

## 13.9 橋梁のリスク評価手法に関する研究

研究予算：運営費交付金（一般勘定）

研究期間：平 23～平 27

担当チーム：CAESAR 橋梁構造研究グループ

研究担当者：石田雅博，加藤隆雄

### 【要旨】

我が国における道路橋の多くは高度成長期に建設され、多くの橋梁が高齢化を迎えようとしている。このように管理橋梁の高齢化が進む中、橋梁の損傷による社会的リスクは今後益々高まっていくものと推測され、厳しい財政制約の中で効率的な管理を行うための手段としてリスク評価手法の確立が求められている。

本研究は、こうした状況を踏まえ、道路橋を構成する部材の損傷リスクを相対的・定量的に評価する手法及びリスク発生による人命や社会への影響について検討を行い、これらを合わせて橋梁管理体系に組み入れるリスク評価手法について提案することを目的として実施するものである。平成 24 年度は、損傷発生頻度が高い部材（以下、「高リスク部材」）について、8つの地方整備局が管理する約 21,000 橋の道路橋の定期点検データのマクロ分析を行い、高リスク部材の抽出を行うとともに、橋全体系に生じた事態が社会に及ぼす影響評価として、橋梁の損傷により通行止めとなった箇所の社会的損失の算出を行った。

キーワード：道路橋，維持管理，リスク，診断，評価，技術基準，変遷

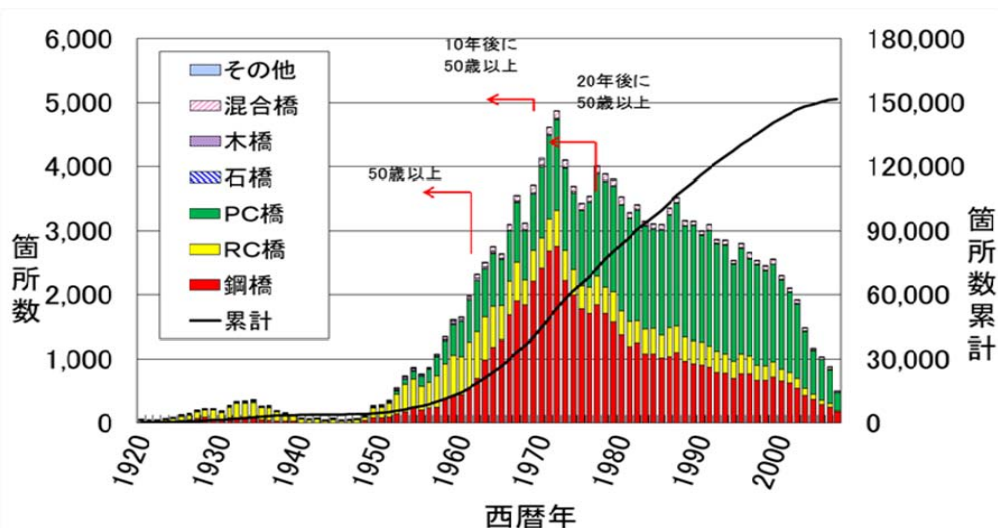
### 1. はじめに

我が国の道路橋は、高度成長期と前後して 1950～70 年代に大量に建設されており、建設後 50 年以上を経過した橋梁が今後急激に増加することになる。更に、我が国の道路橋は、世界的に見ても非常に厳しいレベルの自動車交通や自然環境にさらされてきており、今後、急速に劣化損傷が増加する可能性がある（図-1）。

既に床版の疲労、鋼部材の疲労、コンクリート部材の塩害・アルカリ骨材反応による損傷といった橋の耐荷性能に重大な影響を与える損傷事例も多数報告されている。

日本の橋梁点検では、各部材の損傷の程度を評価し、対策区分を判定しているが、損傷が橋へ与える影響や結果の重大性は明確には規定されていない。

橋梁は建設から 50 年以上を超えると劣化は急速に進行すると言われており、厳しい財政事情の下で、その健全性を適切に評価し、予防保全の考え方を取り入れながら戦略的に維持管理するための、点検、評価・診断、補修・補強技術の確立を急ぐ必要がある。



出典：国土技術政策総合研究所資料第645号

図-1 道路橋の架設年度別の橋数の推移

このため本研究では、こうした状況を踏まえ、道路橋を構成する部材の損傷リスクを相対的・定量的に評価する手法及びリスク発生による人命や社会への影響について検討を行い、これらを合わせて橋梁管理体系に組み入れるリスク評価手法について提案するものである。

## 2. 技術基準の変遷と橋梁の部材ごとの損傷事例の比較整理

### 2.1 分析の手法

道路橋の点検データに基づく部材の損傷発生頻度のマクロ分析事例について、橋梁定期点検要領(案)<sup>1)</sup>(以下、「点検要領」)に基づいて実施された点検のデータ、および橋梁管理カルテデータ(設計基準、補修履歴など)を用いた分析を行った。

点検要領では、26種類の損傷に着目して、損傷の程度、対策区分が判定される。本検討では、鋼部材の亀裂、コンクリートのひびわれなど橋全体系の安全性に重大な影響を及ぼす可能性の高い主要な損傷(表-1)を対象に分析を行った。また、高リスク部材の抽出だけでなく、その部材と「道路橋示方書・同解説」(以下、「道示」)をはじめとする技術基準の変遷、施工年代などとの関連性についても分析を行った。

表-1 分析した損傷

部材	損傷	原因
鈑桁	亀裂	疲労
鋼床版	亀裂	疲労
RC床版	ひびわれ	疲労
上部工(RC+PC)	ひびわれ、鉄筋露出	塩害
下部工(RC)	ひびわれ、鉄筋露出	塩害
下部工(RC)	ひびわれ、鉄筋露出	ASR
ポステンPCT桁	ひびわれ、鉄筋露出	グラウト不良

### 2.2 分析結果

技術基準の変遷、施工年代との関連性があると考えられる高リスク部材の例を以下に示す。損傷発生頻度は、対策区分C「速やかに補修等を行う必要がある」の部材数を対象全部材数で割った値(%)とした。

#### ① 鈑桁の疲労亀裂:

たわみの許容値に着目した技術基準の変遷を表-2に示す。この変遷と損傷発生頻度の関係を図-1に示す。損傷発生頻度は、年代3は年代2(0.6%)の約3倍の1.8%となり、年代4になると0.8%に減少する。たわみの許容値が大きい年代3(1964-1971)の設計基準の部材が高リ

スクであることが分かる。

#### ② RC床版のひびわれ:

RC床版については、既にひびわれの補修が行われた橋梁が多い。補修履歴のある橋梁において、どの部材(径間)が補修されたかは不明である。ここでは、全部材について補修が行われたと仮定した。最小全厚等の仕様に着目した技術基準の変遷を表-3に示す。この変遷と損傷発生頻度の関係を図-2に示す。年代2および年代3では、部材数の30%以上が補修されている。補修未実施橋梁について、損傷発生頻度は、年代3は年代2(1.6%)の約2倍の3.3%となり、年代4になると1.9%に減少する。年代3は、年代2に比べて補修済み部材割合は減少しているが、損傷発生頻度が増加している。桁のたわみの許容値が緩和されたこと(前述)、および鉄筋の許容応力度が大きくなったことが要因として考えられる。年代1から4(1977年以前)の設計基準の部材が高リスク部材であることが分かる。

大型車交通量と損傷発生(対策区分C)の関係を図-3に示す。大型車交通量が大きくなるほど損傷が増加するという関係には明確になっていないことが分かる。

表-2 鈑桁のたわみ許容値の変遷

技術基準の年代			たわみの許容値(m)*
1	1955以前	S14 鋼道示	死荷重および等分布荷重に 対しL/600
2	1956-1963	S31 鋼道示	活荷重に對しL/600
3	1964-1971	S39 鋼道示	活荷重に對しL/500
4	1972-1993	S47 道示	活荷重に對しL/(20,000/L)
5	1994以降	H6 道示	同上

\*L: 支間長(m), 年代4は10<L≤40

年代4と5は活荷重が異なる

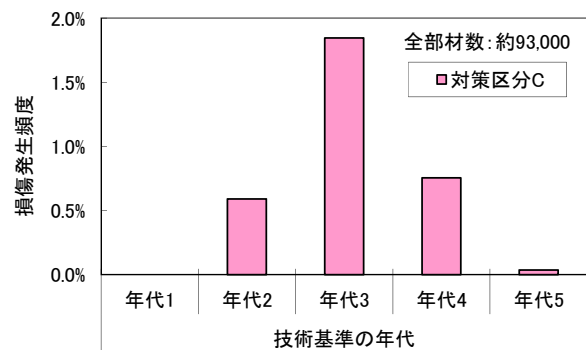


図-1 鈑桁の疲労亀裂発生頻度

③ コンクリート上部工の塩害：

コンクリートの塩害に関する技術基準の年代は、「道路橋の塩害対策指針（案）・同解説」（日本道路協会、昭和59年）が出版される前の年代1と以降の年代2に分ける。コンクリート（RCおよびPC）の上部工について、原因が塩害とされるひびわれ、もしくは剥離・鉄筋露出を分析対象の損傷とした。損傷発生頻度と架設年（5年単位）の関係を図-4に示す。1970-1974の損傷発生頻度が最も大きく1.3%であり、次が1965-1969の0.7%である。1975-1979では0.4%に減少する。年代1の中でこのような傾向を示している要因として、1960-1974は高度経済成長期で架設数がピークであり、熟練工が不足したこと、また、1965頃よりポンプ圧送が普及し、単位水量の多い低品質のコンクリートが使われることが多かったことが考えられる。年代2の初期の1985-1989は、損傷発生頻度は0.2%である。1965-1974に架設された部材が高リスク部材であることが分かる。

表-3 RC床版の最小全厚等仕様の変遷

技術基準の年代			最小全厚等仕様*
1	1955以前	S14鋼道示	許容応力度 130N/mm <sup>2</sup>
2	1956-1963	S31鋼道示	配力筋25%、最小全厚14cm
3	1964-1967	S39鋼道示	許容応力度 140N/mm <sup>2</sup>
4	1968-1977	S43鋼道路橋床版設計暫定基準	配力筋70%、最小全厚16cm
5	1978以降	S53道路橋RC床版設計施工指針	許容応力度に対し20N/mm <sup>2</sup> 程度の余裕を持たせる

\* 許容応力度は鉄筋、配力筋量は主鉄筋量に対する割合

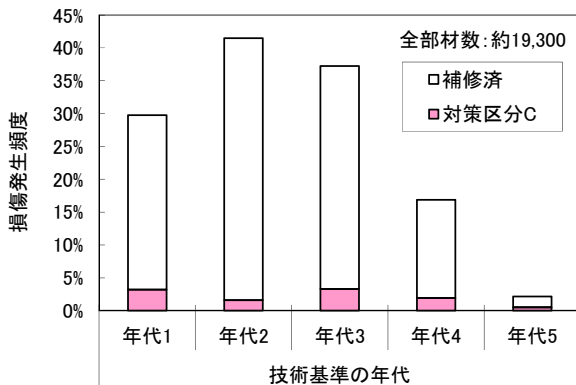


図-2 RC床版のひびわれ発生頻度

3. 橋梁の損傷により通行止めとなった箇所の社会的損失の算出

損傷により実際に通行規制が行われた橋梁の中から、鋼トラス橋の主構部材の破断、PC鋼材の腐食・破断などによる重大な損傷が発生した橋梁のなかより、条件の異なる2橋（都市部・交通量大、中山間部・交通量少）について、「費用便益分析マニュアル」（国土交通省道路局、平成20年）等を活用し、社会的損失（走行時間、走行経費および交通事故の増加）を算出した。今回の社会的損失は、規制前に橋梁を通過していた交通量が迂回することによる上記3つの便益項目の減少量として評価する。

① A橋（損傷：鋼トラス橋主構部材の破断）

地域：都市部、交通量：約30,300台/日、  
 通行規制：1車線規制期間67日、通行止め期間210日  
 迂回路：2.5km 経路増（有料道路含む）  
 社会的損失：約13億円

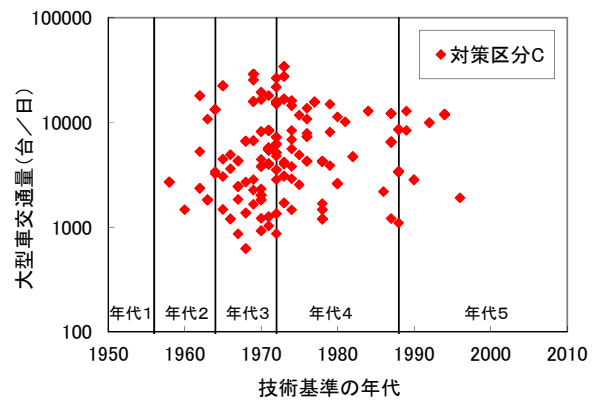


図-3 大型車交通量とRC床版のひびわれ発生

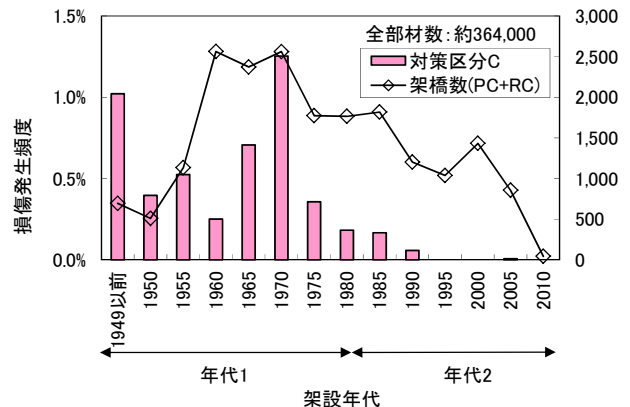


図-4 上部工の塩害発生頻度

- ② B 橋 (損傷: 吊り橋 PC ケーブルの破断)  
 地域: 中山間部、交通量: 約 2,200 台/日、  
 通行規制: 通行止め期間 62 日、8t 車規制  
 迂回路: 68km 経路増  
 社会的損失: 約 11 億円 (通行止め時) + 151 億円 (8t  
 車規制が 10 年継続と仮定)

今回の事例より、社会的損失は交通量、迂回距離の影響  
 が大きいことが分かる。特に迂回路が極端に少ない中山  
 間地域では、迂回距離が大きくなること、長期にわたる  
 規制が続くことで、社会的損失が非常に大きくなるとい  
 う成果が得られた。

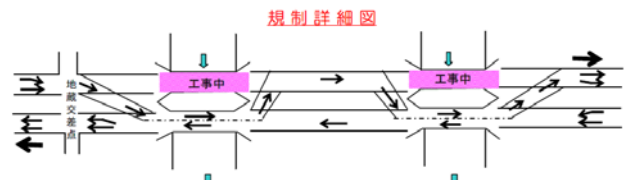


図-5 A 橋車線規制図



図-6 A 橋通行止め時の迂回路

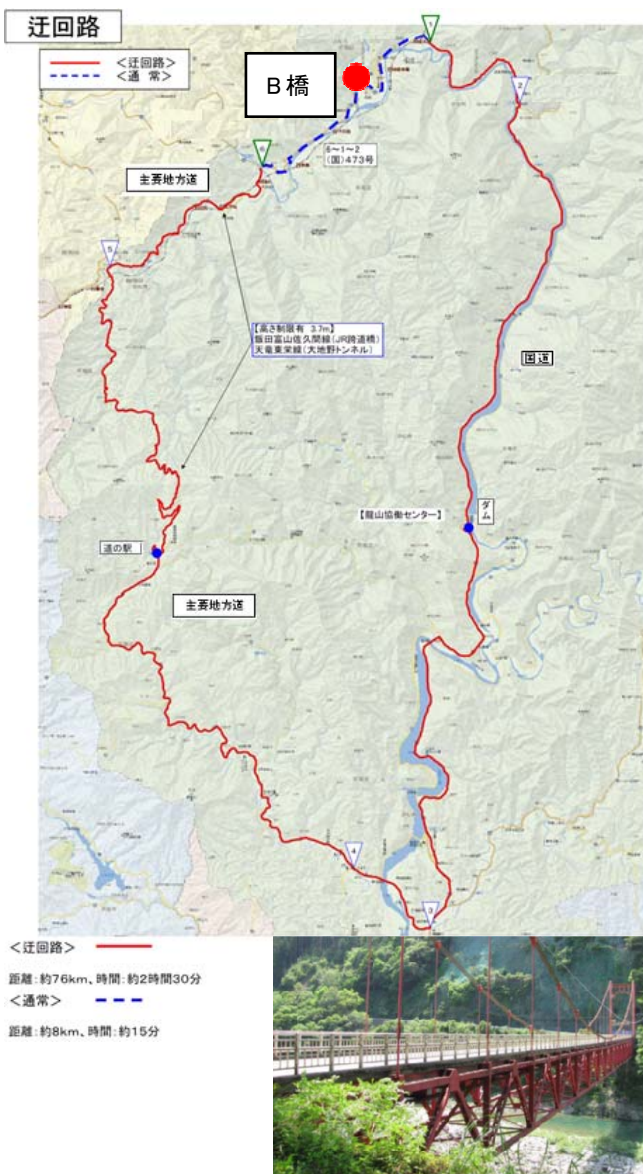


図-7 B 橋通行止め時の迂回路

### 5. まとめ

以上のように、平成 24 年度は、鈹桁の疲労亀裂、RC 床版のひびわれ、コンクリート上部工の塩害等について、損傷発生頻度が高い部材 (高リスク部材) を約 21,000 橋の道路橋の定期点検データのマクロ分析に基づき抽出することができた。また、これらの損傷に関する技術基準改定の効果をマクロ的に確認できた。検討が行えたことは、点検データベースを整備することの有用性を示しているともいえる。

今後の課題として、損傷の部位によっては落橋や重大損傷など、橋全体系の安全性に重大な影響を及ぼす可能性があるため、高リスク部材について、構造のディテール等、より細かな要因についての分析を行い、構造物の状態を適切に調査・診断するための技術を確立していくことが必要である。

### 参考文献

- 1) 国土交通省道路局: 橋梁定期点検要領 (案), 2004

## RESEARCH ON THE RISK ASSESSMENT OF BRIDGES

**Budgeted** : Grants for operating expenses  
General account

**Research Period** : FY2011-2015

**Research Team** : Bridge and Structural Technology  
Research Group

**Author** : Masahiro ISHIDA  
Takao KATO

**Abstract** : The purpose of this study is development of a risk assessment method for highway bridges, which evaluates relative risk of damage of the members of the highway bridges, and which considers impact on human life and society due to the damage of bridges.

In FY2012, we collected examples of periodic inspection data of highway bridges, and analyzed high risk components, we made the calculation of the social loss by the traffic stop of damaged bridges.

**Keywords** : highway bridges, maintenance, risk, diagnosis, assessment, technical standards, transition