

三径間連続鋼鈹桁橋の静載荷実験とその数値シミュレーション

Static loading test and its numerical simulation of an existing three-span continuous steel girder bridge

室蘭工業大学大学院 ○学生員 成田 彩華 (Ayaka Narita)
 室蘭工業大学 正員 小室 雅人 (Masato Komuro)
 室蘭工業大学 正員 栗橋 祐介 (Yusuke Kurihashi)
 釧路工業高等専門学校 フェロー 岸 徳光 (Norimitsu Kishi)

1. はじめに

我が国では、高度経済成長期に数多くの道路橋が建設されており、今後建設後50年以上経過した橋梁は急激に増大する¹⁾。これらの橋梁を健全な状態に維持管理していくためには、合理的な劣化診断技術や補強・補修工法等の開発は勿論のこと、損傷や劣化が橋梁の安全性におよぼす影響を適切に把握することが重要である。また、このような既設橋梁の耐震補強を行う場合には、現状の構造物に対して補強を施す必要があることより、橋を構成する各部材の損傷程度を評価した上で、具体的な補強対策を検討することが要求されている²⁾。

このような背景のもと、本論文では耐震補強の対象橋梁の1つである三径間連続鋼鈹桁橋の健全性を確認することを目的に、ダンプトラックを用いた静載荷実験を実施した。また、建設時の設計図書を参考に詳細な有限要素解析モデルを構築し、数値解析を実施した。ここでは、上部工のたわみと主桁上下フランジのひずみに着目し、実験結果と数値解析結果を比較することによって、同橋梁の健全性についての検討を行った。なお、数値解析には構造用汎用プログラムであるABAQUS³⁾を用いている。

2. 静載荷実験概要

静載荷実験は、A1橋台～P3橋脚間の一連(橋長134.47m)を対象とし、重量調整された30tのダンプトラックを所定の位置に静止させることにより実施した。図-1には、載荷位置および計測断面位置を示している。

載荷ケースは、各径間中央の3断面(A～C)において、各断面に対し幅員方向に並列載荷(P)、および各桁上直列載荷(G1～G3)の、全12ケース(3断面×4載荷パターン)で



写真-1 実験状況(載荷ケース B-G1)

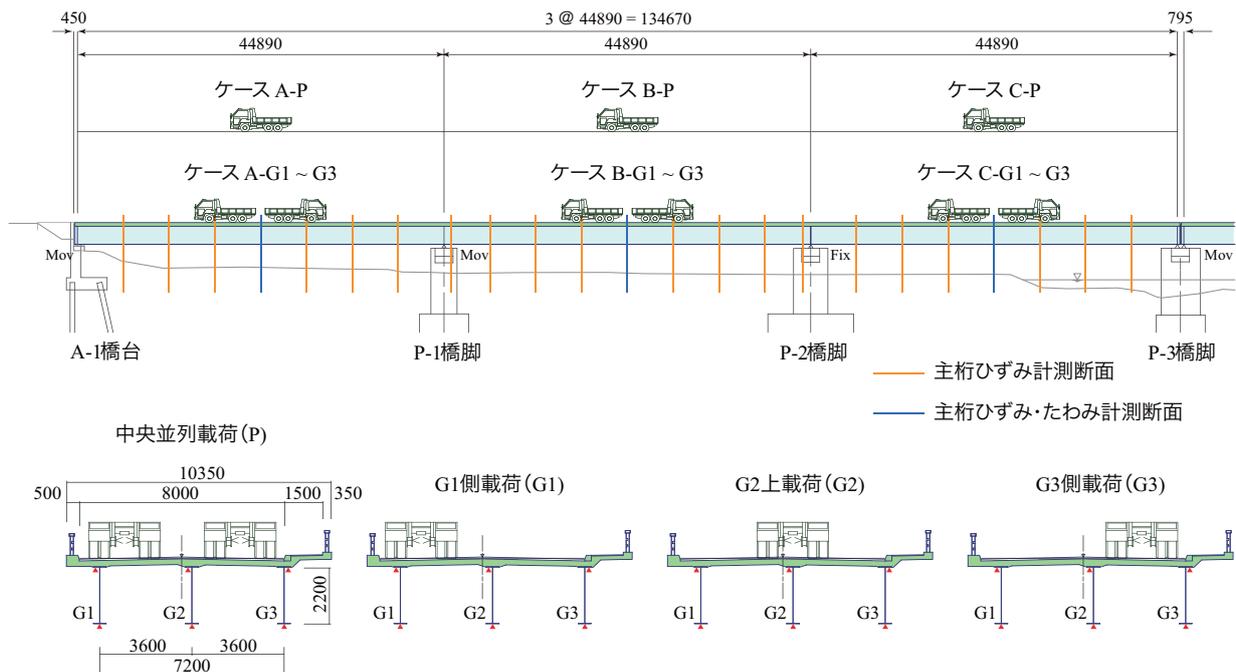


図-1 載荷位置、計測断面位置およびひずみゲージ貼付位置

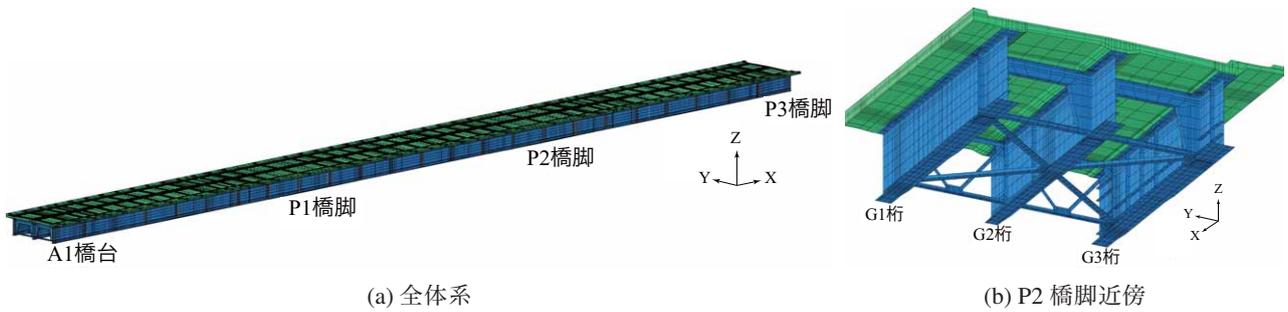


図-2 三次元有限要素モデル

表-1 載荷ケース一覧

載荷ケース	ダンプトラックの位置	
	橋軸方向	幅員方向
A-P	A1~P1 径間 中央	中央並列
A-G1		G1 側
A-G2		G2 上
A-G3		G3 側
B-P	P1~P2 径間 中央	中央並列
B-G1		G1 側
B-G2		G2 上
B-G3		G3 側
C-P	P2~P3 径間 中央	中央並列
C-G1		G1 側
C-G2		G2 上
C-G3		G3 側

表-2 使用物性値

使用材料	弾性係数 E (GPa)	密度 ρ (ton/m ³)	ポアソン比 ν
RC	25	2.45	0.17
鋼材	200	7.85	0.30
アスファルト	9.8	2.30	0.35

ある。表-1には、載荷ケースを一覧にして示している。

計測項目は、(1)各径間の1/8, 1/4, 1/2点および中間支点近傍における主桁上下フランジの橋軸方向ひずみ(23断面×3主桁×上下2点=138点)、(2)各径間の1/2点における各主桁下端のたわみ(3断面×3主桁=9点)である。

写真-1には、載荷ケース B-G1 の実験状況を示している。

3. 数値解析概要

図-2には、本解析で用いた三次元有限要素モデルを示している。(a)、(b)図は、それぞれ全体図および支点近傍の拡大図を示している。

使用要素は、支承を除く鋼材部(主桁、横桁、対傾構、横構)には4節点シェル要素、支承、床版、および舗装部には8節点ソリッド要素を用いた。モデルの作成に際しては、建設当時の設計図書を参考に、可能な限り忠実にモデル化を行った。解析モデルにおける総節点数および総要素数は、それぞれ約168,000, 133,000であった。なお、高欄に関しては、その剛性が小さいものと推察されることから、モデル化を省略した。

境界条件は、(1)設計条件に基づき理想的なローラー支承とした場合、および(2)経年劣化により支承が十分に機能していないことを想定し、全ての支承をピン支承とし

た場合の2種類について検討を行った。

ダンプトラックによる載荷は、タイヤ接地点を節点としたシェル要素を設け、所定の荷重を与えることにより再現している。

表-2には、解析で使用した材料物性値を一覧にして示している。

4. 実験結果と数値解析結果および考察

4.1 主桁の橋軸方向ひずみ分布

図-3には、中央並列載荷時(載荷ケース A-P, B-P, C-P)におけるG2桁下フランジの橋軸方向ひずみ分布を示している。なお、FEM解析結果に関しては、シェル要素の最下面のひずみを用いている。

図より、実験結果を見ると、いずれの載荷ケースにおいても、載荷点直下では正曲げによる引張ひずみが生じているのに対し、中間支点付近では負曲げの影響により圧縮ひずみが生じていることが分かる。また、載荷ケース A-P と C-P のひずみ分布を比較すると、両者でほぼ対称な分布を示していることが確認される。最大引張ひずみは、中央径間中央並列載荷(載荷ケース B-P)で約190 μ 程度が生じている。また、ローラー支承と仮定した数値解析結果を見ると、実験結果とほぼ類似のひずみ分布を示していることが分かる。なお、紙面の都合上、以後の考察においては、最も大きなひずみが発生する中央径間中央載荷(載荷ケース B)に着目して検討を行うものとする。

図-4には、中央断面のG1桁側に偏心載荷させたケース B-G1における橋軸方向ひずみ分布について、実験結果と解析結果を比較して示している。図には(a)P1橋脚近傍、(b)支間中央および(c)P2橋脚近傍の3断面における主桁上下フランジのひずみ分布を示している。

まず、(b)図に示す載荷点直下断面における実験結果に着目すると、偏心載荷側G1桁下フランジで208 μ 、上フランジで-22 μ 、非載荷側G3桁下フランジで59 μ 、上フ

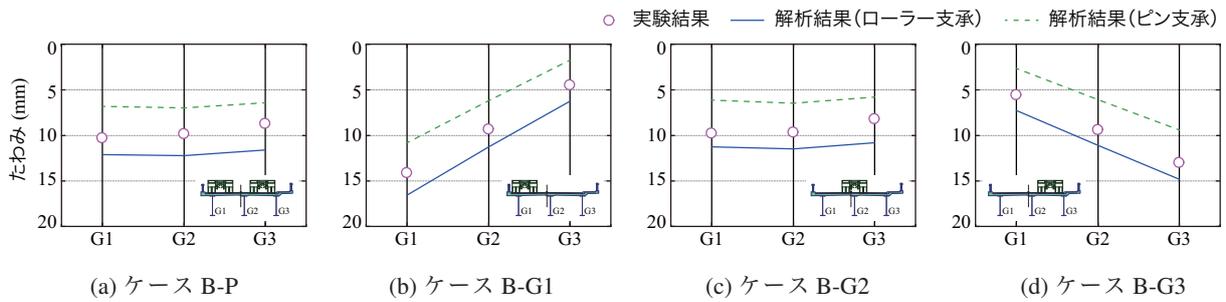


図-5 主桁下端のたわみ (载荷ケース B)

表-3 主桁下端たわみの一覧 (mm)

载荷ケース	幅員载荷位置	実験結果			数値解析結果					
		G1	G2	G3	ローラー支承			ピン支承		
					G1	G2	G3	G1	G2	G3
B-P	中央並列	10.2	9.78	8.68	12.0	12.2	11.6	6.75	6.95	6.38
B-G1	G1 桁側	14.2	9.39	4.57	16.6	11.3	6.31	10.9	6.23	1.79
B-G2	G2 桁上	9.83	9.67	8.24	11.3	11.5	11.8	6.15	6.47	5.82
B-G3	G3 桁側	5.57	9.43	13.0	7.29	11.1	14.8	2.64	6.08	9.39

実験結果は、ローラー支承とピン支承と仮定した解析結果の間に分布している。支承条件の違いによる解析結果を比較すると、下フランジのひずみは支承条件の影響を大きく受けるものの、上フランジにおいてはその影響は小さい。また、上フランジのひずみは、両解析結果とよく対応していることが分かる。

なお、設計条件ではP1橋脚はローラー支承、P2橋脚はピン支承であることから、数値解析結果では両橋脚近傍のひずみ分布は若干異なることとなる。しかしながら、実験結果では両橋脚近傍の下フランジひずみはほぼ等しい値を示している。この原因については今後さらなる検討が必要である。

これより、実験結果は数値解析結果と若干異なる傾向を示す箇所も存在するが、図-3や図-4に示すように、主桁全体および各断面でのひずみ分布に関する数値解析結果が実験結果と大略一致していることより、上部工の損傷は比較的小さいものと判断される。

4.2 主桁下端のたわみ

図-5には、ケースBにおける载荷点直下断面の各主桁下端のたわみについて、実験結果と解析結果を比較して示している。また、表-3には、それらの値を一覧にして示している。なお、たわみは下向きを正としている。

図-5および表-3より、いずれの载荷ケースにおいても、G1桁のたわみがG3桁のたわみよりも大きいことが分かる。例えば、並列载荷であるケースB-Pの場合には、G1桁で10.2mmのたわみに対して、G3桁では8.7mmとなっている。これは、対象橋梁のG3桁側に歩道が存在することにより、車道に対して主桁が対称に配置されておらず、いずれの载荷ケースにおいても若干G1桁側に偏心载荷状態になっていることに起因している。また、実験結果と数値解析結果を比較すると、実験結果はローラー支承とピン支承を仮定した解析結果の間に分布している

ことが分かる。実際の橋梁では、ローラー支承においても摩擦などの抵抗が存在するため、解析上のローラー支承とは異なる。これより、実験結果のたわみが両解析結果の間に分布していることより、上部工の損傷は小さいものと推察される。なお、このような傾向は他径間の载荷においても確認している。

5. まとめ

本研究では、耐震補強対象である既設橋梁の健全性評価を目的とし、ダンプロックによる静载荷実験と有限要素解析による数値シミュレーションを実施し、実験結果と解析結果の比較を行った。

本研究の範囲内で得られた結果を整理すると、以下のようである。

- 1) 主桁の橋軸方向ひずみ分布は、数値解析結果と大概一致する。
- 2) 主桁下端のたわみ分布は、理想状態の支承条件と経年劣化を考慮した支承条件の下での解析結果の間に分布する。
- 3) 以上より、本橋梁は全体系としての著しい損傷はなく、十分健全であると判断される。

参考文献

- 1) 玉越隆史・大久保雅憲・横井芳輝：平成23年度道路構造物に関する基本データ集，国土技術政策総合研究所資料，No.693，2012。
- 2) 玉越隆史，白戸真大，星隈順一，堺淳一：既設橋の耐震補強設計に関する技術資料，国土技術政策総合研究所資料，No.700，土木研究所資料，No.4244，2012。
- 3) ABAQUS/Standard User's Manual, Ver. 6.11, ABAQUS Inc., 2011