

1. はじめに

近年、日本の経済状況の悪化や材料費の高騰に伴い、公共事業のコスト縮減が求められている。その中で、新形式の鋼・コンクリート複合橋梁の研究および開発が積極的に進められており、一例として、二重合成 I 桁橋が注目されている。二重合成 I 桁橋は、連続桁橋の中間支点付近に発生する負曲げモーメント域に下床版を有し、鋼桁ウェブや下フランジと下床版が合成されていることから、局部座屈発生の危険性がなく合理的に断面が全塑性モーメントまで達することができる構造形式である。また、現在まで、支間長 60m 以下の長さが経済的とされてきた I 桁橋に、二重合成構造を適用することによって、支間の長大化が可能となる。

今後、鋼・コンクリート二重合成 I 桁橋のさらなる長支間での適用を視野に入れた際、ラーメン構造の適用が考えられる。そこで、本文では、二重合成 I 桁断面の照査にあたり、断面に軸力(N)、曲げモーメント(M)ならびにせん断力(Q)が同時に作用する場合の相関式を誘導するとともに、その数値計算を行った結果について報告する。

2. 曲げモーメントとせん断力が同時に作用した場合の相関式の誘導

一例として、二重合成断面に圧縮軸力、負曲げモーメントならびにせん断力が同時に作用した時の応力分布を図-1 に示す。せん断力は全てウェブで負担すると仮定し、 N - M - Q 相関式は、式(1)および式(2)より、式(3)のように表される(紙面の都合上、一部記号の説明は省略する)。ここで、図-1 に示す赤色破線は、軸力のみが作用した際、合計曲げモーメントの値が 0 となる位置である。

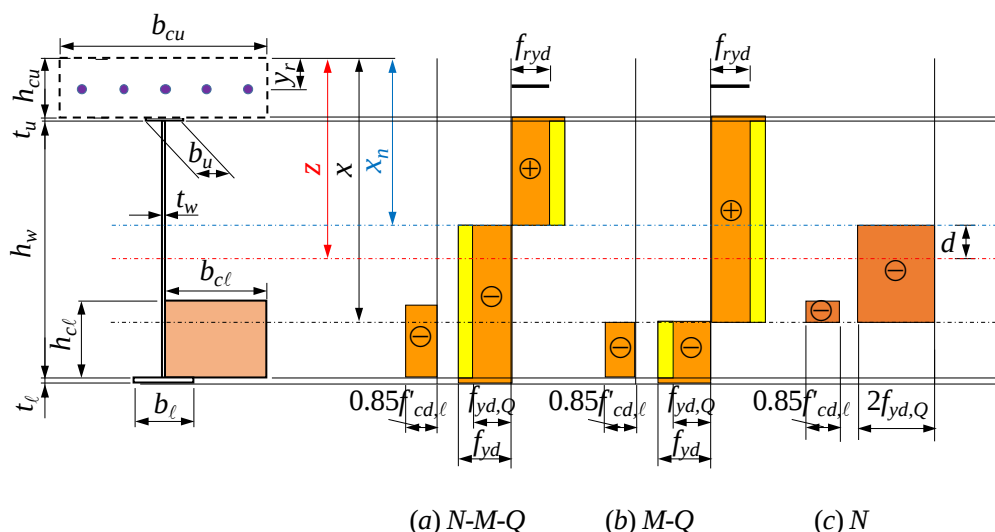


図-1 二重合成桁断面における応力分布(塑性中立軸がウェブ上<青色破線>に存在する場合)

$$M = M_{pl} + 0.85 f'_{cd,t} b_{cl} (x + h_{cl} - h_{cu} - t_u - h_w) \left(\frac{x}{2} - z - \frac{h_{cu} + t_u + h_w - h_{cl}}{2} \right) + f_{yd,Q} t_w d (x - z)^2 - f_{yd,Q} t_w d^2 \quad (1)$$

$$N = 0.85 f'_{cd,t} b_{cl} (x + h_{cl} - h_{cu} - t_u - h_w) + 2 f_{yd,Q} t_w (x - z + d) \quad (2)$$

$$\frac{M}{M_{pl}} + \alpha \left(\frac{N}{N_{pl}} \right)^2 + \beta \left(\frac{N}{N_{pl}} \right) + \gamma = 1 \quad (3)$$

ここに,

$$\alpha = \left(\frac{1}{4f_{yd,Q}t_w} \right) \frac{N_{pl}^2}{M_{pl}}$$

$$\beta = \left[-x + z - \frac{0.85f'_{cd,\ell}b_{cl}(x+h_{cl}-h_{cu}-t_w-h_w)}{2f_{yd,Q}t_w} \right] \frac{N_{pl}}{M_{pl}}$$

$$\gamma = \left[-0.85f'_{cd,u}b_{cu}(x+h_{cl}-h_{cu}-t_w-h_w) \cdot \left\{ \frac{(x+h_{cu}+t_w+h_w-h_{cl})}{2} - z \right\} - f_{yd,Q}t_w(x-z)^2 + \frac{\{0.85f'_{cd,\ell}b_{cl}(x+h_{cl}-h_{cu}-t_w-h_w)+2f_{yd,Q}t_w(x-h_{cu}-t_u)\}^2}{4f_{yd,Q}t_w} \right] \frac{1}{M_{pl}}$$

$$f_{yd,Q} = f_{yd} \sqrt{1 - \left(\frac{Q}{Q_{pl}} \right)^2}$$

3. 数値計算

二重合成構造を有する I 桁橋を解析対象として、軸力、曲げモーメントならびにせん断力が同時に作用する場合の N - M - Q 相関式を用いた数値計算を行う。ここで、鋼の材質は SM570-H 材、鉄筋は D19(SD345)、コンクリートの設計基準強度は $f'_{ck}=40\text{N/mm}^2$ とし、各種材料の部分安全係数、対象断面寸法などは、表-1 および図-2 に示す値とする。また、引張域のコンクリートは無視し、コンクリート中に存在する橋軸方向鉄筋のみを考慮する。

図-3 に、二重合成断面に軸力、曲げモーメントならびにせん断力が同時に作用する場合の N - M - Q 相関曲線を示す。同図には、せん断力の比率が $Q/Q_{pl}=0.0$, $Q/Q_{pl}=0.7$ ならびに $Q/Q_{pl}=0.9$ の場合の相関曲線を示している。また、 $Q/Q_{pl}=0.0$ の場合は、せん断力が作用していないことから、 N - M 相関曲線を表している。

図-3 より、軸力の比率が約 20% までは、曲げモーメントの比率は増加するが、それ以上になると、曲げモーメントの比率は、徐々に減少していくことがわかる。各曲線における曲げモーメントの比率の最大値は、 $Q/Q_{pl}=0.0$ のとき $M/M_{pl}=1.13$, $Q/Q_{pl}=0.7$ のとき $M/M_{pl}=1.07$, $Q/Q_{pl}=0.9$ のとき $M/M_{pl}=1.01$ となった。また、各曲線から成る安全領域の面積は、 Q/Q_{pl} の値が増加する程、減少する結果となった。 $Q/Q_{pl}=0.0$ の安全領域の面積を基準としたとき、 $Q/Q_{pl}=0.7$ の場合、約 11%, $Q/Q_{pl}=0.9$ の場合、約 24% 減少している。

4. まとめ

本文では、二重合成断面を対象に、軸力、曲げモーメントならびにせん断力が同時に作用した場合の相関曲線を求め、その結果、 $Q/Q_{pl}=0.0$ の安全領域の面積を基準としたとき、 $Q/Q_{pl}=0.7$, $Q/Q_{pl}=0.9$ の面積は、それぞれ、約 11%, 約 24% 減少することがわかった。

今後の課題として、誘導した終局耐力相関式の妥当性を確認するために、鋼・コンクリート二重合成 I 桁橋をモデルとした実験を行い、実験値と比較および検討する必要がある。

【参考文献】

- 1) 大山 理, 大久保宣人, 夏秋義広, 栗田章光: ラーメン形式の鋼・コンクリート二重合成 I 桁橋の提案, 第 5 回 複合構造の活用に関するシンポジウム, 土木学会, pp.19~22, 2003 年 11 月。
- 2) 公益社団法人 土木学会 複合構造委員会: 複合構造シリーズ 05 基礎からわかる複合構造—理論と設計—, pp.11~14, 丸善株, 2012 年 3 月。
- 3) 木部謙吾, 大山 理, 大久保宣人, 栗田章光: 二重合成複合ラーメン I 桁橋における下コンクリート床版の施工法と試設計, 第 64 回年次学術講演会, 土木学会, 2009 年 9 月。

表-1 部分安全係数²⁾

材料係数			部材係数
コンクリート	鉄筋	構造用鋼材	
1.3	1.0	1.05	1.1

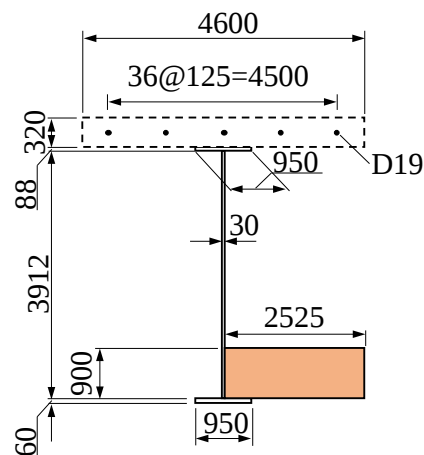


図-2 対象断面³⁾ (寸法単位: mm)

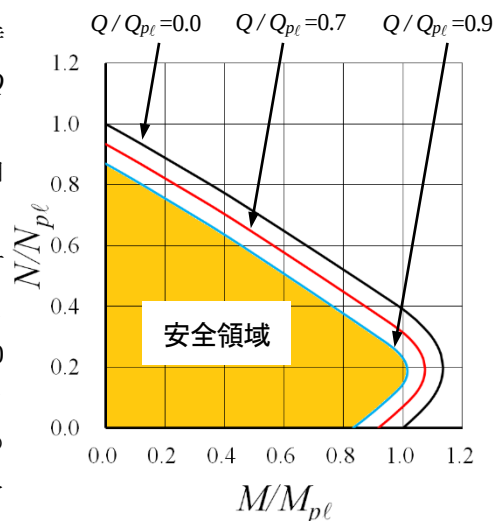


図-3 N-M-Q 相関曲線