

材料強度のバラツキを考慮した合成コンパクト断面の正曲げ耐力設計式

(株)宮地鐵工所 正 会 員 ○ 荒 木 智 長崎大学工学部 正 会 員 中村聖三
 長崎大学大学院 学生会員 江頭克礎 長崎大学工学部 フェロー 高橋和雄

1. はじめに

我が国の道路橋は、大地震に対する耐震設計を除き許容応力度設計法が採用されている道路橋示方書に基づき設計される。一方、諸外国の設計規準には座屈現象が生じないような断面（コンパクト断面）においては、その曲げ抵抗として全塑性モーメントをとる塑性設計法も規定されている。本研究では、鋼橋上部構造に対する塑性設計法の確立を最終目的とする研究の一環として、正曲げを受ける合成コンパクト断面を対象に、江頭ら¹⁾が用いた手法に Monte Carlo Simulation を導入してコンクリート圧縮強度と鋼材降伏点が確率的に変動した場合における正曲げ耐力の確率分布を調査した結果に基づき、設計強度式を提案する。

2. 解析概要

2.1 解析モデルと材料特性

コンクリート床版(3000mm×210mm)と H 形鋼桁(900mm×300mm×16mm×28mm)を基本モデルとする合成コンパクト断面を解析対象とする。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で規定されているものを用い、その特性は表-1 に示すとおりとする。表中の平均値と標準偏差は、変動係数 17.5%と仮定し、圧縮強度が設計基準強度を下回る確率が 5%となるよう定めている。鋼材の応力 - ひずみ関係には、土木学会新技術小委員会で提案された構成則を用いる。その概略図を図-1 に、解析に用いた材料特性を表-2 に示す。パラメータ ξ , E_{st} , ε_{st} の値、および降伏点の平均値と標準偏差は文献 2), 3)を参考に設定したものである。

表-1 コンクリート特性

設計基準強度 f_{ck}' (N/mm ²)		30
圧縮強度 f_c' (N/mm ²)	平均値	42.08
	標準偏差	7.36
終局ひずみ ε_u'		0.0035

2.2 解析方法

本研究における正曲げ耐力の計算にはファイバーモデルを用い、以下の手順で確率分布を算定する。

- 1) Monte Carlo Simulation により、コンクリート圧縮強度には正規分布、鋼材降伏点には対数正規分布に従う擬似乱数を発生させ、その値を決定する。
- 2) コンクリート床版の上縁ひずみをコンクリートの破壊ひずみとし、中立軸の位置を仮定することにより平面保持の条件からひずみ分布を決定し、材料の応力 - ひずみ関係を用いて応力分布を求める。
- 3) つり合い条件より、各ファイバーにおける力の総和が零となるまで 2)を繰返し、つり合った時点での応力分布から曲げ耐力 (M_u)を算定する。
- 4) 所定回数(本研究では 5 万回) 2)～3)を繰返し、曲げ耐力を算

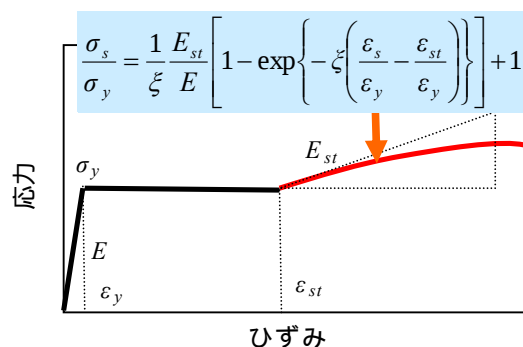


図-1 鋼材の応力 - ひずみ関係

表-2 鋼材特性

鋼 種		SS400	SM490	SM490Y	SM570
ξ		0.049	0.052	0.200	0.200
E_{st} (N/mm ²)		4070	4550	2000	2000
ε_{st}		0.0185	0.0170	0.0064	0.0082
降伏点 σ_y (N/mm ²)	平均値	293.75	396.90	426.00	549.00
	標準偏差	23.50	34.65	28.40	36.00
降伏点規格下限値 (N/mm ²)		235	315	355	450

キーワード：正曲げ耐力，材料強度，塑性設計法，モンテカルロシミュレーション，合成コンパクト断面
 連絡先：〒852-8521 長崎市文教町 1-14 長崎大学工学部社会開発工学科 (TEL) 095-819-2610 (FAX) 095-819-2627

出する．それらの値をコンクリート設計基準強度と鋼材降伏点規格下限値を用いて算出した全塑性モーメント(M_p)で無次元化し，統計特性値を算出する．

3. 正曲げ耐力設計式

コンクリート圧縮強度 f'_c と鋼材降伏点 σ_y を独立した確率変数とした場合の M_u / M_p と D_p / D_t の関係を，図-2 に示す．ここで， D_p は床版上縁から塑性中立軸位置までの距離， D_t は全高さであり， D_p / D_t の値は 0.9 を上限とした．この図をもとに，以下のような設計強度式を提案する．

(1) 平均値に基づく設計強度式

$$M_u = M_p \quad (\text{全鋼種})$$

(2) 5%非超過確率値に基づく設計強度式

$$M_u = M_p \quad (\text{SS400, SM490, SM490Y})$$

$$\left. \begin{aligned} M_u &= M_p & 0 \leq \frac{D_p}{D_t} \leq 0.57 \\ M_u &= M_p \left(1.057 - 0.1 \frac{D_p}{D_t} \right) & 0.57 \leq \frac{D_p}{D_t} \leq 0.9 \end{aligned} \right\} (\text{SM570})$$

(3) 1%非超過確率値に基づく設計強度式

$$\left. \begin{aligned} M_u &= M_p & 0 \leq \frac{D_p}{D_t} \leq 0.3 \\ M_u &= M_p \left(1.075 - 0.25 \frac{D_p}{D_t} \right) & 0.3 \leq \frac{D_p}{D_t} \leq 0.9 \end{aligned} \right\} \left(\begin{array}{l} \text{SS400,} \\ \text{SM570} \end{array} \right)$$

$$\left. \begin{aligned} M_u &= M_p & 0 \leq \frac{D_p}{D_t} \leq 0.5 \\ M_u &= M_p \left(1.1 - 0.2 \frac{D_p}{D_t} \right) & 0.5 \leq \frac{D_p}{D_t} \leq 0.9 \end{aligned} \right\} \left(\begin{array}{l} \text{SM490,} \\ \text{SM490Y} \end{array} \right)$$

図-2 には提案した設計強度式も示しているが，シミュレーション結果をよく表現していると言える．

4. まとめ

本研究では，正曲げを受ける合成コンパクト断面を対象として，コンクリートの圧縮強度，鋼材の降伏点が確率的に変動した場合の正曲げ耐力設計式を提案した．今後，圧縮フランジやウェブの限界幅厚比など，コンパクト断面とみなせる条件を明らかにし，鋼材特性に応じた塑性設計法の構築を目指したい．

【参考文献】

- 1) 江頭ら：鋼 - コンクリート合成断面の正曲げ耐力に及ぼす鋼材特性の影響，構造工学論文集，Vol.49A，pp.791-798，2003.3.
- 2) 青木ら：素材引張試験結果による構造用鋼材の力学的性質に関する統計的調査，日本建築学会構造系論文報告集第358号，pp.94-102
- 3) 奈良ら：橋梁向け構造用鋼板の板厚および強度に関する統計調査，土木学会論文集，No.752/I-66，pp.299-310，2004.

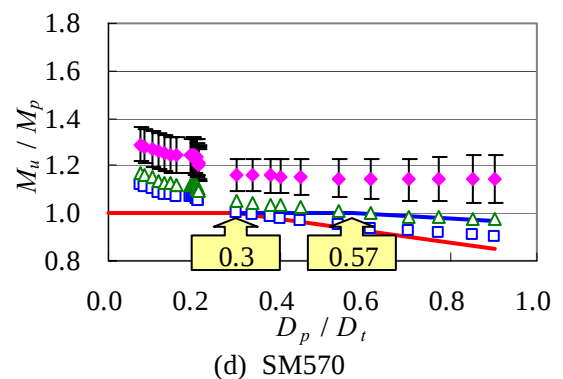
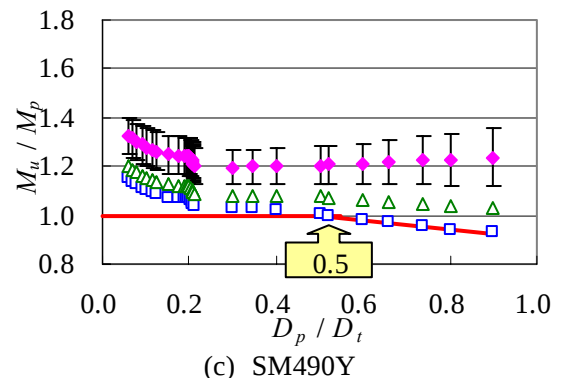
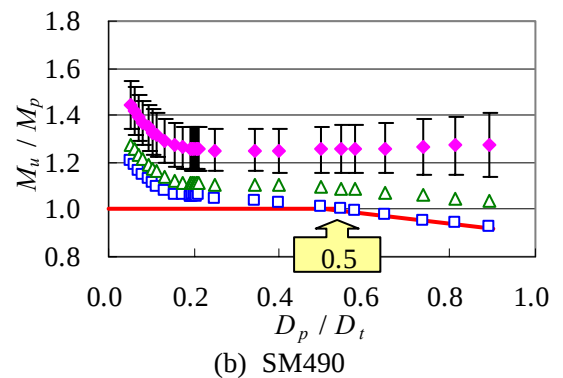
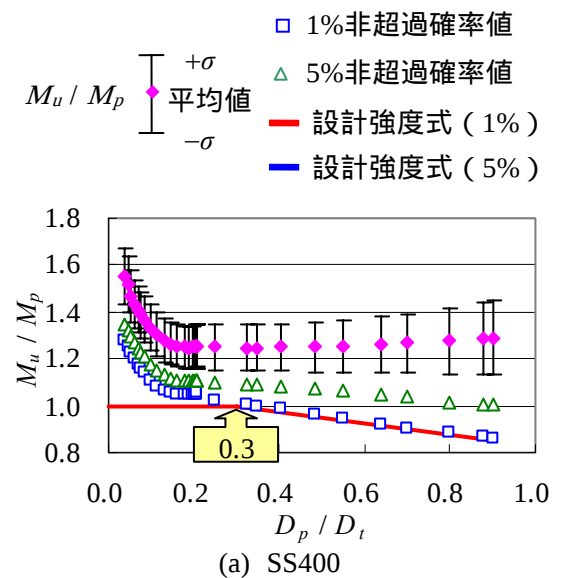


図-2 M_u / M_p と D_p / D_t の関係