

中間支点部腹板の水平補剛材の最適取付位置と剛度

(株)宮地鐵工所 ○正会員 相沢 太志
 東京都立大学大学院 正会員 野上 邦榮
 東京都立大学大学院 正会員 山沢 哲也

1. 背景と目的

わが国の建設経費の縮減という社会的要求の中、より合理性を追求した橋梁形式として、少数主桁橋が1990年中頃から注目されてきた。これは、従来の橋梁の水平補剛材や横構を省略して、構造の合理化を行ない加工数、部材数を低減したものである。

上記の少数主桁橋には、水平補剛材がないので腹板厚は従来に比べて厚くならざるを得ないという特徴がある。従って、鋼重が増し、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、中間支点部のみに水平補剛材を取り付けることで腹板厚を低減することができれば、材料費、継手部の両方の面から、より経済的な設計が可能となる。ここで、実際の腹板パネルの組み立てでは、製作の段階で中間支点部というごく限られた部分に水平補剛材を取り付けるということは、垂直補剛材が存在するので、さして手間とはならない。むしろ、腹板厚を薄くできれば、中間支点部の鋼重を大幅に低減できる可能性がある。また、この薄肉補剛断面を選択することにより、桁高の大きい長支間の橋梁を架設する時、有利になることが考えられる。

ところで、現行の水平補剛材取付位置¹⁾は、非合成桁橋を念頭に置いた「純曲げ、四辺単純支持された補剛板の最小座屈問題」として決定されている。実際には、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れ剛性、さらに応力比を考慮した合理的な取付位置が存在する。

そこで本研究では、連続合成桁中間支点部近傍の1パネルに着目してこのパネルの座屈に対する安全性や補剛材の最適な配置、剛度について着目し、解析的な検討を行うこととした。

2. 数値解析手法

(1) モデル諸元

数値解析には、汎用有限要素法解析ソフトウェア MARC K7.2.L²⁾を使用し、モデルの形状は、連続合成桁中間支点部近傍に着目して、図1に示すI型断面をもつアスペクト比 $a/b=1.0$ である腹板パネルを想定した。境界条件は、腹板の荷重辺を単純支持とした。荷重は腹板、上下フランジに荷重し、常に一定の荷重勾配 ϕ を保つこととした。解析パラメータとして水平補剛材取付位置 h を $h/b=0.17\sim 0.35$ まで変化させている。

(2) 初期不整

本解析で用いた初期たわみ形状を図2に示す。初期たわみの波形は次式のように定めた。

$$w_1 = w_{1\max} \sin\left(\frac{\pi x}{a}\right) \sin\left(\frac{\pi z}{b-h}\right) \quad w_{1\max} = \frac{(b-h)}{1000}$$

$$w_2 = w_{2\max} \sin\left(\frac{\pi x}{a}\right) \sin\left(\frac{\pi z}{h}\right) \quad w_{2\max} = \frac{h}{1000}$$

(3) 幾何学的特性・材料特性

鋼桁部に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。

(4) 解析条件

(I) 荷重勾配

荷重勾配 ϕ は図3に示すように、(a)合成前の値である $\phi=2.22$ 、(b)現行の道路橋示方書で規定された値である $\phi=2.00$ 、(c)合成後の値である $\phi=1.25$ とした。また、(b)、(c)は、床版による上フランジのねじれ剛性を考慮した。

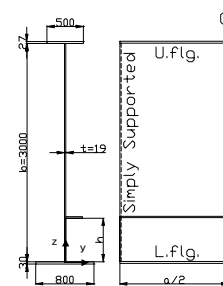


図1 モデル概念図

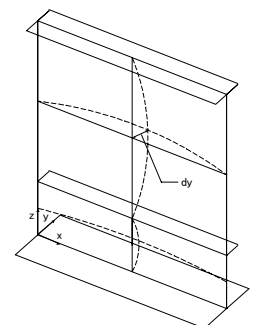


図2 初期たわみ形状

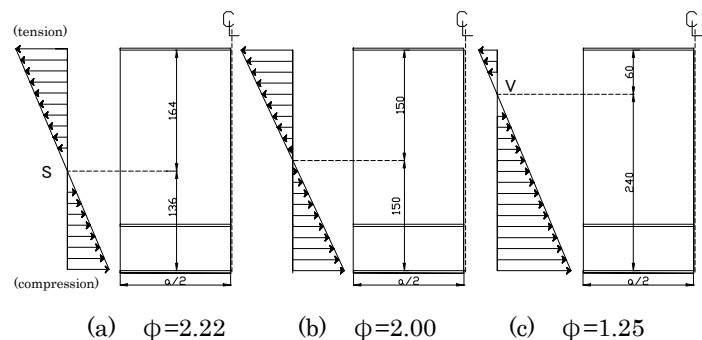


図3 荷重勾配

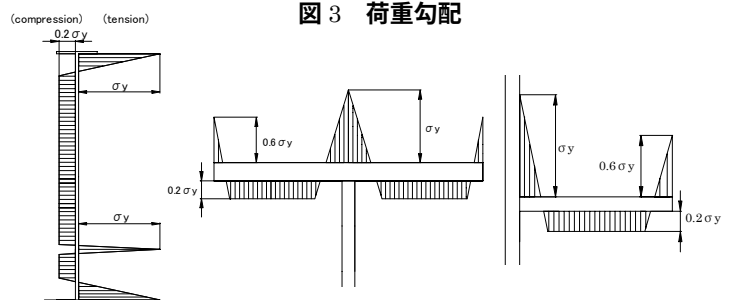


図4 腹板残留応力分布

図5 上下フランジ
残留応力分布

図6 水平補剛材
残留応力分布

キーワード：水平補剛材、中間支点部、連続合成桁橋、弾塑性有限変位解析

連絡先：〒192-0397 東京都八王子市南大沢 1-1 東京都立大学、TEL：0426-77-1111

(II)残留応力

溶接型の残留応力を腹板(図 4)、上下フランジ(図 5)、水平補剛材(図 6)にそれぞれ考慮した。

また、荷重勾配(a)において、残留応力 σ_r を図 4～図 6 に対して 100%、50%、0%与えて解析を行った。

(III)剛度

荷重勾配(a)、 σ_r を100%考慮したときの水平補剛材最適取付位置において、水平補剛材の剛度 I_h を必要剛度 I_{req} の比として与えた。

3. 水平補剛材の取付位置

(I) σ_r を100%考慮、 $I_h/I_{req}=1.5$ のモデルについての水平補剛材取付位置と耐荷力の関係を図 7 に示す。ここで、横軸は水平補剛材取付位置 h/b 、縦軸はモデル全体にかかる曲げモーメント M_u を全塑性モーメント M_p で除した無次元量 β である。(a)、(b)では、水平補剛材取付位置による耐荷力の影響がほとんどないことがわかる。これは、残留応力、荷重が共に引張り側に作用する腹板の上フランジ近傍で塑性化し、水平補剛材取付位置による耐荷力の影響が出る前に限界荷重に達してしまう為である。

(c)の水平補剛材最適取付位置は $h/b=0.33$ であり、このときの耐荷力より(a)の耐荷力の方が大きいので、架設時に限界荷重に達する心配はない。また、 $h/b=0.33$ に水平補剛材を取り付けることにより、現行の道路橋示方書¹⁾で規定されている $h/b=0.20$ に水平補剛材を取り付けるときより 90%程度耐荷力が向上した。これは、腹板厚 34mm の水平補剛材を取り付けないモデルの耐荷力と同程度である。

(II)次に、残留応力が水平補剛材取付位置に及ぼす影響を図 8 に示す。 σ_r を50%考慮したモデルの最適取付位置は $h/b=0.29$ 、 σ_r を考慮しないモデルの最適取付位置は $h/b=0.28$ となり、残留応力の水平補剛材取付位置に及ぼす影響は大きいということがわかる。

4. 水平補剛材の剛度

水平補剛材の剛度 I_h について、剛度と終局時の面外方向変位の関係を図 9 に示す。これから、水平補剛材は I_{req} の 20 倍程度の剛度がないと節の役割を果たしていないことがわかる。 $I_h/I_{req}=1.5$ のときの水平補剛材を取り付けないモデル、水平補剛材を取り付けたモデルの面外方向変位図を図 10 にそれぞれ示すと、水平補剛材は節というよりむしろ面外方向の変形モードを変化させることにより耐荷力を向上させているということがわかる。

5. 結論

- (1)アスペクト比 $a/b=1.0$ 、 $\phi=1.25$ の場合、水平補剛材を $h/b=0.33$ に取り付けたときが、弾塑性有限変位による耐荷力の観点から考えると、最適取付位置であるといえる。
- (2)水平補剛材最適取付位置 h/b は残留応力の影響により大きくなる。
- (3)水平補剛材は必要剛度 I_{req} の 20 倍程度の剛度がないと終局時には節にならず、水平補剛材を取り付けたモデルは、腹板の面外方向変位の変形モードを変化させることにより、水平補剛材を取り付けないモデルより耐荷力が向上する。

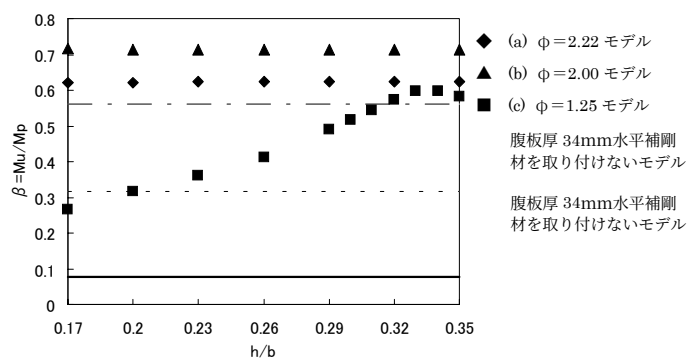


図 7 水平補剛材取付位置と耐荷力の関係

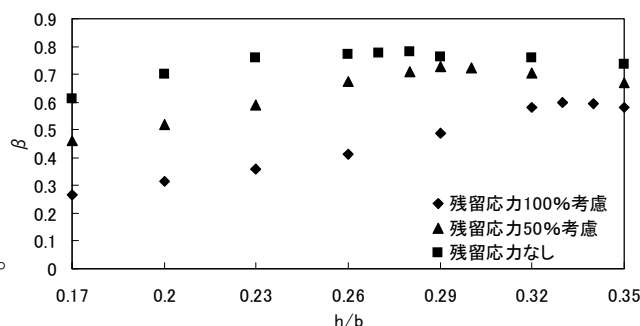


図 8 残留応力と水平補剛材取付位置の関係

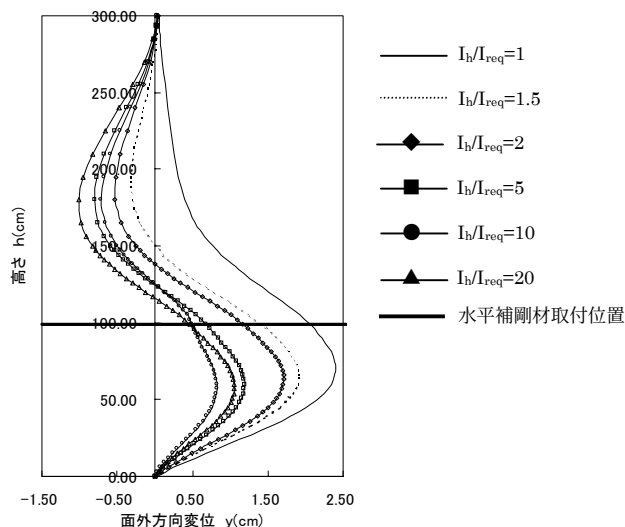


図 9 水平補剛材の剛度と腹板の面外方向変位の関係

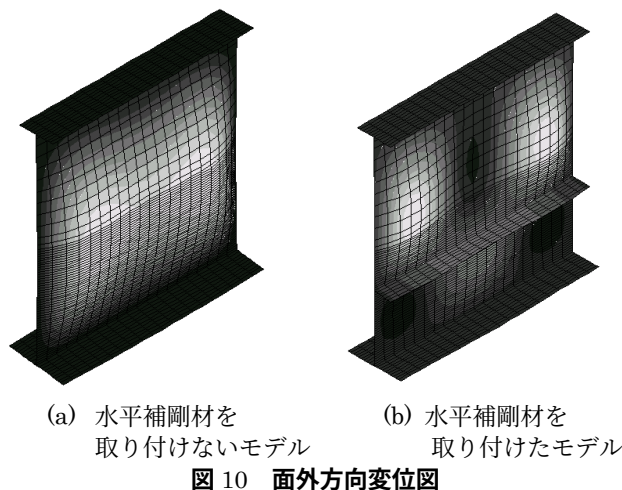


図 10 面外方向変位図