

## 材質と剛比をパラメータとした補剛断面の圧縮強度に着目した解析的研究

愛知工業大学 学生会員 ○北沢 拳歩  
 愛知工業大学 正会員 鈴木 森晶  
 愛知工業大学 正会員 嶋口 儀之  
 愛知工業大学 正会員 宗本 理

### 1. はじめに

鋼製橋脚は、市街地の高速道路や高架橋などの公共構造物に多用されている。また鋼製橋脚の断面は、図-1のようなフランジパネルと補剛材で構成された補剛板である。これらは、補剛材剛比  $\gamma/\gamma^*$  と幅厚比パラメータ  $R_F$  が支配パラメータとなっている。補剛材剛比  $\gamma/\gamma^*$  とは、補剛板の座屈形状を制御するパラメータである。一方幅厚比パラメータ  $R_F$  は、補剛板全体での座屈強度を示すパラメータである。また鋼製橋脚が地震時にも崩壊に至らないようにするために十分な耐力や変形性能が必要である。したがって、鋼製橋脚の設計では、幅厚比パラメータ  $R_F \leq 0.5$ 、補剛材剛比  $\gamma/\gamma^* \geq 1$  という基準が設けられている。さらに補剛材の形状や補剛材剛比  $\gamma/\gamma^*$  を大きくすることで最大荷重およびその後の強度が改善されることも明らかになっている。

一方、近年の目覚ましい鋼材の性能向上により、高性能鋼材が開発されてきた。その中でも高強度鋼材 (SM570, SBHS500) は、現在主流の鋼材 (SS400 や SM490) と比べ降伏強度が高い。また高強度鋼材を使用することで鋼橋を建設する際により少ない部材で設計が可能となり軽量化が期待されている。しかし、特に SBHS 材等は降伏比が小さいため、地震時での圧縮力が集中した際、最大耐力以降にねじれや座屈が発生し、強度が急激に低下する恐れがある。また鋼製橋脚に SBHS500 や SM570 を使用した研究が非常に少なく、基礎データが蓄積されていない。そのため塑性領域でどのような挙動を示すか不明である。したがって SBHS500 や SM570 に適した補剛材剛比  $\gamma/\gamma^*$  や幅厚比パラメータ  $R_F$  の適用範囲が明らかになっていない。このため現行の道路橋示方書では補剛材や補剛板に高強度鋼材 (SM570 や SBHS500) を使用した場合、より断面寸法等の制限値が厳しくなっている。

そのような状況において既存の研究では、SM570 を使用した補剛断面を対象とした研究などが実施されている。またステンレス鋼を用いた補剛板や補剛材を対象とした研究が実施され耐力特性が明らかにされて

きた。このように、補剛断面を対象とした研究は多く行われているものの、通常はフランジ板と補剛材は同一の材質を用いる事が普通であるが、座屈パラメータを改善するために異なる材質を組み合わせた場合や補剛材剛比  $\gamma/\gamma^*$  を変化させた研究は極めて少ない。したがって本研究では、補剛断面において高強度鋼材 (SM570 や SBHS500) と SM490 を組み合わせた補剛断面を対象とし、フランジに SM490、補剛材に SM490、SM570、SBHS500 を使い、補剛材剛比  $\gamma/\gamma^* (=1, 2, 3)$  を変化させ、これらを組み合わせたハイブリッド補剛断面の軸圧縮解析を実施する。補剛断面に圧縮力が作用した場合の最大荷重付近に着目し限界状態を考慮した橋梁設計に必要な基礎データを取得する。さらに鋼製橋脚への設計の自由度を向上させることを目指して、従来の材質や形状と同等の設計基準に適用可能であるか検討を行う。

### 2. 解析概要

#### 2-1 解析モデル

本研究では、有限要素解析プログラムAbaqus/CAE2021を用いて橋脚部材のモデル化を行い、有限要素解析を実施することで、補剛断面の耐力特性を明らかにする。モデルは、鋼製橋脚の断面の一部 (1枚のパネル) のモデルで全体モデルのような挙動を再現するため境界条件で単純支持として与えた。

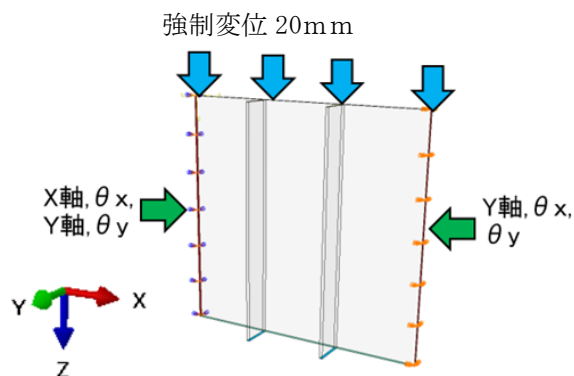


図-1 解析モデル

2-2 供試体概要

軸圧縮解析で使用する供試体の断面図を図-2 に示す。寸法は、 $\gamma/\gamma^*$ が1, 2, 3 となるように設定した。供試体の断面寸法については高さ×幅=500×500mm, 補剛板の板厚  $ts1=6mm$ , 補剛材板厚  $ts2=6mm$ , 供試体高さ  $h=500mm$  である。また補剛材の断面は平板を用い( $\gamma/\gamma^*=1, 2, 3$ )の3種類を設定した。

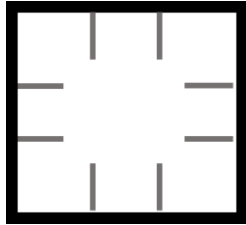


図-2 供試体断面図

表-1 解析条件

名称	断面パターン	$\gamma/\gamma^*$	補剛材 材質
1-I-M49,M49	I-1	1	SM490
1-I-M49,M57		1	SM570
1-I-M49,B50		1	SBHS500
2-I-M49,M49	I-2	2.1	SM490
2-I-M49,M57		2.1	SM570
2-I-M49,B50		2.1	SBHS500
3-I-M49,M49	I-3	3.1	SM490
3-I-M49,M57		3.1	SM570
3-I-M49,B50		3.1	SBHS500

3. 解析結果(荷重-変位関係)

図-3 に鉛直荷重と鉛直変位の関係を示す。縦軸は鉛直荷重  $P$  を降伏荷重  $P_y$  で無次元化した値, 横軸に鉛直変位をとった。

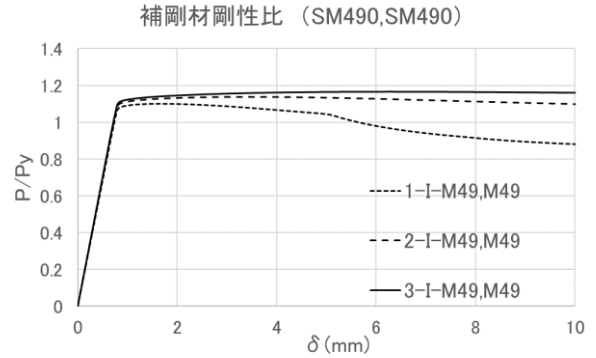
3.1 荷重-変位関係(縦補剛材に使用する補剛材剛比  $\gamma/\gamma^*$ の違い)

補剛材剛比  $\gamma/\gamma^*=1, 2, 3$  における荷重-変位関係を図-3(a)に示す。材質や形状が同じ供試体の  $\gamma/\gamma^*=1$  と最大荷重を比較すると  $\gamma/\gamma^*=2$  では 4%~5%,  $\gamma/\gamma^*=3$  では 8%~10%上昇した値となった。また最大荷重値以降も緩やかに低下した。このことから補剛材剛比  $\gamma/\gamma^*$ を上昇させることで、耐力の上昇を抑えながら変形性能を向上させる傾向がみられた。

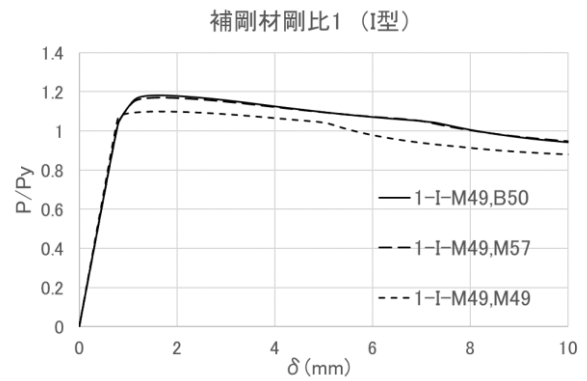
3-2. 縦補剛材に使用する材質の違い

縦方向の補剛材の材質を SM490 に加え高強度鋼材(SBHS500, SM570)における荷重-変位関係を図-3(b)に示す。補剛材剛比  $\gamma/\gamma^*$ や形状が同じ供試体の SM490 と最大荷重を比較すると SM570 では、 $\gamma/\gamma^*=2$  では 4%

~5%,  $\gamma/\gamma^*=3$  では 8%~10%上昇した値となった。また最大荷重値以降も緩やかに低下した。補剛材に高強度鋼材を使用すると、最大荷重値以降も補剛材は弾性範囲内であることから、補剛材の降伏点が高いほど荷重が若干上昇し、変形性能も向上する傾向がみられた。



(a) 縦補剛材に使用する補剛材剛比  $\gamma/\gamma^*$ の違い



(b) 縦補剛材に使用するに使用する材質の違い

図-3 荷重-変位関係

4. まとめ

- 1) 補剛材剛比  $\gamma/\gamma^*$ を工夫することで従来の鋼材と比較したデータを示した。
- 2) 補剛材に高強度鋼材を使用することで、従来鋼と同等の変形性能を保持しつつ、10%程度の荷重上昇を確認した。
- 3) 補剛材に高強度鋼材を使用することは効果的であるといえる。

参考文献

- 1) 日本道路協会：道路橋示方書・同解説(Ⅱ鋼橋・鋼部材編)，2017
- 2) 鈴木森晶, 宇佐美勉:繰り返し荷重下における鋼製橋脚モデルの強度と変形能の推定式に関する研究, 土木学会論文集 No. 519/1-32, 115-125, 1995. 7