

正曲げを受ける合成断面の曲げ耐力に及ぼす鋼材特性の影響

長崎大学工学部 学生会員○江頭克礎
 長崎大学工学部 正会員 中村聖三
 長崎大学工学部 フェロー 高橋和雄

1. まえがき

我が国の鋼橋上部工においては、現在まで鋼材の弾性域のみを考慮した設計法が採用されてきており、鋼材の塑性域での性能は有効に活用されてきていなかった。しかし、AASHTO等の基準においては、断面の全塑性モーメントを基準とする設計法も規定され比較的短スパンの橋梁において経済性が向上するとされており、塑性設計の概念を導入することは建設コスト削減の観点から有効だと考えられる。本研究では、塑性設計法を導入するために必要な鋼材特性に関する基礎的な検討として、正曲げを受ける鋼-コンクリート合成断面に対してファイバーモデルによる解析を行い、曲げ耐力に及ぼす鋼材特性の影響を調査した。

2. 解析方法

本研究ではファイバーモデルを用い、図-1に示す流れで終局モーメントを算定した。すなわち、まず、床版上縁のトップファイバーのひずみをコンクリートの破壊ひずみとし、中立軸位置を仮定することにより、断面のひずみ分布を決定する。次に、決定されたひずみ分布に対して、材料の応力-ひずみ関係から応力分布を求め、式(1)により断面の合力 F を算定する。 $F=0$ となるまで中立軸の位置を変化させ、繰り返し計算を行う。最後に $F=0$ となった時点の応力分布から式(2)によりモーメントを求め、終局モーメントとする。

$$F = \sum_{i=1}^n s_i A_i \cdots (1), \quad M = \sum_{i=1}^n s_i A_i y_i \cdots (2)$$

ここに、 s_i ：ファイバー i における平均ひずみによる応力、 A_i ：ファイバー i の面積、 y_i ：中立軸からファイバーの重心までの距離である。

3. 解析モデル

解析には図-2に示したコンクリート床版と H 形鋼の合成断面を用いた。床版断面は高さ $t_s=210\text{mm}$ 、幅 $b_s=3000\text{mm}$ である。H 形鋼は $900\text{mm} \times 300\text{mm} \times 16\text{mm} \times 28\text{mm}$ を基準とし、フランジ幅 b_{tf} 、 b_{bf} を $16 \sim 3000\text{mm}$ の間で変化させることにより 18 種類の断面に対して解析を行った。

4. 材料特性

コンクリートの応力-ひずみ関係には、コンクリート標準示方書¹⁾で規定されているもの(式(3)～(4))を用いた。概略図を図-3に示す。

$$s'_c = 0.85 f'_c \left(\frac{e'_c}{0.002} \right) \left(2 - \frac{e'_c}{0.002} \right) e'_c \leq 0.002 \cdots (3)$$

$$s'_c = 0.85 f'_c, 0.002 \leq e'_c \leq 0.0035 \left(f'_{ck} \leq 50 \text{ N/mm}^2 \right) \cdots (4)$$

ここに、 f'_c ：設計圧縮強度、 f'_{ck} ：設計基準強度、 e'_c ：コンクリートの圧縮ひずみである。ただし、今回は $f'_c = f'_{ck}$ とした。

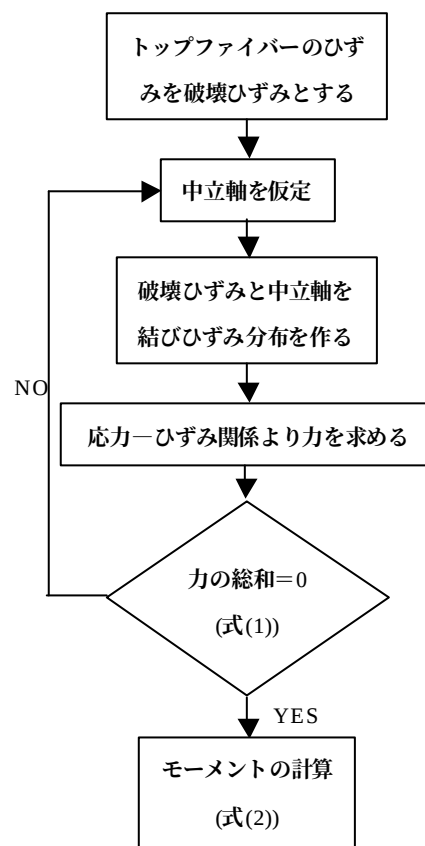


図-1 解析の流れ

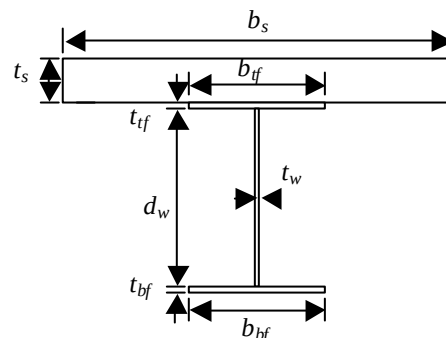


図-2 鋼-コンクリート合成断面

キーワード；合成構造、曲げ耐力、鋼材特性、ファイバーモデル、塑性設計
 連絡先；長崎県長崎市文教町1番14号・TEL / FAX 095-843-6301

鋼の応力－ひずみ関係には、土木学会新技術小委員会で提案されたものの²⁾を用いた。塑性領域の応力－ひずみ関係は次式のとおりである(図－4 参照)。

$$\frac{s}{s_y} = \frac{1}{x} \frac{E_{st}}{E} \left[1 - \exp \left\{ -x \left(\frac{e}{e_y} - \frac{e_{st}}{e_y} \right) \right\} \right] + 1 \quad \cdots (5)$$

5. 解析条件

コンクリートの材料特性については、設計基準強度 30N/mm^2 、ポアソン比 0.2 とし、鋼材の材料特性についてはポアソン比を 0.3、降伏応力を 235N/mm^2 、弾性係数を 200000N/mm^2 とした。また、塑性領域のパラメータの影響を調べるため SS400 をベースとし表－1 に示すように ξ 、 E/E_{st} 、 e_{st}/e_y を変化させた。ファイバーモデルによる解析では、比較的容易に初期応力(残留応力)を考慮することができるが、今回は考慮せず解析を行った。

6. 解析結果

解析結果を図－5～7 に示す。縦軸は終局モーメント M_{test} と全塑性モーメント M_p の比であり、その値が 1.0 以上であれば、断面は M_p 以上の曲げ耐力を有することになる。横軸は床版上縁から塑性中立軸までの距離 D_p と靱性係数(ductility factor) D^* との比である。なお D^* は、鋼桁の高さ d 、床版厚 t_s を用いて、 $D^* = (d + t_s)/7.5$ と表わされる³⁾。

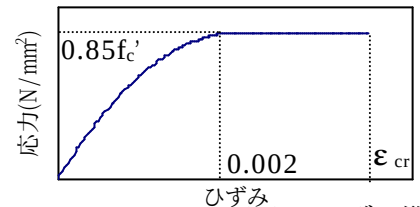
それぞれのグラフについて見ると降伏棚大きさおよび ξ の値が小さいほど、また E_{st} が大きいほど曲げ耐力が大きくなることがわかる。曲げ耐力に及ぼす影響をみると降伏棚の大きさが与える影響はほぼ一定であり、 ξ および E/E_{st} については値が小さいほど曲げ耐力に及ぼす影響は大きくなる。パラメータの影響を比較すると、最も大きいのは E_{st} であり、続いて ξ 、降伏棚の大きさという順である。

7. まとめ

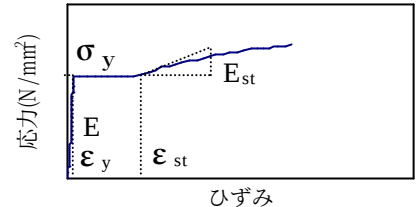
本研究では正曲げを受ける合成断面の曲げ耐力に対する鋼材特性の影響を検討した。理想的な材料特性の条件としては、降伏棚がなく、 ξ ができるだけ小さく、また E_{st} ができるだけ大きい値となることである。しかし、今回の検討は初期応力を考慮しておらず、また基本となる断面形状も 1 つであるため、今後初期応力や断面形状の曲げ耐力に及ぼす影響、負曲げ領域における検討などが必要となる。最終的には材料特性の影響を考慮した曲げ耐力の計算式や曲げ耐力が全塑性モーメントとみなせる断面条件の提案まで行う予定である。

参考文献

- 1) 土木学会，“コンクリート標準示方書”，P23～25，1996
- 2) 土木学会鋼構造委員会，鋼構造新技術小委員会，“鋼橋の耐震設計指針案と耐震設計のための新技術”，1996
- 3) Wittry, Dennis M., “An Analytical Study of the Ductility of Steel Concrete Composite Sections”, Masters thesis, University of Texas at Austin, December 1993



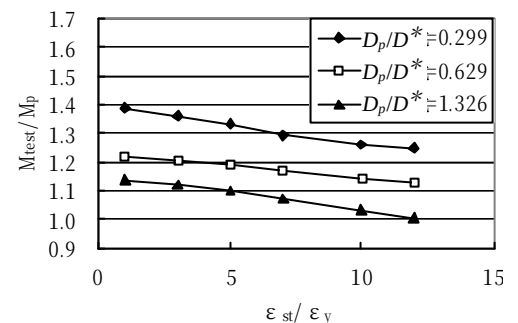
図－3 コンクリートの応力－ひずみ関係



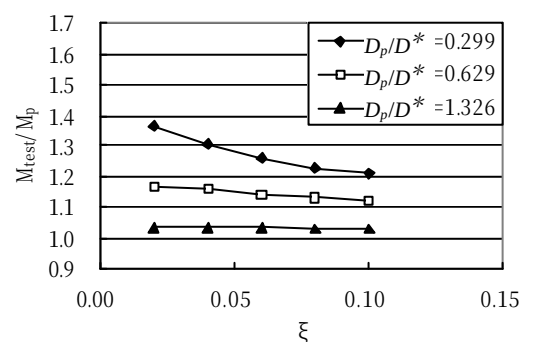
図－4 鋼の応力－ひずみ関係

表－1 鋼材データ

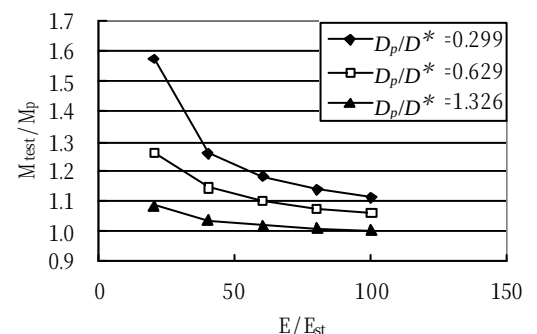
	x	E/E_{st}	e_y/e_y
SS400	0.06	40	10
降伏棚の変化	0.06	40	1～12
ξ の変化	0.02～0.10	40	10
E/E_{st} の変化	0.06	20～100	10



図－5 モーメント比と降伏棚の関係



図－6 モーメント比と ξ の関係



図－7 モーメント比とひずみ硬化係数の関係