

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

八千代エンジニアリング ○正会員 本橋 康武
 東京都立大学 正会員 野上 邦栄
 東京都立大学 正会員 山沢 哲也

1. 背景と目的

近年のわが国における建設経費の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再び注目されている。このような状況の中で、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ている。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。これにより、橋梁製作、架設、維持管理を含め、トータルとして非常に経済的で競争力のある橋梁形式となる¹⁾。このように、少数主桁構造・合理化構造を採用することで、より一層の合理化・省力化が推進されており、既に千鳥の沢川橋などの施工例も見られ、現在各方面で活発に研究が行なわれている。

ところで、上記の少数主桁橋は、水平補剛材を用いていないので腹板厚は従来に比べて厚くなっている。また連続合成桁橋の中間支点部では、曲げモーメントだけでなくせん断力も作用するので、腹板厚は特に厚くなるということが考えられる。従って、中間支点部のみに水平補剛材を取付けることで、所要の耐力を保持しつつ腹板厚を低減することができれば、より経済的な設計が可能となる。現在、水平補剛材を省き、無補剛断面を採用している理由としては、部材数を減らすことが積算上有利なためである。しかし実際の主桁腹板パネルの組立では、垂直補剛材が存在するので、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さして手間とはならない。

ところで、中間支点部に水平補剛材の適用を考える時に、現在の水平補剛材取り付け位置は、非合成桁橋を念頭においた「純曲げ、四辺単純支持された補剛板の最小座屈問題」として決定される取付位置が採用されているというもうひとつの問題点に行き当たる。従って、このような条件を元に決定された水平補剛材取付位置を、連続合成桁中間支点部に適用するには問題がある。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ものと考えられる。

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

2.1 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 型断面をもつ腹板パネル($a/b=1, b/t=187.5$)を想定した。境界条件は、腹板の載荷辺を単純支持とし、上下フランジは橋軸方向変位のみ拘束した。荷重は腹板にのみ載荷し、常に $\varphi = 1.25$ を保つこととし、その荷重分布形状は図 - 1 に示す通りである。解析パラメータとして水平補剛材取付位置 h/b を、 $h/b=0.15 \sim 0.25$ の範囲で変化させている。

2.2 初期不整 本解析に用いた初期たわみ形状を図 - 2 に示す。初期たわみの最大値は $w_{1max}/(b-h)=1/1000$, $w_{2max}/h=1/1000$ とした。その波形は式(1-a), (1-b)で与えた。

2.3 残留応力 残留応力は腹板パネルには図 - 3、上下フランジには図 - 4、水平補剛材には図 - 5 に示すような残留応力分布を考慮し、各残留応力度の大きさは、 $\sigma_{rt} = 1.0 \sigma_y$, $\sigma_{tc} = 0.2 \sigma_y$, $\sigma_{rt}' = 0.6 \sigma_y$ とした。

2.4 幾何学的特性・材料特性 鋼桁部には 4 節点一次板要素を用い、降伏条件は Von - Mises、構成則は完全弾塑性とした。床版は 8 節点一次固体要素を用い、拘束効果のみを期待するため上フラ

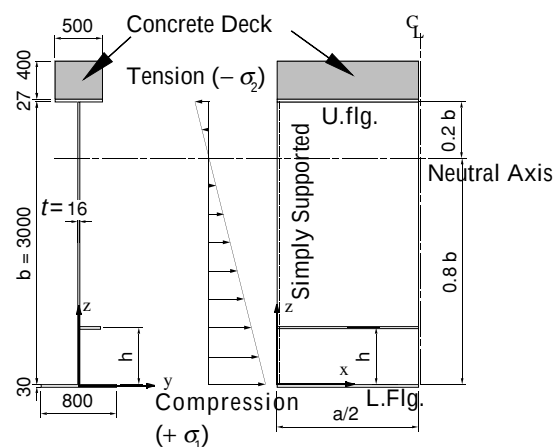


図-1 モデル概観図

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, Phone: 0426-77-1111, FAX.: 0426-77-2772

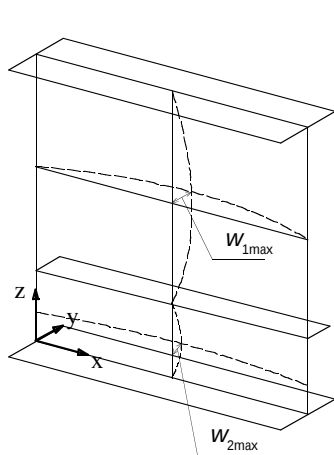


図-2 初期たわみ形状

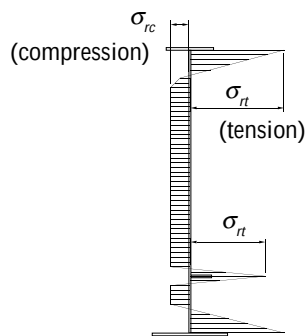
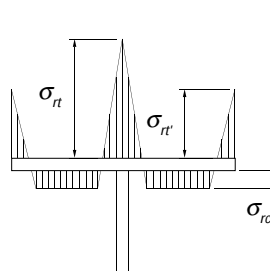
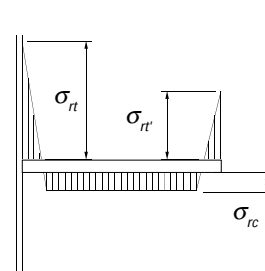


図-3 腹板残留応力分布

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

$$w_2 = w_{2\max} \sin\left(\frac{\pi x}{a}\right) \sin\left(\frac{\pi z}{h}\right) \quad (1-b)$$

図-4 上下フランジ
残留応力分布図-5 水平補剛材
残留応力分布

ンジ幅分を弾性体としてモデル化した。なお床版と上フランジの節点は共有している。

3. 解析結果

腹板厚を 19mm($b/t=157.9$)、22mm($b/t=136.4$)、25mm($b/t=120.0$)とし、水平補剛材取付位置 h/b を 0.15 ~ 0.25 で変化させたモデルを対象に、水平補剛材取付位置が耐力に及ぼす影響を示したのが図 - 6 である。図中、横軸は水平補剛材取付位置 h/b 、縦軸は鋼桁のみの全塑性モーメント M_p に対する限界荷重に達した時の曲げモーメントの無次元量 $\beta = M_u/M_p$ である。 $h/b=0.15$ から徐々に耐力が上がり、腹板厚 19mm、22mm では $h/b=0.24$ において最も耐力が高くなっている。また、腹板厚 25mm では $h/b=0.23$ において最も耐力が高くなっている。

また、腹板厚 22mm のモデルで、現行の道路橋示方書³⁾で規定された水平補剛材取付位置 $h/b = 0.20$ では表 - 1 より $\beta=2.480$ となっているが、 $h/b=0.24$ の位置に水平補剛材を取付けることによって約 3% 耐力を向上させることが可能であることが明らかになった。この時、腹板厚をどの程度低減できるかという面から検討すると、腹板厚を 36mm ($b/t=83.3$) で水平補剛材を取付けないモデルでは $\beta=2.556$ となっており、これからわかるように、腹板厚 22mm でも $h/b=0.24$ に水平補剛材を取付ければ、腹板厚 36mm の無補剛のモデルと同等の耐力が得られ、腹板厚を約 39% 低減できる。

4. 結論

連続合成桁橋の中間支点部腹板パネルを対象とし、弾塑性有限変位解析を行った。その結果、アスペクト比 $a/b = 1$ 、荷重勾配 $\phi = 1.25$ の時に、腹板厚が 19mm($b/t=157.9$) では $h/b = 0.24$ の時に、22mm($b/t=136.4$) では $h/b = 0.24$ の時に、25mm($b/t=120.0$) では $h/b = 0.23$ の時に最も耐力が高くなる。

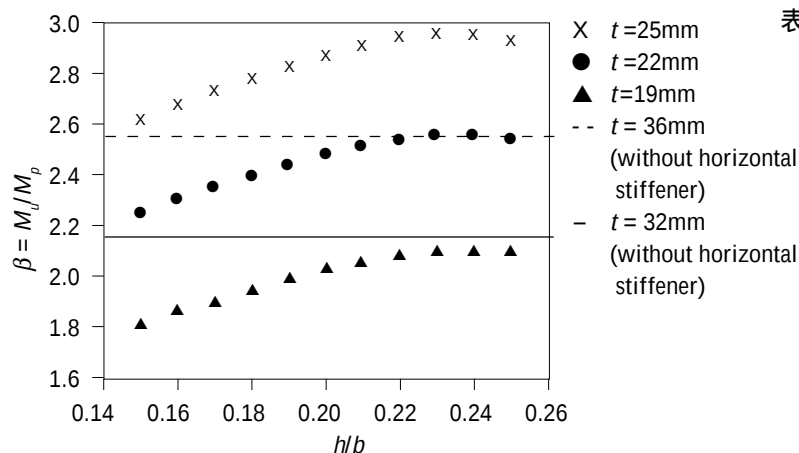


図-6 耐力と水平補剛材取付け位置の関係

表-1 各腹板厚と水平補剛材取付け位置による β

$t(\text{mm})$ h/b	19	22	25
0.15	1.815	2.251	2.620
0.16	1.873	2.305	2.673
0.17	1.901	2.354	2.730
0.18	1.950	2.401	2.779
0.19	1.993	2.442	2.826
0.20	2.032	2.480	2.872
0.21	2.064	2.513	2.908
0.22	2.089	2.538	2.939
0.23	2.102	2.553	2.953
0.24	2.106	2.553	2.949
0.25	2.099	2.539	2.929

参考文献 1)成田信之：鋼橋の未来，技報堂出版，1998. 2)MARC C 編 Program Input,1998. 3)日本道路協会：道路橋示方書・同解説，(I)共通編，(II)鋼橋編，1996.