

I - 22

箱桁・鉄桁混合橋梁の応力解析

秋田大学大学院

学生員 ○大口真司

三井共同建設コンサルタント

正会員 豊田淳

秋田大学

正会員 長谷部薫 薄木征三

1. まえがき

近年の公共事業費の縮減要請において、橋梁分野でも多くの研究開発が行われている。現地の制約条件により支間割りが不当割になった場合、支間に見合った桁形式を採用することでコスト縮減している。しかしながら、現在では耐震性向上の観点からこれらを構造的に繋げた連続形式が望まれている。多径間連続形式でなされれば支承、伸縮装置等の付属品の低減も図れ初期建設コストの縮減が可能と考えられる。

ここでは、さらなる経済性の追求のため2主桁橋を補完する鋼橋として箱桁橋に注目し鉄桁橋と箱桁橋を融合した新橋梁形式として、パーシャルボックス桁¹⁾とは異なる箱桁・鉄桁混合橋梁を提案するものとし、2主桁橋と同様に経済性に優れる「狭小箱桁」を採用し、それらの応力解析を行った。

2. 解析モデル

解析対象橋梁の橋梁形式は、箱桁と鉄桁を混合させた5径間連続桁とし床版形式はプレストレスコンクリート床版を想定している。支間長は43.0m+3@58.0m+43.0m、総幅員11.350m（有効幅員：10.320m）、使用鋼材はSM490Y（許容曲げ応力度210N/mm²）とし、箱桁外側のウェブと鉄桁のウェブが連結した形式である。また、箱桁と鉄桁の連結部は発生曲げモーメントが小さくなる第1、第5径間のL/4付近とした。支間長について、鉄桁では不経済となる支間に箱桁を採用するモデルを考えた。断面図、側面図と平面図をそれぞれ図-1に示す。

箱桁と鉄桁連結部では、主桁フランジの断面形状が急変するため、一般的な設計法である格子桁解析では評価されない付加応力度が発生すると考えられるため、FEMによる解析を行った。

箱桁・鉄桁連結部の切り欠き部詳細構造を検討するために、図-2(a)に示すように箱桁部フランジ切り欠き形状フィレット無しを標準モデルとして、(b)の $\theta=30$ 度、45度、60度の4種類として解析し、検討を行った。

使用したプログラムはMSC.Marc Mentatを用いた。

モデルに使用した要素は4節点平面シェル要素と3節点平面シェル要素を混合させて用いた。図-3に標準モデルの全体と箱桁・鉄桁連結部のメッシュを示す。載荷した荷重は、死荷重と道路橋示方書²⁾に従いL荷重(p_1, p_2)を用いた。 p_1 の載荷位置はこれによる箱桁・鉄桁連結部の応力が最大となるように連結部を中間に両方向5mの載荷長10mに載荷した。両桁とも同じ荷重で載荷している。

3. 解析結果と検討

連結部から端支点側へ5.0m離れた位置での鉄桁の上フランジ、下フランジの曲げ応力分布を図-4(a)(b)に示す。

○がフィレット無し、□が30度△が45度◇が60度のフィレット形状を示している。横軸はフランジ幅方向距離を示し、0が外側となっている。上フランジと下フランジの形状をみるとフィレットの角度が大きくなる方が

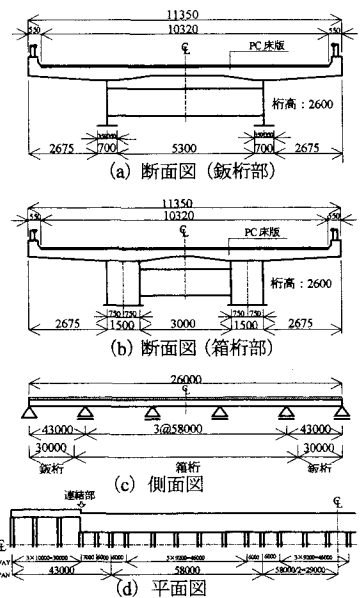


図-1 解析対象橋梁の一般図

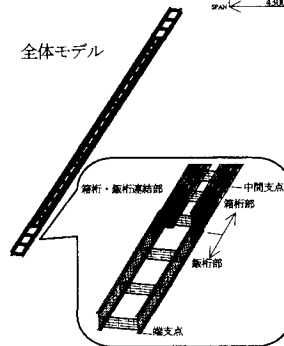


図-3 FEM解析モデル

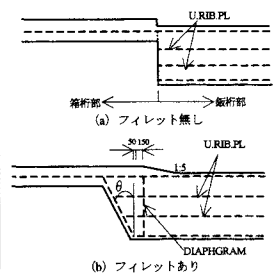


図-2 箱桁フランジ切り欠き部詳細構造

応力分布に乱れが生じており、フィレット 60 度で桁の外側の上フランジと内側で 39N/mm^2 の差があった。これはねじれによるものでフィレットの角度を大きくする方が鉸桁部に及ぼすねじれの影響が大きく箱桁内側のウェブからの曲げ作用がフィレットのウェブを通して鉸桁部にねじれ現象をもたらしていると考えられる。

次に、連結部から 5.0m 離れた箱桁（横桁とダイヤフラムの取り付け無し）位置に注目する。図-5(a)(b)に上下フランジの応力分布を示す。フランジ幅方向左右で上フランジが 8N/mm^2 、下フランジが 5N/mm^2 の差異は認められるものの、鉸桁に比べねじれの影響は少ないことがわかる。また、顕著なせん断遅れ現象もみられない。箱桁と鉸桁の剛度の大きさが異なる事により箱桁・鉸桁の混合構造とした場合、箱桁はねじれの影響が鉸桁に比べ小さいということが考えられるが、この図でもその事が言える。

図-6(a) (b)に連結部から 15.0m 離れた位置の鉸桁の上フランジと下フランジの曲げ応力分布を示す。やはり、フィレット角度が広がるほどねじれが大きくなっている。フィレット 60 度のフランジ幅方向左右で上フランジが 5N/mm^2 、下フランジが 5N/mm^2 の差が生じているものの図-4 の応力分布と異なりねじれの影響は小さい。

次に、フィレット角度の違いによる応力性状について考察する。連結部分については、複雑な応力状態が予想されるためミーゼス相当応力を用いて評価することとした。図-7 に上フランジの各モデルにおける連結部近傍のミーゼス相当応力のコンター図を示す。フィレット無し(a)の場合、連結部付近の鉸桁内側の応力が 43N/mm^2 となり、(b)と(c)に示すほぼ同じ位置の値より約 4 倍応力が大きくなっている。各モデルを幅方向で比較するとフィレット無しよりも有りのほうが応力が低減されている。また、いずれのモデルも応力集中のために塑性にいたる応力はみられなかった。

4. まとめ

箱桁と鉸桁を外側のウェブで連結した混合桁の応力解析を行ったが、連結部近傍で複雑な応力状態を示し注意が必要であったが応力はいずれも許容値の範囲内であり、フィレットを取り付ける事により断面移行がスムーズに行われていることが分かった。また、ここで用いた連結仕様でも問題ないと考えられる。

参考文献：1) 松田泰英：パーシャルボックス桁 -I 桁と箱桁の融合- 石川島播磨技報 2001 橋梁特集号 pp.19-24 2) 道路橋示方書・同解説 I 共通編 平成 14 年 3 月 社団法人 日本道路協会

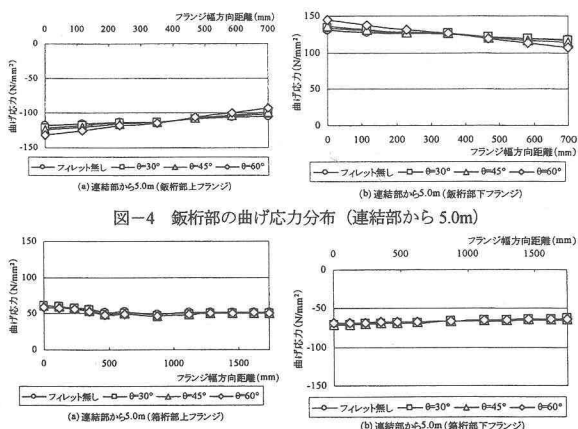


図-4 鉸桁部の曲げ応力分布（連結部から 5.0m）

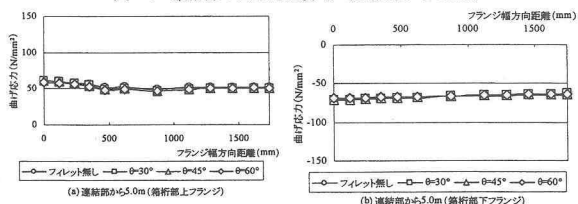


図-5 箱桁部の曲げ応力分布（連結部から 5.0m）

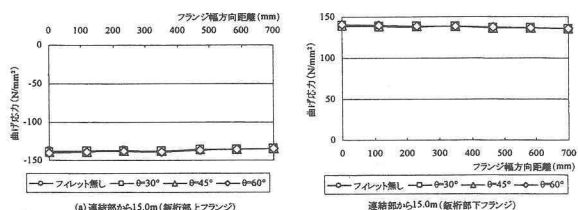
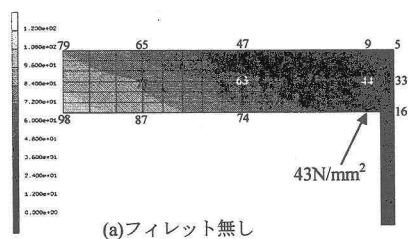
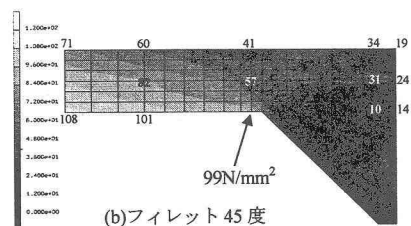


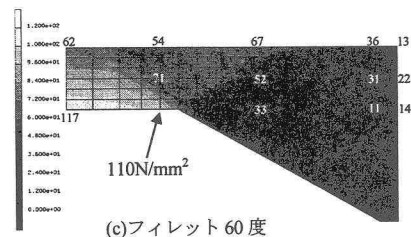
図-6 鉸桁部の曲げ応力分布（連結部から 15.0m）



(a) フィレット無し



(b) フィレット 45 度



(c) フィレット 60 度

図-7 ミーゼス相当応力分布(N/mm^2)