

建設省土木研究所 正員 川島一彦
 正員 運上茂樹
 ○正員 飯田寛之

1. まえがき

本文は、垂直補剛材(縦リブ)の剛性が鋼製橋脚のじん性に及ぼす影響に着目して実験的に検討した結果を報告する。

2. 実験に用いた供試体

実験に用いた模型は、図-1に示すように80cm×81.6cmの矩形断面で、基部から荷重位置までの高さが5.6mの供試体S-23及び供試体S-24である。供試体の設計に際しては、道路橋示方書II鋼橋編に従った。水平補剛材としては、35cmの間隔で横リブとダイヤフラムを交互に、垂直補剛材としては、1枚のウェブ及びフランジに対して縦リブを3枚ずつ20cm間隔で配置した。鋼材はSM490材とし、板厚は、ウェブとフランジが8mm、横リブとダイヤフラムが4.5mmである。2つの供試体の違いは縦リブの厚さのみで、供試体S-23では8mm、S-24では10mmとした。このようにすると道路橋示方書II鋼橋編に規定される補剛材の剛比はそれぞれ必要剛比の4.1倍、6倍となる。

3. 鋼製橋脚の正負交番荷重実験

実験では、模型を床面に平行に寝かせた状態で反力壁に固定した鋼製台座に橋脚をボルトで固定し、橋脚天端を動的加振機によって水平力を正負交番荷重した。橋脚天端には上部構造の死荷重反力に相当する102tfの軸力(鋼材の応力度にして400kgf/cm²)を作用させた。水平力の荷重は、変位制御により降伏変位 δ_0 の整数倍の変位を10回ずつ繰り返し作用させた。図-1 実験に用いた供試体

4. 損傷状況の進展状況

供試体のS-23では、 $2\delta_0$ 荷重終了後にパネルに面外変形が生じた。特に基部から約20cmの高さまでの範囲において変形が大きく、2本の垂直補剛材に囲まれた範囲で凹凸が上下方向に交互に生じた。 $3\delta_0$ 荷重後には、図-2(a)に示すように、 $2\delta_0$ 荷重で生じた変形が進み、パネルが全体として面外変形した。供試体の内側では、パネルが大きく面外変形した箇所垂直補剛材が大きく曲がり、また、垂直補剛材とパネルの溶接部分で、破断が生じていた。最大の面外変形量は、外側には約70mm、内側には約85mmである。

一方、供試体S-24では $2\delta_0$ 荷重後に一つの面で最大面外変形が外側に20mm、内側に12mmとやや大きい、これ以外の面では面外変形量は5~6mm程度であり、供試体S-23よりも変形が少ない。変形モードに着目すると垂直補剛材間では、どちらかというパネル全体が変形す

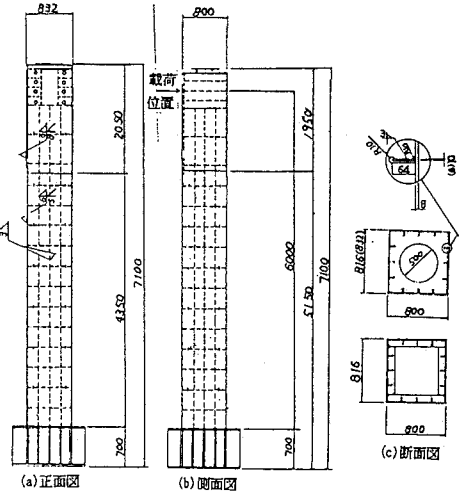


図-1 実験に用いた供試体

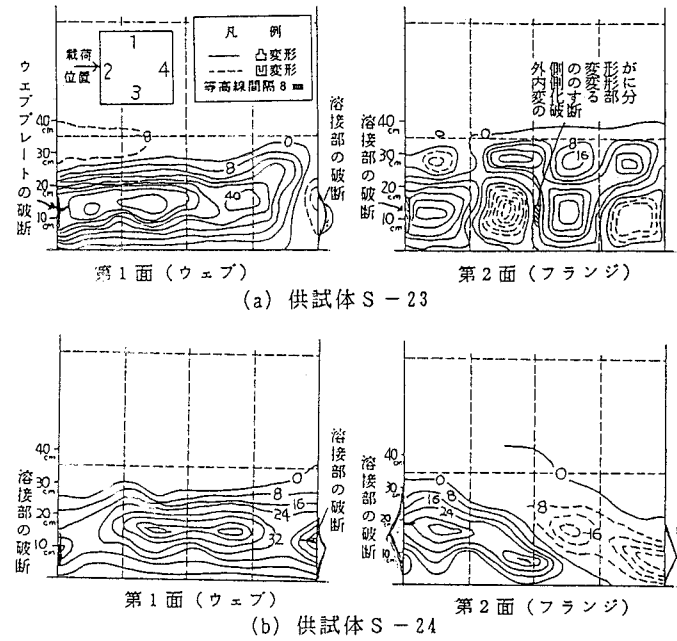


図-2 $3\delta_0$ 荷重後の損傷状況

るモードに近い。3 δ_0 載荷になると、図-2(b)に示すように、全体的にみて垂直補剛材を節にした変形というよりもパネル全体にわたって変形が生じた。最大面外変形量は外側に向かっては約60mm、内側には約35mmである。

5. 耐力及び変形特性

図-3は供試体S-23と供試体S-24の荷重～変位の履歴曲線を示したものである。供試体S-23では、1 δ_0 の載荷ではほぼ弾性的な挙動を示している。2 δ_0 載荷に入った最初の載荷時に最大耐力($P_{max}=61tf$ 、正負の平均値)に達し、3回目の載荷あたりから耐力の低下が顕著になっている。これは繰り返し載荷に伴いパネル面板の面外方向への変形が3回目あたりから顕著になり始めたことに対応している。最初の載荷時の最大耐力が61.2tfであるのに対して10回目の載荷時の最大耐力は43.0tfと30%低下している。3 δ_0 になると荷重の減少は、さらに進み最終的には5.6tfまで減少した。

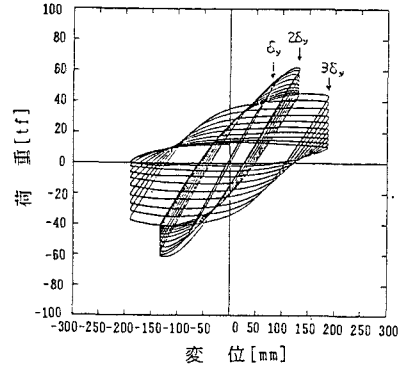
これに対して供試体S-24では、1 δ_0 載荷では供試体S-23と同様にほぼ弾性的な挙動を示す。2 δ_0 載荷の1回目の載荷で耐力は最大となり、最大荷重は $P_{max}=67.0tf$ である。2 δ_0 載荷では、載荷の繰り返しに伴う耐力の低下は見られるものの、1回目の最大荷重(正負平均)が66.5tfであるのに対して、10回目の最大荷重はこの10%程度低い60.4tfとなる。耐力の低下率は、供試体S-23と比較すると1/4程度と小さい。しかし、3 δ_0 載荷になると繰り返しによる耐力の低下は供試体S-23よりも大きくなる。これは垂直補剛材の剛性を高めることにより、繰り返し載荷に伴う耐力の低下を抑止することができるが、これも2 δ_0 載荷までであり、3 δ_0 載荷になると垂直補剛材の剛性が高い分だけ応力はウェブとフランジの溶接部に集中し、ここに大きな破断が生じたためと考えられる。

表-1は両供試体の耐力と変形性能を比較したものである。供試体S-23に比べてS-24は降伏荷重で約7%、最大耐力で約9%大きい。ただし、降伏荷重と最大耐力の比はほぼ等しいことから、降伏後の耐力の伸びはほぼ等しいといえる。一方、降伏変位はほぼ等しいが、終局変位は、供試体S-23では3 δ_0 載荷の1回目ですでに降伏荷重を下回った。このため、供試体S-23の終局変位は供試体S-24よりも20mm小さくなっている。じん性率は剛性の大きい供試体S-24の方が15%大きい。

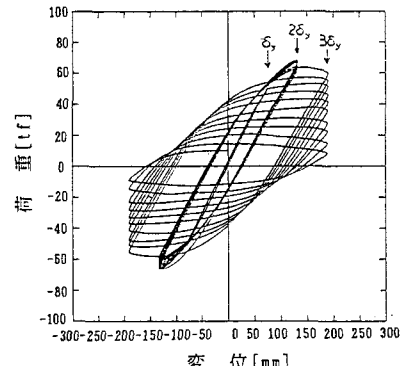
5. 結論

垂直補剛材の板厚が鋼製橋脚のじん性に及ぼす影響を鋼製橋脚模型の動的載荷実験により検討した。本実験結果をまとめると以下のようなになる。

- 1) いずれの供試体も、橋脚基部から10~20cmの範囲でウェブ及びフランジの面外座屈を生じた。必要剛比の4.1倍の垂直補剛材を入れた場合には垂直補剛材を節とする座屈モード形を示したが必要剛比の6倍の垂直補剛材を入れた場合には、ほぼウェブとフランジ全体が一様に面外座屈するモード形を示した。
- 2) 3 δ_0 載荷で終局に至ったが、これはウェブもしくはフランジの破断が生じたためである。破断としては、ウェブとフランジの溶接部の破断が最も著しいが、垂直補剛材に沿った位置における上下方向の破断や上下方向の座屈モードのはらとなる水平方向の座屈も生じた。
- 3) 垂直補剛材の剛比を必要剛比の6.0倍とした場合には4.1倍とした場合よりも、2 δ_0 載荷までは載荷くり返しに伴う耐力低下は小さいが、3 δ_0 になると垂直補剛材の剛比が高い分だけウェブとフランジの溶接部に大きな応力が集中し、ここに破断した結果載荷くり返しに伴う耐力低下は大きくなった。



(a) 供試体 S-23



(b) 供試体 S-24

図-3 荷重～変位の履歴曲線

表-1 耐力及び変形性能

供試体	S-23	S-24
降伏荷重 P_y (tf)	45.6	48.8
最大耐力 P_{max} (tf)	62.0	67.3
P_{max}/P_y	1.36	1.38
降伏変位 δ_y (mm)	66.0	65.0
終局変位 δ_u (mm)	155.3	176.3
じん性率	2.35	2.71