

連続合成桁中間支点部における水平補剛材の最適取付位置について

首都大学東京 ○学生会員 宮下 健治
 首都大学東京 正会員 野上 邦榮
 首都大学東京 正会員 山沢 哲也

1. 研究背景と目的

近年のわが国における建設経費縮減という社会的要求の中で、その力学的合理性から連続合成桁橋が積極的に採用されるようになってきた。また、国内での鋼橋の設計においては、1990年代前半までは主に鋼重を軽くすることが経済的であると考えられてきたが、1996年の鋼道路橋設計ガイドラインにより、製作が容易な構造の方が経済的であるという考え方が主流になり、より合理性を追求した橋梁形式として少数主桁橋が注目され、活発に研究が行われてきた。当初、少数主桁橋は水平補剛材を用いない厚肉断面を採用することとした。しかし、鋼重が増すことにより輸送上の問題から部材長の制限を受ける場合がある。そこで、少数主桁橋に水平補剛材を取り付けるという一つの選択肢を考える。ここで、現行の道路橋示方書の水平補剛材取付位置¹⁾は弾性固有値解析による「純曲げ、4辺単純支持された補剛板の最小座屈問題」として決まる取付位置が基準とされている。しかし、連続合成桁橋中間支点部では負曲げモーメントが支配的であり、上下フランジの関係により4辺単純支持ではなく、弾塑性体であるという問題があり、水平補剛材取付位置については別途検討する必要がある。

そこで、本研究では、床版による上フランジの拘束効果や上下フランジのねじり剛性を考慮した上で、連続合成桁中間支点部への水平補剛材の最適な配置について終局強度の立場から解析的な検討を行った。

2. 数値解析手法

2.1 モデル諸元

数値解析は汎用有限要素法解析ソフトウェア MARC2001 を使用し、モデルの形状は図1に示す連続合成桁負曲げ領域部に着目して図2-(a)に示すI型断面をもつ腹板パネルを想定した。なお、モデルは図2-(b)に示す5パネルとし、あくまで中央1パネルの挙動に着目して検討を行った。境界条件は、腹板の載荷辺を単純支持とし、上フランジを床版による拘束効果を考慮して橋軸方向のみ回転を拘束した。

2.2 幾何学的特性・材料特性

鋼桁部には4辺形厚肉線形シェル要素²⁾を用いた。降伏条件は Von-Mises、構成則は完全弾塑性とした。

2.3 解析条件

(1) 荷重条件 荷重条件は、i)等曲げ、ii)不等曲げ、iii)曲げ+せん断として縁端部に図3に示すように荷重を載荷した。曲げ荷重の荷重勾配は床版合成後のものとして $\phi=1.25$ とした。また、不等曲げは1:0.8の割合とした。

(2) 水平補剛材取付位置 h/b 水平補剛材取付位置 h/b を $h/b=0.20\sim 0.44$ と変化させて解析を行った。

(3) 補剛材の剛度 iii)曲げ+せん断で最も終局強度が高くなった水平補剛材取付位置において、道路橋示方書で規定される補剛材の必要剛度 I_{req} に対して、水平補剛材の剛度を $I_h/I_{h,req}=0.8\sim 3.6$ 、垂直補剛材の剛度を $I_v/I_{v,req}=0.9\sim 3.5$ と変化させて解析を行った。

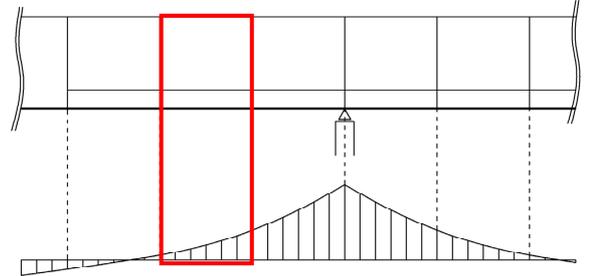


図1：着目点概略図

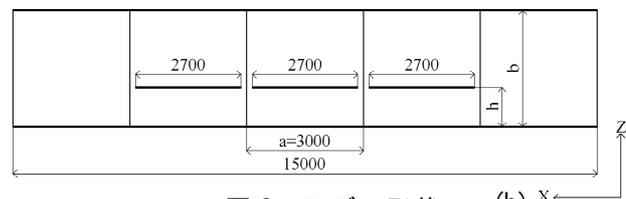
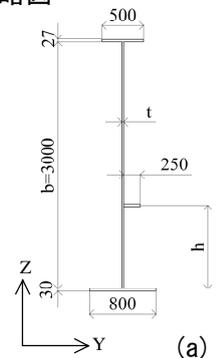


図2：モデル形状 (b)

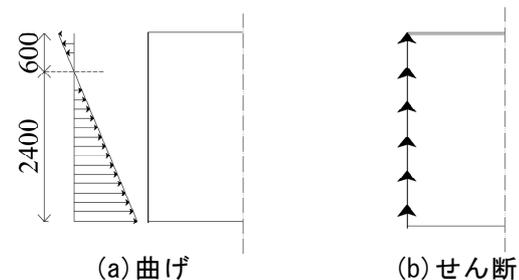


図3：荷重載荷概略図

キーワード：水平補剛材、中間支点部、連続合成桁橋

連絡先：〒192-0397 東京都八王子市南大沢 1-1 首都大学東京 TEL：0426-77-1111

(4) 初期不整 初期不整として残留応力と初期たわみを考慮した。残留応力は腹板、上下フランジ、補剛材に対して図4に示す形状を仮定した。また、初期たわみは図5に示す形状で考慮し、波形は式(1)、式(2)で与えた。

$$w_1 = w_{1max} \sin\left(\frac{x\pi}{a}\right) \sin\left(\frac{z\pi}{b-h}\right) \dots\dots(1)$$

$$w_2 = w_{2max} \sin\left(\frac{x\pi}{a}\right) \sin\left(\frac{z\pi}{h}\right) \dots\dots(2)$$

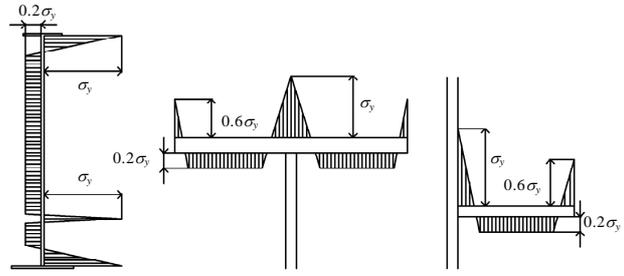


図4：残留応力分布形状

3. 解析結果

3.1 水平補剛材取付位置と終局強度の関係

i) 等曲げ、ii) 不等曲げ、iii) 曲げ+せん断を縁端部に荷重したときの水平補剛材取付位置と終局強度の関係を図6に示す。横軸は水平補剛材取付位置 h と腹板高 b との比 h/b 、縦軸は設計荷重に対する終局時の荷重倍率 α である。この図から、等曲げを荷重したときは $h/b=0.37$ 、不等曲げを荷重したときは $h/b=0.36$ 、曲げ+せん断を荷重したときは $h/b=0.35$ が最も終局強度が高くなることわかった。また、どの荷重条件においても道路橋示方書で基準とされている取付位置である $h/b=0.20$ と比較すると6%程度終局強度が高くなることわかった。

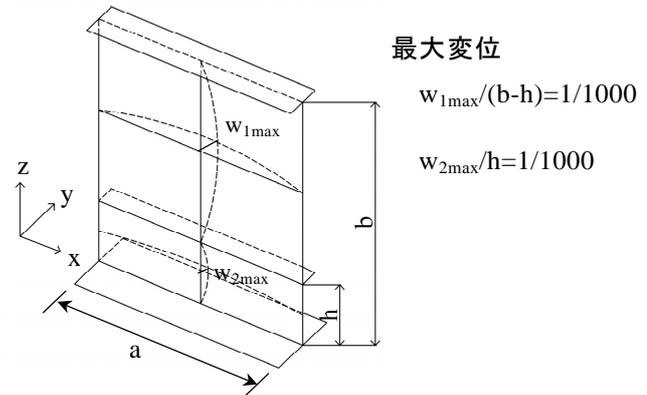


図5：初期たわみ形状

3.2 補剛材の剛度と終局強度の関係

$h/b=0.35$ のモデルにおいてiii) 曲げ+せん断を荷重したときに、 $I_h/I_{h,req}$ を0.8から3.6まで変化させたときの荷重変位曲線を図7に示す。また、 $I_v/I_{v,req}$ を0.9から3.5まで変化させたときの荷重変位曲線を図8に示す。横軸は腹板の面外方向変位を無次元化した値である。これらの図から、 $\alpha=1$ 付近までは水平補剛材、垂直補剛材ともに剛度の変化による影響はなく、その後、終局に至る経路に若干の差異はあるものの、終局強度はほぼ同等となることわかった。このことから、補剛材の剛度は道路橋示方書での必要剛度があれば良いと言える。

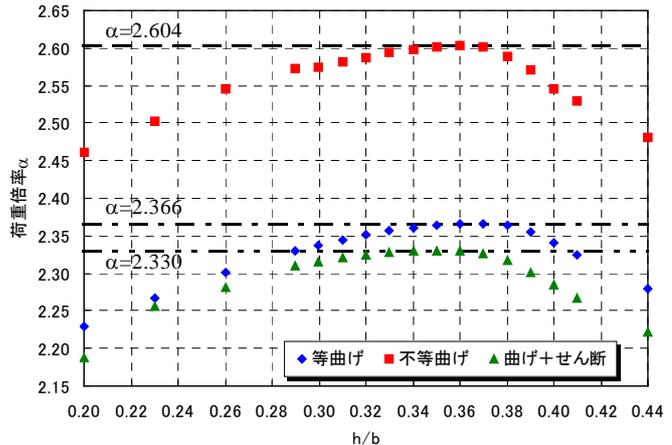


図6：水平補剛材取付位置と終局強度

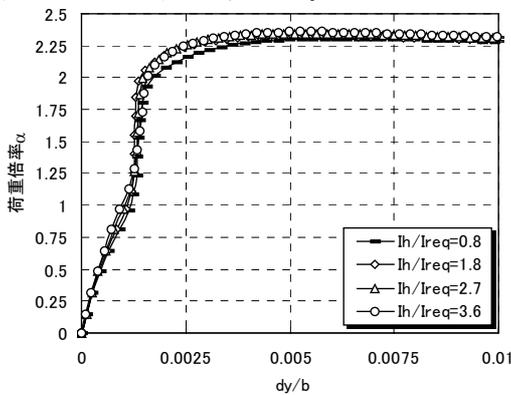


図7：荷重変位曲線（水平補剛材剛度を変化）

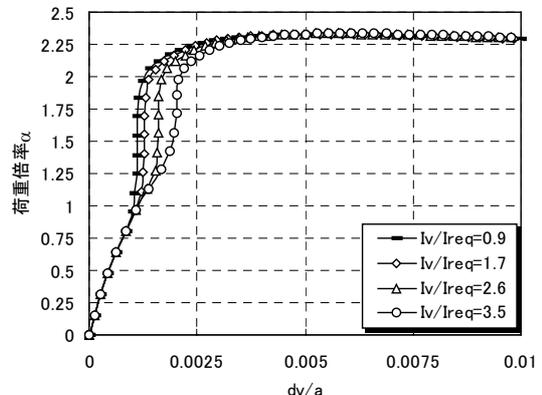


図8：荷重変位曲線（垂直補剛材剛度を変化）

4. 結論

- (1) アスペクト比 $a/b=1$ 、荷重勾配 $\phi=1.25$ の条件下では、 $h/b=0.35$ 付近が最適取付位置となる。
- (2) 水平補剛材、垂直補剛材の剛度を変化させても終局強度はほぼ同等となる。

参考文献 1) 日本道路協会:道路橋示方書・同解説,(I) 共通編,(II) 鋼橋編,2003 2) MARC:C 編 Program Input,1998