

三径間連続桁の挙動特性におよぼす床版目地の影響

Effect of slab joint on structural behavior of three continuous steel girder bridge

室蘭工業大学	フェロー	岸 徳光	(Norimitsu Kishi)
室蘭工業大学	正 員	小室 雅人	(Masato Komuro)
(独) 寒地土木研究所	正 員	石川 博之	(Hiroyuki Isikawa)
(独) 寒地土木研究所	正 員	三田村 浩	(Hiroshi Mitamura)
室蘭工業大学大学院	正 員	岡田 慎哉	(Sin-ya Okada)
室蘭工業大学大学院	○ 学生員	中野渡 明久	(Akihisa Nakanowatari)

1. はじめに

我が国には、高度経済成長期(1960年～1980年)以前に建設された橋梁およびダムなどの社会基盤施設が現在も使用されている。当時は、建設材料の性能や施工技術などが未成熟であったため、現在建設される橋梁とは若干異なる部分を有するものも多い。特にコンクリート床版においては、温度応力対策や段階施工を行うためにブロック単位で打設され、各ブロック間には目地が設置されている橋梁も存在する。このような橋梁を長期間健全に使用するためには、コンクリートの床版目地が橋梁全体の挙動特性におよぼす影響を把握しておく必要があるものと考えられる。

また、近年では、橋梁全体の振動特性および応力分布状態を診断する方法として、三次元有限要素法(FEM)が用いられており、橋梁全体の固有振動特性および応力分布状態の確認が比較的容易に可能となってきた。

このような観点より、本研究では、現存する三径間連続桁のA橋を対象に、コンクリート床版目地が橋梁全体の挙動特性に与える影響について、三次元有限要素法を用いて数値解析的に検討を行った。具体的には、上部工の振動特性およびトラック載荷時の橋梁各点の変位およびひずみ分布状態などについて着目している。なお、本解析には、構造解析用汎用プログラムであるABAQUSを用いている¹⁾。

2. 有限要素モデル

図-1には、本解析で用いたA橋の要素分割状況を示している。A橋は橋長82.7m、全幅55.0mの三径間連続桁である。本橋梁では、脚高が高いことから、橋脚の振動が全体系の振動特性に影響を与えることが予想されるため、橋脚を含めた全体系のモデル化を行った。使用要素は、主桁、横桁および横構には4節点シェル要素を、橋台、橋脚、支承および床版には8節点固体要素を、対傾構には、モデル簡略化のために2節点ビーム要素を用いた。なお、高欄は、その剛性が小さいと考えられることから、本解析ではモデル化を省略した。本解析モデルの総節点数および総要素数はそれぞれ97,686、88,832である。境界条件は、橋脚および橋台のフーチング部の底面を完全固定とした。表-1には、本解析で使用した物性値の一覧を示している。

床版目地を設置する場合には、図-2(b)に示すように、目地部分に10mmの隙間を設けている。なお、床版目地間隔は、両端部で約8.5m、それ以外の区間は8.2mである。ここでは、床版目地の有無による、1) 上部工の固有振動特性、および2) トラック載荷時における桁部の変位およびひずみ分布状態の把握を目的とした二つの解析を実施している。以下、それぞれの解析概要および解析結果について述べる。

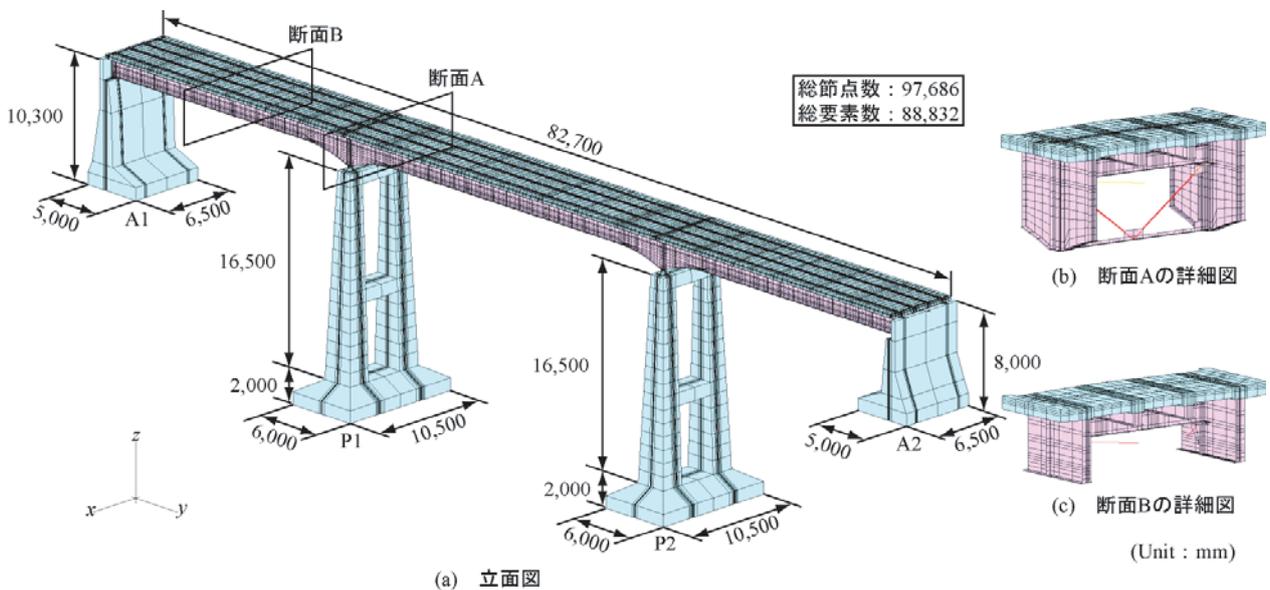


図-1 要素分割状況

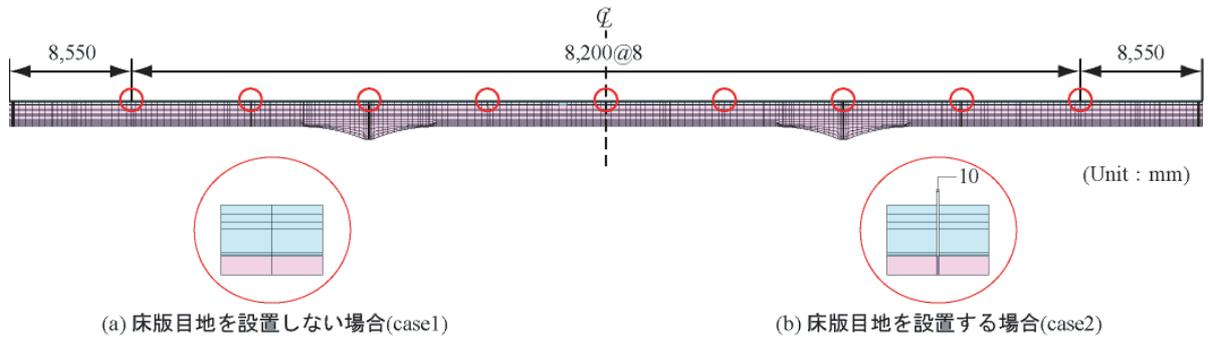


図-2 床版目地

表-1 使用物性値一覧

使用材料	弾性係数 E (GPa)	密度 ρ (g/cm ³)	ポアソン比 ν
鋼材	206	7.85	0.30
鉄筋コンクリート	30	2.50	0.20
アスファルト	9.8	2.30	0.35

表-2 固有振動数一覧

振動モード	固有振動数 (Hz)		剛性比 $k_i = \left(\frac{f_{2i}}{f_{1i}}\right)^2$
	床版目地を設置しない場合(case1) f_{1i}	床版目地を設置する場合(case2) f_{2i}	
1次	3.52	3.31	0.88
2次	3.84	3.76	0.96
3次	4.90	4.70	0.92
4次	6.07	5.72	0.89
5次	6.27	5.95	0.90

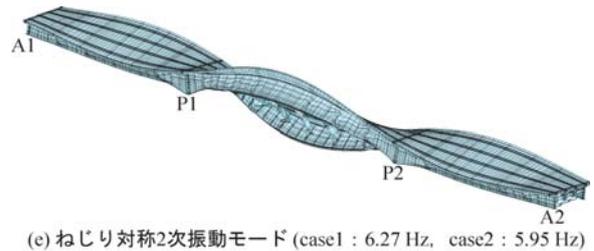
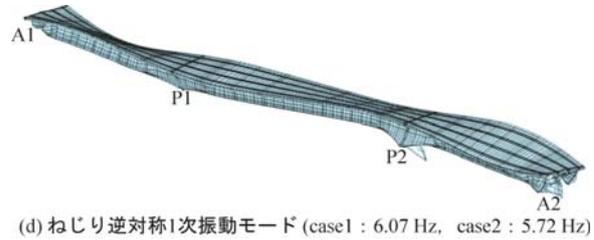
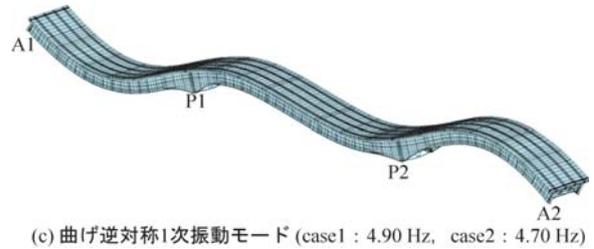
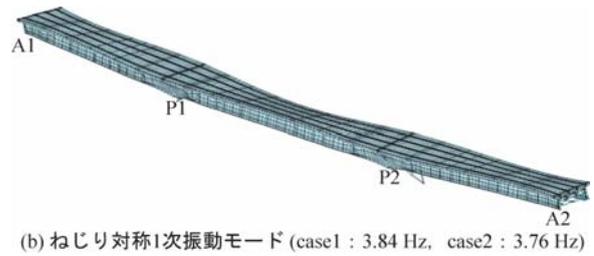
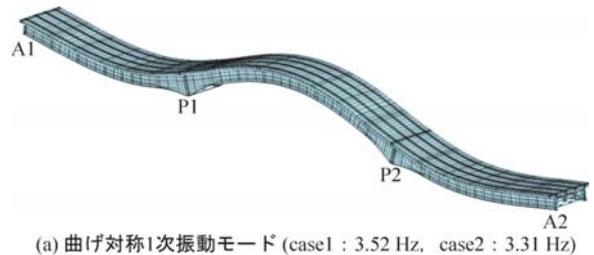


図-3 解析結果から得られるの振動モード (case1)

3. 固有振動解析

3.1 数値解析概要

床版目地の設置の有無による固有振動数および振動モード分布への影響を把握することを目的に、三次元有限要素法による弾性固有振動解析を実施した。なお、上部工における固有振動特性の把握に主眼を置いていることより、対傾構に関しては、その振動の励起を防ぐ目的で、それらの質量を定着部に等しく付加することとした。

3.2 数値解析結果および考察

表-2には、各解析ケースにおける最低次から5次振動モードまでの固有振動数 (f_{1i} , f_{2i}) およびそれらの剛性比 k_i を一覧にして示している。なお、剛性比 k_i は、目地設置の有無による質量の変化は非常に小さいものと考え、各ケースにおける固有振動数の比を用いて次式で評価した。

$$k_i = \left(\frac{f_{2i}}{f_{1i}}\right)^2 \quad (1)$$

表-2より、各解析ケースにおける最低次固有振動数を比較すると、目地を設置しない場合 (case1) で 3.52 Hz、目地を設置する場合 (case2) で 3.31 Hz と前者が後者よりも大きくなっている。また、この傾向は、他の高次振動モードにおいても同様である。なお、両ケースの剛性比 k_i に着目すると、目地を設置する場合が、目地を設置しない場合と比較して、概ね 10% 程度剛性が低下していることが分かる。

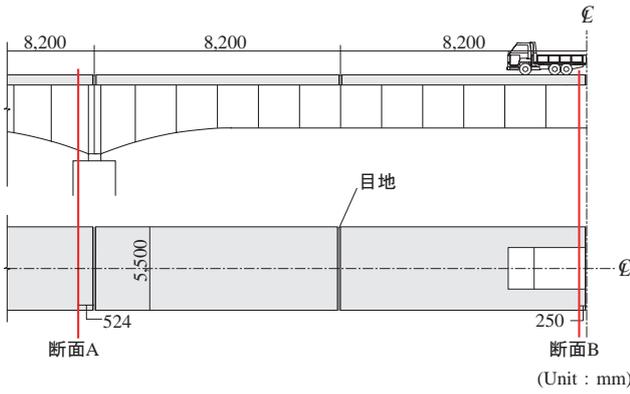


図-4 トラック荷重部

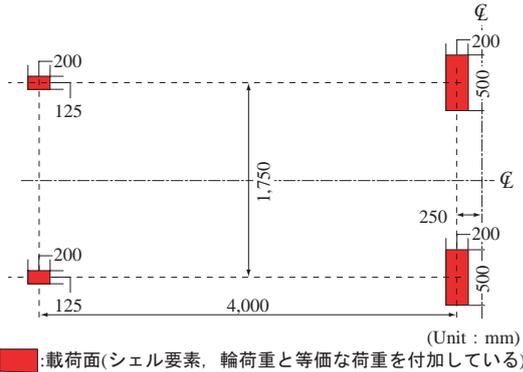


図-5 輪荷重をシェル要素に置換した場合の荷重面

図-3には、case1における最低次から5次までの固有振動モードを示している。なお、振動モードは両ケースで一致したため、case1の結果のみを示している。図より、1次、3次振動モードが曲げ振動、2次、4次、5次振動モードがねじり振動であることが分かる。

4. トラック荷重による静的解析

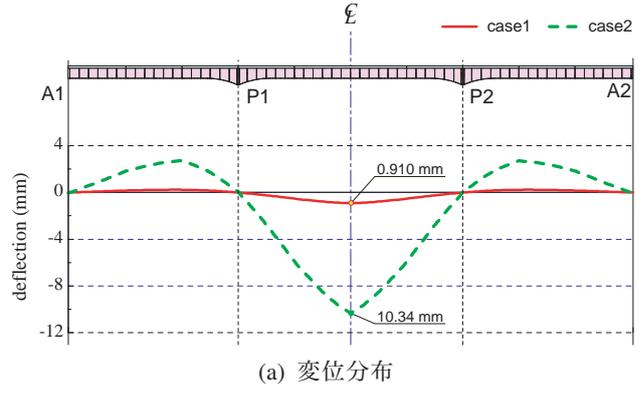
4.1 数値解析概要

本解析では、case1および2におけるトラック荷重時の桁部の変位およびひずみ分布状態を把握することを目的に、三次元有限要素法を用いた静的弾性解析を実施した。トラックの荷重位置は、図-4に示すように2台の20 tトラックを橋梁の中心から250 mmの位置に荷重したと仮定している。なお、本解析では道路橋示方書に準じて、図-5に示すようにトラックの輪荷重を設定し、シェル要素に同等の質量を付加して荷重した²⁾。

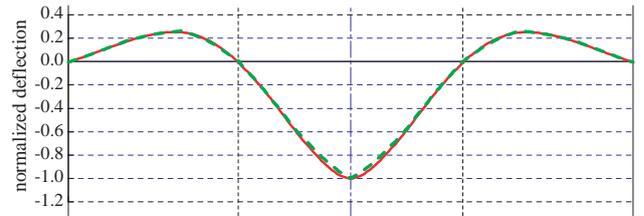
4.2 数値解析結果および考察

図-6には、トラック荷重時の床版上面中央部の鉛直方向変位および最大変位で正規化したものを両ケースで比較して示している。(a)図より、目地を設置しない場合の最大変位は0.91 mmであるのに対し、目地を設置した場合には10.34 mmと変位が約11倍増加している。また、(b)図より、目地を設置する場合には、中間支点やスパン中央部において、目地の影響によって無次元変位分布が若干異なることが分かる。

図-7には、図-4に示す断面AおよびBにおける橋軸方向ひずみ分布(ϵ_y)を示している。図-7(a)より、床版および主桁の中間支点近傍で負曲げモーメントが作用す

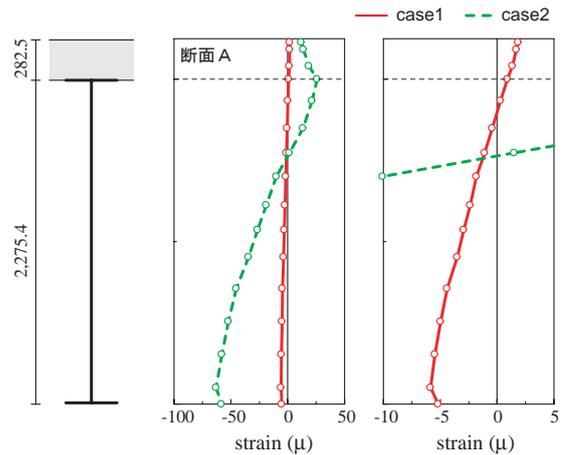


(a) 変位分布

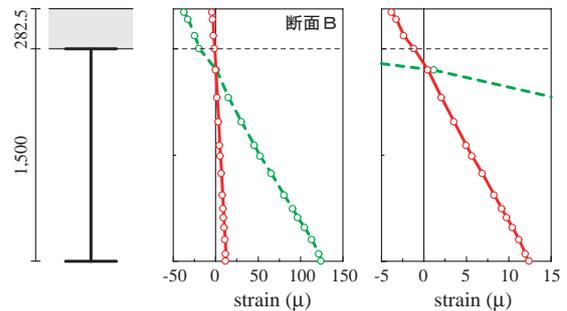


(b) 無次元変位分布

図-6 鉛直方向変位分布



(a) 断面 A



(b) 断面 B

図-7 断面 A および B の橋軸方向ひずみ分布 (ϵ_y)

る断面 A では、主桁下端部で圧縮ひずみが発生している。また、目地を設置する場合には、目地を設置しない場合と比較して、主桁下端部でひずみが約11倍増大している。中立軸の位置に着目すると、目地を設置する場合には、設置しない場合よりも約315 mm程度中立軸が圧縮側に移動

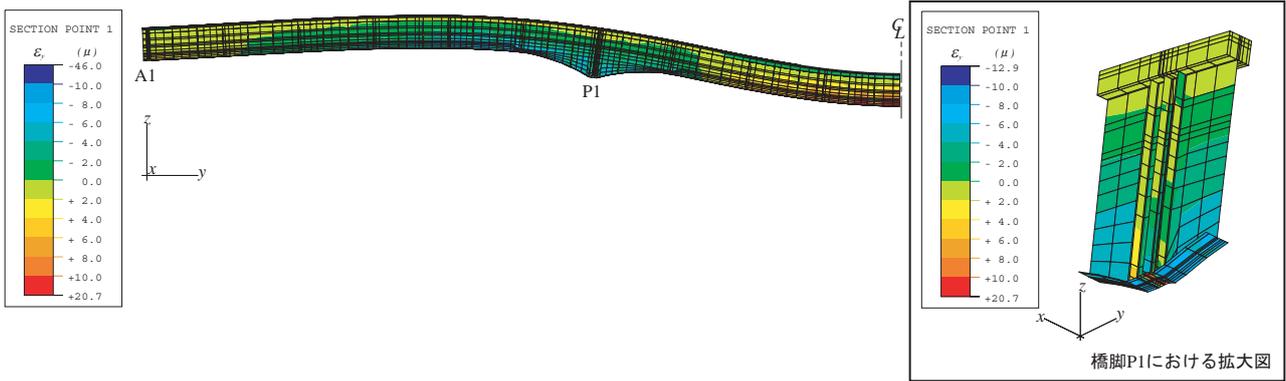


図-8 床版目地を設置しない場合 (case1) の橋軸方向ひずみ分布

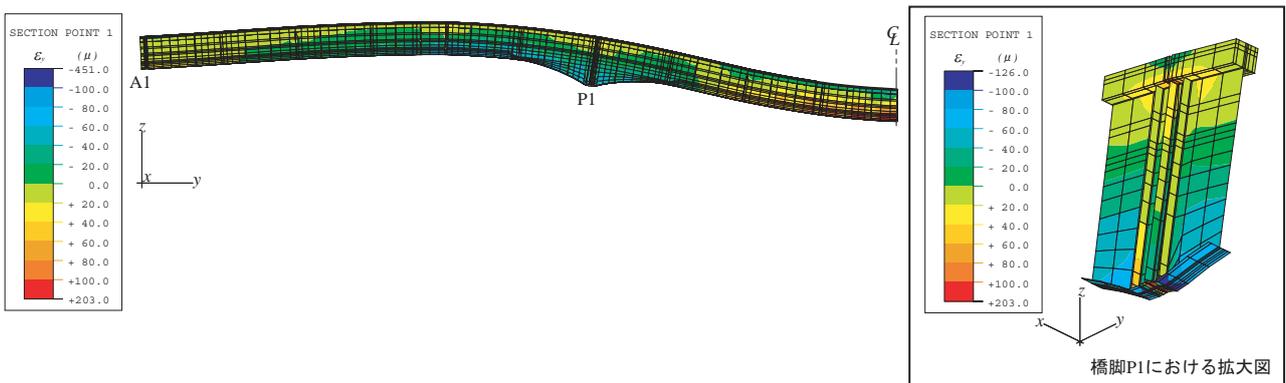


図-9 床版目地を設置する場合 (case2) の橋軸方向ひずみ分布

しており、断面剛性が低下していることが分かる。なお、case2におけるコンクリート床版部のひずみ分布が非線形性を示しているが、これはP1橋脚上に設置されている目地の影響によるものと考えられる。

次に、正曲げモーメントを受ける断面Bの場合（図-7b参照）には、断面Aとは逆に主桁下縁で引張ひずみが発生している。また、目地を設置する場合におけるひずみは、目地を設置しない場合と比較して、断面Aの場合と同様に主桁下縁で約10倍増大している。なお、中立軸の移動量に関しては、約37mm程度と断面Aと比較して小さい。

図-8および図-9には、橋台A1～橋梁中央部における桁部の橋軸方向ひずみ分布を各ケースごとに示している。また、図にはP1橋脚近傍の拡大図を併せて示している。ここでは、対称性を考慮して半区間のみを示している。

図-8および図-9より、ひずみレベルは異なるものの、全体的にはほぼ類似のひずみ分布性状を示していることが分かる。両ケースの最大ひずみに着目すると、case1で20.7 μ 、case2で203 μ といずれの場合もP1橋脚上の下フランジ部分で発生している。

また、P1橋脚上のコンクリート床版部のひずみ分布に着目すると、case2の場合には床版上面において圧縮ひずみが発生していることが分かる。これは、床版目地の影響によるものと推察される。

以上より、コンクリート床版に目地が設置されている橋梁の場合、床版を連続化することによって、橋梁全体の剛性が向上し、変位やひずみを小さくすることが可能である

ことを数値解析的に明らかにした。

5. まとめ

床版目地の設置の有無による固有振動特性の把握をすることを目的とした弾性固有振動解析より、

- 1) 橋梁全体の剛性は、床版目地を設置することによって、目地を設置しない場合と比較して約10%低下すること、
- 2) 各振動モードにおける床版目地の影響は小さいこと、各ケースにおけるトラック載荷時の桁部の変位およびひずみ分布状態を把握をすることを目的とした静的解析より、
- 3) 床版目地を設置する場合の最大たわみ量は、目地を設置しない場合と比較して約11倍増大すること、
- 4) コンクリート床版に目地が設置されている橋梁の場合、床版を連続化することによって、橋梁全体の剛性が向上し、変位やひずみを小さくすることが可能であること、

等を数値解析的に明らかにした。

参考文献

- 1) ABAQUS/Standard User's Manual, Ver. 5.8, Hibbit Kalsson & Sorensen Inc., 1998.
- 2) 社団法人 日本道路協会：道路橋示方書・同解説，下部構造編，2002.3.