

5. 道路法面の健全性評価に関する取り組みについて

国土交通省 近畿地方整備局 近畿技術事務所 山本 剛、糸川 政孝、
○船曳 誠二

道路法面健全性評価の背景

我が国の道路は高度経済成長に伴うモータリゼーションの進展に合わせて整備されてきたが、供用後35年を経過するものも多く、老朽化が進展している。しかし国の財政事情も悪化し、道路投資は大幅に減少している。さらに近年、時間雨量が増加するなど、異常気象が多発してきており、国民の安全・安心を確保する意味からも効率的、効果的な道路の的確な保全が求められている。

このような背景から近畿地方整備局では、道路法面・斜面を良好に保ち、災害を未然に防止するために、道路法面の健全性評価方法について平成17年から「道路法面健全性評価検討委員会」を組織して検討を進めている。

道路法面健全性評価手法について

法面は建設直後から様々な要因により、長期的に見ると劣化が進行している。この法面を工学的なモデルの基に構築し、その健全度を評価し、新しい道路法面維持管理技術の確立を目指すものである。

健全性評価手法の検討は、大きく二つの技術的な課題を持っている。

ひとつは、地下水と力学を連成させた数値解析法による健全性評価方法である。これは維持管理すべき道路法面について、地域特性に基づいて法面をモデル化

し、FEM解析より得られる安全率を健全性として評価することを考えている。さらに、法面を長期にわたって「見る」場合に、法面のどの場所をどういう方法で(どのパラメーターで)計測し続けたら良いのかを科学的に検証するためにも利用する。

ふたつ目は「見る」手法である。これには、二つの分野を利用する。

ひとつは物理（非破壊）探査技術を用いて、法面の現状の健全性に係る地下の情報を取得する。長期的な劣化を表す地下の物性値の変化を捉えることを目標として、道路法面の健全性を的確に評価できる探査手法を提案する。

もう一つは、法面の変位をモニタリングする手法である。FEM解析で採択した計測すべき適切な場所を適切な方法で計測することで、法面の健全性の低下を検出することが出来るようにする。

このような観測結果と降雨量や法面表面近くの含水量変化とを連携することが出来れば、降雨量の多少により広い範囲にわたり、法面の健全性の低下を予測することができる可能性がある。将来的に法面の健全性の低下が予測できれば、ライフサイクルコストの算出に繋がり、アセットマネジメントシステムの適用も可能となる。

これらの提案内容について委員会に諮り検

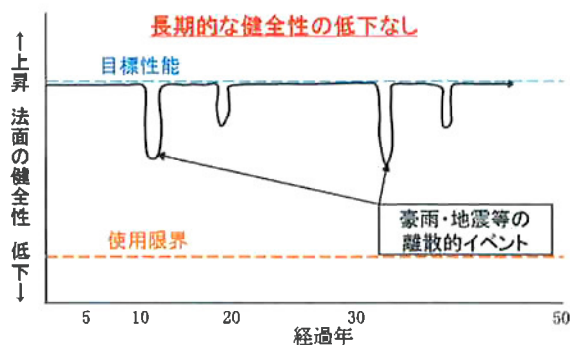


図1 法面健全性の従来の考え方

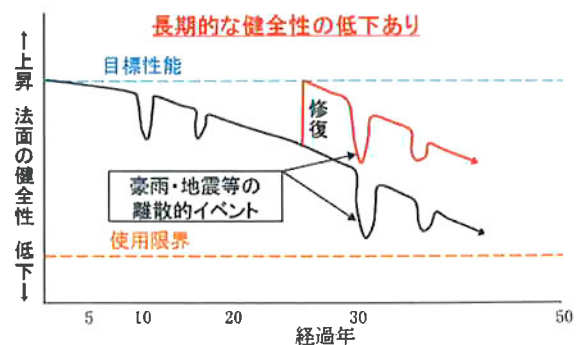
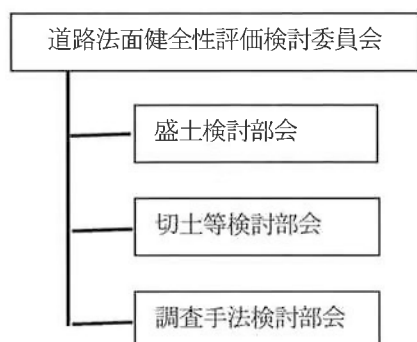


図2 法面健全性の新しい考え方

討・評価を実施している。

委員会の構成

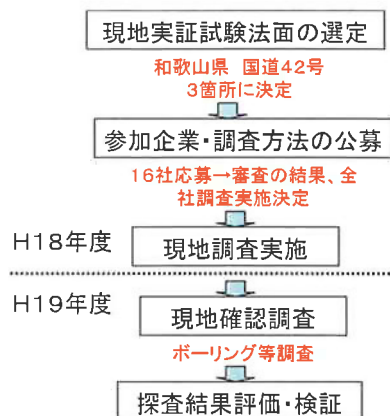
委員会は、京都大学大学院工学研究科大西有三教授を委員長とし、学識委員、国交省職員の計11名とアドバイザー1名で構成している。委員会の下には、盛土検討部会、切土等検討部会、調査手法検討部会の3つの部会を設置しており、民間の建設コンサルタント協会、物理探査学会の方々も参加している。



各部会の検討内容

盛土検討部会、切土等検討部会では、道路法面の健全性評価項目の整理・分析及び評価手法やその調査手法・モニタリングについての検討を行い、平成8年度防災点検データや毎年調査している防災カルテ及び道路防災ドクター制度での成果などから、法面の健全性を評価するための着目箇所を抽出・整理している。また、法面は地下水の影響、地山の緩みなどによって時間経過とともに健全性が低下することを科学的に説明するモデルを作成し、解析を進めている。

調査手法検討部会は、法面の内部(目に見えない部分)の健全性を評価する手法を検討するため、比較的短時間で安価に調査できる物理探査による手法に着目し、広く一般から技術提案を募り、現地



実証試験を行い、

図3 物理探査技術評価・検証フロー

その結果について評価・検証を実施している。

物理探査技術の選定・評価方法

物理探査技術の評価のための現地実証試験の箇所として、近畿での多雨地域である和歌山県南部の国道42号の法面3箇所を選定した。

地点(1)：比較的急峻なコンクリート吹付切土法面。

地点(2)：比較的緩やかなコンクリート吹付切土法面。

地点(3)：過去に崩壊履歴があるコンクリート張盛土法面。

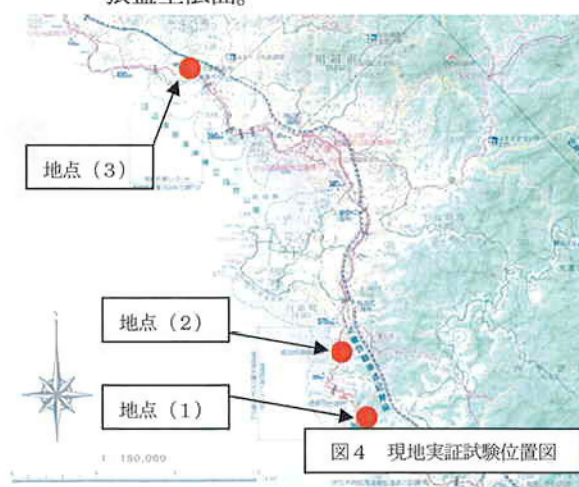


写真1 地点(1)



写真2 地点(2)



写真3 地点(3)

探査対象項目は、次の3項目とした。

- ①土や岩盤の物性値
- ②地層境界・空洞・不均一性の有無
- ③地下水位

現地実証試験を行う物理探査技術等の選定については、広く一般から技術を公募した結果、16社からの応募があった。

現地実証試験応募企業の審査を実施し、応募16社全社が選定され現地実証試験を行った。

現地実証試験は、前記の法面において、特定したポイントの探査を、各社がそれぞれの技術を使って調査し、調査結果を解析することとした。

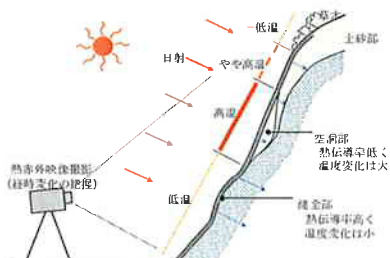


図5 熱赤外線探査原理



写真4 熱赤外線探査状況



図6 打音調査原理(ウェーブレット法)

表1 現地実証試験実施工法一覧表

会社名	実施地点			実施工法		
	(1)	(2)	(3)	工法①	工法②	工法③
A社		○		熱赤外線調査	3次元レーザー形状計測	
B社		○		地上レーザー計測	(赤色立体地図を用いた画像解析)	
C社	○	○		可視連続画像・熱差分画像による広域老朽法面の一括調査		
D社		○		・3Dデジタル画像によるクラック調査	・赤外線映像法によるモルタル背面空洞調査	・たわみ振動方によるモルタル背面の密着性調査
				マルチ周波FDEM探査法による地山地質調査		
E社	○	○	○	地下レーダー探査	電気探査	
				地下レーダー探査	電気探査	表面波探査
F社	○	○		熱赤外線探査(映像)法		
G社	○	○	○	TDEM(比抵抗測定)、地中レーダー及び磁力計の同時測定(浅部地下異常探知システム)		
H社	○	○	○	熱赤外線映像法	IP電気探査	屈折法(高密度法)弾性波探査
				熱赤外線映像法		
				IP電気探査	屈折法(高密度法)弾性波探査	
I社		○		表面波探査法		
J社		○		ウェーブレットを用いた打音調査方法		
K社	○	○	○	赤外線カメラによる調査	可視&赤外線連続画像システムによる調査法	
				表面波探査		
L社	○	○	○	熱赤外線映像法	VLF-EM探査法	
M社	○			地中レーダー法(パルスレーダー法)		
N社	○	○	○	弾性波探査(P波S波による屈折法・反射法地震探査解析)		
O社	○	○		熱赤外線映像法		
P社	○			連続波レーダー探査(プロファイル法)		
				連続波レーダー探査(プロファイル法)(ワイドアングル法)		

の老朽化を判定する技術である。

表面波探査

地盤を伝わる表面波(レイリー波)を測定・解析することにより、深度 20m 程度までの地盤の S 波構造を求める技術である。

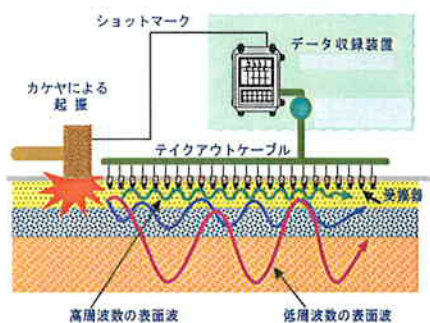


図7 表面波探査原理



写真5 表面波探査状況

地中レーダ探査

アンテナから地中に向けて発射された電磁波が、電磁気的性質の異なる物質の境界面で反射する特性を利用して地下構造を探査する技術である。



写真6 地中レーダ探査状況

弾性波探査

土地質調査で用いられる一般的手法で、地盤を弾性波速度によって速度層区分し、風化、変質、亀裂の過多について、数十 m の深さを断面で評価する技術である。

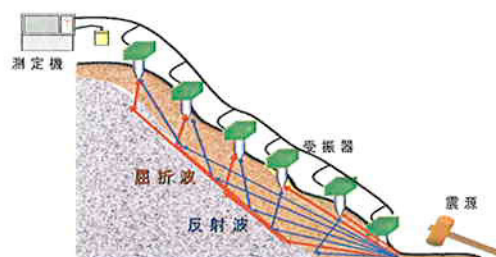


図8 弾性波探査原理

物理探査結果の整理

実施された現地実証試験は、表面部分に現れる状況の評価と深部の状況を探査する手法に大別される。

表面部分に現れる状況の評価する手法の代表的なものとして、熱赤外線探査が数社により行われている。熱赤外線探査は、法面の表面温度の変化から背面の空洞や地下水を把握しようとするものである。同一メーカーの赤外線カメラであるにもかかわらず、撮影時間、撮影時の気温・気象等の条件の違いや解析・解釈方法の違いにより、診断結果は各社で異なる点も多く見られた。最適な撮影時間、気温等の諸条件や解釈技術の確立など、統一的な探査手法を検討する必要があると思われる結果であった。

深部の状況を探査する手法としては、弾性波探査、表面波探査、電気探査等が実施されている。解析された地質構造等には、探査手法や評価・解析方法による差違が見られるため、今後の現地確認調査により各技術の評価が必要である。

今後の予定

物理探査技術の選定・評価については、別途実施する現地確認調査(ボーリング調査等)を基に、調査手法、安全性、調査結果の精度(土質・地質、地質構造、地下水位(切土法面では地下水や水みちの有無))等の探査精度項目について、公表した評価基準によって評価を行う予定である。評価結果の優秀なものは、道路法面の健全性を的確に評価できる探査手法として提案できるものと考えている。

そして、これらを受けて法面の健全性評価方法の検討を進めていくこととしている。