

# プロジェクトチームの活動報告

既設橋の最適延命化方策の評価・策定に関する研究  
プロジェクト

1. 研究の目的

今後飛躍的に増大する橋梁の高齢化に対応するため、健全性を把握し適切に補修補強を施して橋梁の延命化を図ることが重要である。本研究では、橋梁群の維持管理作業を地域レベルで最適に配分するために、各種環境情報と信頼性評価法に基づく相対的な橋梁の健全度評価法の提案を行う。また、個別橋梁に対し、劣化現象に応じた最適な調査法・補修補強工法を選定できる支援システムを提案するとともにこれらを統合した管理システムの提案を行う。

2. 参加メンバー

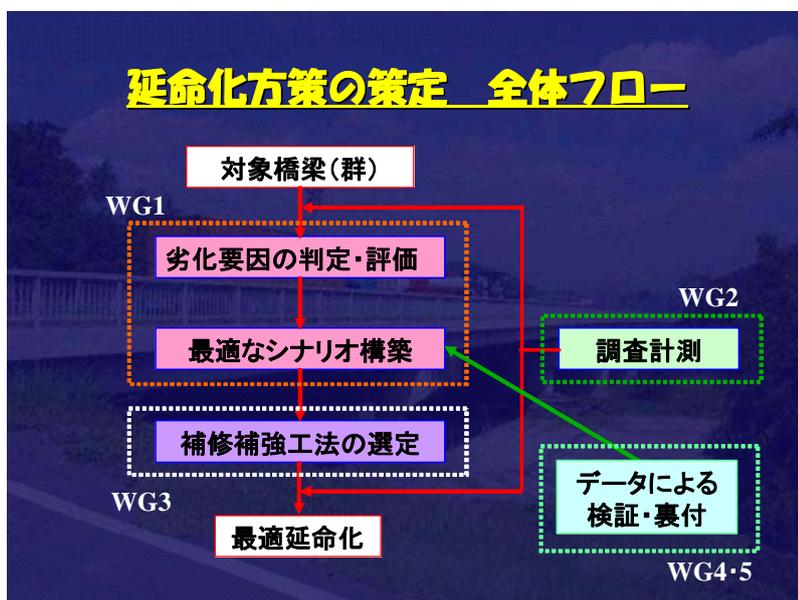
産：41社・団体

学：京都大学大学院工学研究科

官：国土交通省近畿地方整備局道路部道路管理課、近畿技術事務所、姫路河川国道事務所、海洋架橋・橋梁調査会、道路保全技術センター、日本道路交通情報センター、先端建設技術センター、阪神高速道路管理技術センター

3. 研究の全体フロー

以下のフローに示すとおりである。



4. 研究の概要

大きくは以下のコンセプトの下進めている。

- ① 延命化のための「道しるべ」をつくろう
- ② 延命化のための「シナリオ」をつくろう

上記を果たすために、以下の基本的な成果を作成する。

- 1) 最適延命化方策のシナリオ策定
- 2) 調査計測手法の最適選定システムの構築と運用
- 3) 補修補強工法の最適選定システムの構築と運用

WG1：劣化要因の判定と評価フローの作成

- ・ 劣化過程とポテンシャルを評価
- ・ より現実的・実用的な評価法に近づける

延命化方策のシナリオ作り

- ・ 劣化過程とポテンシャルを軸としたマトリクス作成
- ・ 最適な延命化方策の策定

WG2：目的に応じた最適な調査計測方法の選定フローの作成

- ・ 外観調査、詳細調査等に分類
- ・ 必要な調査項目や調査結果等は、WG1・WG3と連動する

WG3：最適な補修補強工法の選定フローの作成

- ・ プロトタイプ洗練と高度化
- ・ 劣化程度の判定などでは、WG1・WG2と連動する

WG4・WG5：

鋼橋のモニタリングを通じた交通特性の把握を行う

- ・ これまでに作成したシステムを利活用する
- ・ 交通センサスなどの統計量との統合を図る
- ・ 疲労劣化を評価する

コンクリート橋のモニタリングを通じて補修補強工法の効果を検証する

- ・ 塩害に対する補修効果の実証実験を継続する

## 5. 今後の予定等

- ・ 上述のシステムの基本設計を進める。
- ・ システムのプログラム化を進める。
- ・ 維持管理の現場にマッチングすることの検証を進める。

## 6. その他

参考資料を添付します。

//以上

## プロジェクト名：景観性に優れたアーチカルバートを用いた盛土構造に関する研究

### 活動報告

#### 第15回新都市社会技術融合研究会資料

#### プロジェクトの概要：

アーチカルバートを用いた盛土構造は、盛土の中に連続的にアーチカルバートを挿入した盛土と橋梁の中間的構造物である。景観性に優れ、地域分断もなく地元に受け入れられやすい構造である。さらに、盛土構造であるため橋梁を用いるよりコストダウンが図られる。

本プロジェクトでは、提案する構造物が実際に適用されるよう、設計・施工基準の整備、構造物の安定性の検討、基礎地盤の補強基準の明確化、挿入間隔の設定方法の検討、盛土材料の選択、耐震性の検討、施工法および維持メンテナンスの確立を目的とする。

#### 活動状況：

##### ➤ 設計・施工マニュアルの作成

- ・ 設計・施工マニュアルの作成を行っており、次年度前半には完成の予定である。
- ・ 途中段階で土木研究所と情報交換を行った。新しい構造物という認識で、従来のカルバート工指針にとらわれない性能評価法を適用するべきである。

##### ➤ 軟弱地盤対策：

- ・ カルバートを多数挿入するので、地盤に作用する圧力は均質でない。どの範囲をどの程度改良すれば、不同沈下が防げるのかは、構造物の安定性や建設コストの面から非常に重要な問題である。
- ・ 遠心力場における不同沈下に関する模型実験を実施（今年度終了予定）
- ・ 模型実験に対する数値解析を実施（今年度終了予定）
- ・ 仮想実プロジェクトに対して数値解析を実施（次年度終了予定）

##### ➤ 耐震性に関する検討

- ・ 数値解析による検討の実施。
- ・ 大型振動台による模型実験の実施：特に、盛土材料が軽量土になった場合について、是非、模型実験を実施してほしい、と土木研究所より要望あり。プロジェクト期間や費用面などの問題もあり、要検討。

##### ➤ 景観問題の検討

- ・ 仮想実プロジェクトに対して検討を実施（今年度、次年度実施）

##### ➤ 維持管理マニュアル

- ・ 施工時の計測項目についての検討（今年度実施）
- ・ 土木研究所より、被災を受けた場合、どのぐらいで機能回復できるのかを考慮にいたした設計指針を作成してほしいとの意見があった。

積雪寒冷地における舗装の耐久性向上及び補修に関する研究-活動報告(平成 20 年度)

1.研究の概要

(1) 研究目的とフロー

本研究では、積雪寒冷地の舗装の維持管理手法の構築を目的として、補修工法・材料などの評価方法の検討、試験施工、効果・影響の確認のための社会実験の方法論を検討する。さらに舗装材料、舗装構造の耐久性の向上に資する基礎的な知見をとりまとめる。

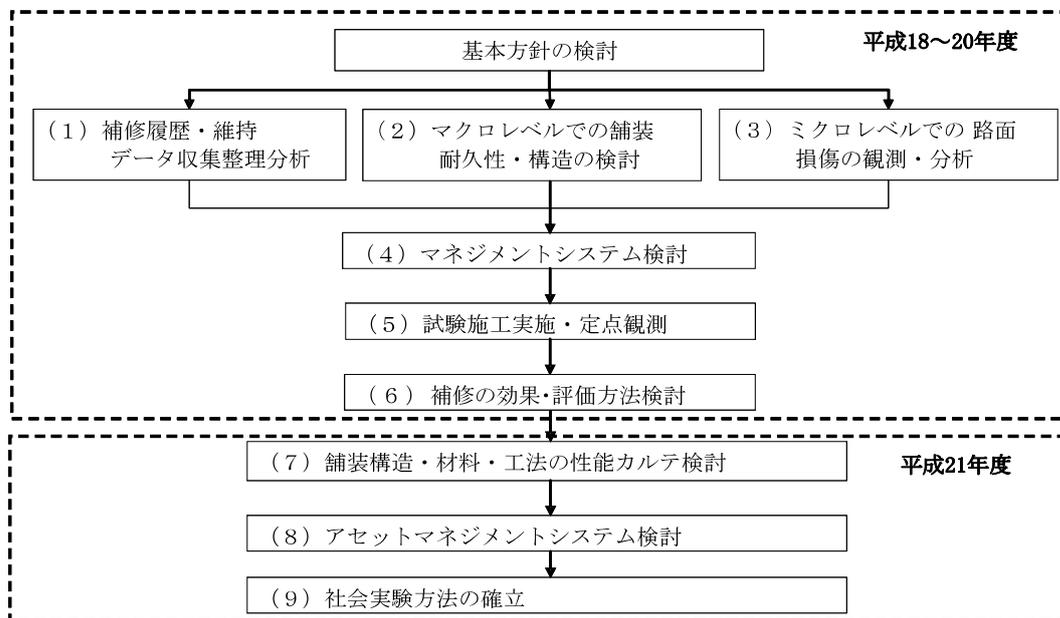


図-1 研究の全体フロー

(2) 研究体制

プロジェクトリーダー 京都大学経営管理大学院 教授 小林 潔司

参加メンバー (産) 大林道路(株) 昭和瀝青工業(株) シンレキ工業(株)  
住友大阪セメント(株) 大成ロテック(株) 日進化成(株)  
ニチレキ(株) 光工業(株) 金下建設(株)(平成 20 年 11 月から新規参入)

(学) 京都大学大学院工学研究科 大阪市立大学 大阪大学

(官) 国土交通省 近畿地方整備局 (道路部, 豊岡河川国道事務所)

## 2. 活動状況

### (1) 平成 18,19 年度の活動内容

本研究は、平成 19 年度から 3 カ年で行うものとしているが、平成 18 年度からデータ収集や、文献調査も実施している。平成 19 年度までの活動内容は以下のとおりである。

- ①積雪寒冷地の舗装維持管理で問題となっているポットホールの発生メカニズム究明
- ②発生状況データを用いたポットホール補修箇所の統計的解析
- ③試験施工による補修用常温アスファルト混合物の施工性と耐久性評価
- ④室内試験による同混合物の物性評価

これら 4 項目の検討結果を踏まえ、室内および現地における総合的な補修用常温混合物に関する知見を報告書に取りまとめた。

### (2) 平成 20 年度の検討内容

#### 1) 耐久性向上に資する舗装構造および材料の検討

積雪寒冷地における舗装の骨材飛散（ポットホール、タイヤチェーンによるラベリング等）対策は、舗装寿命の延命化を図る上で最も重要であると思われる。そこで今年度は、耐久性向上に資する舗装の設計および材料の基準について次のような検討を行う。

- ①大規模補修後の経過年数や補修工法、材料と路面の健全度のデータベース解析
- ②上記解析に基づく推奨する舗装構造及び新しい舗装構造、材料の提案
- ③これらの舗装構造による補修工事と調査・定点観測の実施

なお、新しい舗装構造や材料の仕様は、積雪寒冷地の事業者（国交省北海道開発局・東北・北陸・近畿地方整備局、北海道、福井県）等の仕様および積雪寒冷地舗装に関わる既報文献等を参考にして決定する。

#### 2) 舗装マネジメント手法の検討

蓄積されたポットホールの発生状況のデータを用いて舗装の生存確率を求めることで、サービス提供期間を推測する手法を明らかにした。本年度は同様の点検データの蓄積・解析を行うと同時に、これらの解析結果を現場にフィードバックし、維持補修にかかるマネジメント手法を確立するための方法論についての検討も行う。具体的には、補修時において生存確率に最も寄与する要因をとりまとめ、現地作業に反映する手法を提案する。

「アンカー工設置のり面の健全性評価に関する研究」  
プロジェクト活動概要

プロジェクトリーダー 沖村 孝

(神戸大学都市安全研究センター特別研究員)

(神戸大学名誉教授)

1. 研究テーマ

「アンカー工設置のり面の健全性評価に関する研究」

2. 研究目的

切土のり面の安定化工法としてアンカー工が多くのにり面で採用されてきたが、導入されて以来 50 年近くが経過し、アンカー工の腐食やのにり面の劣化等に起因する斜面安定問題が発生しており、既存のアンカー工設置のり面の健全性を評価することが重要な課題となってきた。

本研究では、近畿圏におけるアンカー工設置のり面の実態把握や現地調査から課題を明らかにするとともに、のにり面の変状やアンカー緊張力の簡易なモニタリング手法の開発の検討及び実際のモニタリングを通じて、アンカー工が設置されているのにり面の健全性評価手法確立のための課題を明らかにすることを目的とする。

3. プロジェクトメンバー

本プロジェクトは、以下の各機関での共同研究で進めている。

プロジェクトリーダー：沖村 孝（神戸大学都市安全研究センター特別研究員）

①学：神戸大学 芥川 真一（神戸大学大学院工学研究科）

②官：道路部道路管理課、姫路河川国道事務所、近畿技術事務所

③産：西日本高速道路株式会社、ライト工業株式会社、日特建設株式会社、

応用地質株式会社、株式会社ダイヤコンサルタント

4. 研究内容

①アンカー工設置のり面の現状を調査し、アンカー工の適切な設計条件を整理するとともに、適切な点検手法の検討を行う。

- ・アンカー工設置のり面の現状における実態について既存資料を整理・把握し、課題を抽出する。
- ・現地調査を実施し、それらの結果から近畿圏の地質や崩壊形態を踏まえたアンカー工の適切な設計条件を整理する。

②試験のり面を設定し、のり面の変状や既設アンカーの緊張力を簡便にモニタリングする手法の検討を行う。

- ・ のり面の変状や既設アンカーの緊張力を簡易に判定する手法を検討する
- ・ リフトオフ試験を通してアンカーの緊張力を確認するとともに、緊張力解放を行い頭部背面の腐食状況を調べる
- ・ 再緊張後のアンカー緊張力の簡易な測定の実施やモニタリングを通して経時変化を調べる
- ・ のり面の劣化に着目した変状と緊張力の関係を調べる

③アンカー工設置のり面の健全性評価手法確立に向けての課題を明らかにする。

## 5. 全体の作業内容

- ①アンカー工設置のり面の既存資料の収集整理
- ②現場踏査とまとめ
- ③磁歪法によるアンカー軸力測定（緊張力を簡易に判定する手法の確立とそのモニタリング）
- ④リフトオフ試験（アンカー残存緊張力の確認）
- ⑤緊張力開放による頭部背面の腐食状況の調査
- ⑥再緊張時の緊張力モニタリング
- ⑦健全性評価手法検討（上記結果をとりまとめて、アンカー工設置のり面の健全性評価手法確立に向けての課題を明らかにする）

## 6. 工程

期間：平成 20 年 4 月～平成 23 年 3 月

日程	1 年目	2 年目	3 年目
①既存資料整理	■	■	
②現地踏査とまとめ	■	■	
③磁歪法による軸力測定	■	■	
④リフトオフ試験	■	■	
⑤頭部腐食状況調査	■	■	
⑥緊張力モニタリング	■	■	■
⑦健全性評価手法検討		■	■

## 7. 20 年度の活動状況

- ①既存資料の収集と整理
  - ・ 近畿地整内の各事務所におけるアンカー工設置現場の資料収集とまとめ
- ②国道 29 号でのアンカー工設置試験のり面の地盤状況と変状の原因調査

③国道 29 号でのアンカー工設置試験のり面における各種試験とモニタリング

- ・ 磁歪法によるアンカー軸力測定
- ・ アンカー工のリフトオフ試験
- ・ 緊張力開放による頭部背面の腐食状況の調査
- ・ 再緊張時の緊張力モニタリング

平成 20 年 12 月 12 日

## 「舗装用骨材資源の有効利用に関する研究」プロジェクト活動報告

### 1. 活動状況

2008 年度より開始（1 年目）

### 2. 研究目的

今後、舗装用骨材の調達が難しくなる。特に細骨材として使用してきた天然砂については、その採取地の確保が困難で、採取に伴う環境問題も生じやすく、ますます入手しにくくなると予想される。そこで、資源の有効利用、環境保全の観点から、砕砂のほか、鉄鋼スラグ、ごみ・下水汚泥等の熔融スラグ、アスファルト再生骨材、コンクリート再生骨材等の舗装用骨材としての活用方法を検討し、近畿地方における舗装用骨材の安定供給・品質管理策を提案する。

### 3. プロジェクト参加メンバー

プロジェクトリーダー：大阪市立大学名誉教授 山田 優

幹事：大林道路 藤林省吾・荒木 誠、近畿大学 佐野正典

産：大林道路(株)、奥村組土木興業(株)、鹿島道路(株)、昭和瀝青工業(株)、世紀東急工業(株)、大成ロテック(株)、東亜道路工業(株)、(株)NIPPONコーポレーション、日本道路(株)、前田道路(株)、近畿砕石協同組合、(株)大阪砕石工業所、(株)森組、鉄鋼スラグ協会、新日鉄エンジニアリング(株)、セメント協会、大阪兵庫生コンクリート工業組合

学：大阪市立大学(水谷聡)、近畿大学(佐野正典、麓隆行)、神戸大学(吉田信之)、立命館大学(岡本享久、武田字浦)

官：近畿地方整備局道路部(道路管理課)、兵庫国道事務所、近畿技術事務所  
大阪府都市整備部(交通道路室)、兵庫県土木局(道路保全課)  
大阪市建設局(道路部)、神戸市建設局(道路部工務課)

オブザーバー：堺市、姫路市、(財)道路保全技術センター  
奈良県、奈良市、(独)水資源機構

### 4. 研究状況

下記の 8 つのワーキンググループを設けて研究を行っている。  
全メンバーが集まる研究会は、年に 2～3 回開催する。

#### (1) 「排水性舗装リサイクル」グループ

テーマ：排水性舗装・各種環境舗装のリサイクル技術の開発

グループ幹事：大林道路（藤林、荒木）

主な研究課題：

- 1) 排水性舗装・各種環境舗装発生材の品質
- 2) 既設舗装混合物の撤去方法（骨材をできるだけ破損しない方法）
- 3) 舗装発生材からの効率的骨材回収方法（加熱、摩砕などによる分離）
- 4) 骨材回収後残物の有効利用（粗骨材のみならず、細骨材、アスファルト分の利用）

試験舗装計画：

- 1) 既設の排水性舗装等から粗骨材を回収して再び排水性舗装に使用する修繕工事（今年度、計画中）
- 2) 粗骨材回収後のアスファルト細粒材を細骨材等として使用する舗装工事（次年度）

## (2)「鉄鋼スラグ」グループ

テーマ：鉄鋼スラグのアスファルト混合物用骨材としての適用性の検討

グループ幹事：鉄鋼スラグ協会（住金 浜崎）

主な研究課題：

- 1) 高炉水砕スラグ砂または製鋼徐冷スラグ砂のアスファルト混合物用細骨材としての適用性
- 2) 製鋼徐冷スラグのポーラスアスファルト混合物用骨材としての適用性

試験舗装計画：

- 1) スラグ砂使用アスファルト混合物の舗設工事（今年度、計画中）
- 2) スラグ骨材使用ポーラスアスファルト混合物による排水性舗装（次年度）

## (3)「溶融スラグ」グループ

テーマ：ごみ溶融スラグのアスファルト混合物細骨材としての適用性の検討

グループ幹事：奥村組土木興業（五反田）

主な研究課題：

- 1) 溶融スラグ（水砕）の品質（品質変動、安全性）
- 2) 溶融スラグ（水砕）のアスファルト混合物用細骨材としての適用性（許容使用量）

試験舗装計画：

- 1) スラグ砂使用アスファルト混合物の舗設工事（今年度、計画中）

## (4)「コンクリート再生細骨材」グループ

テーマ：コンクリート再生細骨材のアスファルト混合物用細骨材としての適用性の検討

グループ幹事：日本道路（小宮）

主な研究課題：

- 1) コンクリート塊を全量破砕して製造した再生細骨材のアスファルト混合物用細骨材としての適用性（吸油性の影響）

試験舗装計画：

- 1) コンクリート再生細骨材使用アスファルト混合物の舗設工事（今年度、計画中）

## (5)「ダム堆砂」グループ

テーマ：ダム堆積土砂のアスファルト混合物用細骨材としての適用性の検討

グループ幹事：大成ロテック（鍋島）

主な研究課題：

- 1) ダム堆積土砂の品質（粒度など）と採取可能量
- 2) ダム堆積土砂の採取ならびに細骨材分の分離方法
- 3) 細骨材分離後の残物（泥土）の有効利用方法

試験舗装計画：

- 1) 木津川水系でのダム堆砂を使用し、アスファルト混合物の舗設工事（次年度）
- 2) ダム堆砂を使用したコンクリート舗装工事（次年度）

## (6)「砕石粉」グループ

テーマ：細骨材としての砕砂の製造に伴う砕石粉のアスファルト混合物用フィラーとしての適用性

グループ幹事：奥村組土木興業（五反田）

主な研究課題：

- 1) 各砕石プラントにおける砕石粉の品質（粒度、比表面積など）

2) 砕石粉のアスファルト混合物用フィラーとしての適用性（許容使用量）

試験舗装計画：

1) 砕石粉使用アスファルト混合物の舗設工事（今年度、計画中）

#### (7) 「下水汚泥焼却灰」グループ

テーマ：下水汚泥焼却灰のアスファルト混合物用フィラーとしての適用性

グループ幹事：NIPPO コーポレーション（木下）

主な研究課題

1) 下水汚泥焼却灰の品質（粒度、比表面積など）

2) 下水汚泥焼却灰のアスファルト混合物用フィラーとしての適用性（許容使用量）

試験舗装計画：

1) 下水汚泥焼却灰使用アスファルト混合物の舗設工事（次年度）

#### (8) 「コンクリート舗装」グループ

テーマ：コンクリート舗装の普及と再生骨材・砕石粉等の有効利用

グループ幹事：鹿島道路（加形）

主な研究課題：

1) 普及しやすいコンクリート舗装工法（転圧コンクリート舗装、コンポジット舗装、ホワイトトッピング工法）とその設計方法（最小コンクリート版厚、目地間隔）

2) コンクリート再生骨材のコンクリート舗装への適用性

3) 砕石粉のコンクリート舗装用材料としての利用方法

試験舗装計画：

1) 既設アスファルト舗装の修繕工事としてのコンクリート版舗設工事（次年度）

2) コンクリート再生骨材、砕石粉使用コンクリート版舗設工事（次年度）

新都市社会技術融合創造研究会  
物理探査の連続計測による斜面地盤の工学的評価手法に関する研究  
平成 20 年活動報告

プロジェクトリーダー 関西大学 楠見晴重

研究の目的

老朽化した道路法面の性能評価として、種々の物理探査法を用いて連続的に計測を行い、斜面の健全性評価法を構築することを目的とする。

研究の概要

主として老朽化した吹付法面の斜面内部の地盤状況を種々の物理探査法を用いて連続的に計測し、計測された物理量もしくは変換解析によって得られた複数の地盤物性値を用いて斜面内部におけるそれらの時系列解析を行い、斜面の性能特性について検討するとともに、斜面の健全性評価手法を構築する。

研究期間

平成 19 年 12 月～平成 22 年 12 月

研究メンバー

	所属・役職	氏名
プロジェクトリーダー	関西大学環境都市工学部 都市システム工学科 教授	楠見 晴重
アドバイザー	NPO法人 環境・エネルギー・農林業ネットワーク 理事長	芦田 謙
官	近畿地方整備局 道路部 道路管理課 課長	野中 砂男
	近畿地方整備局 福知山河川国道事務所 副所長	古野 幸夫
	近畿地方整備局 近畿技術事務所 所長	山本 剛
	近畿地方整備局 近畿技術事務所 副所長	小段 栄一
学	京都大学大学院工学研究科 社会基盤工学専攻地質工学分野	薛 自求
	京都大学大学院工学研究科 社会基盤工学専攻地質工学分野	辻 健
	京都大学大学院工学研究科 社会基盤工学専攻ジオフィジクス分野	尾西 恭亮
産	(株)ニュージェック 技術開発グループ	中村 真*
	(株)環境総合テクノス 土木部	片山 辰雄
	(株)日本地下探査 関西支店	畠中 与一
	サンコーコンサルタント(株) 関西中部支社 大阪支店	辻野 裕之
	川崎地質(株) 保全技術部	山田 茂治
	西日本高速道路エンジニアリング関西(株)	上出 定幸
	応用地質(株) 関西支社 ジオテクニカルセンター	利岡 徹馬
	ライト工業(株) 建設事業部	宮川 充
	(株)興和 工事部	小林 雄三
	日本物理探査(株) 関西支店	風嵐 健志
オブザーバー	(財)道路保全技術センター 近畿支部 主任研究員	満下 淳二

\*幹事

活動実績

会議回数	開催日	主な議題等
1	H19.12.14	プロジェクトの趣旨説明と今後の活動方針協議
現地視察	H20.1.24	研究対象個所の視察
2	H20.3.7	現地調査計画を踏まえた研究方針協議
3	H20.5.29	現地ボーリングコア等確認と各社測定計画策定に際しての協議
4	H20.7.4	各社測定計画協議
現地調査	H20.7.22 ～8.26	各社第1回測定
5	H20.9.26	各社第1回測定報告
現地調査	H20.11.17 ～12.26	各社第2回測定(実施中)
6	H21.1.30	各社第2回測定報告(予定)

研究サイトの概要



国道9号線の南側に隣接した、長さ200数十m、高さ約50mの比較的大規模な法面である。

京都府福知山市三和町大身地区  
国道9号切土法面

<地質>  
中生代三疊紀～ジュラ紀の丹波層群にあり、主に砂岩層、頁岩層あるいは砂岩頁岩互層より構成される。

## 既往手法による評価例

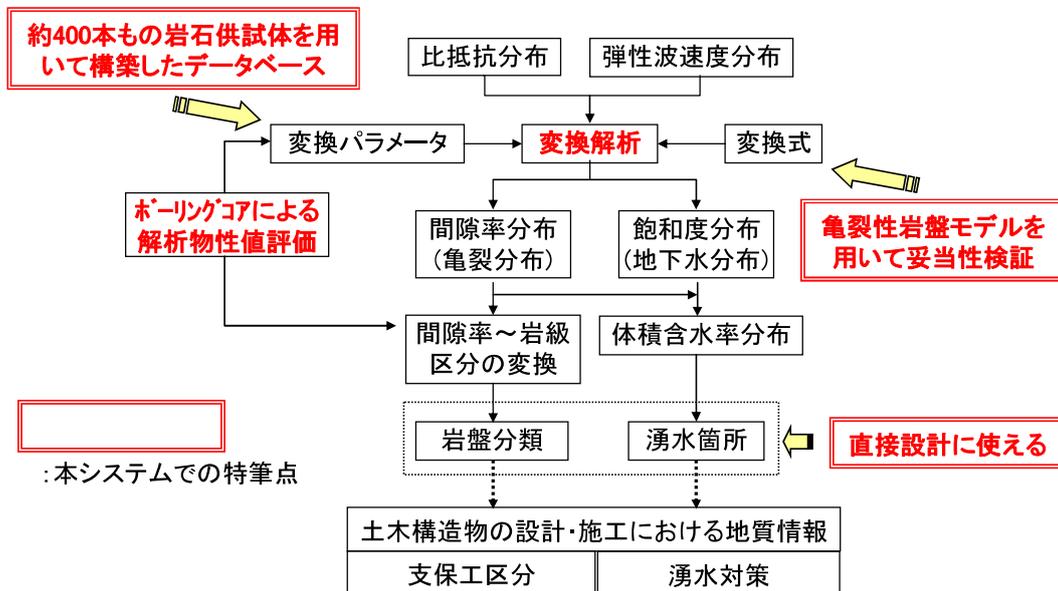
物理探査手法	熱赤外線探査	電磁波トモグラフィ探査	連続波レーザ探査	比抵抗トモグラフィ探査	弾性波トモグラフィ探査	表面波探査	FDEM探査
断面	A地区(吹付け法面)	A地区(吹付け法面)	B地区(自然斜面)	A地区(吹付け法面)	A地区(吹付け法面)	A地区(吹付け法面)	B地区(自然斜面)
測定結果例							

## 新しい試みによる評価

種々の物理探査を用いて、斜面内部の地盤状況を評価する方法が有効であることは確認できた。しかしながら、物理探査により得られた物理量と背面地盤の性状の定量的な関係は十分解明されていない。

そこで本研究会では、弾性波探査と電気探査に着目し、原位置で得られた弾性波速度分布・比抵抗分布を間隙率分布・飽和度分布に変換するシステムを開発し、より正確に地盤評価を行なうことを試みた。

### 変換システムのフロー



変換システムの概要

解析領域を有限のセルに分割し、各セルごとに下記連立方程式を解く

$$\begin{cases} Vp=f(\phi, Sr) \\ \rho=g(\phi, Sr) \end{cases}$$



一義的に解が求まる

$$\frac{1}{Vp} = \frac{(1-\phi)}{Vm} + \frac{\phi \cdot S}{Vf} + \frac{\phi \cdot (1-S)}{Va}$$

$$\frac{1}{\rho} = \frac{1}{F \cdot \rho w} + \frac{1}{\rho c} + \frac{1}{\rho o}$$

(Willyの式)

ここに

Vp: 岩盤の弾性波速度

Vm: テストピースの弾性波速度

Vf: 間隙水の弾性波速度

(≒1.5km/sec)

Va: 間隙の空気における弾性波速度

(≒0.33km/sec)

φ: 間隙率

S: 飽和度

ここに

F: 地質比抵抗係数

$F = a \cdot \phi^{-m} \cdot S^{-n}$  (Archieの式)

a, m, n: 地質の違いによる係数

ρ: 岩盤の比抵抗(Ω・m)

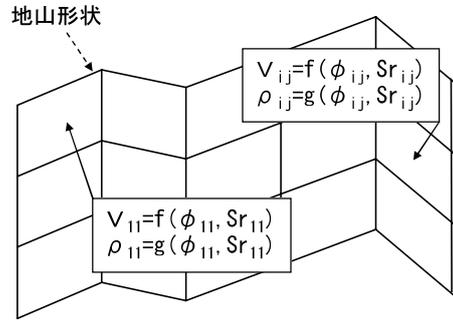
ρw: 間隙水の比抵抗(Ω・m)

ρc: 岩盤中の導電粒子の比抵抗(Ω・m)

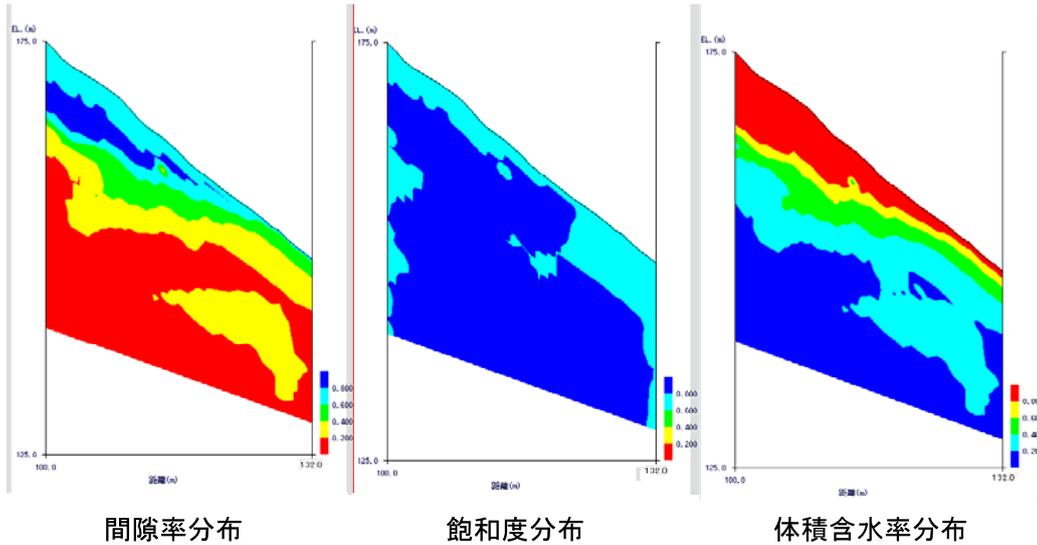
ρo: 岩盤実質部の比抵抗(Ω・m)

φ: 間隙率

S: 飽和度



新しい試みによる評価例



今後の活動予定

- ボーリング結果等に基づく岩級区分から、各種法の有益性の検討。
- 複数回測定することにより、法面の変状把握の可能性の検討。
- 健全度判定手法の提案。

以上

# 道路トンネル健全性評価技術の研究概要

プロジェクトリーダー 京都大学大学院工学研究科 大西有三

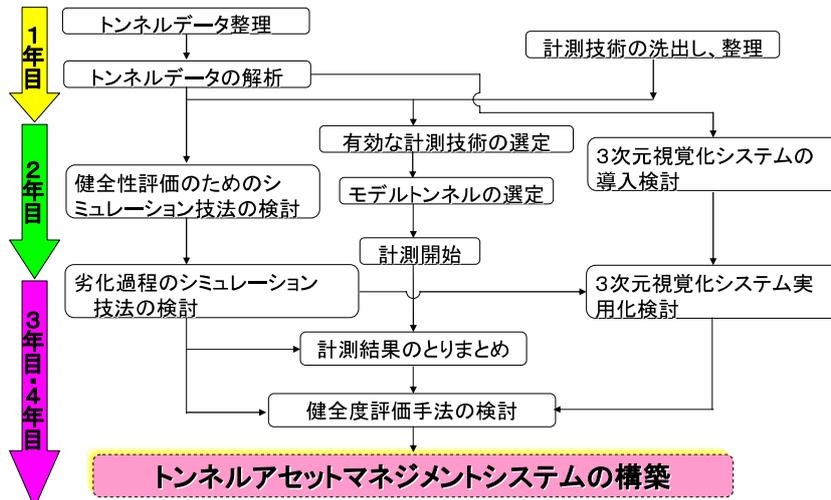
## 1 研究概要

本研究では、現在、社会資本の根幹をなす道路資産の効率的な維持管理を必要とされている中で、補修等が困難な道路トンネルを対象として、その効率的な維持管理を行うための健全性評価技術およびその手法の研究を行うものである。

本プロジェクトではこれまでに（平成 17 年～）、アンケート等によるトンネル管理者の課題及びニーズの整理、現状で使用されていないモデルトンネルのひび割れ等の計測、デジタルカメラ等による覆工表面の写真撮影、管理者の使いやすさを追求とした 3 次元可視化によるデータベースのあり方について研究を行ってきた。計測や画像取り込み（撮影技術）、データベースに関する研究は、現在も継続中であり、モデルトンネルの環境条件に適應される貴重な計測データを蓄積しながら、効率的な維持管理を行う健全性評価技術の構築に向けて進行中である。

## 2 研究の全体フロー

本研究の基本方針は以下の研究フローに従って進めている。



## 3 計測の実施

### 3-1 計測概要

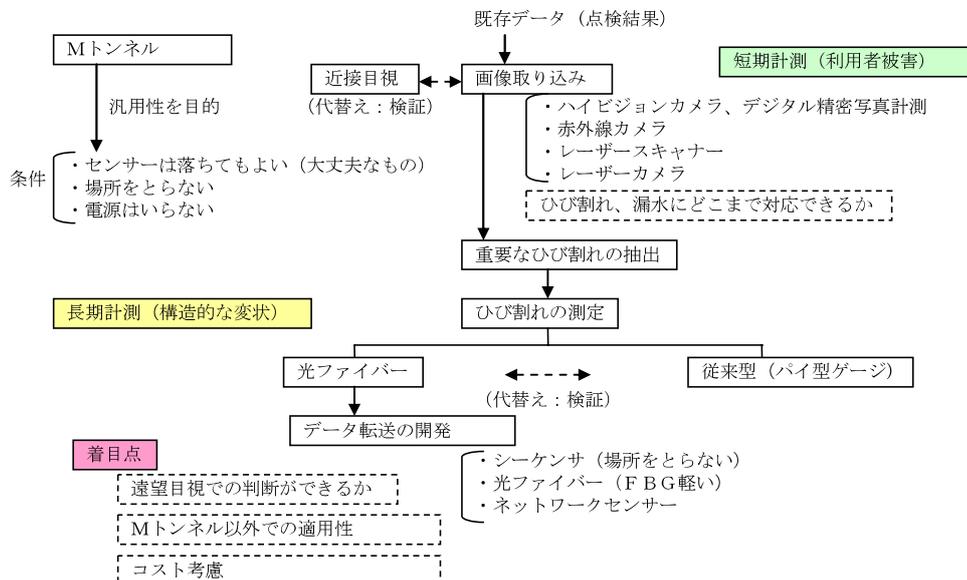


図 3-1 計測フロー

3-2 計測結果

(1) 近接目視 (トンネル点検と同様の方法による) (延長: 28.6m)

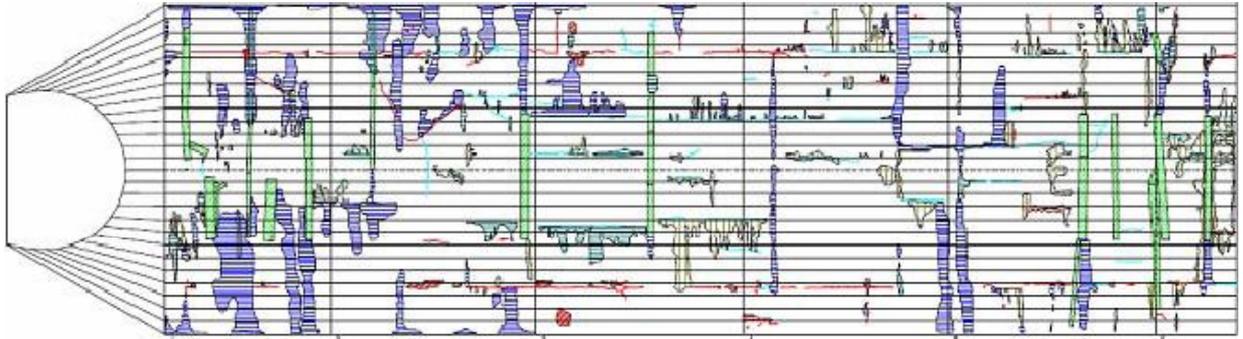


図 3-2 変状展開図

(2) 画像計測 (デジタル画像走行撮影)



図 3-3 画像計測結果

(3) ひび割れ計測 (主要なひび割れ箇所の継続的な計測)

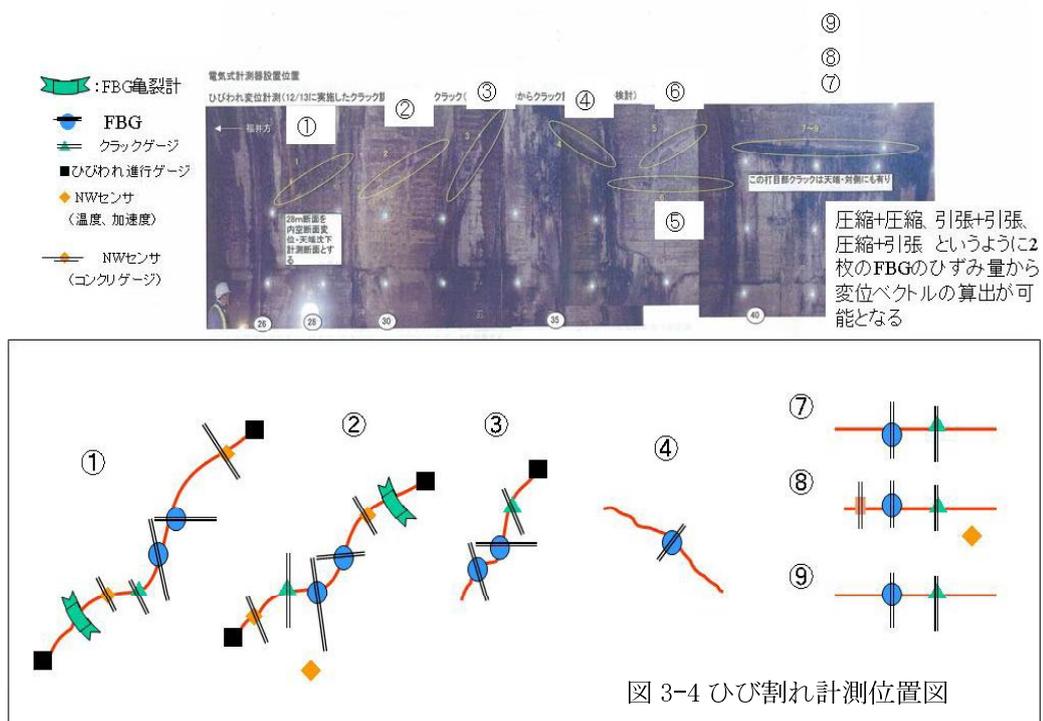


図 3-4 ひび割れ計測位置図

4 3次元データベースの構築

図 4-1 に示すように、近接目視調査で得られた変状展開図を 3 次元可視化し、疑似体験できるような立体構造を構築することができる。同時に点検カルテや画像写真、赤外線カメラ等のデータもインポートしている。

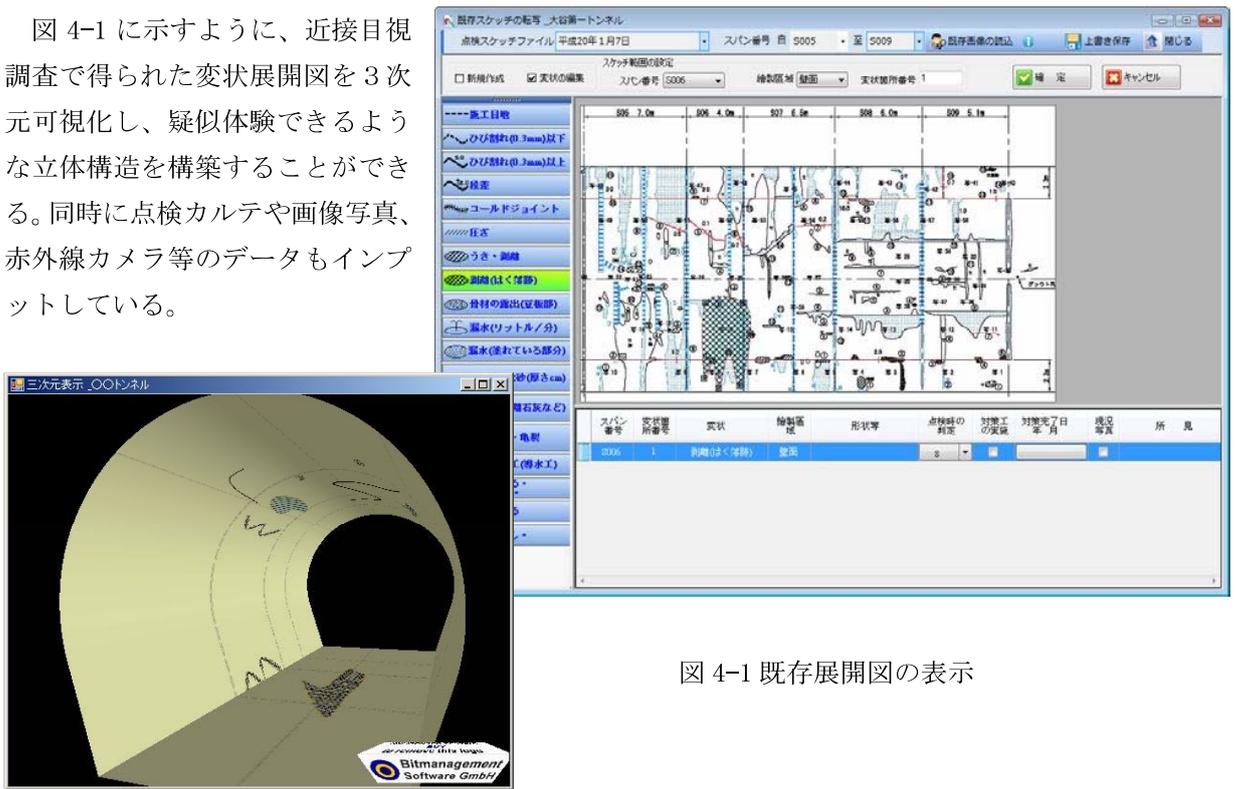


図 4-1 既存展開図の表示

5 本年度の研究スケジュール

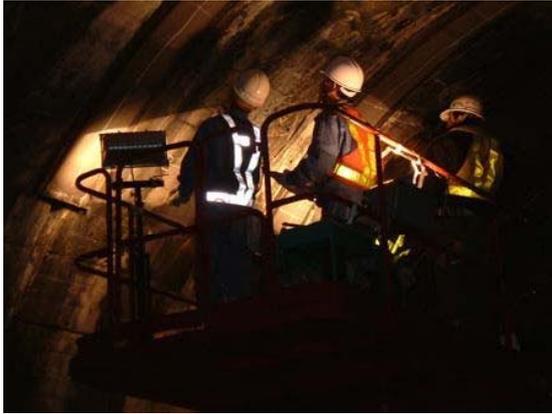
本プロジェクトでは、当初3年間を目標として研究を進めてきた。しかしこの間、トンネルモニタリングや画像撮影技術の進歩は目覚ましく、本プロジェクトにおいても広い視野において、こうした技術に目を向け取り組んできた。よって管理者のニーズを高め（例えば煤のあるトンネルや浮きはく落の検出等）、より優れた健全性評価技術の構築が必要不可欠な状況となった。したがって本プロジェクトでは、研究期間を延伸し、本年度に最終アウトプットの構築を目指すものとする。

本年度は、今年度の研究成果をもとに、さらなる計測データ集積～分析による変状メカニズムの検証、将来の予測（ひび割れの進行、他の損傷への発展）、効率的な維持管理を目指したデータベースの確立さらにはアセットマネジメント手法の確立を目指していくものである。

本年度の研究項目を以下に示す。

項目	内容
望ましい点検・計測・データベースのあり方検討	モデルトンネルの計測データ蓄積に伴い、望ましい計測手法及びデータベース手法（3次元システム）を提案
簡易型性能評価手法	簡易な点検シートを基本として概略で健全度を評価できる手法を提案
性能照査型評価手法の検討	性能照査型評価法を取り入れ、計測結果による健全度を評価する手法を提案（構造的な変状に関する健全性の評価）
健全度低下手法の検討	実施の計測データを用いた、将来の健全性低下予測を行う手法を提案
実データを使ったモデル適用性の検討	実施の計測データを用いた、予測モデルの検証
アセットマネジメントシステムの構築	最終のアウトプットであるアセットマネジメントの構築を目指す

◇参考資料（研究状況）



近接目視点検状況



近赤外線走行撮影状況



計測データ蓄積状況



計測センサー設置状況



計測データ蓄積状況



走行レーザー計測状況

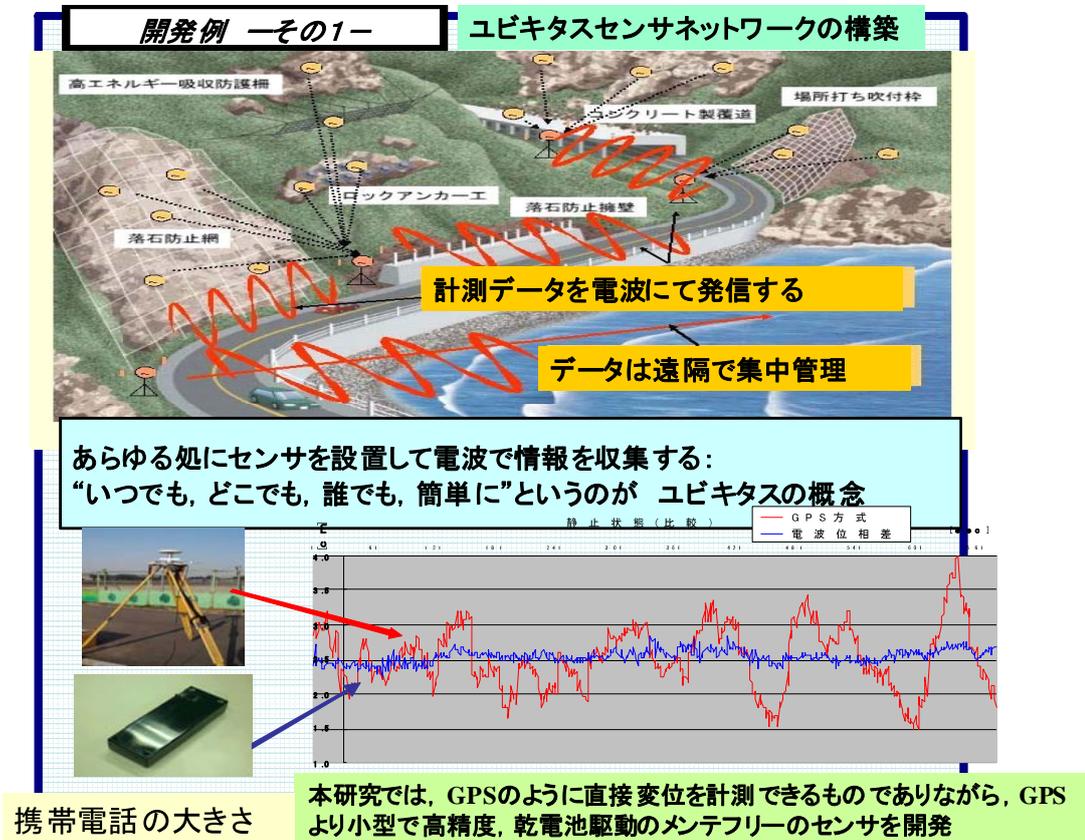
## 「道路防災ネットワークシステムの構築」

近畿技術事務所，近畿地方整備局道路管理課，紀南河川国道事務所，兵庫国道事務所  
京都大学大学院・西山哲准教授，三菱電機㈱，幹事：㈱地層科学研究所

### 〔研究の背景〕

我が国はこれまで天災に数多く見舞われてきたが，逆に耐震技術など世界に誇る土木技術が開発されてきた。また電子，精密機器また IT 関連技術などの分野においても，世界に誇る工業力を有しており，新たにナノテクノロジーといった新技術を生産する技術立国の地位はいまだ確固たるものがある。これら土木分野の蓄積したノウハウと，電子・機械といった土木から見て異分野の技術を融合させることにより，新しい“防災”技術を確立させるのが目的である。

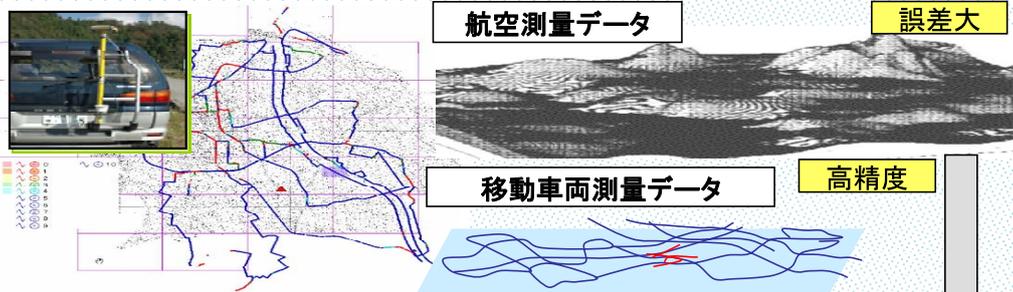
道路は生活を支える重要な社会資本であり，ひとたびその機能が失われると多大な経済的損失が発生する。日本列島においては地質的および地形的に危険な斜面に隣接した道路が多く，台風や地震といった天災時だけでなく，日常的に道路の利用者の安全を確保することに多大な労力を要しているのが実情である。今後土木を取り巻く予算状況がますます厳しくなる一方で，構造物の維持管理マネジメントに関する新たな住民意識との調和を保ちながら，管理者側にとっては便利で信頼できる，住民にとっては安心で安全な管理方法の実現による災害に対して安心・安全な国造りを目指す。



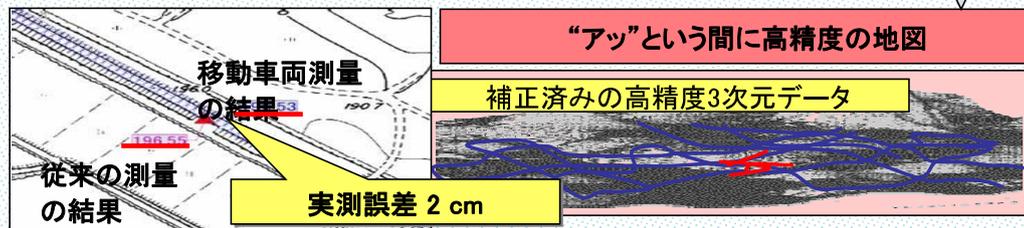
**開発例 ーその2ー**

**既存の航空写真を活用した高精度3次元電子地図の作成**

走行車両を使った計測により、航空測量データを補正し、高精度な地図にデータを変換する。

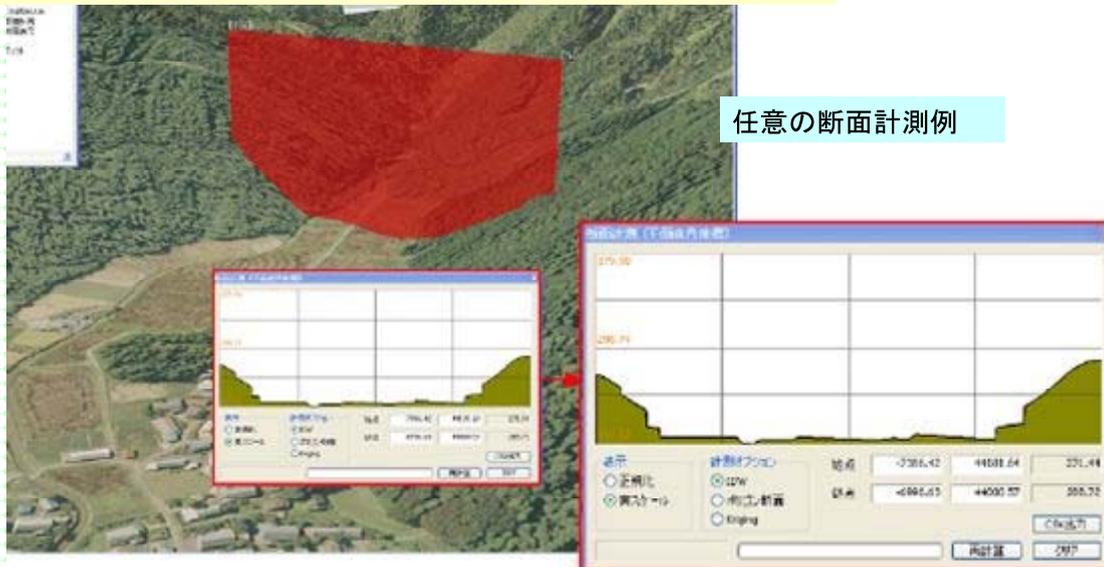


高精度GPS受信機及び空中レベル計を車両に搭載して走行し  
地区補正パラメータ(FKP)を利用して、座標値を得る方法



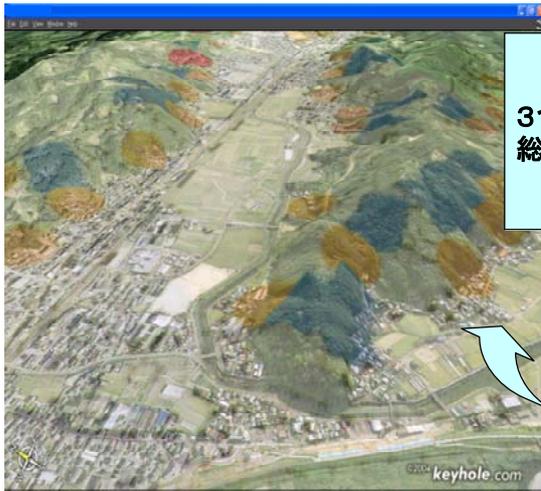
**開発例 ーその3ー**

**高精度3次元電子地図を利用した防災GISシステムの構築**



電子地図上のすべての点が高精度の3次元座標をもつ

:被害状況把握のための測量システムとして活用可能



3つの開発成果を組み合わせ、  
総合防災GISシステムの構築を完成させる



1. 道路斜面に変状検出センサをばら撒く
2. 高精度3次元地図上で変状状態を監視
3. リアルタイムにGISを更新していく

[今年度の成果：ユビキタスセンサの開発]

2007 年度

: 斜面に設置すれば 3 次元変位を計測する遠距離データ送信センサの開発完了  
斜面の変位を 0.5mm レベル（公称）の高精度で検知。



アンテナ:これが受信器から見える位置  
にあれば良い

送信器一受信器間  
500m

データ発信器:単一乾電池4個で  
15分に1回、1年間データを送信



受信アンテナ

データ受信器:発信器1個につき  
4個配置させる。

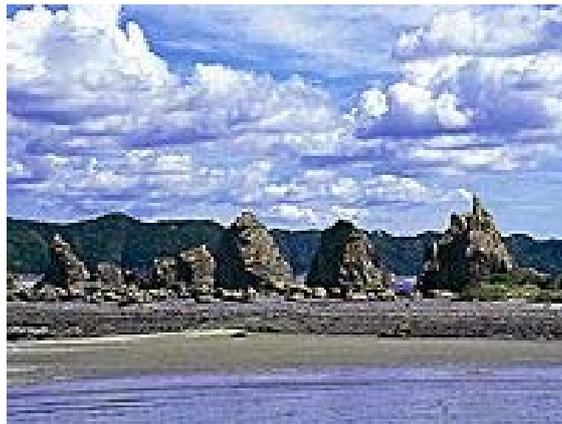
・ 2008 年度

2007 年度の廉価版を試作

: データ送信距離が 100m レベル, 1 日 1 回のデータ受信 etc.



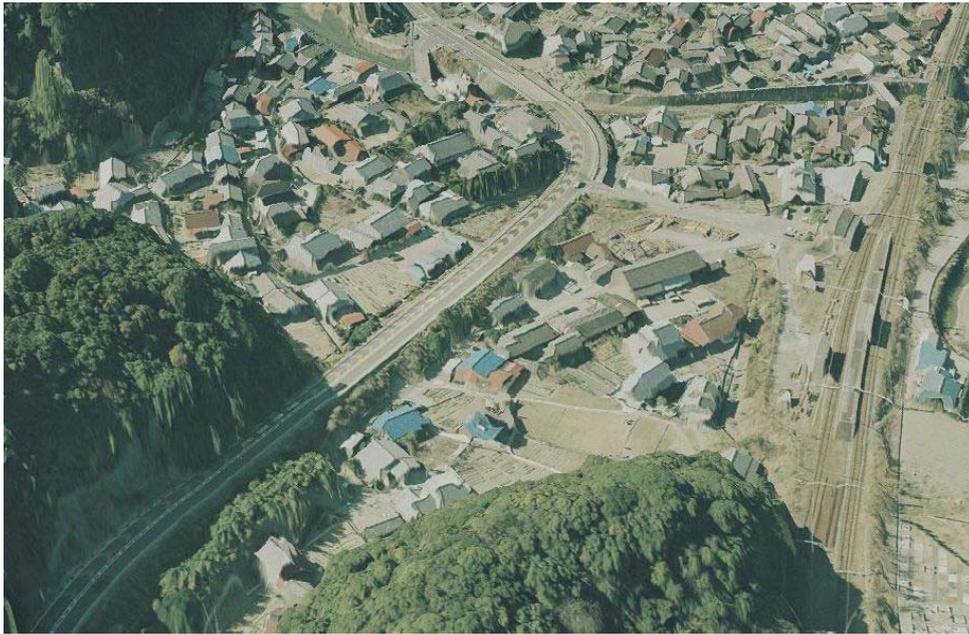
紀南河川国道事務所 : 国道 42 号線沿いの岩盤崩落検知に適用予定  
名勝橋杭岩 (天然記念物) に対して目立たない要件を満たすセンサを開発



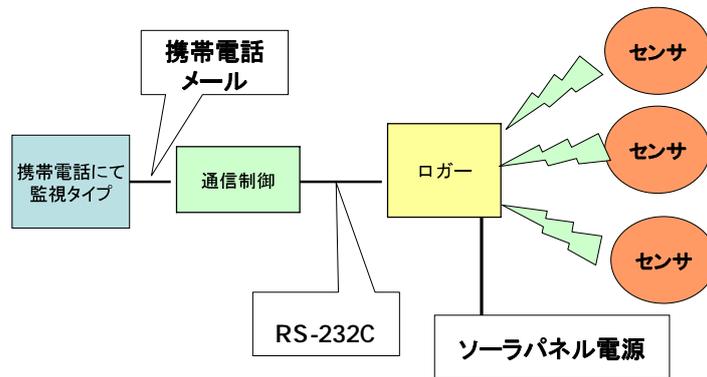
[今年度の成果 : データ管理部]

2007 年度 : 42 号線串本町周辺 40km を 1 日で計測して電子地図化.





2008 年度：廉価版の開発—前記天然記念物の管理に適用予定.



以 上

## 平成 20 年度研究計画

### ITS を活用した道路交通ネットワークの調査・評価手法に関する研究

#### 1. 研究テーマ ITS を活用した道路の診断, 処方, 評価システムの構築

(道路網および道路区間での) 所要時間信頼性, および (個々の集配送に着目した) 集配送費用の安定性を評価指標として用いる評価手法の開発ならびに第二京阪道路周辺の道路を主な対象地域とするケーススタディネットワークでの実用性検証を行うことを目標とする。

#### 2. 研究項目

- ITS 技術によって取得した交通情報 (例えば, プローブ情報) を用いて, 道路の信頼性評価指標を提案するとともに, その解析手法を構築する
- 信頼性評価については, 道路網および道路区間を対象としたマクロな検討と道路利用者である個別の物流企業を対象としたミクロな検討を行う
- ケーススタディを行うことにより, 構築した解析手法の実用性を検証する

#### 3. 研究体制

学: 京都大学大学院工学研究科 都市社会工学専攻 都市基盤システム工学研究室  
交通情報工学研究室

官: 近畿地方整備局

産: 日産自動車 (株)

#### 4. 研究概要

##### (1)プローブカーデータを活用した交通行動調査と道路整備効果計測への適用

##### 平成 19 年度成果:

本研究では, バスプローブデータを用いて算出した交通サービス水準指標をデジタル地図上で可視化することにより道路網上の問題箇所を特定する手法を構築した。また, その手法を用いて枚方地域の道路網を対象に道路網サービス水準の評価を行った。道路網サービス水準指標の可視化手法の構築では, 交通サービス水準指標を 25m 毎の速度の平均・標準偏差としバスプローブデータを用いたそれらの算出方法について確認した。そして, Google Maps API を用いた交通サービス水準指標の可視化手法を構築し, 実際の可視化結果より本手法の妥当性を確認した。交通サービス水準指標の可視化により, 道路網全体のサービスの提供状況を一度に把握できるようになり, 相対的なサービス水準低下箇所や, 時点の変化に伴うサービスの変化を視覚的に把握することができるようになった。また, 空間解像度を上げることでプローブデータの位置を地図上で詳細に特定することができるようになったため, 現地調査が効率化され, それに伴い道路構造や土地利用などの要因の追究が容易になったといえる。

可視化手法を用いて枚方市域をケーススタディエリアとして、道路網交通サービス水準の評価を行った。具体的には2006年平日の時間帯別の差異の検討と2003年と2006年の比較による経年変化の考察を行った。現地調査の結果を踏まえた評価の結果、時間帯によらない慢性的な速度低下の要因としては、道路幅員が狭い、歩道がないといった構造上の問題が主であることがわかった。また、速度の標準偏差を用いた考察より、渋滞の延伸の危険性の高い道路が抽出できた。一方、時間帯毎の差異に着目すると、夜のサービス水準が低いことが確認でき、異なる年次の比較からは、商業施設の立地が交通需要に与える影響や道路構造の改修によるサービス水準向上が示唆された。

#### 平成20年度研究予定：

バスプローブデータの可視化という手段は道路管理者への問題提起や道路利用者へ情報提供など適用範囲が広いと考えられる。19年度は可視化の手法ならびに適用性について吟味したが、Google Mapを活用することで比較的容易に地図上へのマッピングが可能であることが確認できた。一方で、課題に述べたように、線形近似など手作業で実施した作業も多く、今後、これらを自動化、システム化することで提案手法の別地域への適用が容易になると考えられる。20年度はバスプローブデータを用いた道路ネットワーク評価手法の体系化を進めるとともに、その成果を踏まえて他地域ネットワークへの本評価手法の適用を試みる。この中で道路ネットワークのサービス水準をこれまで構築してきた手法により評価するとともに、道路密度・人口分布・沿道利用の状況等の要因がサービス水準に及ぼす影響についても分析を試みる。

あわせて、評価指標についても再度検討し、道路管理者ならびに道路利用者の観点から見て必要となるサービス評価のあり方についても研究を進める。(道路利用者の観点から見たサービス評価という点で、日産自動車との連携を強化することを検討していきたい。)

## **(2) 物流事業者を対象とした集配送費用の安定性評価指標に関する検討**

#### 平成19年度成果：

都市内道路ネットワークにおいて、任意の経路の望ましさを評価する指標を構築するため、証券市場における株式選択問題の理論体系である現代ポートフォリオ理論中の平均分散法を道路交通へ援用して、平均所要時間と所要時間の分散を同時に考慮可能な効用関数を構築した。その際、平均分散法を用いる上で、証券市場と道路ネットワークの違いを明らかにし、平均旅行時間と、旅行時間の分散の計算方法を示した。また、平均と分散が道路利用者の効用に与える影響を明らかにし、道路利用者の期待効用を表す関数の仮定を行った。更に単一指標モデルを用いることにより計算量が軽減され大規模ネットワークに適応可能になることを示した。

以上により経路が利用者に対して与える効用の評価は、平均旅行時間と、旅行時間の分散の関数によって定量的に評価できる可能性が高いことが明らかになった。また、単一指標モデルは個々の経路の標準偏差を求める際には、共分散を用いて計算した結果との間に一定の誤差を生じるが、多数の経路を計算する際には、共分散による計算結果と高い相関性を示すため、大規模なネットワー

クにおいて多数の経路を評価するための近似モデルとして有効であることが確認された。

#### 平成 20 年度研究予定：

平成 19 年度には、道路ネットワークの経路評価に関して、平均旅行時間と旅行時間の分散を用いて効用を評価するための基礎的な検討を行った。一方で更に検討の必要な項目も残されている。そこで 20 年度は、検討が必要な以下の項目について検討を行うこととする。

#### 1.旅行時間の時間依存性を考慮した共分散推定手法の構築

昨年度の研究では、ネットワーク全体の所要時間情報として特定の時間帯における値を用いて考察を行った。一方道路交通においてはリンクを進むにつれて適用すべき時刻が変化していく。このようにネットワーク上のリンク旅行時間が時間依存性を持つことを考慮した共分散の推定手法について検討を行う。

#### 2.効用関数値最大化経路選択手法の構築

昨年度の研究では与えられた経路について効用関数値を求め、経路の平均旅行時間と分散を考慮した評価を行ったが、本年度は OD を与えたときに効用値が最大となる経路を求めるモデルを構築する。その上で得られた効用値最大経路を用いた配車配送計画の最適解を従来の配車配送計画により得られた最適解を比較する。

#### 3.ケーススタディ

以上の検討をふまえ、ケーススタディとして実際の道路ネットワークを対象に、貨物車交通で用いられる経路を始めとしたいくつかの経路について、別途推定した平均旅行時間と分散の代替率を効用関数に適用し、経路の評価を試みる。その際、用いる所要時間情報として VICS データ・プローブデータ・走りやすさマップ作成時のデータ等が利用可能であるか検討を行う。

これまでの研究成果を踏まえ、日産自動車と経路評価の分野での連携が可能であるか検討していきたい。

「新都市社会技術融合創造研究会」  
鋼橋の疲労亀裂進展シミュレーション手法の開発とその維持管理への応用  
平成20年度 活動経過報告

1. 研究テーマ

鋼橋の疲労亀裂進展シミュレーション手法の開発とその維持管理への応用

2. 研究目的

経年した鋼橋に発生する疲労亀裂を対象として、その発生および進展挙動を精度よく予測できる解析手法およびプログラムを開発することで、疲労亀裂を生じた鋼橋の補修・補強および点検等の維持管理の合理化に役立てることを目的とする。

3. 研究概要

鋼床版に生じる疲労亀裂のうち、特に数の多い縦リブと横リブの交差部から発生して横リブを進展する疲労亀裂を対象とし、その発生および進展挙動を精度よく予測できる解析手法を、亀裂進展則に Paris 則を用いて構築する。さらに、亀裂進展に対して有利な拡張有限要素法 (X-FEM) を用いたプログラムの開発を行い、その妥当性を実験および実橋における疲労亀裂進展状況との比較・検討により検証する。

4. 活動計画および経過

本研究の活動は以下の3ステップから構成される

- ステップ1：実橋計測（近畿地方整備局、阪神高速道路、日本橋梁建設協会）  
大阪国道事務所管内で疲労損傷の生じている鋼床版橋梁を対象とし、動ひずみ計を用いてバルブリブと横リブの交差部付近の応力を72時間連続計測し、同時に交通車輛のビデオ撮影を行う。計測結果等により、交差部各部の応力分布と載荷位置の関係の把握および疲労寿命の推定を行う。現在、計測対象を国道43号尻無川橋梁と選定し、計測計画を策定中である。
- ステップ2：FEM解析（京都大学）  
対象橋梁のFEM解析を行い、実橋各部の応力・変形挙動を推定する。さらに、X-FEMにより実橋の境界条件を考慮した亀裂進展解析をおこなう。現在、X-FEMプログラムの汎用FEM解析コードABAQUSへの組み込みに関するコーディング中である。
- ステップ3：模型実験（関西大学）  
着目部位の実物大部分模型（2主桁1横リブモデル）を製作し、静的載荷試験によって縦リブと横リブの交差部各部の応力分布を計測して実橋計測結果およびFEM解析結果と比較する。さらに疲労試験を行い、疲労亀裂の発生・進展挙動、補強効果等をX-FEM解析結果と比較する。現在、実験計画を策定中である。

また、平成 19 年度の活動成果を、以下 5 件の論文等としてとりまとめ、発表した。

- 讃岐康博・夏秋義広・坂野昌弘・中村香澄・宮崎幸雄：鋼床版バルブリブと横リブ交差部の実働応力計測、第 62 回年次学術講演会講演概要集、I-206、pp. 411-412、2008
- 西垣祐二・別所和哉・坂野昌弘・夏秋義弘・野中砂男・中川圭正・中村香澄：鋼床版バルブリブと横リブ交差部の疲労試験、第 62 回年次学術講演会講演概要集、I-231、pp. 461-462、2008
- 柴沼一樹・宇都宮智昭・坂野昌弘・中村香澄・宮崎幸雄：XFEM を用いたバルブリブ鋼床版試験体の疲労き裂進展シミュレーション、土木学会第 62 回年次学術講演会講演概要集、I-564、pp. 1127-1128、2008
- 夏秋義広・讃岐康博・中村香澄・宮崎幸雄・坂野昌弘：鋼床版バルブリブと横リブ交差部の実働応力計測、鋼構造年次論文報告集、第 16 巻、479-486、2008
- 鋼橋の疲労亀裂進展シミュレーション手法の開発とその維持管理への応用、ポスター、建設技術展 2008 近畿、2008 年 12 月 3 日～4 日（マイドーム大阪）

#### 5. 活動体制

産 （社）日本橋梁建設協会、（財）海洋架橋・橋梁調査会、阪神高速道路（株）

学 関西大学環境都市工学部都市システム工学科 教授 坂野昌弘（プロジェクトリーダー）

京都大学大学院工学研究科社会基盤工学専攻 准教授 宇都宮智昭

官 国土交通省 近畿地方整備局（道路部、大阪国道事務所、近畿技術事務所）

以上

# 鋼橋の疲労亀裂進展シミュレーション手法の開発とその維持管理への応用

プロジェクトリーダー 坂野昌弘（関西大学環境都市工学部教授）

参加メンバー

産（社）日本橋梁建設協会、（財）海洋架橋・橋梁調査会、阪神高速道路（株）

学 関西大学環境都市工学部、京都大学大学院工学研究科

官 国土交通省近畿地方整備局（道路部、大阪国道事務所、近畿技術事務所）

現在、経年した鋼橋の鋼床版における疲労き裂の発生が多数報告されており、早急な対策が必要となっている。これらの疲労き裂の発生・進展のメカニズム解明とその補修・補強対策としては鋼床版に対応する数値解析モデルによる応力解析やき裂進展シミュレーションが有効であると考えられる。

本プロジェクトでは、経年した鋼橋に発生する疲労亀裂を対象として、現地計測や模型実験により得られたデータに基づいて、その発生および進展挙動を精度よく予測できる解析手法およびプログラムを開発し、疲労亀裂を生じた鋼橋の補修・補強および点検等の維持管理の合理化に役立てることを目的とする。なお、本プロジェクト活動は以下に示す「実橋計測」、「模型実験」および「数値解析」の3ステップより構成される。

## 実橋計測

- ・実スケールモデル
- ・応力頻度データ

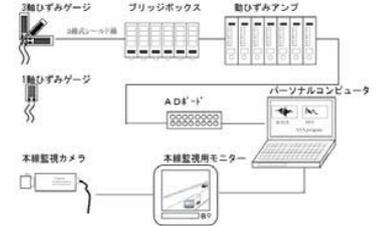
## 模型実験

- ・相互の妥当性検証
- ・疲労亀裂進展シミュレーション

## 数値解析

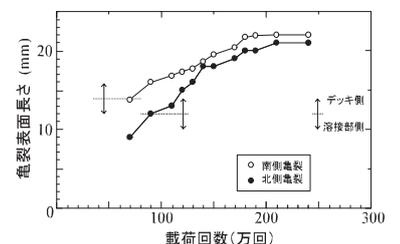
## 実橋における疲労亀裂発生状況の把握・応力頻度計測

実橋を対象とし、疲労き裂の発生・進展状況を詳細に確認するとともに、動ひずみ計を用いてバルブと横リブの交差部の応力を連続計測し、同時に交通車両のビデオ撮影を行う。また、計測結果に基づき、交差部各部の応力分布と載荷位置の関係の把握および疲労寿命の推定を行う。



## 実スケールモデルを用いた静的載荷・疲労試験

実橋における着目部位に関して実スケールの模型を製作する。まず静的載荷試験を実施し、縦リブと横リブの交差部各部の応力分布を計測、実橋計測結果およびFEM解析結果と比較検討を行う。さらに疲労試験を実施し、疲労亀裂の発生・進展挙動を評価すると共に各種補修・補強手法の効果の検討およびそれらが他の部位へ与える影響を評価する。



## XFEMを用いた疲労亀裂進展シミュレーションツールの開発

拡張有限要素法（XFEM）は、変位の不連続性を考慮した近似を用いることで、亀裂のモデル化における煩雑さを回避することが可能であると考えられる。実験および実橋における疲労亀裂進展状況との比較・検討により、Paris則に基づく鋼床版に生じる疲労亀裂の進展挙動を精度よく予測できる亀裂進展則を構築するとともに、それを組み込んだXFEMによる疲労き裂進展シミュレーションツールの開発を行う。

