

# 道路安全監査手法に関する試験調査

## Research on Road Safety Audit

(研究期間 平成 13～15 年度)

道路研究部道路空間高度化研究室  
Road Department, Advanced Road Design and Safety Division

室長 森望  
Head Nozomu Mori  
研究官 池田 武司  
Researcher Takeshi Ikeda

Road Safety Audit was institutionalized and has been carried out in the United Kingdom since 1990, and it is appreciated that it has been introducing considerable effects on improving the road safety. In this research, overview, cost and benefit of the audit, and requirement of auditors are studied in order to introduce it into our country through investigation of them in the Australia.

### [研究目的及び経緯]

近年、事故データに基づく科学的な交通事故分析に基づいた交通安全対策の立案・実施が成果を挙げつつある。しかし交通事故の発生要因の分析は事故発生要因が単一でなく複数の要因が関与していること、また個々の事故が固有の事故発生要因を有していることから、その詳細な分析は必ずしも容易ではない。ここで、交通安全向上のアプローチとして、英国、豪州、ニュージーランドを始めとする諸外国では、道路安全監査(Road Safety Audit)が制度化、実施されており、効果を挙げているといわれている。道路安全監査は、主に新規道路の設計段階において、交通安全に精通している第三者が設計案をチェックし、改善すべき点があれば改善意見を出す制度であり、よりよい設計案を実現する目的で導入されている。本研究では海外動向の調査等を通じて、道路安全監査をわが国に導入する際の方法論の整理を行うものである。平成 13 年度は、海外事例を調査し、新規道路における安全監査の進め方を整理し、平成 14 年度は既存道路に対する安全監査の進め方を整理した。また、安全監査実施に際し実務上必要となる事項、具体的には安全監査の効果や要するコスト、監査者の選定方法について調査した。

### [研究内容]

#### (1) 既存道路における安全監査の進め方

既存道路においても安全監査を実施している豪州の動向を調査した。豪州では新規道路について、道路事業の構想段階、予備設計段階、詳細設計段階、そして供用開始直前段階の 4 段階で安全監査を実施することが規定されている。一方、供用開始後の適当な時期に、再度安全監査を実施することが可能とされており、この進め方は既存道路における安全監査としてまとめられている。

既存道路で安全監査を行う目的は、事故の危険性が高い箇所や要因を特定し、事故発生前に効果的な対策を行

うこととされている。より具体的には、

- ①道路や沿道の利用条件の変化に対応する
- ②交通管理施設整備の妥当性を確認する
- ③植栽の生育や施設の老朽化など、道路諸施設の変化に対応する
- ④実施手法の変化をふまえた対策を行うことを目的としている。

既存道路における安全監査は、新規道路と比較し、下記の特徴を持つ。

- ①過去の事故発生状況や対策に関する知見を把握することにより、より効果的な対策を検討できる
- ②過去の事故発生地点を重点的な監査箇所として選定し、監査を行うことができるため、問題の焦点が絞り込み、効率的である  
一方、留意点としては下記の点が挙げられる。
- ①問題箇所への対応の際、道路構造を変更する必要があるため、費用対効果も考慮して監査を行う必要性が高い
- ②事故発生状況を検討するだけでなく、事故以外の潜在的な危険に対する注意をそらすことのないよう、注意を払う必要がある(ただし、一般に事故が未発生の箇所へ対策を行うより、事故が発生している箇所に対策を行う方がより大きな経済的効果を得られることにも留意する必要がある)
- ③特定される問題の多くが維持管理上の問題であり、安全監査によるよりも、適切な維持管理計画によって取り組む必要がある

なお、進め方は図-1 に示すフローの通りであるが、このフロー自体は新規道路に対するものと同様であるものの、必要に応じて適切な修正を行うことが必要とされている。また、対象とする道路も、新規道路と同様に詳細な安全性を評価する方法とともに、道路網全体を対象として、比較的

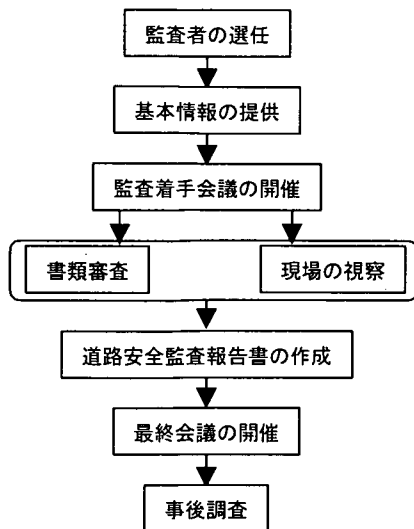


図-1 安全監査のフロー

一般的な安全事項を明らかにする方法も示されている。

## (2) 安全監査の便益および費用

豪州における安全監査の費用と便益を調査した。費用は、規模により変動するが、1,000～10,000 豪ドル(7 万～70 万円)程度であり、設計費用の約 4%以下、総工費の約 0.2%以下とされる額である。

一方、便益に関し、豪州では AUSTROADS(豪州およびニュージーランドの道路管理者、交通管理者の共同組織)が道路安全監査の費用および便益を調査している。これによると、新規道路での安全監査に関する費用および便益は、以下の状況となっている。

- ①評価対象となった監査(9 事例)では、改善意見への対応を実施した場合の費用便益比(以下 B/C とする)は 3.0～242 の範囲であった
- ②改善意見への対応を実施した場合、90%の事例で費用便益比(以下 B/C とする)が 1.0 を上回り、75%の事例で B/C が 10 を上回る結果となった。
- ③全事例の 65%は、改善意見を受けて設計変更を行うための費用が 1,000 豪ドル未満にとどまった

また、既存道路での安全監査においては以下の状況となっている。

- ①評価対象となったいくつかの監査事例では、改善意見への対応を実施した場合の B/C は 2.4～84 の範囲であった
- ②改善意見への対応を実施した場合、78%の事例で B/C が 1.0 を上回り、47%の事例で B/C が 5.0 を上回る結果となった

以上のように、新規道路、既存道路とも、安全監査による B/C が高いと評価されている。

## (3) 監査者の選定方法

豪州では、監査者選定に関するチェックリストが用意さ

れている。ここでは、監査者に求められる要件として、

- ①道路管理者から独立し、客観的な判断ができ、かつ設計者との意思疎通を確立、維持できる
- ②監査に関する実務経験ないし訓練参加経験がある
- ③交通安全、交通工学、交通管理、道路設計、事故調査に関する知識・技能を持つ
- ④仕事に対する適性を持つ(潜在的危険を予測できる)が示されている。

さらに、チームリーダーは、上級道路安全監査員(Senior Road Safety Auditor)である必要がある。上級道路安全監査員は、下記の基準を満たすものとされている。

- ①最低 2 日間以上の公式に認められた監査訓練課程を修了している
- ②関連する道路設計、道路工事、あるいは交通工学の分野で最低 5 年の経験を有している(複雑な計画を監査するチームリーダーはさらに多くの経験を必要とする)
- ③最低 5 件の公式な道路安全監査を実施した経験がある(うち 3 件以上は計画段階における監査でなければならない)
- ④年間に少なくとも 1 件以上の監査を実施し、最新の専門技術を維持している

以上のように、監査者について詳細な要件が規定されている。我が国でも安全監査を導入する上では、以上のような海外での監査者に対する要件、研修等の方法を踏まえて、我が国の諸制度、制約の中で方法を検討していくことが必要となる。

なお、様々な視点からの監査を行うため、監査チームは少なくとも 2 名で構成されることが規定され、監査任務の規模に応じて人数を適宜増やすものとされている。ただし、4 人をこえる場合は、管理が困難となるおそれがあることも指摘されている。

## 【研究成果】

平成 14 年度の研究により、以下の成果を得た。

- ①既存道路における安全監査の進め方について調査し、費用対効果を考慮して監査を行うべきである、などの留意点をまとめた。
- ②安全監査の費用便益比を調査し、豪州においては B/C が多くの場合 1.0 を上回っていることを示した。
- ③安全監査の監査者選定方法や、監査者の要件について整理した。

## 【成果の活用】

本成果を活用し、我が国に道路安全監査制度を導入するための具体的な問題点や手続き等について引き続き検討を行う。

# 高齢運転者の特性を踏まえた 交差点等の構造・設計に関する試験調査

Research on design method of an intersection  
based on the characteristics of elderly drivers

(研究期間 平成 13～15 年度)

道路研究部 道路空間高度化研究室

Road Department Advanced Road Design and Safety Division

室長 森 望

Head Nozomu Mori

主任研究官 高宮 進

Senior Researcher Susumu Takamiya

With the progress of elderly society in Japan, the number of elderly drivers will increase in the future. An elderly driver has various characteristics for driving. For example, it is difficult for him/her to drive adequately at intersections and at curve sections. In this study, these characteristics of elderly drivers are analyzed and road safety measures for them are examined.

## 【研究目的及び経緯】

高齢社会の進展に伴い、運転免許を保有する高齢者が増加している。また少子化や核家族化の進行に伴い高齢者のみの世帯が増加しており、生活の足を自らが運転する自動車に頼る高齢者も増えている。このため、今後とも高齢ドライバーが増加していくことが予想される。

高齢ドライバーは、交差点での右折や加速車線を使った合流など、短時間に幾つかの認知・判断・行動を繰り返す作業を苦手とするといわれており、このような交通場面における高齢者自身の問題や、道路・交通環境側での改善点を把握しておくことが重要である。

本研究ではこのような点に鑑み、高齢ドライバーの特徴を考慮しながら、交差点等における交通安全対策を検討し、交通事故の防止や快適な道路交通環境の実現に向けた考察を行う。

## 【研究内容】

14 年度は、13 年度に実施した「高齢運転者によるヒヤリ地図づくり」でヒヤリ地点として指摘された箇所等の中から、高齢者の特徴に起因してヒヤリ事象が生じたと考えられる箇所（交差点）を抽出し、交差点内の視認可能範囲、自動車の走行速度、高齢運転者の交差道路確認状況などを実地調査した。

### 1. 詳細調査箇所の抽出

13 年度に実施した「高齢運転者によるヒヤリ地図づくり」では、つくば市内で 389 件のヒヤリ事象の指摘があり、複数名が指摘した地点もあることからヒヤリ事象地点数は 321 地点となった。これに対して非高齢運転者を対象に実施した「ヒヤリ地図づくり」では、

つくば市内で 248 件のヒヤリ事象の指摘と、178 地点のヒヤリ事象地点数を得た。ここでは両者を比較しつつ、次の過程を通じて詳細調査箇所を抽出した。

### (1) 現地踏査によるヒヤリ事象の確認

ヒヤリ事象地点の中から、道路構造や交通状況に起因してヒヤリ事象が発生していると考えられる地点について現地踏査を実施した。現地踏査結果を踏まえ、ここでは①ヒヤリ事象内容の確認、②道路構造・交通状況等の把握、③道路構造等とヒヤリ事象との関連性の整理などを行った。

### (2) ヒヤリ事象に至るバリエーションツリーの作成

上記現地踏査地点の中から、①高齢者の運転特性がヒヤリ事象に関係している可能性がある、②視認性と自動車走行速度など複合的な要因でヒヤリ事象が発生している、③道路利用者に混乱をきたす可能性があるなどの地点を抽出し、ヒヤリ事象に至るバリエーションツリーを作成した。バリエーションツリーは、交通事故に関わる 3 要素（人・道・車）の観点から事故等に至る過程を時系列順に表現するものであり、ここでは、当事者、道路・交通環境、当事者が乗る車両のそれぞれとヒヤリ事象との関連がわかるよう整理した。

### (3) 詳細調査箇所の抽出・選定

バリエーションツリーを作成したヒヤリ事象地点の中から、特に高齢者の特徴に起因してヒヤリ事象が生じたと考えられる地点（交差点）を抽出し、詳細調査箇所を選定した。

### 2. 詳細調査の項目と内容

写真-1 は、選定した詳細調査箇所の一例である。この交差点は無信号交差点であり、従道路側に一時停止

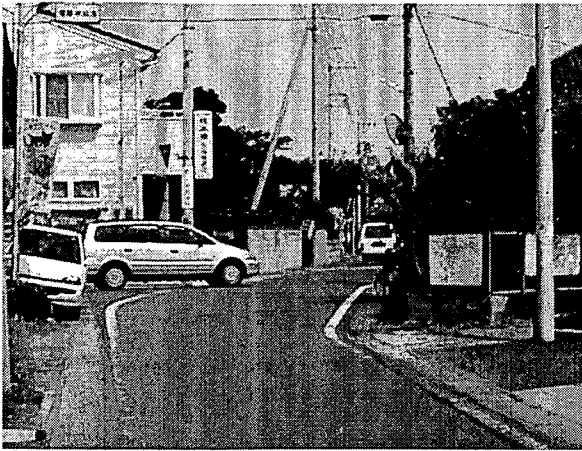


写真-1 詳細調査箇所の状況

表-1 詳細調査項目

詳細調査項目	
1	停止線位置からの視認範囲 (例: 図-1)
2	交差点進入直前位置からの視認範囲 (例: 図-2)
3	主道路直視可能位置での従道路側車両の車頭位置
4	主道路通行車両の走行速度
5	主道路通行車両が、1、2 の視認範囲に入ったところから交差点中央までの到達時間
6	高齢運転者の主道路確認状況
7	主道路直視可能位置までの高齢運転者の運転挙動

規制がある (写真では左側からの道路が従道路)。ここでは、高齢者から多くのヒヤリ指摘を得ている。この交差点において、表-1 に示す詳細調査を実施した。

### 3. 調査結果と考察

図-1、図-2 は、それぞれ従道路側の停止線位置、交差点進入直前位置からの視認範囲である (図の上側の道路が写真-1 の左側の道路にあたる)。

図-1 のように、停止線位置からでは交差道路を見渡せる範囲は少ない。このためドライバーは図-2 の位置まで前進して再度交差道路を確認する必要がある。ただしこの場合でも、沿道建物があり、当該車両からみて左側の視認範囲は制約を受けている (交差道路の車両速度は平均で 29km/h であり、これは図-2 の条件で車両がないことを確認したとしても、2.7 秒後には交差道路の車両が交差点中央に達することを意味する)。そのためドライバーは、確認を続けながら、交差道路を直視可能な位置まで、徐々に交差点内に進行する必要がある。

例えば高齢運転者の場合、様々な確認を続けながらこのように徐々に交差点内に進行することが苦手であることが考えられる。またその際にアクセルを強く踏んで予想以上に進行してしまうことも考えられる。運転挙動を観察したところ、必ずしもこのような状況は

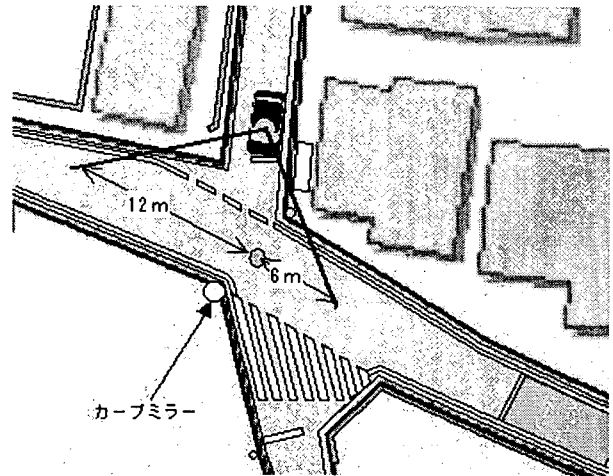


図-1 停止線位置からの視認範囲

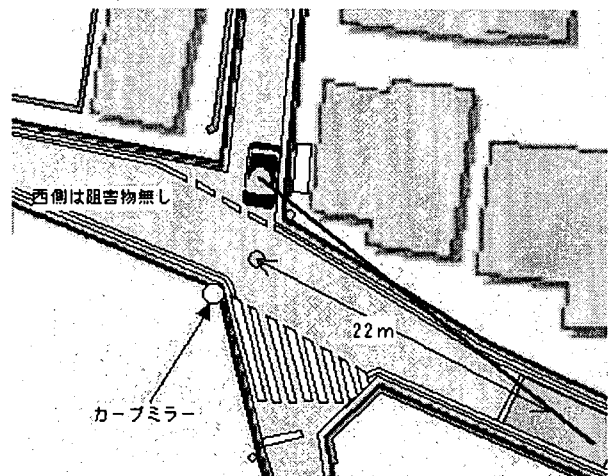


図-2 交差点進入直前位置からの視認範囲

みられなかったが、高齢者の不十分な確認状況や運動能力の低下に起因して、このような場面がヒヤリ事象を生じさせているものと思われる。

#### 【研究成果】

14 年度の調査研究より、次の各点を得た。

- ① 各種のヒヤリ地点に対して、現地踏査、バリエーションツリーの作成等を行うことにより、ヒヤリ事象の発生に至る経過を考察できた。
- ② ヒヤリ事象発生箇所に対して詳細調査を実施し、高齢者の不十分な確認状況や運動能力の低下などによる、高齢者独特の運転挙動がヒヤリ事象を招いている可能性を推察した。

#### 【成果の活用】

14 年度は、ヒヤリ地点の中から高齢者の特徴に起因してヒヤリ事象が生じたと考えられる箇所を抽出し、詳細調査を実施した。今後も、同様に高齢者の特徴に起因するヒヤリ事象について抽出と詳細調査を重ね、要因や対策を導いていく。また最終的には、これら知見を集約し、「事故対策事例集」としてとりまとめる。

# 冬期路面管理水準策定に関する試験調査

Research on the Winter Road Management Standards

(研究期間 平成 13~14 年度)

総合技術政策研究センター・建設経済研究室  
Research Center for Land and Construction Management,  
Socio-Economic Research Division

室長 岩田 司  
Head Tsukasa IWATA  
主任研究官 木村 恭一  
Senior Researcher Kyoichi KIMURA

道路研究部・道路空間高度化研究室  
Road Department, Advanced Road Design and Safety Division

室長 森 望  
Head Nozomu MORI

In this research, in order to establish a winter road management standard, indices for effective winter road management and there levels were studied.

## 【研究目的及び経緯】

冬期の道路管理は、スパイクタイヤ禁止以降、路面凍結対策などを中心に事業費の高騰を招いている。一方、利用者ニーズは多様化し、より安全で快適な冬期の道路空間の確保が強く望まれている。今般の財政事情を考慮すると、冬期道路管理における管理水準（雪寒事業で目標とする道路の状態：路面積雪深、幅員等）を明確化し、より重点的、効率的な事業の執行を図る必要がある。

当研究は、雪寒事業におけるより効率的な執行とアカウントビリティの向上を目指し、冬期道路管理（除雪）に係る管理水準と事業効果計測手法について検討を行ったものである。

## 【研究内容】

除雪事業の効果は、走行時間短縮、交通事故減少、走行快適性の向上等多岐に渡る。その効果、コストは、管理水準の変化により可変的に変化する。当研究においては、昨年度成果により判明した、旅行速度をアウトカム指標、路面積雪深等をアウトプット指標とした管理水準に基づき、除雪の効果計測方法として、走行時間短縮便益の検討を実施したものである。

### 1. 除雪の効果の考え方（便益評価モデル）

単位距離区間における冬期の道路管理水準（路面積雪深のみ着目）と実際の路面積雪深、除雪作業、旅行時間、時間的損失の関係は、図-1 のよ

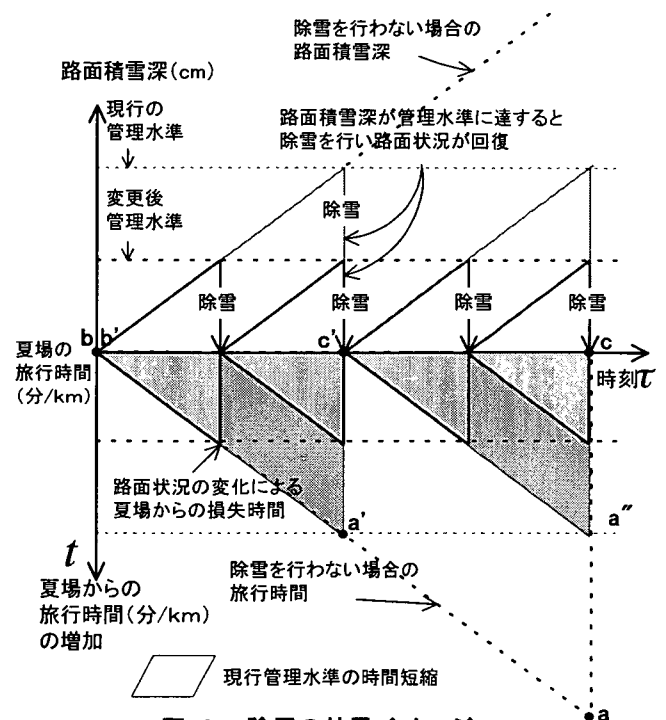


図-1 除雪の効果イメージ

うに整理される。図-1 上部は、管理水準と降雪、路面積雪深、除雪作業の関係を示している。降雪があると、時間経過とともに路面積雪深は増加し、除雪を行うと、路面積雪は降雪のなかった状況まで回復するが、降雪が継続すると路面積雪深は再び増加する。除雪コストは、このときの路面積雪深と管理水準から決まる。図-1 の場合、除雪回数は、現行管理水準で2回、管理水準を向上させ

ると4回となり、除雪の単価を乗じることで除雪コストが算出される。図-1 上部の路面積雪深に対応した夏期からの旅行時間の変化(分/km 台)

(時間的損失)は、図-1 下部のように示される。旅行時間は路面積雪深の増加に伴い増加し、時間的損失が発生する。除雪を実施しない場合の時刻c までの時間的損失は▽abc で、現行管理水準で除雪を実施すると時間的損失は▼a'b'c'で示される。除雪を実施する場合、しない場合より□c'a'aa'分時間的損失は小さく、その差分が除雪の効果と考えられる。管理水準向上により、時間的損失は小さくなり、除雪を実施しない場合との損失の差は大きくなる。その結果、除雪の効果は増加する。以上の考えに基づき、交通量を考慮した除雪の効果は(1)式のように定式化できる。

$$B = \sum_{\tau} q_{\tau} \cdot (t_{\tau}^{without} - t_{\tau}^{with}) \cdot \omega \quad (1)$$

B : 除雪による便益(円)

$q_{\tau}$  : 時刻  $\tau$  の対象区間交通量(台)

$t_{\tau}^{without}$  : 除雪を行わない場合の時刻  $\tau$  における

対象区間区間の所要時間(分)

$t_{\tau}^{with}$  : 除雪を行う場合の時刻  $\tau$  における

対象区間区間の所要時間(分)

$\omega$  : 1台あたり時間価値(円/分・台)

ここで、冬期のある道路区間における所要時間  $t$  (分)の推計は、路面積雪深・冬期車道幅員を説明変数としたモデル式(リンクパフォーマンス関数(BPR 関数))を使用する。

## 2. 除雪の効果の試算

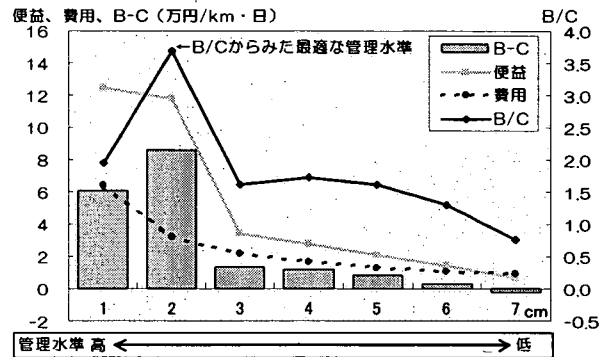
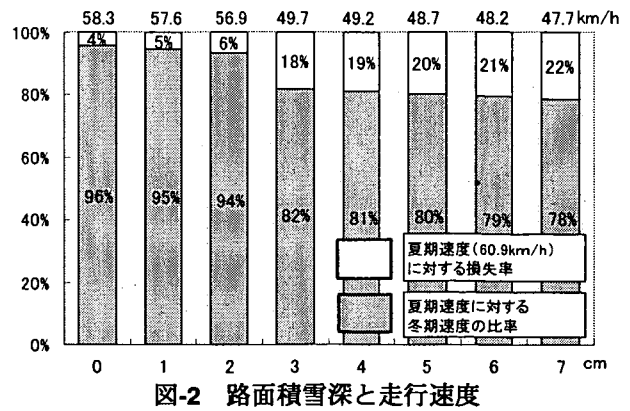
一般国道17号(北陸地方整備局)の道路を対象として、上記モデルを用いた除雪効果の試算を行う。

### (1) 路面積雪深と冬期旅行速度

路面積雪深と冬期旅行速度の推計にあたっては、昨年度実施した北陸地方整備局における路面状況データと交通観測データを使用した管理水準の検討を使用し、検討結果(夏期と冬期の旅行速度の関係)を図-2に示す。

### (2) 除雪水準別便益の試算

(1)で推定したBPR関数を用いた除雪便益の試算結果を図-3に示す。なお、試算にあたっては、1日あたり単位距離(km)あたりの便益を管理水準別(1~7cm)に計測している。試算に使用した変数について、交通量は実績データに基づき設定



を行った。降雪条件は、日降雪量20cmとし、路面積雪深への換算率40%、日最大路面積雪深8cmと仮想的な状況を想定した。便益に用いる時間価値(円/分)は、道路投資の評価に関する指針(案)に基づき設定を行った。試算結果としては、

- ・除雪実施に伴う走行時間短縮便益は、現行管理水準5cmとした場合、B/cが1.5となり、現行管理水準において事業効果は十分得られる。
- ・仮にB/c及びB-Cを最大化する場合、管理水準を2cmに引き上げると、その効果は最大となる。

### 【研究成果】

- ①アウトカム指標として走行速度、アウトプット指標として路面積雪深、冬期車道幅員とした管理水準を提案した。
- ②路面積雪深の増加による旅行速度の低下と時間的損失に着目した走行時間短縮便益の計測手法を提案した。

### 【成果の発表】

木村、森：冬期道路に係る便益評価について、土木学会、東北支部技術研究発表会2002

### 【成果の活用】

- ・冬期道路管理マニュアルへの反映

# 危機管理技術研究センター地震防災研究室

Research Center for Disaster Risk Management Earthquake Disaster Prevention Division

## 道路施設の防災事業の優先度評価手法に関する試験調査

Study on Prioritization of Road Components for Disaster Prevention Countermeasures

(研究期間 平成14～17年度)

研究官 中尾 吉宏  
Researcher Yoshihiro Nakao

Loss of certain road components will have a greater impact on the system performance (e.g., post-earthquake traffic flow) than will other components. The present study develops a measurement for prioritizing road components for disaster prevention countermeasures based on their importance and vulnerability.

### 〔研究目的及び経緯〕

兵庫県南部地震以降、防災総点検結果に基づいて要対策箇所に対する防災対策が進められており、一定の進捗が見られるが、依然として要対策箇所は残されている。また、公共事業の効果を分かりやすいアウトカム指標で説明することが求められており、防災対策事業についても、厳選された要対策箇所に対して合理的な基準で対策事業に優先順位付けすることにより、明快なアウトカム指標の効率的な向上を図ることが必要とされる。そこで、本研究では、地震災害及び斜面災害の発生可能性や、個々の道路施設の防災上の重要度を考慮し、防災ニーズに関する地域特性も踏まえて防災対策事業の優先度を合理的に評価する手法を開発することを目的としている。

14年度は、地震防災関係者を対象としたアンケート調査結果を基本としながら、震災対策事業の優先度評価に関わる国内外の文献調査結果も参考にして、道路施設の震災対策の優先度評価にあたって考慮すべき評価項目を抽出するとともに、これらの評価項目の定量的な評価法、評価精度に関する課題、及び実用への課題等について検討し、整理した。

### 〔研究内容〕

本研究では、地震防災の専門家を対象としたアンケート調査を実施し、対策事業の優先度評価にあたって考慮すべき評価項目をKJ法により抽出・整理した。KJ法は、ブレン・ストーミングなどで出されたアイデアや意見、または各種の調査の現場から収集された雑多な情報を1枚ずつ小さなカードに書き込み、それらのカードの中から類似のもの同士を2、3枚ずつ

集めてグループ化していき、それらを小グループから中グループ、大グループへと組み立てて図解するものであり、アンケート調査結果が系統的に整理される。ここでは、このようなKJ法による評価項目の抽出・整理に加え、最近の優先度評価に関する国内外の研究成果も参考にして、表-1に示す評価項目を、防災対策の事業優先度の評価に考慮する項目として抽出した。同表に示される評価項目には、例えば、被害想定や構造的な脆弱性など、内容が重複するものもあるが、ここでは、優先度評価に当たって考慮する対象となり得る評価項目を広く抽出したものである。本研究では、防災対策事業の実務に用いることができる実用的な優先度評価手法を開発することを目的としているため、評価項目の具体的な評価方法や実際の評価にあたって必要となる情報源について整理するとともに、評価精度に関する課題についても取りまとめた。今年度の成果例として、抽出・整理された評価項目、評価項目を評価する際に着目する評価指標、評価に当たって必要となる情報源を表-1に示す。今後、実務的な優先度評価に考慮する評価項目を表-1より絞り込み、防災対策の優先度評価手法の開発に結びつける。

### 〔成果の発表〕

①大谷、日下部、村越：既設道路橋の耐震補強優先度に対するAHPの適用性の検討、既設構造物の耐震補強に関するシンポジウム、2003

### 〔成果の活用〕

本研究により開発される道路施設の防災対策の優先度評価手法は、道路震災対策便覧の補足マニュアルとして取りまとめる予定であり、道路の防災対策の立案、

評価及び合理化に活用されることが期待される。

表-1. 優先度評価に考慮する評価項目

評価項目	評価の視点	評価指標	情報源
<b>社会的価値評価</b>			
<b>道路利用</b>			
走行時間短縮	道路利用からみたネットワークとしての	走行時間短縮便益	交通需要推計結果、時間価値率単位
走行費用短縮	ネットワークとしての	走行費用短縮便益	交通需要推計結果、走行費用率単位
交通事故減少	の危険の社会的価値	交通事故減少便益	交通需要推計結果、道路交通センサデータ
走行快適性の向上	の評価	評価が困難であり手法が確立されていない	---
歩行の安全性・快適性の向上			
<b>環境</b>			
大気汚染	環境からみたネットワークとしての評価	環境改善便益	道路交通センサデータ、基礎評価結果単位
騒音	環境からみたネットワークとしての評価	環境改善便益	道路交通センサデータ、基礎評価結果単位
景観	環境からみたネットワークとしての評価	評価が困難であり手法が確立されていない	---
生態系	の社会的価値の評価		
地球環境		環境改善便益	道路交通センサデータ、基礎評価結果単位
<b>住民生活</b>			
道路空間の利活用			
災害時の代用道路	住民生活からみたネットワークとしての		
生活圏の拡大	の危険の社会的価値		
公共サービスの向上	の評価		
人口の安定			
<b>地域振興・創出</b>			
道路事業による創出			
新規立地に伴う生産増大	地域振興、創出からみたネットワークとしての		
雇用・所得増大	評価		
税・手数料等の低下	の社会的価値の評価		
投資価値の向上			
財政の安定			
<b>都市計画</b>			
<b>都市計画</b>			
取得原価による評価	建設の原価としての	取得原価による評価	工事設計書
再調達原価(デフレートを利用)	評価(取得原価が高い場合は優先順位が高い)	再調達原価(デフレートを利用)	工事設計書、建設デフレート
再調達原価(単価値上げ)		再調達原価(単価値上げ)	工事設計書、単価
項目費用	建設が被災した場合は項目費用の評価	項目費用	建設の設計内容、単価
<b>防災</b>			
出火点数	火災被害に関する脆弱性の評価(火災危険度が高い地域への優先を優先)	出火点数	被害想定結果(ハザードマップ)
損失総額		損失総額	被害想定結果(ハザードマップ)
<b>建物被害</b>			
不燃建築物全壊数	建物被害に関する脆弱性の評価(火災危険度が高い地域への優先を優先)	不燃建築物全壊数	被害想定結果(ハザードマップ)
半不燃建築物全壊数		半不燃建築物全壊数	被害想定結果(ハザードマップ)
木造建築物全壊数		木造建築物全壊数	被害想定結果(ハザードマップ)
半不燃建築物全壊数		半不燃建築物全壊数	被害想定結果(ハザードマップ)
<b>交通被害</b>			
道路被害箇所数	交通被害に関する脆弱性の評価(火災危険度が高い地域への優先を優先)	道路被害箇所数	被害想定結果(ハザードマップ)
道路被害箇所数		道路被害箇所数	被害想定結果(ハザードマップ)
道路被害箇所数		道路被害箇所数	被害想定結果(ハザードマップ)
道路被害箇所数		道路被害箇所数	被害想定結果(ハザードマップ)
<b>上水道被害</b>			
上水道被害箇所数	上水道被害に関する脆弱性の評価(上水道被害が多い地域への優先を優先)	被害箇所数	被害想定結果(ハザードマップ)
上水道供給支障人口		上水道供給支障人口	被害想定結果(ハザードマップ)
<b>人的被害</b>			
不燃建築物死者数	建物被害に関する脆弱性の評価(火災危険度が高い地域への優先を優先)	不燃建築物死者数	被害想定結果(ハザードマップ)
半不燃建築物死者数		半不燃建築物死者数	被害想定結果(ハザードマップ)
木造建築物死者数		木造建築物死者数	被害想定結果(ハザードマップ)
火災死者数	人的被害に関する脆弱性の評価(人的被害が多い地域への優先を優先)	火災死者数	被害想定結果(ハザードマップ)
火災死者数		火災死者数	被害想定結果(ハザードマップ)
火災死者数		火災死者数	被害想定結果(ハザードマップ)
火災死者数		火災死者数	被害想定結果(ハザードマップ)
火災死者数		火災死者数	被害想定結果(ハザードマップ)
<b>地震のゆれ</b>			
地震のゆれ	地震のゆれに関する脆弱性の評価(地震のゆれが多い地域への優先を優先)	地震動特性値(地震最大震度など)	被害想定結果(ハザードマップ)
地震のゆれ		地震動特性値(地震最大震度など)	被害想定結果(ハザードマップ)
<b>復興対策</b>			
建物被害額	復興に関する脆弱性の評価(建物被害が多い地域への優先を優先)	建物被害額	被害想定結果(ハザードマップ)
建物がれきり量		建物がれきり量	被害想定結果(ハザードマップ)
復旧期間	復旧期間の短い優先を優先	復旧期間	被害想定結果(ハザードマップ)
<b>ネットワークとしての耐震性</b>			
<b>第1次緊急輸送道路</b>			
現行所在地との連絡道路	第1次緊急輸送道路としての耐震性の評価	現行所在地との連絡道路	緊急輸送道路ネットワーク図
地方中心都市との連絡道路		地方中心都市との連絡道路	地方中心都市との連絡道路
主要河川との連絡する道路		主要河川との連絡する道路	緊急輸送道路ネットワーク図
主要交差点との連絡する道路		主要交差点との連絡する道路	緊急輸送道路ネットワーク図
<b>第2次緊急輸送道路</b>			
第1次緊急輸送道路と市町村役場との連絡道路	第2次緊急輸送道路としての耐震性の評価	第1次緊急輸送道路と市町村役場との連絡道路	緊急輸送道路ネットワーク図
第1次緊急輸送道路と主要防災拠点		第1次緊急輸送道路と主要防災拠点	緊急輸送道路ネットワーク図
<b>多量化・代替性</b>			
迂回経路の有無	ネットワークとしての多量化・代替性の評価	迂回経路の有無	道路防災点検(地震調査)データ
他の交通機関の有無		他の交通機関の有無	交通機関の路線図
D1D2地区の2車線以下		D1D2地区の2車線以下	道路台帳
長大橋		長大橋	管内図
大規模トンネル		大規模トンネル	管内図
道路交差点の近傍の橋梁		道路交差点の近傍の橋梁	管内図
路線の方向・現状・放射状		路線の方向・現状・放射状	管内図
河川横断数		河川横断数	管内図
主要河川の横断		主要河川の横断	管内図
他県との接続		他県との接続	管内図
主要幹線		主要幹線	管内図

表-2. 優先度評価に考慮する評価項目

評価項目	評価の視点	評価指標	情報源
<b>道路・区域の重要性(道路利用者の利便性・安全性向上)</b>			
<b>平常時の利用</b>			
交通容量	交通容量の大きい道路の割合	道路幅員	道路防災点検(地震調査)データ
交通状況	道路の交通を確保	全道別交通量	道路交通センサデータ
	大型車の交通を確保	大型車交通量	道路交通センサデータ
	歩行者がよく利用する交通を確保	通行歩行者数	道路交通センサデータ
	公共交通の交通を確保	公共交通利用乗合い	道路交通センサデータ
<b>地震時の耐震性能</b>			
沿道状況	D1D2地区、商業地区など、被災者の発生が高いと予測される場所への交通を確保	地域区分	用途区分図
	火災発生危険度が高い場所への交通を確保	火災発生危険度	火災発生危険度分布図(ハザードマップ)
防災上の路線区分(緊急輸送道路)	緊急輸送道路や防災輸送路との交通の確保	防災上の路線区分	緊急輸送道路ネットワーク図
代替性	代替性が無い交通路や、あっても両方がかかる場合を優先	迂回経路の有無	道路防災点検(地震調査)データ
<b>二次災害波及性</b>			
橋下倒壊	橋下の倒壊の被害範囲	橋下との橋下交通条件	道路防災点検(地震調査)データ
架設物件	架設物件への被害範囲	架設物件の有無	道路防災点検(地震調査)データ
<b>復旧の容易性</b>			
良好な耐震性	良好な耐震性の確保	震源に離れた優先	
歴史的要害	歴史的要害の保全	建設年次が昭和初期以前の優先	道路防災点検(地震調査)データ
<b>経済的・社会的利益(創造物としての耐震性の向上)</b>			
運用効率	運用道路ネットワークによる耐震性の評価	運用道路ネットワーク運用年度	道路防災点検(地震調査)データ
上り構造	桁形式による耐震性の評価	桁形式	道路防災点検(地震調査)データ
平面剛性	平面剛性による耐震性の評価	平面剛性	道路防災点検(地震調査)データ
<b>下部構造</b>			
材料種類	材料種類による耐震性の評価	材料種類	道路防災点検(地震調査)データ
構造形式	構造形式による耐震性の評価	構造形式	道路防災点検(地震調査)データ
基礎形式	基礎形式による耐震性の評価	基礎形式	道路防災点検(地震調査)データ
落石防止構造	落石防止構造による耐震性の評価	落石防止構造	道路防災点検(地震調査)データ
実用価値	実用価値による耐震性の評価	実用価値	道路防災点検(地震調査)データ
地震条件			
地震種別	地震種別による耐震性の評価	地震種別(1層~4層)	道路防災点検(地震調査)データ
液状化の可能性	液状化危険度による耐震性の評価	液状化危険度	道路防災点検(地震調査)データ
<b>地震防災性(地震発生時の対応)</b>			
地震防災性	大規模地震の危険性	地震時の被害程度	震度分布図(ハザードマップ)
<b>災害復旧</b>			
活断層の有無	大規模地震を引き起こす可能性のある活断層の有無	確率度	活断層調査デジタルマップ
長期的な地震発生確率	地震発生確率が高い箇所を優先	地震発生確率	地震調査研究推進本部報告書
<b>補償効果(事業の採算性の向上)</b>			
新築補償工事の規模			
新築補償工事施工に伴う制約条件	新築補償工事施工に伴う制約条件の程度	補償工事時の周辺環境	道路防災点検(地震調査)データ
新築補償工事施工の特長	新築補償工事施工の特長(対称効果の確保)	新築補償作業の規模	工法別別
旧工事の耐震性			
旧工事施工に伴う制約条件	旧工事施工に伴う制約条件の程度	旧工事時の周辺環境	道路防災点検(地震調査)データ
旧工事施工の特長	旧工事施工の特長(対称効果の確保)	旧工事作業の規模	道路防災点検(地震調査)データ
ライフサイクルコスト			
耐震補償費用	耐震補償に関する費用が安い優先を優先	耐震補償費用	建築工事費
復旧費用	被災時の復旧費用の低い優先を優先	被災時の復旧費用(復旧)	道路防災点検(地震調査)データ
被災の維持管理計画	被災の維持管理計画	被災の維持管理計画	道路防災点検(地震調査)データ



# 危機管理技術研究センター地震防災研究室

Research Center for Disaster Risk Management Earthquake Disaster Prevention Division

## 地震ハザードマップの作成手法の開発に関する調査

Study on Probabilistic Seismic Hazard Analyses Based on Historical Earthquake Records, Active Faults and Inter-plate Earthquakes

(研究期間 平成 10～14 年度)

研究官 中尾 吉宏  
Researcher Yoshihiro Nakao

Probabilistic seismic hazard maps are applied to incorporate regional seismicity into seismic design for various civil infrastructures. In the present study a procedure for probabilistic seismic hazard analyses based on historical earthquake records, active faults and inter-plate earthquakes is developed.

### 〔研究目的及び経緯〕

我が国では、過去千数百年程度の地震記録が整理されており、それらの記録に基づいて作成された地震ハザードマップが、耐震設計基準における地域性を考慮した設計地震動の設定に活用されている。しかし、活断層に起因する地震の発生間隔が数百年から数千年以上であることを考慮すれば、十分に長い期間の地震記録が地震ハザードマップの作成に用いられてきたとは言えない。また、過去の地震記録を考慮した地震危険度解析では、様々なマグニチュードの地震がランダムな位置及び時間に発生することが想定されるが、活断層やプレート境界では、固有のマグニチュードの地震が固有の場所及び発生間隔で発生するとされている。

本研究は、このような過去の地震の記録期間に関する実状や、活断層及びプレート境界における地震の発生特性を踏まえ、過去の地震記録とともに、近年、蓄積されつつある活断層及びプレート境界地震の情報を考慮できる合理的なハザードマップ作成手法を開発することを目的としている。

14年度は、これまでに提案した地震ハザードマップ作成手法により、一定の期間において各地域に生じる震度を過去の特定の時点に遡って予測した結果と、気象庁により実際に観測されてきた震度の蓄積情報とを比較することにより、提案手法の予測精度について検証し、最終成果として取りまとめた。

### 〔研究内容〕

本研究では、これまでに、過去の地震記録、活断層及びプレート境界地震を同時に考慮できる地震ハザード

ドマップ作成手法を提案している。ここでは、提案手法に基づき、各地域において今後75年間に生じる震度を1926年1月1日時点に遡って予測し、1926年1月1日以降に気象庁により観測された震度の蓄積情報と比較することにより、提案手法の予測精度を検証した。

### 〔研究成果〕

#### 1. 地震ハザードマップ作成手法に基づく震度予測

提案手法により、気象庁で震度観測が行われている地点を対象として、1926年1月1日より75年間に生じる震度予測を行った。提案手法の詳細は〔成果の発表〕の①に譲るが、当該手法では、活断層及びプレート境界地震を考慮することにより、特定の位置で固有の発生履歴・マグニチュードで繰り返し発生する大規模地震が地震動予測に反映される。また、過去の地震記録を考慮した解析を行うことにより、発生位置を予め詳細に特定することが困難な地震の発生位置の概略や規模別の発生頻度が地震動予測に反映される。活断層及びプレート境界地震を考慮した解析では、1926年1月1日以前の最新の地震の発生時期が特定されているものについては、地震の発生確率が最新の発生時期からの経過時間に伴って増加することを考慮した解析を行い、それ以外のものについては、地震の発生がポアソン過程に従うものと仮定して解析を行った。また、過去の地震記録を考慮した解析では、地震の発生がポアソン過程に従うものと仮定した。地震危険度解析における地震動予測では、気象庁において震度観測が行われている図-1に示した地点を対象に、当該地点の地盤条件を考慮して既往の距離減衰式<sup>1)</sup>により最大加速

度を予測した上で、最大加速度と計測震度との関係式<sup>2)</sup>等を活用して、旧気象庁震度を予測した。予測対象として旧気象庁震度を選定したのは、地震動の記録として最も長期間にわたって整理されているためである。

## 2. 気象庁の震度情報との比較

図-1に示した地点において1926年1月1日より75年間に観測された震度情報に基づいて、当該期間中における震度と年平均超過確率の関係を算定した。次に、提案手法に基づく解析により得られた1926年1月1日より75年間に生じる震度と超過確率の関係に基づき、当該期間中における震度と年平均超過確率の関係を算定した。震度と年平均超過確率との関係の算定結果を図-2に示す。同図から、震度と年平均超過確率の関係は、稚内を除く地域では、提案手法に基づく解析と震度情報の両者で概ね同一の関係が得られており、提案手法による震度予測は、全国的に一定の精度が確保されていることが認められる。これに対し、稚内における震度と年平均超過確率の関係には、提案手法と震度情報に差異が認められる。これは、提案手法に基づく過去の地震記録を考慮した解析では、地震の発生特性が同一と見なせる地域に対してバックグラウンドゾーンを設定し、過去の地震記録を用いてゾーン内の平均的な地震の発生頻度等を評価して地震動を予測するが、実際にはゾーン内で地震の発生頻度が地域毎に変動しているために、提案手法に基づく解析結果と気象庁による震度情報に差異が生じたものと考えられる。北海道の周辺地域は、太平洋沿岸の地域を除き、地震記録が少なく局所的に発生した地震の記録に起因して地震発生頻度が地域的に大きく変動するため、このような差異が生じたものと考えられ、札幌市や浦河町でも同様の差異が認められた。提案手法では、同一のバックグラウンドゾーン内で地震の発生頻度が大きく変動する地域については、同様の予測精度の問題を抱えているが、全国的には一定の精度で地震動予測が可能となることが明らかとなった。

## 3. 全国を対象としたモデルマップの試算

予測精度を検証した地震ハザードマップ作成手法により、全国を対象として、2003年1月1日より75年間に生じる地震動の超過確率が10%となる計測震度を予測した結果を図-3に示す。同図では、全国の表層地盤がⅡ種地盤相当であると仮定している。活断層の分布密度が高い中部地方及び近畿地方では大きな計測震度が予測され、地震の発生確率が高い活断層やプレート境界地震の近傍では特に強い地震動が予測された。

### 【成果の発表】

①日下部他、過去の地震記録、活断層及びプレート境界地震を考慮した地震ハザードマップの作成手法、国

土技術政策総合研究所研究報告、2003、②中尾他：地震ハザードマップ作成手法の開発、土木技術資料、Vol.44、No.8、2002

### 【成果の活用】

本研究により開発された地震ハザードマップ作成手法は、耐震設計や防災計画における地域性の考慮に活用されることが期待される。

【参考文献】1) Takahashi T., et al.: A Spectral Attenuation Model..., Proc. 6th International Conference of Seismic Sonation, 2000, 2) 翠川他、計測震度と旧気象庁震度・・・、地域安全学会論文集、Vol.1、1999



図-1 気象庁による震度情報の収集地点

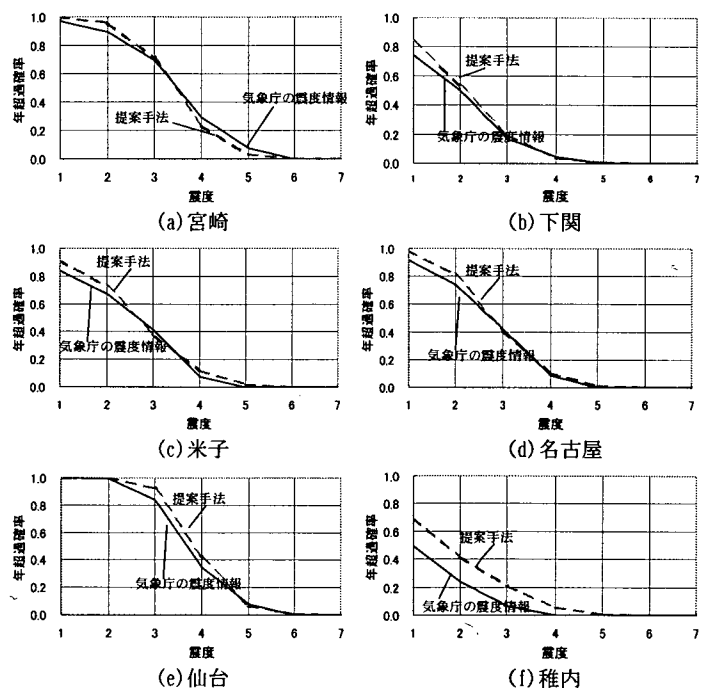


図-2 提案手法に基づく解析と震度情報の比較例

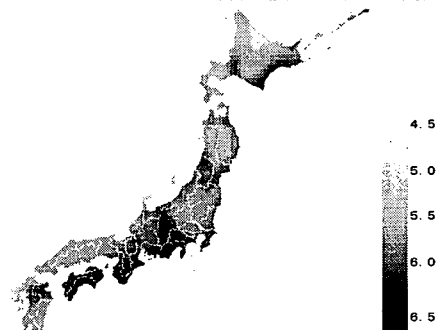


図-3 今後75年の超過確率が10%となる計測震度の試算

## マルチヒンジ構造物の設計地震動の設定手法に関する試験調査

### Study on Seismic Design Ground Motions for Highway Bridges with Multi Plastic Hinges

(研究期間 平成 13～14 年度)

研究官/ Researcher 中尾 吉宏/ Yoshihiro Nakao  
研究員/ Research Engineer 松本 俊輔/ Shunsuke Matsumoto

It is rational to allow predetermined allowable ductility for highway bridges against extremely strong ground motions. The present study explores the effects of ground motion characteristics on nonlinear behavior of highway bridges with multi plastic hinges in order to develop a procedure for setting up seismic design ground motions for ductile structures.

#### 〔研究目的及び経緯〕

兵庫県南部地震において生じたような非常に強い地震動に対しても、道路橋等の構造物の安全性を確保するためには、構造物の塑性化を考慮した耐震設計を行う必要がある。本研究は、免震支承を採用した橋など、複数箇所塑性化が生じる可能性のあるマルチヒンジ構造物の非線形応答に影響を及ぼす地震動特性を明らかにし、そのような地震動特性を考慮した設計地震動の設定手法を開発することにより、マルチヒンジ構造物の耐震設計の合理化に資することを目的とするものである。14年度は、プレート境界型地震及び内陸直下型地震による地震動の工学的特性を考慮して種々の模擬地震動を作成し、免震支承を有する橋脚を対象とした非線形動的解析を多数行うことにより、2つのタイプの地震による地震動の工学的特性がマルチヒンジ構造物の塑性化に及ぼす影響について明らかにするとともに、その結果に基づき、マルチヒンジ構造物を対象とした設計用の非線形加速度応答スペクトルを提案した。

#### 〔研究内容〕

本研究では、はじめに、地震動の振幅特性及び位相特性を種々変更し、プレート境界型地震及び内陸直下型地震による地震動の工学的特性を反映した模擬地震動を作成した。次に、免震橋を対象として模擬地震動を入力地震動とする非線形動的解析を行った。非線形動的解析の結果に基づき、プレート境界型地震及び内陸直下型地震の地震動特性がマルチヒンジ構造物の非線形応答に及ぼす影響について検討し、その結果に基づき、マルチヒンジ構造物を対象とした設計用の非線

形加速度応答スペクトルを提案した。

#### 1. 模擬地震動の作成

プレート境界型地震及び内陸直下型地震により得られた既往の強震記録の位相特性の統計的な性質に基づき、位相特性を変化させた地震動を種々作成した上で、振幅特性を振動数領域で調整し、道路橋示方書に規定されるタイプⅠ及びタイプⅡの地震動の標準加速度応答スペクトルに適合した模擬地震動を作成した。既往の強震記録の位相特性に関する解析結果<sup>1)</sup>によれば、地震動の長周期成分波の強度が大きくなる時刻 $t_1$ は、短周期成分波の強度が大きくなる時刻 $t_2$ に比べて遅延する。また、どの程度 $t_1$ が $t_2$ に比べて遅延するかは強震記録ごとにばらつきが認められる。模擬地震動の作成では、既往の強震記録の解析結果<sup>1)</sup>を参考に、時刻 $t_1$ が $t_2$ に比べて遅延する程度が大中小となる位相特性を持つ模擬地震動を作成した。13年度は、プレート境界型地震及び内陸直下型地震による地震動の位相特性として、1質点系の非線形応答に特に大きな影響を及ぼす位相特性を持つ模擬地震動を作成し、2質点系の非線形応答に及ぼす影響について予備的な検討を行った。これらの模擬地震動は、 $t_1$ が $t_2$ に比べて遅延する程度が小さいものであった。これに対し、14年度は、これらの模擬地震動が2質点系に対しても影響が大きいとは限らないことから、 $t_1$ が $t_2$ に比べて遅延する程度が大きいものと、中程度の模擬地震動を、地震のタイプごと及び地盤種別ごとに作成した。模擬地震動の例として、プレート境界型地震のⅠ種地盤を対象に作成した模擬地震動を図-1に示す。

## 2. 非線形動的解析

免震橋は、支承及び橋脚を、それぞれ、上バネ及び下バネとする2質点系弾塑性型せん断バネモデルによってモデル化した。非線形動的解析では、橋脚の降伏耐力を変更した解析を繰り返し行うことにより、橋脚の応答塑性率 $\mu$ が $\mu=2$ 又は $4$ となる場合の上部工慣性力作用位置における非線形加速度応答スペクトルを算定した。2質点系の初期固有周期は、上バネの下バネに対する剛性比を $0.2$ 又は $0.4$ に固定したそれぞれのケースについて、上バネと下バネの剛性の組み合わせを変更することにより、1次モードの初期固有周期を種々変更した非線形動的解析を行った。橋脚の非線形履歴モデルとしては修正武田モデルを仮定し、免震支承についてはバイリニアモデルを仮定した。また、2質点系の減衰には、初期剛性比例型のレーリー減衰を用いることとし、2質点系の1次モードの減衰定数は $5\%$ とした。

### [研究成果]

#### 1. 2質点系に影響を及ぼす地震動特性

プレート境界型地震と内陸直下型地震の地震動の工学的特性を考慮して作成した模擬地震動を入力地震動として用い、非線形動的解析を行った結果を図-2に示す。同図は、解析結果例として、I種地盤の模擬地震動を用いた場合に算定された上部工慣性力作用位置における非線形加速度応答スペクトルを示したものである。図-2では、1質点系の非線形応答に最も大きな影響を及ぼす位相特性を持った模擬地震動の解析結果については太線で、それ以外の位相特性を持った模擬地震動の解析結果については細線で非線形加速度応答スペクトルを示している。同図から、太線で示された非線形加速度応答スペクトルはその他のスペクトルに比べて大きく、1質点系の非線形応答に最も大きな影響を及ぼす模擬地震動は、2質点系の非線形応答に対しても最も大きな影響を及ぼすことが認められる。

#### 2. 非線形加速度応答スペクトルの提案

2質点系に最も大きな影響を与える位相特性を持った模擬地震動を入力地震動とした場合の非線形動的解析結果に基づき、図-3に示す設計用の非線形加速度応答スペクトルを提案した。ここで、上バネの下バネに対する剛性比が $0.2$ と $0.4$ の場合については、解析結果に大きな差異が認められなかったことから、提案スペクトルは剛性比が $0.2$ の解析結果に基づいている。現行の道路橋示方書では、エネルギー一定則に基づき応答塑性率のみを考慮して設計用の非線形スペクトルを算定しているため、固有周期の長い構造物が塑性化した場合に特に地震力が低減する効果は考慮されない。

これに対し、提案スペクトルは、図-3でスペクトルがフラットな固有周期帯から認められるように、固有周期が長い構造物については、固有周期が短いものよりも設計用の非線形加速度応答スペクトルが小さく算定されており、免震支承を採用して長周期化を図った構造物が塑性化した場合の地震力の低減効果を反映した結果が得られている。

【成果の発表】 ①中尾ほか：等価減衰定数によるリダクションファクタースペクトル、第6回地震時保有耐力法に基づく橋梁等構造の耐震設計に関するシンポジウム、2003

【成果の活用】 提案した非線形加速度応答スペクトルは、免震橋脚が塑性化した場合に作用する地震力を精度良く与えるものであり、動的照査法で耐震性を照査する橋脚断面の設計を合理化・効率化することができる。また、提案スペクトルは、道路橋示方書に反映されることも期待される。

【参考文献】 1)中尾他：構造物の塑性化を考慮した設計地震動、土木技術資料、2001年

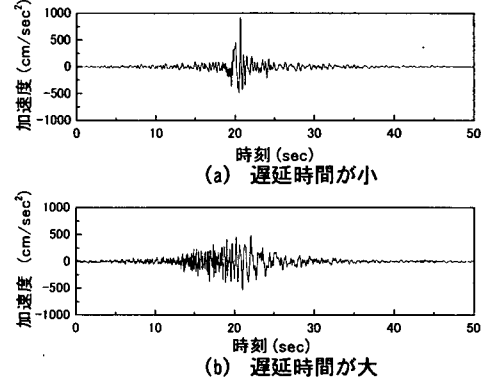


図-1 模擬地震動の例 (プレート境界型地震、I種地盤)

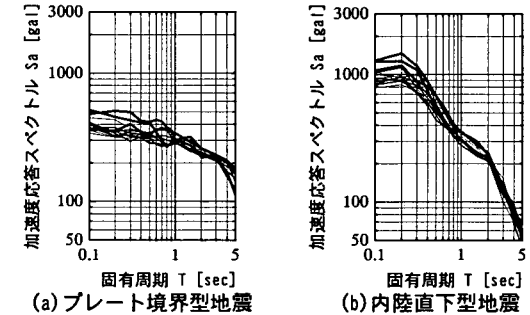


図-2 非線形加速度応答スペクトル (I種地盤、剛性比 $0.2$ )

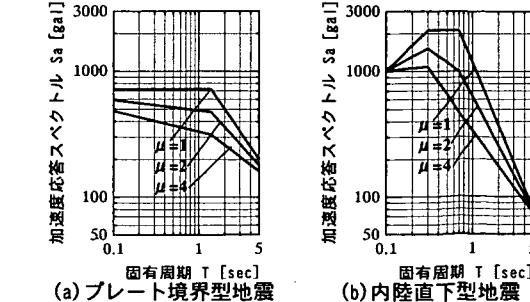


図-3 設計用の非線形加速度応答スペクトル (I種地盤の例)

# 大規模地震を想定した長大橋梁の耐震設計法の合理化に関する試験調査

Study on Seismic Design Method for Long-span Bridges against Major Earthquakes

(研究期間 平成 10～14 年度)

危機管理技術研究センター地震防災研究室  
Research Center for Disaster Risk Management  
Earthquake Disaster Prevention Division

主任研究官 片岡 正次郎  
Senior Researcher Shojiro KATAOKA  
研究員 松本俊輔  
Research Engineer Shunsuke MATSUMOTO

A stochastic Green's function method is developed and applied to the simulation. The near-field ground motions caused by the 1923 Kanto and the 2000 Tottori-ken Seibu earthquakes are simulated by the proposed method. The synthetic earthquake motions are in good agreement with the observed records and simulated waves obtained by different methods in earlier studies.

## 〔研究目的及び経緯〕

東京湾口、伊勢湾口等において超長大橋の建設が計画されているが、これらの地域は過去の大地震の震源近傍に位置し、極めて厳しい地震環境下にあるため、大規模地震を想定して設計地震動を設定する必要がある。一方、震源断層の破壊過程をモデル化して強震動を合成する、断層モデルを用いた地震動推定手法が提案されてきており、大規模地震の震源近傍で発生する強震動についてもその有効性が認識されつつある。本課題は、断層モデルを用いた地震動推定手法の実用性を高め、その推定地震動に基づく設計地震動の設定手法を提案することを目的としている。14年度は、提案している断層モデルを用いた地震動推定手法をさらに高度化するとともに、1923年関東地震及び2000年鳥取県西部地震の震源近傍における強震動のシミュレーションを行い、既往の研究や強震記録と比較することで、手法の妥当性を検証した。

## 〔研究内容〕

中小規模の地震による工学的基盤（S波速度700m/s相当）における地震動の推定式を新たに作成し、それらの推定式から作成した地震動を合成することにより、大規模地震の地震動を推定する手法を開発した。

本手法により、1923年関東地震（気象庁マグニチュード  $M_J = 7.9$ ）によって生じた地震動のシミュレーションを行った。

測地学的データと遠地の地震記録から逆解析で求められた断層モデルから、内陸地震について提案されている手順により矩形アスペリティ（特にすべり量の大きい領域）を抽出した。

図-1に1923年関東地震の断層モデルと抽出した矩形アスペリティを示す。この断層モデルを用いて本手法により1923年関東地震の地震動を推定し、距離減衰式及び既往の研究と比較した。

## 〔研究成果〕

図-1に示した範囲について、緯度・経度とも0.10°間隔に地震動の推定を行い、その最大速度と距離減衰式と比較したものが図-2である。ここでは等価震源距離を距離の指標とし、プレート間地震を対象とした距離減衰式と比較している。この図によると、震源距離が大きくなるにしたがって推定値は距離減衰式よりも小さくなる傾向があるが、震源近傍では推定値と距離減衰式はよく一致している。

既往の研究では、統計的グリーン関数法により図-1

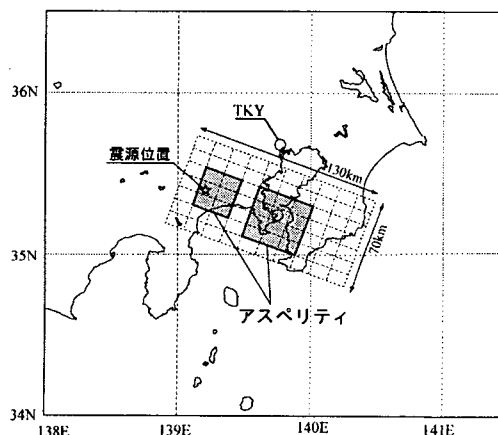


図-1 対象地震の断層面とTKYの位置

のTKY（東京気象官署: 35.687N, 139.758E）の工学的基盤における地震動が推定されており、最大加速度  $242[\text{cm/s}^2]$ 、最大速度  $30.9[\text{cm/s}]$ の推定地震動が得られている。また、経験的グリーン関数法により、TKY から約  $1.5\text{km}$  の地点での工学的基盤における地震動が推定された例もあり、最大加速度  $351[\text{cm/s}^2]$ 、最大速度  $42.9[\text{cm/s}]$ の推定地震動が得られている。

本手法により TKY の位置での工学的基盤における地震動を推定した結果、推定地震動の最大加速度は  $227[\text{cm/s}^2]$ 、最大速度は  $38.9[\text{cm/s}]$ となった。これらは、上記の既往の研究による結果と調和的である。

また、TKY 地点直下の地盤構造モデルを用いて、工学的基盤における地震動から地表面の地震動を試算した。図-3(a) にその加速度波形と速度波形を示す。また、図-3(b) は、その速度応答スペクトルを既往の研究による地表面での推定地震動と比較したものである。図中のSGMとEGMが既往の研究結果を示しており、SGMは統計的グリーン関数法による結果、EGMは1990年神奈川県西部地震 ( $M_j = 5.1$ )のTKYにおける加速度記録を用いた経験的グリーン関数法による結果である。この図によると、本手法による推定地震動は既往の研究と比較して、固有周期  $0.2[\text{s}]$ 付近でやや小さいが、全体的にはよく一致していることが分かる。

以上のように、距離減衰式や既往の研究結果とよく一致する結果が得られていることから、ここで用いた統計的グリーン関数法は、海溝性地震の地震動を推定する有効な手法であるといえる。

ここでは1923年関東地震を対象とした結果を示したが、2000年鳥取県西部地震について同様の検討を行い、強震観測記録と比較することによって内陸地震に対する本手法の妥当性も検証した。

【成果の発表】

統計的グリーン関数法を用いた震源近傍における強震動のシミュレーション, 第11回日本地震工学シンポジウム論文集, pp.561-566, 2002.

K-Net 強震記録に基づく工学的基盤における加速度応答スペクトルと経時特性の推定式の検討, 第11回日本地震工学シンポジウム論文集, pp.615-620, 2002.

加速度応答スペクトルの放射特性補正係数の経験的モデルに関する研究, 構造工学論文集, Vol.49A, 2003.

【成果の活用】

本研究で暫定案として提示した動的応答解析用入力地震動は、現在、東京湾口、伊勢湾口、紀淡海峡横断道路等の試設計のための耐震安全性検討に用いられている。また、開発した地震動推定手法は個別橋梁の設計地震動の設定にも活用されている。

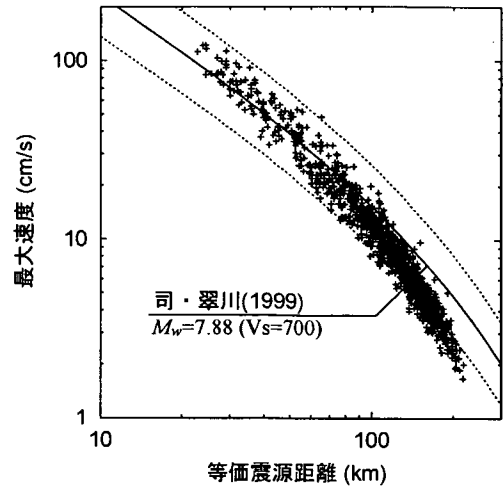
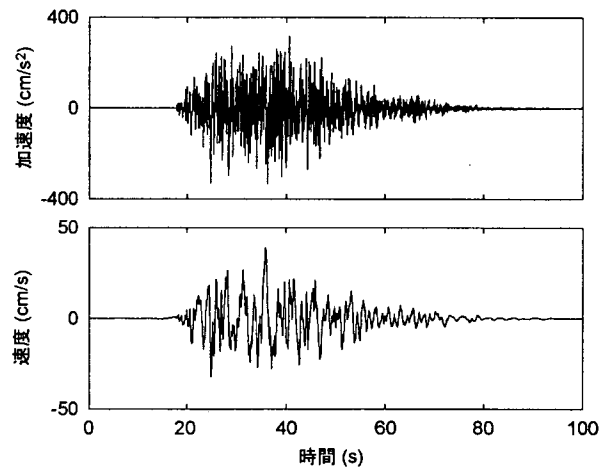
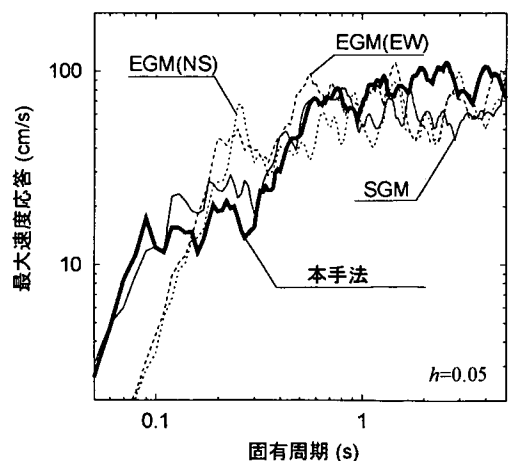


図-2 推定地震動の最大速度 (+) と距離減衰式の比較



(a)加速度・速度波形



(b)速度応答スペクトル

図-3 TKY における地震動の推定結果

# 道路網の合理的な地震時リスク評価技術の開発

## Development of Fragility Curves for RC Piers on Highway

(研究期間 平成 12~14 年度)

危機管理技術研究センター地震防災研究室 主任研究官 真田晃宏  
Earthquake Disaster Prevention Division, Research Center for Disaster Risk  
Management, Senior Researcher Akihiro SANADA

The fragility curves of reinforced concrete piers were developed only for bending failure type. However, not only bending failure but also bending damage to shear failure transfer type is also occurred. Therefore, we develop the fragility curves of RC piers considering three types of failures.

### 〔研究目的及び経緯〕

地震時の緊急物資輸送計画等を事前に検討するための地震後の利用可能な道路網状況の推定、震後の迅速かつ適切な対応を行うための地震発生直後における構造物に関する被害推定等を行うためには、想定される地震動強度又は観測された実地震動強度と構造物・施設等の被害程度及びその発生確率との間の関係（被害関数）を評価する必要がある。

そこで、本研究では、その被災により道路通行機能に著しい影響を及ぼす構造物を対象に被害関数の開発を行ってきた。対象とした構造物は、RC 橋脚、道路路面、道路擁壁である。道路路面、道路擁壁については、兵庫県南部地震時の被災データと観測された地震動強度をもとに、被害関数を検討した。RC 橋脚については、過去の地震時の被害データを活用するとともに試設計を行い、解析的に被害関数を検討した。

RC 橋脚については、道路橋示方書に準拠し設計がなされる。道路橋示方書については、逐次改訂されており、適用された示方書により地震動に対する耐震性能が異なってくる。本研究では、適用示方書の違いを踏まえた上で、地震動特性値と RC 橋脚に発生する被害程度との関係を動的解析により検討した。昨年度においては、曲げ破壊に対する適用示方書別被害関数を開発した。しかし、RC 橋脚の被害形態は、「曲げ破壊型」だけでなく、曲げ変形が生じた後にせん断損傷により破壊する「曲げせん断破壊型」、「せん断破壊型」も存在する。そこで、平成 14 年度においては、過年度に検討した曲げ破壊を考慮した被害関数をベースに、これら 3 つの異なる破壊型を考慮した被害関数を開発することとした。

### 〔研究内容〕

せん断破壊に関する照査を新たに追加した点を除いては、以下に示す昨年度と同一手法に従った。

#### (1) 橋脚の選定

橋脚については、適用示方書年次の違いにより 5 分類（昭和 55 年より前、昭和 55 年、平成 2 年、平成 7 年復旧仕様、平成 8 年）するとともに、RC 橋脚の固有周期の違いにより 4 分類（0.3 秒～0.4 秒以降 0.1 秒ピッチで 0.6 秒～0.7 秒まで）し、合計 20 分類とした。これら 20 分類それぞれにおいて、適用示方書が昭和 55 年以降のものについては試設計データをもとに、また、昭和 55 年より前の示方書を適用したものについては実橋脚データをもとに、降伏水平震度及び終局塑性率が平均的な橋脚を 1 基ずつ合計 20 基選定した。

#### (2) 動的解析モデル

動的解析に当たっては、RC 橋脚を 1 自由度非線形せん断バネ振動系に置き換えた。非線形履歴復元力モデルにはひび割れの影響を無視した武田モデルを用い、減衰定数は 5% を基本とした。

#### (3) 入力地震動

動的解析に用いた入力地震動としては、国内の地盤上で得られた 197 組 394 成分の水平成分強震記録にその後発生した最大加速度 300gal 以上の地震から得られた強震記録を地震動タイプ（プレート境界型、内陸直下型）、及び地盤種別（3 種別）の合計 6 分類し、各区分において加速度応答スペクトル特性の違いを考慮し、6 分類合計で 11 波形を選定した。その後、11 波形それぞれについて、SI 値が 50、90、120、150 及び 180cm/sec となるよう振幅調整を行い入力地震動とした。

#### (4) 破壊形態の照査方法

破壊形態は、次のとおりとした。

##### ① $P(t) \leq P_y$ のケース

$P(t) > S(Cc=1.0)$  でせん断破壊が生じる。

##### ② $P_y < P(t) \leq P_u$ のケース

プレート境界型地震動  $P(t) > S(Cc=0.6)$

内陸直下型地震動  $P(t) > S(Cc=0.8)$

の場合に曲げせん断破壊が生じる。

③ $P(t) > P_u$  のケースでは曲げ破壊が生じる。

ここで、 $P(t)$  : 発生水平力、 $P_y$  : 降伏耐力、 $P_u$  : 終局耐力、 $S$  : せん断耐力、 $C_c$  : 道路橋示方書に示される補正係数 (以下に補足)。

ここで、今年度新たに考慮することとしたせん断破壊について、コンクリートの負担するせん断応力は荷重の正負交番繰り返し効果により低下することが模型実験等で明らかにされている。このため、道路橋示方書では、正負交番繰り返しの影響を考慮するための補正係数  $C_c$  を繰り返し特性が異なる地震動タイプ別に定めている (タイプ I 地震動 : 補正係数 0.6、タイプ II 地震動 : 補正係数 0.8)。本研究では、この補正係数の考え方を導入し上述の照査方法とした。

(5) 被害程度の判定方法

曲げ破壊型橋脚については、昨年度と同一 (最大応答塑性率の大きさに基づく 4 段階、表-1 参照) の判定方法とした。せん断破壊及び曲げせん断破壊型橋脚については、いずれの場合についても、曲げ破壊型における被害程度 A に相当するとした。これはせん断破壊においては、脆性的に破壊が生じるためである。また、曲げせん断破壊型においては、曲げ変形が先行して生じその後せん断破壊が生じることからある程度の変形は期待できるものの定量的には評価が困難であるため変形を見込まない安全側の判定としたためである。

表-1 被害程度の判定方法

	曲げ破壊型橋脚の被害程度の評価	せん断・曲げせん断破壊型橋脚の被害程度の評価
Aランク	$\mu u < \mu_{max}$	せん断損傷、曲げせん断損傷が生じる場合はすべてAランク
Bランク	$\mu a < \mu_{max} \leq \mu u$	
Cランク	$1.0 < \mu_{max} \leq \mu a$	
Dランク	$0 < \mu_{max} \leq 1.0$	

(6) 被害関数形

被害関数形については、発生確率が標準正規分布の累積確率を用いて対数正規分布で表せると仮定した。

【研究成果】

昭和 55 年より前及び昭和 55 年の道路橋示方書について曲げ破壊に加えせん断破壊を考慮し被害関数を作成した。平成 2 年以降の道路橋示方書準拠の RC 橋脚については曲げ破壊のみ考慮することで十分であることから昨年度に作成した被害関数が生かせることを確認した。以下、成果の詳細を述べる。

昨年度解析対象とした RC 橋脚の水平力-水平変位関係とせん断耐力の大きさから、平成 2 年以降の道路橋示方書に準拠した橋脚については、曲げ破壊のみ生じることが確認できた。このことから、せん断損傷を考慮すべきは、昭和 55 年より前及び昭和 55 年の道路橋示方書となった。このうち、”道路橋示

方書昭和 55 年より前”のせん断破壊を考慮した被害関数を図-1 に示す。図中には曲げ損傷のみ考慮した場合の被害関数も併せて示した。

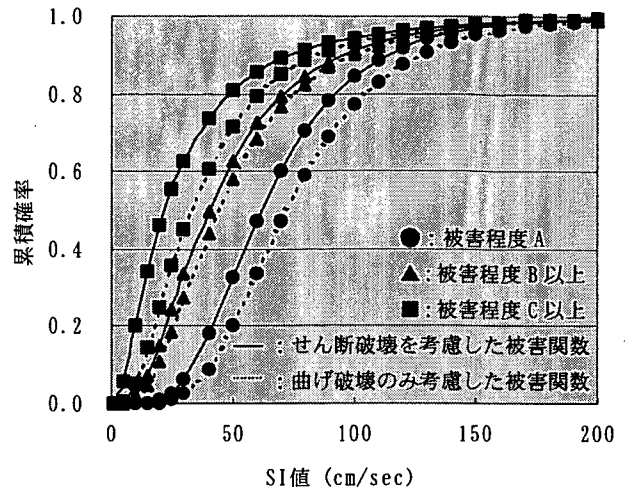


図-1 せん断破壊を考慮した被害関数

次に曲げ破壊及びせん断破壊を考慮した道路橋示方書年次別の被害関数のうち被害程度 A について図-2 に示す。示方書年次が新しくなるに従い被害発生程度が抑制される傾向が現れた被害関数を開発できたことが確認できる。ここでは被害程度 A の被害関数を示したが、被害程度 B 以上及び C 以上についても同様に被害関数を作成することができた。

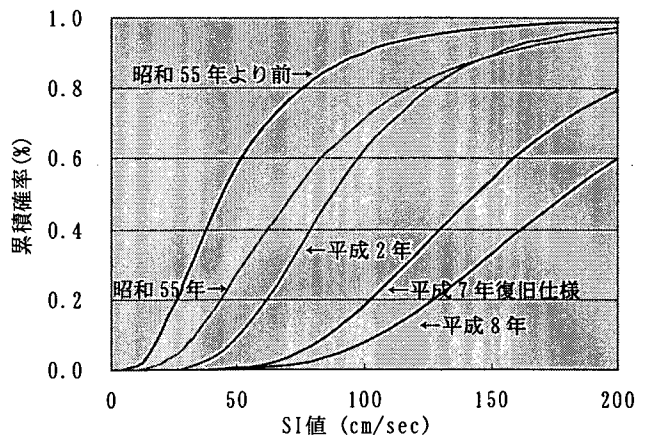


図-2 道路橋示方書年次別被害関数 (被害程度A)

【成果の発表】

動的解析を用いた RC 橋脚の被害関数に関する基礎的検討, 土木学会第 57 回年次学術講演会講演概要集, pp1509-1510, 2002.9

【成果の活用】

近畿地方整備局京都国道工事事務所における管内被害想定を作成において本研究成果が利用された。また、今後は、国、地方自治体等における被害想定を作成にあたって活用されるよう働きかけていく予定である。



## 道路橋の計画的な管理手法に関する試験調査

Research on planned management method of existing highway bridges

(研究期間 平成 14 ～ 16 年度)

室長 中谷昌一

Head Shoichi Nakatani

研究官 廣松新

Researcher Arata Hiromatsu

主任研究官 玉越隆史

Senior Researcher Takashi Tamakoshi

研究官 池田明寛

Researcher Akihiro Ikeda

In order to develop management system of existing highway bridges, it is needed to develop inspection method more rationally. The purpose of this study is to clarify damage mechanisms of highway bridges and propose advanced inspection method based on the damage mechanisms. The result of this study will be reflected to the bridge management method of MLIT.

### 【研究目的および経緯】

膨大な量に達した道路橋ストックを限られた予算および人員の制約条件下で維持管理し、道路ネットワークのサービス水準を維持する必要がある。

現在、道路局では、「安全で安心できる暮らしの確保」に向けて「更新時代への準備」を重点課題の一つと位置づけ、平成16年度試行を目標に、道路構造物（橋梁、トンネル、舗装）を計画的かつ効率的に維持管理していくためのマネジメントシステムの構築を行うこととしている。

本研究では、左記のうち道路橋における計画的な維持管理に資する技術的支援を行うことを目的に、道路の計画的な管理手法の基本的枠組みの検討および、道路橋の損傷事例や補修補強事例の整理をとおした点検手法、健全度評価手法、劣化予測手法、補修補強工法の評価手法などの検討を行う(図-1)。

### 【研究内容および成果】

平成14年度は、道路の計画的な管理手法の基本的枠組みの検討と、道路橋としての計画的な管理手法に関して床版の疲労耐久性の評価手法の検討を行った。

#### 1. 計画的な道路管理手法の基本的枠組みの検討



#### 2. 道路橋の計画的な管理手法の検討

- (1) 損傷事例の整理
- (2) 過去の補修補強事例の評価
- (3) 効果的な点検手法の検討
- (4) 健全度の評価、劣化予測手法に関する検討
- (5) マネジメントシステムの試験運用
- (6) 試験運用後の見直し



#### 3. とりまとめ

- (1) 道路橋の計画的な管理手法の提案
- (2) 今後の技術開発の方向性の提示

図-1 研究フロー

1. 道路の計画的な管理手法の基本的枠組みの検討  
国内外の道路管理の実状調査を行った結果を参考に、図-2に示す基本的な枠組みを提案した。

図-2は、道路施設の建設費、供用後の維持・修繕費や更新費を含むライフサイクルコスト(LCC)の縮減を図ることを目的として、将来の道路施設の健全度を予測することにより維持・修繕等の最適な時

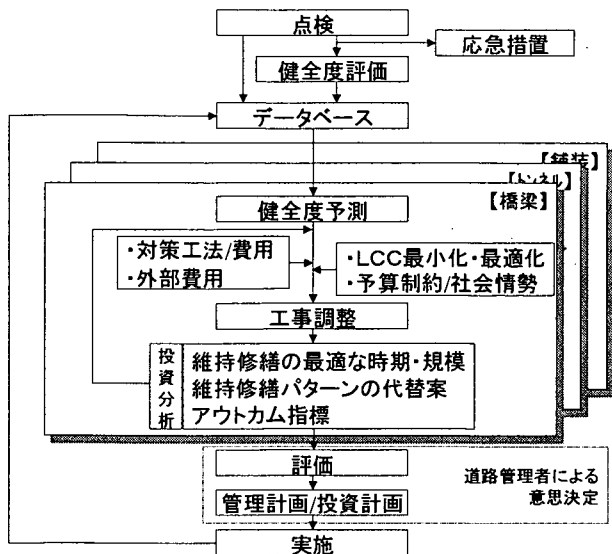


図-2 道路の計画的な管理手法の枠組み(案)

期・規模等を計画的かつ合理的に策定するための枠組みを整理したものである。またここでは、道路資産の主要構成要素である舗装、橋梁、トンネルを対象とした。

次に、この構築に向けた道路橋分野における課題の抽出を行った。以下に主要な課題の具体を例示する。なお、健全度の指標として今年度は物理的な劣化に着目することとし、機能的陳腐化や経済的効率性の低下等は扱っていない。

①点検

効果的な点検手法の確立には、道路橋に生じている部位部材の劣化・損傷の種類やその発生位置、それぞれの進展過程および原因等の特徴を把握したうえで、構造物の安全性や第三者被害防止等の観点から合理的かつ効率的な点検や調査の体系の検討を行うとともに、それぞれに相応しい方法・頻度等を検討する必要がある。

②健全度予測

劣化の予測手法は、蓄積された点検データからの回帰による手法に加え、理論的な劣化のメカニズムを踏まえた、より合理的な予測手法を検討し、精度の向上を図る必要がある。

③対策工法

生じている劣化・損傷に対して適当な対策工法を選定する必要がある。そのためには、既往の補修・補強工法が適用可能な劣化・損傷とその規模、それ

らの効果および費用、さらに補修後の劣化予測手法等の検討が必要である。また健全度をどこまで回復するかといった管理目標の考え方の検討も不可欠である。

2. 床版の疲労耐久性の評価手法に関する検討

土木研究所橋梁研究室では平成12年度までに、実車両の走行をモデル化した輪荷重を移動载荷して各種床版の疲労破壊メカニズムや補修・補強の効果を把握する目的で輪荷重走行試験を行っている。本研究では、この試験で得られたデータを活用し、床版の疲労耐久性を評価するための基礎としてデータベースを構築した。対象は、鉄筋コンクリート床版、プレストレストコンクリート床版、鋼コンクリート合成床版および補強床版の全40供試体であり、これらの構造諸元、たわみ、鉄筋ひずみ、ひびわれ幅、ひびわれ密度、载荷荷重および载荷回数データを格納している。また、各種床版の輪荷重による劣化メカニズムを多角的に検討することで疲労耐久性を評価し得る指標を抽出する端緒として、床版種別ごとに表-1に示すデータ間の関係を分析した。

表-1 データの組合せ

	載荷回数	床版たわみ	主鉄筋		配力鉄筋		ひびわれ密度	ひびわれ幅
			引張	圧縮	引張	圧縮		
載荷回数	-	●	●	●	●	●	●	●
床版たわみ	-	-	●	●	●	●	●	●
主鉄筋	引張	-	-	-	●	●	●	●
主鉄筋	圧縮	-	-	-	●	●	●	●
配力鉄筋	引張	-	-	-	-	●	●	●
配力鉄筋	圧縮	-	-	-	-	●	●	●
ひびわれ密度	-	-	-	-	-	-	-	●
ひびわれ幅	-	-	-	-	-	-	-	-

【成果の活用】

14年度の成果を基に、道路橋の損傷形態や発生部位毎の劣化過程の整理をすすめ、劣化過程と、現状の点検から入手可能な情報との対応を整理した上で、より合理的な点検手法の提案を行う。

床版の疲労耐久性に関しては、平成14年度に構築したデータベースを活用し、床版の疲労損傷過程およびこれに影響を与える要素を分析し、床版の劣化予測曲線の提案を行う。

最終的な研究成果は、平成16年度の試験運用が計画されている道路アセットマネジメントシステム(J-RAMS)と点検要領の更新に反映される予定である。

# 道路維持管理の効率化のための情報基盤の整備に関する調査

Research on the construction of information platform for the efficient road management

(研究期間 平成 14～16 年度)

高度情報化研究センター情報基盤研究室  
Research Center  
for Advanced Information Technology  
Information Technology Division

室長	奥谷 正
Head	Tadashi OKUTANI
主任研究官	金藤 康昭
Senior Researcher	Yasuaki KINTO
交流研究員	井上 隆義
Interchange Researcher	Takayoshi INOUE

In order to achieve the efficient road management, the efficient and prompt update methods for MICHl (a database system for road management) have been investigated. Collaborations with the related dynamic data systems using GIS functions of MICHl have also been studied.

## 【研究目的及び経緯】

本研究は道路維持管理の効率化のために道路管理関係データベース (MICHl) システムのデータ更新の効率化、迅速化と MICHl システムの GIS 機能を利用した、関連する動的データシステムとの連携手法についての調査、検討をおこなうものである。

平成 14 年度においては、国総研に MICHl システムを設置すると共に、地方整備局のデータを収納し全国システムとして稼働検証を行うとともに、光ファイバネットワークを利用して、本省、地方整備局において国総研の MICHl システムが閲覧可能であることを確認した。また、関連するシステムとして、CCTV 画像共有システムとの間で CCTV のメタデータ及び基盤地図の交換を行い、ネットワーク上のパソコンから MICHl システムと映像情報システムなど複数のアプリケーションを一体のものとして扱えることを実証した。

## 【研究内容】

### (1) 新 MICHl システムのネットワーク対応検証

従来の MICHl システムが事務所毎にデータベースを構築し運用していたが、新 MICHl システムではネットワークへの対応と、WebGIS を用いたユーザインターフェースを実装することによって、データ更新の効率化と遠隔地からのアクセスが可能となった。このため、国総研内に新 MICHl システムを設置し、光ファイバネットワークと接続すると共に、国総研のサーバに対して本省、地方整備局等から迅速なデータ取得が可能であることを検証した。

### (2) MICHl システムと映像情報システムとの連携

新 MICHl システムが GIS をベースとしたユーザインターフェースを実装していること及びネットワークに

対応したことで、国土交通省における空間データの GIS 上での連携について新 MICHl システムをベースとして検証を行うこととした。

映像情報システムは全国の CCTV 画像を、ネットワークを利用して共有を図るものであり、メタデータによって、映像の所在管理、検索を実現している。

独立したシステムの空間データを WebGIS 上に展開、提供する場合 (映像情報システムとの連携ではカメラレイヤーの作り方がこれにあたる) の考え方として以下の 2 つの方法があり、経済性、現在のパソコン性能等を考慮した検討を行った。

- ① 1 つの GIS サーバ内に各システムデータレイヤーを作成、重畳し提供する方法
- ② 各システムから統一した形式のレイヤーを作成しクライアント側で重畳する方法

また、データの交換、重畳を煩雑化させないために統一したデータの交換形式についても検討を行った。

## 【研究成果】

### (1) 新 MICHl システムのネットワーク対応検証

国総研に設置した MICHl サーバと光ファイバネットワークを接続し、本省、関東地整からのアクセスを行い、国総研内での利用と変わらないレスポンスが得られた。なお、国総研-本省-関東地整間のネットワーク環境は両区間共 1Gbps であり、実効容量が 10Mbps を下回る環境においては地図のスクロール等の動作時間が延びる傾向にある。

これは新 MICHl システムで用いている地図データが国土地理院の数値地図 25000 のラスターデータであるためと考えられ、H15 に整備が完了する同数値地図のベクターデータと入れ替えることによって、ネットワ

ーク要件の緩和、レスポンスの向上が図れるものと考えられる。

(2) MICH I システムと映像情報システムとの連携

MICH I システムと映像情報システムとの連携においては映像情報システムと MICH I システム間でメタデータの交換を行い MICH I システム内で映像情報のあるカメラレイヤーを作成して提供する、また、動的データ(映像)に関してはメタデータを受け取ったクライアントが映像ソースに直接アクセスする方法とした、理由は以下のとおりである。

- ① クライアント側から 1 カ所のサーバにアクセスするだけで情報が取得できる。
- ② クライアントにおいてデータ重畳のための負荷が少ない(クライアントで重畳を行った場合、描画時間がかかる。)

また、データの交換形式には汎用性を考慮し、XML を用いることとし、ジオメトリ情報の取り扱いの面から GXML 形式とした。

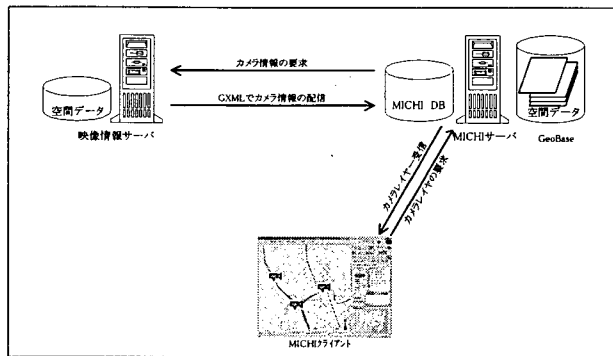


図 1 連携のイメージ

表 1 映像情報システムとの間の連携データ

項目名	内容	備考・その他情報															
区分	データ区分	1:追加, 2:更新, 3:削除															
カメラ番号	カメラを特定するための番号	値最大の桁数															
カメラ名称	対象カメラの名称	値最大の桁数															
地盤 C	地盤コード	2桁の数字、例) 関東: 83															
路線	路線番号	4桁ゼロサブライ															
現旧区分	現旧新コード	1:現道, 2:旧道, 3:新道															
上下区分	上り, 下り, 上下共通	0:上下共通, 1:上り, 2:下り															
距離値	距離値	キロポスト															
位置精度	カメラ位置の精度	<table border="1"> <thead> <tr> <th>値</th> <th>意味</th> <th>内容</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>exact</td> <td>精度大</td> <td>実測</td> </tr> <tr> <td>maybe</td> <td>精度中</td> <td>推測</td> </tr> <tr> <td>perhaps</td> <td>精度小</td> <td>その他</td> </tr> <tr> <td>none</td> <td>指定なし</td> <td>指定なし</td> </tr> </tbody> </table>	値	意味	内容	exact	精度大	実測	maybe	精度中	推測	perhaps	精度小	その他	none	指定なし	指定なし
値	意味	内容															
exact	精度大	実測															
maybe	精度中	推測															
perhaps	精度小	その他															
none	指定なし	指定なし															
精度	日本測地系、(度単位)	度単位で少数点以下 8 桁															
緯度	日本測地系、(度単位)	度単位で少数点以下 8 桁															
配信状況	映像の配信状況	True:配信中、False:停止中															
URL	カメラの IP アドレスおよびポート番号	カメラに割り当てられているアドレス															

実際の映像情報システムとの連携では、MICH I のインターフェース上にカメラアイコンを配置し、これを各パソコンからクリックすることで、MICH I システム

から CCTV 映像を同じ画面上に表示することができた。

ただし、クリックしてから映像が表示されるまで平均で数秒程度の時間を要する。

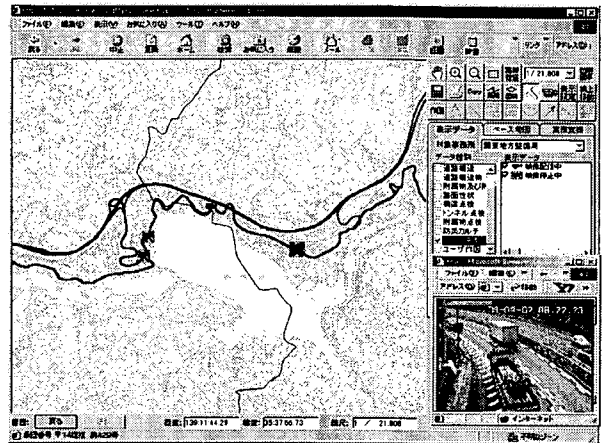


図 2 映像情報システムとの連携結果

【成果の活用】

今回の結果は独立したシステムで静的及び動的な空間データの連携が WebGIS 上で可能であり、パソコン、ネットワーク性能など基礎となる技術も実用域に達していることを実証することができた。

今後は、降雪、渋滞状況などの映像情報と数値情報の連携、交通量と道路形状との関係をはじめとする静的なデータベースとの連携による各種の解析を行うための基礎的な技術として、本研究の成果が利用可能であると考えられる。

## 道路橋設計基準の性能規定化に関する検討

Study on performance based design of specifications for highway bridge

(研究期間 平成 14～15 年度)

室長 中谷昌一

主任研究官 玉越隆史

Head Shoichi Nakatani Senior Researcher Takashi Tamakoshi

研究官 川端淳

研究官 中洲啓太

研究員 石尾真理

Senior Researcher Sunao Kawabata Researcher Keita Nakasu Research Engineer Mari Ishio

The purpose of this study is to investigate about performance based design in advance of next revision of specifications for highway bridge. In this year, in order to clarify the problems of present specifications from the viewpoint of performance based design, classification and relationship analysis of present specifications were carried out.

### [研究目的および経緯]

国際化、透明性の確保、コスト縮減、新技術採用の促進等の観点から、技術基準の性能規定化が求められている。こうした中、道路橋の設計基準である道路橋示方書は、平成 14 年 3 月に性能規定化の第一段階として、従来規定から要求事項を抽出し、個別の構造細目や照査式などは要求事項を満足するための一仕様とする書式への改訂が行われた。一方、許容応力度設計法から限界状態設計法への書式の見直し、示方書の編構成や法律的な位置づけの再考、検証法の充実や要求事項を満足するかどうかを認証する仕組みづくりなどの課題が残されている。本検討は、道路橋示方書の次期改訂の基本方針策定に向け、さらなる基準の性能規定化に向けた基礎的調査を実施するものである。

平成 14 年度は、現行の道路橋示方書の各規定を性能規定化の体系を考慮して整理し、性能規定化にあたり、現在の道路橋示方書が抱える課題を明らかにした。

### [研究内容および成果]

道路橋示方書の次期改訂方針の策定にあたって、現在の道示の課題を抽出するために、現行規定のマッピ

ング作業を実施した。マッピングの方法は、性能規定化の体系を想定した様式（横軸に 7 つの基本理念、①使用目的との適合性、②構造物の安全性、③耐久性、④施工品質の確保、⑤維持管理の容易さ、⑥経済性、⑦環境との調和、を、縦軸に、①照査方法の基本、②荷重、③照査における具体的な計算方法）に現行規定をあてはめることにより行った。

これにより、照査方法が存在しないもの（コンクリート床版の疲労耐久性、騒音・振動など環境への影響）、要求性能との関係が不明確であるもの（たわみの許容値、コンクリート部材の部材厚・ハンチ等の構造細目）、照査法相互の関係が不明確なもの（PC 構造と RC 構造の許容応力度）など、性能規定化にあたって、現行の道路橋示方書が抱える課題を明らかにすることができた。図-1 にコンクリート橋編を例としてマップ（樹形）図を示す。

### [成果の活用]

ここでの成果は、次期道路橋示方書改訂の基礎的枠組みを検討するための基礎的資料として活用する。

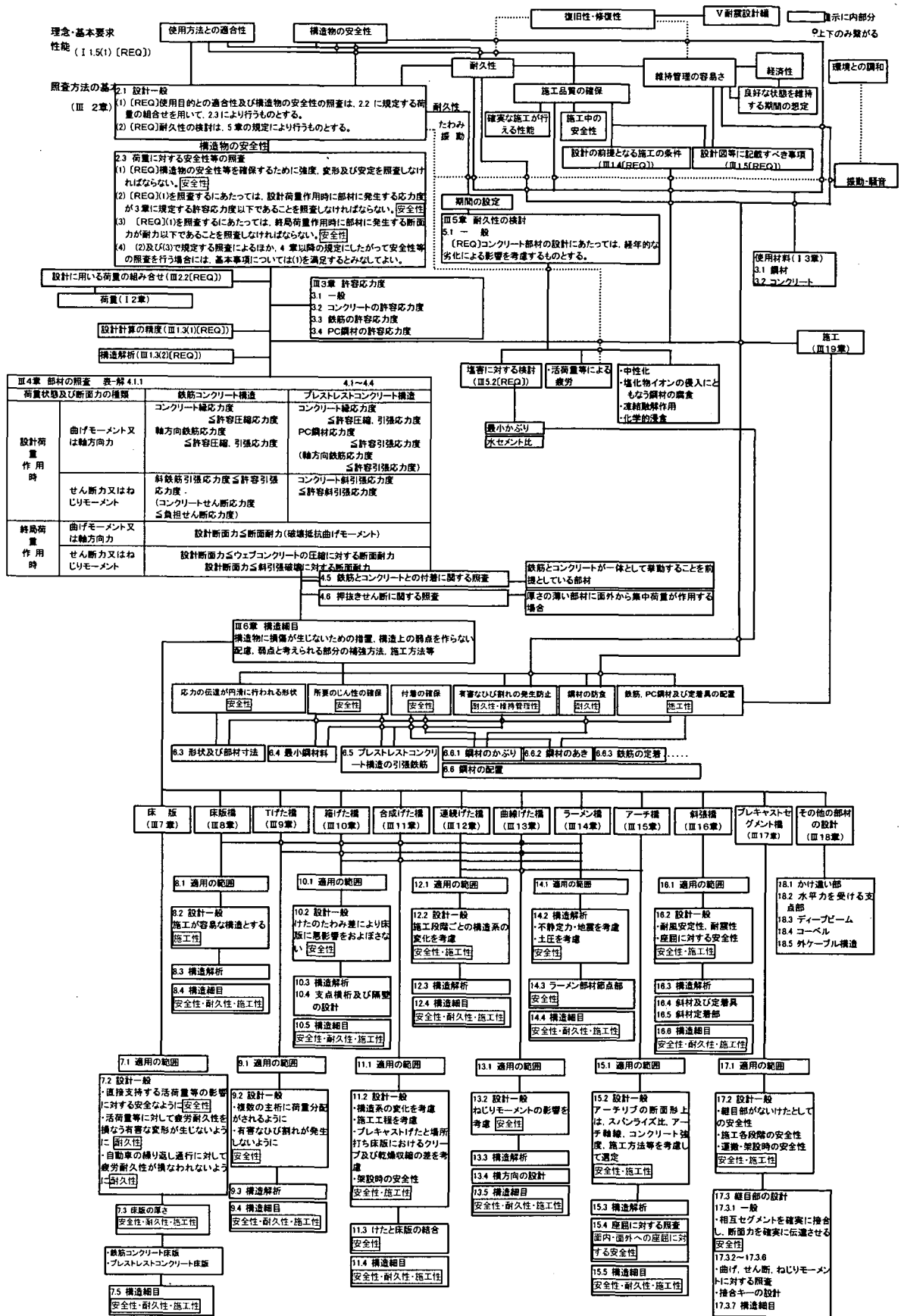


図-1 現行道路橋示方書規定の構造 (コンクリート橋編)

## 道路研究部・橋梁研究室

Road department Bridge division

### 道路橋の耐久性向上策に関する試験調査

Investigation on durability improvement method for highway bridge

(研究期間 平成13～15年度)

室長 中谷昌一 主任研究官 玉越隆史

Head Shoichi Nakatani Senior Researcher Takashi Tamakoshi

主任研究官 川端淳 研究官 廣松 新 研究官 中洲啓太

Senior Researcher Sunao Kawabata Researcher Arata Hiromatsu Researcher Keita Nakasu

研究官 池田明寛 研究員 石尾真理

Researcher Akihiro Ikeda Research Engineer Mari Ishio

The purpose of this study is to propose durability improvement methods for fatigue damage of steel members and salt damage of concrete members. In this year, case studies on fatigue damage of steel pier's corner and about salt damage of concrete the purpose of this study is to establish estimation method about effect of several salt damage counter method, protecting rust theory and care of several salt damage counter method in Japan and other countries were arranged.

#### [研究目的および経緯]

道路橋設計において、「耐荷力」のみならず「耐久性」に対する配慮の重要性が増している。「耐久性」においては、当面の課題として鋼部材の疲労とコンクリート部材の塩害が挙げられる。本課題では、鋼橋の耐久性向上策のガイドラインとコンクリート橋の塩害対策のガイドラインを作成することを目的としている。

平成14年度は、鋼部材の疲労に関して、近年、重大な疲労損傷事例が報告されているにも関わらず、耐久性向上策が確立されていない、鋼製橋脚の隅角部に関して疲労損傷事例の整理を行い、望しくない構造例の抽出および分析を行った。一方、コンクリート部材の塩害に関しては、適切な塩害対策を行うためには、まず塩害の原因である塩分量を正確に把握することが重要であるため、海からの飛来塩分に関する過去の実態調査を整理し、また今後懸念され

る凍結防止剤に関する調査を行った。凍結防止剤に関しては、損傷要因を整理した上で定量的評価（影響度評価）についての検討も行った。

#### [研究内容および成果]

##### 1. 鋼製橋脚隅角部の疲労損傷事例の整理

全国の直轄国道における鋼製橋脚隅角部の疲労損傷事例32件について、橋脚形式、亀裂発生箇所、板組種別等の観点から分類、整理し、疲労損傷事例集を作成した。また、損傷事例を分析した分析した結果、次に示すような知見を得た。

- ①「鋼道路橋の疲労設計指針」(社)日本道路協会で疲労強度等級が示されていないような複雑な継手部における損傷事例が多く、こうした好ましくない構造例に関する情報の集積およびその排除が必要である。
- ②確実な施工が困難な構造で、設計で意図した品質が確保されていない箇所からの損傷が多く、施

工品質を確実に確保できるよう設計段階で配慮することが必要である。

③検査が十分な精度で実施できない箇所での、損傷事例が多く、検査手法の高度化が必要である。

## 2. 飛来塩分量調査結果のデータベース化

今後の塩害対策を検討する上での基礎資料とすることを目的に、過去に建設省土木研究所で実施した全国飛来塩分量調査結果をデータベース化した。なお、データベース化するにあたり、各自治体等で独自に飛来塩分量調査した事例を調査し、その調査結果をデータベースに反映させてデータの充実を図った。

## 3. 凍結防止剤に関する検討

ここでは、国内における凍結防止剤の種類および散布量の調査を行い、凍結防止剤が橋梁に及ぼす影響について定量的な評価手法の検討を行った。

### (1) 凍結防止剤の種類・散布量の調査

種類としては、塩化ナトリウム、塩化カルシウム、CMA、尿素および酢酸カリウム等がある。その中で現在国内で多く使われているのは塩化ナトリウム、塩化カルシウムである。

散布量については、平成9～13年度の(財)塩事業センターが各都道府県へ販売した凍結防止剤の販売実績を調査した。その結果、上位3都道府県は新潟県(約20万トン)、北海道(約8万トン)、長野県(約6万トン)であった。

### (2) 凍結防止剤に起因している損傷実態

既往の文献等より整理した損傷事例を損傷要因で整理した結果、以下に示す3つの項目(地域的、機能的、構造的)でまとめることができた(表-1)。

表-1. 損傷要因の整理結果

地域的	機能的	構造的
・豪雪地域に位置する橋梁	・排水装置の性能が劣る ・伸縮装置の性能が劣る橋梁	・伸縮継手部が多い橋梁 ・上下線分離構造で、路面高が高い橋梁 ・橋面防水工が敷設されていない橋梁

### (3) 定量的評価(影響度評価)手法の検討

(2)の結果を踏まえ、定量的評価手法が必要とされる評価項目について検討し、以下に示す項目が重要であると考えた。

- ・排水装置の性能
- ・橋面防水工
- ・伸縮装置の性能
- ・伸縮継手部の多さ
- ・上下線分離構造、路面標高が高い橋梁

ただし、上記の評価項目が組み込まれた評価手法を適用するにあたり、以下のような問題点が考えられる。

- ・気象状況は、毎年変化する
- ・橋梁に関するデータベースが必要(構造的、設備、損傷に関する点)
- ・必ずしも降雪量が多い地域が凍結防止剤の散布量が多いとは限らない

### [今後の課題]

#### 1. 塩害対策工法の評価手法

異なる防食原理の塩害対策工法を適切に評価できるような評価項目の抽出・検討を行う。

#### 2. 凍結防止剤の定量的評価手法

今年度提示した評価項目の妥当性については、実態調査やヒアリング等で確認していくことが重要である。

### [成果の活用]

ここでの成果は、鋼部材の疲労およびコンクリート部材の塩害に対する耐久性向上策のガイドラインを作成するための基礎的資料となる。



## 耐久性確保を目指した PC 橋の品質保証に関する試験調査

Experiment and research for the guarantee of quality in prestressed concrete bridges for securing durability

(研究期間 平成 13 ~ 15 年度)

室長 中谷 昌一

Head Shoichi Nakatani

研究官 廣松 新

Researcher Arata Hiromatsu

研究官 池田 明寛

Researcher Akihiro Ikeda

In construction of PC (prestressed concrete) bridges, in order to secure durability intended in design, paying attention to regulations of administration about quality, accuracy and others in construction, this research is conducted for clarifying about possible subject and level to administrate and for examining what should be improved in the present regulations.

### 〔研究目的及び経緯〕

近年コンクリート構造物の施工に起因したかぶり不足等により早期に劣化（塩害、中性化、アルカリ骨材反応等）して損傷した事例の報告がある。これは現在行われている施工および品質管理が徹底されていないか、または耐久性に着目したときにその管理自体が十分なものでないことが想定されることから耐久性確保に着目して現行の管理規定を見直す必要がある。

そこで、本研究では、PC 橋の建設において、設計で意図した耐久性を確保することを目的に、施工における品質および精度などの管理規定に着目し、現状の施工管理で、管理可能な事項と水準をあきらかにし、管理規定の改善点の検討を行うものである。

### 〔研究内容〕

図 1 に、本研究の研究フロー図を示す。13 年度は施工に関する現行の管理手法の項目及び内容把握を目的に各指針・規準等で定める管理規定の整理を行った。また、耐久性に着目した場合に必要な管理事項の抽出を目的に耐久性低下事例の検討を行った。14 年度は 13 年度で整理したものを踏まえ、現行管理規定で耐久性に着目した場合に改善すべき事項の抽出を行った。最終年度は、抽出した項目について改善案を検討および検証を行いとりまとめる。

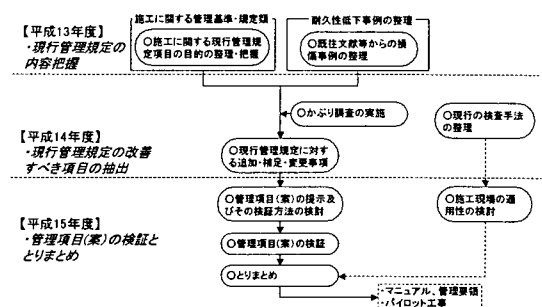


図 1. 研究フロー

### 1. 14 年度の研究内容

13 年度行った PC 橋の耐久性低下事例について検討した結果、「かぶり不足」が耐久性低下に及ぼす影響が大きいという結論に至った。14 年度は既設 PC 橋における「かぶり不足」の発生頻度や発生しやすい構造形式・部位等を明確にし、「かぶり不足」を発生させないための改善案を検討するために既設 PC 橋のかぶり実態調査を実施した。

また、13 年度に整理した現行管理規定および耐久性低下事例に加えてかぶり調査結果を踏まえ PC 橋の耐久性に影響を及ぼす管理項目の抽出および改善の有無の検討を行った。

あわせて、将来の施工管理体制への適用可能性を検討するための基礎資料とするため耐久性に関連する検査手法について調査・整理した。

#### (1) 実橋のかぶり調査

##### 1) 調査概要

直轄管内の一道路管理事務所の協力のもと、表-1に示す8橋を対象にかぶり調査を実施した。調査方法は電磁誘導法による非破壊検査機器を用いて対象構造物中の最外縁の鉄筋表面からコンクリート表面までの最短距離について、桁端部を中心に行った。

表-1. 調査対象橋梁一覧表

橋梁名	構造形式	架設年次
A橋(上り線)	ボステンI桁	平成元年
B橋(下り線)	ボステンI桁	平成元年
C橋	ボステンI桁	昭和47年
D橋	ボステンI桁	昭和35年
E橋	ボステンI桁	平成8年
F橋	ボステン中空床版	平成11年
G橋(上り線)	ボステン箱桁	平成元年
H橋(下り線)	ボステン箱桁	平成元年

## (2) 調査結果

今回調査した結果、以下に示すことが明らかとなった。

- ・全体的に建設当時の設計基準から想定したかぶり値よりも測定値が下回っていた割合は約30%であった。
- ・上記の傾向は架設年次と相関は見られなかった。
- ・構造形式や橋軸方向の調査位置の違いによるかぶり不足の発生傾向に大きな違いは見られなかった。

## (3) 耐久性に影響を及ぼす管理項目の検討

13年度整理した現行管理規定と耐久性低下事例およびかぶり調査結果から耐久性に影響を及ぼす管理項目の抽出を行い、さらにその中から15年度に改善を図るべき検討項目を抽出した。以下に抽出した項目やその問題点(抽出根拠)、解決案を示す。

### 1) スランプ

スランプは、施工性を決定する事項であり、不適切な設定は、施工を困難にするばかりか、構造物の耐久性等の性能に影響を及ぼす。現状では、8cmを標準とし、高性能AE減水剤の使用により大きく設定することが可能とされている。しかしながら、スランプ値「8cm」が現在の施工技術を考慮した場合、適当であるかは不明確である等の問題がある。したがって、断面や配筋等の構造条件や、ポンプ打設等の使用機材、気温等の作業時条件などをパラメータとして検討を行い、実施工に即したスランプ値の設定方法を示す必要があると考えられる。

### 2) 配合

・配合は、コンクリートの品質を決定する根本的な事項であり、耐久性に与える影響も大きい。現状では、配合設計時に詳細な項目について決定され、実際に打ち込むコンクリートについては、受入れ時に塩化物量やスランプ等の代表的なもののみ確認されており、品質を保証する観点からは、十分とは言い難い。配合に関しては、現在新たに開発された検査技術もあることから、それらを考慮の上で、確認す

べき事項およびその確認方法を設定する必要がある。

### 3) 締固め

・コンクリートの均一性や密実性などの耐久性に関する品質を確保する上で重要な行為であり、作業員の技量や環境条件などの各要因による影響を受けやすい行為でもある。しかし、管理項目は定性的な規定のみで作業者の能力に依存している部分が大きく、品質の確認検査方法も無いのが現状である。したがって、断面形状や鋼材量等の構造条件や、スランプ、温度等の施工条件などを考慮した、締固め間隔、締固め時間など作業要領を定量化する必要がある。

### 4) 打重ね処理

・運搬車の遅れなどによる打重ね処理方法は、許容打重ね時間間隔の標準がコンクリート標準示方書では示されるに至っていないが、気温、配合、時間毎の処理方法は具体的に示されておらず、管理技術者の能力に依存しているのが現状である。したがって、各施工条件(温度、時間、高性能AE剤の使用)を考慮した打重ね時間及び処理方法を明確にする必要がある。

### 5) 打継目処理

・T桁間詰め部の打継目などから漏水が生じるといった損傷事例があるが、現行基準では具体的な処理方法が示されていないのが現状である。したがって、適切な打継目処理方法やプレストレスの導入時期、膨張コンクリートの使用などの、対処方法を明確にする必要がある。

## (4) 検査手法の整理

施工時・維持管理時において現在用いられている検査手法について整理した。その一例を表-2に示す。

表-2. 現状における検査手法の整理結果の一例

検査方法	対象とする測定内容	検査時期	実績
高周波加熱法	フレッシュコンクリートの単位水量の迅速測定	施工時	基礎実験段階
ガスガンによる壁面打撃、レーザードップラー振動計による壁面振動計測	コンクリート構造物内部の欠陥	施工・維持管理時	基礎実験段階
弾性波振動	コンクリートの充填部と未充填部	施工時	基礎実験段階

## 2. 15年度の予定

今年度抽出した耐久性上影響を及ぼすと考えられる項目についての改善案を検討し、実験や文献調査等により検証しとりまとめる。

また別途橋梁研究室が参加してH13～14に実施された「PC床版技術検討会」でPC床版の施工・品質管理について検討された結果もとりまとめて出版する予定である。

# 道路工事における総合的なコスト縮減効果評価手法の開発

## Development of the technique of evaluating the comprehensive cost reduction effect

(研究期間 平成 14 年度～平成 16 年度)

総合技術政策研究センター 建設システム課  
 Research center  
 For Land and Construction Management,  
 Construction system Development Division

課 長 溝口 宏樹  
 Head Hiroki MIZOGUCHI  
 主任研究官 荒井 俊之  
 Senior Researcher Toshiyuki ARAI

The new action guidelines for reduction in public work cost, aims at reduction of the comprehensive cost which contains time-related cost and life cycle cost, social cost, and long-term cost in addition to construction cost.

In this research, we tried to arrange the technique of evaluating the comprehensive cost reduction effect simply. We created the program, which measures the social cost by the traffic-jam generated by road construction. And we examined the technique of evaluating efforts of the "Cost Restructuring in Public Works" starts from the 2003 fiscal year.

### 【研究目的及び経緯】

道路行政においては、財源の制約の中、多様な国民のニーズに対応し、成果を重視した着実な道路整備の推進が求められている。

平成 12 年 9 月に策定されたコスト縮減に関する「新行動計画」は、社会資本整備を着実に進めていくため、工事コストの低減に加えて①時間的コスト②ライフサイクルコスト③社会的コスト④長期的コストを含む総合的なコストの縮減を目指している。また現在、さらなるコスト縮減の取り組みとして「コスト構造改革」に向けた検討が進められており、平成 15 年度から 5 年間で 15%の総合的なコスト縮減を達成することとしている。

しかし、上記①～④のコストを貨幣価値換算する手法は未だ確立されていない。そこで、道路工事における総合的なコスト縮減の効果を貨幣価値換算し、評価する手法を開発し、コスト縮減実績の毎年度のフォローアップに活用される要領等を作成する。

### 【研究内容】

上記①～④の工事コスト以外のコスト縮減効果のうち、平成 14 年度は工事の社会的コスト、特に工事に伴う渋滞により発生する時間損失や CO2 排出などの社会的コストを現場技術者により平易に計測する手法を開発した。あわせて、「コスト構造改革」の取り組みを評価する手法を検討した。

### 【研究成果】

#### 1. 工事渋滞による社会的コストの評価手法の検討

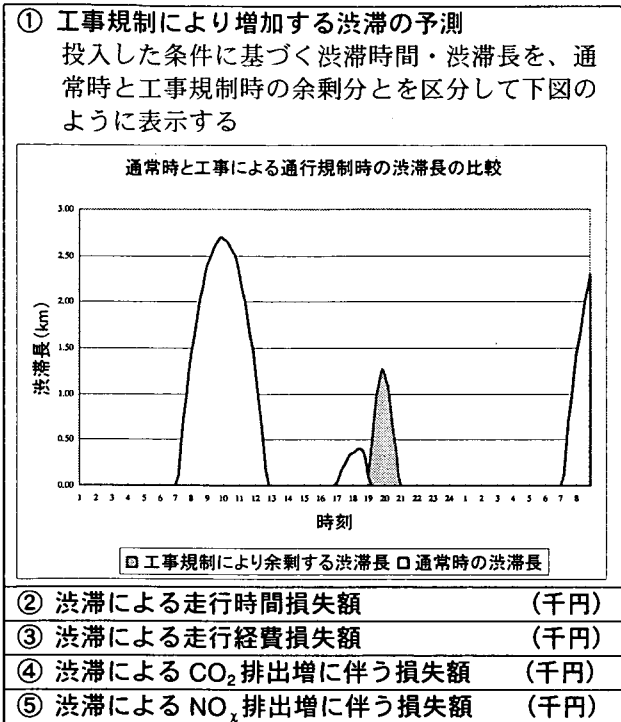
道路工事に伴う交通規制を原因とした交通渋滞は、通行車両の走行時間損失など、多額の社会的コストを発生させている。そのため、官民様々な主体によって、これを低減する新工法等が開発されてきた。

しかし、これらの効果进行评估するには、コスト縮減のアクションを行わなかった場合での交通渋滞予測など、多くの作業と専門的な知識が必要であった。ここでは、工事渋滞による社会的コストの縮減効果を現場で平易に評価することを目差し、工事規制の内容と道路交通センサスの数値を投入(表-1)すれば、渋滞による走行時間損失、走行経費損失のほか交通渋滞に伴う社会的コスト(表-2)を自動的に算出するプログラムを作成した。

表-1 入力データ

種類	データ項目	設定根拠
交通量	・ 24 時間交通量 (12h 交通量と昼夜率より推定可) ・ 車種別構成比	道路交通センサスより抽出
道路の種類・沿道の状況	・ 道路の種類 ・ 利用特性(産業道路等 6 区分) ・ 沿道状況(都市部等 3 区分) ・ 信号交差点の有無・青時間比	実測等により設定
工事規制内容	・ 規制タイプ (2 車線→1 車線規制等 6 区分) ・ 工事規制区間長 ・ 工事規制期間・規制時間	

表-2 出力データ



### 総合コスト縮減額・縮減率の算定手法

総合コスト縮減額は、平成14年度における標準的な公共工事のコスト(アクション前)と、コスト構造改革による取り組み後のコスト(アクション後)との差で算出する。

$$\text{総合コスト縮減率} = \frac{\text{総合コスト縮減額①、②、③の合計}}{\text{計測年度の全工事費} + \text{総合コスト縮減額①、③の合計}}$$

平成14年度における標準的な公共工事のコストを基準とするため、もともと予定していたコストである①、③を分母に加える。

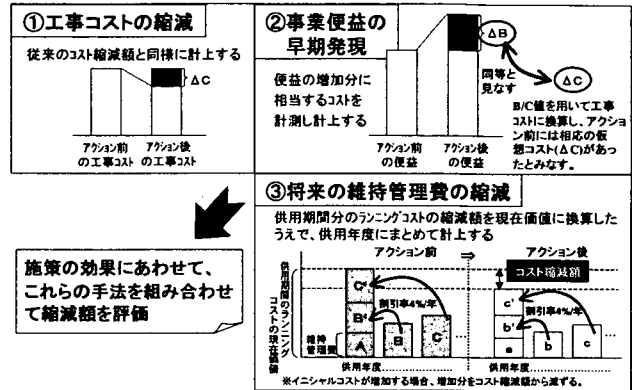


図-1 コスト構造改革の取り組みの評価手法

#### 【結果の発表】

研究成果のうち1.及び2.については、平成14年度のコスト縮減効果フォローアップに用いられる予定である。

3.の研究成果は、国土交通大臣によるコスト構造改革の記者発表(12/20)資料として用いられたほか、コスト縮減効果フォローアップ要領として整理され、平成15年度以降のフォローアップに用いるものとして各地方整備局等に配布される予定である。

#### 【結果の活用】

本研究の成果は、毎年度実施されるコスト縮減実績のフォローアップに活用される。精度及び利用性の高いコスト縮減効果評価手法の提示は、工事コスト以外のコスト縮減のフォローアップをすすめる効果があるものと考えられる。これにより、ひいては総合的なコストを縮減する施策の導入が促進され、より質の高い社会資本の整備・維持管理につながる事が期待される。

また、特に2.の成果は、道路補修工事を計画する際における工事計画の比較評価にも活用されることが期待される。

## 2. コスト構造改革に向けた検討

公共工事のコスト縮減については、これまでも新行動計画に基づき平成8年度から平成13年度にかけて11.7%の縮減を行ってきた。さらに、平成15年度からは、新行動計画だけでは限界があることから、新行動計画を継続実施することに加え、公共事業のすべてのプロセスを例外なく見直す「コスト構造改革」に取り組むこととなった。

「コスト構造改革」は、従来からの工事のコストの縮減に加え、事業のスピードアップによる便益の早期発見及び、将来の維持管理費の縮減を評価項目に取り込んだ「総合コスト縮減率」を数値目標概念として設定した。平成19年度までに14年度に対して15%のコスト縮減を目標としている。

本研究では、新たに数値目標の計測対象に組み入れられた便益の早期発見及び将来の維持管理費の縮減による効果の評価手法及び総合コスト縮減率の算定方法について検討した。

## 車両の大型化が橋梁に及ぼす影響に関する調査

Study on dynamic interaction between heavy vehicles and bridge

(研究期間 平成12～14年度)

室長 中谷昌一

主任研究官 玉越隆史

Head Shoichi Nakatani Senior Researcher Takashi Tamakoshi

研究官 川端淳 研究官 中洲啓太 研究員 石尾真理

Senior Researcher Sunao Kawabata Researcher Keita Nakasu Research Engineer Mari Ishio

The purpose of this study is to propose a way of practical use not conflicting with preservation of highway bridge. In this study, investigation of dynamic effect on bridges caused by large-sized vehicles which have road friendly suspension and monitoring of actual vehicle load condition using whiegh-in-motion system were carried out.

### 〔研究目的および経緯〕

国際物流ネットワークにおいて、ISOトレラなどの国際標準化が進められつつあり、我が国においても車両の大型化に対する要請が強まっている。一方、車両の大型化は橋梁の耐久性に重大な影響を及ぼすことが懸念される。

本研究は、「道路に優しいサスペンションの導入」および「活荷重実態の把握」の両観点から、道路橋ストックの活用と保全を両立する可能性について検討するものである。

### 〔研究内容および成果〕

#### 1. エアサスペンション搭載車の動的影響

近年、車両振動の低減により、乗員の疲労軽減と荷病みの防止を目的として普及が進むエアサスペンション（以下、エアサス）は、従来のリーフサスペンション（以下、リーフサスという）道路に優しい（ロードフレンドリー）サスペンションとして、欧州などでは、軸重規制が緩和されている事例もある。ここでは、サスペンション形式の異なる大型車について、実車を用いた橋梁走行試験等を行い、エアサスの導入が橋梁の動的影響に及ぼす効果について調査

した。

図-1に橋梁上を大型車が通過する際の主げたの応答例を示す。主げた

については、車両としての振動に伴う動的変動の影響が顕著に表れており、エアサスの導入による影響を反映している。

一方、床版に及ぼす影響については、主げたと同様に部材側での測定による動的影響の評価が困難であるため、図-2に示すように車軸のひずみから走行中に車輪が路面に及ぼす動的な荷重を測定することにより評価した。図-3に、車両が橋梁を通過するときの動的軸重の波形を示す。これより、エアサス軸はリーフサス軸に対し、動的軸重の変動振幅が小さくなる傾向がみられた。

次に、床版に及ぼす動的影響についてより一般的

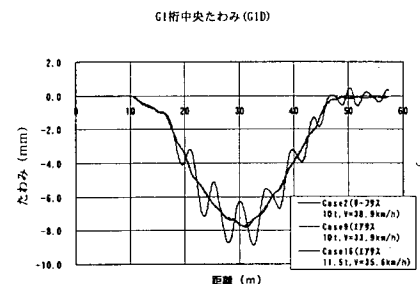


図-1 主げたに及ぼす動的影響

な評価を行うため、多様な路面条件を含む国総研周辺の一般道路において走行試験を行い走行中の動的軸重を連続的に測定した。

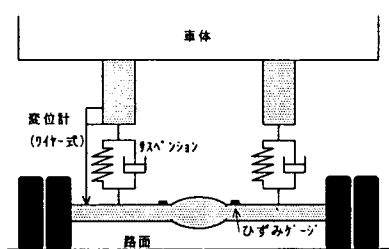


図-2 動的軸重の測定方法

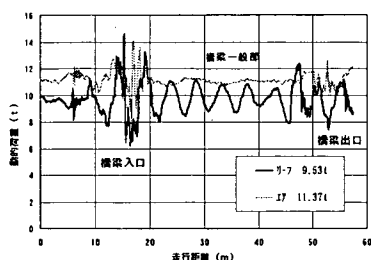


図-3 橋梁通過時の動的軸重

図-4に動的軸重の極値の分布を示す。この結果から、エアサス軸は、リーフサス軸に対して、動的軸重の変動幅は小さくなっていることがわかる。動的軸重の最大値について、車種によっては、リーフ10tとのI711.5tとでほぼ同等になる場合があることが確認された。

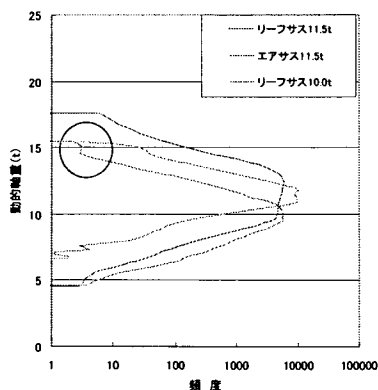


図-4 動的軸重の測定方法

## 2. WIMによる活荷重実態調査

車両の大型化に対応しながら、橋梁の保全を図っていくためには、活荷重の通行実態を把握することが重要である。しかしながら、活荷重の通行実態を把握するツールとして活用できる、橋梁を用いた車両重量計測システム(WIM)に関して、国内外で多数の手法が提案されているが、それらの算定精度や適用条件は明らかではない。国総研では、既往のWIMの算定アルゴリズムについて広範に分析を行い、多様な橋梁形式・交通条件に対応でき、なおかつ、算定アルゴリズムが単純で、人為的な影響を受

けにくい、算定手法を開発した。

具体的な、車両重量の算定の基本的な流れは、次の通りであり、算定の概略を図-5に示す。

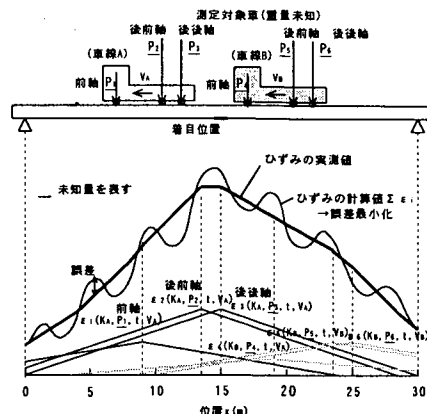


図-5 動的軸重の測定方法

国総研では、実橋を用いて

当システムの適用性検証試験を多数実施した。

- ①重量既知の荷重車走行により、レーン毎に主桁ひずみ(支間中央)の影響線(一次式)を作成する。
- ②輪荷重直下の床版下面のひずみから、レーン毎の車軸数を識別する。
- ③橋梁の全車軸を考慮して、これらの影響線の総和と主桁ひずみの実測値の誤差が最小になるように各軸重を算定する。

### [成果の活用]

車両によっては、エアサス車はリーフサス車に対し、動的影響を緩和する効果があるという結果を受け、「エアサス搭載車両の軸重に関する検討(測量及び試験費)」において、海コントレイラの駆動軸重緩和を可能とする車両条件およびその認証試験法に関する検討を実施した。

WIMを用いた活荷重実態把握については、全国にプログラムを配布し、実態調査を実施する予定である。

### [成果の発表]

- ・中谷、玉越、中洲：大型車が橋梁に及ぼす動的影響に関する調査、第24回日本道路会議論文集、2001.10
- ・中谷、玉越、中洲、石尾：大型トレーラが橋梁に及ぼす動的影響に関する調査、第57回土木学会年次学術講演会概要集、2002.9
- ・中谷、玉越、中洲、石尾：橋梁を用いた車両重量計測システムの開発、土木技術資料、2002