

4. 6 道路研究部

道路交通情勢調査(一般交通量調査)結果のとりまとめ支援及び分析

Summarizing and analyzing the results of the road traffic census

(研究期間 平成 23 年度)

道路研究部 道路研究室
Road Department
Traffic Engineering Division

室長 上坂 克巳
Head Katsumi Uesaka
研究官 松本 俊輔
Researcher Shunsuke Matsumoto
部外研究員 水木 智英
Guest Research Engineer Tomohide Mizuki
主任研究官 門間 俊幸
Senior Researcher Toshiyuki Momma

総合技術政策研究センター 建設経済研究室
Construction Economics Division

The road traffic census is conducted almost every five years in order to understand the state of roads and road traffic throughout the country. In fiscal 2011, the results of the road traffic census conducted in fiscal 2010 were summarized and various examples of the use of the census results were studied.

[研究目的及び経緯]

全国道路・街路交通情勢調査(道路交通センサス)は、概ね5年に1度、全国の道路と道路交通の実態を把握するため実施される。平成22年度はこの実施年にあたり、新たな調査単位区間(交通調査基本区間)の導入、交通量観測箇所を選定目的の明確化、交通量の機械観測の推進、通信型カーナビ搭載車両の走行データの旅行速度調査への活用と昼間非混雑時の調査の実施、道路状況調査項目の見直し等の高度化及び効率化を行った。また、9～11月に一般交通量調査(交通量調査、旅行速度調査、道路状況調査)を全国的に実施した。

[研究内容]

平成23年度は、昨年度実施した道路交通センサスの結果のとりまとめを行い、国土交通省道路局と当所の連名で平成23年9月に記者発表を行うとともに、調査結果を活用した様々な事例検討を実施した。

[研究成果]

(1) 道路交通センサスの結果のとりまとめ

① 一般交通量調査マスターファイルの作成

一般交通量調査実施要綱に基づき、一般交通量調査の全調査項目の結果を整理したファイル(一般交通量調査マスターファイル)をとりまとめた。

② 箇所別基本表等の作成

一般交通量調査実施要綱に基づき、一般交通量調査マスターファイルからの集計表(箇所別基本表、時間帯別交通量表、集計結果整理表)を作成した。

(2) 記者発表

一般交通量調査をとりまとめ、平成23年9月に記者発表を行った。調査の主な概要は以下のとおりである。

① 全国一の交通量は首都高速湾岸線(辰巳JCT～新木場IC)で11.5万台/12h、1.1万台/hであった。

② 平均交通量は前回調査(平成17年度)から全体で2.6%減少した(図1)。

③ 前回調査(平成17年度)から、約2割の区間で断面交通量が増加し、約6割の区間で減少した。

④ 混雑時の平均旅行速度は35.1km/hでほぼ横ばいであった(図2)。

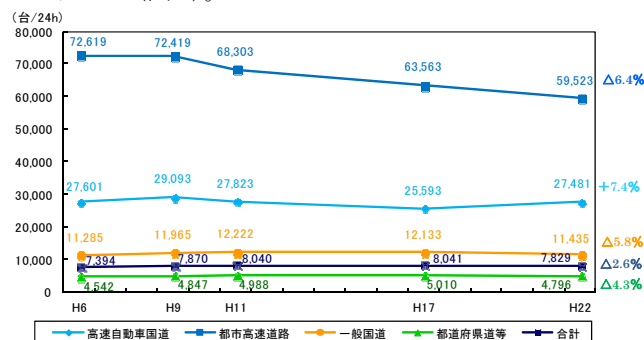


図1 道路種別別平均交通量の推移(全車種)

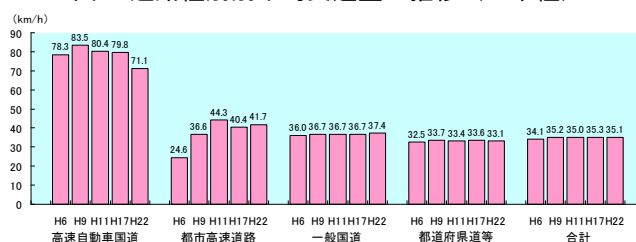


図2 混雑時旅行速度の推移(平日)

(3) 調査結果の分析（利活用事例等）

一般交通量調査結果を用いて、調査結果の利活用方法の事例検討を行った。

①道路時刻表の作成

一般国道1号～11号の全路線について、非混雑時旅行速度を使用して道路時刻表を作成した（表1）。一部の区間においては微修正が必要であったものの、概ね自動的に道路時刻表を作成することが確認された。

表1 道路時刻表

下り方向 東京都中央区からの			市区町村名	区間距離	上り方向 大阪市北区からの			起点側接続路線等
距離	時間	所要時間			所要時間	距離	時間	
0.0	0.00	0.01	中央区	0.2	0.01	547.2	16:57	一般国道4号
0.2	0.01	0.01		0.3	0.01	547.0	16:56	一般国道15号
0.5	0.02	0.00		0.0	0.00	546.7	16:54	外濠環状線
0.5	0.02	0.01	千代田区	0.2	0.00	546.7	16:54	中央区・千代田区 境
0.7	0.03	0.00		0.1	0.00	546.5	16:54	丸の内環状線
0.8	0.04	0.00		0.2	0.00	546.4	16:53	丸の内環状線
1.0	0.05	0.01		0.2	0.00	546.2	16:52	錦町寄米町線
1.2	0.06	0.00		0.3	0.01	546.0	16:52	大手町環状線
1.5	0.07	0.01		0.4	0.01	545.7	16:50	皇居前東京停車場線
1.9	0.09	0.02		0.4	0.01	545.3	16:49	皇居前鍛冶橋線
2.3	0.12	0.01		0.4	0.01	544.9	16:48	日比谷豊洲埠頭東雲町線
2.7	0.13	0.00		0.2	0.00	544.5	16:48	白山祝田町線
2.9	0.13	0.01		0.4	0.01	544.3	16:45	一般国道20号
3.3	0.14	0.00		0.2	0.00	543.9	16:44	中央官街一七六号線
3.5	0.15	0.01		0.3	0.01	543.7	16:43	中央官街二四七号線
3.8	0.16	0.00	港区	0.0	0.00	543.4	16:42	千代田区・港区 境
3.8	0.16	0.04		1.3	0.04	543.4	16:42	外濠環状線
5.1	0.20	0.01		0.6	0.01	542.1	16:38	環状3号線
5.7	0.22	0.02		0.8	0.03	541.5	16:36	白山祝田町線

②車道部の再構築が可能な区間の抽出及び妥当性の検証

代表断面の断面構成を評価できるように調査項目の変更を実施した道路状況調査の結果を用いて、既存の車道部を再構築することで自転車走行空間が整備可能な区間が抽出可能かどうかを検証するため、水戸市を対象としたケーススタディを実施した。自転車走行空間が整備可能な区間として抽出された区間に対して、道路台帳及び現地を確認を行った結果、水戸駅より半径5km以内においては、抽出結果が概ね妥当であることが確認された（図3）。

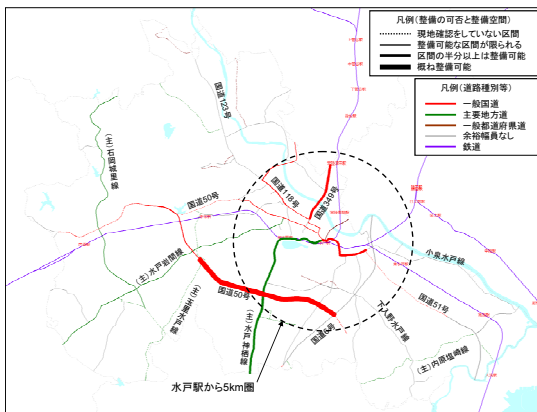


図3 余裕幅員の妥当性検証結果

③自動車排出ガス量の算定

交通調査基本区間が市区町村境でも分割されていることや、混雑時（7,8,17,18時台）に加えて昼間非混雑時（9～16時台）を上下方向別に調査した平成22年度の旅行速度調査結果の特徴を活かして、道路1kmあたりの昼間12時間の市区町村別自動車排出ガス量の算定が可能であることが確認された（図4）。

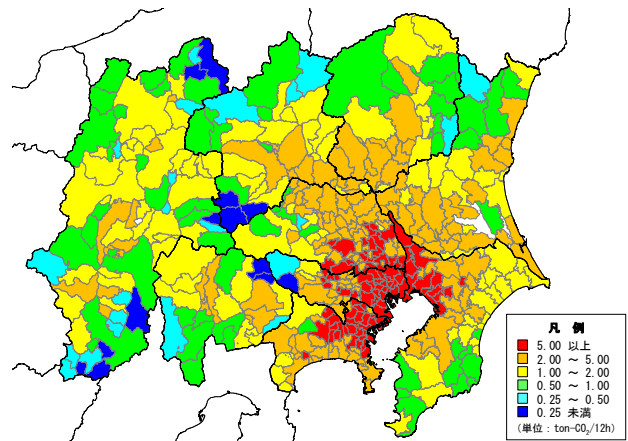


図4 道路1kmあたりの市区町村別CO₂排出量

④交差点単位の損失時間の分析の検証

交通調査基本区間の特徴を有効活用した道路交通センサス結果の分析事例として、関東地方整備局を対象に交差点単位の損失時間を集計した結果を示す（図5）。交通調査基本区間の導入により、交通量と旅行速度の調査結果を組み合わせた市区町村単位、交差点単位の集計・分析や、ネットワーク分析が非常に効率的に実施できることが確認された。



図5 交差点単位の分析事例<渋滞による損失時間>

[成果の発表]

- ・ 記者発表 (http://www.mlit.go.jp/report/press/road01_hh_000207.html)
- ・ 国土交通省道路局 IR サイト (<http://www.mlit.go.jp/road/census/h22-1/index.html>)

[成果の活用]

平成22年度道路交通センサスの調査結果は、今後の道路の計画、建設、維持修繕その他の管理などについての基礎資料として活用される。

自転車施策の評価に関する検討

Examination about the evaluation of the bicycle policy

道路研究部 道路研究室

(研究期間 平成 22 年度～)
室 長 上坂 克巳
主任研究官 小林 寛
研 究 官 山本 彰
部外研究員 橋本 雄太

〔研究目的及び経緯〕

国土交通省では、有識者会議を活用し、自転車や歩行者が安全で快適に通行できる道路空間の創出に向けて、自転車通行空間を効果的、効率的に整備するための面的な自転車ネットワーク等に関する議論を行っている。

本研究では、全国 10 万人以上の自治体を対象として、既に策定されている自転車ネットワーク計画等を収集し、計画内容を分析するとともに、道路状況、交通状況、自転車通行経路等の各種調査結果を活用した自転車ネットワーク路線の抽出方法及び自転車通行空間の整備形態選定方法についてケーススタディを行った。

また、昨年度構築した自転車旅行時間推定式と平成 22 年度道路交通センサス結果等を用いて、door to door の移動における自転車と自動車の所要時間の優位性に関する比較や自転車通行空間のサービスレベル等に着目した自転車ネットワークを構成する路線を評価する指標の検討を行った。さらに、自転車利用者および自動車利用者を対象として実施した web アンケートを基に各種自転車利用促進施策に関する分析等を行った。

交通量常時観測体制の高度化・効率化

Data collection support for road administration

道路研究部 道路研究室

(研究期間 平成 20 年度～)
室 長 上坂 克巳
研 究 官 松本 俊輔
研 究 官 橋本 浩良
部外研究員 水木 智英
主任研究官 門間 俊幸

〔研究目的及び経緯〕

近年、地域における課題の大きな箇所を厳選し、重点的に対策を講じることに加え、客観的データの科学的分析結果をもとに、事業の必要性や効果について分かりやすく説明することが求められている。このためには、時々刻々変動する交通量や旅行速度の道路交通状況を、全国の幹線道路を網羅しつつ効率的かつ詳細に把握することが必要不可欠である。以上のことから、本研究では、交通量や旅行速度の常時観測データの収集・加工・分析方法の効率化・高度化に関する研究開発を行うとともに、本研究成果を踏まえ地方整備局等が行う道路交通調査の実施支援を行っている。

平成 23 年度は、交通量や旅行速度の常時観測データの収集・加工・分析方法の効率化・高度化に関する研究として、①地方整備局等が行った交通量の常時観測結果の確認及び地方整備局等向けの分析用旅行時間データの作成、②常時観測データ処理の自動化を目指す新たなシステムの機能要件の検討、③常時観測データを用いた地域の交通状況及び渋滞状況とその発生原因の分析手法の開発のためのケーススタディ などを行った。さらに、地方整備局等が行う道路交通調査の実施支援として、①昨年度設定した交通調査基本区間（交通量、旅行速度等の道路交通データを統一的に整理するための区間）の設定要領にもとづき全国の幹線道路を対象に実施された交通調査基本区間の更新支援、②交通調査基本区間同士の接続情報を用いた基本交差点データの自動生成ツールの開発などを行った。

渋滞診断と対策の立案・評価に関する検討

Study on plan and evaluation of road traffic congestion diagnosis and measures

道路研究部 道路研究室

総合技術政策研究センター 建設経済研究室

(研究期間 平成 23 年度～)
室 長 上坂 克巳
研 究 官 橋本 浩良
部外研究員 水木 智英
主任研究官 門間 俊幸

[研究目的及び経緯]

平成 23 年冬、国土交通省では平成 22 年度道路交通センサスにて構築した交通調査基本区間をプラットフォームとして、交通量及び旅行速度の常時観測データを収集し利活用する取り組みが本格化した。国土技術政策総合研究所では、常時観測データの収集・分析方法に関する実務的な研究開発を行い、取り組みを支えている。

本研究では、これらの研究に必要となる、地域の交通状況及び渋滞の詳細な状況を分析するための指標の設定と算定方法の整理、並びに渋滞状況とその発生原因の分析及び対策立案のケーススタディを行った。さらに、渋滞状況の分析及び対策立案のケーススタディにおいては、実務への適用を前提に、実施手順を一般化するとともに、実務への適用に向けた課題を整理した。

道路事業の多様な効果の算定方法に関する研究

Study on methods to evaluate various impacts of road projects

道路研究部 道路研究室

(研究期間 平成 22～24 年度)
室 長 上坂 克巳
主任研究官 関谷 浩孝
研 究 官 諸田 恵士

[研究目的及び経緯]

本研究では道路事業がもたらす多様な効果を算定する手法の開発を行うことを目的とし、国外の道路防災事業や交差点改良事業等の採択可否判定プロセス及び判定に用いる指標の算定方法について調査を行った。ニュージーランド道路庁 (NZ Transport Agency) に対してヒアリングを行うことにより次のことを明らかにした。事業の採択可否判定にあたり、戦略との整合性、有効性及び経済効率性の 3 つの基準から総合的に各事業を評価した結果に基づき、事業の優先順位付けを行っている。道路防災事業では、橋梁の耐震化事業において、地質学者へのヒアリング等によって設定される倒壊確率を用いて、事業実施の有無による便益を算定している。さらに、交差点改良事業の評価では、交通事故削減効果を算定するため、蓄積された過去の事故データに基づく事故予測式を用いている。

都市間道路のサービス水準と効率的な機能向上策

The service level and the efficient good plan for functions of interurban roads

道路研究部 道路研究室

(研究期間 平成 23 年度～)
室 長 上坂 克巳
主任研究官 小林 寛
研 究 官 山本 彰
部外研究員 橋本 雄太

〔研究目的及び経緯〕

我が国の都市間道路については、旅行速度等のサービスが欧米と比較して低い水準にあるものの、財政状況、地勢等から、新たに高規格の道路を大量かつ早期に整備していくことは困難な状況にある。したがって、旅行速度等のサービスの低下区間及び影響要因を特定した上で、既存道路空間内での工夫等、比較的成本をかけることなく、効率的かつ効果的にサービス水準の向上を図る対策が求められている。

以上のことから、本研究では、都市間道路のサービス水準指標の開発及びサービス向上に資する既存道路の道路構造改善方策に関する調査を行っている。平成 23 年度は、都市間道路のサービス向上に資する研究の一環として、平成 22 年度道路交通センサデータ等を用いた全国の都市間道路のサービス水準の試算と地域間比較及びサービス水準に影響を及ぼす要因の事例分析、並びにサービス水準向上のための道路構造工夫事例の収集等を行った。

交通モード別利用特性に関する分析検討調査

Research on the utilization characteristics of transportation modes

道路研究部 道路研究室

(研究期間 平成 23 年度～)
室 長 上坂 克巳
主任研究官 小林 寛
研 究 官 山本 彰
部外研究員 橋本 雄太

〔研究目的及び経緯〕

急激な人口減少、少子高齢化社会の進展などにより、特に地方部においては自動車を運転できない高齢者の増加やバスなど公共交通の衰退等で、自由な移動が制限される地域や人々が増加することが予想される。そうした課題に対応すべく中長期を見据えた交通体系の評価および見直しが必要となる。

本研究では、昭和 63 年、平成 10 年、平成 20 年の各年に実施した東京都市圏パーソントリップ (PT) 調査など様々な交通調査データを用いて、地域別、年齢別、交通モード別に傾向分析を行い、交通機関の発達状況やトリップ長などの条件に応じた交通モード選択傾向を把握した。さらに、地域条件、年齢構成、自動車免許保有者、交通サービスレベルなどの地域の交通条件と PT 調査での外出率等の移動実態データより、移動が困難となる地域の条件について検討、抽出した。

道路橋の耐火性能基準に関する研究

Study on standard of fire-resistance performance of 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 大久保 雅憲 Senior Researcher Masanori Okubo 研究官 石尾 真理 Researcher Mari Ishio	室長 Head 主任研究官 Senior Researcher 研究官 Researcher	玉越 隆史 Takashi Tamakoshi 星野 誠 Makoto Hoshino 横井 芳輝 Yoshiteru Yokoi
---	--	---	--

While several road bridges were damaged by the tanker fire, generally, fire protection measures are not considered in road bridge designs. In order to investigate the necessity of standardization for fire resistance performance of bridges, Examples of fire protection measures for road bridges are collected, and the repair cost with fire protection measures and their costs without the measures are estimated and compared with one another. In addition, a sampler of painted steel members damaged by fire to estimate peak temperature of the steel members at the time of fire was produced.

[研究目的及び経緯]

トンネルや建築物など閉鎖された空間においては、火災その他の事故時、避難の困難さなどに起因して多くの人命が危険に晒されることが懸念される。そのため、火災報知器の設置、消火設備の設置、避難誘導経路の設定、耐火材の使用など様々な耐火性能の付与や技術基準の策定がなされてきている。一方、トンネルを除くと開放的空間である道路そのものについては、これまで一部の長大橋で消火設備が設けられるなどの例を除けば、積極的に耐火性能を付加することは行われていない。しかし、米国や首都高速道路において大量の可燃物を積載したタンクローリーからの出火によって長時間高温に晒された事故では、橋本体に致命的な被害も報告されている。

こうした状況を踏まえ、道路橋の火災に対する設計基準の策定などの予防的対策の必要性と被災時対応の改善余地の検討のために、国内外の道路橋の火災事例及び火災対策事例、耐火設計に関する基準類の調査を行った。また、耐火対策レベルの相違と対策費の関係についての試算から、道路橋への耐火対策の導入是否の検討に必要な基礎的条件の整理を行った。

更に、鋼道路橋が火災による熱影響を受けた場合、受熱程度に応じて鋼部材の力学的特性の変化を正確に推定することが補修の要否や補修方法の判断に不可欠となることから、塗装鋼板に対する加熱試験と受熱材料の強度試験を行って受熱影響を明らかにするとともに、受熱温度推定用塗装鋼板損傷見本をとりまとめた。

[研究内容]

1. 道路橋の火災による被災事例調査及び耐火対策費

既往文献調査により道路橋の火災被害事例を抽出し、出火原因、被災を受けた部材について整理した。また、火災外力、火害程度(被災温度と材料特性の変化)、耐火対策工、火害補修工法を整理し、耐火対策の有無による被災時の補修費を試算した。

2. 鋼部材の被災温度推定用塗装鋼板損傷見本

火災による被災を受けた鋼橋の受熱温度を推定する際の参考とする塗装鋼板損傷見本を作成するため、熱源にガスバーナーを用いた開放型ガス炉(図-1)及び電気炉(図-2)を用いた受熱影響評価用試験法の検討を行い、確立した方法によって受熱温度による塗装の損傷状況を再現した。対象とした塗装系は A-1、A-2、B-1、C-1、C-5 の 5 種類とし、塗装後約 1 ヶ月の屋外暴露を行ったものを供試体とした。試験温度は、各塗装系に対し、200～700℃まで 100℃毎に計 6 段階とした。加熱温度と時間の関係は ISO における建築物に対する標準火災曲線を参考とし、具体的な温度の制御方法については、予備試験により決定した。また、長期間供用された既設道路橋から鋼板を切り出したものも



図-1 開放型ガス炉加熱試験 図-2 電気炉加熱試験

供試体とした。

〔研究成果〕

1. 道路橋の火災による被災事例調査及び耐火対策費

既往文献による橋梁の火災による被災事例とその出火原因を表-1に、被災部材を表-2に示す。被災事例は都市内の高架橋における桁下からの出火と車両火災が多く、被災部材は主桁、床版、橋脚と、条件によっては橋のどの部材も被災リスクがあることがわかる。表-3に、普通車の車両火災（最高受熱温度660℃、最高温度の継続時間120分）に対してボード系耐火工の実施有無による補修費の違いを示す。防火対策の実施により火害影響は軽減され、補修費は大幅に低減できる可能性があると言える。一方、既往事例の分析からは、開放空間である橋梁では火災による死亡事例は生じにくいと考えられること、車両事故や延焼被害などが主たる原因であり、対策部位・区間の特定が困難であることから、現時点で統一的な基準による耐火対策の実施を義務づけるための条件設定は難しいと考えられた。

表-1 被災橋梁の火災原因

原因	件数	割合
桁下建築物等の出火	9	33%
タンクローリーの横転	5	19%
沿道からの類焼	4	15%
桁下での車両事故	2	7%
工事中の出火	2	7%
その他・不明	5	19%
計	27	100%

※) 文献調査結果(海外、鉄道含む。)

表-2 被災部材

部材	件数	割合
主桁	16	50%
床版	8	25%
横桁	1	3%
支承	1	3%
橋脚	6	19%
計	32	100%

※) 文献調査結果(部材が特定できたものに限定。)

表-3 耐火対策費（ボード系対策工）と火害補修費

(単位: 百万円/橋)

種別	耐火対策	対策費	補修費	費用計	比率
鋼橋	無	0	145	145	145/30=4.8
	有	19	11	30	
コンクリート橋	無	0	139	139	139/16=8.7
	有	16	0	16	

※鋼橋: 単純非合成鉄桁(4主桁)、支間長37m、有効幅員8.875m
 ※コンクリート橋: 単純ポストテンT桁橋(6主桁)、支間長30m、有効幅員9.5m

2. 鋼部材の被災温度推定用塗装鋼板損傷見本

熱による影響を受けた塗装の損傷状況から鋼部材が受けた温度を推定する方法については、過去に類似の検討がなされているものの、統一された手法は確立されておらず、実用性に課題があった。また、見本となる写真については、照明条件や撮影方法等により色調が大きく異なる。こうしたことを踏まえて、予備試験により、加熱条件や温度の制御方法、供試体の設置方法、計測方法等を設定し、再現性の高い試験方法を確立した上で、撮影条件や色調調整方法等を設定し、正確に色が再現できる見本とするための写真撮影方法とすることで、網羅的、体系的に被災温度推定用塗装鋼板損傷見本の作成方法を確立した。

図-3に、B-1 塗装系及び上塗りに塩化ゴムを使用している既設道路橋供試体の損傷見本を示す。開放型ガス炉加熱試験、電気炉加熱試験のいずれにおいても、

受熱温度により塗装に特徴的な変化が見られることがわかった。また、既設道路橋供試体においても400℃で上塗り塗装が灰色に変色し、700℃で下塗り塗装に変色が見られることは同様な傾向であった。しかし、400℃における上塗り塗装の割れの状況には違いが見られ、長期間の暴露による塗装の劣化等により、既設橋供試体と鋼板供試体で加熱による変状に違いが出る可能性も伺えた。

〔成果の発表〕

国総研資料及び各種論文で発表予定。

〔成果の活用〕

実務で活用できるよう塗装鋼板損傷見本及び見本作成要領を作成し、公開する予定である。

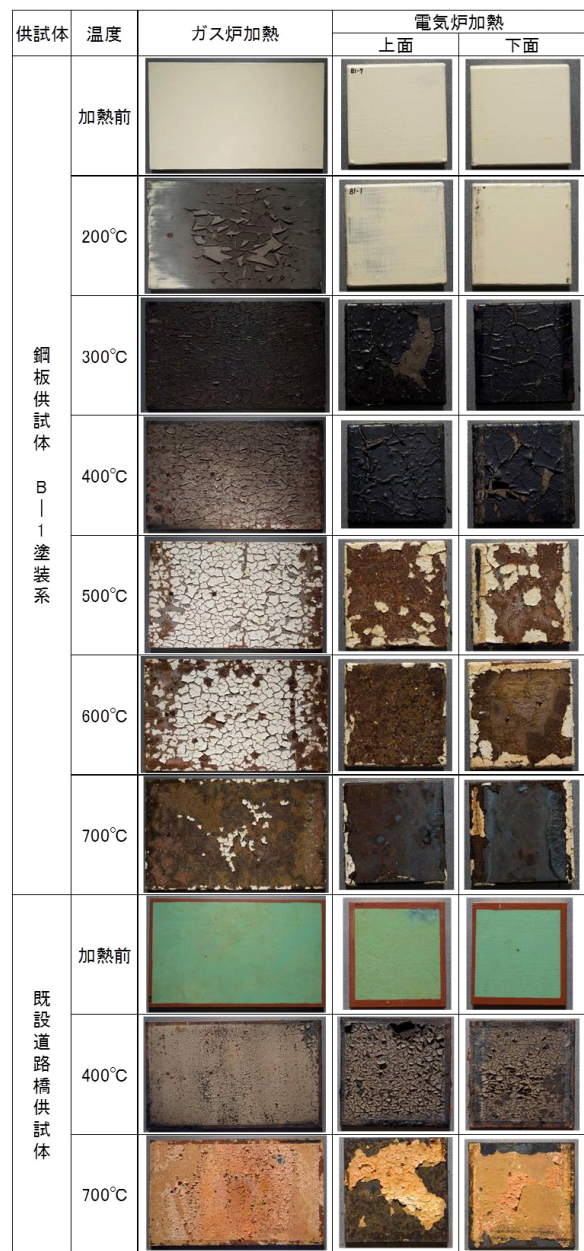


図-3 被災温度推定用塗装鋼板損傷見本 (B-1 塗装系)

「高強度材料」の一般橋梁も含めた適用性に関する調査研究

Study on applicability of high-strength materials including general bridges

(研究期間 平成 20 年度～23 年度)

～高強度鉄筋を用いた RC 部材の標準化に対する検討～

～Study on standardization of reinforced concrete members with high-strength reinforcing bars～

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 中洲 啓太

Senior Researcher Keita NAKASU

研究官 野村 文彦

Researcher Fumihiko NOMURA

室長

Head

研究官

Researcher

部外研究員

Guest Research Engineer Taku YOSHIKAWA

玉越 隆史

Takashi TAMAKOSHI

北村 岳伸

Takenobu KITAMURA

吉川 卓

In order to investigate applicability of high-strength reinforced concrete including general bridges, Cyclic loading tests of bridge pier models are conducted and evaluation methods of the seismic performance by simulation are proposed. Result of this study indicates possibility to erect the evaluation methods by improving estimation method of the damage process and condition for the bridge piers.

〔研究目的及び経緯〕

道路橋の橋脚に従来一般的に用いられてきた鉄筋に比べてより高強度の鉄筋を用いることで、鉄筋量の削減と断面の縮小につながり、施工の省力化とコスト削減を図ることが期待される。しかしながら、鉄筋を高強度化した場合でも、弾性係数は変わらないことから、鉄筋とコンクリートの付着特性、コンクリートのひび割れに伴う耐荷力特性の変化の影響が、大規模地震に想定されるような大変形時には低強度の鉄筋を用いた場合と異なることが考えられる。また、鉄筋の繰返し曲げに対する抵抗特性、塑性域での橋脚の耐荷力や復元力に大きく関わる配筋などの構造細目との関係などについては、未解明な部分もある。そのため、国土技術政策総合研究所では、これまでに高強度鉄筋 SD490 及び USD685 を用いた鉄筋コンクリート橋脚模型の正負交番載荷実験等を行ってきた。その結果、SD490 までの高強度鉄筋を軸方向鉄筋に用いた場合の鉄筋コンクリート橋脚において、充実断面でかつ現行設計基準の構造細目に準じている場合には、現行設計基準の評価式により安全性が推定できるものの、推定精度にはバラつきが大きく、水平耐力においては、現行設計基準の評価式では安全余裕が確保されているかどうか正確には評価できない可能性があると考えられた。

本研究では、過年度成果を踏まえ、解析的に高強度鉄筋コンクリートの荷重－変位履歴曲線、断面の損傷過程を推定し、高強度鉄筋コンクリート橋脚の評価手

法の検討および橋脚模型の正負交番載荷実験による検証を実施した。

〔研究内容及び成果〕

本年度実施した正負交番載荷実験の供試体パラメータは、過年度の供試体の軸鉄筋比及び橋脚基部に作用する圧縮応力度を考慮して設定した(図-1)。表-1 に供試体諸元および断面図を示す。正負交番載荷実験及びファイバーモデルを用いて算出した水平荷重－変位関係を図-2 に示す。

耐荷力の前提となる RC 部材としての状態変化に着目して A～E の閾値を定義し、I～IV の状態区分を設け、図に示した。A：降伏限界(引張鉄筋が降伏する限界)、B：かぶりコンクリートの圧縮応力がピークに達する限界、C：かぶりコンクリート剥落、D：鉄筋破断が開始する又は内部コンクリートが圧壊し始める限界、E：鉄筋破断と内部コンクリートにより残存耐荷力を

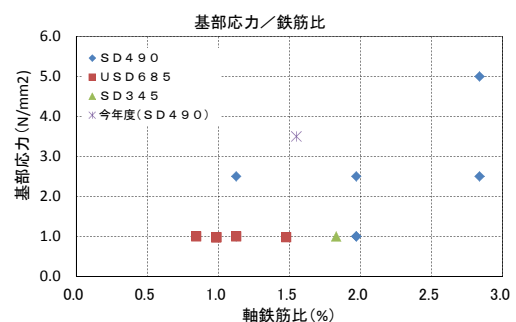


図-1 供試体パラメータの設定

表-1 実験供試体の諸元及び断面図

供試体番号	ケース I
σ_{ck} N/mm ²	40
軸方向鉄筋強度	SD490
帯鉄筋強度	SD345
橋軸方向幅B m	0.600
直角方向幅D m	0.600
高さH m(載荷点~基部)	3.500
軸方向鉄筋配置	D13-@47-44本
軸方向筋 A_s mm ²	5574.8
鉄筋比	1.5%
帯鉄筋配置	D6-@40-3本
横筋筋体積比	0.011(有効長=283.8mm)
基部軸力 V KN	1260
軸応力 σ_c N/mm ²	3.50
せん断スパン比 H/D	5.83

断面図

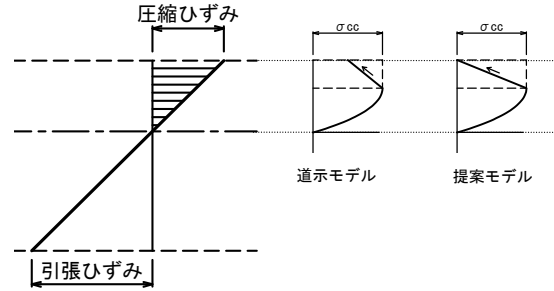


図-3 応力度-ひずみ関係の設定

荷重の実験値に対するバラつきも僅かであり、概ね安定した評価となっている。

さらに検証ケースを増やし、損傷過程と状態の評価精度を高めることで、使用材料や配筋に応じて柔軟に、最大荷重、終局変位を精度良く安全側に推定できる方法が確立できるものと考えられる。

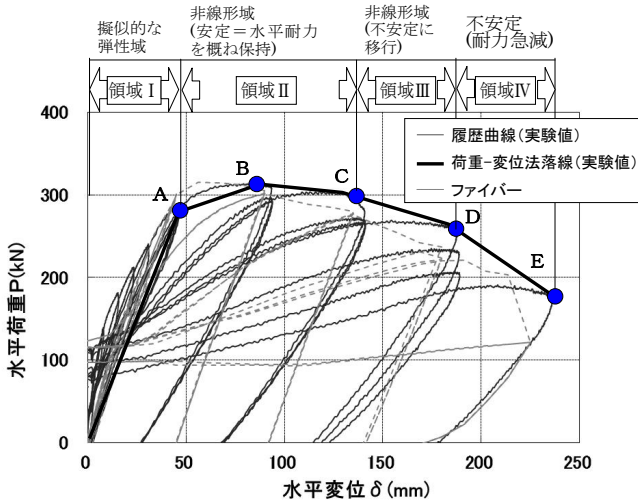


図-2 水平荷重-変位関係

失う限界である。

上記A~E点の状態における水平荷重-水平変位関係の評価するために、本研究では、図-3に示すコンクリートの応力度-ひずみ関係を定義した。現行基準では、コンクリート応力度が最大に達した後、圧縮最外縁の応力度が最大応力度の0.8倍となった時点を終局と定義している。本研究では、D点の評価方法として、コンクリート応力度が最大に達した後は、圧縮最外縁で応力度が0となるモデルを設定した。これは、実験においてかぶりコンクリート剥落後はコアコンクリートの損傷が急激に進展する高強度鉄筋を用いた供試体の損傷状態を表現するためである。

図-3, 4に、過年度試験を含め、実験最大荷重及び実験終局変位に対する現行基準の評価式と今回の提案手法により求めた安全余裕の比率を示す。終局変位、最大荷重ともに、提案手法の評価のバラつきが、現行基準の評価式より小さくなる結果となった。また、最大

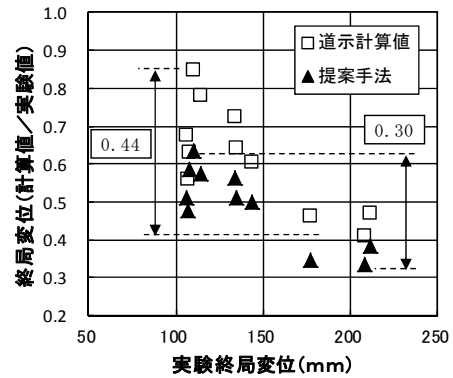


図-3 終局変位 道示式と提案手法の比較

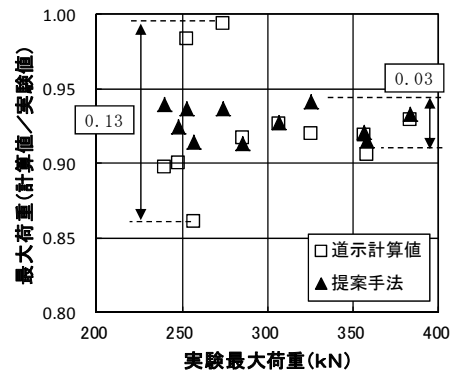


図-4 最大荷重 道示式と提案手法の比較

[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]

高強度鉄筋を用いた橋脚構造の基準化の基礎資料となるものである。

「高強度材料」の一般橋梁も含めた適用性に関する調査研究

Study on applicability of high-strength materials including general bridges

(研究期間 平成 20～23 年度)

～超高力ボルトの摩擦接合継手の基準化に対する検討～

～Study on standardization of friction grip connection joint with super high-strength bolt～

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 大久保 雅憲

Senior Researcher Masanori Okubo

研究官 横井 芳輝

Researcher Yoshiteru Yokoi

室長

Head

研究官

Research

部外研究員

Guest Research Engineer Atsushi Ujimoto

玉越 隆史

Takashi Tamakoshi

石尾 真理

Mari Ishio

氏本 敦

As for high-strength bolts being already put to practical use as building materials, in order to confirm applicability for service conditions such as stress states and environments for highway bridges, standard slip tests set parametric factors playing a role in slip performances were conducted. Verification of joint performance was also conducted by bending tests of girder members as representative structures of the highway bridges.

〔研究目的及び経緯〕

鋼道路橋の摩擦接合継手部に用いることのできる高力ボルトの引張強さは、過去に引張強さ 1,200N/mm²以上の F11T 及び F13T を使用した橋梁で遅れ破壊による破断が生じたことをうけ、設計基準である道路橋示方書において F10T、S10T までとされている。

一方、より高強度のボルトの採用は、新設橋に対しては継手部の小型化や施工数量の削減などによるコスト縮減が期待できる。また、既設橋の補修補強では、施工スペース上施工可能なボルト本数が制約される場合があり、高強度ボルトの実用化が期待されている。

本研究では、建築材料として既に実用化されている超高力ボルトを対象に、道路橋における応力状態や環境などの使用条件に対する適用可能性を明らかにする目的で、すべり性能に影響を及ぼす各種要因についてパラメトリックに設定した標準すべり試験等を行うとともに、道路橋の代表的な構造として桁部材の接合部の曲げ試験を実施し、継手性能の検証を行った。

〔研究内容〕

1. 標準すべり試験等

試験は、(社)土木学会で提案されている標準すべり試験法¹⁾に準じる方法で、ボルト等級・ボルト径・接合面処理方法・母材板厚・母材材質・ β (すべり/降伏耐力比)・フィラーの有無・肌すき・多列・再組立における接合面の処理方法をパラメータとし、全 126 ケース (各ケース 5 供試体) を行った。

また、塗料会社を変えた試験を 2 ケース実施した(標

準すべり試験等は A 社塗料、桁曲げ試験は B 社塗料を使用)。

2. 桁曲げ試験

曲げ引張力によるすべり性能を把握するため、厚板フランジを有する I 桁を模擬した供試体により、引張側フランジに着目し、ボルト配置及びボルト等級をパラメータとした桁曲げ試験を実施した。試験ケースを表-1 に、供試体を図-1 に示す。下フランジのボルト本数・配置は、最小ボルト本数を基本として設定した。上フランジ及びウェブのボルト本数・配置は、下フランジを確実にすべらせるとの考えで、道路橋示方書に準拠した設計により決定した。このため、接合部の一部では、上フランジの剛性が高くなっている。

なお、ケース①、②-1 では、ボルトゲージ貼付の際に、トルクに重要な役割を果たすボルトに塗布されているオイルを取り除いたため、ボルト軸力が設計軸力を下回った。ケース②-2 は、この影響の確認も兼ねた再試験である。

表-1 桁曲げ試験ケース

ケース	ボルトの種類	フランジ厚 (mm)	ボルトの配置
		(鋼材の種類)	
①	S14T-M22	50 (SM520C-H)	2行×3列
②-1	S14T-M22	50 (SM520C-H)	4行×2列
②-2	S14T-M22	50 (SM520C-H)	4行×2列
③	S10T-M22	28 (SM490Y)	4行×2列

【研究成果】

1. 標準すべり試験等

標準すべり試験で得られたすべり係数を、再組立の条件を除く全てのケースをまとめて図-2に示す。なお、すべり係数は、ボルトに貼付したひずみゲージの試験直前の値から求めており、(社)土木学会で提案されている設計軸力とは異なっている。純引張状態における摩擦接合継手のすべり係数は、S14TはS10Tと比較して、現行道路橋示方書の基準値(0.45に改訂)以上を満足するかの観点からは、同等と見なせることが確認された。なお、各パラメータがすべり係数に与える影響については、過年度報告書²⁾を参照されたい。

表-2に、B社塗料のすべり係数を示す。A社塗料のすべり係数と比較し、小さい傾向にあった。なお、すべりの挙動において、A社塗料では最大荷重後に荷重が急激に下がるのに対して、B社塗料では徐々にすべりはじめ、荷重が急落しない挙動を示した。

2. 桁曲げ試験

表-3に、桁曲げ試験から算出したすべり係数を示す。桁曲げ試験におけるすべり係数は、梁理論から求めた下フランジの平均曲げ引張力、下フランジのひずみゲージの平均から算出した引張力の2種類のすべり荷重に対して、ボルトに貼付したゲージで計測されたボルト軸力で除して求めている。

桁曲げ試験はB社塗料を用いており、B社塗料の標準すべり試験でのすべり係数との比較においては、S14Tでは同等の値以上、S10Tにおいては小さい値である。なお、梁理論よりも計測値が小さいのは、接合部の一部での上下フランジの剛性差を考慮すると、下フランジでは4%引張力が小さくなり、これをひずみゲージで計測していることが原因の一つと考えられる。

【今後の課題】

高強度ボルト接合継手のすべり特性について条件を拡大して解明を進めるとともに、遅れ破壊対策を含む長期耐久性に対する材料や施工等の品質要求水準、設計施工要領の確立のための検討を行う。

【参考文献】

- 1) (社)土木学会：鋼構造シリーズ 15 高力ボルト摩擦接合継手の設計・施工・維持管理指針(案), 平成 18 年 12 月
- 2) 国総研資料第 536 号、第 624 号：平成 20 年度、平成 21 年度 道路調査費等年度報告

【成果の発表】

国総研資料及び各種論文で発表予定。

【成果の活用】

基準等に反映させる予定。

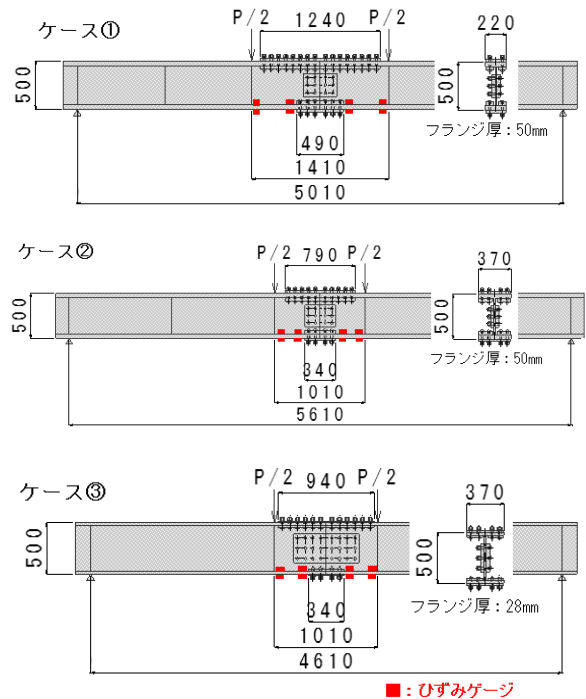


図-1 桁曲げ試験の供試体

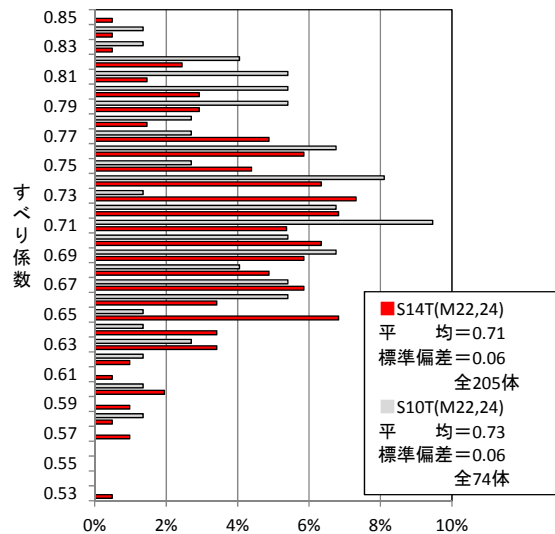


図-2 標準すべり試験でのすべり係数(A社塗料)

表-2 標準すべり試験でのすべり係数(B社塗料)

・S14T、M22		・S10T、M22	
0.60	平均 =0.59 標準偏差 =0.01	0.67	平均 =0.65 標準偏差 =0.02
0.59		0.66	
0.59		0.65	
0.58		0.65	
0.57		0.61	

表-3 桁曲げ試験でのすべり係数

算出方法	① S14T	②-1 S14T	②-2 S14T	③ S10T
梁理論：下フランジの平均曲げ引張力	0.62	0.63	0.62	0.57
計測値：下フランジのひずみゲージから算出した引張力	0.57	0.60	0.57	0.47

耐久性を喪失させる要因分析及び設計・施工時の 対処方法に関する調査検討

Study on investigation into cause of durability loss and the measures in design and construction stages
(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 中洲 啓太
Senior Researcher Keita Nakasu
研究官 横井 芳輝
Researcher Yoshiteru yokoi
部外研究員 吉川 卓
Guest Research Engineer Taku Yoshikawa

室長 玉越 隆史
Head Takashi Tamakoshi
主任研究官 星野 誠
Senior Researcher Makoto Hoshino
研究官 石尾 真理
Researcher Mari Ishio

In order to improve accuracy of durability deterioration prediction for bridge and structures, NILIM conducted statistic analysis on chloride damage of reinforced concrete, using the periodic inspection data and the site survey data. Also use the beam specimens of PC, measure the displacement and internal stress caused by creep and shrinkage, and clarified the effect of restraint by the reinforcement.

[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、経済的かつ合理的に所要の性能が実現されるよう、過去から時代を経て改定がなされてきている。現在、耐荷力評価方法について、部分係数設計法の導入が検討されている。一方、耐久性については、信頼性の高い定量的な照査手法を規定するために必要な知見が十分ではないものがほとんどであり、設計上の目標期間として 100 年程度を念頭において、構造細目や板厚など仕様を満足させることで耐久性を確保する手法が中心となっている。

本研究では、耐久性の評価手法における信頼性を向上させるため、耐久性に影響を与える様々な外力、環境条件、施工品質と耐久性の関係を明らかにし、耐久性に影響を及ぼす要因を定量的に設計で考慮するなど、合理的で信頼性の高い耐久性設計が行える手法の確立を目標としている。平成 23 年度は、下部構造および擁壁やボックスカルバート、洞門等における鉄筋コンクリート部材の塩害による損傷を対象として、当該構造物を取り巻く影響要因や構造条件と劣化損傷進展との関係を明らかにする目的で、現地調査と定期点検結果等の分析を行い、これらの構造物における塩害の影響要因との関係を把握した。また、PC 橋における持続荷重・収縮に関する試験を開始し、短期でのクリープ・収縮と影響要因との関係を把握した。

[研究内容及び研究成果]

(1) 下部構造の塩害に関する調査

飛来塩分量を使用してフィックの拡散方程式に基づく塩化物イオン濃度の曲線と、塩害による損傷状況を比較した結果を図-1 に示す。飛来塩分量が平均値 0σ で $W/C=60\%$ 、かぶり 70mm における腐食発生限界塩化物イオン濃度 $C_{lim}=1.2\text{kg/m}^3$ の曲線と実際の塩害損傷状態は概ね一致していた。

平均値 0σ の曲線は、平成 14 年道路橋示方書・同解説における $W/C=50\%$ 、かぶり 90mm とした場合、0.1km 以内(対策区分 S)では供用年数 100 年未満で塩害損傷の発生が予想された。また、0.1km をこえて 0.3km まで(対策区分 I)においても、道路橋示方書・同解説で示されたかぶりを確保する必要があると考えられた。

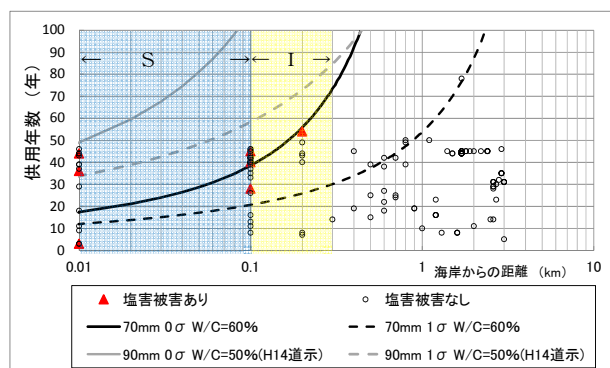


図-1 海岸からの距離-供用年数の関係(地域区分 B, 下部構造)

(2) 擁壁等構造物の塩害に関する調査

塩害地域区分別に、擁壁、ボックスカルバート、ロックシェットの塩害による損傷状況を計 50 箇所現地調査して、地域別、構造別に塩害による損傷状況を確認した。各構造物ともに、塩害による損傷が認められた。また、供用年数が判明した構造物について、下部構造と同様に図-2 に整理した。飛来塩分量平均値+0σ のかぶり 70mm における腐食発生限界塩化物イオン濃度の曲線と実際の塩害損傷状態は概ね一致しており、下部構造と同様な状況であった。擁壁等構造物の種類や構造は多様であるため、合理的なかぶり値の設定のためには、統一的な評価基準による定期的な調査データを増やす必要がある。

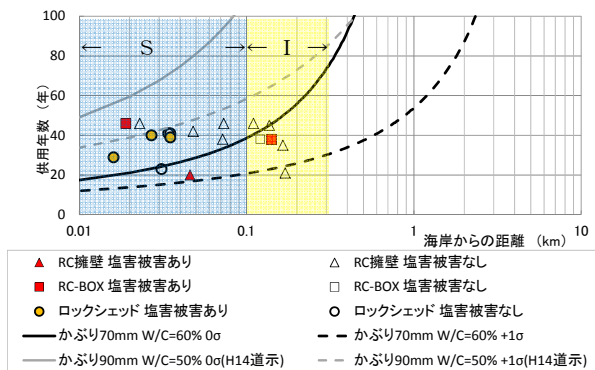


図-2 海岸からの距離-供用年数の関係

(地域区分B, 擁壁等構造物)

(3) PC 橋の持続荷重の影響

PC 橋における持続荷重・収縮の影響を把握するため、PC 橋の実橋環境を模擬して、持続荷重・収縮による部材内部の応力状態の経年的把握に着目した供試体を製作し、持続荷重試験を行った。

供試体は、厚さ 300mm 程度、長さ 2500mm とし、供試体側面を脱型直後にアルミテープで密閉することにより横方向に連続する実橋の部材と同程度の乾燥条件となるように配慮した(図-3)。持続荷重は、供試体の軸方向のシーす内に設置した PC 鋼棒を緊張して与えた。試験ケースは、持続荷重の作用応力、軸筋及び横筋の鉄筋量の違いに着目した 7 ケースとした(表-1)。今年度は、緊張後 106 日までの計測である。

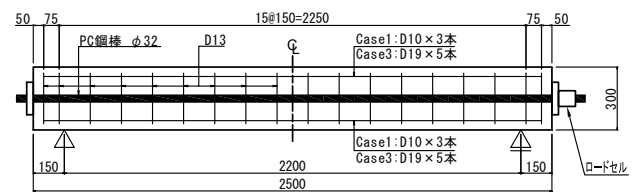
持続荷重によるクリープひずみは、供試体内部のモールドゲージにより計測された全体のひずみ値から乾燥収縮によるひずみ値を差し引いて算出した。クリープ係数は、算出したクリープひずみにヤング係数と持続荷重による応力度の比を乗じて求めた。このクリープ係数と道路橋示方書の規定値を比較すると、PC 橋における一般的な鉄筋量(ケース 1)でも異なり、軸筋鉄筋量の大きいケース 3 では顕著に減少していた(図

4)。一方、横筋の鉄筋量が大きいケース 5 では、収縮量への顕著な影響はみられなかった。このように、クリープひずみには軸筋の拘束が影響していることが確認された。また、鉄筋量の偏った配筋のケース 4 では、鉄筋量の違いによる収縮の差に起因して、鉛直変位量が大きく変化しており、クリープひずみの予測において留意する必要性のあることが確認された。また、FEM を用いた変位算出解析を行い、各ケースの計測結果と同様な変位が解析で再現できることを確認した。

表-1 持続荷重の試験ケース

Case	緊張力	軸筋鉄筋量	横筋鉄筋量
1	569kN (0.6Pu)	0.5%	0.6%
2	285kN (0.3Pu)	0.5%	0.6%
3	569kN (0.6Pu)	3.4%	0.6%
4	569kN (0.6Pu)	上段 3.4% 下段 0.5%	0.6%
5	569kN (0.6Pu)	0.5%	1.9%
6	569kN (0.6Pu)	3.4%	1.9%
7	0kN (0Pu)	0.5%	0.6%

側面図



断面図

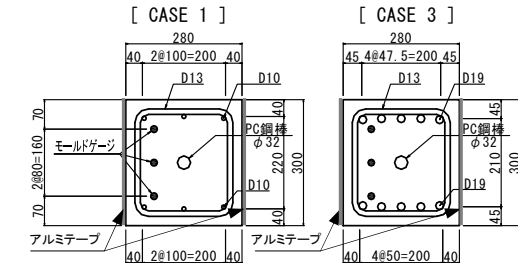


図-3 持続荷重の供試体

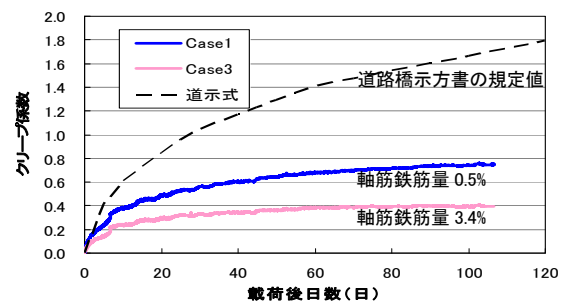


図-4 配筋がクリープ係数へ与える影響

【成果の発表】

国総研資料及び土木学会等の論文で発表予定。

【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。

ボックスカルバートの耐震性能に関する検討

Experimental and numerical study on seismic capacity for concrete box culvert

(研究期間 平成 22～23 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 中洲 啓太
Senior Researcher Keita NAKASU
研究官 北村 岳伸
Researcher Takenobu Kitamura

In order to propose a seismic design method for large scale concrete box culverts over 6.5m width and 5m height, NILIM carried out cyclic loading tests of the culvert models and numerical analyses.

The results indicate that seismic behavior of the box culverts depend on structure details intricately, and that it is not simply applicable to the existing design method of piers, girders, and so on.

〔研究目的及び経緯〕

近年、道路盛土に、従来の標準的な寸法を大幅に超える大断面のボックスカルバート（以下「カルバート」という。）の採用が検討される例がある。一方、大断面のカルバートの大規模地震時の挙動については不明な点も多く、耐震性能の照査については統一的な方法が確立していない。

本研究では、カルバートの耐震性能を明らかにするとともにその評価方法を確立するため、縮小模型を用いた正負交番載荷実験と数値解析を行い、地震時挙動について検討した。

〔研究内容及び成果〕

（1）交番載荷試験

表-1 に示す土かぶり、断面形状、中壁構造をパラメータとした 3 ケースのカルバートを想定し、道路土工—カルバート工指針（H22 日本道路協会）に準じて常時設計を行い、実物の構造寸法を決定した。この実物の構造寸法を相似則に基づき 1/3 に縮尺し、供試体の構造寸法を決定した。供試体の配筋は、「国土交通省制定土木構造物標準設計第 1 巻（平成 12 年度版）」の場所打ち方式の一連カルバートを参考に、主鉄筋とハンチ筋は引張鉄筋比、配力筋は主鉄筋に対する比率、幅止め鉄筋は断面積比が実物とほぼ同じとなるように調整した。ケース 1 を例として、実験供試体断面図を図-1 に示す。

載荷方法を図-2 に示す。床面に設置された支持治具を介して供試体底版を固定し、土圧に相当する上載荷重を頂版面に与えた状態での、水平力載荷アクチュエーターによる正負交番載荷である。載荷は、一定振幅変位増幅法により行い、同一水平変位振幅における正

負繰り返し回数は 3 回とした。変位は層間変形角 1/300 を漸増の基準とし、整数倍毎に変位を与えた。

載荷終了時のひび割れ発生状況の例（ケース 1）を、写真-1 に示す。

ケース 1 の例では、カルバートの側壁と頂版との接合部のハンチ部および頂版の主鉄筋段落とし部付近に、顕著なひび割れが生じていた。ケース 2、3 でのひび割れの卓越した方向も踏まえると、これらの破壊形態には、ハンチ部の剛性と配筋方法、頂版部の鉄筋の段落としの有無などの配筋方法が大きく影響している可能性のあることがわかった。土中構造部であるカルバートの場合、耐震性能の観点からは、頂版を支持する

表-1 供試体一覧（実構造） 単位 m

ケース	形状	土かぶり	内空幅	内空高さ	中間構造
1	1 BOX	1.5	6.5	6.0	—
2	2 BOX	1.5	6.5	6.0	壁構造
3	2 BOX	1.5	6.5	6.0	柱構造

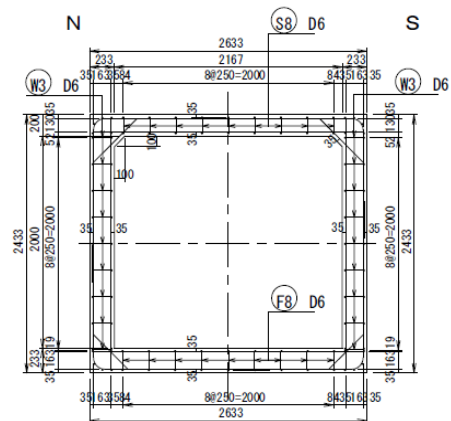


図-1 実験供試体断面図（ケース 1）

側壁や中壁が鉛直荷重支持性能を失わないことに加えて、頂版そのものの大変形や崩壊によって内空断面が侵されないことが、被災後の利用や機能回復の点で重要と考えられる。

また、構造特性によっては点検困難な側壁外側（盛土側）や側壁内部に顕著なひび割れが生じる可能性があり、カルバートとしての耐震性能が満足され、かつ、性能状態が点検可能な破壊形態に確実に誘導できるための配筋条件などの設計方法を確立する必要があることが確認された。

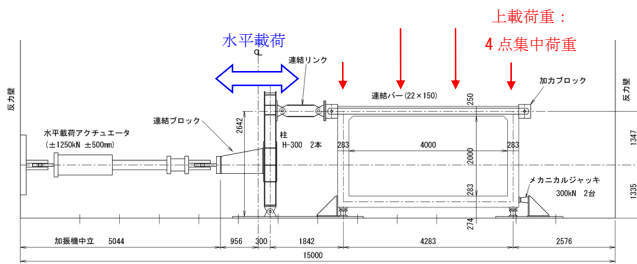
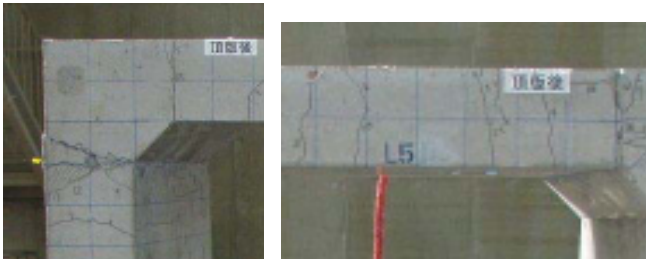


図-2 実験荷重状況図



(a) ハンチ部 (b) 頂版部

写真-1 ひび割れ発生状況

(2) 荷重実験の再現解析

上記実験で確認されたカルバートの構造条件におけるひび割れの発生メカニズムと耐震性能を確認するため、ファイバー要素を用いた2次元解析モデルにより、カルバートの繰り返し水平荷重実験の再現解析を実施した(図-3)。

解析の結果、構造条件の違いによる配筋の違いやハ

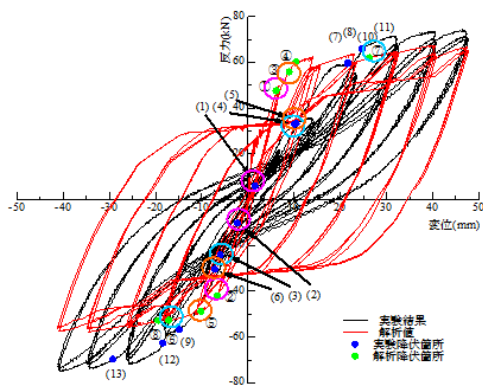


図-3 再現解析 (case1)

ンチの有無などの構造細目が損傷性状に影響することが確認された。ただし、接合部付近のモデル化方法や剛域の設定条件により、解析結果が大きく左右された。設計法の確立と併せて解析方法の確立も必要である。

(3) 構造細目の違いによる耐震性能評価

(1), (2)を踏まえて、配筋条件やハンチ形状などの構造細目の違いが損傷形態に及ぼす影響を把握するため、図-4に示す方法により、図-5に示す切り出し部分モデルの交番荷重実験を実施した。

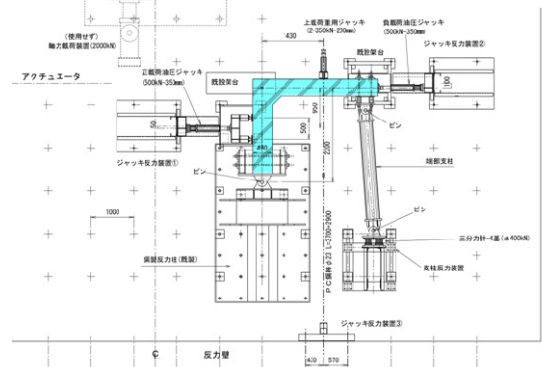


図-4 部分模型実験荷重方法

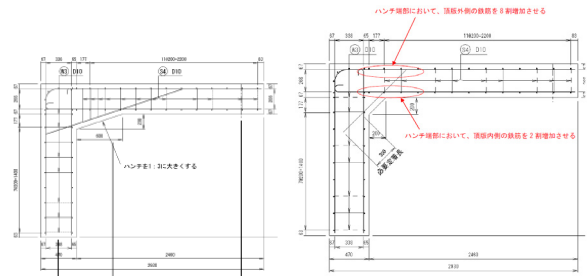


図-5 部分モデル供試体

頂版側の破壊よりも側壁側の破壊を先行させるとともに、側壁側の破壊形態は鉛直支持性能を失わず点検による確認ができるよう、上部内側から水平方向に向かうひび割れを生じさせることを意図して、供試体は、一般的な条件に比べてハンチ形状を変更したものとハンチ形状は変えず配筋量を変更した2ケースとした。

実験の結果、致命的な損傷となる頂版への損傷を制御できる可能性が確認できた。今後は、破壊性状の制御に関わる各設計項目の相関関係について検証を進め、設計法を確立するとともに基準等への反映を図っていく。

[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]

道路土工-カルバート工指針等、技術基準改定のための基礎資料となるものである。

道路構造物の津波被害メカニズムの調査及び

津波に対する道路構造物の要求性能に関する調査検討

Study on damage mechanisms of tsunami on highway structures
and performance requirements of highway structures against tsunami

(研究期間 平成 23 年度)

道路研究部 道路構造物管理研究室	室長	玉越 隆史
Road Department Bridge and Structures Division	Head	Takashi Tamakoshi
主任研究官 大久保 雅憲	主任研究官	星野 誠
Senior Researcher Masanori Okubo	Senior Researcher	Makoto Hoshino
研究官 北村 岳伸	研究官	横井 芳輝
Researcher Takenobu Kitamura	Researcher	Yoshiteru Yokoi
部外研究員 氏本 敦	部外研究員	吉川 卓
Guest Research Engineer Atsushi Ujimoto	Guest Research Engineer	Taku Yoshikawa

Highway bridges were damaged due to tsunami occurred by the 2011 Great East Japan Earthquake. However, relationships between tsunami forces and the damaged conditions for the highway bridges are not uncertain. Moreover, estimation method of tsunami forces is one of the important problems in design of highway bridges concretely. Thus, NILIM studied on the relationships between tsunami forces acting on the highway bridges and the damaged conditions by calculating the water depth and the velocity of tsunami at the bridge sites using tsunami simulation.

〔研究目的及び経緯〕

平成 23 年 (2011 年) 東北地方太平洋沖地震では、津波により東北地方から関東地方の広い範囲で甚大な被害が発生した。道路橋においても、津波による上部構造や橋台背面土の流出、下部工の倒壊など、過去にあまり例のない被害がみられた。津波の作用と道路橋の被災状況との関係については、これまでほとんど検討されていない。このため、道路橋の設計において具体的に津波の影響を評価する手法の確立が、今後の重要な課題として浮かび上がった。

こうした状況を踏まえ、東北地方太平洋沖地震において津波の影響を受けた橋梁を対象に、架橋位置での津波の特性を推算した上で、橋桁に作用する津波荷重の傾向分析及び津波の作用と被災状況との相関関係の分析を行った。

〔研究内容〕

1. 橋梁架橋位置における津波の特性の推算

橋梁架橋位置における津波の特性 (流速、流向、水深等) を推定するため、津波による影響を受けた約 200 橋を対象に、周辺地形や構造物等を考慮した津波伝搬・遡上解析を行った。解析は、非線形長波理論式とし、波源モデルとして藤井・佐竹 Ver4.6 を、地形、構造物、粗度等は最小 10m メッシュのデータを用いた。

2. 数値波動水路解析による津波荷重の傾向分析

津波により橋桁に作用する荷重傾向の把握のため、数値波動水路 (断面二次元波動モデル) 解析により津波荷重を試算した。ポステン T 桁橋 (支間長 $L=30\text{m}$) の上部工をモデル化し、津波伝搬・遡上解析で得られた橋梁架橋位置の津波特性を造波位置に入力した。

3. 津波作用と被災状況との相関整理

津波伝搬・遡上解析で得られた橋梁架橋位置の津波特性を用い、津波作用力を算出した。水平方向の津波作用力として橋桁側面に作用する静水圧及び流体力を、鉛直方向の津波作用力として浮力及び揚圧力を考慮した。

水平抵抗力については、図面から支承のアンカーボルトが確認できるものはその水平耐力、不明なものには道路橋示方書で考慮される変位制限装置の設計地震力相当として算出した値、鉛直抵抗力については、上部工の自重のみとした。

これらの津波の作用力及び抵抗力と被災状況との相関関係について、橋梁形式、構造寸法、架橋条件等ごとに分析を行った。

〔研究成果〕

1. 橋梁架橋位置における津波の特性の推算

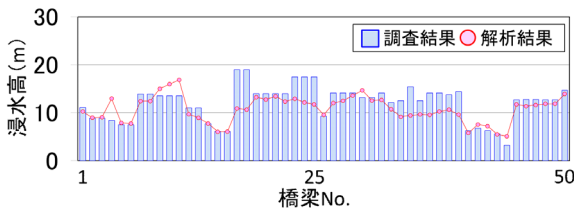
地震発生直後から、津波の影響を受けた橋梁の現地

調査、道路管理者からの情報収集、衛星写真の分析等を行い、表-1に示す津波の影響を受けた約200橋の被災状況を把握した。この全橋に対して、個別に、津波伝搬・遡上解析を実施し、橋梁架橋位置の津波の水深、流速、流向を算出した。算出結果は、国土地理院にて公表されている浸水範囲概況図や各機関及び学会等の現地調査結果による実績データと照合し、妥当性を確認した。図-2に、浸水高と流速を実績データと比較したものの一例を示す。浸水高については、実績データと概ね整合していることが確認できた。一方、流速については、実績データを検証できる箇所が限られており、引き続き検証を行っていく予定である。

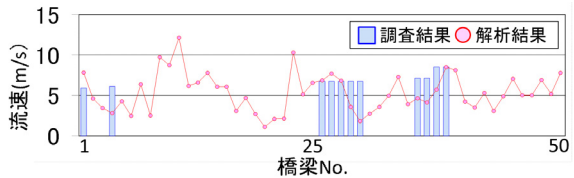
表-1 調査対象橋梁

橋種 (推定)	流出	未流出	計
鋼橋	41	35	76
コンクリート橋	57	70	127
計	98	105	203

注：橋種については、衛星写真からの推定を含む。



(a) 浸水高



(b) 流速

図-2 解析結果と実測値の比較

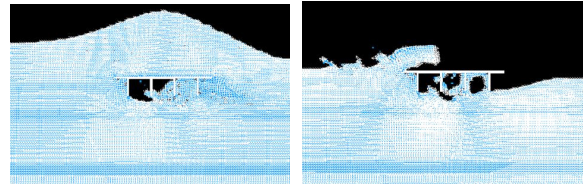
2. 数値波動水路解析による津波荷重の傾向分析

図-3に、数値波動水路解析の結果のうち、鉛直力及び水平力が最大となる時刻における津波の作用状況を、図-4に、橋桁に作用する水平力及び鉛直力の時刻歴を示す。これらから、水平力と鉛直力が最大となる時刻は異なり、津波の作用状況も異なることがわかった。また、水平力は、時間とともに水位、流速が増加して大きくなっている一方、鉛直力は、津波が橋桁に衝突し、上面に覆い被さる(図-3(b))までは大きく上昇し、橋桁上面にまで津波が覆い被さると、下向きの力に変わることが分かった。

3. 津波作用と被災状況との相関整理

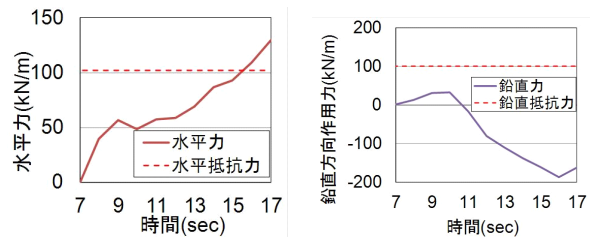
図-5に、PC床版橋とPC-T桁橋を例に、上部工水平抵抗力と水平方向津波作用力との関係を示す。図には、流出したにも拘わらず作用力がほぼ0となったなどの

3橋(図中に「特異」と区分)を除いた回帰式を示した。PC床版橋においては流出しなかった橋梁が下方に分布し、PC-T桁橋ではほぼ同じ回帰式となり、大局的には現象を説明できつつあると考えられるものの、現時点では、津波による作用力と被災状況について明確な相関は得られていない。引き続き、橋梁架橋条件、周辺地形、構造諸元等からの分析を進めていく予定である。



(a) 水平力最大時 (b) 鉛直力最大時

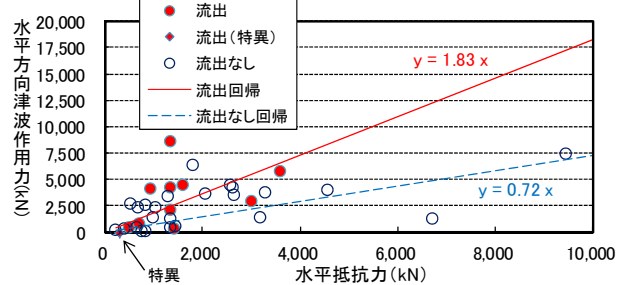
図-3 橋桁モデルに作用する津波



(a) 水平力 (b) 鉛直力

図-4 数値波動水路解析による作用力の時刻歴

①PC床版橋



②PC-T桁橋

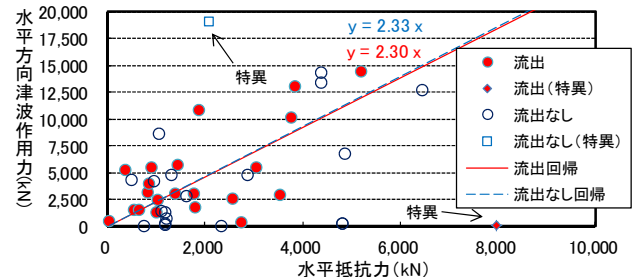


図-5 解析結果と実測値の比較

[成果の発表]

国総研資料及び各種論文で発表予定。

[成果の活用]

今後も検討を続け、津波の影響を受ける道路橋に対する技術基準策定における参考資料とする。

道路橋点検体系の合理化・標準化・高度化に関する調査検討

Study on rationalization, standardization and advancement of inspection system 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

室長 玉越 隆史
Head Takashi Tamakoshi
主任研究官 大久保 雅憲
Senior Researcher Masanori Okubo
研究官 横井 芳輝
Researcher Yoshiteru Yokoi

In order to assess the states of highway bridges including bridges managed by the local governments from the unified viewpoints effectively, NILIM conducted a study towards formulation of rational periodic inspection manual commonly used by the road administrators.

〔研究目的及び経緯〕

我が国の社会資本は、これまでに蓄積されてきたストックのうち高齢化したものの割合が急速に増加しつつあるという課題に直面しており、施設の状態を定期的に点検・診断し、異常が認められる際には致命的欠陥が発現する前に速やかに対策を講じ、ライフサイクルコストの削減を図る「予防保全」の考えに立った戦略的な維持管理・更新を実施していく（平成 21 年 3 月 31 日閣議決定）ことが重要である。このためには、データに基づく科学的な維持管理を実現し、更には、管理者の別を超えて全国に形成された道路ネットワークとしての機能を維持、向上させていくことも重要である。

これらを踏まえ、本研究では、効率的に地方公共団体が管理する橋梁を含む全国の道路橋の状態を統一的な観点で把握するため、各道路管理者間に共通して適用される合理的な定期点検要領の策定に向けた検討を実施した。

〔研究内容〕

直轄道路橋における定期点検は、橋梁定期点検要領(案)（平成 16 年 3 月、国道・防災課）に基づき、供用後 2 年以内の初回点検、その他は 5 年間隔で実施される。現在までに同要領で二回点検されたものが約 9 千橋となってきた。一方、地方公共団体においては、定期点検の必要性を認識しつつも予算や人員の制約から、点検が行われていない団体もある。

本研究では、将来の維持管理の合理化・高度化に資するよう、また、地方公共団体の点検導入に資するよう、直轄道路橋の近接目視で網羅的に取得されてきた膨大な点検データに対して、構造形式、部位、架橋環境などの条件毎の損傷の発生状況や進行速度などに着

目した傾向や特徴の分析を行ってきた。今年度は、これらに加えて、初期品質の影響把握のための分析、更に、多変量解析を用いて損傷要因を抽出するとともに、一部の地方公共団体管理道路橋の損傷の特徴を把握し、直轄道路橋と比較した。

〔研究成果〕

1. 初期損傷の特徴

初回点検と全点検それぞれに対する損傷種類別の損傷率を、主な損傷とそれが発生する主な部位について、積算棒グラフとして図-1 に示す。なお、

- ・ 損傷率 = 損傷ありの径間数 / 全径間数
- ・ 伸び損傷率 = 全点検の損傷率 - 初回点検の損傷率

である。損傷の特徴は、大きく 3 タイプに区分された。初期損傷率が小さく、その後の経年により損傷率が増加するものとして、腐食、剥離・鉄筋露出。初期損傷率がやや高く、その後の経年により損傷率が増加するものとして、防食機能の劣化。初期損傷率は高いもの、その後の経年による増加は少ないものとして、ひ

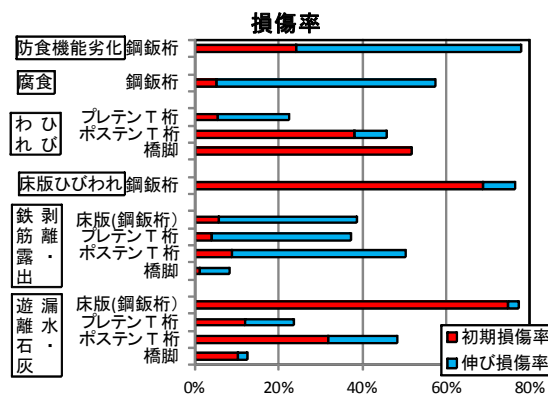


図-1 初回点検及び全点検での損傷発生状況

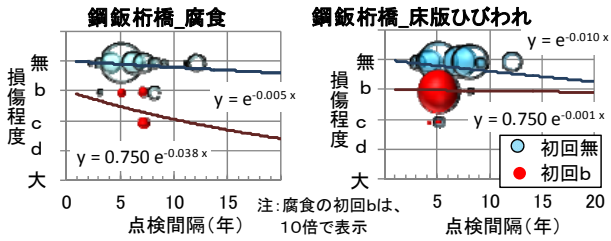


図-2 初期損傷の有無別損傷進行状況

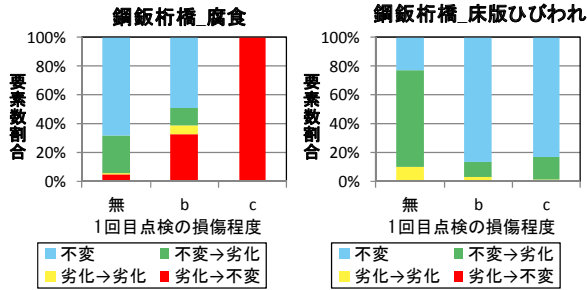


図-3 3回の点検における損傷進行状況

びわれ、床版ひびわれ、漏水・遊離石灰である。

図-2に、腐食と床版ひびわれについて、初期損傷の有無別の損傷進行状況を示す。経年により損傷率が増加していた腐食では、初期損傷あり(初回 b)の方がその後の進行は早く、一方、経年による損傷率の増加が少ない床版ひびわれでは、初期損傷があってもその後はほとんど進行していない結果であった。

ここで、初回点検に限らず、3回の点検結果を用いて、この2つの損傷の進行状況を確認した結果を、図-3に示す。腐食では、損傷程度が悪化しているほど「劣化→不変」の割合が増加するのに対して、床版ひびわれではこれはほとんどなく、損傷程度がb又はcになるとその後は「不変」が多くを占める結果であった。ただし、更に劣化するものが約2割弱を占めていることを、管理上無視してはならない。

以上からは、腐食を代表とする経年劣化する損傷に対しては、損傷の初期に対処する。床版ひびわれを代表とする初期損傷の発生率が高い損傷に対しては、初期損傷の発生を抑制する、又は初期損傷に早期に対処する。これらが行われれば、予防保全に有効に寄与する可能性があることを示唆していると考えられる。

2. 損傷発生・進行の要因

損傷要因を漏れなく抽出することを意図し、維持管理に係わる各種因子を説明変数に用いて重回帰分析を実施した。なお、複数の説明変数同士は無相関という仮定が一般的ではあるものの、係数の値を求めることよりも相関の有無把握を第一と考え、データのあるあらゆる因子を考慮した。結果を、表-1に示す。影響度最高の要因として、設計基準や構造形式に加え、地整(説明変数は、降水量と気温の定量値)が抽出された。地整別の劣化曲線を、腐食を代表例として図-4に示す。適切な同一の属性で劣化予測することの重要性を示す

表-1 重回帰分析による損傷への主要因の影響度

損傷	鋼主桁、腐食	主桁、ひびわれ	床版ひびわれ	下部工ひびわれ
設計基準	○	◎	◎	◎
地整	◎	◎	△	◎
構造形式	◎	◎	△	—
塩害地域区分	◎	△	×	△
橋長	△	△	—	◎
遮音壁有無	×	×	○	—
塗装系	○	—	—	—
交通量	—	—	×	△

影響度：◎…最高、○…高、△…中、×…低、—…無関係

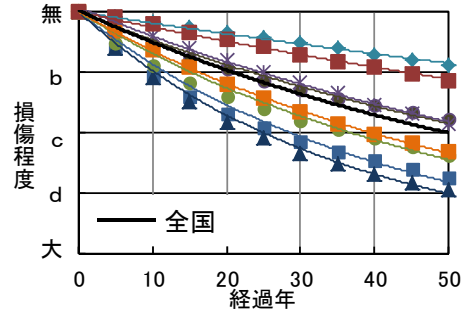


図-4 地整別劣化曲線(鋼鉄桁橋、腐食)

1例である。

3. 地方公共団体管理道路橋の損傷の特徴

地方公共団体が管理する道路橋の主な損傷の発生状況について、同地域にある直轄事務所管理の道路橋と比較して図-5に示す。地公体は、各地整から任意に1市町村程度を抽出し、合計約1,000橋である。地公体では、直轄と比較し、点検レベル(近接程度)の違いはあるものの、腐食及び支承の機能障害の程度がやや悪く、その他の損傷においては、直轄道路橋との大きな差異は見られない、又はより良好である。腐食と支承に関しては、維持管理レベルの違いの影響が考えられる。

以上からは、管理者による差が全てでないことから、直轄の点検要領や本分析結果などは、地公体での管理においても参考となる重要な情報になるものと考えている。

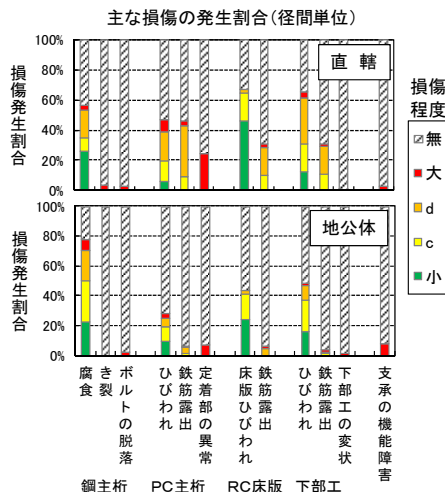


図-5 直轄道路橋と地公体管理道路橋の損傷状況

[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]
定期点検要領(案)の改訂等に反映。

道路橋の将来状態予測手法及び道路構造物群の機能状態評価手法 に関する調査検討

Study on prediction method for future states of bridges and evaluation method for road structure states
(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
Head
主任研究官
Senior Researcher
研究官
Researcher

玉越 隆史
Takashi Tamakoshi
大久保 雅憲
Masanori Okubo
横井 芳輝
Yoshiteru Yokoi

Road networks consist of road structures such as bridges, tunnels, earthworks, and pavements. Recently, as new structures are constructed based on standards focused on performance for specific function, existing structures also attempt to be managed rationally, focused on the performance states of the function. In the future, road structures also should be maintained and managed rationally in harmony with the whole road networks as well as the performance for each road structure. Based on the situations, NILIM studied on the performance index calculated considering the road networks.

[研究目的及び経緯]

道路橋の予防保全を実現し、ライフサイクルコスト（以下「LCC」という。）の縮減と長寿命化を実現するためには、劣化予測に基づく適切な時期の適切な対処が重要であるものの、個々の橋が置かれる架橋環境は様々であることなどから劣化傾向は一様でなく、確定的な劣化予測の精度には限界がある。また、それに基づき算出したLCCには少なくないバラツキが含まれているものである。本研究では、不確実性が将来予測の精度に及ぼす影響を明確にする検討を行った。

道路ネットワークは、橋梁、トンネル、土工構造物、舗装の道路構造物群から成り立っている。近年、新設構造物では特定の機能における性能に着目した基準に基づく整備が進められつつあり、既設構造物に対しても機能の性能状態に着目して合理的に管理しようとする検討が進められている。道路構造物も将来的には、各構造物の個々の性能のみならず、道路ネットワークとの関わりの中でその性能を評価して、全体として調和のとれた合理的な整備や管理を行うことが必要と考えられる。こうした状況を踏まえ、道路ネットワークの観点から求めた性能指標に関する検討を行った。

[研究内容]

1. 橋梁の将来状態予測手法

道路橋の予防保全の適切な実施時期を合理的に設定する際の一つの判断材料を高精度で得るため、過年度までに実施してきたマルコフ遷移による劣化予測に橋年齢を考慮する手法、また、マルコフ遷移による劣化

予測に基づくLCCに推定の信頼性を考慮する手法を検討した。更に、過年度までに開発した、損傷に伴う性能状態を構造物の種類を問わず共通の視点で評価する指標を用いて、橋梁の将来状態を予測した。

2. 道路構造物群の性能指標

平成 23 年 3 月の東日本大震災では、津波による道路構造物の被災は甚大であった一方、地震動による被災は、橋梁及びトンネルにおいては顕著でない中、土工構造物においては橋台背面の段差を始めとして少なからず被災した。この被災の程度と性能指標とを対比し、適合性を検証した。

[研究成果]

1. 橋梁の将来状態予測手法

橋梁の劣化予測手法のうち、点検結果の統計分析による同一箇所での時期の異なる 2 回の点検結果の推移からマルコフ遷移確率を求めて予測する方法は、当該損傷程度にのみ支配され、橋年齢やそれ以前の状態は考慮しないものである。このため、経年にとまない劣化進行が促進する現象は再現できない。そこで、遷移確率を橋年齢別(5歳単位)に求めて劣化曲線を作成した。鋼桁橋の腐食を代表例として、図-1 に示す。一律の遷移確率とした①では下に凸の劣化曲線となるのに対して、橋年齢別遷移確率を用いた②では上に凸の劣化曲線となり、高齢化に伴う劣化の加速が表現できる劣化曲線となった。損傷に応じた劣化曲線の使い分けの重要性を示す 1 例である。

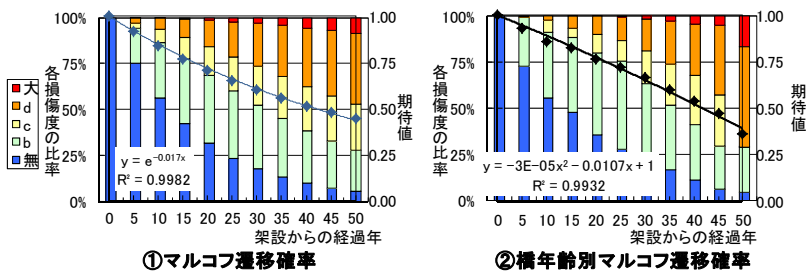


図-1 鋼鉄桁橋、主桁、腐食、A・B 塗装系の劣化曲線

◆予防保全：原則bで補修 2千円/m²

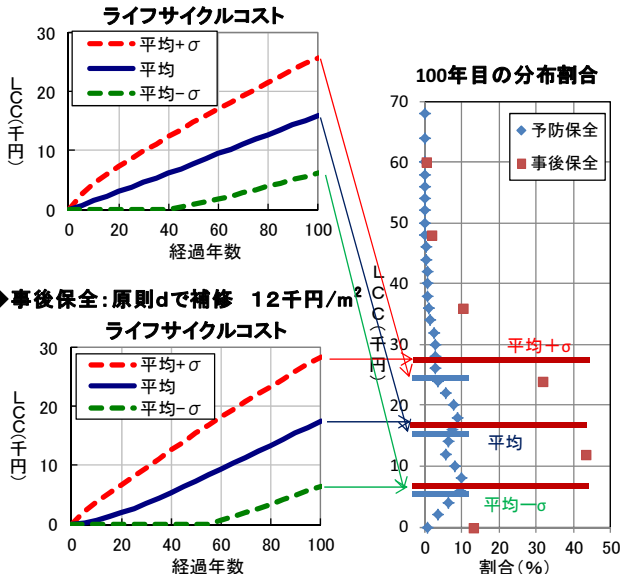


図-2 鋼鉄桁橋、主桁、腐食、A・B 塗装系の LCC

次に、上記①のマルコフ遷移確率を用いて、予防保全、事後保全のシナリオを設定し、1万回のモンテカルロシミュレーションを行い、LCCを算出した。予防保全とは、損傷程度 b (小) で補修する一方、いきなり損傷程度 c (中) 以下となった場合は事後保全と同程度で補修、事後保全とは、損傷程度 d (やや大) で補修である。なお、c の補修を見送りとしたのは、c と d での補修費用に大差がなく、耐荷性能が致命的とならない場合は先延ばしが LCC の観点からは有利であるとの考えからである。図-2 に、結果を示す。左図は平均と±σの推移を示し、右図は100年目の分布割合を示している。平均では予防保全が若干有利な結果であるものの、その評価にはバラツキを含めることが重要で、-1σと+1σでは3倍の開きである。100年目のバ

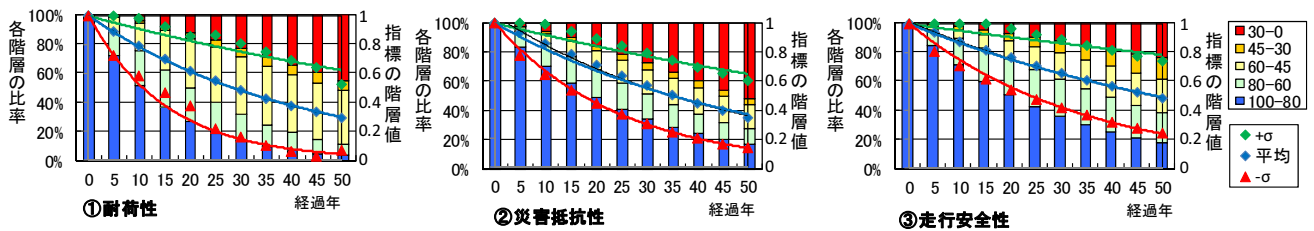


図-3 道路橋の性能指標の将来推移

ラツキ状況は、予防保全では低い割合で幅広い金額に分布するのに対して、事後保全では高い割合で離散的に分布する特徴がある。平均の劣化曲線による LCC 評価では、結果の持つ信頼性をあわせて考慮すべきことが、示せたものと考えている。

部材単位の劣化予測と LCC 試算値には大きな幅を有していること、及び橋全体の性能状態に着目して橋単位で補修・補強が行

われることが一般的であることを踏まえ、橋梁単位での将来予測として、性能指標のマルコフ遷移確率から求めた推移曲線を、図-3 に示す。性能指標は、全く損傷のない状態を 100 点とし、損傷が深刻になり性能が低下するほど減少していくように、かつ安全側に算出している。機能 (耐荷性、災害抵抗性、走行安全性) 毎に推移状況は異なる。これは、損傷毎に各機能に与える重みが異なるためである。今後は、性能指標の予測と実橋の状態との整合性を検討し、LCC 算出にも取り組んでいく予定である。

2. 道路構造物群の性能指標

東日本大震災における土工構造物の被災程度と性能指標の関係を、表-1 に示す。なお、被災の程度は、被災図や写真から読み取った定性的評価である。損傷無しで 30 点未満が多いのは安全側の設定からは許容されると考えられる一方、被災大で 60 点以上は数は少ないものの不整合である。被災大の内容は、舗装のクラックや盛土肩部の変状等の指標算出に考慮していないものに加え、切土表層部の流出など指標算出項目も含まれているなど、今度の課題が抽出された。

[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]

道路構造物群の管理状態の評価手段の一つとして行政等での活用を働きかけていく予定。

表-1 土工構造物の性能指標と被災の程度との相関

性能指標	①法面 (箇所)			②盛土 (箇所)			
	被災の程度	無	小	大	被災の程度	無	小
60点以上	10	2	6	6	1	5	
30~60点	21	4	4	2	2	1	
30点未満	58	15	10	20	7	2	

損傷部材の性能評価試験及び

既設道路橋の現有性能評価手法に関する調査検討

Research on Performance Evaluation Method for Existing 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 中洲 啓太

Senior Researcher Keita Nakasu

研究官 石尾 真理

Researcher Mari Ishio

部外研究員 吉川 卓

Guest Research Engineer Taku Yoshikawa Guest Research Engineer Atsushi Ujimoto

室長

Head

主任研究官

Senior Researcher Makoto Hoshino

研究官

Researcher

部外研究員

玉越 隆史

Takashi Tamakoshi

星野 誠

Senior Researcher Makoto Hoshino

横井 芳輝

Yoshiteru Yokoi

氏本 敦

The influence of existing bridge's damage on its load-carrying capacity was examined. As analytic approach, several models in each condition (sound, shifting and damaged) were made and load-carrying capacities in each condition were calculated. On the other hand, the load-carrying capacities of damaged girders were also tested as experimental approach.

〔研究目的及び経緯〕

複雑な構造体である道路橋では、新設時には主要部材のみを解析モデルに取り込み設計されるものの、既設橋においては省略された部材も応力を分担するなど設計上の仮定と実構造の挙動が基本的に一致していない。そのような中、経年によって様々な変状が生じた道路橋に対して新設時の設計手法をそのまま適用すると、実際には荷重分担している部材の効果が無視されるなどの不合理が生じると同時に、変状による部材性能の低下が適切に考慮されず安全が担保されない恐れもある。そのため、現有性能を正当に評価し、合理的な維持管理を実現するため、損傷部材を用いた耐荷力試験及び数値解析等を行い、既設道路橋の現有性能を正確に評価する手法を検討した。

〔研究内容及び研究成果〕

(1) 既設床版の耐荷力及び耐久性評価

実際に長期間供用され劣化した鉄筋コンクリート床版を用いて、輪荷重走行試験を実施した。実験供試体は、同一車線に位置し、ひび割れの程度（幅、間隔）が同じで、貫通ひび割れ（漏水・遊離石灰）が生じている供試体 No. 1（写真-1 参照）、28 と貫通ひび割れの無い No. 25 とし、供試体 No. 28 には鋼板接着補強を施した（写真-2 参照）。供試体 No. 1 と No. 25 は貫通ひび割れの有無について、供試体 No. 1 と No. 28 は鋼板接着補強の有無について、それぞれ比較するものである。

実験結果のうち、走行回数と床版下面の変位の関係を図-1 に示す。供試体 No. 1 は、輪荷重の少ない走行回数で破壊に至り、貫通ひび割れの発生により著しく耐久性が低くなる可能性が示された。次に、供試体 No. 25 と No. 28 を比較すると、No. 28 は変位が小さく、鋼板接着補強の効果が大きいことがわかった。なお、走行回数 52 万回においても破壊には至らなかった。

さらに、鋼板接着補強した床版の破壊メカニズムの解明及びより精度の高いコンクリート系床版の疲労耐久性解析手法の確立を目的として、国総研で提案する解析手法¹⁾を用いて、過去に輪荷重走行試験を実施した 5 ケースを試算し、床版たわみや鉄筋ひずみの遷移傾向を把握した。また、実橋をモデル化した疲労耐久性解析により、これまでの床版の解析で考慮していなかった主桁の拘束が破壊形態に及ぼす影響について整理した。図-2 に、解析結果の例を示す。この解析手法で、概ね実験結果が再現できることが検証された。



写真-1 供試体 No. 1



写真-2 供試体 No. 28

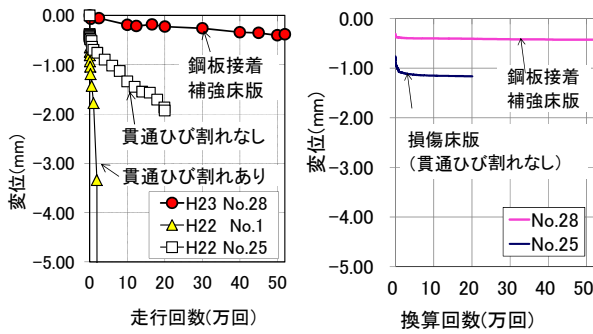


図-1 試験結果

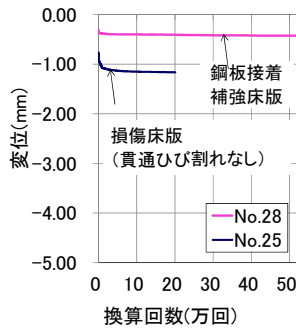


図-2 解析結果

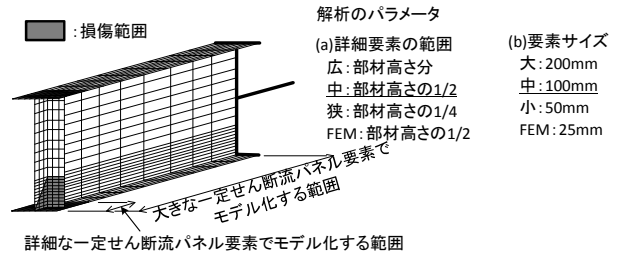


図-3 板厚減少モデル

(2) 既設鋼板桁橋及びPCT桁橋の耐荷力評価手法

1) 鋼板桁橋

腐食による局所的な断面減少や亀裂に対して適切な耐荷力評価を行うことを目的とし、FEMと比較して簡便な解析手法である一定せん断流パネル解析（以下「せんパネ法」という。）を用いて、詳細なモデル化の設定方法、要素サイズ、損傷の違いをパラメータとした試算を行い、モデル化の違いが算出結果に与える影響を把握するとともに、算出された応力を適切な照査値として評価するための処理方法についても検討を行った。

鋼板桁橋の局部腐食による板厚減少に対して、詳細にモデル化する範囲と要素サイズをパラメータとしたモデル化例を、図-3に示す。解析の結果、図-4(a)に示すとおり、詳細要素の範囲の違いでは、最大値、応力分布ともに結果に違いは生じなかった。一方、図-4(b)に示すとおり、せんパネ法の要素サイズを小さくするほど最大値が大きく、分布形状も鋭敏になり、FEM解析結果に近づくことがわかった。

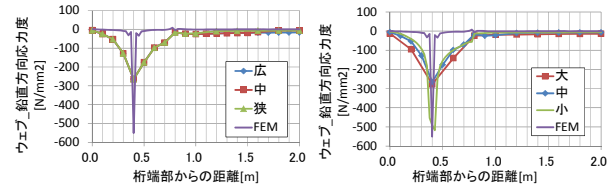


図-4 板厚減少モデルのウェブ下端鉛直方向応力度

2) PCT桁橋

ひび割れが生じたPC橋の耐荷力を適切に評価するモデル化手法を検討するため、ひび割れにより生じたたわみと同等のたわみになるようコンクリート桁の剛性を落としてひび割れによる損傷を評価する「剛性低下モデル」と、ひび割れを二重節点の接触要素として表現した「ひび割れモデル」について検討した。解析結果を図-5に示す。ひび割れモデルは、PC鋼線軸方向応力度がひび割れ位置で局所的に大きくなる(図-5(a))。一方、剛性低下モデルでは、PC鋼材の局所的な応力状態が評価できず、ひび割れモデルよりも20%程度小さい引張応力度となっている(図-5(b))。

このことから、剛性低下モデルでは、コンクリートの目地開きやひび割れによって生じる、局所的な内部鋼材への引張応力の集中による破断の危険性を、過小に評価する可能性があることがわかった。

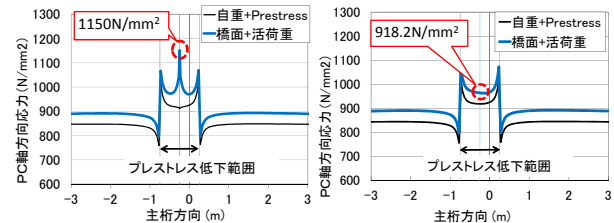


図-5 PC鋼材の軸方向引張強度

【今後の課題】

補修・補強床版については、破壊メカニズムを解明し、供用中の床版の残存耐荷力及び耐久性について検討する必要がある。また、疲労耐久性評価手法についても、貫通ひび割れのモデル化方法や耐荷力評価方法の精度を向上させていく必要がある。

主桁の耐荷力照査においては、様々な損傷、モデル化条件が解析結果に与える影響について把握した。今後は、さらに種々の構造でケーススタディを実施し、評価指標についても検討していく必要がある。

【成果の発表】

- ・点検要領（診断の手引き）への反映
- ・既設床版の耐荷力評価手法の検討

【成果の活用】

基準等に反映させる予定。

【参考文献】

- 1) 国総研資料共同研究報告書第472号, 道路橋床版の疲労耐久性評価に関する研究

部分係数設計法の適用性拡大に関する調査検討

Study on Improvement of Applicability of Partial Factor Design Method

道路研究部 道路構造物管理研究室

(研究期間 平成 23～25 年度)
室 長 玉越 隆史
主任研究官 中洲 啓太
研 究 官 横井 芳輝
研 究 官 野村 文彦
部外研究員 氏本 敦

[研究目的及び経緯]

我が国の道路橋の設計基準である「橋、高架の道路等の技術基準」(道路橋示方書)は、平成 13 年度の改定において性能規定型の概念が導入されたものの、耐荷力照査における基本書式においては、従来の許容応力度設計法を踏襲している。一方で、設計で目標とする期間において橋の性能が満足されること確からしさ等、道路橋の要求性能を合理的にかつ定量的に照査できる信頼性設計の考え方を基礎とする国際的技術基準の書式としての部分係数設計法の体系への転換を図る検討が進められている。

これらを踏まえ、本研究では、耐荷力設計の部分係数化が設計結果等に及ぼす影響を把握するために、部分係数設計法を用いた道路橋の試設計を行い、試設計結果と現行設計結果の相違点等を整理した。また、既設橋の補修補強設計に用いる部分係数の設定手法を検討するため、設計供用期間及び地域特性等をパラメーターとした荷重係数の感度の試算を行い、試算結果における基礎的特性等を整理した。

構造解析手法に応じた安全率設定手法に関する調査検討

Study on safety factors setting method depending on the structural analysis model

道路研究部 道路構造物管理研究室

(研究期間 平成 23～25 年度)
室 長 玉越 隆史
主任研究官 中洲 啓太
研 究 官 石尾 真理
研 究 官 横井 芳輝
部外研究員 吉川 卓
部外研究員 氏本 敦

[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に示される許容値などの規定では、はり、格子等の単純な解析モデルによって求まる計算応答との照合を前提としているものが多くある。そのため、FEM 等の高度な解析モデルを道路橋の設計に使用する場合には、許容値等の前提となった解析モデルとの応答算出方法の相違によって、道路橋示方書に規定のある許容値等と解析結果の応答とを直接対比して照査を行えない場合がある。

本研究では、高度な数値解析手法などの道路橋示方書が許容値等の前提として用いられているモデルとは異なる解析手法による部材の耐荷力評価結果と既存の許容値との関係を明らかにし、多様な構造解析手法にも対応できる照査基準の策定方法について検討する。平成 23 年度は、道路橋の代表的な構造形式(鋼桁、コンクリート箱桁、鋼トラス、鋼アーチ橋)を対象として、FEM モデルによる応答値に対して許容値と対比するための処理方法(局部応力の平均化方法など)の違いが評価結果に及ぼす影響について検討した。

無電柱化にかかるコスト縮減方策検討

Study on Cost Reduction Policies for No Utility Poles

道路研究部 道路空間高度化研究室

(研究期間 平成 22～24 年度)

室 長 高宮 進
主任研究官 池原 圭一
研 究 官 木村 泰

[研究目的及び経緯]

電線類地中化及び無電柱化の計画は、昭和 61 年度から概ね 5 年毎に見直され、現在は「無電柱化に係るガイドライン」の基で、無電柱化が推進されている。現在の整備方式は、平成 7 年に導入された「電線共同溝方式」が広く普及しており、この他に現場条件があれば「浅層埋設方式」を採用する場合がある。これら方式は、既に多くの地方整備局等の整備マニュアルに採用されている。一方で、将来において無電柱化の必要性が見込まれる箇所において、道路の新設又は拡幅と同時に電線共同溝を整備する方式である「同時整備方式」は、具体的手順を示した技術資料がないことからあまり普及していない。また、電線類を建物の軒下や裏通り等に配線する方式である「地中化以外の無電柱化方式」は、一部の地方自治体で先進的に取り組まれている事例がある。

本研究では、全国的には普及していない整備方式の事例と、各地に情報提供することで有効と思われる事例を収集し、これらを各地方整備局等の整備マニュアルに反映するための技術資料の素案を作成した。「同時整備方式」は、配線計画を作成する手順をとりまとめ、「地中化以外の無電柱化方式」は、住民との合意形成が重要であり、その際の留意事項や適用場所の条件をとりまとめた。その他にも、管路材質を柔軟に採用している事例、地上機器の配置で工夫している事例などを収集し、とりまとめを行った。

自転車ネットワークの安全性評価に係る検討

Study on evaluation of safety of bicycle travel space

道路研究部 道路空間高度化研究室

(研究期間 平成 22～24 年度)

室 長 高宮 進
主任研究官 本田 肇
研 究 官 木村 泰

[研究目的及び経緯]

環境問題や健康に関する関心の高まり等から自転車利用が盛んになってきている。しかし一方、最近 10 年間で自転車関連交通事故件数の全交通事故件数に占める割合が増加する等課題も明らかになってきている。そこで、警察庁と国土交通省は、平成 20 年 1 月に自転車通行環境整備モデル地区として全国 98 地区を指定し、これら地区等での課題や対応方策の検討を行って、安全で快適な自転車利用環境の創出のためのガイドラインを策定することとしている。

本研究では、自転車走行特性とそれに応じた一般部、交差点部における自転車通行空間の幾何構造等について、モデル地区における観測、社会実験等を元に基礎的・技術的知見を整理し、ガイドライン策定を支援するものである。

今年度は、国土技術政策総合研究所構内での被験者による実験等を通じて、分離工作物の種類や高さ、自転車通行空間のシフト比等様々な観点に応じた自転車の通行位置・通行状態等の自転車走行特性を把握整理した。

我が国における交通安全施策における統計データ分析

Statistical Data Analysis for Traffic Safety Measures in Japan

道路研究部 道路空間高度化研究室

(研究期間 平成 22 年度～)
室 長 高宮 進
主任研究官 小塚 清
主任研究官 池原 圭一
主任研究官 本田 肇
研 究 官 尾崎 悠太

〔研究目的及び経緯〕

平成 23 年の交通事故死者数は、4,612 人となり前年よりも減少した。しかしながら、いまだ多くの尊い命が交通事故で失われている。近年の交通事故死者数は、自動車乗車中の死者数は大きく減少しているものの、歩行中や自転車乗車中の死者数は大きくは減少していない。また、高齢者の死者数も他の年齢層と比較すると減少の程度は小さい。このような状況を踏まえ、近年の交通事故の発生状況に応じた交通安全施策の展開や先進諸国の安全施策の成功例の国内への適用などが求められている。

本研究では、交通事故削減のための課題の抽出や、抽出した課題への対応方策の検討のため、交通事故のデータベースなどをもとに、幹線道路、生活道路での交通事故や、歩行者、高齢者、自転車などが関わる交通事故について、その発生状況の傾向・特徴を分析するとともに、欧米を中心とした海外諸国における交通安全施策や交通安全施設に関する情報収集・整理を行った。その結果、例えば自転車事故では、交差点で発生した自転車関連事故のうち、6 割近くが出会い頭事故であり、その多くが自転車側の法令違反によるものであること、歩行者事故では、幹線道路の非市街地の単路部で発生する事故での致死率が他の場所で発生する事故（3%程度）に比べ群を抜いて高い（10%以上）ことなどを確認した。

効果的な交通安全事業を支援するための調査研究

Study for supporting an effective traffic safety measures

道路研究部 道路空間高度化研究室

(研究期間 平成 23～24 年度)
室 長 高宮 進
研 究 官 尾崎 悠太
部外研究官 山口 公博

〔研究目的及び経緯〕

日本国内における交通事故による死傷者数は、近年減少を続け、2011 年には死者数が 4,612 人となった。依然として多くの国民が交通事故の犠牲となっていることから、全国の道路管理者は、交通事故の削減に向けた取り組みを一層強化する必要がある。そのためには、これまでの交通事故対策の結果から得られる対策の効果を分析し、今後の交通事故対策に役立てる必要がある。

本研究は、現場における事故対策検討を支援するためのマニュアルや好事例集といった技術資料を作成・更新するために必要な調査を行うものであり、今年度は、各地で実施された事故対策の実績を蓄積する事故対策データベースの管理・改良、蓄積されたデータを用いた対策工種毎の効果の分析・整理、各都道府県で進められる事故ゼロ・プランにおける箇所抽出手法の調査を行った。

車両挙動分析結果を活用した事故要因分析及び対策効果分析手法の検討

Research on early verification method for traffic safety countermeasure effectiveness based on traffic behavior observations

(研究期間 平成 23～25 年度)

道路研究部 道路空間高度化研究室

室 長 高宮 進
研 究 官 尾崎 悠太
部外研究官 山口 公博

[研究目的及び経緯]

より効果的で効率的な交通安全事業を推進するためには、的確な事故要因分析、及び対策効果の早期評価とその結果に基づく追加対策の早期実施が必要となる。しかし、現状で得られる事故データのみでは、事故の発生過程を十分に把握することは困難であり、対策の立案に苦慮する状況が見られる。また、事故データの収集に長い期間がかかるため、事故データのみによる対策効果の早期評価は困難である。そこで本研究では、車両挙動等を解析して的確な事故要因分析及び対策の早期評価を行う手法を検討する。

今年度は、対策の早期評価を行う手法を開発するため、画像データから読み取った交通挙動指標を用いて対策効果の把握を試行し、その結果を事故データによるものと比較して、各指標について対策効果の把握への適用性を検証した。

生活道路における交通安全対策支援方策検討調査

Examination of the traffic safety measure support method on residential roads

(研究期間 平成 23～24 年度)

道路研究部 道路空間高度化研究室

室 長 高宮 進
主任研究官 本田 肇
部外研究官 沖本 洋人

[研究目的及び経緯]

国土交通省と警察庁は、交通事故の多い外周道路とそれに囲まれるエリアを「あんしん歩行エリア」として指定し、生活道路における交通安全対策を実施している。しかしながら、依然として自転車・歩行者関連の死傷事故の多くが生活道路で発生しており、これらに対する効果的な対応方策が求められている。

本研究では、生活道路の交通安全対策を検討する上で、自動車運転者が歩行者優先と感じて走行速度を自然に抑制する道路構成要素とその条件について調査分析を行い、効果的な対応方策を検討する。

今年度は、路側帯幅等の視覚に訴える速度抑制方策について、路側帯幅員等の道路構成要素の変化によりどの程度の速度抑制効果が期待できるかを、コンピュータグラフィック動画を用いたドライビングシミュレータによる走行速度調査を通じて把握し、道路構成要素と心理的な走行速度との関係を整理した。これにより、路側帯幅員幅が一定の速度抑制効果を有していることが分かった。