

余剰部材を考慮した主桁耐荷力評価手法の提案

第一技研コンサルタント 正会員 進藤 泰男
第一技研コンサルタント 正会員 古市 亨
第一技研コンサルタント 正会員 橋本 健男
第一技研コンサルタント 正会員 佐光 浩継
大阪工業大学 フェロー 松井 繁之

1. 目的

床版上面増厚補強工法（増厚補強）は既設床版の曲げ耐力、せん断耐力向上には有効な方法であるが、床版上面に SFRC を打設するため、死荷重が増加し、主桁応力度が許容応力度を超過する事例が多い。しかし、非合成桁においては、実際には考慮されていない床版などの余剰部材が耐荷力に寄与していると考えられる。このため、床版・地覆などの余剰部材をモデル化した計算値を用いて現橋の主桁耐荷力評価を実施、さらに実橋において、実際の応力発生状況を載荷試験、応力頻度測定により確認、計算値と比較することで、余剰部材を考慮した F E M解析による評価の適用性を証明する新たな主桁耐荷力評価手法を提案し、その検証を行ったので報告する。

2. 耐荷力評価手法の基本的な考え方

非合成桁橋で応力頻度計測や載荷実験を行うと、計算上の安全率より大きな安全率が得られる。これは、非合成桁橋としての計算では考慮されていない R C床版、壁高欄、下横構等の余剰部材が主桁と一体として働くためであると推測できる。このため、3次元立体 F E M解析（F E M解析）を用いると R C床版、地覆などの余剰部材の影響を考慮することができ、F E M解析で得られた解は実情の構造物に近い評価が可能となると考えた。また、現況で設置されている床版などの余剰部材も考慮した F E M解析で設計活荷重を載荷させた主桁応力度（TL-20¹⁾）と、応力頻度測定を実施した実走行車両による最大発生応力度の比較において、F E M解析での応力度が大きく、計算値より実測値の中立軸が高ければ、この解を用いて主桁耐荷力照査を行っても安全側の評価となると考えた。

2. 計算上の耐荷力評価結果

橋長 129m の 5 主桁鋼 3 径間連続非合成桁の中央径間中央外桁（G 1 桁）下フランジにおける床版 190mm の現況での格子計算による計算結果、50mm の増厚補強後（床版厚 240mm）の計算結果の集計と耐荷力評価結果を表-1 に示す。現況でも計算上の応力はほとんど余裕が無く、増厚補強による死荷重増により、許容応力度を 18%超過する結果となった。このため、図-1 に示すような床版・地覆・下横構もシェル要素としてモデル化した F E M解析により、死・活荷重の計算を実施した。F E M解析による計算結果を表-2 に示すが、主桁と余剰部材の合成効果により、剛度が上昇し、増厚補強後でも、F E M解析を用いた場合、計算上は許容応力度を満足する結果となった。

表-1 格子計算による計算値と耐荷力評価結果(中央径間中央 L-flg)

状況	応力度(N/mm ²)						評価	許容 応力度 σ _a	判定
	死荷重	—	計	増厚分	活荷重	合計			
	σ _d	—	Σ σ _d	σ _{dC}	σ _L	Σ σ			
現況	121.4	—	121.4	—	62.1	183.5	≤	185.0	OK
増厚後	121.4	—	121.4	35.5	62.1	219.0	>	185.0	OUT

表-2 余剰部材を考慮した解析による計算値と耐荷力評価結果(中央径間中央 L-flg)

状況	応力度(N/mm ²)						評価	許容 応力度 σ _a	判定
	死荷重A	死荷重B	計	増厚分	活荷重	合計			
	σ _{dA}	σ _{dB}	Σ σ _d	σ _{dC}	σ _L	Σ σ			
現況	99.1	10.9	110.0	0.0	37.1	147.1	≤	185.0	OK
増厚後	99.1	10.9	110.0	10.2	36.5	156.7	≤	185.0	OK

注) 死荷重Aは格子計算結果、その他は床版を余剰部材としてモデル化したFEM解析結果

キーワード 性能設計, 余剰部材, 耐荷力, F E M解析

連絡先 〒556-0005 大阪市浪速区日本橋 4-5-21 第一技研コンサルタント（株） TEL 06-6645-4752

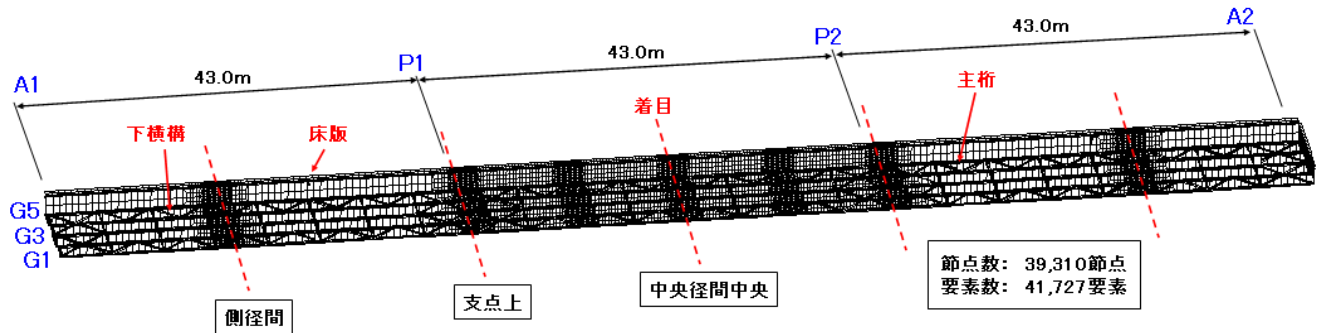


図-1 FEM解析モデル

3. 現場計測結果と余剰部材を考慮した耐荷力評価

前項で計算した床版などの余剰部材を考慮したFEM解析による設計活荷重応力度(σ_L)と現場での72時間連続の応力頻度計測による最大発生応力度(σ_{max})を比較し、 σ_{max} が σ_L より小さければ、余剰部材を考慮したFEM解析による設計活荷重応力度の方が安全側の評価となることが証明でき、増厚補強分の計算もFEM解析を行っても問題ないと判断することができる。つまり、現況活荷重のFEM解析を行うにあたっては、床版・地覆・下横構、等のほぼすべての余剰部材を考慮しているため、この解析による活荷重応力度は、格子計算と比べても、計算結果は最も小さな値を示すこととなる。よって、この計算上の最も小さな活荷重応力度より、実測最大応力度が小さいということは、FEM解析を用いて照査の方が安全側の照査となるため、今後もFEM解析を行っても問題ないと判断できると考えた。

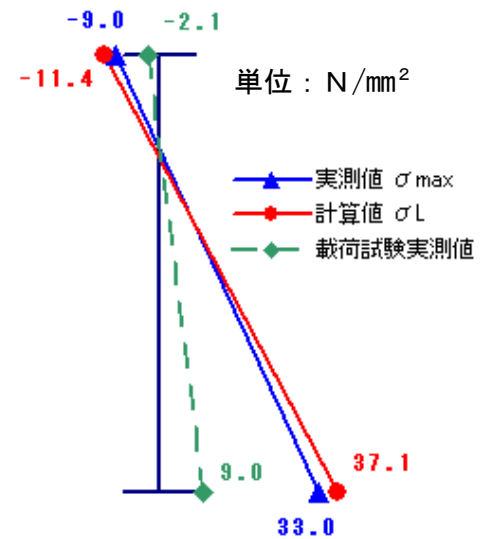


図-2 実測値と計算値の比較

図-2に現橋でのG1桁上・下フランジの応力頻度測定時の最大発生応力度(σ_{max})とFEM解析による計算結果(σ_L)を示すが、FEM解析による設計活荷重応力度 37.1N/mm^2 に比べ、最大発生応力度は 33.0N/mm^2 と小さく、中立軸も応力頻度測定による実測が計算値に比べ上昇している。また、本橋で実施した総重量約20tの3軸ダンプトラックを用いた载荷試験の結果を図中に示しているが、この場合も中立軸が計算値より上昇していた。なお、载荷試験による応力度 9.0N/mm^2 に比べ、最大発生応力度は 33.0N/mm^2 と約3.5倍の値を示しており、試験車と同様の車軸構成であったと仮定すると、総重量70t以上の車両が走行していたこととなる。側径間、支点上の全主桁においても同様に、FEM解析を用いた計算値より、実測値が小さな値となっていた。これより、実測最大応力度がFEM解析を用いた活荷重応力度より小さく、前章で示したFEM解析による耐荷力評価結果は有効と考え、増厚補強後の主桁補強は現時点では必要ないと判断した。

4. まとめ

今回提案した評価法の思想は、性能設計的発想であり、将来、既設橋梁の耐荷力評価に広く利用できると考える。本編は増厚補強による死荷重増の事例の評価を行ったが、同様の手法で歩道拡幅に伴う死荷重増の事例の主桁補強の要否判定を行っている。ただし、本手法においては、現状の交通(荷重)特性に配慮した判断を実施しているため、将来、交通特性等に変化があった場合には、再評価を実施する必要がある。また、今回は主桁と床版が完全剛結としてのFEM解析計算値よりも実測値が小さくなったため、評価判断が明確であったが、超過があった場合でも、主桁と床版の結合条件を緩和するなど工夫を行えば、さらに評価の範囲は広がる。

参考文献

- 1) 渥美満康, 羽柴喜彦, 古市亨: 既設橋梁の25t車両対応の耐荷力評価法, 橋梁と基礎, Vol. 33, No. 7, pp. 32~36, 1999