

連続合成桁橋中間支点部の補剛材配置と剛度が終局強度に及ぼす影響

川田建設(株)

○正会員 栗山 照雄

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、鋼橋の設計においては、今までに主に鋼重を減少させ軽くすることが経済的であると考えられてきたが、工数が増えることにより製作手間がかかり工期が長くなる傾向にあることや人件費の高騰と鋼材価格の安定に伴い、鋼重が少ないことが必ずしも経済的とは限らなくなってきた。かえって、多少鋼重が増しても製作が容易である構造の方が省力化され経済的となる可能性もあり、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、研究が活発に行われている。

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の構造に比べて厚くならざるを得ないという特徴がある。さらに、連続合成桁橋の中間支点部では、負曲げモーメントが支配的であるので、腹板厚は特に厚くなることもある。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。

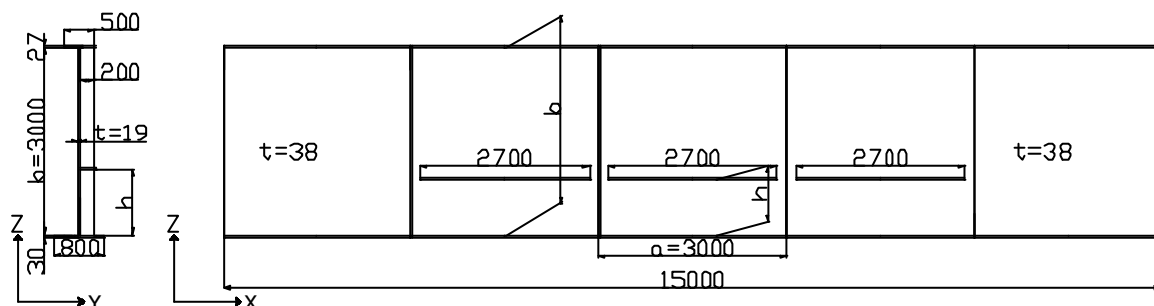
ところで、現行の水平補剛材取付位置は、非合成桁橋を念頭に置いた弾性解析における「純曲げ、四辺単純支持された補剛板の最小座屈問題」として決定されている。しかし、実際に本研究で対象とするのは連続合成桁橋であり、弾塑性有限変位解析の下で現実 に即した荷重勾配、床版による上フランジの拘束効果や上下フランジのねじれ剛性などを考慮することにより、さらに合理的な取付位置が存在するものと考えられる。

そこで本研究では、連続合成桁中間支点部パネルの座屈耐荷力に対する安全性、終局耐力の立場からの水平補剛材の最適な配置、および垂直補剛材の剛度について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 2001^①を使用し、モデルの形状は連続合成桁橋中間支点部に着目して図1に示すI型断面をもつ腹板パネルを想定した。なお支点部モデルは5パネルを対象とし、両端のそれぞれ1パネルの面外変位が生じないよう腹板厚 $t=38$ mm、完全弾性体として中央1パネルに着目して検討を行っている。



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拘束した。荷重は腹板、上下フランジに載荷し曲げモーメントとして一定の荷重勾配 ϕ また、一定のせん断力を保っている。

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。

(3) 解析条件

a) 荷重条件

荷重条件は図2に示すように(I)等曲げ、(II)せん断、(III)等曲げ+せん断とした。また等曲げにおいては常に床版合成後の荷重勾配である $\phi=1.25$ としている。荷重勾配の定義を式(1)に示す。

$$\phi = (\sigma_1 - \sigma_2) / \sigma_1 \quad (1)$$

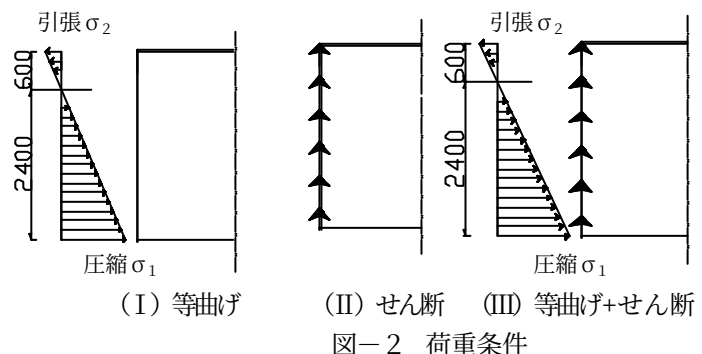


図-2 荷重条件

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

b) 水平補剛材取付位置 h/b

水平補剛材取付位置 h/b を (I) 等曲げ $h/b=0.20\sim0.35$ (II) せん断 $h/b=0.30\sim0.70$ (III) 等曲げ+せん断 $h/b=0.17\sim0.50$ と変化させて解析を行っている。

c) 垂直補剛材剛度 I_v/I_{req}

中央1パネルの垂直補剛材剛度 I_v/I_{req} を (III) 等曲げ+せん断において 1.7~3.5 と変化させて解析を行っている。 I_{req} は道示に規定されている式 (2) を用いる。

$$I_{req} = bt^3 \{ 8(b/a)^3 / 11 \} \quad (2)$$

3. 解析結果

① 等曲げ

等曲げ載荷時水平補剛材取付位置と終局強度の関係を図3に示す。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限界の曲げモーメント M_u である。このときには $h/b=0.30$ が最も耐荷力があることが分かる。

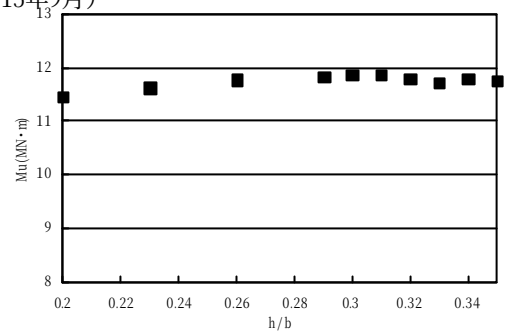
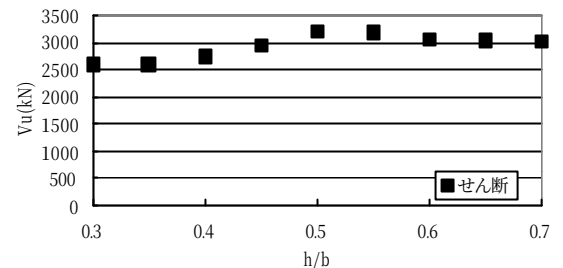
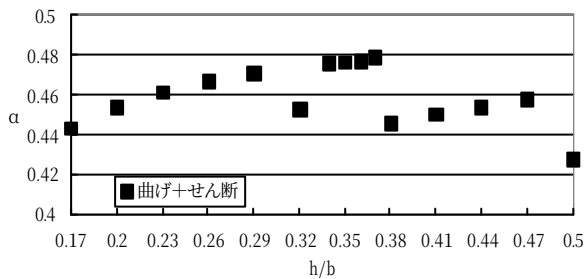
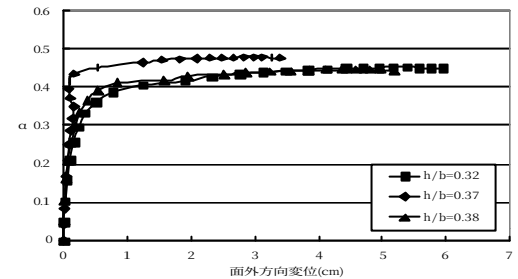
図-3 等曲げ載荷時 $h/b-M_u$ の関係図-4 せん断載荷時 $h/b-V_u$ の関係図-5 等曲げ+せん断載荷時 $h/b-\alpha$ の関係

図-6 等曲げ+せん断載荷時荷重変位曲線

(2) せん断

せん断載荷時水平補剛材取付位置と終局強度の関係を図4に示す。縦軸はモデル全体にかかる限界のせん断力 V_u である。水平補剛材取付位置による終局強度の影響は殆ど見られないが、それでも $h/b=0.50$ が最も耐荷力があることが分かる。

(3) 等曲げ+せん断

等曲げ+せん断載荷時水平補剛材取付位置と終局強度の関係を図5に示す。縦軸は解析上の設定荷重($M+V$)に対する倍率 α である。このときは $h/b=0.37$ が最も耐荷力があることが分かる。等曲げ+せん断荷重変位曲線を図6に示す。荷重載荷後しばらくは変形が見られないが $h/b=0.37$ では $\alpha=0.42$ を越えると大きく変形をおこす。 $\alpha=0.40, 0.48$ 時の面外方向変位図を図7に示す。 $h/b=0.32, 0.38$ と比較すると $\alpha=0.3$ 付近でモードが変化していることが分かる。このモード変化のため $h/b=0.34\sim h/b=0.37$ では終局強度が高くなっていると考えられる。

垂直補剛材剛度と終局強度の関係を図8に示す。剛度を変化させても終局強度はほとんど変化しなかった。現実的な剛度において垂直補剛材剛度は終局強度に影響を及ぼさないことが分かった。

4. 結論

- (1) $\phi=1.25$ 、等曲げ+せん断載荷時に水平補剛材取付位置が $h/b=0.37$ で最も耐荷力が高くなる。
- (2) 垂直補剛材は現実的な剛度において終局強度には影響しない。

参考文献 1) MARC C編 Program Input, 1998.

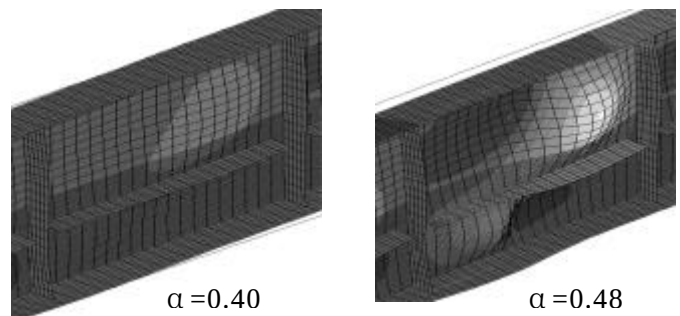
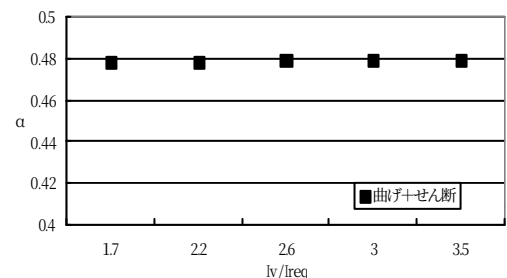


図-7 面外方向変位

図-8 等曲げ+せん断載荷時 $I_v/I_{req}-\alpha$ の関係