

I-A 277

少数主桁橋の腹板設計法に関する一考察

川 田 工 業 正会員 小笠原 照夫

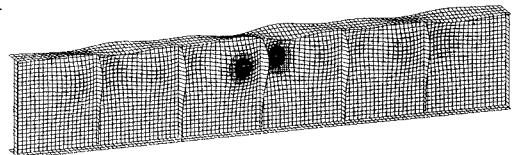
川 田 工 業 正会員 辻角 学

川 田 工 業 正会員 橘 吉宏

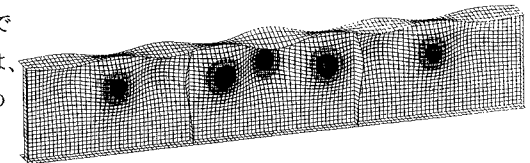
1. はじめに ここ数年、鋼橋建設費の縮減を目的とした、P C床版を有する少数主桁（省力化桁）橋の建設が進められてきている。この橋梁は、P C床版の採用により主桁間隔を6 m程度にまで広げ、主桁の少数化と断面の大型化を図った構造である。また、主桁断面も省力化の観点から、多少の鋼重増となっても製作工数を低減して経済性の追求を行ってきている。基本的には、全て応力伝達部材にて断面を構成する方が経済的になると考えられる。そこで、補剛板である腹板に着目してみることにする。道示^リでは、水平補剛材を2段から1段にすると腹板厚は約4割増、また1段から無くすると約7割増となり、特に水平補剛材1段の場合と無くした場合の差が大きい。この板厚の増分がそのまま主桁の鋼重増には繋がらないが、曲げモーメントに対してはフランジの断面積を増やす方が有効であることは周知の通りであり、腹板設計法の見直しにより腹板厚を薄くすることができれば、また補剛材の省略可能範囲が広がれば、更なる省力化の一手段になることは間違いない。ここで、この主桁の特徴を列記すると、①腹板の大幅な厚板化により作用せん断応力度が激減している。②桁高に比較してフランジが大断面である。③R C床版に比較して耐久性に富み、かつ剛性の高いP C床版を採用しているとともに、主桁とはスタッドジベルを用いて確実に接合されている。等が挙げられる。ところで、プレートガーダーの終局強度に関する研究も、限界状態設計法への移行に向けて精力的に行われてきており、終局強度評価方法も確立されてきている。よってこれらの現状を踏まえると、ある前提条件のもとでは腹板設計法の見直しができるのではないであろうか。本文では、垂直補剛腹板を対象に、圧縮フランジが堅固なP C床版に接合されている範囲、即ち支間部に限定して、腹板周辺の拘束効果を期待した腹板の最小厚と垂直補剛材間隔について検討し、考察を行うこととする。

2. 座屈解析 まず、支間50 m程度の連続桁について

試設計を行った。桁高は3 m、材質はSM490Y材、水平補剛材を無しとすると、道示^リでは腹板の最小厚が25mmとなる（従来は水平補剛材2段、最小腹板厚11mm）。また、横桁間隔は5.3m、垂直補剛材は横桁間に1本とした。図-1(a)は、その断面を用いて線形座屈解析を行った結果であり、一次の座屈モード図である。P C床版による拘束は、道示^リのフランジの許容応力度の考え方に準拠して、主桁の横倒れ座屈に対しては十分な拘束が期待できるものとし、フランジのねじれ座屈に対しては非合成桁であることから安全側に考え自由とした。このモード図より、横桁間の



(a) 横桁間の垂直補剛材あり



(b) 横桁間の垂直補剛材なし

図-1 座屈モード図

垂直補剛材がねじれながらその左右で大きな座屈モードを生じていることがわかる。横桁位置の垂直補剛材は、横桁の端モーメントに対して設計しているため、横桁間の垂直補剛材の約8倍の剛度を有しており、この付近の座屈モードは比較的小さくなっている。また図-1(b)は、横桁間の垂直補剛材を省略した場合の一次の座屈モード図である($a/b=5.3\text{m}/3.0\text{m}=1.77>1.5$ 、道示^リの適用範囲外)。表-1に、解析結果から得られた座屈係数を示すとともに、あわせて(a)の上下フランジと垂直補剛材により囲まれたパネルを取り出し、周辺の境界条

表-1 座屈係数

解析結果	座屈係数 k_σ
解析結果 (a)	40.568
解析結果 (b)	39.814
4辺-SS	25.368
U. Flg-FS, 3辺-SS	39.602
L. Flg-FS, 3辺-SS	25.690
UL. Flg-FS, 2辺-SS	39.602
4辺-FS	50.568

SS:単純支持, FS:固定支持

件を変化させて得られた座屈係数の値も示す。これより、上下フランジの回転拘束はほとんど固定に近いものと考えられる。また、横桁間の垂直補剛材の有無による顕著な座屈係数の違いは認められず、アスペクト比の増加に伴う座屈係数の減少はほとんど収束しているものと考えられる。

3. 腹板厚の適用可能範囲

道示では、純曲げ状態の線形座屈応力度に対して1.4の安全率を、また降伏応力度に対して1.7の安全率を見込んでいる。図-2に、道示による腹板厚使用可能範囲と、前項の座屈解析から得られた座屈係数を用いて算出した腹板厚適用可能範囲を示す。さらに、奈良²⁾による面内曲げを受ける鋼板の極限強度も示してある。ただし、この極限強度の上限値は降伏応力度としている。道示の腹板厚使用可能範囲では、極限強度の低下は生じていないが、腹板周辺の境界条件を考慮した場合には、極限強度の低下が生じる範囲も含まれてくる。よって、この極限強度に対して1.7の安全率を見込むこととし、主桁の設計時においても許容応力度の低減を行うこととする。省力化桁では、フランジの厚板化、一部材一断面、フランジ幅の統一等を行っているため、ほとんどの場合腹板上縁応力度は許容応力度に対して100~200kgf/cm²程度の余裕が生じている。したがって、この図より4~5mm程度腹板厚を薄くできる可能性があることがわかる。ここで、この腹板厚の違いによる主桁の終局強度について調べてみることにする。図-3に、三上^{3),4)}、長谷川⁵⁾、Cooper¹⁾により提案されている終局強度算定式から終局モーメント

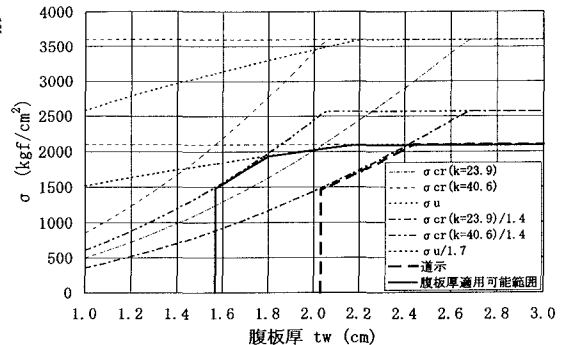


図-2 腹板厚の適用可能範囲

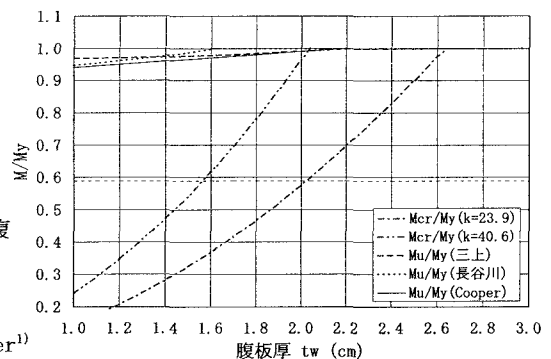


図-3 腹板厚と終局強度の関係

トを求め、降伏モーメントで無次元化した値を示す。また参考のため、腹板の座屈強度から座屈モーメントを求め、降伏モーメントで無次元化した値も示してある。これらのグラフより、腹板厚の変化が桁の終局強度に与える影響は小さく、曲げ応力度に対しては腹板厚の薄板化と横桁間の垂直補剛材を省略できる可能性のあることがわかる。この垂直補剛材の省略に関しては、三上⁶⁾により提案されているせん断強度算定法を用いて検討した結果、終局強度に安全率1.7を見込んだ場合と、周辺単純支持と考えた場合の線形せん断座屈強度に安全率1.25を見込んだ値が比較的近似していることがわかった。ただし、前述したように腹板を4~5mm程度薄くしたとしても、従来に較べて約2倍程度の板厚を有しており、作用せん断応力度も従来に較べて半分程度、また許容せん断応力度に対しては半分よりさらに小さくなっている。したがって、垂直補剛材間隔の最大値（アスペクト比1.5）を作用せん断応力度を用いて緩和することができると考えられる。

4. まとめ

本文では、腹板周辺の拘束効果を期待した最小腹板厚と最大垂直補剛材間隔について検討を行った。その結果、腹板周辺の拘束効果を期待できれば少数主桁橋の支間部に関しては、腹板厚の薄板化とともに、垂直補剛材間隔の最大値を拡大できる可能性のあることがわかった。ただし、これらの検討は完成時に対して行っており、床版打設等の架設時に対しては別途検討する必要がある。本文が、今後の少数主桁橋の一設計資料となれば幸いである。

【参考文献】 1) 日本道路協会；道路橋示方書・同解説、1973.2，1994.2。

2) 奈良、津田、福本；面内曲げと圧縮を受ける鋼板の極限強度の評価法に関する研究、土木学会論文報告集 No.392，1988.4。 3) 三上、木村、山里；設計のためのプレートガーダーの終局強度の算定法、構造工学論文集 Vol.35A，1989.3。 4) 三上、木村、徳田；プレートガーダーのフランジ垂直座屈強度の算定法、構造工学論文集 Vol.36A，1990.3。 5) 長谷川、和田、西野；プレート・ガーダーの曲げ耐力に関する新しい理論、土木学会論文報告集 No.300，1980.8。 6) 三上、山里；設計のためのプレートガーダーのせん断強度算定法の改良、構造工学論文集 Vol.36A，1990.3。