

合成桁におけるずれ止めの限界状態設計のための解析的研究

中央コンサルタンツ(株)	正会員	○山田	直哉
埼玉大学	正会員	奥井	義昭
長岡技術科学大学	正会員	長井	正嗣

1. はじめに

プレキャスト床版を用いた合成桁は耐久性や都市土木における利点により今後需要が増すと考えられる。しかし、現状の設計ではずれ止めの数が多く、箱抜き部にしかずれ止めを配置することができないプレキャスト床版ではずれ止めの数を大幅に削減する必要がある。この場合、床版と桁間にずれを生じるため、ずれを全く許さない完全合成を仮定した従来の設計法では設計できない。そこで本研究ではずれ止めの量を削減した場合のずれ止めの設計法を開発することを目的とした。具体的には限界状態設計に基づいた設計法を開発するため、ずれ止めの設計の要となる水平せん断力について(1)床版-鋼桁間のずれの水平せん断力への影響と(2)鋼桁の塑性化の水平せん断力への影響を検討した。

2. 解析方法及び解析モデル

解析対象はホロナイ川橋を基に設計された2径間連続合成2主桁のモデル橋とした。図1に中間支点近傍の断面図を示す。床版及び鋼桁をはり要素、ずれ止めを非線形分布ばね要素としてモデル化した。図2に荷重載荷位置を示す。本解析では活荷重合成桁を扱うため、まず鋼桁のみに前死荷重 D_1 を載荷し、合成断面に後死荷重 D_2 及び活荷重 L を与えた。特に、通常要求される耐荷性能として荷重レベル $1.3D+2.0L$ (D : 死荷重、 L : 活荷重) に着目した。

材料特性は、コンクリートは圧縮側を放物線に引張側も考慮し、鋼材はバイリニア、ずれ止めはずれ-せん断力関係を図3のようにマルチリニアとして与えた。ここで、ずれ-せん断力関係は既往の実験結果および鋼構造物設計指針 PARTB[1]の限界せん断強度に基づき決定している。

床版-鋼桁間のずれの水平せん断力への影響の検討においては、解析ケースとして、ずれを全く許さない完全合成ケース、ずれ止め間隔を設計通りとしてずれを考慮したケース、さらに、ずれ止め間隔を設計値の2～5倍と広げたケースの計6ケースを考えた。以下ではこれらの結果をずれ止めの合成度 η を用いて整理した。ここで η はずれ止めと、鋼桁もしくはコンクリート床版との強度比を表すパラメータである。

3. ずれの水平せん断力への影響

図4にたわみと荷重係数の関係、図5に η と耐荷力の関係を示す。ここで荷重係数は $1.3D_1 + \alpha(1.3D_2 + 2.0L)$ となる α を示している。つまり、 $\alpha=1.0$ が $1.3D+2.0L$ にあたる。図4から $\eta=1.30$ は完全合成とほぼ同様の挙動を示すが、破壊形式が異なるため耐荷力は低くなっている。図5から、 η が小さくなるに従いほぼ比例的に耐荷力は低下することが分かる。また、 $\eta=0.26$ においても耐荷力は $\alpha=1.0$ を上回っている。図6に各

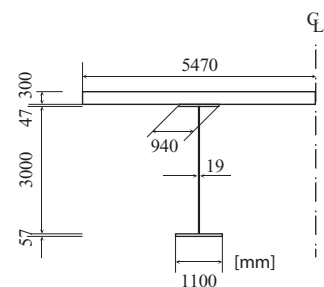


図1 断面図（半橋分）

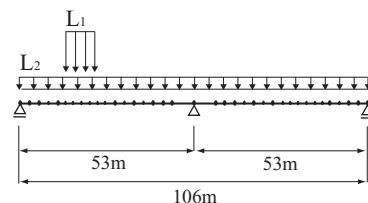


図2 荷重載荷位置

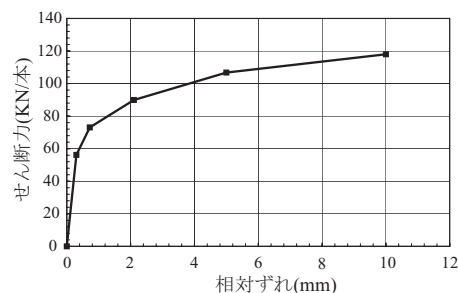


図3 ずれ-せん断力関係

キーワード 合成桁, ずれ止め, 限界状態設計

連絡先 〒338-8570 埼玉県さいたま市桜区下大久保 255

ケースの荷重レベルが 1.3D+2.0L における水平せん断力を示す。横軸が橋軸方向位置、縦軸が単位長さあたりの水平せん断力である。完全合成ケースと $\eta=1.30$ ではほぼ同様な挙動を示すが、 η が下がるにつれ、徐々にせん断力の差が増加している。これは、各ケースでずれ止めの合成度合いが異なり、合成度が低くなっていくと広い範囲で荷重に抵抗するためだと考えられる。特に、 $\eta=0.26$ では 40m 付近のせん断力が他のケースより低く、中間支点部付近で高くなっている。

図7に η と $M_{\max}/M_p$ の関係を示す。 $M_{\max}$ は解析より得られた最大曲げモーメント、 M_p は全塑性曲げモーメントである。 η が小さくなるとずれ止めが破壊しやすくなるため、 $M_{\max}$ が M_p に達せず $M_{\max}/M_p$ はほぼ比例的に減少していく。また、この図で $M_{\max}/M_p=1.0$ を上回っているが、これは鋼材のひずみ硬化を考慮した影響及び連続桁におけるモーメントの再配分の影響と考えられる。

4. 鋼桁の塑性化の水平せん断力への影響

塑性化のせん断力への影響を検討するために、前述の合成 2 主桁橋モデルの正曲げ区間の下フランジを塑性化が起こるよう削減し、ずれ止め配置は設計通りとし他は同条件で解析を行った。図 8 に 1.3D+2.0L における水平せん断力分布を示す。この結果、通常の鉛直せん断力の分布形状と比較すると、点線で囲った塑性域における水平せん断力分布は図のように突出する傾向がみられるため、終局限界では塑性化を考慮する必要があるといえる。

また、それを考慮するために、合成断面曲げモーメントと床版軸力との関係(M-Nc 関係)から水平せん断力を導くことができるためその関係を検討した。図 9 に解析により得られた無次元化された M-Nc 関係を示す。図では塑性化が始まると M-Nc 関係の勾配が変化している。両ケースとも $M/M_p=1.0$ を超えているが、これは 3 節で述べた考察と同様な影響が考えられる。設計時は例えば図のような点線により M-Nc 関係を仮定し、曲げモーメントから軸力を算出し、軸力から単位長さあたりの水平せん断力を推定できる。この仮定の場合、例えば $M/M_p=0.9$ において解析値より 60%大きく軸力を評価することになり、これは安全側の評価となる。

5. まとめ

$\eta=0.26$ でも耐荷力は要求される耐荷性能を示す $\alpha=1$ を上回ることがわかった。よって、ずれ止めの間隔を現在より広げられる可能性を示せた。今後は設計のための具体的な指標を定める必要がある。また、今後発展する限界状態設計法で設計された断面では鋼桁が塑性化する可能性が考えられるため、ずれ止めの設計では M-N 関係の定式化を行い、水平せん断力の算定を行う必要があると考える。

【参考文献】

[1] 土木学会 鋼構造物設計指針 PARTB 合成構造物 平成 9 年度版

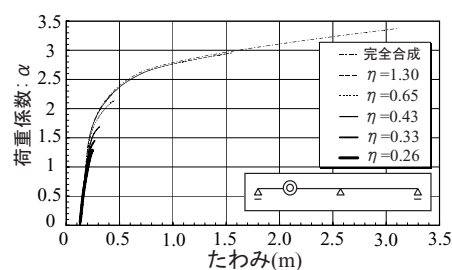


図4 たわみ-荷重係数関係

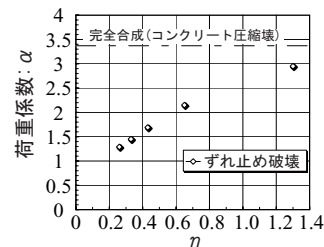


図5 η と耐荷力の関係

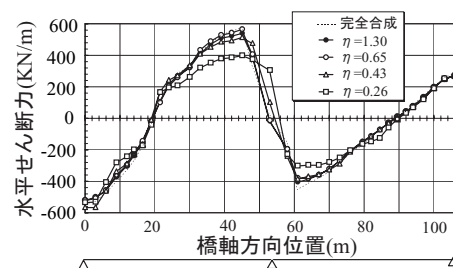


図6 水平せん断力 (1.3D+2.0L)

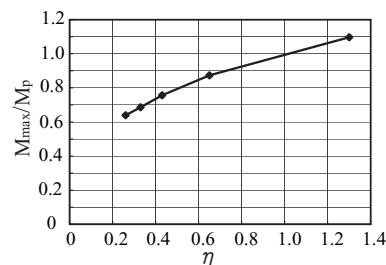


図7 η と $M_{\max}/M_p$ の関係

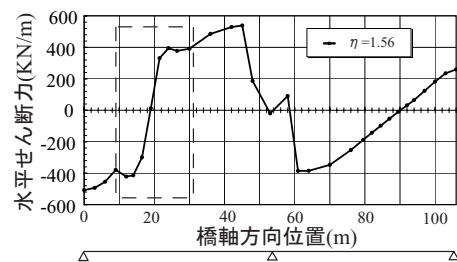


図8 水平せん断力 (1.3D+2.0L)

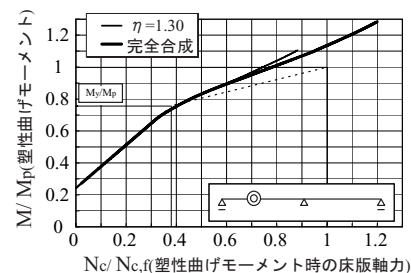


図9 M-Nc 関係