影響することから、本市では汚泥処理機能の集約化、包括的民間委託の導入などによりコスト削減を図っており、今後、更なるコスト縮減策に取り組む必要がある。

(6) 施設の老朽化対策

下水道事業の現状でも記したように、供用開始後20年を経過した浄化センター・ポンプ場や敷設から50年以上を経過した管渠など老朽化したストックが年々増えており、老朽化に起因する事故等による施設の停止、能力ダウンによるサービス低下を招くことのないよう計画的な対応策を講じる必要がある。

5. アセットマネジメント手法の導入

普及拡大、浸水対策、耐震対策、合流改善等、今後、早急に取り組んでいく必要がある課題が多い中、再構築事業の実施時期が集中することが予想され、厳しい財政状況の中で十分な予算を確保することは困難な状況である。さらに、再構築事業は、その必要性を客観的に説明することが難しく、市民や市内部の財政担当部局に対して、重要性、切迫性について理解を得て、必要な事業費を確保できるかが大きな課題となっている。また、処理機能を維持したうえで、再構築事業費の抑制・低減を図りつつ、その事業実施時期が集中しないよう、予算の平準化を図る必要がある。そこで、本市では、アセットマネジメント手法を導入することにより、こうした目標達成がスムーズになるものと考え、下水道事業への導入について検討を開始した。

従来手法では、新規建設と修繕や維持管理に係る支出が一元化されていないことが多く、事業計画・事業実施が個別に管理されていて、結果的に事業全体の把握が難しいという側面があったが、アセットマネジメント手法を導入することにより、新規事業投資と再構築事業等の他の投資を一元化することとし、事業計画・事業実施の収支がお互いに関連づけられ、結果的に下水道事業の全体像が分かりやすくなるものと期待している(図4参照)。

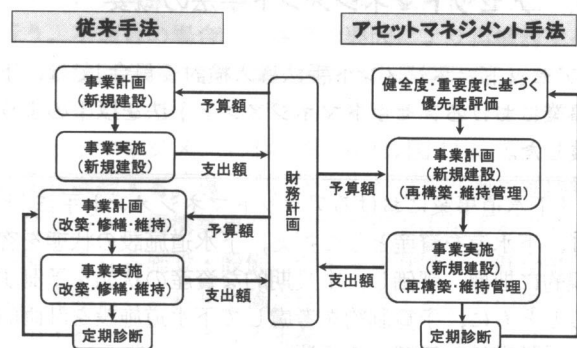


図4 従来手法とアセットマネジメント手法の予算執行上の比較

6. アセットマネジメント手法の効率的導入と検討体制

本市は、財政状況が厳しい一方で多くの課題を抱え、その効率的な解決手法や事業展開する対策を模索していた。また、日本下水道事業団は今後の下水道経営の方向性を踏まえた上で、他の公共事業等で導入されつつあるアセットマネジメント手法の活用を検討をスタートさせようとしていた。このような状況で両者の思いが一致し、本市の下水道事業をフィールドとしたアセットマネジメント手法の導入確立に向けての共同研究をスタートさせることとなった。

アセットマネジメント手法は、道路、橋梁等の他事業で実施されつつある取組みではあるが、平成17年度当時は、国内での下水道事業における検討事例はなく、共同研究においては、まず下水道事業と他事業の基本的な相違点に着目することとした。

表2に、下水道事業と他の公共事業との特徴の比較を示した。下水道事業における他の公共事業との主な違いは、「構成する部品の種類が多いこと」、「振替え手段がないこと」(つまり、道路などはある道路が通行止めになったとしても、少し回り道をすれば目的地に着けるが、下水道の場合には、代替えとなる手段がないということ)、「使用不能になった場合に、環境へ悪影響を与える可能性があること」が挙げられる。したがって、他の公共事業において先進的に行われているアセットマネジメント手法の検討事例を参考にしつつ、下水道事業の特徴を踏まえた独自のアセットマネジメント手法確立が必要となると判断した。

表2 下水道事業と他事業との比較

	下水道		道路	橋梁	鉄道
	処理場	管路			
構成する部品の種類	多	少	少	中	中
振替え手段	難	難	易	易	中
使用不能時の環境への影響	大	小	-	-	-
公営・民営の別	公営※	公営	一部民営	一部民営	一部民営

※ ただし、下水処理場の一部施設をPFIで実施している事例がある。

次に、効率的なアセットマネジメント手法導入に向けて検討した内容の一部を示す。図5のうち、左の円グラフは、全国の下水道事業に投資された建設事業費の総計を処理場と管渠に区分したものであり、管渠(含むポンプ場)が4分の3を占めていることが分かる。ただし、それぞれを耐用年数(ここでは、管渠72年、処理場23年と想定した)で割り戻して年価換算した右の円グラフでは、処理場の占める割合が増えており、管渠(含むポンプ場)との事業費の割合が概ね半々となっている。

図6は、処理場に着目し、建設事業費を土木・建築と機械・電気に区分したものであり、これまで投資した事業費は土木建築が50%、機械電気設備が50%となっている。こ

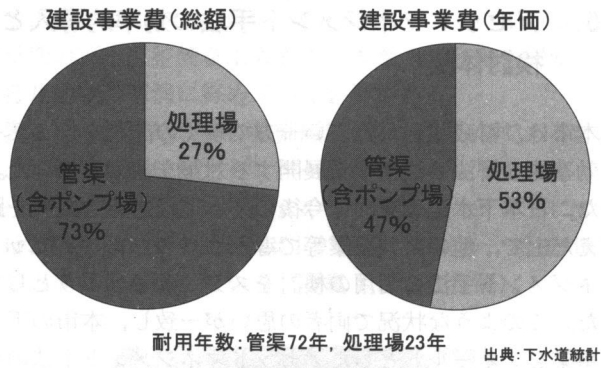


図5 処理場と管渠等の事業費比較

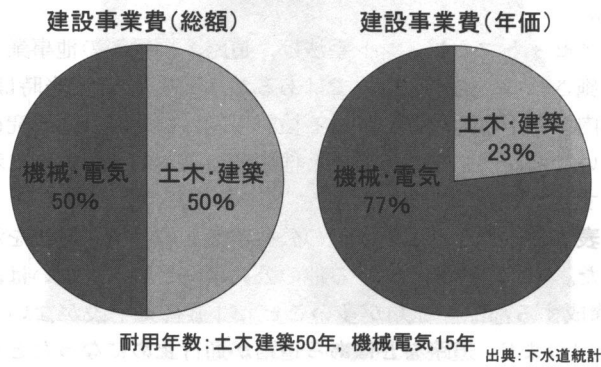


図6 処理場事業費の分類

維持管理費の割合(全国)

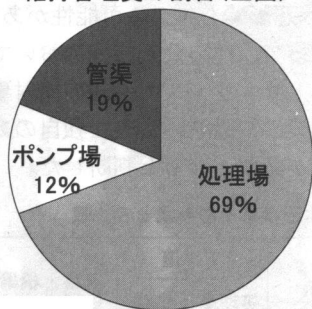


図7 維持管理費の分類

れを、耐用年数（ここでは土木・建築 50 年，機械・電気 15 年と想定した）で割り戻して年価換算した右の円グラフでは、機械・電気が約 8 割を占めている。このことから、処理場の機械電気設備に関してコストコントロールすることが、下水道事業全体のコスト低減に最もインパクトを与えることができると考えられる。

図7は、処理場・ポンプ場・管渠ごとの維持管理費の割合を示したものであり、維持管理費のうち処理場に関係する費用が7割近くを占めていることがわかる。このことから、維持管理費については、処理場を対象としたアセットマネジメント手法の導入が効果的であることがわかる。

ここで示した検討結果は、全国ベースの事業費を集計して行ったものであるが、本市の過去の事業費において同様の比較検討を行ったところ、全国ベースとほぼ同様の傾向が見られた。

また、ポンプ場は、処理場と重複する施設が多く、処理場の導入検討結果を適用することが可能であると判断し、今回のアセットマネジメント手法導入の共同研究では、6

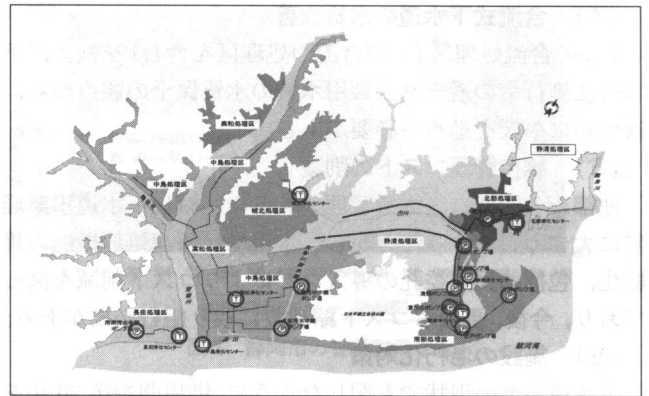


図8 アセットマネジメント手法導入対象施設

処理場および12ポンプ場(図8参照)を対象施設とすることとした。

アセットマネジメント手法の導入検討は、図9に示す体制で実施している。学識経験者等で構成された「アセットマネジメント手法導入検討委員会」を頂点として、各委員会、ワーキンググループで作業を分担し、再構築基本計画の策定に向け作業を進めている。

「アセットマネジメント手法導入検討委員会」は、環境問題全般、社会基盤整備、設備関連をそれぞれ専門としている学識経験者、民間シンクタンクの金融資産管理専門家、さらに(独)土木研究所、日本下水道事業団事業統括部、静岡市下水道部から選出された委員で構成されており、アセットマネジメント手法の定義、導入の実施手順、既存施設の劣化判定手法、事業実施の優先順位設定フロー、導入後の作業手順、効果検証方法など、非常に多岐にわたる項目に関して、幅広い視点からの審議が行われ、検討を進めてきた。

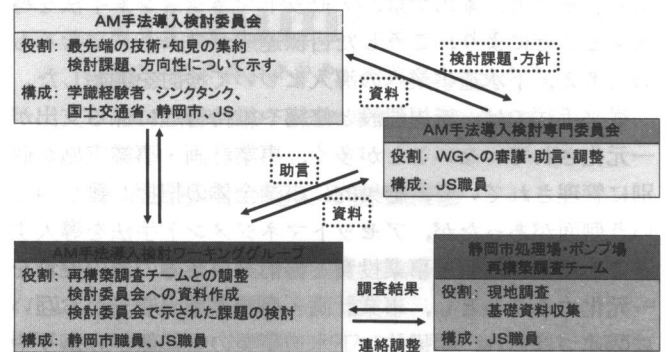


図9 アセットマネジメント手法導入検討体制

7. アセットマネジメント手法の概要

「アセットマネジメント手法導入検討委員会」では、下水道事業におけるアセットマネジメント手法を以下のように定義した。

「下水道事業におけるアセットマネジメント手法」とは、下水道を資産として捉え、下水道施設の状態を客観的に把握、評価し、中長期的な資産の状態を予測するとともに、予算制約を考慮して下水道施設を計画的かつ効率的に管理する手法。

この定義の中でのキーワードは、以下の3つが挙げられる。

- ・客観的に評価する
- ・状態を予測する
- ・計画的に管理する

この定義を基に作成したアセットマネジメント手法導入の概略フローが図10である。まず、下水道施設の整備および再構築に係る基本戦略（管理目標）を設定し、対象となる施設・設備について再構築基礎調査・詳細調査を実施することにより「現在の健全度」を評価する。次に、現在の健全度を基に、再構築シナリオ（期間費用、将来の健全度予測）の設定・選定を行い、再構築候補リストを作成し、再構築ユニットの構成を検討する。再構築ユニットが構成された後、ユニットでのシナリオ選定を行い、再構築リストを設定する。この設定されたリストでの各施設・設備の期間費用および健全度推移予測を集計することにより、処理場全体および市全体の期間費用、健全度推移予測を行う。さらに基本戦略で設定した管理目標の達成状況も確認する。集計された期間費用について、予算照合を行い、決められた費用の範囲で事業が執行できるかを確認する。予算に適合すれば、導入効果の検証を行う。

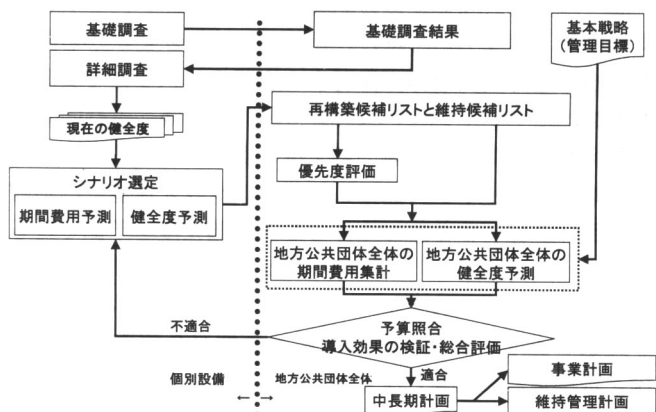


図10 アセットマネジメント手法導入フロー

予算に不適合の場合、リスクを考慮した優先度評価を行い、予算枠の見直し検討を行う。予算枠の見直しでは、与えられた予算枠に適合していない場合であっても、必要に応じて、予算枠の見直しを行い、リスク回避を図る。予算枠が現状維持や削減される場合には、事業化時期の変更をするために、再度シナリオ選定を行う。導入効果の検証後、総合評価を行い、評価が適合すれば、得られたシナリオを基に中長期計画を作成し、事業計画や維持管理計画の策定を行う。不適合の場合、不適合の要因により再検討すべき地点から検討を行う。なお、再構築中長期計画は、シナリオ選定とあわせて5年程度ごとに見直すものとする。

アセットマネジメント手法導入後は、図11に示すフローで作業を継続する。導入時に策定した事業計画や維持管理計画に基づき、再構築事業や維持管理を実施する中で、各種点検により各施設・設備の健全度を評価し、健全度予測と現状を照らし合わせて適合性を確認する。その際に、健全度の予測と現状に大きく乖離が見られた場合には、シナリオ設定・選定を修正し、再度LCC・財政シミュレーション

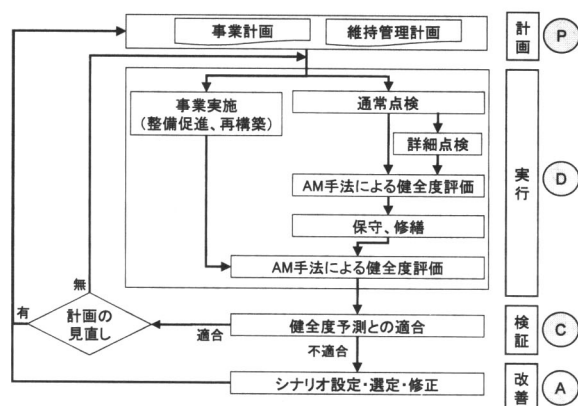


図11 アセットマネジメント手法導入後フロー

ンをやり直すことで、再構築事業計画および維持管理計画を見直す。また、5年後程度を目安として再構築中長期計画を見直す際に、その期間に蓄積されたデータを加えて、再度シミュレーションを行うことで、予測精度を上げていく。このような各施設におけるPDCAサイクルを回すことで、より効率的な再構築事業や維持管理計画を策定し、下水道事業の最適化についての検討を継続する。

8. アセットマネジメント手法導入における課題

(1) 修繕履歴等の過去の維持管理記録

今回の検討において、最も苦労した点のひとつに、既存施設に関する過去の修繕履歴等の情報が整理されていない、あるいは情報が残っていないということが挙げられる。将来の健全度予測精度を高め、より効果的な実施計画を策定するためにも、維持管理の情報をしっかりと蓄積していくことが重要であり、施設データベース等の活用が必要と思われる。

(2) 組織の一体感の形成

新しい取り組みを行うということ、関係する部署・職員の意識改革を促す必要があると感じている。計画から経営まで一丸となって実施することが重要であり、本市では、計画、建設、維持、経営の各セクションを横断した検討体制を組んで、事業の必要性を幅広く浸透させようとして、導入検討を進めるよう努力している。

(3) 客観的かつ統一性のある健全度評価手法

次に、「いかに客観的に評価を行えるか」、「誰が見ても同じような評価ができるか」が重要であり、難しい点であると感じている。将来予測のために現状を把握することが重要となるが、客観的で適正な評価を行うマニュアル等の整備が必要となるものと思われる。そして、新しい取り組みであるが故に、学識経験者、日本下水道事業団等の関与により、さまざまな視点から検討を行っており、第三者の意見をうまく活用して、導入検討を進めることが有効であると思われる。

9. おわりに

本市の下水道事業におけるアセットマネジメント手法導入に関しては、検討対象施設を幅広くしたこと（終末処理場6カ所とポンプ場12カ所）、過去の整備・修繕履歴の整理（資産台帳の電子化等）が不十分であったこと等の理由で、検討時の作業量が膨大なものとなった。また、参考とできる事例が少なく、新しいことへ取り組むことの難しさを痛感している。しかし、日本下水道事業団との共同研究という形をとっており、なんとか「平成19年度末で再構築計画を策定する」という目標を達成する見込みがたってきた。ただし、その目標は“導入検討における目標”に過ぎず、アセットマネジメント手法を導入した効率的な再構築事業実施という枠組みにおいては、単なるスタートでしかない。

今後は、今回策定される再構築計画を推進しつつ、そこから得られる知見や維持管理から集積されるデータを確実に蓄積し、より充実したアセットマネジメント手法を導入した下水道事業となるよう、そして、一定レベルの下水道サービスを安定して市民に提供できるように、さらなる検討を継続していきたいと考えている。

【用語の説明】

① 基本戦略（管理目標）

対象となる自治体の現状を踏まえた下水道施設の整備および再構築に係る基本方針を定め、それに基づく長期戦略を立てる。その長期戦略を展開していくために、具体的な目標値を設定する。設定した目標値は管理目標として、達成の効果がわかりやすく住民に説明できることがポイントとなる。

② 再構築基礎調査

施設リストを作成するため、設計図・工事完成図書・施設台帳等に基づき施設を小分類単位で分類する。あわせて対象施設の現場調査を行い、施設・設備のリスト化および再構築詳細調査計画を策定する。

③ 再構築詳細調査

再構築基礎調査リストに基づき、個々の施設・設備について、現在の健全度把握を目的としてアセットマネジメント導入時に行う調査のこと。健全度の把握は、日常点検や月例点検などに加え、土木建築施設の簡易な点検（これを「通常点検」と呼ぶ）の結果から把握するか、または通常点検だけでは健全度が予測できない施設・設備については実際に詳細点検（これを「詳細点検」と呼ぶ）を行って把握するという2種類の方法がある。詳細調査は、これまでの通常点検結果の調査や、詳細点検を行うことで導入時の健全度を把握するための調査である。

④ 現在の健全度

再構築詳細調査を行った時点における健全度のこと。今回の検討では、1（機能停止状態）～5（新品の状態）までの5区分としている。

⑤ 期間費用予測

設定した期間中の再構築、修繕および点検に必要な費用を設定したシナリオごとに予測し、算出したもの。期間費用は年価で比較し、現存する施設設備（第1世代）の再構築までの年価、再構築後の施設設備（第2世代）以降の世代ごとの年価を分けて予測する。

⑥ 健全度予測

設定したシナリオごとに健全度の将来予測を行ったもの。LCC算出、リスク評価等に活用する。

⑦ シナリオ選定

各施設・設備について、複数個ずつ作成したシナリオそれぞれが持つ「期間費用とリスクの合計値」を比較して、それが最小となるシナリオを1つずつ選定すること。

⑧ 再構築候補リスト

全施設・設備の最適シナリオを並べたとき「ある年度において再構築する必要がある」となった施設・設備のリストのこと。

⑨ 維持候補リスト

全施設・設備の最適シナリオを並べたとき「ある年度において再構築する必要がない」となった施設・設備のリストのこと。

⑩ 地方公共団体全体の期間費用集計

再構築ユニットから選ばれた最適シナリオにかかる期間費用を、地方公共団体が保有する施設全体について集計したもの。

⑪ 地方公共団体全体の健全度予測

再構築ユニットから選ばれた最適シナリオを基に、地方公共団体が保有する施設全体としての健全度を予測したもの。

⑫ 予算照合

最適シナリオの組み合わせにおいて、各年度の事業実施・維持管理に必要な費用が、与えられた予算枠に収まっているかどうかを確認すること。

⑬ 優先度評価

予算照合の結果、ある年度において「最適シナリオ通りの事業計画が実施できない」となった場合に、どの施設・設備について優先的に事業実施すべきかを定量的に評価すること。

⑭ 再構築中長期計画

再構築に関するマスタープランで、再構築実施順位をもとに年度別再構築候補リストを作成し、期間費用の集計を行ったもの。計画期間は長期目標をもとに設定する。予算との照合をクリアし、なおかつ、効果の検証の結果が基本戦略と整合が図られていることが必要となる。

⑮ 事業計画

中長期計画に基づき、事業計画期間（5～7年程度）内で実施する再構築および増設に関する事業計画。

⑯ 維持管理計画

事業計画期間（5～7年程度）内における、施設・設備に対する維持管理計画。

大阪府の道路における アセットマネジメントの取組状況について

さかもと こうぞう
坂本 幸三*

1. はじめに

戦後の高度成長期、大阪においては特に1970年の大阪万博等を契機に、大量の社会資本が整備されてきた。我が国の道路をはじめとする都市基盤施設は、高度経済成長期に整備された施設が多いことから、近い将来、大量更新時期を迎えることは明らかとなっている。

昨年8月に起きたアメリカ・ミネソタ州でのトラス橋の崩壊事故のような事態の発生は絶対に防止する必要がある。

このため、構造物の維持管理についてライフサイクルコスト(LCC)を考慮し、適切な時期に施設の維持補修を行って耐用年数を延ばし、施設更新費の平準化を図るなど、これまで以上に計画的・効率的な維持管理を推進していくことが喫緊の課題となっている。

こうしたことから大阪府においても、以下に示すように、道路施設を中心にアセットマネジメントの手法を用いつつ、維持管理の重点化を図り効率的・効果的な手法について検討を行っているところである。

2. 管理している道路施設

2.1 これまでの経緯

大阪府では、厳しい財政状況の中で、大量更新時代の到来に備えるため、従来型の維持管理からの脱却を目指し、「土木部維持管理計画(案)」を平成13年3月に策定した。(注：土木部は平成18年4月より都市整備部に改編)

この計画(案)は、維持管理に対する意識の向上を大きな柱とし、「建設から維持管理に至るLCCの考え方の導入」、「維持管理目標水準の提示」など、今後の取組み方針を示したものであるが、定性的な表現に止まった部分が多く、将来の予算計画や目標水準への到達方策など、定量的な根拠に裏づけされ、かつ施設ごとの優先順位を定めた具体的な保全計画を示すことができなかった。

2.2 基本方針

そこで、平成14年度からアセットマネジメントの考え方も含め、維持管理の手法について検討しており、限られた予算で最大限の効果を得るために、各施設の補修等の優先度を定める考え方として、まず、維持管理の使命(ミッション)を達成するため「4つの方針」を定めることとした。

表1 4つの方針

- ① 施設の機械電気設備は常に稼働できるように維持する。また防災対策は重点的に実施する。
- ② 事故につながる恐れのある損傷は、点検・パトロールにより早期に把握・対応する。
- ③ 良好な施設を次世代に継承する。
- ④ 府民協働を充実する。

2.3 管理道路施設

表2 大阪府管理の道路施設一覧(平成18年度末時点)

大区分	中区分	小区分	施設数量
計画的 補修・ 更新 施設	舗装		2,108.9万㎡
	橋梁	15m以上	804橋
		15m未満	1,432橋
	トンネルおよ びその他構造 物	トンネル	27トンネル
		地下道	24カ所
		地下歩道	36カ所
擁壁(5m超) 共同溝		279カ所 6カ所	
のり面(防災)		366カ所	
設備		排水ポンプ設備	19カ所
		トンネル設備	6カ所
		共同溝設備	6カ所
		高圧受電設備	16カ所
		道路照明灯	23,823基
		道路情報表示装置	96基
モノレール		28.6km	
日常的 維持 修繕	安全施設, 排水施設等		防護柵, 標識, 区画線, 歩道等多数
	路面, 排水施設 清掃, 除草		舗装面, 側溝, 集水桝等多数

* 大阪府都市整備部交通道路室 道路環境課長

2.4 各施設の現況





(1) 施設の状況

1) 舗装の現況

路面性状調査要領（国土交通省）に基づき、平成14～18年度に幹線道路約1520kmについて点検を実施した結果、大阪府の舗装は以下となった。

5 ≤ MCI	79.6%
4 ≤ MCI < 5	15.3%
3 ≤ MCI < 4	3.9%
MCI < 3	1.2%

なお、平均MCIは5.9となっている。

舗装の損傷事例写真	損傷の状態	施設数
	<ul style="list-style-type: none"> MCI > 5 比較的健全な状態 快適に走行でき沿道における騒音・振動が少ない状態（高速道路並の管理） 	約1,645 km
	<ul style="list-style-type: none"> 4 < MCI ≤ 5 わだち掘れ25～30mm程度 ひび割れ率20～30%程度 時速60km程度でも安全に走行できる状態（幹線道路の管理） 	約317 km
	<ul style="list-style-type: none"> 3 < MCI ≤ 4 わだち掘れ20～25mm程度 ひび割れ率30～40%程度 道路を安全に供用できる最低限度 	約80 km
	<ul style="list-style-type: none"> MCI ≤ 3 わだち掘れ30mm程度 ひび割れ率40%程度 穴ぼこなどが発生しやすい状態 安全を確保することが困難であり早急な補修が必要 	約24 km

2) 橋梁の現況

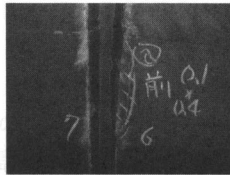
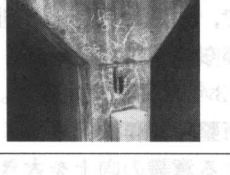
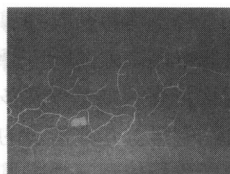
「大阪府橋梁点検要領（案）」により、平成11年度に主要橋梁について一斉点検、平成14年～18年度に主要橋梁の2回目点検および15m未満の橋梁の一斉点検を実施。H14～18の結果では、鋼橋主部材の腐食、コンクリート主部材のひび割れ・剝離・鉄筋露出、床版のひび割れ・遊離石灰、剝離・鉄筋露出など、緊急に対策が必要な橋梁が53橋あった。

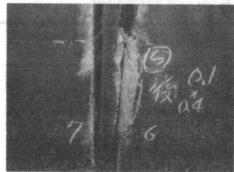
代表例（鋼桁：PC，RC，床版は割愛）

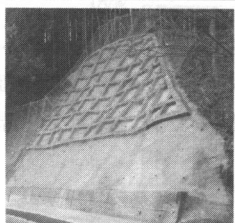
鋼桁（主部材）の損傷事例	損傷の状態	施設数
	<ul style="list-style-type: none"> 鋼橋主部材 健全度60点以下 主部材において腐食が見られる状態（緊急に補修が必要） 	健全度60点以下の橋梁数 4橋
	<ul style="list-style-type: none"> 鋼橋主部材 健全度60～70点 全面に錆が発生し塗装劣化が見られる 	健全度60点～70点の橋梁数 17橋
	<ul style="list-style-type: none"> 鋼橋主部材 健全度70～80点 局所的な錆もしくは点錆が発生（経過を観察し、必要に応じて補修が必要） 	健全度70点～80点の橋梁数 33橋
	<ul style="list-style-type: none"> 鋼橋主部材 健全度80点以上 損傷が軽度もしくは損傷がない状態（定期的に点検が必要） 	健全度80点以上の橋梁数 296橋

3) トンネルの現況

「大阪府トンネル点検マニュアル（案）」により、平成11年度および平成16年度に一斉点検を実施した。平成16年度の点検結果では、変状が著しく、通行車両の安全を確保できないと判断されるものが11トンネルあった。

トンネルの損傷写真	損傷の状態	施設数
 	<ul style="list-style-type: none"> A判定 応急措置が必要なものは点検時にハンマーで叩き落している。 コンクリートの浮き・鉄筋露出 漏水および遊離石灰 通行支障を及ぼすため、導水工補修対策が必要なものもあり 	11トンネル うち4トンネルについては応急対策済 うち1トンネルについて対策工事が必要
	<ul style="list-style-type: none"> B判定 コンクリートのひび割れ 緊急性を要する補修は必要としないが、損傷の進展具合を定期点検で確認する必要がある 	10トンネル

	<ul style="list-style-type: none"> ・S判定 ・上記のコンクリートの浮き部分を、応急措置としてハンマーで叩き落とした状態 	6トンネル
--	---	-------

	対策不要箇所・対策完了箇所 災害の要因となるものが発見されず、対応を必要としない箇所	960カ所
--	---	-------

4) 排水設備・トンネル設備・共同溝設備の現状
 排水設備・トンネル設備・共同溝設備については、設置・更新年度からの経過年数を調査した結果、約半数の施設が耐用年数を超過しながら使用しており、いつ停止してもおかしくない状態になっている。(写真等は割愛)

5) 照明灯の現状

照明灯については、平成13年度～18年度に主要な道路の照明灯22,823本について点検を行い、

ランクA「腐食が著しく、本体に穴があいている。または目視で板厚の減少が認められる程腐食が著しい。」

ランクB「塗装面にふくらみ、剝離がある。」

ランクC「外観上修繕の必要なし。」

の3段階で判定した結果、緊急に対策が必要なランクAが1%あったほか、3割の照明灯において早期の補修が必要な状況にある。(写真等は割愛)

6) 道路のり面の現状



国土交通省の道路防災点検要領に基づき、平成8年度に道路防災総点検を行い、以後必要に応じて点検結果の見直し・整理を行っている。

○要対策箇所：災害に至る可能性あり

○カルテ監視箇所：将来的に対策が必要となる場合が想定され、当面防災カルテによる監視等で管理していく箇所

○対策不要箇所：災害の要因となるものが発見されず、対応を必要としない箇所

に分類した結果、366カ所が、対策を要する箇所となっている。

対策箇所の写真	対策箇所の状態	箇所数
	<ul style="list-style-type: none"> ・要対策箇所 ・災害に至る可能性あり早期に対策が必要 	366カ所 (H18年度末)
	将来的に対策が必要となる場合が想定され、当面防災カルテによる監視等で管理していく箇所	427カ所 (H18年度末)

3. 維持管理の方針と検討内容等について

3.1 今後の維持管理の重点化方針

安全・安心を確保するためには、点検を計画的に実施して、その時々施設の状況を的確に把握することが基本となる。また、限られた予算を効果的・効率的に活用していくためには、必要などころに重点化を図り、メリハリある維持管理を進めていくことが重要である。道路施設の計画的な点検を進め、点検によって発見された損傷等について、下記のとおり重点化を図り、対策を進めていく。

○府民の安全確保

【生命】府民の「安全と安心」を守る

① 道路防災対策の強化～生命にかかる対策を重点化(要対策箇所について効果の高い箇所より対策実施)

緊急交通路等、主要路線・迂回路のない区間など災害時に大きな被害が予想される路線の防災対策の強化

② 更新時期の超過している設備の交換

(地下道の排水施設をはじめ、故障時のリスクの大きい設備は、いざという時の確実な機能確保を図る。)

すでに耐用年数を超過している箇所を優先

③ 構造物の緊急補修

放置すれば重大損傷に至る恐れがあるトンネル、地下道など安全を脅かす恐れのある構造物の緊急対策実施

損傷が判明している構造物の補修

【生命・環境】快適な道路空間をめざす

④ 日常的維持修繕の重点化

府民満足度の視点を更に加え、計画的な維持管理実施
 苦情要望への早期対応実施

【活力・環境】府民生活を支え、次世代に負担を残さない計画的な対応

⑤ 橋梁の長寿命化～予防保全による将来の大規模更新への対応～

迫る大規模更新時代に備え、ライフサイクルコストを低減するため、防食機能の確保、排水機能改善等、橋梁の予防保全による長寿命化を図る。

主要路線・長大橋および供用停止すれば孤立や大迂回路が必要となる橋梁を優先

⑥ 舗装～安全な走行環境を提供～

安全確保と利用者の一定の満足度確保に配慮し、サービス性能を保証する効率的な維持管理を行う。

当面は特に重要な幹線道路を重点的に管理レベル(MCI5)の確保と最低管理レベル(MCI3)を満たしていない箇所の対応を行う。

⑦ コスト縮減と新たな財源の確保～実行可能な計画と

するために～

補修箇所の重点化，工法の工夫，路線引継ぎなどコスト縮減に取り組むとともに，高架下・未利用地利用，広告事業，リフレッシュ事業，国費の導入等により，必要な財源を確保する。

⑧ ソフト対策等の充実・強化

パトロール強化，点検業務の充実，新工法のフィールド提供，ロードウォッチャー拡大，崖守制度拡大，既存アドプト団体や自主防災組織との連携

3.2 路線間の重点化の考え方

メリハリある維持管理を進めるために，以下の方針で，府管理路線を路線の重要性および沿道環境によって区分これらをベースとして，各施設の特性を踏まえた重点化および対策順位の優先順位づけを，それぞれの施設で行う。

表3 路線の重要性区分

区分	配点	例示	各区分の延長(km)
5	85～	特に交通量の多い幹線道路	204.1
4	70～85	主要な幹線道路	179.5
3	55～70	幹線道路	407.4
2	40～55	市街地の補助幹線道路，山間部の幹線道路	371.1
1	～40	交通量の少ない山間部幹線道路，バイパス旧道	435.5
合計			1597.6

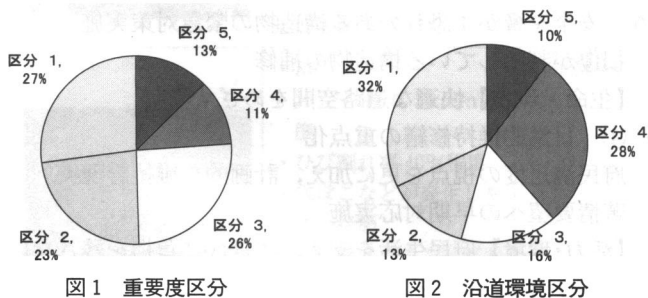


表5 路線区分の利用方法

	路線の重要性区分	沿道環境区分
舗装	重要性と沿道環境に重みづけを行って再区分を行い，舗装の管理水準設定に利用。また，損傷度を加味した上で対策優先順位設定に利用。	
橋梁	路下利用（第三者安全性）などを加味し，対策優先順位設定に利用	—
トンネル等構造物	（今後，点検の進捗に応じて適宜加味していく）	—
防災	斜面の直接評価（被害想定額）に加え，斜面の間接評価の指標の一つとして，対策優先順位設定に利用	—
設備	耐用年数超過割合に加味し，優先順位設定に利用	—
日常的維持管理	土砂滞留量などに基づく，管理水準設定に利用	

表6 路線の重要性区分の評価要素

区分要素	配点(最大値)	配点方法
交通量	50	交通量に応じて配点 500台10点，4,000台20点，10,000台30点，20,000台40点，50,000台以上50点，中間値は線形補完。
大型車交通量	20	L交通(<100)0～2点，A交通(<250)2～5点，B交通(<1000)5～10点，C交通(<3000)10～15点，D交通15～20点（最大10,000台）中間値は線形補完。
広域緊急交通路 重点14路線補助国道	10	重点14路線10点，それ以外の広域緊急交通路5点または，国道は5点
バス路線	5	バスの交通量50台/日の場合5点 交通量50台未満についてはバス路線延長割合に応じて配点
25t化指定	5	該当5点
バイパス旧道でない路線	5	該当5点
路線の特性 (ICアクセス区間，府県間道路)	5	ICアクセス区間，府県間道路に該当する場合5点
管理者判断による調整	+10～-10	各事務所で+10点～-10点の範囲で配点（平均を0点とする）

表4 沿道環境区分

区分	配点	例示	各区分の延長(km)*
5	80～	商業系，駅前・中心市街地 等	163.4
4	60～80	住居系 等	452.6
3	40～60	工業系 等	250.8
2	20～40	田園地帯 等	214.9
1	～20	山間部	515.9
合計			1597.6

*H17センサス区間ベース

表7 沿道環境区分の評価要素

区分要素	配点(最大値)	配点方法
DID区域	30	(DID延長/区間延長)×30点
土地利用	30	住居系 or 商業系30点，それ以外（工業系 or その他）10点
歩行者交通量	20	交通量/100，2,000人以上は20点
自転車交通量	20	交通量/100，2,000台以上は20点
管理者判断による調整	+10～-10	各事務所で+10点～-10点の範囲で配点（平均を0点とする）

3.3 検討試算例

① 橋 梁

■ 対症療法的（事後保全）な補修をした場合の今後50年間の橋梁の姿

- ・ 現状の予算で維持管理した場合、約20年後に供用不能橋梁が発生

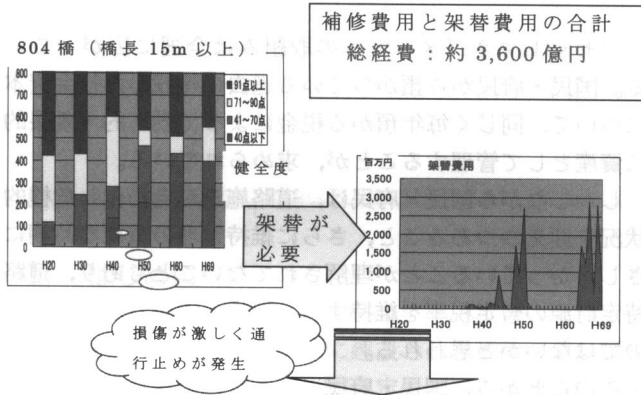


図3

■ 予防保全により補修した場合の今後50年間の橋梁の姿

- ・ 8億円/年を26億円/年に増額することにより予防保全が可能となる。

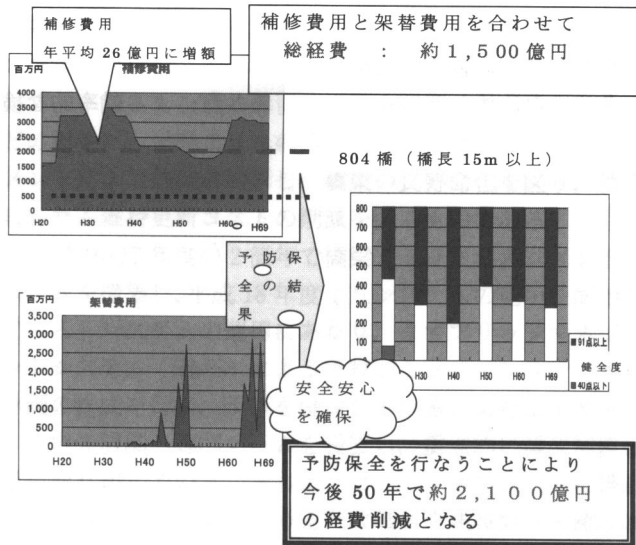


図4

② 舗 装

○ 過去の劣化状況と今後の予測

平成8～13年時点では、それまで比較的良好な管理がなされていたことから、一定の水準（健全度）は確保されていた。現在の点検結果では、補修対象となる区間が大きく増加しており、今後健全度が大きく低下することが懸念される。

○ 限られた一定の予算で補修を行う場合

現計予算レベルの費用で補修を行った場合、今後4年間まではおおむね必要な管理レベルを達成することができるが、以降は管理レベルが徐々に低下し、10年後には2割以上の路線が必要な管理レベルを満たさない状態となる。道

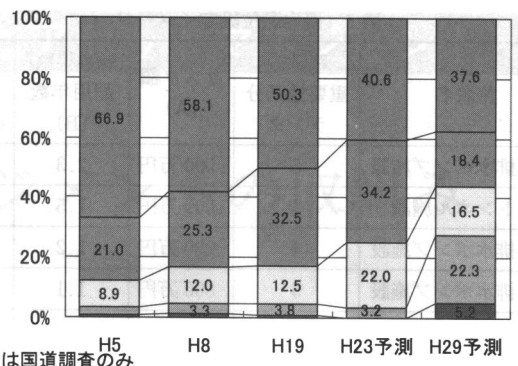


図5 舗装の劣化状況の将来予測

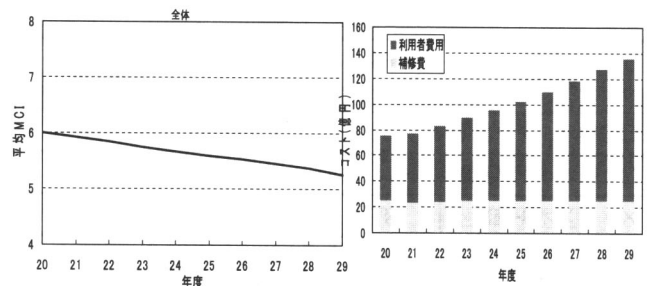


図6 平均MCI推移

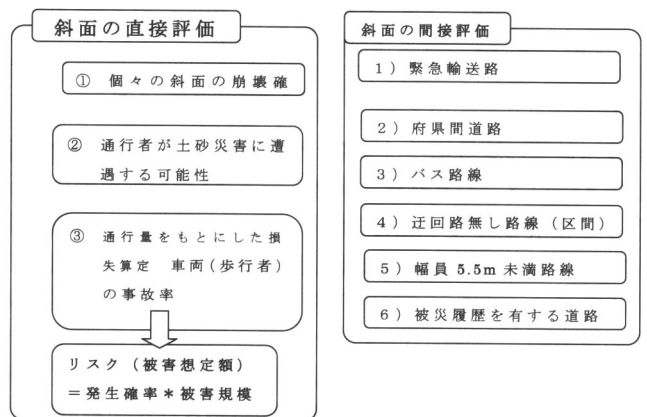
図7 道路利用者費用

路利用者費用も急激に上昇し、10年後には現行予算の2.2倍に跳ね上がり、相当の負担増を利用者に強いることとなる。

③ 防 災

各斜面（箇所）の調査結果（H8防災総点検）から崩壊確率、崩壊土量による被害規模などを想定した直接評価によって算定したリスク（被害想定額）を対策工事費で除した $V(=L/C)$ の高い順に並べ替え、間接評価指標に該当する重要路線（区間）より計画的に対策を進める。

補修単価は、補修工事の実績単価を元に、各工種別に単価を設定



$$\star \text{費用便益比 (V)} = \text{発生確率} * \text{被害規模} / \text{工事費}$$

図8

④ 設備での例

排水ポンプ施設およびトンネル施設の優先順位の設定
これらの施設については、機能停止時の社会的影響度が大きいものから優先的に対応することとし、「各施設の機能

表8 優先順位設定イメージ

施設名	路線の 重要性区分 ランク	リスク額 (A)	経過年数/ 耐用年数 (B)	リスク 評価値 (A×B)
○○排水ポンプ施設	5	500万円	2.3	1,150
××トンネル施設	4	1000万円	1.5	1,500
△△排水ポンプ施設	4	200万円	1.2	240
○△排水ポンプ施設	5	800万円	1.1	880
□○トンネル施設	3	100万円	1.8	180
×○排水ポンプ施設	2	300万円	1.7	510
△×トンネル施設	4	600万円	2.1	1,260



施設名	路線 ランク	リスク評価値 (A×B)	優先順位
○○排水ポンプ施設	5	1,150	1
○△排水ポンプ施設	5	880	2
××トンネル施設	4	1,500	3
△×トンネル施設	4	1,260	4
△△排水ポンプ施設	4	240	5
□○トンネル施設	3	180	6
×○排水ポンプ施設	2	510	7

停止時のリスク」,「路線の重要度」および「耐用年数の経過程度」を指標として優先順位を設定する。

なお,「路線の重要度(路線の重要性区分ランク)」を優先に考え,それらのランク内でリスク評価値の高い順で優先順位を設定した。表8に設定イメージを示す。

3.4 今後の取組予定

現在は,施設の現況および重点化の考え方に基づき,優先順位を検討・計画しており,この結果に基づき当面の間,維持管理を進めるとともに,PDCAサイクルを用いて,適宜計画の修正を実施する予定である。

4. 終わりに

アセットマネジメントへの取組みは全国に広がっている。国民・府民から預かっている過去に建設した社会資本について,同じく毎年預かる税金によって効率的・効果的に資産として管理することが,求められている。

しかしながら国民・府民は,道路施設が老朽化し危機的状況を迎えつつあること,さらに維持管理の重要な時期にさしかかっていることが理解されていないこともあり,道路特定財源の暫定税率を維持する必要性を理解されていないのではないと思われる。

このことから,国民・府民に維持管理の必要性についてPRすることも重要であると考えられる。

一方,道路を中心にアセットマネジメントに先進的に取り組む自治体が集まり,現在は大阪府が事務局を行っている「アセットマネジメント担当者会議」の全国会議や幹事会において活発な情報・意見交換を実施していることから社会に対するアピールについても今後重点的に取り組んでいくこととしたい。

また,この会議での広がりを活かして,市町村を含めより多くの自治体と連携を図り,情報共有による効率的な検討についても取り組んでいきたい。

青森県橋梁アセットマネジメントの取組み

かわむらひろゆき
川村宏行*

1. はじめに

青森県では、高度成長後期に建設された橋梁の近い将来における大量更新時代の到来が想定されることから、橋梁の維持管理を計画的に行うため橋梁アセットマネジメントを導入し、長期的な視点から橋梁を効率的・効果的に管理し、維持更新コストの最小化・平準化を図っていく取組みを始めている。

これまでの維持管理は「傷んでから直すまたは作り替える」という対症的なものであったが、これからは「傷む前に直して、できる限り長く使う」という予防保全的なものとし、将来にわたる維持更新コスト（ライフサイクルコスト：LCC）を最小化することを目指している。「いつ、どの橋梁に、どのような対策が必要か」をアセットマネジメントによりの確に判断し、橋梁の長寿命化を図り、将来にわたる維持更新コストの削減を図るものである。

平成16・17年度の2箇年で橋梁アセットマネジメントシステムを構築し、平成18年度よりシステムの運用を開始している。システムの運用にあたり、まずブリッジマネジメントシステム（BMS）による予算シミュレーションと事業計画の作成を行い、予算を確保している。また工事を実施する出先機関へ専門チームを設置し、重点的に橋梁補修事業に取り組んでいる。さらにアセットマネジメントに携わる「人」の教育が必要と考え行政職員や建設会社・建設コンサルタントの技術力向上のための研修等にも取り組んでいる。

2. システムの概要

2.1 全体フロー

青森県のBMSは大きく5つのSTEPで構成されている（図1）。STEP1では維持管理の基本方針とも言える「基本戦略」を策定する。STEP2では環境条件、点検結果、道路ネットワークの重要性から「個別橋梁の戦略」を選定し、LCCを算定する。STEP3では全橋梁のLCCを集計し、予算目標などに合わせて予算の平準化を行い「中長期予算計画」

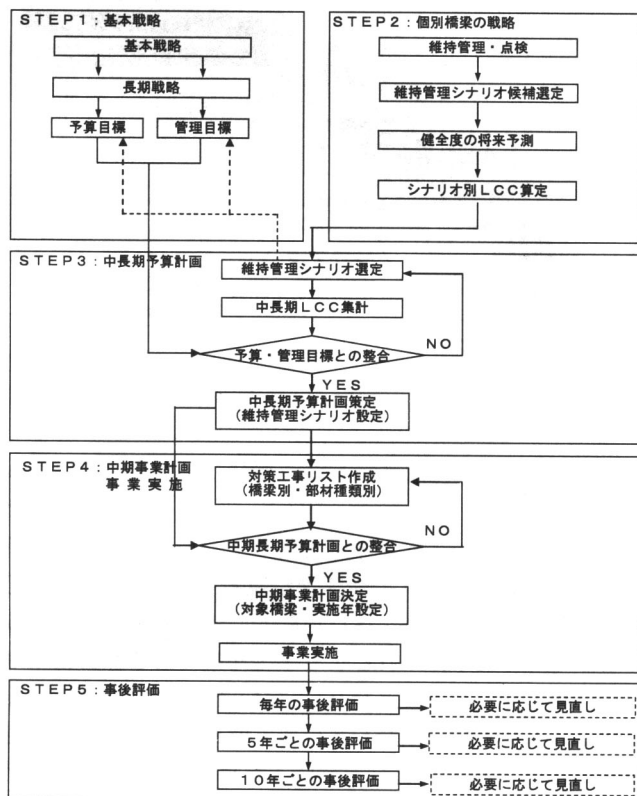


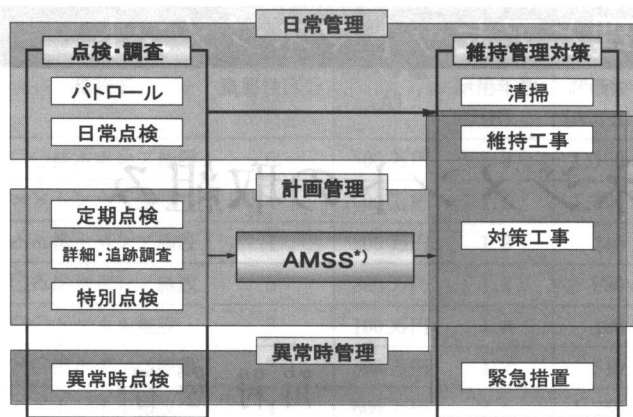
図1 青森県橋梁アセットマネジメントフロー

画」を策定する。STEP4では決定した中長期の予算に基づき「中期事業計画」を策定し事業を実施する。STEP5では「事後評価」を行いBMSの進行管理や必要な見直しを行う。以上のSTEPを繰り返しながら維持管理を実施している。

2.2 維持管理・点検

青森県における維持管理体系の枠組みは「点検・調査」と「維持管理対策」から構成される（図2）。「点検・調査」の結果は、直接あるいはシステムを介して「維持管理対策」に反映される。維持管理体系の中心には「計画管理」があり、5年に1回行う定期点検の結果からシステムを介して計画的な維持管理がなされる。この「計画管理」をサポートする位置づけとして「日常管理」と「異常時管理」がある。

* 青森県県土整備部 道路課主幹



*AMSS:青森県橋梁アセットマネジメント支援システム

図2 維持管理體系

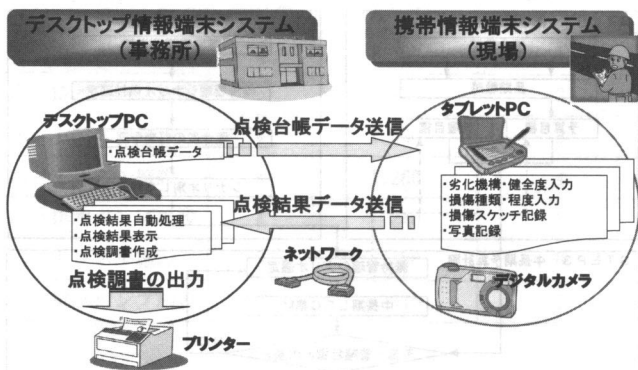


図3 点検支援システムの流れ

本システムの特徴であるが、点検のための独自のマニュアルとITシステムを構築している。この「点検支援システム」(図3)はモバイルPCに必要なデータをあらかじめインストールしておき、点検結果を現場で直接モバイルPCに入力し、現場作業終了後は自動的に点検結果を出力することが可能であり、これにより事後作業である写真整理や点検調書の作成が不要となり、点検作業の省力化が図られ、点検コストを大幅に削減している。財政の脆弱な地方自治体が、BMSを継続的に行っていくためには、そのためのデータ収集業務のコスト削減を図り効率的に進めていくことが重要であり、この「点検支援システム」は大きな成果となっている。

2.3 維持管理シナリオ

各橋梁ごとに維持管理シナリオを設定している(図4)。これにより橋梁の重要度・優先度評価に基づいた維持管理ができ、地域の特性を反映した計画の策定ができる。

維持管理シナリオは「長寿命化シナリオ」と「更新シナリオ」に大別される。長寿命化シナリオでは、永久架橋を目指す戦略的な予防保全対策を行うA1から従来型の事後対策を行うC2までの6種類を設定している。ただし、塩害地域における橋梁について電気防食シナリオをオプションで用意している。更新シナリオでは劣化・損傷により、全体更新、上部工更新、床版更新を設定している。

シナリオの選定は、まず河川改修などによる更新が必要な橋梁や劣化・損傷が著しい橋梁を更新シナリオに選定す

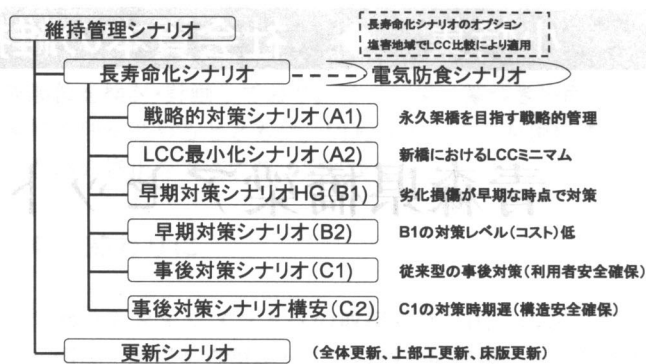


図4 維持管理シナリオ

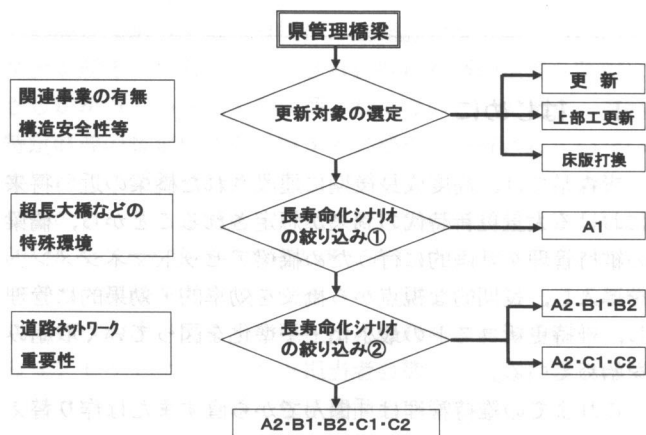


図5 維持管理シナリオの選定方法

る。次に長寿命化シナリオの絞り込みの第一段階として、超長大橋など特殊な環境条件にあって更新や大規模補修ができない橋梁を戦略的対策シナリオ(A1)に設定する。第二段階として道路ネットワークにおける重要性から絞り込みを行い、最後に残った橋梁をA1を除く全てのシナリオの中から選定する(図5)。なお、選定にあたっては適用可能なシナリオを複数選定することとしている。

2.4 健全度の将来予測

健全度の将来予測は、部材、材質、劣化機構、仕様ごとに行うが、塩害対策区分などの環境条件によりさらに細分化している。このように詳細に分類したため青森県の点検データのみでは回帰式による劣化速度の設定は困難であっ

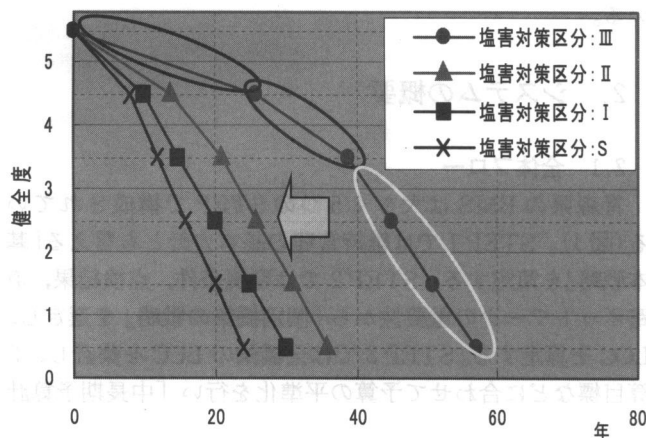


図6 劣化予測式の作成

たことから、既存の研究成果、点検データや過去の補修履歴、ならびに学識経験者の知見により劣化速度を設定している。図6はRC上部工の塩害(被覆無し)の設定例である。既存の研究成果で塩化物イオン濃度により鉄筋の腐食が発生する時期が定義されるのでフィックの拡散方程式で潜伏期を設定している。進展期は腐食ひび割れ発生量式を利用している。加速期以降は既存の予測式が無いことから、点検データや青森県の補修実績などから劣化速度を設定している。そして学識経験者の知見により設定した予測式を過去の全国的な実績などと比較し、検証して確定している。例では環境条件である塩害区分により修正している。

劣化予測式は、部材や劣化機構、環境条件ごとに275種類設定しており、現実に近い実用的な将来予測を採用している。

2.5 中長期予算計画と中期事業計画

中長期予算計画では、算定したLCCのうち将来のコストが最小となる維持管理シナリオをそれぞれの橋梁に選択した予算を全橋梁で集計し、予算目標との調整を行う。目標値と整合する場合はそのまま中長期予算計画が決定するが、将来コストが最小となる維持管理シナリオでは初期の段階で対策が必要な場合が多いことから、初期の予算について調整がつかない場合が多い。その場合は維持管理シナリオを複数選定している中から再選定し、対策時期を後年度にシフトすることで予算目標との調整を図ることとしている。シナリオ再選定の順序は、変更することでLCCの増加が少ない橋梁から変更することとしている。また維持管理の予算が年度ごとに大きく変動することは現実的ではないことから、複数年の平均値を予算とする平準化(図7)を行っている。

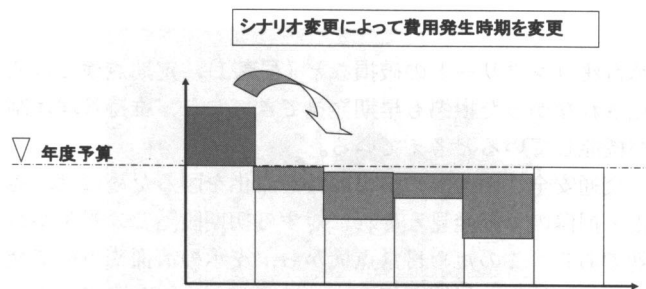


図7 予算平準化のイメージ

決定した中長期予算計画により設定された予算枠の中で、具体的に、どの橋梁の、どの部材の対策をいつ行うのかについて、中期事業計画を策定し、計画に基づき事業を実施することになる。

3. 青森県橋梁アセットマネジメントの実践

3.1 予算計画シミュレーション

青森県のBMSは橋梁の健全度や重要度などをもとに、予算の最適投資時期と最適補修工法を算出できるシステムとなっている。システムを利用し中長期予算計画のシミュレーションを行っている。

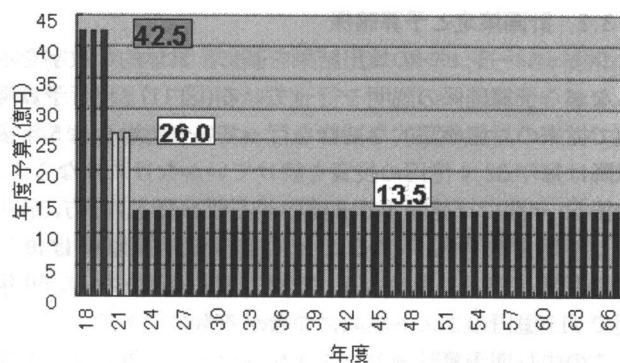


図8 ケース1 50年間LCC最小

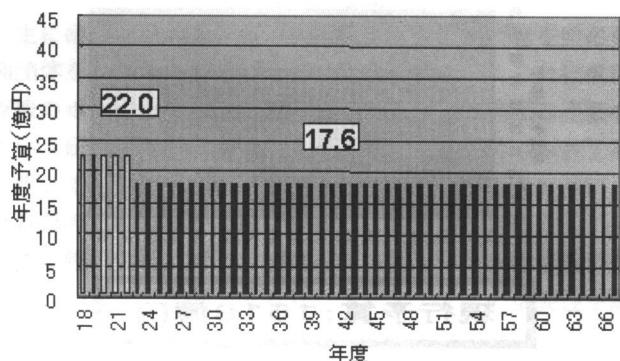


図9 ケース2 予算制約がある場合(前年度同予算)

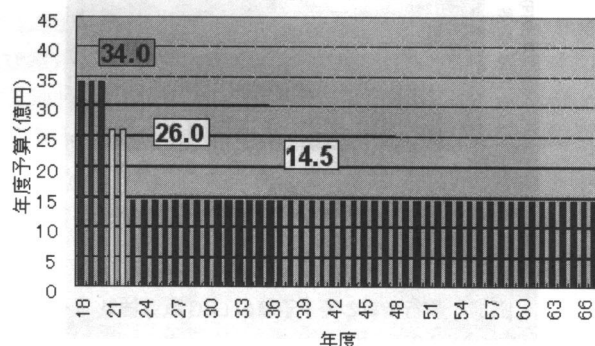


図10 ケース3 予算制約がある場合(投資可能)

ケース1(図8)は、50年間のLCCが最小となる場合であり、最初の3年間を42.5億円、次の2年間を26億円投資することにより、6年目以降は13.5億円まで削減可能となり、トータルで787億円となる。

ケース2(図9)は、予算制約がある場合として、最初の5年間22億円投資する場合であり、この場合6年目以降は17.5億円必要となりトータルでも902億円となりケース1に比べて100億円以上の増額となった。

ケース3(図10)は、二つのケースの間で1億円ずつ増額していく中で最も増額効果が大きかった場合で、最初3年間34億円、次の2年間26億円投資すると6年目以降14.5億円となりトータルでも807億円となり、ケース1の近似値まで効果を上げることが可能という結果となっている。

ケース1は、青森県の財政上困難であるため、もっとも投資効果の高いケース3で予算計画を決定している。

3.2 計画策定と予算確保

シミュレーションの算出結果を基に、具体的な数字を示しながら予算確保の説明を行っている(図11)。現行予算規模で従来の対症的な補修を行っていった場合は5年後以降は毎年32.4億円の投資を続けていかなければならず、今後50年間では総額1,518億円が必要となる。一方、最初の5年間で集中投資することにより5年後以降は毎年14.5億円で済むことになり、総額で807億円となる。50年間で711億円のコスト縮減につながるものである。

この中長期予算計画のシミュレーション結果を基に中期事業計画を策定している(表1)。

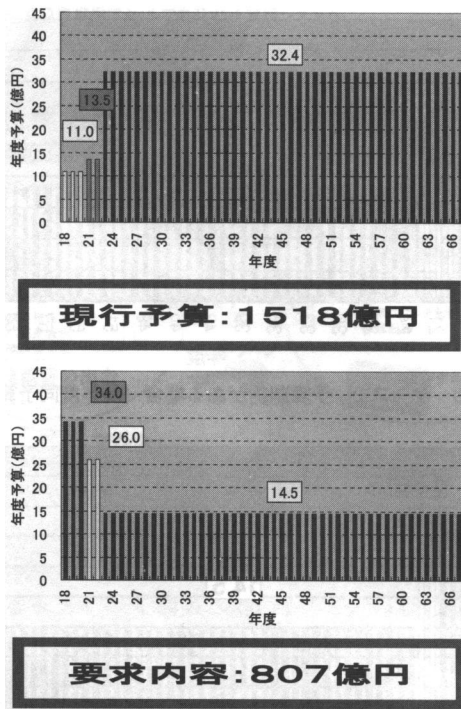


図11 現行予算と要求予算のLCC試算結果

表1 中期事業計画(5箇年計画)

	H 18	H 19	H 20	H 21	H 22	合計
長寿命化補修	41億	34億	34億	26億	26億	154億
対策橋梁数	67橋	59橋	58橋	64橋	56橋	304橋

3.3 運営体制

平成18年4月から県庁道路課と併せて各事務所にアセットマネジメント担当チームを設置している。これまでは主に清掃・維持工事を実施する日常管理は道路管理課、対策工事を実施する計画管理は道路整備課で実施していた。改築系と補修系が縦割りで行事をしてきたが、このチームの設置により新設から維持管理までが一元化され、効率的に仕事を進めることができる組織体制となった(図12)。

5年に1度の定期点検では急激に劣化が進んだ場合などに対応できないことが考えられることから、年に1度定期点検よりも簡易な方法であるが、全橋梁を点検する日常点検を実施している。この日常点検は、点検とコンクリートの浮き部分の叩き落としなどの緊急措置を同時に実施しており、これまでアルカリ骨材反応による鉄筋の破断や、支

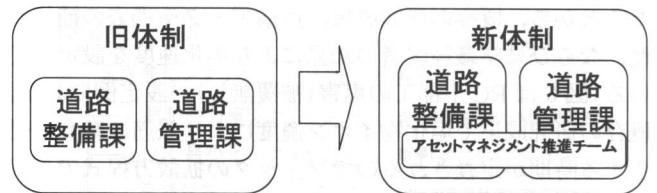


図12 青森県橋梁アセットマネジメントの組織体制



写真1 支承の台座コンクリートの破損

橋梁の長寿命化には日常的な維持管理が最も効果的

橋の町医者業務を包括発注

- ①日常点検 ②清掃 ③維持工事 ④緊急措置
- ⑤小規模工事 ⑥追跡調査(アル骨)



図13 橋梁維持工事(包括発注)

承台座コンクリートの破損など(写真1)、定期点検では発見されなかった損傷も早期発見できており、維持管理体制が機能していると考えている。

交通安全性の確保や橋梁の長寿命化を図るためには、劣化・損傷の早期発見とそれに対する初期段階での対策が有効である。このため日常点検から、支承の清掃や点検で発見された箇所への対策を行うメンテナンスと、5箇年計画に計上されている小規模な長寿命化補修工事を包括的に発注する「橋梁維持工事」を出先管内ごとに発注している(図13)。人に例えると、地元の小さなかかりつけの病院のような「橋の町医者」の機能を地元の建設会社に担ってもらうというものである。発注にあたっては橋梁アセットマネジメントに関する理解と技術力を重視し、技術提案により受注者を決定している。

3.4 職員の技術力向上

アセットマネジメントを実践する上で、計画が個別橋梁の維持管理シナリオに合っているか、最適工法かは現地ですべての対策に携わる担当職員の判断に委ねられており、職員の技術力がシステムの運用に及ぼす影響は小さくはな

い。そのため、平成 18 年度からアセットマネジメントを実践する職員を対象にさまざまな研修を実施している。アセットマネジメントの考え方の浸透を図るための担当者会議、点検のポイントを取得する点検研修、設計や施工の知識習得のための設計研修などである（表 2）。

また平成 18 年度に行った補修設計で劣化の原因が建設当時の施工不良というものが多かったことから、施工を適正に管理できるよう、施工のチェックポイントを取得する施工管理研修を平成 19 年度から新たに実施している（写真

表 2 平成 19 年度職員研修計画

	名 称	内 容
4 月	①アセットマネジメント担当者会議	アセットマネジメント概要、年間業務内容説明 等
	②日常管理講習	パトロールに必要な知識の習得 等
5 月	③システム操作研修	システムの内容、操作説明方法の習得
6 月	④定期点検研修	定期点検の照査に必要な知識の習得
	⑤定期点検・事前データ作成説明会	定期点検、及び事前データの作成方法の習得
7 月	⑥施工管理研修	新橋、補修工事での施工管理の知識の習得
8 月	⑦橋梁設計研修	橋梁設計に関する基礎的知識の習得
10 月	⑧橋梁補修設計研修	橋梁補修工事の知識の習得
11 月	⑨アセットマネジメント担当者会議	定期点検結果の照査に関する意見交換 等
2 月	⑩アセットマネジメント担当者会議	アセット業務の問題点の抽出 等

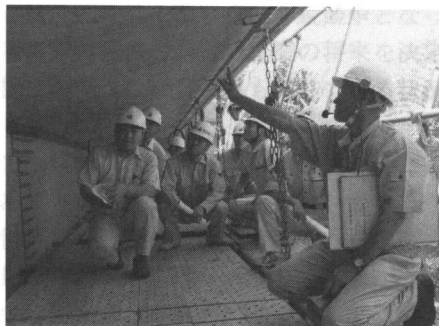


写真 2 施工管理研修

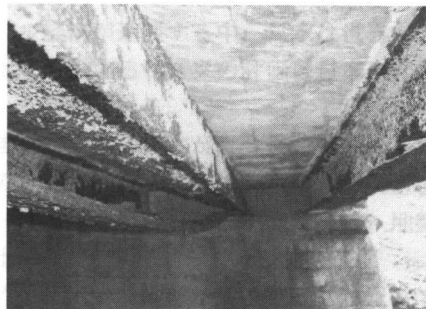


写真 3 損傷が発見された橋

2)。

平成 18 年度には職員が橋梁上部の異常に気づき、橋梁の下に潜ったところ主桁が破断していたという事例もあり、確実に研修の効果が現れてきている（写真 3）。

3.5 県内建設業関係者の技術力向上

調査、設計を担う建設コンサルタントや補修工事を担う建設会社の技術力向上も重要である。劣化状況の原因の把握とそれに対する対策を提案するためには高度な技術が必要であり、また請け負った工事に対し、要求される性能を満足させるための厳しい品質確保や、新工法に柔軟に対応していくためにも高度な技術が必要である。

主に建設コンサルタントを対象に橋梁点検研修を県の外郭団体を活用して有料で行っている（写真 4）。これは橋梁点検のポイントについて講習するとともに、実橋の点検を行い、研修会終了後、試験を実施し、合格者にのみ修了証を渡している。なおこの修了証がないコンサルタントは、青森県の定期点検を実施できないこととしている。

また建設会社に対し、橋梁補修技術研修を橋梁点検研修と同様の方法で実施しており、メンテナンスの重要性を認識してもらおうと考えている。



写真 4 実橋を使った点検研修

3.6 共同研究

アセットマネジメントを実践していく上で、システムの各種シミュレーションの精度向上が重要となる。青森県独自の劣化特性を反映させ精度向上を図っていくため、産学官の共同研究を実施している。

平成 18 年度は、橋梁管理者、大学等研究機関、民間企業から構成されるブリッジマネジメント研究会¹⁾のもと、「塩害による損傷が著しいコンクリート橋の健全度評価および劣化予測の検証に関する研究」と「腐食による損傷が著しい鋼橋の健全度評価および劣化予測の検証に関する研究」を実施している。

「塩害による損傷が著しいコンクリート橋の健全度評価および劣化予測の検証に関する研究」では、損傷が著しく撤去する PC 橋梁があったため、その橋梁を活用し、塩害橋梁の目視点検と内部の劣化状況の関係などについて、コンクリート材料試験や鋼材の腐食状況の測定などを実施し、実際の健全度の推定や残存耐力の予測を行った（写真 5）。

「腐食による損傷が著しい鋼橋の健全度評価および劣化

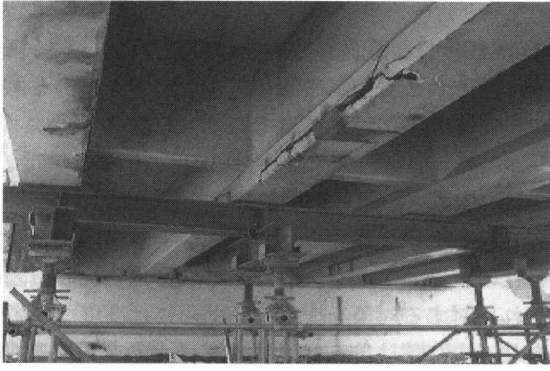


写真5 研究に活用した塩害橋梁

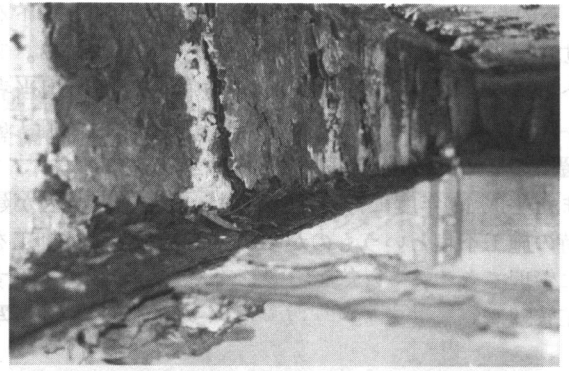


写真6 研究に活用した腐食した鋼橋

予測の検証に関する研究」では、同じく腐食が激しく撤去する橋梁があったため、その橋梁を活用し、目視点検と板厚減少の関係などについて、引張、衝撃、曲げ、せん断強度試験や補修履歴による劣化曲線の検証などを実施し、実際の健全度の推定や各健全度での適正な補修・補強工法の検討を行った(写真6)。今後これらの研究結果を基に劣化曲線等の精度向上が図られるものと考えている。

4. おわりに

本論文では、青森県という日本の一地方自治体が先進的に取り組んでいる橋梁アセットマネジメントの実践について報告した。青森県のBMSはまだ緒についたばかりであり、健全度の将来予測の精度向上や、対策工法や計画予算の妥当性など多くの課題も抱えており、今後継続的にアセ

ットマネジメントによる橋梁の維持管理を行い、システムの精度向上に向けて、粘り強く取り組んでいく必要がある。また、青森県の取組みが日本の他の自治体に波及し、日本全体の橋梁サービスの向上に資することを期待する。

青森県の橋梁アセットマネジメントの運営にあたり、「青森県橋梁アセットマネジメントシステム開発コンソーシアム」の委員の皆様からの多大なるご指導と、システムのメンテナンス作業を実施している(財)大阪地域計画研究所²⁾の皆様のご協力に対して、ここに感謝の意を表します。

参考文献

- 1) ブリッジマネジメント研究会ホームページ
<http://www.rpi.or.jp/BMS/index.html>
- 2) 財団法人大阪地域計画研究所ホームページ
<http://www.rpi.or.jp/>

地質調査業における企業の社会的責任 (Corporate Social Responsibility : CSR)

なり た まきる
成 田 賢*

1. はじめに

1990年代初頭のバブル経済崩壊後、それまでの高度成長経済が終焉し、新たな経済的バランスをとるためのさまざまな揺り返しが日本を襲っている。そのひとつである公共事業予算削減の継続により、建設関連業である地質調査業界も大きな影響を受けている。

地質調査業界の受注額は、1997年をピークにこの10年対1997年比50%を割る状況となるなど、半減以下という厳しい状況にある。さらに公共調達の方法も平成13年以降の5年間で、指名競争方式による調達から一般競争方式に徐々に変化しており、さらにプロポーザル方式、総合評価方式という新たな調達制度が導入されてきている。

当業界は、これまで社会資本整備の進展に伴い発展してきた。しかし、公共事業の縮小が進行する中で地質調査業は供給過多の状況に陥り、激しい価格競争の時代に突入している。

このことは、先の見えない企業存続競争となっており、働く技術者の労働意欲の減退や企業の将来を決定づける上で必要な技術開発への投資余裕も減じている状況となっている。

ところで地質調査業は、日本の持続的発展に寄与できない業界であろうか？ 筆者は、否と言いたい。

日本は世界でも有数の地震国であり、火山国でもある。また、国土の約70%が山地からなり、人口の約50%は沖積平野に集中している。しかも、1950年以降急激に整備された現在の首都は、大地震の洗礼を受けていない。

すなわち、脆弱な国土から成り立つのが、日本である。

グローバル経済が進展する中、日本は世界と比較され、脆弱な国土に起因するリスクの評価は日本の発展に大きく影響していくことになる。

脆弱な国土からなる日本が、今後持続的に発展するためには、その地盤状況を十分把握しつつ、防災、環境の観点で、また、地下水などの資源活用の観点で、地盤状況と均衡した国土形成が必要と考える。

このためには、より地盤状況を細部にわたって明確にす

る必要があることは言うまでもなく、地質業界は、地盤情報を広く国民に提供し、より広く地盤情報を活用されるようにしていかなければならないと考える。

このために、全国地質調査業協会連合会（以下全地連）会員企業の役割は大きい。しかし、その役割を担うためには、大きな発想の転換が必要と考えられる。そのひとつとして、企業の社会的責任（CSR）に注目しなければならないと考える。

CSRを果たす前に利益を上げなければならないという議論がある。しかし、社会に認められ、企業が発展するためには、CSRを果たさなければならないという議論である。

地質調査業は、受注産業でもある。したがって、地質調査業における企業競争は、受注競争ということになる。この受注競争は、過去から継続されているものでもあるが、近年は、その質が大きく変化している。

質の変化とは、指名獲得競争から受注獲得競争への変化である。この受注獲得競争では、提供する提案、技術品質、安全、コンプライアンス（法令順守）、技術者資格、実績等が問われる。さらに企業に対する信用という観点が大変重要である。この信用の構成要素には、企業そのものの生産振舞いがすべて取り込まれるものであり、社員一人一人の働き方、意欲、服装、応対までも含まれるものである。

では、CSRとは何なのか。また、地質調査業におけるCSRをどのように考えるべきなのか、本稿で考えることとする。

2. 企業の社会的責任

企業の社会的責任（Corporate Social Responsibility : CSR）の捉え方にはさまざまな切り口があるが、企業活動を企業という限定されたものから捉えるのではなく、企業の利害関係者から企業の利害に関係しない部分まで、広い視野で一連に捉えた企業のあり方に対する見方である。この考え方は、アメリカ、ヨーロッパで1990年代から企業経営に活発に取り入れられている。

* 全国地質調査業協会連合会 技術委員長

2.1 相次いだ企業不祥事とCSR

2002年にアメリカで発生したエンロン事件やワールドコム事件など世界的企業による不祥事件では、世論による企業批判とこれによる企業の経営破綻が発生した。これを契機にCSRに対する企業経営者の関心が急激に高まった。また、近年の地球温暖化対策に関する議論が活発化する中で、環境保全に対する企業の姿勢としてもCSRがクローズアップされてきている。

CSRについてアメリカでは、企業内部統制を確実にを行い企業不祥事を無くし、消費者に信頼される企業となることを求めるという見方が強い。これに対して、ヨーロッパでは、通常の企業活動とは別に企業が社会に奉仕することを求めるという見方が強い。

昨年(2007年)を象徴する漢字一文字として、「偽」が発表されたことは記憶に新しいところである。昨年は、耐震偽装、製造日偽装、産地偽装、製品偽装など多くの企業不祥事がマスコミを賑わした年であった。また、談合問題が紙面を賑わしたのも記憶に新しいところである。このような事件が発生するとコンプライアンス(法令順守)がクローズアップされ、コンプライアンスの徹底とCSRが企業の合言葉となっている。

最近では、企業活動に対する社会の目が一段と厳しくなり、法令や社会ルールの順守と企業倫理を求めるようになり、それを企業の独自性に依存するのではなく、社会の共通ルールとして規制する流れとなり、ISOから内部統制規則など多くの規制が導入され、また導入されようとしている。

2.2 CSRと企業

CSR(企業の社会的責任)における企業像にはさまざまな見方がある。共通的な見方として、企業は急激な発展を前提とするものではなく、持続的に発展するものとしてイメージしている。この点は大変重要であり、これまでの企業経営の概念を変える見方でもある。これは企業不祥事が急激に発展した会社、ないしは、発展意欲の高い会社で発生しているからである。例えば、利潤第一とする企業の場合、法令やさまざまな規制対応をコストアップと受け止め、利潤を減少させる方向と捉えがちとなる。このため、規制やルールの抜け道を探す意図が強く作用しやすくなる。また、企業が利潤獲得のための行っている活動とかけ離れた社会への奉仕活動やイベント事業への参画、地域活動への参加は、企業経営を阻害する要因と受け止めることとなる。したがって、規制やルールの順守にほころびが生じやすくなり、さらには、地域活動にも消極的となることとなる。奉仕活動はさておいて、最近では規則やルールを順守できない企業活動が、先に述べた企業不祥事として社会から痛烈な批判を浴び、消費者離れが発生し、これが企業活動の停止にもつながる状況となってきているのである(三重県の老舗である赤福が、コスト削減のために売れ残り商品の製造月日を偽造し、再び出荷し、休業に追い込まれた事件など)。企業活動の停止は、企業存続に関する問題である。

2.3 環境と関連したCSR

色々議論のあるところではあるが、例えば、地球温暖化の原因とされるCO₂の排出は、利潤追求型の企業活動の結果であり、地球温暖化が更に進行した場合、砂漠化の進行や海水準の上昇、急激なCO₂の排出規制などにより産業のアンバランスや経済活動の減退が生じ、この結果企業の中には存続できない企業が発生する可能性があるという見方がある。この観点に立つならば、持続的発展を目指す企業は、企業活動の場を失い兼ねない地球環境変化に対応するため、その環境の保全に当然取り組まなければならない、地球環境を考えた企業活動をすべきであるという議論がある。企業が自らの費用で行う植林活動や、断熱住宅への住宅ローン金利の一部を銀行が負担することなど多くの企業による環境保全活動例がこれにあたる。これらは、企業自らが費用または人員を提供し、地球環境の保全活動に参画し、将来の企業活動を維持していこうとするものである。また、これらの活動を企業ブランドに結びつけ、市場信用を高める中で優位な企業活動を目指すほか、企業の利害関係者が地球保全に参画している誇りを持つことも狙っている。この誇りが環境保全に有益で社会に支持される新たな技術商品開発につながり、そのことが安定した利潤の確保につながり、企業の持続的発展につながるという見方である。また、企業の利害関係者が持つ誇りが、環境保全、品質管理、コンプライアンスなどに強く作用し、企業不祥事の予防につながり、これも企業の持続的発展を後押しすることとなるといわれ、CSRの重要な側面でもある。

2.4 社員とCSR

1960年代からの高度経済成長時代の企業は、商品やサービスを社会に提供する側であった。しかし、バブル経済終焉後は、情報技術の発達と相まって、消費者の選択の範囲が地理的にも種類のにも拡大し、この結果、より広いエリアの消費者が、多くの企業が提供する商品やサービスから好みに合ったものを選別選択する流れとなり、品質競争、価格競争が発生してきた。さらに中国など諸外国間との競争も激しくなり、コスト削減は企業活動の大きな柱になっている。

かつて、高度成長経済の原動力となった社員は、終身雇用、年功序列賃金のもと、企業人としての誇りを持ち、いわゆる企業社会の中で将来の生活設計を保障され安心して労働力を提供していた。経済の発展は、需要の継続的な伸びを生み、そのことが社員の誇りを高め、また、企業の発展につながるという「向上の流れ」ができていた。

しかし、バブル経済の崩壊以降、国際化の流れ(グローバルスタンダード)が日本に押し寄せ、規制緩和の中、企業間競争が一層熾烈に展開されるようになってきた。競争を勝ち抜くための企業マネジメントの見直しがあり、従来の終身雇用、年功序列型賃金制度から、成果主義的賃金制度への移行やリストラが進行した。また、企業の倒産も頻発した。

この結果、社員の目標が近視眼的となり、将来の生活設計に不安を抱く状況が出現し、さらに企業間競争の激化は、

コスト競争、品質競争、納期競争とその労働環境も大変厳しい状況になっているのが現状であろう。

企業がCSRを達成するためには、社員が社会の一員であることを認識し、労働が社会貢献につながっていることを自覚し、それに誇りを持って労働を行う環境創出が重要とされている。このことが、企業不祥事が出てくる「会社のために良いと思ってルールを破った」というような会社本位的社員志向から脱皮させ、逆に市場から評価される企業となり、企業の持続的発展につながるとしている。

2.5 CSRへの取組み

CSRについて、各企業がどのように取り組むかは、各企業の選択であり、一概に決められたことではない。

しかし、最近の不祥事に対する社会の反応を見ると、社会に支持される企業になるためには、CSRを考慮することは間違いではないと言え、企業の生業を考慮し企業自らがCSRを捉えていかなければならないといえる。また、これまで一般的である利潤第一の発想から、社会に貢献していく企業こそが持続的に発展していく時代に変化したことを認めざるをえない。

コンプライアンス問題の発生は、企業にとっては存続問題につながる重要な問題であるが、これを回避するためには、企業内ルールの徹底はもちろん重要であるが、そのルールを実行する、経営者、社員、株主が、「ルール順守が社会の一員として当然のことである」ということを自覚し取り組むような環境創出が必要となる。

世界的には、先述したように地球温暖化対策への取組みなど、企業は社会の発展に有益な企業活動をしなければならず、人類の発展に寄与する活動となるという観点が拡大している。CSRは、社会の期待に応えるために企業の利害関係者（当然社員も包含する）が一丸となり企業活動を進めることを前提とし、その結果は、企業の持続的発展や、収益を高めるという結果につながるとされ、発展している企業は、CSRを重視した経営をしているといわれている。

これまでの企業経営は、利潤の追求を第一義的に捉え、最低限の基準順守または複数企業間での横並び方式による施策の採用という考え方があった。また、一般消費者を対象としていない企業では、企業活動そのものを積極的に社会に発信することもなく、この結果、地域にある会社が何をしているか周辺住民が全く知らない場合もあった。

CSRは、その企業の特徴を活かし、社会の持続的発展に寄与することを目指すものである。

3. 地質調査業の特徴とCSR

3.1 地質調査の拡大についての可能性

地質調査業は、見えない地盤内部まで調査し、地質構造や地質構成を明らかにし、その所見をまとめ、発注者の問題解決に当たる業である（全地連の定義）。地質調査業の大きな特徴は、国民の誰もが見えない世界を対象にしていることと、点的調査結果を2次元、3次元に拡張し地盤状況を解明し、その上で顧客の問題解決に当たるということであ

ろう。

その調査結果は、日本の国土地盤の地質状況を明らかにしたことになり、国土の地質分布や地質構造の理解を高めるために有益な情報となっているのである。逆に言えば、日本の国土の中にはまだ未調査部分があり、多用途の地盤利用から発生する顧客の問題解決のための地質調査は、日本の未調査部分を解明している。

したがって、地質調査業で日々解明している地質調査データは、50年前のデータも昨日のデータも国土地盤情報として、同格の価値をもつものであるともいえる。

かつて、日本の地質は、日本列島の地質構造の解明のために精力的に地質調査が実施され、日本の地質の基本構造が明らかにされた。この成果により、日本列島の地質構造が理解できるようになった。この基本的な地質構造を社会資本整備に活用するためにさらに土木地質図としてまとめられ、全体像を見ることができるようになった。これにより、構造物を施工する上での地質分布と構造に関わる問題項目を明確にできるようになり、その問題項目を建設事業現場における詳細な地質調査により、解決してきた。

一方、1995年に発生した阪神淡路大震災では、直接的な被害のほかに経済的な損失も大きく、この地震を契機する地震防災に対する社会的関心が急激に高まった。その中で、これまでの地質調査で必ずしも詳細が把握されていなかった、活断層に対する調査が全国一斉に実施され、全国の地震動確率マップが作成されている（2007年）。これにより、地震動予測確率が全国的に異なることが表現され、日本の中での要注意箇所が誰でも見えるようになった。

また、土壌地下水汚染がもたらす、経済的損失が議論される中、土地の汚染調査、汚染修復の流れが生まれ、日本でも土壌汚染対策法が施行（2002年）されている。この土壌汚染対策では、地質構造と汚染との関係、地下水との関係の解明が必要となり、地質調査が行われている。地球温暖化対策としてCO₂地層貯留対策が検討され、実験も行われている。実際に貯留を行うためには、CO₂排出源に近接した場所に貯留箇所を選定することがコスト上有利となる。今後の検討にも左右されるが、排出源に近接する多数の貯留地が設けられる可能性もある。CO₂地層貯留対策にあたっては、貯留層の地質構造と貯留性能を判断する物性評価が必要となる。このように地球温暖化対策にも地質調査が貢献する可能性がある。

近年では、防災・環境への取組みが、環境リスク、災害リスクという観点につながり、しかも、そのことが企業や個人の震災の間接経済被害などの経済的視点の中に取り込まれるようになってきた。金融経済関連における環境や災害のリスクの算定では、地盤性状の情報がその基礎となっている。これらリスクの取扱いが普及してくると、土地や建物、工場など、狭い範囲での地質調査と地質情報需要にもつながる。

このように社会から顕在化しつつある地質調査や地盤情報への要望を考えると、複雑な日本の地質構造では、地質調査が大変不足していると言えるのではないだろうか。ここに地質調査業の更なる展開が存在すると考えるところで

ある。

これからの地質調査の適用に対して、積極的に提案し市場を開拓することにより、社会の持続的発展に貢献することは可能であり、地質技術者が活躍する可能性は高まる。このように見てくると、これからの地球環境の保全や日本の持続的発展にはたず地質調査の役割は官民間問わず、また、事業や研究を問わず重要であり、このこと自体が地質調査業のCSRにつながることでありと考える。

3.2 地質調査業を取り巻く環境変化

地質調査業を取り巻く環境は、日に日に変化しているが、持続的発展を目指す日本にとって、その重要性はさらに増す環境にあるのではないだろうか。

業の発展を考えると、これまでのように顧客からの要望を待ち、要望が来たときに受注する待ち的な短期的経営志向で良いのだろうか。

まず、必要なことは、地質調査の重要性が広く社会国民に認知されることである。さらに地質調査業が、日本の国土利用戦略を構築する上で重要であることも広く社会に認知されることが必要である。また、地質調査成果が土木建築の基礎資料のみならず、研究資料として、また、防災事業や環境保全実施のための基礎資料としてさまざまに活用できる品質であることも認知してもらうことが必要である。

このためになすべきことは、地質調査に携わる技術者が、国土に不足する地質調査を担っている自負と誇りを持ちながら日常の業務に携わることや調査成果の品質確保に努めることが必要である。その中で、国民から地質調査業に対する信頼が生まれ、これが地質調査の重要性に対する認識を拡大していくことにつながると考えられる。

4. 今後の展開

社会の諸ルール順守への社会的要求は、今後さらに強まると想定され、法令違反・ルール違反・さらに倫理から外れる企業行動に対するペナルティは強化されるだろう。また、品質管理、安全管理に関する企業の責任もさらに重くなる方向へ進むものと想定される。その上、公共事業のコスト縮減への取組みなど、地質調査業における業務遂行はさらに厳しさを増すことが想定される。

このような状況の継続は、企業経営そのものの疲弊を招き、技術者の育成、技術開発の停滞など、地質調査業そのものの疲弊につながる可能性がある。

これを打破しなければならないが、そのためには、全地連ならびに各地区協会、そして会員企業と連携した取組みが重要と考える。

そのひとつにCSRを基調とした取組みがあると考えられる。

このような環境で会員企業が社会奉仕活動など、資金と資源を投入する活動にすぐに取り組むということは、なかなかできない状況である。しかし、社員を初めとする企業の利害関係者に、地質調査業が社会貢献の働きであること

を強く認識させ、働き方を考え、コンプライアンス、品質管理、安全管理にまず取り組むことは可能であると考えられる。と同時に全地連が、地質リスク、地質百選、地質情報の活用、新マーケット創出活動、技術の伝承、学会との連携などを推し進めることにより、日本の国土戦略における地質調査の重要性を関連団体と共同で社会に提案していく必要がある。各地区協会が実施されている、技術講習会も重要な活動のひとつである。このように、会員企業の取組みと全地連の取組みを連携させていくことが重要と考える。

また、学校を活用した教育への参画（2007年には国立小学校での実績がある）や災害復旧活動への参画、インターネットを活用した市民向けQ&Aへの取組みなど、地域活動への業界としての取組みも必要である。

さらに言うまでもないが、日常業務で地質調査の重要性や全地連での取組みなど会員企業技術者が発注者に積極的に提案説明していくことも重要である。発注者や地域の人たちに現場で勉強会を開催し、地質の説明を行い、地質調査の重要性を普及することも大変重要なCSRにつながる活動であるといえる。それを実行した技術者は、どんどん業務に誇りを持っていくことになるはずである。さらに積極的に取り組み、発注者評価や社会の企業評価が好転し、信頼される技術者、信頼される企業へ向かっていくと考える。ただし、この場合は企業が技術者の活動をバックアップする体制が必要である。

この厳しい経営環境で、しかも忙しい中で大変だという読者の声が聞こえるが、過度の価格競争などで疲弊感が漂うこの業界の環境から脱却するための議論のひとつと理解していただきたい。

5. おわりに

CSRは、これから企業が持続的発展するために考慮しなければならないものである。

企業として、CSRを果す前に利益を上げなければならないという議論があることを冒頭で述べた。企業の社会に対する責任役割として、雇用の創出、社会に役立つ商品サービスに生産の継続があり、これを維持発展させる場合には、利益が必要である。これまで、企業活動が継続する中で、社会と離れた企業文化ができ、企業のための企業という形ができ上がった。この流れは、世界の経済発展、人類の福祉向上に役立ったが、企業不祥事が発生し、地球環境問題が発生してきた中で重要視されてきたのが、CSRである。

これは企業内部の論理ではなく、企業外部の論理ともいえる。すなわち、企業活動の継続と持続的発展は、社会から離れてはありえないという流れが生じている。

このような流れを筆者は、地質調査業界にとって、逆風ではなく追い風になる展開と見るのである。

すでにCSRを実行している企業の社員は、誇りと期待、さらに希望を持って働いており、企業不祥事の予防と社会の信頼を得、企業が発展している。社員がわくわくしながら働く企業に発展する企業が多いということである。

地質調査業は、専門分野の事業であり、しかも不可視の地盤を対象としている。見えない世界では、偽が生じた場合、すべて疑われる世界になる可能性があり、避けなければならない。

CSR はさまざまな切り口で、しかもさまざまな見解がある。筆者の見解はその一部であるが、地質調査業の切り口で CSR を議論する題材となれば幸甚である。

主な参考文献

- 1) 高巖+日経 CSR プロジェクト編：CSR，日本経済新聞出版社，2004 年。
- 2) (社)全国地質調査業協会連合会：創立四十年記念誌，2003 年。
- 3) (社)全国地質調査業協会連合会編：日本の地形・地質，鹿島出版会，2001 年。
- 4) 応用地質株式会社編著：それでもピザの斜塔は倒れない，幻冬社，2007 年。



簡単施工
ながもち

土
構
造
物
の
維
持
管
理

NETIS登録No. : KT-040081-A

道路・鉄道

対策対象

- ・ 宅地谷埋盛土
- ・ 道路沢埋盛土
- ・ 鉄道谷渡盛土
- ・ 液状化懸念地盤
- ・ 風化岩盤法面
- ・ 河川堤防裏法面



有限会社 太田ジオリサーチ

<http://www.ohta-geo.co.jp/> TEL 078-907-3120(担当:太田)

<http://www.あんしん宅地.jp/>
あんしん宅地. JP

ライフサイクルコスト (LCC) 分析

おおほり かつまさ
大堀 勝正*

1. ライフサイクルコストの概念と活用場面

建設構造物のライフサイクルコスト（以下 LCC という）とは、建物の企画、調査、計画、設計、施工、維持管理・更新の全事業期間で発生する費用を指す。つまり、ライフサイクルの t 年度に発生した費用を C_t とすると、LCC は C_t の総和となる（図 1）。

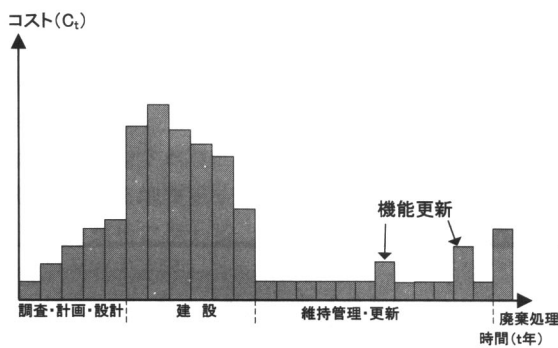


図1 建設構造物のライフサイクルとコストの概念

LCC が特に注目されるようになったのはオイルショックによりコスト意識が高まった 1970 年代の米国であり、製造物や建築等の VE による経済性の検討で LCC の分析が始められた¹⁾。こうした背景から、米国国防省では 1970 年代に LCC ガイドブックを発行し、連邦調達庁では 1973 年に調達において LCC での評価を導入した¹⁾。民間部門においても、建築分野で運用管理費が建設費の 4~5 倍に達するという報告等があり、設備の高度化等による運用管理費の増大を重視した LCC 分析の必要性が認識された¹⁾。

日本の公共事業においては、1990 年代から効率化、透明性、説明責任が世論の大きな関心事となり、財源不足も相

まってコスト構造改革や事業評価システム導入等の行政改革の中で LCC が注目されるようになった²⁾（表 1）。このように、LCC は維持管理・更新の合理化のみならず投資判断に関わる多くの場面で活用されている。

2. LCC の基本的な分析手法

(1) 基本的な LCC 分析

建設構造物の LCC 分析手法は、標準的に定義されていない。技術指針³⁾ には、ライフサイクルとみなした評価期間に発生する全ての費用を現在価値に換算し、その合計値をとる現価法とよばれる式(1)が示されている。

$$LCC = \sum_{t=1}^n C_t \frac{1}{(1+i)^t} - SV_n \frac{1}{(1+i)^t} \quad (1)$$

ここに、LCC：現在価値に換算した総費用、 i ：割引率、 n ：評価期間、 SV_n ： n 年目の残存価値を表す。

式(1)は直感的に理解しやすく、各年度に発生するコストが既往の実測データ等で高い精度で予測できる場合には有用である。しかし、建築物や舗装を除く多くの構造物ではこうしたデータが不足しているのが実態である。

評価期間、つまり建設構造物のライフサイクルは、技術指針³⁾ では「耐用年数等を考慮して定める」とあるが、立場によって解釈の違いがある。会計の立場からは、財務省令「減価償却資産の耐用年数等に関する省令」が通常適用される。設計の立場からは、構造物が限界状態に達するまでの期間を指し、目的等に応じて、① 終局限界状態、② 使用限界状態、③ 修復限界状態の 3 つから選択することとしている⁵⁾。維持管理の立場からは、① 物理的劣化のみならず、② 機能的劣化（例：耐荷力不足）および③ 社会経済的劣化（例：交通渋滞の発生）も考慮しなければならない。

割引率は、技術指針³⁾ により全事業において当面 4% が適用されている。ただし、道路公団の財務評価で議論になったように、土木構造物の資産評価を減価償却で行うべきか再調達価格とするか等で意見が分かれる。

(2) 不確実性を考慮した LCC 分析

LCC は多くの不確実要因を含むが、その定義は対象物や関心等によりさまざまである^{1)~9)}。施設管理者にとっての LCC を網羅的に整理すると式(2)のように表現できる。

表 1 公共事業における LCC の活用場面

事業段階	主な目的	活用場面
計画段階	事業採択の判断	費用便益分析
計画段階	民間委託の判断、契約	PFI
計画・設計段階	コスト縮減、性能向上	VE、耐震設計
維持管理段階	コスト縮減、性能保持	維持修繕計画
全段階	資産管理、対外説明	インフラ会計

* (株)建設技術研究所 マネジメント事業部

$$LCC = C_D + C_C + C_M + C_O + \Delta R - SV \quad (2)$$

ここに、 C_D は設計費(企画, 調査, 計画を含む), C_C は建設費(用地費, 補償費等を含む), C_M は維持管理費(点検, 修繕, 更新費用を含む), C_O はオペレーション費用, SV は評価期間以降の残存価値, ΔR はLCC分析における総リスクコストを表す。 C_O の代表例としては, PFIプロジェクトにおけるプロジェクトへの融資に対する返済額が挙げられる⁴⁾。設計費, 建設費, 維持管理費およびオペレーション費に関するリスクコストをそれぞれ R_D, R_C, R_M, R_O とすると ΔR は式(3)のように書き換えられる。

$$\Delta R = R_D + R_C + R_M + R_O \quad (3)$$

現状でのアセットマネジメントに関する実務や研究では, 式(3)に示す項目のうち, 主として維持費用に関するリスクコスト R_M が検討対象とされており, その他のリスクコストはほとんど扱われていないという指摘がある⁴⁾。

3. 社会経済損失や環境負荷等を考慮したLCC分析

2項で示したLCCは施設管理者が直接的に負うコストであるが, 修繕工事による交通渋滞などの社会経済損失, 施設整備に伴う騒音やCO₂排出による環境負荷など市場を介さず発生する外部費用も総合的に考慮すべきであるという考え方が政策においても導入されてきた⁶⁾。つまり, 公共施設の管理者は, 社会の中で多様な利害関係者が負担する費用を考慮してLCCを捉える必要がある。

この場合, LCCの最小化は, 構造物の性能により変化する各種費用の総和を最小にする考え方によって求められる(図2)。

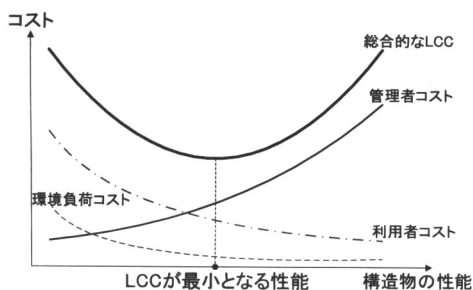


図2 社会経済損失や環境負荷も考慮したLCC最小化の概念

4. 舗装のLCC分析例

舗装分野では, 3項で述べた総合的なLCC最小化を指針としていち早く取り入れている⁷⁾。具体的には, 図3の流れでLCC分析を行うこととしている。ここで, LCCの評価期間は, 舗装の設計期間を超える十分長い期間(2倍程度が一つの目安)や割引率による影響等もふまえて設定することとしている。

こうした総合的なLCCの考え方を取り入れることにより, 初期コストが多少高くなっても長期的にはコストが大幅に縮減され, かつ供用サービス面での満足も高まる⁸⁾ことが知られている。

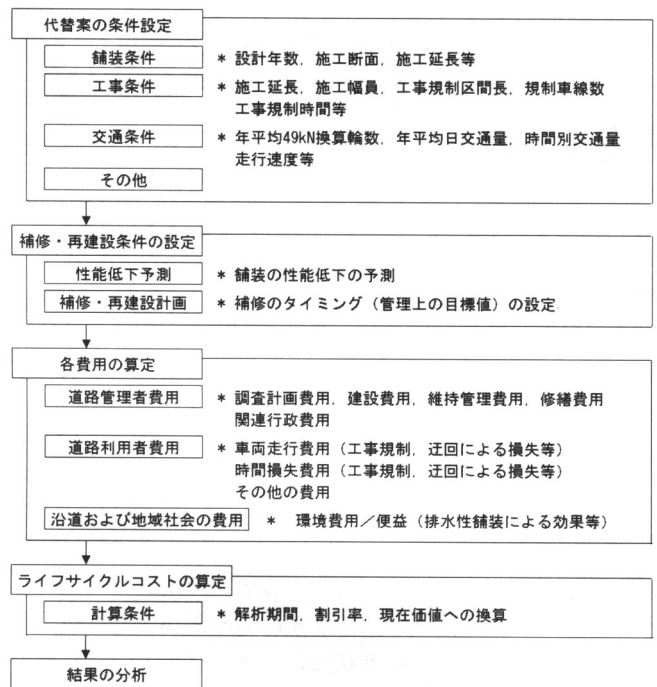


図3 舗装におけるLCC分析の流れ⁷⁾

5. 今後の展望と課題

LCC分析の取組みは, 民間の建築分野では各種コストをデータベース化し, 部位部材単位でLCC分析を行っている¹⁾。土木分野でのLCC分析は, 舗装で最も進んでおり⁷⁾, 橋梁でも劣化のみならず災害も考慮した検討が進行中である⁹⁾。斜面・トンネル等の地盤構造物については, 道路防災という観点からの維持修繕に関する検討はなされているが, LCC分析を含めたアセットマネジメントという観点からの研究事例は少ない⁴⁾。

以上のように, LCC分析は発展途上にある。その最大の課題は, 長期にわたる不確実性の定量評価にある。特に, 地下の地盤は不確実性がきわめて高いことから, その解明の「価値」をLCC縮減として明示することによって地質技術者の技術報酬を妥当投資額として正当化できるのではないかと考える。すなわち, 建設費, 維持管理費, 災害復旧費, 安全面や環境面での外部費用に大きく影響する地質のリスクをLCCによって定量化することが, 今後, 地質技術者の大きな活躍の場になるものと期待される。

参考文献

- 1) 建設大臣官房官庁営繕部: 建築物のライフサイクルコスト, 2000.
- 2) 国土交通省ウェブサイト: 技術調査関係.
- 3) 国土交通省: 公共事業評価の費用便益分析に関する技術指針, 2004.
- 4) 大津宏康: 地盤構造物アセットマネジメントとジオリスクエンジニアリング, 地質と調査, 2006年第3号.
- 5) 国土交通省: 土木・設計にかかる設計の基本, 2002.
- 6) 国土交通省: 公共事業コスト構造改革プログラム, 2003.
- 7) (社)日本道路協会: 舗装設計施工指針, 2006.2.
- 8) 例えば, 清野昌貴・岳本秀人: ライフサイクルコストを考慮した舗装の最適管理水準の検討, 北海道開発土木研究所月報, No. 622号, 2005.

車窓から見る地形・地質

弓ヶ浜半島と大山

鳥取県米子市，大山町，伯耆町

JR 境線

弓ヶ浜半島と JR 境線

鳥取県の西端に位置し、米子市の中心部から日本海、島根半島に向けてきれいな弧状に延びる半島が弓ヶ浜半島である。弓ヶ浜半島は、長さ約 20 km、幅約 4 km の長大な砂州である。この半島は、有史以前の地質時代にできたものではなく、比較的新しい時代に人々の関わりの中で形成されたものである。たたら製鉄で知られているが、山陰地方は古くから鉄器の生産が盛んであった。その原材料である砂鉄を、山を切り開き土砂を川に流す「かな流し」という手法で採取していた。この結果、大量の土砂が人工的に河川から沿岸部に運搬され弓ヶ浜半島形成の大きな要因となったのである。現在のようなきれいな弧状の半島になったのは江戸時代といわれている。



図1 弓ヶ浜半島・大山周辺の平面図

この半島の東側は日本海、西側には中海・宍道湖と連なる日本最大級の汽水域が広がっている。東側の日本海に面した弧状の海岸線は白砂青松の景勝地であり、ことに、海岸沿いの松林は日本三大松原（虹の松原、三保の松原、気比の松原）に勝るとも劣らない大規模なものであり、松林を抜ける直線道路は緑の回廊といえるほど見事である。

JR 境線は、弓ヶ浜半島の中央部を縦断して走る単線のローカル路線であり、半島の付け根に位置する米子駅を起点とし、半島先端部の境港駅を終点としている。

境港市は漫画家水木茂先生の故郷であり、妖怪の里としてユニークな町おこしを展開しており、近年では鳥取県でもっとも人気のある名所の一つである。JR 境線も観光に一



写真1 白砂青松の弓ヶ浜

役買い、鬼太郎列車やねずみ男列車を走らせている。境港駅より、鬼太郎列車(2車両のジーゼル列車)に乗り込み半島を縦走していくと、広々とした景色が目に入ってくる。何せ大砂州であるため山はなく、ひたすら平坦地が続く。この平坦地には葉タバコ、ねぎ畑、すすき野などが広がり、自然豊かなほのぼのとした風情を醸しだしている。しかし、この景色は決して自然にできたものではなく、江戸時代の人々の偉業のおかげなのである。近世に陸地化した弓ヶ浜半島は自然の川がなく、作物の育たない、ただただ広大な砂地であった。これを、江戸中期に鳥取藩が新田開発に乗り出し、半島のほぼ中央に「米川用水路」を開削し、無人の土地であった弓ヶ浜半島を農地として発展させたのである。農作物は水田のみではなく、江戸時代後期には綿の一大産地と成長していき、近年では野菜を中心とした多様な農作物が栽培されている。



写真2 米川用水路

米川用水路は境線とほぼ平行に走っており、車窓からも見ることができる。水を引きやすくするため天井川としていたので遠くからでも容易に確認できる。米川は用水の放水機能だけではなく、半島全体に地下水を涵養させる機能を持っている。その結果、砂地の半島のいたるところに井戸が設けられ耕作や生活用水に利用されるようになった。

さらに、鬼太郎列車で進んでいくと、進行方向やや左手に伯耆富士と呼ばれる優美な姿の大山が鮮明に現れてくる。まさに伯耆富士の名のとおりなだらかな裾野をひいた美しい姿である。一方、大山から弓ヶ浜半島を望むと、また、すばらしくきれいな弧状の半島が日本海に延びていく見事な姿を見せてくれる。天気の良いと、はるか沖の隠岐の島まで見晴らすことができる。

弓ヶ浜半島から大山を見ると大山に登りたくなり、大山から弓ヶ浜半島をみると弓ヶ浜を歩いてみたくなる。



写真3 JR 境線と大山

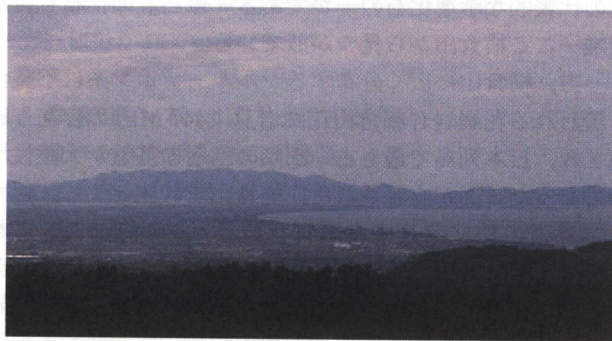


写真4 大山中腹より弓ヶ浜半島を望む

大山

大山は標高 1711 m、中国地方最高峰を誇るとともに、多くの伝説や古くからの山岳宗教の聖地としてさまざまな歴史をもつ名峰である。

大山は第四紀の比較的新しい火山であり、休止期を挟んで何度も噴火活動が繰り返される複成火山に分類される。

大山の成り立ちは、約 100 万年前から 50 万年前にかけての火山噴火により古期大山と呼ばれる矢筈ヶ山・勝田ヶ山・船上山などの山々が形成され、その後、休止期を経た 5 万年から 2 万年前にかけて再活動し、巨大な溶岩ドーム(新期大山と呼ばれる弥山、三鈷峰、烏ヶ山)の形成と大量の火砕流の発生、火山灰・軽石の噴出により、現在の大山が誕生した。

新期大山を構成する地質は主に角閃石安山岩であり、火

山年齢としては解体期にあり風化や浸食が進み、北側と南側斜面は山体崩壊により北壁・南壁と呼ばれる大岩壁となっている。大山山頂は風化浸食により荒廃し、標高が年々低くなり緑が失われていった経緯があるが、近年、一木一石運動などの自然保護活動により徐々に自然を回復しつつある。

このように、大山は形成過程が複雑であるため、見る方向によって大きく姿を変える特徴がある。弓ヶ浜から見るなだらかで美しく、親しみやすい大山。北側と南側から見る荒々しく、険しく、人を寄せ付けない様相の大山。この二つの対照的な姿をもつ大山は、自然的でもあるし、より人間的でもあるようにも感じる。



写真5 大山の南斜面

大山の緑の恵みといえば、山頂付近に群生するキャラボク、中腹には西日本一といわれる大規模なブナの原生林があり、新緑・紅葉の季節には目を奪うほど美しい姿を見せてくれる。

大山の地質の恵みといえば、度重ねた大山の火山活動により噴出された火山灰がある。大山周辺では数 m もの厚さで分布し、中でも約 5 万年前に噴出した大山倉吉軽石は遠く中部地方や関東地方まで運ばれた広域テフラとして知られている。これらの火山灰土層は、水分が多く、保水力があるため水稲栽培や果樹栽培に適しており、大山の裾野に広大な田園地帯、果樹園地帯をもたらしている。

大山の麓には、名水・湧水マップができるほど多くの湧き水がある。大山のブナ林に降り注いだ雨水が長い年月を経て地中深くを浸透し、ミネラル豊富な清らかな湧き水となって地表に現れるのである。この湧き水は大山の天然水としてすでにブランド化されているほどで、近年は健康ブームのおかげで天然水目当ての観光客も増えている。

おわりに

大山と弓ヶ浜半島の豊かな自然と雄大な姿に触れてみると、大地の成り立ち・自然の営みをきっと感じるができると思います。解説したこと以外にも、近くには日本海一の水揚げを誇る境港、名湯皆生温泉と鉄人レースの皆生トライアスロン、水鳥の楽園中海、ドジョウ掬いで有名な安来市、古都松江市と夕日のきれいな宍道湖、日本海に浮かぶ隠岐の島など、数多くの見所があります。興味をもたれた方は是非とも足を運んでください。

[谷口洋二 (サンイン技術コンサルタント(株))]

各地の博物館巡り

自然と歴史ロマンあふれる平家の里

「横倉山自然の森博物館」

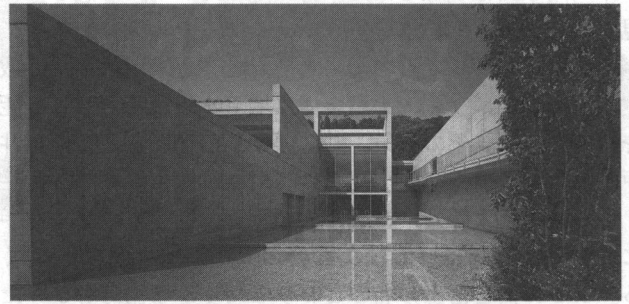


写真1 博物館の写真

はじめに

「横倉山自然の森博物館」は、平成9年10月11日にオープンした町立の博物館である。旧自治省のリーディング・プロジェクト「自然とのふれあいの里づくり」の指定を受けて策定した「グリーンフォレストプラン」をもとに、越知町の基本コンセプトである“自然のミュージアム整備事業”の一環として整備・建設されたもので、県内では唯一ともいえる、『博物館法』の基準にのっとった公立の自然系の博物館である。

町のシンボルである横倉山をテーマとした博物館で、横倉山および横倉山県立自然公園への導入施設としての位置づけをもった社会教育・学習施設である。

設計は、世界的な建築家・安藤忠雄氏によるもので、“自然との調和・一体化”をコンセプトにしたコンクリートの打ち放しで、シンプルでいてモダンなたたずまいを醸し出している。昨年秋にちょうど開館10周年を迎え、侵入路の“生きた化石”メタセコイアの並木も大きく生長し、建物自体も周りの植栽・自然とすっかり融合してきた。

横倉山の地質学的なみどころ

横倉山は、標高774m(三角点)、横倉山山系の最高峰でも1072mとさほど高い山ではないが、実にみどころの多い類稀な山である。

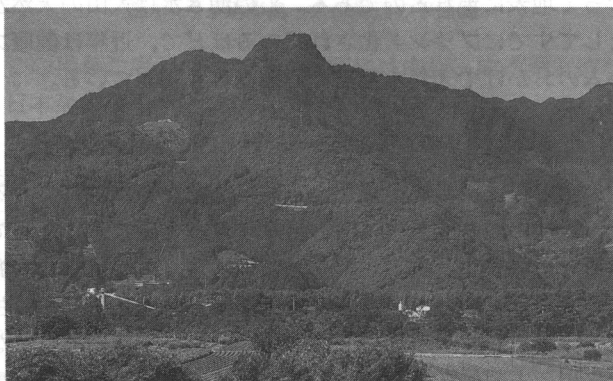


写真2 横倉山遠景

まず、地質学的には、日本最古のオルドビス紀のコノドントの化石(誘導化石)を産し、古くから、東北の北上山



写真3 日本最古の化石・コノドント



写真4 横倉山花崗岩

地と並び当時日本最古のシルル紀の豊富な化石産地として知られてきた。特に、三葉虫・直角石に関しては、この時代のものとしては国内では最も多い種類が産出・報告されている。また、日本最古の陸上植物化石・リン木の産地(日本で二番目の発見例)としても有名である。さらに、古生代の代表的な示準化石の一つである「筆石」の化石も日本で唯一ここ横倉山から見つかっている。

一方、横倉山に広く分布するシルル-デボン系に不整合に覆われる花崗岩(「横倉山花崗岩」)[447 Ma]の存在も確認され、日本列島で最も古い部類の地層の基盤が大陸性地殻であったことが立証された。横倉山を代表とする、西南日本外帯の秩父累帯中に雁行状に延々600~800kmにわたって「黒瀬川構造帯(大断層帯)」に露出するシルル-デボン系およびそれに伴う4億年代の放射年代を示す花崗岩類・変成岩類から成る地質体が、古生物の共通性や古地磁気学的なデータ等から、元々は低緯度(5~15°)のオーストラリア大陸の近くにあつて、「 Gondwana大陸」と呼ばれる超大陸の一部を構成していたと推測されている。したがって、横倉山では、かつてのGondwana大陸の断片を見ることができ、4億年前のサンゴ礁や大規模な陸上の火山活動の痕跡を窺い知ることができる。

このように、横倉山は、話題性に富んだ化石や地質現象を包有し、日本列島の歴史のみならず地球の歴史を解明する上でも重要な存在であると言える。

その他のみどころ

横倉山のみどころは他にもある。横倉山を構成する岩石の種類豊富な所為か、植物の種類がきわめて多く、“植物の宝庫”と言われており、高知県内で確認されている植物の実に3分の1強の1000種余りの植物がここだけで観察できる。そのため、古くから横倉山は高知県が生んだ世界

的な植物学者・牧野富太郎のフィールドでもあり、現在でもなお植物研究家、愛好家が度々訪れるほどである。また、横倉山には、希少植物も多く、その中でも、日本ではここ横倉山と九州のごく一部でしか観ることができない（世界ではインドにあるという）ラン科の「コオロギラン」も貴重な存在である。

また、横倉山の山頂付近（大部分が県立自然公園内）には、全国でもここだけと言われている、樹齢数百年のアカガシの古木・大木から構成される“アカガシの原生林”があり、その一角の、800年以上の歴史を有する杉原神社周辺には樹齢500～600年の大杉が林立していて、訪れる者を圧倒する。

一方、横倉山は、800年以上前の平安時代には、土佐国唯一の修験道の霊場として栄え、各所にその遺構が残っている。急な岩場の行場に掛けられた鉄の鎖、山中の洞穴から出土した保安3年（1122年）の銘文の刻まれた経筒や剣・懸仏などの遺物がそれを物語っている。

修験道と同時代に、源平の屋島・檀ノ浦の戦いに敗れた安徳天皇一行が四国に上陸し、徳島県から高知県に入り四国山地沿いに落ち延び、横倉山を終焉の地としたという潜幸伝説が地元に残っていて、山頂付近に「安徳天皇陵墓参考地」（宮内庁所轄）があり、山全体が歴史とロマンに溢れている。

博物館の展示

博物館では、これら横倉山の包有する地質・化石、植物、歴史・伝説に関する資料を展示しており、展示は以下のコーナーに分かれている。

〔2階〕

- 越知町・横倉山パノラマモデル
- アカガシ原生林の不思議
- 横倉山の歴史
- 地球の歴史
- 横倉山の地質と自然観察・体験コーナー

〔1階〕

- 歴史と伝説の横倉山
- 牧野富太郎と横倉山

〔3階〕

- 展望ロビー（屋内外）

地質学的なみどころについて言えば、〔横倉山の歴史〕の4億年前のサンゴ礁の様子をリアルに再現した「シルル紀の海底ジオラマ」と日本唯一の化石「筆石」、オーストラリアとの共通種「クサリサンゴ」・「リン木」の化石、そして、 Gondwana大陸の断片「横倉山花崗岩」。変わったものでは、4億年前の日本最古のピソライト（“雨の化石”）もある。

〔地球の歴史〕では、世界の各地質時代の代表的な化石を展示し、生物の進化がわかるようになっている。中でも恐竜絶滅の最後のものと言われる、草食恐竜・トリケラトプス〔北米産〕の頭骨は、国内ではほとんど見ることでできない実物化石である。

〔体験コーナー〕では、本物の化石に実際に触れたり、イン石を持ち上げたり、また、顕微鏡で岩石の組織を観察で



写真5 日本唯一の化石「筆石」

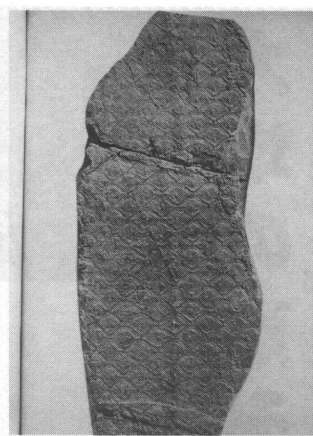


写真6 「リン木」の化石

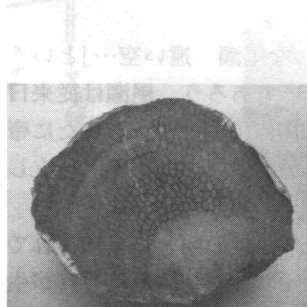


写真7 「ハチノスサンゴ」の化石

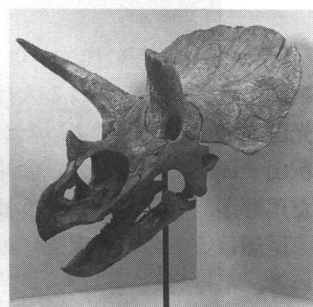


写真8 草食恐竜「トリケラトプス」の頭骨

き、参加体験型の学習コーナーとなっている。

博物館の主な活動

〔イベント〕

- 企画展（春・夏・秋・冬の館主催もしくは共催）
- 夏休み博物館教室（昆虫・植物・化石・工作・（天文））

〔広報活動〕

- 『博物館だより』（隔月・「広報おち」）
- 『博物館ニュース』（年2回）

〔友の会の活動〕

- 春の植物観察（町外；マイクロバス）
- 秋の視察研修（1泊2日）
- 横倉山登山道の整備（標識の設置等）
- 里山の整備（炭焼きなど）

最後に、この紹介執筆ならびに写真のご提供にあたり全面的にご協力いただきました学芸員の安井敏夫氏をはじめ博物館の皆様にお礼申し上げます。

（株）相愛 川崎 高思

所在地：高知県高岡郡越知町越知丙 737-12
 入館料：大人 500 円，学生 400 円，小中学生 200 円
 休館日：月曜日及び年末年始（月曜日が祝日の場合はその翌日）
 交通：JR 土讃線佐川駅からバスで 15 分，高知市から車で約 1 時間
 E-mail：yokogura@town.ochi.kochi.jp
 TEL：0889-26-1060 FAX：0889-26-0620

尾瀬ヶ原に竜宮があった

「夏が来れば思い出す はるかな尾瀬 遠い空…」という歌詞に郷愁をそそられる人は多いであろう。尾瀬は従来日光国立公園の一部であったが、昨年10月より、あらたに帝釈山・田代山地域および会津駒ヶ岳地域を加えて、独立した尾瀬国立公園の指定をうけた。

尾瀬は日本の自然保護運動の草分けの地として知られている。平野長蔵・長英・長靖3代にわたり、それぞれが生涯をかけて尾瀬の自然を守りぬいた貢献は、NHKのドラマ『尾瀬に生き尾瀬に死す』に詳しい。

人間が大地によって生かされていることを実感できる場所の一つとして、尾瀬は訪れる人々に何かを語りかけてくれる。この尾瀬の中心にある竜宮を紹介しよう。

竜宮のいわれ

尾瀬ヶ原のほぼ中央、中田代に「竜宮」と名づけられた一対の池塘がある。尾瀬ヶ原には大小無数の池塘があり高層湿原尾瀬ヶ原を特徴づける景観をなしている。無数にある池塘の中から、なぜこの1対を選び出して竜宮と呼ぶことになったのだろうか。竜宮入口の池塘には、流れ込む表流水(日量数1000 m³程度)はあるが、流出口はない。竜宮出口の池塘は流入水がないのに流出水がある。入口と出口の池塘は直線で約80 m程度離れていて、地表では何のつながりも見られない。竜宮入口の池塘に流れ込んだ水が地下のトンネルを通過して竜宮出口の池塘に湧出していると考えられている。

この地下のトンネルから浦島太郎伝説に登場する乙姫様の住む海底の極楽浄土「竜宮城」への入り口を連想して竜

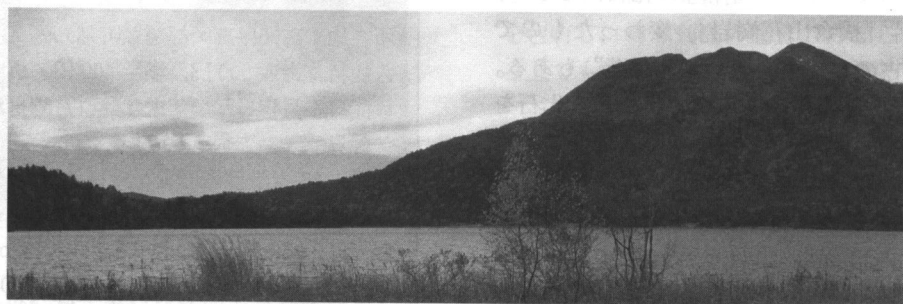
宮と名づけられたものといわれる。

竜宮と呼ぶ場合、尾瀬ヶ原全体、中でも中田代一帯こそ、竜宮のイメージにふさわしい。東に燧ヶ岳、西に至仏山、春の水芭蕉・リュウキンカから、夏のニッコウキスゲ・緋扇アヤメ・ひつじ草、秋の全山紅葉・湿原の草紅葉、純白の雪と静寂に閉ざされる冬。四季を通じて尾瀬は人の心の汚れを洗い落としてくれる美しさに溢れている。

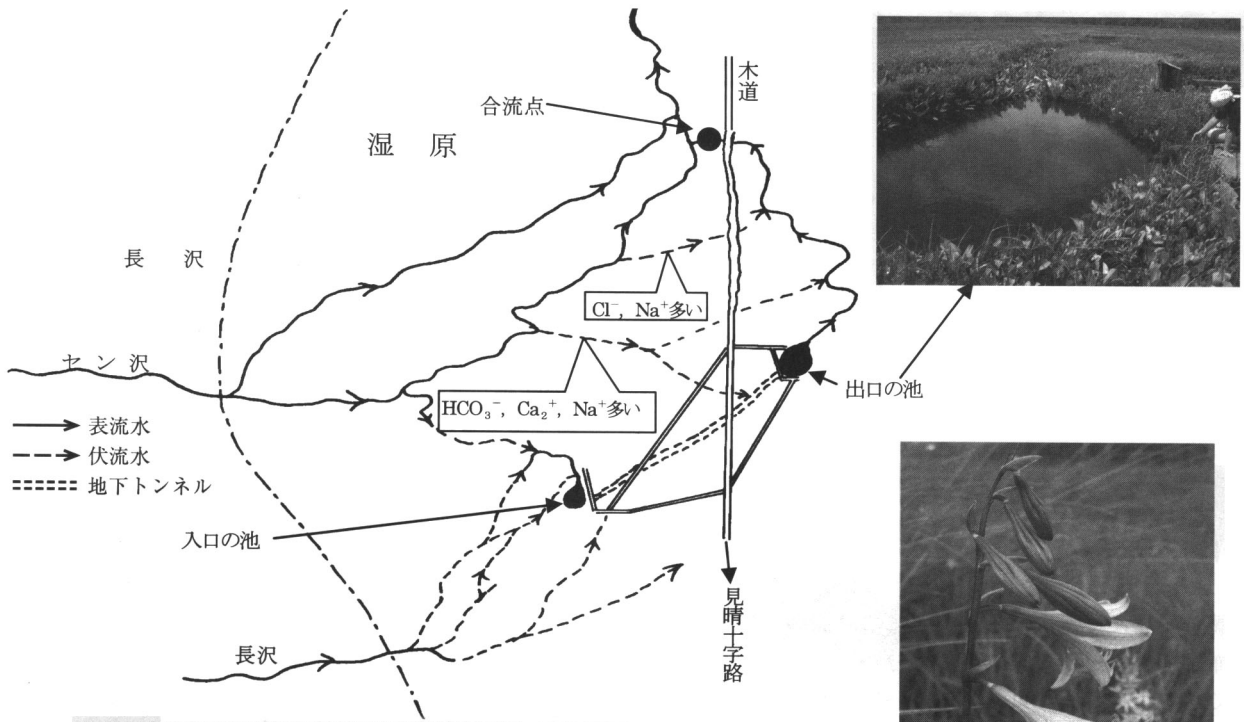
浦島伝説の原型は、室町時代に編集されたお伽草紙の中に見られる。ここでの竜宮は海中ではなく離れ小島にある。春から秋は花々が咲き乱れ、小鳥が鳴き動物達が舞い遊び、冬は雪景色に炭焼きの煙がたなびく桃源郷として描かれている。この描写は尾瀬ヶ原の四季の姿そのものであり、竜宮の呼び名は1対の池塘ではなく、尾瀬ヶ原そのものに対して与えられるのがふさわしい。

竜宮入口と出口は繋がっているか

竜宮入口・竜宮出口・その下流でセン沢合流点手前の3箇所まで採水し、さらに只見川源流部(沼尻川とヨッピー川合流点)の水質との比較を試みた。入口と出口、下流の三地点の水質は、溶存成分が少なく、中でもマグネシウムと硫酸イオンをほとんど含まないという共通の特徴があり、非常に近い関係にあることが読み取られる。しかし、詳細に比較してみると、Ca²⁺、Na⁺+K⁺、HCO₃⁻が出口の湧水で多くなっている。この傾向は、下流の水質でより鮮明になり、Cl⁻、Na⁺+K⁺が更に増加している。このことは、入口と出口の間でCa²⁺、Na⁺+K⁺、HCO₃⁻をやや多く含む水が付加わり、下流に向かうにしたがってCl⁻、Na⁺+K⁺(塩



尾瀬沼越しに燧ヶ岳



上品な紫色のコバギボウシ



中田代のニッコウキスゲ群落

分) を含む水が流入していることを示している。

水質で比較すると、竜宮入口から地下のトンネルに入った水に、途中あるいは出口の池塘で別の系統の水が合流し、さらに下流に向かうに従って、いくつかの系統の水が合わさっている様子が見られる。

竜宮を巡る水の流れを模式的に上図に示す。

参考文献

- 1) 川内輝明編：尾瀬自然ハンドブック，自由国民社，p. 16, 18, 19, 1994.
- 2) 早川由紀夫・新井房夫・北爪智啓：燧ヶ岳の噴火史，地質学雑誌，106, 5, 660-66, 1997.

(新協地水(株) 谷藤允彦)

破碎帯岩盤におけるボアホールの撮影方法

たばるはやと
田原隼人*

1. はじめに

地質調査業務にて使用するさまざまな計測機器の中で、孔内を撮影できボーリングコアでは分からない情報を得ることができるボアホールカメラについて、私が現場で経験した撮影方法について紹介する。

地すべり地区の地質およびすべり面の把握を行うため、径 86 mm のオールコアボーリングおよびボアホールカメラ撮影を行った。そこでは、コア採取率は 100%、さらに優良なボアホールカメラの撮影画像を求められている。地質は、D~CM 級の砂岩頁岩が分布している。比較的岩盤の良いところでは、コア採取および撮影は問題ないが、D 級岩盤（破碎帯）でコア採取率を維持しながら、優良な撮影画像をとることが難しい。そこで、撮影に当たって諸問題を工夫し解決して行ったことをまとめた。

2. 問題提起

ボアホールカメラ映像をよりきれいに撮るためには、さまざまな問題がある。① 孔内におけるカメラのセンタリング、② 孔内の崩壊、③ 濁水・孔壁の汚れ、④ カメラの様子があげられる。

①については、今回のボーリングでは、採取率を上げるために径 86 mm にて掘削した。そのため、カメラのセンタリングが難しく、孔内にて偏ってしまうなどピントが合わない画像になってしまう。また、セントライザーが付属品であるが、スチール製であることや、カメラ先端に装着するため孔壁画像を取得する前に孔壁を壊してしまう可能性が高い。特に、破碎帯岩盤中では、孔壁状態が非常に脆い状況であるため注意が必要である。②については、孔壁状態が悪く、コア採取後孔内が崩れ、撮影深度にスライムがたまってしまふ。③については、採取率を上げるためにホレル水を使用しているため、マッドケーキ（掘りカス）が付着し孔壁が汚れる。また、破碎帯は細粒分が多いため、掘削水が濁りやすく孔壁をうまく撮影することができない。④については、現在使用しているボアホールカメラは、

オートホワイトバランス機能が働き、撮影画像に色ムラがでる。

3. 解決方法（工夫）

（1）孔内のセンタリングについて

プラ板を加工してセントライザーを作成しカメラの上部に取り付け、孔内のセンターにカメラを固定する方法をとった。プラ板は、弾力性がある程度あり、もし、礫等が噛み込んだ場合でも、容易に折れる強度の厚さを選定した。セントライザーの幅は、孔壁状況によって変えた、孔径と同程度かやや大きめにした。



写真1

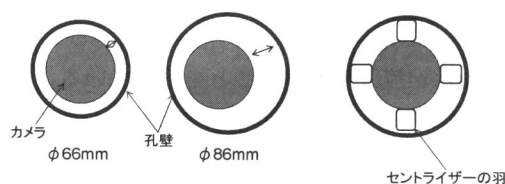


図1 センタリング状況図

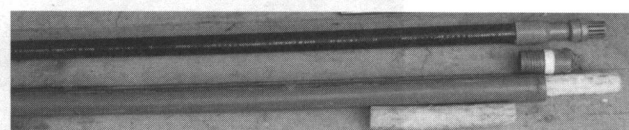
（2）孔内の崩壊について

孔壁状態が悪いところでは、コア掘削後すぐにボアホール撮影を行い、撮影は1~2m間隔で行った。また、スライムについては、撮影深度以上の余掘りを行い対処した。

（3）濁水、孔壁の汚れについて

① 撮影深度に水位がなく、たまり水の場合

水を汲み上げて水位を無くす方法が最良である。ペーラーや小型水中ポンプ（深度が浅い場合）等を使用した。しかし、孔底にスライムが溜まっている場合では、普通のペ



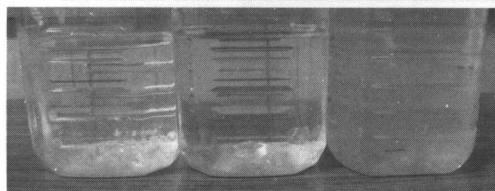
上：通常のペーラー 下：スポンジを入れた改良型ペーラー
写真2

* 明大工業(株)

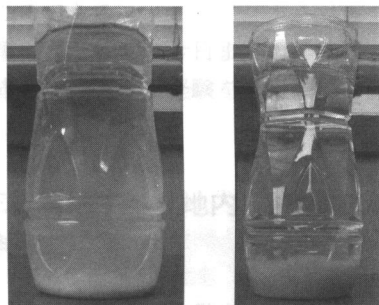
ペーラーは逆支弁のところにスライムが噛み込んで弁の役割を果たせず、汲み上げができなかった。そこで、ペーラーやスポンジを内部にいた改良型ペーラー等を使用し、可能な限り水を汲み上げた。

② 撮影深度に水位がある場合

水位があり孔壁の状態が良い場合は、清水にて洗浄する方法がとれるが、孔壁の状態が悪い場合には、沈殿剤の使用となる。メーカー製の沈殿材では、沈殿はするものの、孔壁の亀裂等に、沈殿途中固まりが付着し孔底まできれいに沈殿物が下がるのが難しい。そこで、ミョウバンおよび消石灰を使用し濁りをとった。消石灰は大きい浮遊物を沈殿させ、ミョウバンは濁りがとれ、透明度が高くなった。



左：メーカー製沈殿材 中：ミョウバンおよび消石灰 右：濁水



左：消石灰・ミョウバンをいれて一時間後
右：消石灰・ミョウバンをいれて四時間後

写真3

その他に、水位がないところでは、孔壁洗浄後にカメラ撮影を行うと、孔壁を伝わって水滴や濁水がカメラレンズに付着してしまうことがあった。これを防ぐためにカメラレンズ上部にスポンジを巻き付け、上部で水滴および濁水を吸い込ませる方法をとった。

③ 孔壁の汚れについて

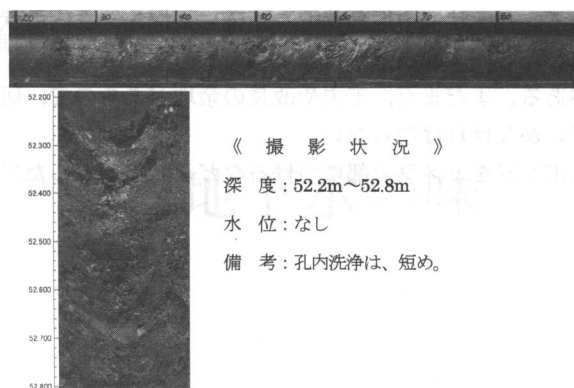
孔壁の汚れについては、ホレール水のみを使用し掘削を行い、その他の添加剤は使用しない。掘削にてコアを採取することが一番先決であるが、今回は、ボアホール撮影もうまく行うために、ホレール水の濃度調整などのコア掘削・孔壁保護技術（フォアマンの技術）においても、孔壁において最良のものを十分に検討し、孔壁の汚れをなるべく少なくする方法をとった。掘削後は、可能な限り清水にて洗浄した。



写真4

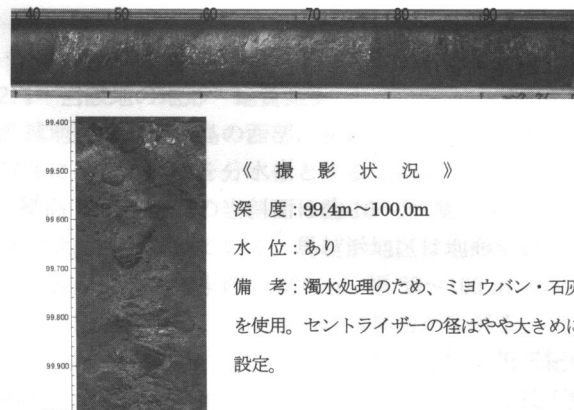
(4) カメラの仕様について

現在の弊社所有のカメラでは、オートホワイトバランス機能が働くために、ムラが撮影画像にでる（岩盤状態による）ため、カメラ内部の設定を変更し、バランス機能をカ



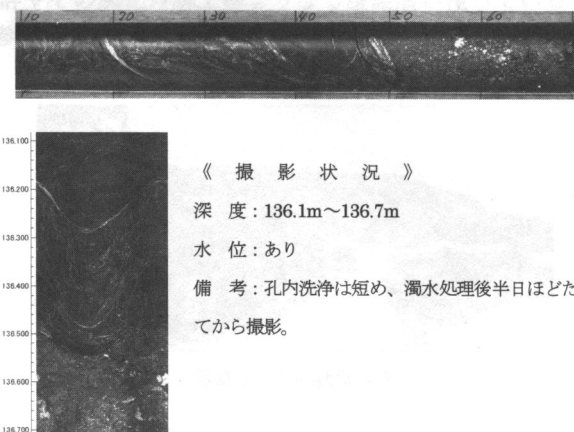
《 撮影状況 》
深度：52.2m～52.8m
水位：なし
備考：孔内洗浄は、短め。

写真5 コア写真およびボアホール映像（その1）



《 撮影状況 》
深度：99.4m～100.0m
水位：あり
備考：濁水処理のため、ミョウバン・石灰を使用。セントライザーの径はやや大きめに設定。

写真6 コア写真およびボアホール映像（その2）



《 撮影状況 》
深度：136.1m～136.7m
水位：あり
備考：孔内洗浄は短め、濁水処理後半日ほどたつてから撮影。

写真7 コア写真およびボアホール映像（その3）

ットしました。また、カットを行った場合、全体的に暗くなるため、映像入力側の基盤のBRT（明るさ）を最大値に設定し、撮影を行った。

4. 撮影画像

実際に撮影した画像をいくつか紹介する（写真5～7）。

5. まとめ

上記の工夫を組み合わせ実施し成果を上げられた。そこで、重要なポイントをまとめると、

- ① 孔壁状況の把握
- ② 孔内水の状況把握

である。孔壁状況や掘削状況を正確に把握し、孔内の状況に応じた孔内水の濁水処理および撮影方法を考えていく必要がある。まだまだ、工夫や改良の余地があるので、研究していかなければならない。

スポンジをカメラ上部につけるなど、ちょっとしたアイ

デアでかなりの効果がでることが分かった。少なからずチャレンジ精神は大事であることがよく身にしみた。発想！工夫！行動！が私の中で磨かれた現場であり、今後もこの精神を大切にしていきたい。

一味違った経験 不味かった地下水の味

おお くに こう いち
大谷 幸一*

1. はじめに

私は(株)東洋地質に入社して本年で12年になる。入社以来、主として地質調査の現場業務に携わってきたが、まだまだ経験に乏しく、このごろやっと地質調査のイロハが分り始めたところである。

今回の執筆に当たって、今日までの業務経験の中で一般的な地質調査と一味違った経験をした現場を紹介することにした。

2. 第三紀層地すべり地内 廃坑坑道内の地下水排除工

本工事は、廃坑内地下水の動向調査・廃坑坑道調査および対策工計画から、対策工～施工効果判定と事後の対策計画まで一連の作業であった。

施工箇所は、香川県小豆島の北西部・馬越地区にあって、土庄町役場より北東へ約7.0 kmに位置し、北側は瀬戸内海に面する(図1)。当該地は「馬越地区地すべり防止区域」指定地域で、古くより終戦直後まで亜炭の採掘がなされ、その採掘坑道が縦横に配置されているが、その位置的資料はほとんど存在していない。豪雨時に、旧坑道内湧出水と推察される地下水が、馬越浜地区西部および東部において地表部に噴出し、周辺民家・農地等に被害を及ぼしたため、計画された事業である。

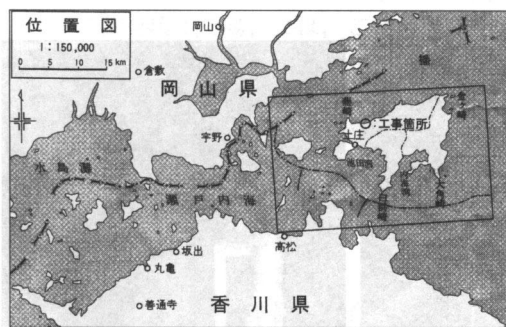


図1 小豆島の案内図

2.1 当該地の地形・地質概要

馬越地区は、小豆島の西部、皇踏山(393.8 m)を中心に馬越峠に延びる山塊を分水嶺とする北側斜面の末端部である。標高130 m以下の当斜面は約10～25度の傾斜を成し、馬越浜地区へと続いている。馬越浜地区は地形変換線を境として海岸に沿って東西に300 m、幅30～100 mの沖積平野で、県道屋形崎小江洲崎線沿いに集落が広がる。

馬越地区は、基盤岩を成す花崗岩類の上位に第三紀中新世前期の土庄層群(砂岩および頁岩の互層)が直接不整合に厚く被覆・堆積し、さらにその上位を中新世後期の讃岐層群やその風化分解土砂よりなる崖錐層が覆っている(図2参照)。

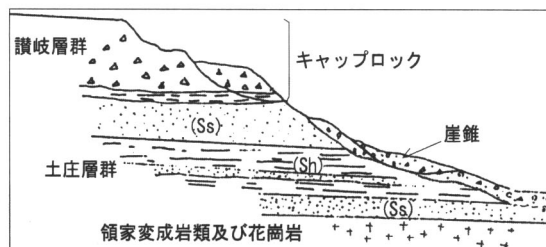


図2 模式地質断面図

2.2 馬越地区の概要

当該地域は、昭和55年～昭和61年度にかけて「香川県農林部土地改良課所管」の県営地すべり防止工事が実施されている。該地付近における過去の地すべり防止工を図3「馬越地区地すべり防止工施工位置図」に示す。

当該地区では、土庄層群中に挟在する亜炭を採掘した旧坑道が第三紀層中に網目状に無数埋伏・残存しており、地

* (株)東洋地質

すべり地内地下水の一部が旧坑道を“水みち”として、元坑口横の民間既設井戸(温泉水として取水利用の履歴あり)より自然排出されてきた経緯がある。

地表部への噴出以前の地下水位は、地区内に観測孔が無く不明であるが、噴出箇所が既設井戸の越流高さよりも全般に高位に位置することより、地区内全体に地下水位の上昇が推察されるが、地すべり兆候を示す地形的変形や亀裂等は確認されていない。したがって現在は新たな自然排出口により、地下水位は高位安定状態にあると考えられ、短期的には土塊移動の危険性は少ないと判断された。

廃坑坑道の詳細な位置は不明であるが、概略方向は地元聞き取り調査より2方向に延び、本坑道は既設井戸より南方向へ直進し、肥土山地区まで延びているとのことである。副坑道は坑口より西方向に元目地区まで延びている。馬越浜地区西端より元目地区方向は、標高差5~10mの第三紀層砂岩の滑落崖が東西方向に約250m広がり、崖を境とする地形変換線沿いには帯状の陥没地形が見られる(図3参照)。元目地区は旧坑道内地下水の主たる供給源の一つと考えられている。

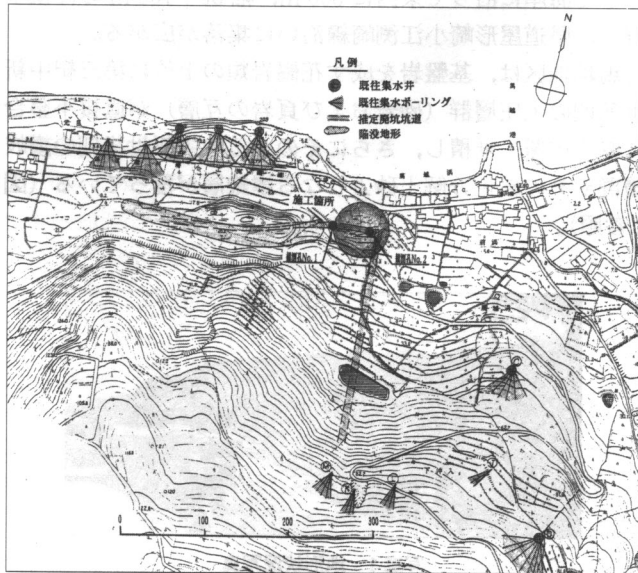


図3 施工位置図

2.3 対策工の検討

地元聞き取り調査、現地踏査に基づき、対策工計画を以下のように立案・実施した。

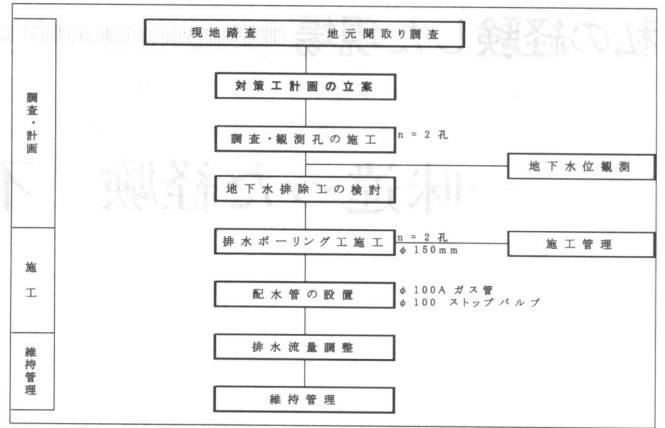


図4 対策作業フロー

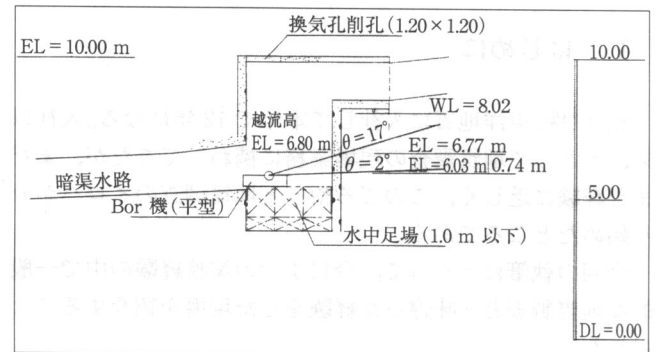


図5 施工計画図

- (1) 当該地域の地下水動向調査：水位観測孔の設置
- (2) 廃坑坑道の調査：水位観測孔と併用調査
- (3) 地下水排除工の施工：横孔排水ボーリング工
- (4) 維持管理

対策作業手順を図4に示す。

- (1) 地下水動向調査および(2) 廃坑坑道調査

まず、地下水位観測・廃坑坑道調査孔：n=2孔を実施した。

- No.1 L=12.30m H=13.47m
WL=GL-4.85m (H=8.62m)
- No.2 L=5.00m H=9.90m
WL=GL-1.78m (H=8.12m)

No.1孔において、GL-9.40m (H=4.07m) にて廃坑坑道に到達する。地下水位は旧坑道到達後においてWL=GL-4.83mであり、坑道内は地下水で飽和状態に

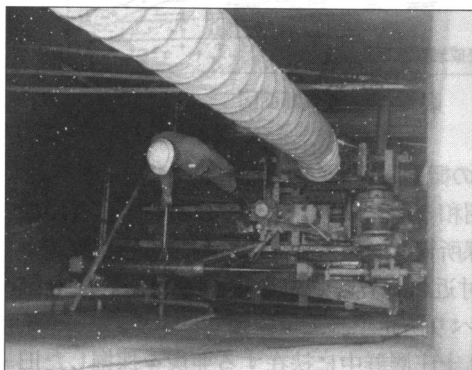


写真2 作業状況(上方開口部より)

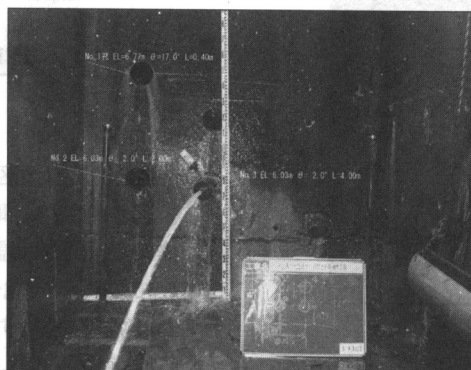


写真3 削孔位置状況



写真4 完了時湧出状況

あることが判明した。

No. 2 孔の地下水位は、GL-1.78 m (H=8.12 m) で調査地下方の宅地より高位に位置する。

既設井戸の越流高さは H=6.80 m である。

(3) 地下水排除工の検討

地下水排除工は、水位観測孔等の結果をもとに、孔口高さを決定した。削孔は当初 2 孔、2 段とした。施工計画概略図 (図 5) を次に示す。

横孔排水ボーリング 削孔口径：φ150 mm

No. 1 孔 排水量 Q=20.0 l/min

No. 2 孔 排水量 Q=4.0 l/min

(No. 1, 2 孔の排水量が少量であったため、No. 3 孔を追加施工)

No. 3 孔 排水量 Q=約 600.0 l/min (バルブ 1/2 時)

(No. 3 孔を追加施工)

No. 3 孔を L=7.00 m 削孔した時点で旧坑道抗口 (推察) に到達した。パイプ接続時に黄褐色汚濁水がパイプ諸共猛烈に噴出。推定排出量 Q=1,000 l/min 以上。作業員全員が汚濁水を全身に被り、はじき飛ばされるほど強烈であ

った。びしょ濡れ! にかい。まずい。目が痛い——!。

3. おわりに

廃坑坑道の地下水については、現在までほとんど自然排水 (一部既設井戸より越流排水) に任せていた経緯がある。自然排水箇所はヘドロ状の酸化鉄沈殿物により徐々に閉塞され、過去において排水箇所がたびたび移動することは良く知られていた。現在は擁壁・水路等構造物がコンクリート構造物となり、人工的に自然排水し難い状態を作り出していると思われる。坑道内に滞留している地下水の潜在量は推定できないが、身をもって体験した水圧の強さは、その量の多さを示しているようである。

参考文献および引用文献

- 1) 香川県 地学のガイド, コロナ社発行.
- 2) 香川県農林部土地改良課: 馬越地区地すべり区域平面図, 昭和 43 年発行.

「地質と調査」投稿募集

当誌は、常日頃地質調査に携っておられる方々と、その周辺の方々とご愛読いただけるように企画された雑誌です。特に、技術能力の向上を計ることの一助となり、それについて業界の発展に少しでも役立つことができればと願っております。そういった意味からも、多数の方からの投稿をお待ちいたしております。

学術論文的なものはもちろんですが、できる限り、毎日の現場で経験された事例に立脚した報告等をいただきまして、技術面の問題・情報の交換など、十二分にこの誌面をご活用いただきたくと存じます。

要 項

●掲載ページ 4 ページ以内

400 字詰原稿用紙 20 枚以内 (図表・写真を含む)。

ページ数を超えた場合には、ご諒解を得た上で、削除あるいは分割掲載することもありますので、お含みおき下さい。

●原則として、寄せられました原稿は返却いたしません。

●寄せられました原稿の採否、掲載号、用語等につきましては当編集委員会にご一任下さい。

●掲載いたしました原稿については規定の原稿料をお支払い致します。

なお、掲載いたしました内容に対するご意見、これからの掲載希望の分野(項目)、質問などおよびその他のお問合わせは下記をお願いいたします。

社団法人 全国地質調査業協会連合会事務局

電話 03(3818)7411

株式会社 土木春秋社

電話 03(3370)5020

国土交通省よりのお知らせ

国土交通省ネガティブ情報等検索サイトが開設されました

(事業者の過去の行政処分歴を検索できるサイトです)

国土交通省及び地方支分部局のホームページに点在するネガティブ情報(過去の処分歴など、事業者にとって有利に働かない情報)を一元的に集約したポータルサイト「国土交通省ネガティブ情報等検索サイト」が、平成19年10月1日に国土交通省のホームページ上に開設されました(<http://www.mlit.go.jp/negative/negative.html>)。

このサイトは、事業者の名称を入力するだけで、事業者の過去の処分歴一覧を簡単に検索できるシステムで、消費者に行政の正確な情報を提供することで、従来の行政による業者への監督に加えて、消費者による業者への新しい「監視の目」を作ることができます。さらに、消費者の適切な選択を促進することで、市場を通じて業者を規律することができます。ひいては国民の安全・安心の確保につながります。

対象事業分野は建設業者、一級建築士、タクシー事業者など20分野となっていますが、このうち建設関連業では、平成20年1月1日現在、測量業で1件(競売入札妨害及び贈賄による営業停止)、建設コンサルタントで22件(技術管理者の虚偽の申請による登録削除)の「ネガティブ情報」が掲載されています。

地質調査業者登録規程を遵守してください

(規程に違反した場合は、登録削除されることがあります)

地質調査業者登録規程において、登録の要件、提出すべき書類等を定めています。しかしながら、昨今、本規程に違反した事例が見受けられますので、特に以下の項目について注意し、本規程の遵守をお願いいたします。

常勤の技術管理者を置いてください!

本規程においては、登録部門ごとに当該登録部門に係る業務の技術上の管理者をつかさどる専任のもの(技術管理者)を置かなければなりません。また、この技術管理者とは、常勤(休日その他勤務を要しない日を除き、毎日所定の時間中勤務することをいう。)で、かつ、業務の技術上の

管理をつかさどる専任の者ですのでご注意ください。

各地方整備局、北海道開発局及び沖縄総合事務局においては、技術管理者が常勤の要件を満たしているか等について、今後、厳しくチェックしていくこととしています。

提出書類を所定の期限内に提出してください!

本規程に基づく所定の期限内に、一定の書類を提出する必要があります。主な提出資料は以下のとおりです。

- ① 変更等の事実が生じるごとに提出が必要な「変更届出書」等
- ② 毎年度提出が必要な「現況報告書」
- ③ 5年ごとに提出が必要な「(更新)登録申請書」

提出書類には実態に即したデータを記入してください!

提出書類に記載されたデータの一部は、その後、集計されて「建設関連業の経営分析」などとして公表されます。したがって、提出書類には、地質調査業者の実態に即したデータを記入してください。

(例えば、毎年度提出される現況報告書の「直前1年の事業収入金額」(様式第18号ハ)において、「調査内容」の欄に記載すべき「その他」の業務とは、「土質調査」、「岩盤調査」、「物理探査」、「試験・計測」に含まない業務を主たるものとするもので、例えば地表地質踏査、ボーリングコアの判定などの事業収入金額を記載し、測量業、建設コンサルタント、建設業等の兼業売上高は含めないようにしてください。兼業売上高を記載している事例が見受けられます。)

(お問い合わせ先)

ご不明な点などがありましたら、主たる営業所を管轄する地方整備局、北海道開発局又は沖縄総合事務局へお問い合わせください。

なお、本規程に違反した場合は、登録削除されるとともに国土交通省ネガティブ情報等検索サイトに掲載されることがあります。

(国土交通省 総合政策局 建設市場整備課)