

東京大学 工学部 正会員 西野 文雄
東京大学 工学部 正会員 長谷川彰夫
首都高速道路公団 正会員 高野 晴夫
三菱重工業(株) 正会員 熊谷 洋司

1. はじめに 都市高架橋の景観を考慮した設計ニーズより二層構造部におけるラケット型鋼橋脚隅角部の外側フランジを曲面にすることが提案され、HALF-R型(タイプB)及びFULL-R型(タイプC)の隅角構造が検討対象となった(図1参照)。従来直線型隅角部(タイプA)についての設計法は既に奥村らにより確立されているが(参考文献1)、隅角部外側にRを設けた場合、その力学的挙動の解明は未だ十分に行われておらず、設計法についても直線型隅角部の手法が適用出来るかどうか明らかではない。そこで円弧型隅角部の特性を把握し設計法の確立を目標として昭和57年度、58年度の2年度に渡り実験検討を実施した。初年度においてはI型断面構成隅角部のタイプA、B、Cの3体の定性的終局耐荷力試験とタイプCの箱型断面構成隅角部(以降タイプC'と称す)の弾性応力分布に着目した終局耐荷力試験を実施した。この結果円弧型隅角部としてFULL-R型がHALF-R型より強度上有利であること及びFEM解が隅角部内実応力分布によく一致することを確認した。昭和58年度においてはFULL-R型隅角部と直線型隅角部との終局耐荷力比較試験を箱型断面で実施した。本報告は以上の試験結果の概要を述べたものである。

2. I型断面試験 図2に供試体形状を示す。供試体はすべてSS41材を使用し板厚はフランジ、ウェブとも6mmとした。実験は供試体両端をピン結合し20tオートグラフ及びアムスラー式試験機により引張及び圧縮方向に载荷し、各々弾性範囲で各部の応力及び終局耐荷力を計測し、結果を表1に示す。最終崩壊時において引張試験では3タイプとも隅角部内側コーナーにクラックが発生しており、圧縮試験ではタイプAについては外側フランジR-END部に溶接クラックの発生がみられたが、タイプB、Cには溶接クラックの発生はみられなかった。

3. 箱型断面試験

3-1 供試体及び実験概要 図3に実験に供したA、C体の形状を示す。C'タイプもこの供試体と板厚を除き同一形状である。材質はすべてSS41材であり、断面は正方形で構成し、巾はいずれも800mmである。供試体の板厚及び巾厚比を表2に示す。C'タイプの実験は3000t大型構造物試験機を用い、A、Cタイプについては定盤上で200t油圧ジャッキを用いた装置で引張荷重を载荷した。

3-2 実験結果と検討 実験結果を図4から図8に示す。図4はタイプA、C、C'についての荷重変位関

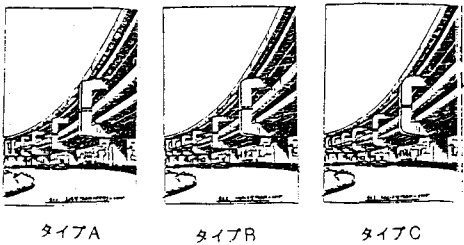


図1

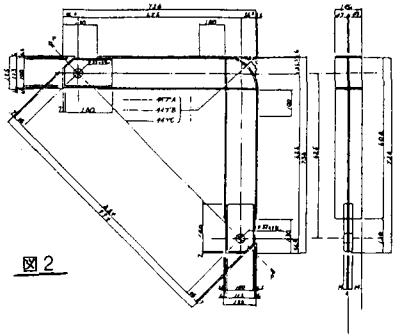


図2

表1 I型断面試験結果(最大荷重t)

タイプ	引張試験	圧縮試験
A	10.9	7.25
B	9.4	7.25
C	13.1	8.00

表2 箱型断面供試体試験巾厚比

タイプ	フランジ(bf/tf)	ウェブ(dw/tw)
C'	57	57
A, C	36	67

係を隅角部内ウェブ端部の等価ミーゼス応力が降伏応力に達する時の荷重及び変位で無次元化しグラフ化したもの、図5及び図6は弾性限度内の隅角内直応力及び剪断応力図、図7及び図8は隅角部標点間の変形及び標点での応力の値を示す。図5及び図6から弾性限度内隅角部挙動について次のことがわかる。

①隅角部内ウェブには剪断応力の他に曲げ応力が作用している。これらの応力度はタイプCの方がタイプAよりウェブ全域を通じてやや大きい応力分布についての本質的な差異はみられない。

②タイプAとタイプCの外側フランジに沿う直応力分布は前者がコーナー部に向かって漸減しているのに対し、後者では曲面フランジに沿いほぼ一定の値を示している。この結果隅角部内ウェブ外側フランジ近傍での直応力の大きさも後者の方が前者より大きい。

③奥村の式により導かれる隅角部の応力は実フランジピーク応力について実験及びFEM解よりもやや小さな値を与えるが、剪断応力についてはタイプCの実応力にほぼ相当する。

終局耐荷力に着目した試験結果は以下のである。

①供試体の荷重変位関係の非線形性が著しく大きくなり構造全体として使用限界と考えて良いと思われる外荷重強度はタイプAで100tタイプCで120tと判断され、タイプCの方が20%高い。最終崩壊荷重はタイプAが134.5t、タイプCが190.9tでありタイプCの方が約40%高い。これはタイプAとタイプCの外側フランジの幾何学形状の差異による。すなわちタイプAでは外側フランジコーナー部が直交しているがため、ウェブの降伏後、フランジの応力分担がタイプCほどなされないためと推察できる。一方タイプCの隅角部内ウェブの面外変形に着目すると外荷重が使用限界内の75t前後で急激な変化を起している。これは外側フランジ部の近傍で隅角部ウェブの応力がタイプAより大きいためウェブの一部に塑性領域が生じこの荷重段階で応力再配分が起こった結果であると推測できる。

②崩壊はタイプCではウェブの母材部分が外側フランジ近傍で引張破断したことにより、タイプAについては隅角部内側コーナー部に溶接クラックが発生したことによる。なおタイプC'については崩壊時、曲面フランジとウェブの間の溶接部にクラックが発生していた。

4. まとめ 弾性内応力の挙動について円弧形隅角部及び直線型隅角部の間の本質的な差異はみられない。従って円弧形隅角部に奥村の式が適用できる。隅角部内の非線形挙動についてはタイプC、タイプA間で大きな差異がある。すなわち前者は外荷重に対し隅角部外側フランジが有効に働くのに対し、後者についてはその寄与が少ない。従って耐荷力からみると円弧形隅角部が有利となる。

最後に本研究に協力していただきました東大・佐藤氏、首都高速道路公団・山寺、池脇、結城、久保田及び実験を担当してくれました三菱重工業(株)・渡辺、板谷の各氏に感謝の意を表します。

参考文献1)奥村、石沢「薄板構造ラーメン隅角部の応力計算について」土木学会論文報告集 153号 昭43.5

2)奥村「薄板構造の設計施工における最近の諸問題」土木学会1965. 8

