

正方形無補剛等厚断面における使用鋼材によるコンクリート充填率

建設技術研究所 正会員 ○廣田 武聖

熊本大学 正会員 山尾 敏孝

清水建設 松本 正樹

熊本大学 正会員 崎元 達郎

1. はじめに

鋼製橋脚の基部に適切にコンクリートを充填することにより、鋼中空部に局部変形を生じず、確実に充填基部が最大強度に達することで、耐震性能を向上させることは有効な方法である。発表者らは、面外荷重を受ける逆L形鋼製橋脚の実験及び解析的研究を通じ、水平荷重作用方向別の座屈鋼パネル(充填部・中空部)のN-M最大強度相関曲線を定義し、容易に必要なコンクリート充填率が求まることを提案した^{1),2)}。本発表では、鋼製橋脚が正方形無補剛等厚断面に着目し、実用上使用頻度の高いSM490及びSM570相当のコンクリート充填率の違いを検討するとともに、各鋼種の基準(保証)降伏点強度を用いた場合の充填率の変動を検討する。

2. 解析概要

圧縮と曲げを受ける鋼板の終局強度特性は、ねじりモーメントによる最大強度相関曲線の低減及び解析手法等については、参考文献1)によるものとし、ここでは解析モデルの材料諸元のみ表-1、応力・ひずみ関係については図-1による。また、コンクリート充填率算定手法についても同文献によるものとする。

3. 解析結果

図-2に、解析で得られた幅厚比パラメータ $R=0.5$ の場合のコンクリート充填部におけるSM490及びSM570相当のN-M最大強度と近似式を示す。N-M最大強度相関曲線は、軸力値と曲げモーメント値の二次式として式(1)のように示され、係数 α_i は R ($0.2 \leq R \leq 0.8$)の三次関数として各鋼種で式(2)のように表すことができた。なお、添字eは中空部パネル、fは充填部パネルを示し、図-2の β は軸方向変位と回転角に対する増分比 $(\theta/\theta_y)/(u/u_y)$ である。

以上より、図-3に示す橋脚でSM570を用いた場合の両方向の必要充填率(h_c/h)を図-4及び図-5に示す。面内方向においては、 R が小さい場合を除いて若干SM570自身の強度相関曲線を用いた方が充填率が低くなることがわかった。なお、初期圧縮側フランジ応力度が高い場合(例えば許容軸圧縮応力度 σ_a の0.8倍)、 $R \approx 0.2$ で大きな開きがあるが、実構造物として一般に地震時には活荷重の影響を見込まないため、本論では $\sigma \leq 0.6 \sigma_a$ を一応の適用制限としている。従って、面内方向ではSM570を使用する場合でも、式(2-a)のSM490の強度相関曲線を用いることが可能である。同様にSS400を用いた場合には、応力・ひずみ関係がSM490により類似しているためN-M最大強度相関曲線の一本化が可能と考える。一方、面外方向においても、図-5に示される

表-1 解析モデルの材料諸元

鋼種	SM490	SM570相当
ヤング率: E (N/mm ²)	2.06×10^5	2.06×10^5
降伏応力: σ_y (N/mm ²)	315	450
ポアソン比: ν	0.3	0.3
ひずみ硬化開始ひずみ: ε_{st}	$7 \varepsilon_y$	$3 \varepsilon_y$
降伏比: σ_y / σ_{max}	0.64	0.80

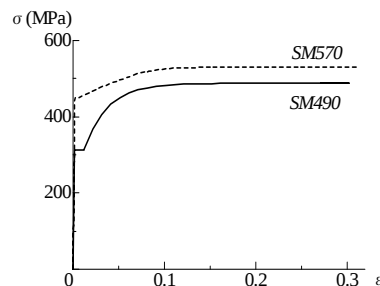
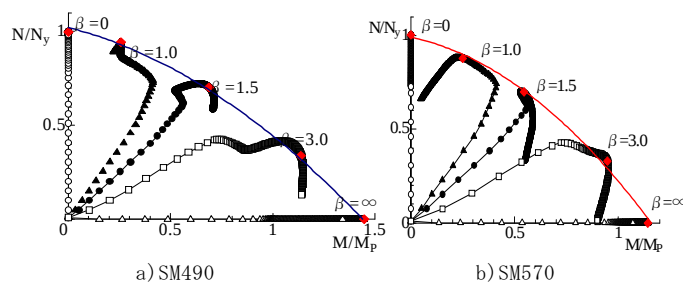


図-1 応力・ひずみ関係

図-2 N-M最大強度相関曲線の相違 ($R=0.5$, 充填部の例)

$$N/N_y = \alpha_0 + \alpha_1 (M/M_p) + \alpha_2 (M/M_p)^2 \quad (1)$$

$$\left. \begin{aligned} \text{【SM490】} \quad & \alpha_{e0} = 1.91 - 4.48R + 6.96R^2 - 4.02R^3 \\ & \alpha_{e1} = -0.01 - 2.21R + 2.99R^2 - 0.30R^3 \\ & \alpha_{e2} = -0.91 + 4.23R - 7.10R^2 + 2.61R^3 \\ & \alpha_{f0} = 1.76 - 2.60R + 2.74R^2 - 1.00R^3 \\ & \alpha_{f1} = -1.86 + 10.73R - 21.61R^2 + 12.93R^3 \\ & \alpha_{f2} = 0.51 - 6.28R + 13.85R^2 - 9.07R^3 \end{aligned} \right\} \quad (2-a)$$

$$\left. \begin{aligned} \text{【SM570】} \quad & \alpha_{e0} = 1.22 - 0.82R + 0.73R^2 - 0.58R^3 \\ & \alpha_{e1} = -0.41 - 0.82R + 3.18R^2 - 1.95R^3 \\ & \alpha_{e2} = -0.37 + 1.56R - 5.32R^2 + 3.57R^3 \\ & \alpha_{f0} = 1.28 - 1.17R + 1.76R^2 - 1.08R^3 \\ & \alpha_{f1} = -1.02 + 3.62R - 6.45R^2 + 3.90R^3 \\ & \alpha_{f2} = 0.08 - 2.05R + 3.60R^2 - 2.53R^3 \end{aligned} \right\} \quad (2-b)$$

キーワード：コンクリート充填率、鋼製橋脚、最大強度相関曲線

連絡先：〒810-0041 福岡市中央区大名 2-4-12、(株)建設技術研究所 九州支社、TEL092-714-2211

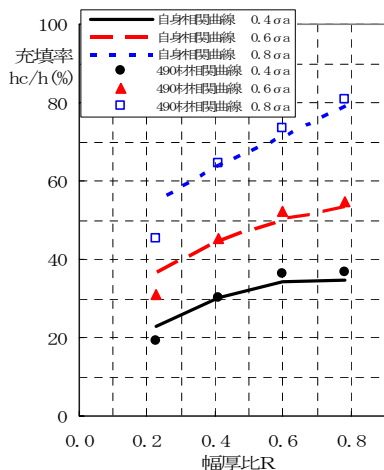


図-4 SM570 の面内方向充填率

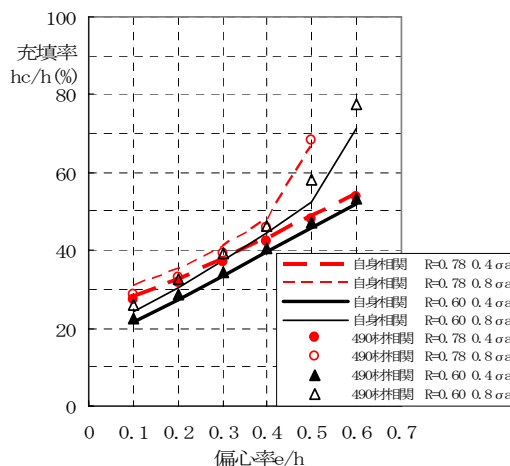
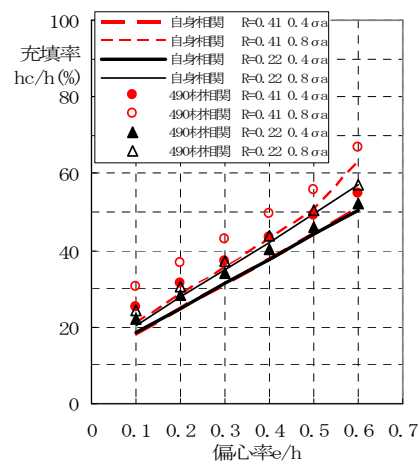
a) $R \approx 0.6, 0.8$ b) $R \approx 0.2, 0.4$

図-5 SM570 の面外方向充填率

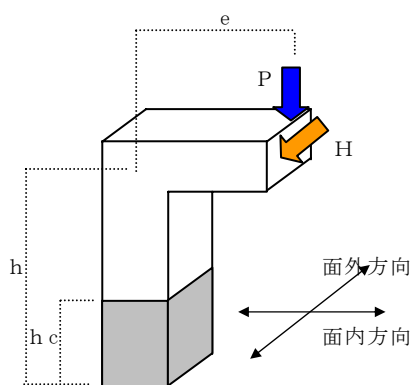


図-3 鋼製橋脚モデル

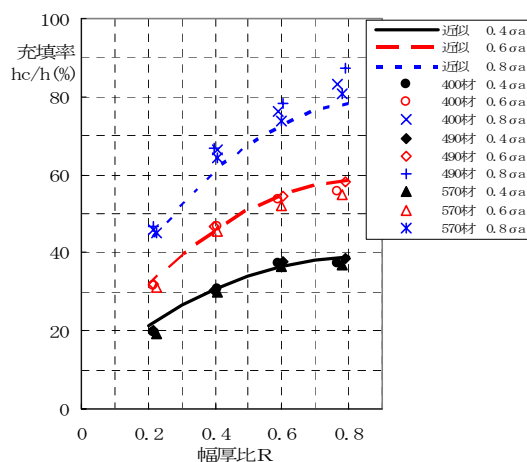
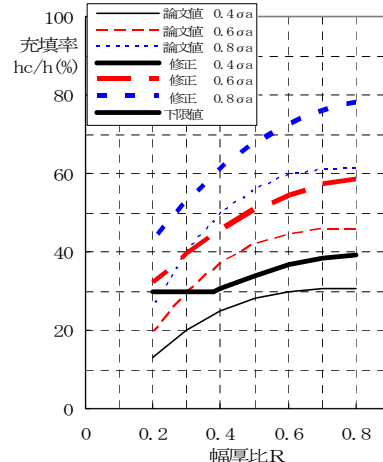


図-6 面内方向の鋼種別充填率と近似式

図-7 面内方向充填率の近似式の相違
(修正の太線が今回検討値)

ように、自身の相関曲線を使用した方が充填率は多少低く、およそ SM490 の相関曲線を使用できると考える。

次に、同文献に示した両方向の充填率と今回検討の違いを見る。図-6 に面内方向の各鋼種の充填率を示すが、鋼材の降伏応力度 σ_y は道路橋示方書に示される基準値を使用した。この結果、 $\sigma \leq 0.6\sigma_a$ の範囲において、式(3)に示す近似式が得られた。図-7 には、同文献で提案した近似式との相違を示しているが、同文献では鋼材の降伏応力度を $\sigma_y = 300\text{N/mm}^2$ (SS400 の引張試験片平均値) としたことに起因する。一方、面外方向においては、図-8 のように充填率は R の影響が小さく、式(4)のように同文献での提案式がそのまま適用可能と考えられる。

$$\text{【面内方向充填率】} \quad hc/h = \sigma / \sigma_a \times (0.98 - 1.05 \times (0.85 - R)^{2.0}) \geq 0.30 \quad (3)$$

$$\text{【面外方向充填率】} \quad hc/h = 0.60 \times (e/h) + 0.21 \geq 0.30 \quad (4)$$

ここに、 $0.2 \leq R \leq 0.8$ 、 $e/h \leq 0.6$

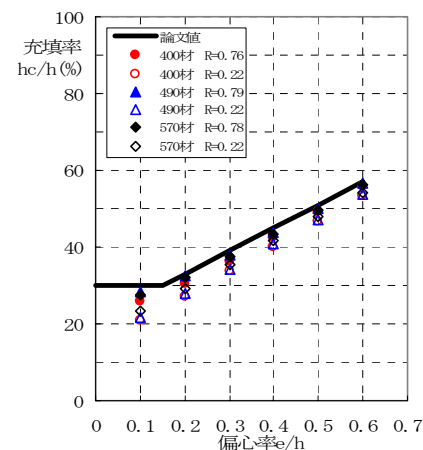


図-8 面外方向鋼種別充填率と近似式

4. まとめ

以上の検討により、橋脚断面に 570 材をした場合でも、新たな最大強度相関曲線を用いることなく、490 材のそれを用いても十分であることがわかった。また、鋼材の降伏応力度は道路橋示方書に示される基準値を使用する方が、面内方向に高い充填率を与え安全側であった。最後に、本研究を実用にするには、補剛断面におけるコンクリート充填率の検討法、あるいは面内外フランジ板厚が異なる場合の検討法等、さらに解決すべきがあり今後の課題とする。

【参考文献】1) 廣田武聖他：逆 L 形鋼製橋脚のコンクリート充填率算定式，構造工学論文集，Vol. 51A, 2005. 3

2) 松本正樹：逆 L 形橋脚の実用的なコンクリート充填高さ算定式の提案，熊本大学修士論文，2005. 2