

斜角を有する合成桁橋の連続化に伴う床版鈍角部の応力性状に関する考察

秋田県建設交通部建設管理課 加藤 修平
○ 富士技研センター株式会社 正会員 村坂 宗信

秋田県仙北建設事務所 加賀谷 竹敏
富士技研センター株式会社 正会員 松下 哲也
富士技研センター株式会社 フォロー員 西山 文男

1. はじめに

当該橋は斜角 50° を有する2径間単純5主桁の活荷重合成桁橋梁である。端部主桁支間長が異なっており、これに対して荷重分配横桁が主桁に直角に配置されているため、横方向で主桁たわみ差が生じ、床版に『ねじれ現象』が生じることが考えられる。従って斜角が小さい程、ねじれ現象は顕著となり主桁端部付近の床版応力分布が複雑になると考えられる。当該橋梁のように 50° の斜角をもった床版のねじれ影響を把握するため、①光ファイバーを用いた20tf検測車による実応力を計測し、各桁に発生する主桁たわみ差により床版鈍角部に発生する局所的な応力レベルを確認し、現状の各桁及び床版の発生応力挙動を把握した。同時に②格子及びFEM解析により現状のねじれ現象機構を再現し、床版鈍角部の発生（引張）応力の安全性を検討した。また当該橋はTL-20活荷重からB活荷重へのランクアップ対応として主桁の連続化対策も検討事項の1つにある。一般に単純桁構造と連続化構造を比較した場合、主桁変位は連続化構造の方が小さくなる傾向にあるため、床版鈍角部の発生応力も緩和される傾向にあると考えられた。

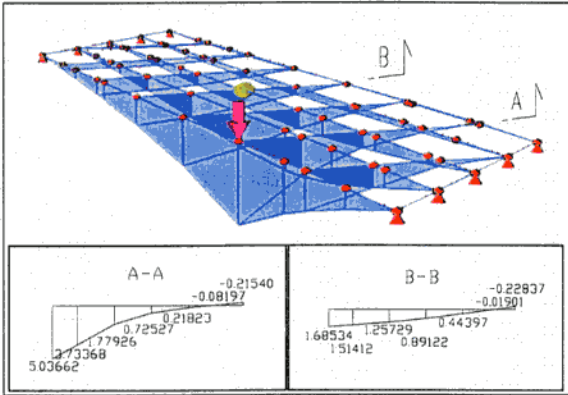


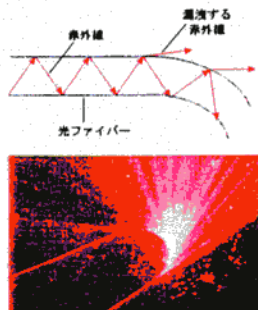
図-1 斜角を有する橋梁のねじれ現象

2. 光ファイバーによる床版鈍角部実応力計測システム

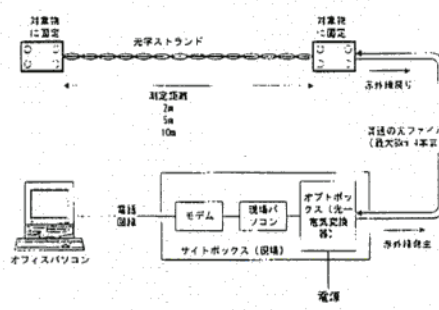
表-1 歪みゲージとの比較

比較項目	歪みゲージ	光学センサー
測定方法	電気抵抗の変化	光の変化
使用環境	制限あり	制限なし
電気ノイズの影響	重大	無関係
発火源の可能性	有り	無し
使用寿命	0.5~1.0年	半永久的

従来の歪みゲージや歪み計による計測方法は電気抵抗の変化を応力換算する方法であり、評価の際に如何に電気ノイズを除去するかが問題であった。当該橋の計測方法は光学ストランド（光ファイバーの撚り線）を用いることにより構造物全体の動きや変化を感知する手法（光の変化量を応力換算する手法）であり、上記に示した弱点を克服することが可能な方法（表-1参照）と考えられた。計測原理は光ファイバーの中を通る光が経路に曲がり（マイクロベンディング）があると、その場所で光が外部に漏れファイバー内部を通過する光の強度が減少することに着眼し、その撚り線からの光の漏洩を計測するというシンプルな原理を用いている。本計測手法は構造物の変位、動的挙動を常時リアルタイムで連続的に計測が可能であり、かつ安定したシステムであるため、メンテナンス等の手間がかからずに長期間にわたって構造物の幅広い変化の把握を可能としている。図-2(a)に光学センサーの計測原理(b)に光学センサーの基本構成を示す。



(a)光学センサーの原理



(b)光学センサーの基本構成

図-2 光ファイバー計測システム

3. 実応力計測による床版鈍角部ねじれ応力の把握及びFEM解析による再現評価

ここでは20tf検測車1台を図-4の位置に載荷した場合の各センサー位置における『床版支間中央曲げ耐力』を①計測による実応力レベルと②FEM解析モデルによる解析値を比較検討し、床版鈍角部のねじれ応力把握を実施した。同時にFEM解析による再現評価を実施することで今後の設計に使用するモデルを構築した。表-2及び図-3の結果から載荷側床版は引張応力、反対側に圧縮応力が発生していることが確認できた。また実測値とFEM解析値は、ほぼ一致した結果が得られたためモデルの信頼性は高いと判断した。従って今後の照査に関しては、このFEM解析モデルを基に斜角 50° による床版鈍角部のB活荷重に対するねじれ影響を検討するものとした。

表-2 実測値とFEM解析値の比較

(a)G1-G2 桁間引張応力度: σ (kgf/cm²)

センサー位置	①実測値	②FEM解析値	比率=②/①
センサー1(P1側)	17.662	15.490	0.877
センサー2(支間中央)	6.022	6.710	1.114

(b)G4-G5 桁間引張応力度: σ (kgf/cm²)

センサー位置	①実測値	②FEM解析値	比率=②/①
センサー3(P1側)	-3.818	-3.450	0.904
センサー4(支間中央)	-0.644	-0.717	1.113

4. 主桁連続化によるB活荷重載荷時の床版鈍角部ねじれ影響評価

当該橋は将来の大型車交通増加を考慮してB活荷重への耐荷力のランクアップが望まれている状況にあり、計測結果より確認できた床版ねじれ影響をB活荷重レベルに対応することが必要となった。当該橋の当初設計レベルは

Keywords: 斜角 50° の活荷重合成桁、光ファイバー応力計測、主桁連続化、FEM解析、荷重分配効果

連絡先: 〒150-0011 東京都渋谷区東1-22-11 渋谷三信ビル6F TEL 03-3409-3160 FAX 03-3409-7930

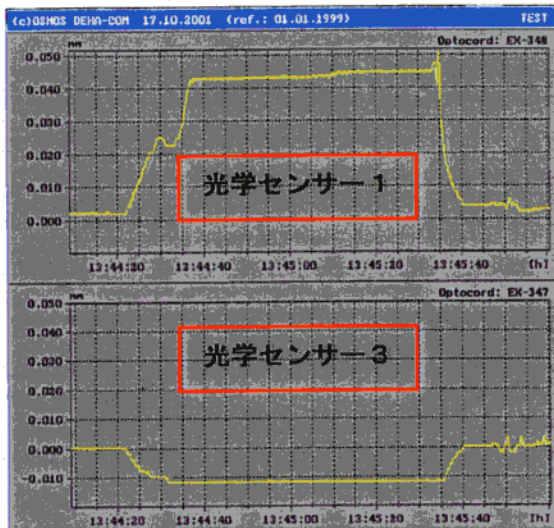


図-3 20tf 検測車静載荷時の床版支間中央歪み量

TL-20 活荷重による活荷重合桁橋であり、主桁の応力計測の結果、設計レベルに余裕耐力はほとんど無い状況が確認できた（図-5）。従って主桁を連続化することにより支間中央部の曲げモーメントの低減化対策を提案した。

一般に単純桁構造と連続化構造を比較した場合、主桁変位は連続化構造の方が小さくなる傾向にあるため、床版鈍角部の発生応力も緩和される傾向にあると考えられた。表-3並びに表-4はB活荷重載荷時の①単純桁構造並びに②主桁連続化構造における床版鈍角部の発生応力レベルを比較検討したものである。主桁を連続化することで主桁撓み量を約半分程度に抑えることが可能となり、応力度レベルも鉄筋換算した場合、 $\sigma_s=1323.0(\text{kgf/cm}^2) \Rightarrow 627.8(\text{kgf/cm}^2)$ まで低減することができた。特に表-3はコンクリートのヤング

表-4 B活荷重載荷時の床版鈍角部発生応力レベルの比較検討結果

表-3 各 E_c 毎の床版鈍角部応力度
(a)単純桁構造の場合

	床版上側引張応力度 kgf/cm ²	
	σ_c	σ_s
$E_c=2.8 \times 10^5$	176.4	1323.0
$E_c=2.5 \times 10^5$	160.8	1350.7
$E_c=2.2 \times 10^5$	144.5	1379.3

(b)連続桁構造の場合

	床版上側引張応力度 kgf/cm ²	
	σ_c	σ_s
$E_c=2.8 \times 10^5$	83.7	627.8
$E_c=2.5 \times 10^5$	76.3	640.9
$E_c=2.2 \times 10^5$	68.6	654.8

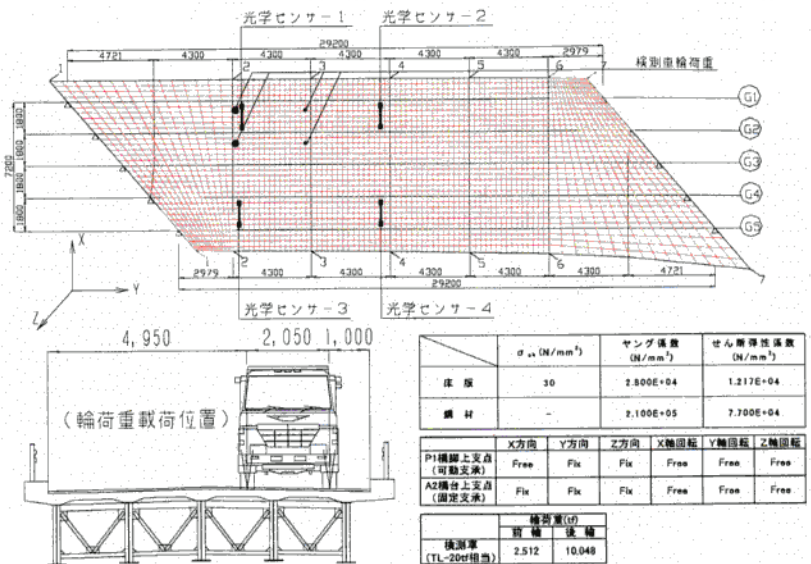


図-4 FEM 解析モデル及び 20tf 検測車載荷状況図

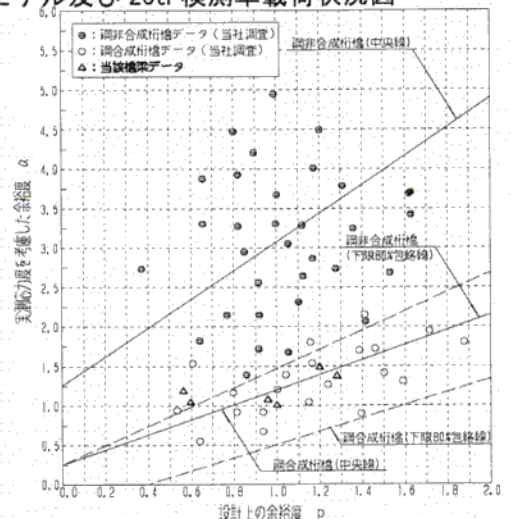
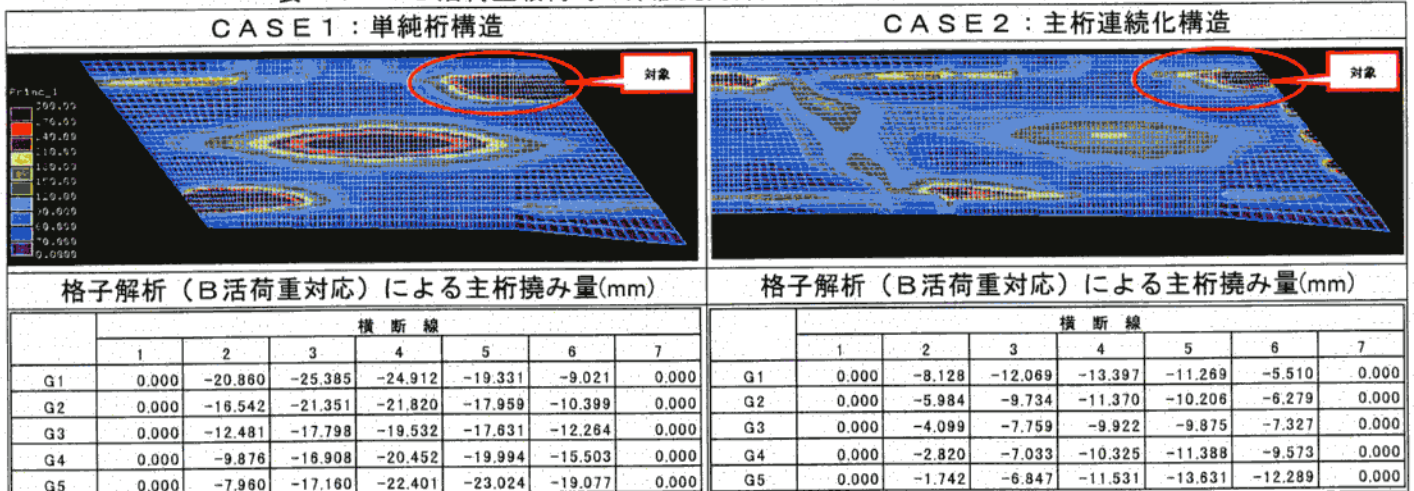


図-5 設計及び実測上の余裕度の相関性



グ係数を変化させた結果であるが、ヤング係数が低下するとコンクリート自体の引張応力度は低下するものの、相反して鉄筋の受け持つ応力度は増加する傾向が確認できた。

5. おわりに

本検討より主桁を連続化することで各主桁の撓み量を抑制させることが可能となり、床版鈍角部に発生するねじれ応力を単純桁構造より大幅に減少させることが可能となった。従来、斜橋の主桁連続化は連続部の端対傾構に活荷重による断面力が発生し補強対象となるため採用される可能性が低い対策案であったが、既設橋における斜角の小さい床版鈍角部のねじれ応力を抑制させる対策として非常に効果の大きい結果が得られた。本研究が今後の既設橋梁に対する設計手法の足掛かりになれば幸いである。本研究は秋田県仙北建設事務所委託業務の一環として実施されたものであり、関係者各位に謝意を表します。