

部分安全係数法を含む性能検証方法の確立に関する研究

Study on an establishment of performance verification including partial factor method

(研究期間 平成 21～23 年度)

道路研究部 道路構造物管理研究室
Road Department
Bridge and Structures Division

室長	玉越 隆史
Head	Takashi TAMAKOSHI
主任研究官	間渕 利明
Senior Researcher	Toshiaki MABUCHI
研究官	生田 浩一
Researcher	Koichi IKUTA
交流研究員	加藤 浩一
Research Engineer	Koichi KATO

In order to convert design specification for highway bridges to verification form based on the partial factor design method, we have concerned a relationship between trial design of representative bridge type by existing specification and that by load and resistance factor.

[研究目的及び経緯]

我が国の道路橋の設計基準である道路橋示方書には、平成 13 年度の改訂において性能規定型の概念が導入される一方で、耐荷力照査の基本書式は許容応力度設計法が踏襲された。また、設計の目標とする期間において性能が満足されることの確からしさなどの信頼性についても陽な形では規定されておらず、技術や材料の信頼性や橋の規模に応じた荷重による影響の大小の相違などを過不足なく合理的に考慮できる信頼性に基づく性能の規定化については課題として残された。

本研究では、部分係数法の導入のために、現行設計基準で考慮される主として荷重側の条件について、根拠となるデータの収集と分析を行い、現行基準による設計で実現する橋の性能について信頼性の観点からの評価と部分係数化の方法の検討を行った。

[研究内容及び研究成果]

1. 検討方針

荷重側の条件として、まず、荷重強度の基本となる特性値については、実務の便も考慮して現行の道路橋示方書における荷重値を基本とした。また、荷重係数の設定にあたっては、荷重要因に関する最新のデータを収集し、これらを根拠としてできるだけ確率統計的な評価を行い整理することとした。

2. 荷重係数の設定手順

現在入手可能な最新のデータを収集し、荷重側の条件についての確率統計的な扱いを当該データの性質を考慮してそれぞれ設定した。そしてこれらを単独又は複数組み合わせることで、道路橋が設計供用期間（100

年）に実際に履歴するであろう荷重・作用の状況を模擬するシミュレーションを実施した。

シミュレーションでは、現行基準に基づき設計されたモデル橋に対して、設計供用期間の標準と仮定した 100 年間に相当する荷重をそれぞれの統計モデルに従って同時に作用させる試算を 1,000 回行い、各回の着目断面力の最大値を抽出して 100 年間最大値の頻度分布を作成した。これは、同じ箇所設計供用期間 100 年の同じ橋梁を 1,000 回建設したことに相当するとの理解による。（図-1）

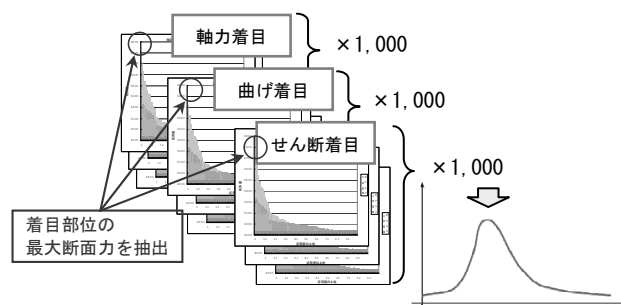


図-1 100 年最大値分布の作成イメージ

3. 荷重・作用の条件

現行の道路橋示方書における荷重・作用には、自然現象に起因し確率統計的な扱いを基本とするものや、データが少なく確率統計的な扱いが困難なもの、さらには人為的要因が係わり確率統計的な扱いが必ずしも適当でないと考えられるものなどがある。主な荷重・作用の条件について以下に示す。

①死荷重

材料品質が JIS 等の公的規格に準拠し、製作・施工技术に極端な変革がない限り既往の実績と同程度のば

らつきが見込まれるものと仮定し、過去の調査結果を根拠データに主として寸法による死荷重のばらつきを考慮した。

②活荷重

過去の実測データ(BWIM)をもとに、交通特性に対応する車列を車間距離や横ぶれを考慮して図-2のように設定し、これを進行方向に1mずつ移動させた時の着目部位の断面力を格子解析で求めた影響線から算出することとした。なお、通常時と渋滞時の荷重状態を考慮するため朝夕2回の渋滞列(車間距離の短縮)を設定している。

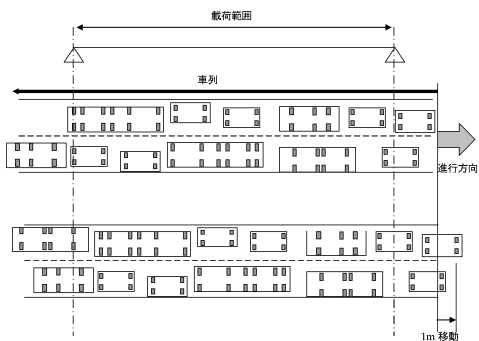


図-2 車列の載荷方法

③地震の影響

設計供用期間中に比較的発生する可能性の高い地震について、過去の地震記録(地域区分A:伊豆, B:室戸, C:旭川)をもとに地震危険度解析から得られる加速度分布を用いることとした。なお、再現期間については、地震単独のシミュレーションによる100年最大値分布(A)と、地震危険度解析から得られた最大加速度分布(B)とを比較し、震度換算での近似性から1年とした(表-1)。

表-1 再現期間別の最大値分布における震度比較

非超過確率	(A)シミュレーションによる100年最大値分布				(B)地震ハザード確率密度関数100年最大値分布
	再現期間2時間	再現期間1ヶ月	再現期間1年	再現期間50年	
36.6%	0.21 (0.88)	0.22 (0.92)	0.23 (0.96)	0.30 (1.25)	0.24
50.0%	0.23 (0.79)	0.25 (0.86)	0.28 (0.97)	0.35 (1.21)	0.29
60.5%	0.25 (0.74)	0.27 (0.79)	0.31 (0.91)	0.40 (1.18)	0.34
95.0%	0.50 (0.63)	0.58 (0.73)	0.75 (0.95)	0.82 (1.04)	0.79

注1:条件は、地域区分A・II種地盤・固有周期1.0s
注2:()内の数字は(B)に対する(A)の各震度の比率

4. 試算結果

図-3の上のグラフは、鋼橋の主桁端径間に着目した場合の発生断面力(最大曲げモーメント)の100年最大値の頻度分布の例である。また下のグラフは100年間の発生断面力の頻度分布を1,000回分重ね合わせたものである。この場合100年間の頻度分布形状は概ね一致しており、最大値の頻度分布の特性を評価するための試算は1000回で十分であると判断した。

このように全ての着目部位毎に対して同様に最大値分布を算出し、現行基準による場合の断面力に近い断面力(±1%程度)を生じさせている最大値に対応するシミュレーションの荷重組合せを抽出した。表-2に示すとおり、主荷重のみ又は主荷重と単一の従荷重との組合せは現行基準と同様のパターンが確認されたものの、主荷重と複数の従荷重との組合せについては現行基準で考慮するもの以外のパターンが幾つか出現しており、荷重係数の収斂とあわせてこれらの荷重組合せの妥当性についてもさらに検討が必要である。

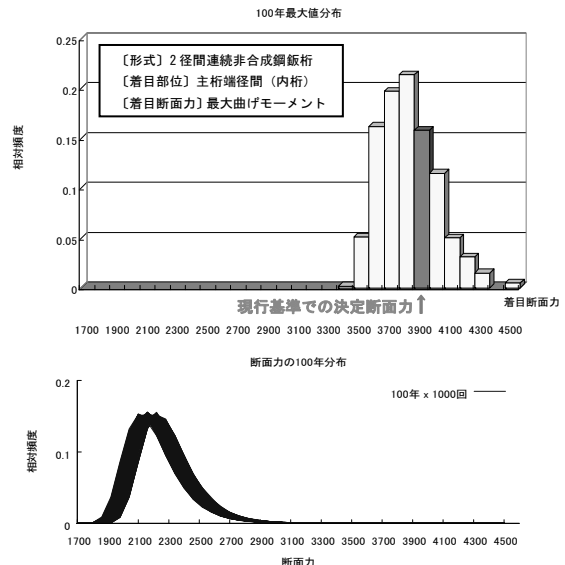


図-3 シミュレーションで得られた発生断面力の分布

表-2 試算結果と現行基準の荷重組合せ(変動作用)

種別	荷重組合せ	現行基準	シミュレーション結果		
			鋼上部工	PC上部工	下部工
主荷重のみ	D+L+...	◎	○	○	○
	D+T+...				
主荷重 + 単一の従荷重	D+W+...	◎			
	D+EQ+...	◎			○
	D+L+T+...	◎	○	○	○
	D+L+W+...	◎			○
主荷重 + 複数の従荷重	D+L+EQ+...				○
	D+T+W+...				
	D+T+EQ+...				
	D+W+EQ+...				
	D+L+T+W+...	◎			○
	D+L+T+EQ+...		○	○	○
D+L+W+EQ+...				○	
D+T+W+EQ+...					
D+L+T+W+EQ+...				○	

D:死荷重, L:活荷重, T:温度, W:風, EQ:地震
◎:現行基準で考慮, ○:シミュレーションで出現

[成果の活用]

試算結果から荷重組合せ及び荷重係数を収斂の上、別途提示される抵抗係数とともに実務設計でのキャリブレーションを行い、次期道路橋示方書に用いる部分係数の提案に反映させる予定である。

耐久性に関する性能水準の設定及び規定化の検討

Research on Establishment and Regulation of Performance Standard about Durability for Highway Bridges

(研究期間 平成 21～23 年度)

道路研究部 道路構造物管理研究室
 Road Department Bridge and Structures Division
 主任研究官 間瀬 利明
 Senior Researcher Toshiaki Mabuchi
 研究官 池田 秀継
 Researcher Hidetsugu Ikeda
 交流研究員 藤田 知高
 Research Engineer Tomotaka Fujita

室長 玉越 隆史
 Head Takashi Tamakoshi
 主任研究官 星野 誠
 Senior Researcher Makoto Hoshino
 交流研究員 小沼 恵太郎
 Research Engineer Keitaro Konuma

Issues about durability of highway bridges are examined since they have not been regulated in standard yet. Statistic analysis about corrosion of weathering steel bridges, chloride damage of concrete bridges, and fatigue damage of reinforced concrete slab were conducted, using periodic inspection results.

〔研究目的及び経緯〕

道路橋の設計基準である道路橋示方書は、時代の要請に従って逐次改訂を重ねながら運用されてきている。耐荷力については現在信頼性の概念を取り入れた部分係数設計法書式への転換が検討されている。一方、耐久性においては徐々に規定の充実が図られてきたものの、精度の高い照査手法を規定するために必要な十分な知見がないため、設計上の目標期間として 100 年程度を念頭として構造細目や固定的な仕様を満足させることで耐久性能を確保する方法が中心となっている。

本研究では、耐久性に影響を及ぼす様々な外力や環境の条件、完成時の施工品質の水準が耐久性能にどのように影響するのかを定量的に明らかにすることで、これらの要因について設計で考慮し、合理的で信頼性の高い耐久性の設計が行える手法の確立を目的として点検データ等の分析と評価を行う。

平成 21 年度は、耐候性鋼材の異常腐食、コンクリートの塩害、RC 床版の疲労を対象として直轄道路橋の点検結果の分析と評価を行い、劣化促進要因と進展の関係について整理を行った。

〔研究内容及び研究成果〕

(1) 耐候性鋼材の腐食要因に関する統計分析等

耐候性鋼材を使用した橋梁444 径間を対象に「腐食」と「防食機能の劣化」に分類される変状について耐候性鋼材特有の発錆状況に着目した評価区分を設定して再整理を行った。

現行基準における耐候性鋼材の適用環境は、飛来塩

分量に着目して定められている。図 1 では、防食機能の劣化の損傷程度の評価 e,d,c,b,a にそれぞれさび外観評点 1～5 を対応させて表示する。異常さび発生は、飛来塩分量測定必要地域内外で異常さび(外観評点 1、2)の発生割合が同じなので、桁端部の漏水等、その他の要因が支配的と推察される。また、建設後 5 年未満においても異常腐食が発生している(図 2)ことから架橋地点のマクロ的な塩分環境以外に桁端部や排水処理との関係など局所的な腐食環境との関係を考慮することが耐久性の評価には不可欠であることがわかる。

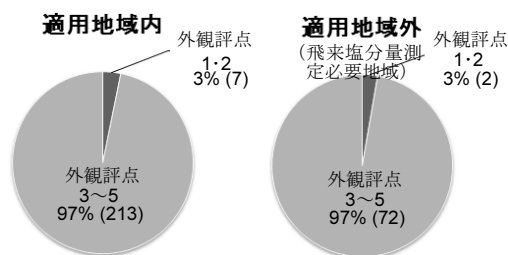


図 1 異常さび発生と適用地域

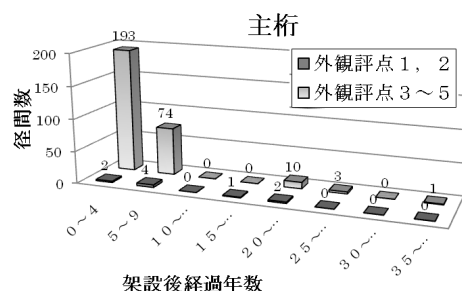


図 2 外観評点と架設後経過年数

(2) コンクリートの塩害に関する統計分析等

平成16年以降に塩害特定点検を実施した橋梁112径間を対象に「ひびわれ」、「剥離・鉄筋露出」、「漏水・遊離石灰」に分類される変状を、塩化物イオン濃度測定値を含めて再整理を行った。コンクリートの塩害への対応は、コンクリート中のかぶり位置における塩化物イオン濃度に着目して離岸距離に応じて抵抗性のかぶりの値として定められている。平成14年(2002年)道路橋示方書のコンクリートの最小かぶりの深さにおける建設100年後の塩化物イオン濃度を図3に示す。1983年以前に建設された橋の塗装鉄筋等を併用しない離岸距離100mの地点において発錆限界 $1.2\text{kg}/\text{m}^3$ を超える箇所があったものの、道路橋の塩害対策指針(案)が出された1984年以降に竣工した地点では発錆限界濃度 $1.2\text{kg}/\text{m}^3$ 以下であった。上記指針(案)では水セメント比を小さくするとともに塩分量を制限してコンクリートの品質を高め、塩分や酸素の浸透量抑制を期待しており、施工品質が耐久性に影響したと考えられる。

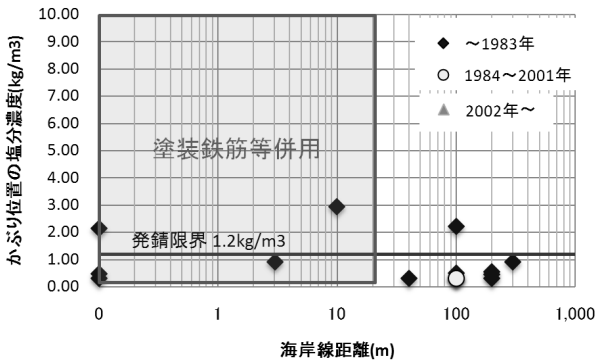


図3 かぶり深さにおける塩分濃度 (プレテン桁)

(3) RC床版の疲労に関する統計分析等

「RC床版のひびわれ」に分類される変状において損傷程度の評価区分eのパネルが含まれる橋梁88径間を対象として、「床版のひびわれ」、「漏水・遊離石灰」、「剥離・鉄筋露出」、「抜け落ち」、及び路面に発生する「舗装の異常」の各損傷をパネル毎に評価して大型車の累積交通量を含めて整理した。RC床版の疲労耐久性に対する適用環境は、大型車の繰り返し通行に対して耐久性を失わないこととしており、最小床版厚や鉄筋の許容応力度の値が定められている。

大型車の累積交通量による遊離石灰を伴う床版ひびわれに増加傾向は見られず、他の要因が大きく影響していると考えられた(図4)。88径間のうち、1964~1972年の道路橋示方書の適用は77%を占めており、それらは各支間において床版ひびわれの劣化が最も進行した評価eが発生しているパネルの発生割合が高い(図5)。図6は、数字は損傷程度の評価と対応し、床版のひびわれは損傷無し、a,b,c,d,eをそれぞれ1~6に対応させて表示

する。1965年以前及び1976年以降では、漏水・遊離石灰を伴う床版ひびわれは一方向がわずかにあるだけであったが、該当する1966~1975年頃に建設されたRC床版では漏水・遊離石灰を伴う(漏水・遊離石灰:3)1方向(床版ひびわれ:2,3)及び2方向(ひびわれ:4~6)の床版ひびわれが多く発生していた。鉄筋の許容応力度を $100\text{N}/\text{mm}^2$ 高くしたことによる鉄筋量の減少が耐久性に大きく影響したことが考えられる。1978年より $200\text{N}/\text{mm}^2$ の余裕を取る事に改訂されている。

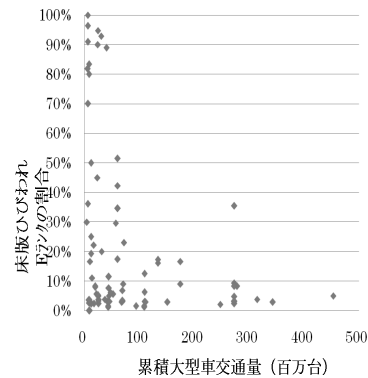


図4 累積大型車交通量と床版ひびわれ

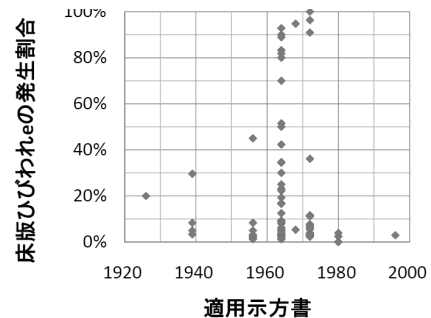


図5 適用示方書と床版ひびわれ

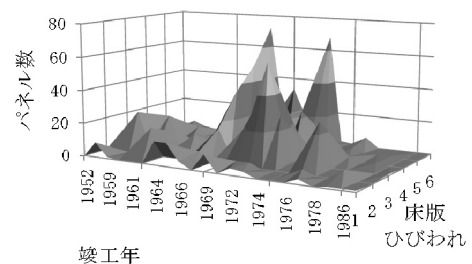


図6 架設年と漏水・遊離石灰を伴う床版ひびわれ

[成果の発表]

国総研資料及び各種論文等で発表予定。

[成果の活用]

橋梁の耐久性に関する項目として点検・評価・設計等の基準に反映予定。

部材の重要度を考慮した設計手法に関する検討

Study on design method considering importance of member for road structures

(研究期間 平成 21 年度～平成 23 年度)

道路研究部 道路構造物管理研究室
Road Department
Bridge and Structures Division

室長 玉越 隆史
Head Takashi TAMAKOSHI
主任研究官 間瀬 利明
Senior Researcher Toshiaki MABUCHI
研究官 生田 浩一
Researcher Koichi IKUTA
交流研究員 加藤 浩一
Research Engineer Koichi KATO

We conduct to perform comparison with test calculations about the influence that member or the damage of the part gave to the whole bridge and the test calculation of the case by the existing design standard. We examine the introduction to the prescribed design standard about the structure safety of the whole bridge.

〔研究目的及び経緯〕

道路橋の設計基準である道路橋示方書では、橋の耐荷力性能については橋を構成する部材それぞれの耐荷力特性に着目して弾性挙動が保証されることや限定的な損傷にとどまることなどを照査する部材設計によって満足させることが中心である。一方、近年米国で生じた大規模トラス橋の崩壊事故により、構造形式によっては不測の破壊等によって部材の機能低下が生じた場合に、当該部材が橋全体の耐荷力機構において果たす役割の相違が橋全体の性能に及ぼす影響に大きな差異を生じることが認識された。

本研究では、道路橋の設計において部材単体の性能のみならず、部材が橋全体の耐荷力機構の中で果たす位置づけにも着目して、不測の部材破壊に対して橋全体の性能が満足されることの程度についても照査できる手法について検討を行う。今年度は、部材又は部位の損傷程度を異なる条件でモデル化して橋全体の耐荷力性能に及ぼす影響に関する試算を行い、部材毎の機能低下の影響を設計段階で考慮するための設計手法の検討を行った。

〔研究内容及び研究成果〕

1. 検討方針

まずは既往の文献調査を行い、落橋および重大損傷の事例は、『落橋に至ったもの』、『落橋に至らなくても落橋に結びつくような重大損傷』を中心に調査を行った。調査した事例においては、橋梁形式別で桁橋が56%と最も多かった。想定される原因のキーワードの分類では「腐食」が全体の36%と最も多く、「地震」

や「車両衝突による火災」といった不測の事象に起因する事例も20%を占めている。様々な橋梁形式で損傷が発生していることがわかった。

詳細なモデル化を行うことにより部材の重要度の評価を行うことは可能である。しかし実務設計段階では詳細なモデル化により評価を行わせるのは現実的ではない。そのため、簡易的なモデルについても検討する。

文献調査から構造条件と着目する部材部位の損傷や破壊形態とその程度の組み合わせ条件に対して、橋梁全体系の構造安全性の評価できる解析モデルを作成した。

2. 橋梁形式・規模の選定

対象とする橋梁は、これまでの施工実績が多い形式、今後採用が増えると予想される形式、規模（支間長、橋脚高さなど）を調査・分析し、代表形式に近い実際の橋梁の設計成果を検討用モデルとして、表-1に示す10橋梁を選定した。

3. 解析手法

各部材に不測の破壊等が生じた場合に橋全体の性能にどのような影響が現れうるかを簡便かつ安全側に評価できる方法（部材の重要度評価手法）について検討を行った。

(1) 静的線形解析

静的線形解析により、この部材の破壊が橋梁全体の破壊に繋がる部材かどうかの検討を行った。荷重載荷状態は、トラス橋は図-1のように損傷想定部材（破断部材）の断面力（6成分考慮）に、衝撃係数1.854¹⁾

を乗じた荷重を部材が破断（削除）した構造系に対して破断部材の両端に逆方向に荷重した。

(2) 複合非線形動的解析

材料非線形性と幾何学的非線形性を同時に考慮した複合非線形動的解析を行った。

本解析における動的解析法においては、地震応答解析でよく用いられるニューマークのβ法を採用し、時間積分間隔 1/1000 秒の自由振動とした。減衰定数については、部材ごとの剛性比例型減衰とし、減衰定数は 0.1%とした。

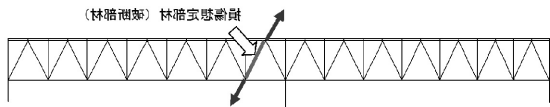


図-1 解析モデルの例

部材の破断の判定については以下の式によった。
引張部材：

$$R = \left(\frac{P}{P_p} \right) + \left(\frac{M}{M_p} \right)_{ip} + \left(\frac{M}{M_p} \right)_{op}$$

ここで、

添字 ip、op：面内、面外

P、M：作用軸力、作用曲げモーメント

P_p、M_p：全塑性軸力、全塑性曲げモーメント

圧縮部材：

$$R = \left(\frac{P}{P_u} \right) + \frac{1}{1 - (P/P_E)_{ip}} \left(\frac{M_{eq}}{M_p} \right)_{ip} + \frac{1}{1 - (P/P_E)_{op}} \left(\frac{M_{eq}}{M_p} \right)_{op}$$

ここで、

P_u：道示Ⅱ3.2.1に基づく座屈を考慮した終局圧縮強度

P_E：オイラー座屈軸力

M_{eq}：等価換算曲げモーメント

4. 解析結果

検討した異なるモデル化手法の例として、静的線形解析と複合非線形動的解析の結果を比較する。どちらも斜材がこの部材の破壊が橋梁全体の破壊に繋がる部材になる可能性が高い結果となった。静的線形解析でも安全側の評価ができることがわかった。

多様な部材形状・接合構造について、方向別の剛性や破壊基準を確実に安全側の評価が行えるモデル化に

表-1 検討対象とした橋梁

橋梁種別	橋梁諸元	解析手法（モデル）
① 鋼単純多主桁橋	支間長 37m の単純非合成 4 主 I 桁橋	線形（格子）
② 鋼連続多主桁橋	支間 37m+55m+37m の 3 径間連続非合成 4 主 I 桁橋	線形（格子） 線形（シェル）
③ 鋼少数主桁橋	支間 50m+50m+50m の 3 径間連続合成 2 主 I 桁橋	線形（格子）
④ 下路式トラス橋	支間長 70.77m の鋼単純下路式トラス橋	線形（骨組）
⑤ 上路式トラス橋	支間 47.5m+50m の 2 径間連続上路式トラス橋	非線形（シェル/骨組） 線形（シェル/骨組）
⑥ 下路式アーチ橋	支間長 103.2m の下路式ランガー桁橋	線形（骨組）
⑦ 上路式アーチ橋	支間長 69.7m の上路式アーチ橋	線形（骨組）
⑧ 鋼斜張橋	支間長 190m の 2 径間連続鋼斜張橋	線形（骨組）
⑨ RC 橋	支間長 10m-50m のプレテン、ポステン T 桁	線形（棒）
⑩ PC 橋	支間長 10m の中実、中空断面	線形（棒）

表-2 線形静的解析の結果（斜材）

想定 損傷部材	R > 1 の 部材数		Rmax (引張)	Rmin (圧縮)
斜材 第一位 (L8~9(9 側))	3 (上弦材 2 +垂直材 1)	上弦材	2.04	-0.60
		下弦材	0.96	-0.90
		斜材	0.69	-0.75
		垂直材	2.49	-0.64
	3 (上弦材 2 +垂直材 1)	上弦材	1.95	-0.58
		下弦材	0.90	-0.88
斜材 第二位 (L7~8(7 側))	3 (上弦材 2 +垂直材 1)	斜材	0.66	-0.70
		垂直材	2.42	-0.56
	2 (上弦材 1 +垂直材 1)	上弦材	1.03	-0.87
		下弦材	0.39	-0.45
斜材 第一位 (L8~9 (9側))	2 (上弦材 1 +垂直材 1)	斜材	0.55	-0.58
		垂直材	1.91	-0.56
	2 (上弦材 1 +垂直材 1)	上弦材	1.00	-0.82
		下弦材	0.38	-0.44
斜材 第二位 (L7~8 (7側))	2 (上弦材 1 +垂直材 1)	斜材	0.52	-0.55
		垂直材	1.89	-0.49

表-3 複合非線形動的解析の結果（斜材）

想定 損傷部材	R > 1 の 部材数		Rmax (引張)	Rmin (圧縮)
斜材 第一位 (L8~9 (9側))	2 (上弦材 1 +垂直材 1)	上弦材	1.03	-0.87
		下弦材	0.39	-0.45
		斜材	0.55	-0.58
		垂直材	1.91	-0.56
	2 (上弦材 1 +垂直材 1)	上弦材	1.00	-0.82
		下弦材	0.38	-0.44
斜材 第二位 (L7~8 (7側))	2 (上弦材 1 +垂直材 1)	斜材	0.52	-0.55
		垂直材	1.89	-0.49
	2 (上弦材 1 +垂直材 1)	上弦材	1.03	-0.87
		下弦材	0.39	-0.45
斜材 第一位 (L8~9 (9側))	2 (上弦材 1 +垂直材 1)	斜材	0.55	-0.58
		垂直材	1.91	-0.56
斜材 第二位 (L7~8 (7側))	2 (上弦材 1 +垂直材 1)	上弦材	1.00	-0.82
		下弦材	0.38	-0.44

については、設計者によってばらつきができるだけ起きないように、要領化やモデルに導入する特性値・破壊基準を設定する必要がある。

部材設計法が基本となっている現行設計法の特徴と、方向別の強度変形特性を考慮することで評価が可能となることがわかった。

今後は、簡便で普遍化された方法とするために、格点部には剛域を設け、各部材軸方向に、曲げ・せん断・軸方向力などの強度変形特性のみを全方向別々に考慮する格子解析モデル化の検討を行う。

【成果の発表】

国総研資料及び各種論文に発表予定である。

【成果の活用】

実務設計段階で経済的にリダンダンシーを考慮する場合に、適用可能な評価手法の一つとなる。

【参考文献】

- 1) ミネアポリス I-35W 橋 URS レポート

道路工事における総合的なコスト構造改善の評価に関する調査

Investigation concerning evaluation of the overall cost structure improvement in road works

(研究期間 平成 21 年度～平成 23 年度)

ーコスト構造改善プログラムの普及・促進に向けた総合コスト改善の実績分析ー

Analysis of results of integrated cost reduction for spread and promotion of cost structure improvement program

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 Division

課 長 佐近 裕之
Head Hiroyuki SAKON
主任研究官 駒田 達広
Senior Researcher Tatsuhiro KOMADA
交流研究員 中島 章
Guest Researcher Akira NAKAJIMA

In this study, improvement of the integrated cost in fiscal year 2008 was analyzed. To promote the public works which tackle an issue to improve the lifecycle-cost and the social-cost, that is new evaluation factor, improvement of the efficiency of the follow-up method such as easy calculation method was examined and case studies which are easy to understand were shown.

[研究目的及び経緯]

道路行政では、これまでのコスト縮減の取り組みに加え、行き過ぎたコスト縮減は品質の低下を招く恐れもあることからコストと品質の両面を重視する取り組みとした「国土交通省公共事業コスト構造改善プログラム」(平成 20 年度～平成 24 年度)(以下「改善プログラム」という。)に基づき、平成 20 年度から 5 年間で、15% (平成 19 年度比) の総合コスト改善を目標とした「総合的なコスト構造改善」に取り組んでいる。

平成 20 年度の総合コスト改善率は、国土交通省・関係機構等合計で、3.7%の低減となった。物価変動等を含めた改善率は 0.9%の低減となった。

本研究では、総合コスト改善実績の分析、新たな評価項目であるライフサイクルコストの改善及び社会的コストの改善施策の普及・促進を図るための、分かりやすい算出事例の作成並びに算出手間の軽減等のフォローアップ方法の効率化について検討を行った。

[研究内容]

平成 20 年度に国土交通省が実施した道路事業等に関する全コスト構造改善実績データを収集し、総合コスト改善率の構成要素である工事コストの改善、ライフサイクルコストの改善、社会的コストの改善の各実績を、工事単位及び個別のコスト改善施策単位で分析した。

工事単位の分析においては、工種や地域別に、全発注工事件数に対するコスト改善を実施した工事の割

合を分析した。コスト構造改善施策単位の分析においては、施策内容、件数、コスト改善額を分析した。

また、ライフサイクルコストの改善、社会的コストの改善については各施策内容を分析し、具体的算出方法のケーススタディを作成した。

[研究成果]

1.1 工事コストの改善施策の分析 (道路事業)

道路事業の平成 20 年度の全発注工事 7,312 件のうち、工事コストの改善施策が実施された工事は 1,349 件で、実施率は約 18%であり、平成 19 年度の実施率(約 54%)に比べ、大幅に減少した。

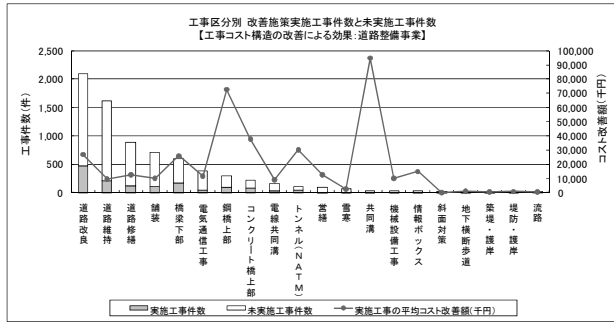
これは、平成 20 年度のプログラム改定に伴い、標準的なコストの基準年度が平成 14 年度から平成 19 年度に変更となったことにより、平成 19 年度までコスト改善施策とされた手法・工法のうち、標準的な手法・工法として各工事で活用されるようになったものについては、平成 20 年度ではコスト改善施策として計上しないこととしたためである(表 1 参照)。

表 1 道路事業工事コストの改善施策の実施率

年度	コスト構造改善プログラム			コスト構造改善プログラム
	H17	H18	H19	H20
発注工事件数	7970 件	5896 件	7345 件	7312 件
実施工事件数	2161 件	2406 件	3944 件	1349 件
実施率	27%	41%	54%	18%

1.2 工事区分別工事コストの改善効果の分析

工事区分別に分析した結果を図1に示す。実施工事件数順では、道路改良工事が464件と多く、ついで、道路維持工事(201件)、道路修繕工事(111件)となっている。また、実施工事での平均コスト改善額順では、共同溝工事が最も高く約95百万円となっており、ついで、鋼橋上部工事(約73百万円)、トンネル工事(約30百万円)となっている。



(注) 北海道開発事業を含む。

図1 工事区分別の工事コストの改善効果

1.3 工事コストの改善施策の分析

道路事業における工事コストの改善が実施された工事を改善施策単位毎に整理し取組み件数が多い施策上位20位を表2に示す。

取組み件数順では「新技術・新工法の採用」が465件と多く、ついで、「道路のり面の緑化基準の見直しとのり面緑化技術の開発」が132件となっている。合計コスト改善額順では、「新技術・新工法の採用」が約86億円と高く、ついで、「鋼橋の少本数主桁化」が約29億円となっている。工事1件あたりの平均コスト改善額では、「鋼橋の少本数主桁化」や「橋梁形式の見直し(上部工、下部工)」等の橋梁の見直しに関する施策が上位となっている。

表2 工事コストの改善施策のランキング表

順位	具体的施策内容	取組み件数(件)	合計コスト改善額(百万円)	平均コスト改善額(百万円)	平均コスト改善率(%)
1	新技術・新工法の採用	465	8,645.1	18.6	5.9%
2	道路のり面の緑化基準の見直しとのり面緑化技術の開発	132	812.3	6.2	2.8%
3	ローカルルールへの適用	55	1,988.0	36.1	10.3%
4	パワーレンダラー工法の採用	39	625.0	16.0	6.7%
4	鋼橋の少本数主桁化	39	2,886.1	74.0	10.8%
6	伐採木を粉砕した生のチップ材と現地発生表土を生育基盤の材料として再利用	34	172.5	5.1	2.2%
7	支承構造・形式の変更	28	491.2	17.5	4.9%
7	道路除草頻度の見直し	28	283.6	10.1	7.9%
9	コンクリート二次製品の活用	24	154.1	6.4	2.6%
9	排水性舗装用ドレン管に新材料を採用	24	25.0	1.0	0.7%
9	路面清掃回数削減	24	235.3	9.8	10.3%
12	直線ホールの採用	23	47.6	2.1	4.4%
13	橋梁形式の見直し(上部工、下部工)	21	860.2	41.0	12.7%
14	鋼管ソイルセメント杭工法の採用	20	219.5	11.0	3.5%
15	ランドルトリップスの採用	19	372.7	19.6	13.1%
15	凍結防止剤の計画的な散布	19	190.5	10.0	2.5%
17	排水性舗装の排水処理に孔あき側溝を採用	17	37.4	2.2	1.4%
18	CCTV一体型カメラの採用	16	147.4	9.2	7.5%
19	スリップフォーム工法の採用	15	130.9	8.7	3.7%
20	PC合成桁(PC板タイプ)の適用(PCコンボ機)	14	437.4	31.2	14.5%

(注) 北海道開発事業を含む。

2 ライフサイクルコストの改善効果の分析

道路事業のライフサイクルコストの改善効果において取組まれている改善施策を表3(件数順)に示す。取組み件数順では「防草対策の実施」が64件と多く、ついで、「耐候性鋼・ステンレス鋼材等の採用」が62件となっている。合計コスト改善額順では、「耐候性鋼・ステンレス鋼材等の採用」が約23億円と高く、ついで、「防草対策の実施」が約14億円となっている。

表3 ライフサイクルコストの改善施策

順位	具体的施策内容	取組み件数(件)	合計コスト改善額(百万円)	平均コスト改善額(百万円)	平均コスト改善率(%)
1	防草対策の実施	64	1,401.7	21.9	22.6%
2	耐候性鋼材・ステンレス鋼材等の採用	62	2,339.6	37.7	11.4%
3	道路構造物の長寿命化・延命化	12	401.4	33.4	10.2%
4	照明器具の見直し	8	33.4	4.2	2.5%
5	高耐久性床板の採用	6	643.9	107.3	23.0%
6	長寿命蓄電池の採用	2	1.5	0.8	0.3%
	合計	154	4,821.4	31.3	15.8%

(注) 北海道開発事業を含む。

3. 社会的コストの改善効果の分析

道路事業の社会的コストの改善効果においては、「事業便益の早期発現による効果」は0件であり、「工事に伴う通行規制の改善による効果」は1件(約8億円)であった。この結果より、改善プログラム初年度の実績として施策の導入が進んでいないことが示された。

4. 具体的算出方法のケーススタディの作成

新たな評価項目であるライフサイクルコストの改善効果・社会的コストの改善効果について、現場への施策の普及・促進を目的として具体的算出方法のケーススタディを作成した。ライフサイクルコストの改善効果については、平成20年度実績より、件数が多く効果が大きい改善施策の抽出を行い、「耐候性鋼材・ステンレス鋼材等の採用」、「橋梁の長寿命化・延命化対策」の2件について作成した。社会的コストの改善については、平成20年度実績では計上されなかった「事業便益の早期発現」において「民間提案の新技術による早期供用」を作成した。

[成果の発表]

本研究の成果は、「平成22年コスト削減担当者会議」において公表予定である。

[成果の活用]

本研究の成果は、各地方整備局担当者に情報提供することにより、毎年度実施されるコスト改善構造フォローアップにおいてコスト改善額の算定に活用され、総合コスト構造改善の促進・普及に寄与している。

建設 CALS/EC 検討 (CAD 関係)

Research on CALS/EC (CAD)

(研究期間 平成 18 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	遠藤 和重
Head	Kazusige ENDO
主任研究官	青山 憲明
Senior Researcher	Noriaki AOYAMA
交流研究員	坂森 計則
Guest Researcher	Kazunori SAKAMORI
交流研究員	東耕 吉孝
Guest Researcher	Yoshitaka TOHKOH

In the field of civil engineering, advanced product system using 3D-CAD needs for productivity improvement as well as manufacture. We examined an exchange standard of 3D-CAD data as a part of CALS/EC activities in this study.

〔研究目的及び経緯〕

製造業や建築等では、3次元CADを利用した生産システムが構築されている。公共事業においても3次元データを利用した高度な生産システムを導入し、生産性向上を図ることが、CALS/ECアクションプログラムや情報化施工推進戦略等に掲げられている。本研究は、3次元CADによる生産システムの実現をめざして、調査、設計で作成される3次元の地形・地質データや設計データを対象に、固有のシステムに依存しない3次元データに関わる交換標準を策定し、電子納品として事業フェーズで流通する仕組みを構築することを目的として実施する。

〔研究内容〕

上記の目的を達成するために、平成21年度は以下の研究を実施した。

(1) 道路中心線形データ交換標準(案)の検討

道路中心線形データは、設計、施工等で利用される最も基本的な3次元データである。これまで、「道路中心線形データ交換標準(案)基本中心線形編」を策定し、設計から施工に流通する仕組みを構築したが、3次元座標をもった位置精度の高い道路中心線形を維持管理でも利用することを考えて、昨年度は新設道路と既存道路の道路中心線データを取得して、道路ネットワークとして利用するデータモデルを提案した。今年度は、道路ネットワークモデルの利用効果及びネットワークを作成するにあたっての技術的適用性を検討するために、三重河川国道事務所管内の直轄国道の実データを用いた検証実験を実施した。検証の結果、高い位置精度のデータの利用効果や、ネットワークを構築するに際しての結節点処理の課題等を明らかにした。この結果をもとに、昨年度作成した道路中

心線形ネットワークモデルの変更、修正を行った。

(2) 舗装の3次元データ交換標準の検討

これまで道路中心線形と組み合わせて3次元道路形状を表現する道路横断データ交換標準を作成したが、舗装工事では、それに加えて3次元舗装構成を表現するモデルが必要である。そこで、過年度に舗装の3次元データ交換標準素案を作成したが、関東地整管内で実施された道路設計や工事等の実データを用いて、標準素案に対する既存ソフトウェアとの適用性、3次元幾何形状の再現性などのモデルの妥当性を検討した。さらに、ベンダーへのヒアリングを実施して既存ソフトウェアへの適用性を確認するとともに、モデルに対する改善意見に基づいてデータ交換標準の修正、変更を行った。

(3) トンネルの3次元設計データ交換標準の検討

道路、舗装等の3次元化の取り組みをトンネルに拡張し、トンネルの3次元設計データ交換標準の基本方針を検討した。基本方針を検討するにあたって、初めに、3次元設計データの利用場面を調査した。設計では、地山条件や建築限界からパターン化されたトンネル形状、支保工を選択するといった設計が行われるが、この際3次元CAD等は利用されず、2次元の図面が設計成果となる。一方、施工では、トータルステーションを利用した出来形計測などの情報化施工が実施されており、入力データとして3次元設計データを必要としている。このため、3次元設計データのモデル化方針として、情報化施工等で必要な3次元設計データを、設計段階で3次元CAD等を用いなくとも作成可能なモデルとして、情報化施工で3次元CADに取り込むとトンネルの3次元形状が作成できるものをめざす。そこで、道路、河川堤防の線形構

造物の既存モデルに倣い、トンネル中心を線形方向の基準線として断面を定義するモデルを基本方針とした。この方針に従ってトンネル構造が3次元形状で表現できるような設計パラメータのモデル化を検討した。

(4) 道路ドメインモデルの運用に関する調査

道路中心線形データ交換標準に従って作成された道路中心線形の電子納品の状況を確認するために、関東地整の保管管理システムに格納されている電子成果品の調査を実施した。調査の結果、従来の線形図や線形計算書で納品されているケースが大半であり、データ交換標準をもとに道路中心線形データが作成されている設計業務成果はなかった。今後、納品されない原因を詳細に調査し、対応を図っていく必要がある。

(5) 設計用拡張DMデータ【道路編】製品仕様の検討

過年度は道路設計のための拡張DMデータ作成仕様を策定したが、本年度は、データの取得基準、データ品質、受注者が実施する検査及び第三者による検定方法を規定する製品仕様書を作成した。作成にあたっては、既存のJPGIS対応の製品仕様書を参考として、引用できる部分はそれを引用し、新たに道路設計のための高さ情報の取得が必要な地物に限って、記述内容を追加した。具体には、高さ情報をもつ地物の品質について、等高線と地物の高さの整合性の確保や、受注者の検査や第三者検定に対する要求品質などを定めた。

(6) 3次元地形・地質データ交換標準の検討

3次元地形・地質データは、土壤汚染、地下水位低下、地盤沈下等の地盤環境分野や防災分野等で広く利用される情報であり、3次元数値解析ソフトや可視化ツール等の普及も相まって、その利用ニーズは増大している。このため、昨年度は3次元地形・地質のモデルを検討し、3次元地形・地質データ交換標準素案を作成した。今年度は、昨年作成した素案の技術的適用性、特に2次元図面の地質図を納品させるといった現状の電子納品における運用、既存ソフトウェアとの適用性、実データと比較してのモデルの妥当性を検討した。検討の結果、限られたソフトウェアでの検証でモデルの妥当性を一般化はできなかったが、検証に利用したソフトウェアでのモデルの妥当性は確認できた。また、3次元データを作成するソフトウェアの普及が十分でないことから電子納品での運用を踏まえて、2次元CADでも作成可能なパネルダイヤグラムを基本とするモデルを詳細に検討し、モデルの修正、変更を実施した。

(7) 3次元データの可視化技術に関する検討

3次元可視化技術は、3次元情報をCGやVRに利用してわかりやすく画像処理する技術であり、3次元データの利用として最も期待されている。これまで、製造業や建築等の分野での導入が進んでいることから、土木分

野で参考となりそうな他分野での取り組みと、土木分野で導入した場合の利用場面と導入効果や土木分野の技術の開発動向等を文献、ヒアリングで調査した。調査の結果、他分野では、設計段階で3次元可視化技術を導入することが多く、意匠設計、干渉チェック、数値解析結果の表示等に利用している。土木の場合も、普及には至っていないものの、景観設計、住民等への情報提供、設計の干渉チェック、施工管理、維持管理での教育に利用する研究、技術開発が進められている。また、専門家へのヒアリングでも、今後の導入の必要性を認める意見が多い。しかし、3次元データ作成コストの低減、ハード、ソフトウェア環境の整備が解決されないと普及が難しいといった課題も明らかになり今後の方向性が確認できた。

(8) 3次元CADを用いた数量算出の検討

3次元データの利用で効果が大きい分野の1つとして3次元CADによる数量計算がある。特に、形状が複雑な土工や構造物等では、3次元データが作成されていれば3次元CADによる正確な数量計算が可能となる。今年度は、3次元CADによる数量算出の効果、課題、その対応策を検討した。

(9) 3次元データ利用のケーススタディ

3次元データ利用の効果や課題を検証するために、橋梁を対象とした実データを用いたケーススタディ検討を実施した。検討は、関東地整常総国道事務所管内の橋梁の設計成果図面より3次元CADデータを作成し、3次元データの利用効果や課題を検討した。関係者からの意見から、橋梁工事や維持管理に必要な橋梁、橋脚の位置を管理するための管理ポイントを決めて、その3次元座標を利用するニーズが高いことが判明した。また、対象橋梁で工事を担当した現場代理人に、3次元CADデータの有効性についてヒアリングしたところ、3次元データの作成作業に手間がかからなければ、近隣住民への説明や作業員への指示、鉄筋の配筋確認等に有効であるといった意見であった。今回の3次元データ作成は、詳細な部分まで3次元化したことから、かなり時間と費用が発生した。効果を見極めて、どこまで詳細に3次元データを設計で作成するかを検討することが今後の課題である。

【研究成果】

本年度の主な研究成果を以下に示す。

- 道路中心線形データ交換標準(案)【拡張道路中心線形編(案)】
- 道路中心線形データ交換標準(案)【道路中心線形ネットワーク編(案)】
- 道路横断形状データ交換標準 舗装拡張版(案)
- 設計用数値地形図データ(標準図式)作成の製品仕様書
- 地形・地質データ交換標準(案)

地点ごとの特性を考慮した地震動推定手法の検討

Study on methods for estimation of site-specific earthquake ground motion

(研究期間 平成 21～22 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

室長 高宮 進
Head Susumu TAKAMIYA
主任研究官 片岡 正次郎
Senior Researcher Shojiro KATAOKA
研究員 松橋 学
Research Associate Manabu MATSUHASHI

Design earthquake motion for highway bridges shall be formulated based on appropriate estimation of site-specific earthquake ground motion. This study aims to provide a reference technical note that describes characteristics of various estimation methods of earthquake ground motion and their application to the practice of seismic design of highway bridges.

〔研究目的及び経緯〕

現行道路橋示方書は、標準加速度応答スペクトルと地域別補正係数で設計地震動を設定することを基本としているが、活断層やプレート境界で発生する地震、地下構造等の情報を考慮して地震動を適切に推定することができる場合は、これらに基づいて設計地震動を設定することとしている。しかしながら、具体的な判断基準や地震動推定手法が整理されておらず、合理化を目指して積極的に個別検討が行われる事例は限定的である。本調査では、地点ごとの特性を考慮した地震動推定を行うための手法を検討するとともに、既存の手法も含め、手法の選定基準等を整理し道路橋示方書を運用する上での参考資料を作成する。

21年度は、既存の地震動推定手法を整理し、適用範囲を踏まえて地震動推定手法の選定フローを提案するとともに、地点ごとの地震動増幅特性の違いを考慮することができる地震動推定式を作成した。

〔研究内容〕

1. 地震動推定手法の選定基準

既存の地震動推定手法を分類し、特徴を整理した上で、入手可能なデータに基づいて地震動推定手法を選定するフローチャートを提案した。

2. 地震動推定式の作成

強震記録を収集・整理し、観測点ごとの地震動増幅特性を観測点補正係数として分離した上で、振幅特性と位相特性を対象とする地震動推定式を作成した。また観測点補正係数の空間補間により、任意の地点を対象に、地点ごとの地震動増幅特性を考慮して地震動推定式を補正するサイト係数を算出した。これら地震動推定式とサイト係数の組み合わせにより想定地震の地震動を推定し、強震記録と比較して地震動推定式の妥

当性を検討した。

〔研究成果〕

1. 地震動推定手法の選定基準

地震動推定手法は、強震記録の統計解析で導出した回帰式を用いる経験的手法、小地震の波形を重ね合わせて大地震の地震動を推定する半経験的手法、地震波の発生・伝播を数式で表現して計算する理論的手法およびこれらの組み合わせによるハイブリッド法に大別され、それぞれの中でもいくつかの種類に分類される。対象地点によっては利用可能なデータが限られ、また経済的な制約もあるため、常に高精度の地震動推定が可能な手法というものは現時点では存在しない。そのため、できるだけ多くの手法を適用し、推定結果を比較検討することが望ましいが、必要となるデータ等がそれぞれ異なり、多数の手法が適用可能となることはまれである。

それぞれの地震動推定手法で必要となるデータや推定精度を整理した上で、対象地点で観測された強震記録の有無、地盤構造モデルが構築可能か否かを手法選定時の判断基準として、図-1のような地震動推定手法の選定フローを提案した。このフローにより、それぞれのケースで入手可能なデータに基づいて最適な地震動推定手法を選定することができる。

2. 地震動推定式の作成

今までの経験的手法では困難であった、地点ごとの地盤特性の違いを考慮した地震動の推定が可能となるよう、新しい地震動推定式を作成する。1989～2009年の45地震で得られた8187記録を収集・整理し、統計解析により、振幅特性と位相特性を対象とする地震動推定式を作成した。振幅特性としては、固有周期0.05～10[s]の加速度応答スペクトル(減衰

定数 5%) を対象とする推定式を作成した。これは次式で表されるものである。

$$\log S_d(T) = a_1(T)M + a_2(T)D - b(T)X + c_j(T) - \log(X^{d(T)} + p(T)10^{qM}) \quad (1)$$

ここで、 S_d は加速度応答スペクトル[cm/s²]、 T は固有周期[s]、 D は震源深さ[km]、 X は震源からの距離[km]、 a_1, a_2, b, d, p, q は回帰係数である。

観測点補正係数 c_j は観測点 j の地震動増幅特性を補正する係数であり、これを空間補間することで任意の地点を対象に地震動推定式を補正するサイト係数を算出した。固有周期 $T=1$ [s] の場合、サイト係数の分布は図-2 のようになり、主要な平野部等で地震動が増幅される影響を考慮できるようになっている。

位相特性としては、周期帯ごとの地震動の到達時間およびそのばらつきを表現する群遅延時間の平均値と分散を対象として、それぞれの推定式を作成した。これらは同じ式形で表され、次のようになる。

$$Z(T) = \alpha(T)M_0^{1/3} + \beta(T)X + \gamma_j(T) \quad (2)$$

ここで、 Z は群遅延時間の平均および分散[s]、 X_0 は地震モーメント[dyne·cm]、 α, β は回帰係数である。

観測点補正係数 γ_j は観測点 j に地震波が到達するのに要する時間とそのばらつきを補正する係数であり、これを空間補間することで図-2 と同様のサイト係数を算出した。

以上のように作成した推定式とサイト係数を用いて、想定する地震が発生した際の対象地点における地震動の加速度応答スペクトルおよび群遅延時間の平均と分散を推定し、それらの推定値に適合する時刻歴波形(模擬地震動)を作成することができる。ここでは例として、2004 年新潟県中越地震(マグニチュード 6.8)と 2003 年十勝沖地震(同 8.0)を対象に、時刻歴波形を作成した結果を強震記録と比較して図-3 に示す。図の(a) は内陸地震の震源近傍、(b) はプレート境界地震の震源からやや離れた地点の地震動を対象としている。

振幅についてみると、前者は過小評価、後者はほぼ一致する結果となっている。妙見堰管理支所は新潟県中越地震の断層面直上の上盤側に位置しており、上盤側では一般に地震動が大きくなるが、推定式ではこの影響が考慮できないため振幅が過小評価になっていると考えられる。一方、強い地震動が継続する時間については両者とも強震記録とよく一致する結果となっている。今後は、さらに個々の地震の震源特性が考慮できるよう、地震動推定式を改良していく必要がある。

[成果の発表]

地震動研究の進展を取り入れた土木構造物の設計地震動の設定法ガイドライン(案), 土木学会地震工学委員会(分担執筆), 2009.

[成果の活用]

設計地震動の設定に関する参考資料の作成に反映する。

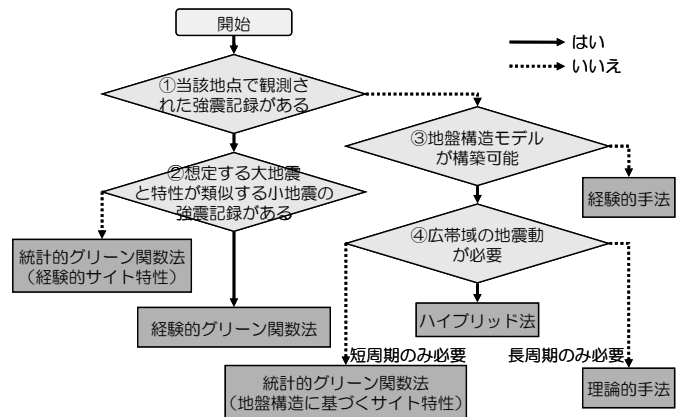


図-1 地震動推定手法の選定フロー

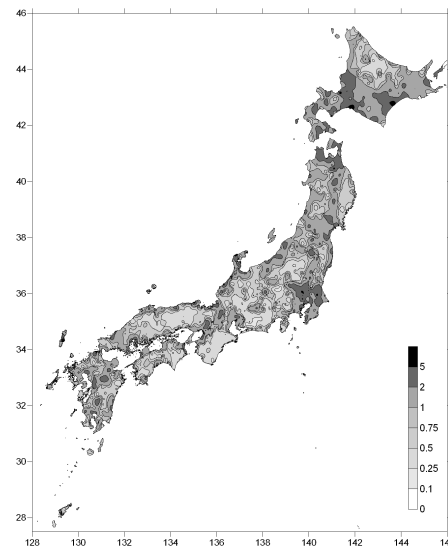
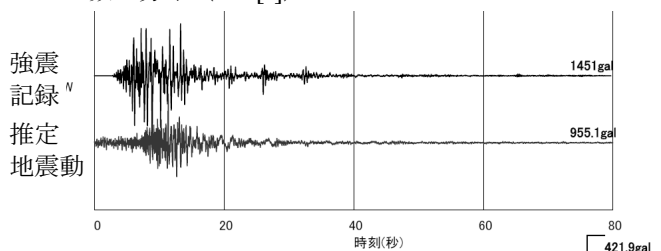
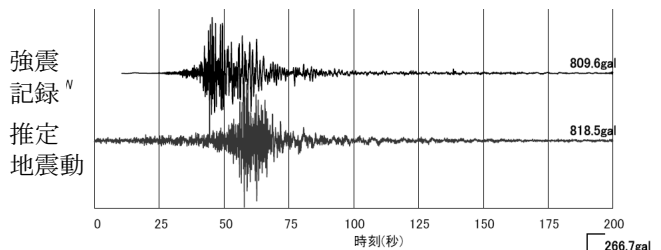


図-2 加速度応答スペクトルの推定式を補正するサイト係数の分布 ($T=1$ [s])



(a) 2004 年新潟県中越地震(妙見堰管理支所)



(b) 2003 年十勝沖地震(直別)

図-3 強震記録と推定地震動の時刻歴波形の比較

道路施設における強震観測調査

Observation of Strong Earthquake Motion at Road Facilities

(研究期間 平成 16 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

室長 高宮 進
Head Susumu TAKAMIYA
主任研究官 長屋 和宏
Senior Researcher Kazuhiro NAGAYA
研究員 松橋 学
Research Associate Manabu MATSUHASHI

NILIM has been conducting a strong earthquake motion observation program. About 60 road facilities are observed under the program. This study improves observation system of strong earthquake motion at road facilities, and analyzes a set of strong earthquake motion observation records of a bridge.

[研究目的および経緯]

国土交通省では、道路施設の耐震設計技術の向上を目的とし、全国の橋梁などにおいて一般強震観測を行っている。また平成 16 年度からは、免震構造など耐震技術を用いた道路施設に新たに強震計を設置し観測を行っている。これまでに得られている数多くの観測記録は、道路橋示方書など、各種設計基準類の基礎データとして活用されている。

一方、同じく国土交通省では、平成 7 年度から地震発生直後における地震規模の把握および施設被害の推定を目的とし、地震計ネットワークを運用している。地震計ネットワークは、全国約 700 箇所の事務所などで、地盤上に強震計を設置し、地震動強さに関する情報を即時に集約するものである。集約した地震動強さに関する情報は地方整備局等で即時に共有し、初動対応などに活用されている。

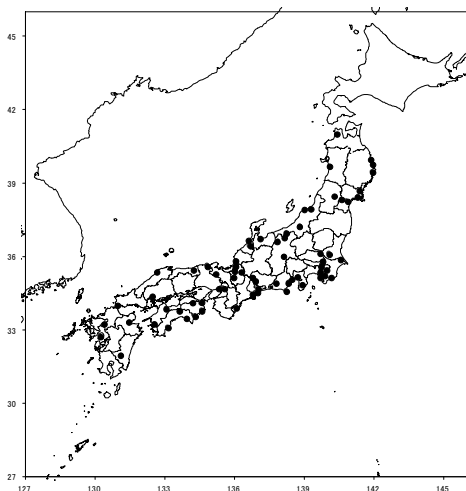


図-1 一般強震観測施設設置位置

[研究内容]

1. 強震観測施設の維持管理

一般強震観測施設の全国的な配置状況を図-1に示す。地震発生時にこれらの観測施設が適切に加速度時刻歴データを観測、記録できるように、機器の状態を良好に維持するための点検を行った。点検は、感震器および収録装置の動作確認などを実施するとともに、観測施設に不具合が生じている箇所については、状況に応じて修繕を行った。また、点検実施時には、収録装置に保存されている観測記録を回収し、数値化などの一次処理を行った。

2. 強震観測施設の運用に関する検討

一般強震観測に関しては、点検を通じて各観測施設の現況調査を行うとともに、観測対象ごとの観測記録に対する技術的ニーズ、記録の蓄積などを踏まえた観測施設の重要度を調査し、今後の一般強震観測網の運用方針の整理を行った。

また、地震計ネットワークでは、システムの整備から 10 年以上が経過していることから、機器の耐用年数を鑑み、今後のシステム全体のリプレースに関する検討を実施した。

3. 強震観測記録を用いた橋梁の解析

国道 45 号山田高架橋および周辺地盤上で平成 20 年 7 月 24 日に発生した岩手県沿岸北部を震源とする地震(M6.8、深さ 108km)による加速度記録が得られた。同橋梁の地震応答解析モデルを作成するとともに地盤で観測された記録を入力地震動とした地震応答解析を行った。

山田高架橋は、2 連の 4 径間連続非合成鋼箱桁橋である。また、橋梁の全長 470.7m で、支承には積層ゴ

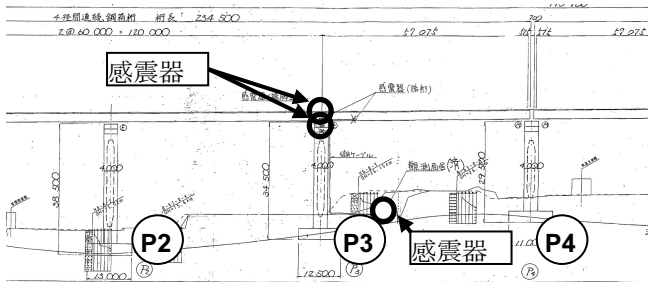


図-2 感震器の設置位置

ム系支承を採用しており、地震時水平力分散構造となっている。感震器は、図-2に示すようにP3橋脚天端と同位置の桁上および橋脚近傍地盤上の3箇所に設置されている。

桁上で観測された加速度時刻歴記録と同位置の地震応答解析結果の比較、検討を行った。

[研究成果]

1. 強震観測施設の維持管理

全国の強震観測施設の点検の結果、33箇所の観測施設では、感震器、収録装置ともに概ね良好な状態で稼働していることを確認した。一方、26箇所の観測施設では、故障などの機器の異常が確認され、そのうち13箇所については修理などの措置を施した。適切な措置を施すことができなかった観測施設については、次年度以降、観測施設が良好な状態を維持できるように、引き続き修理などを行っていく予定である。

回収した観測記録は、数値化などの一次処理の後、気象庁より発表される地震情報とつき合わせて照合した。その結果、気象庁より発表された154地震に対応する394の強震観測記録が得られた。

2. 強震観測施設の運用に関する検討

一般強震観測の運用方針に関しては、地震時の挙動解明が不十分であり高度な耐震設計法の確立が求められる構造物など高い技術的ニーズを有する施設では感震器の増設などの必要があるとともに、過去に大きな地震を観測し、今後も大きな地震の発生が予想される地点に設置された観測施設については、継続的な観測が必要であると判断した。一方、既往地震で得られた記録から挙動解明が十分になされ、耐震設計法が確立されている構造物などを対象とした観測では、施設の統廃合が可能であると判断した。

地震計ネットワークに関しては、他機関の地震観測網の動向および省内のネットワーク環境の現況を踏まえ、次世代国土交通省地震計ネットワークの整備方針をとりまとめた。また、現在の地震計ネットワークで観測、情報伝達を行っている計測震度相当値に対する省内外でのニーズが高いことが分かったため、これまでHPで公開を行ってきた最大加速度値、SI値に加え、計測震度相当値を公開することが出来るようプログラムの改修を行った。

3. 強震観測記録を用いた橋梁の解析

図-3、図-4は、桁上における観測記録と解析結果の加速度時刻歴波形をそれぞれ橋軸直角方向と橋軸方向で示したものである。本解析では、橋軸直角方向は支承に変位が生じないようにサイドブロックによる移動制限装置が取り付けられているため、完全固定とした。また、支承の橋軸方向は弾性固定とし、ゴム支承の剛性は、事前検討より当該の地震では橋桁が受けた慣性力が小さく、支承の変形が小さいことが分かったため、ゴムの変形初期の剛性を用いた。

橋桁上の橋軸直角方向について、両者の加速度波形および最大振幅が近似した。これは、支承が完全固定のため応答が単純であることから、既往のモデルで観測記録の再現ができたと考えられる。一方、橋桁上の橋軸方向解析結果について、ゴムの剛性や、減衰定数を変化させ、様々な組み合わせにより検討を行ったが、観測記録に比較して加速度波形の振幅が小さくなった。その原因としては、支承部を線形せん断バネモデルとしてモデル化したが、支承の応答に制約を与える諸条件をモデル化できなかったことが考えられる。

本解析から、今後、実地震による多くの観測記録を蓄積し、解析などを通じた、モデルの適正化を図る必要があると考えられる。

[成果の活用]

一般強震観測から得られた記録は、耐震基準類の高度化や設計地震動の設定に関する参考資料の作成に反映する。また地震計ネットワークは、地方整備局などの即時震後対応に活用する。

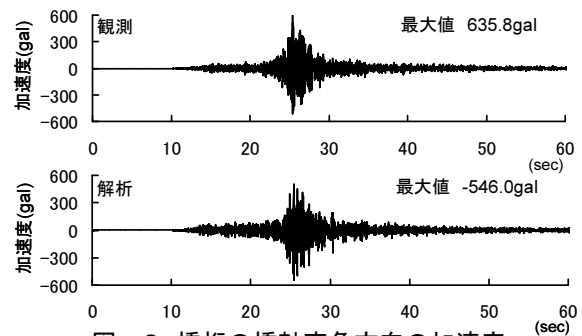


図-3 橋桁の橋軸直角方向の加速度

