

ダイアフラム間隔がハイブリッド補剛板パネルの 圧縮特性に与える影響に関する解析的研究

熊本大学工学部 学生会員 ○鶴田 峻真 熊本大学大学院 正会員 松村 政秀
早稲田大学大学院 正会員 小野 潔 IHI インフラシステム 正会員 岡田 誠司
IHI インフラシステム 正会員 竹嶋 夏海 早稲田大学大学院 正会員 Jing Nie

1. はじめに

橋梁の耐震設計では、部材の塑性変形能およびエネルギー吸収能を高め、橋全体系としてエネルギー吸収能に優れた構造となるように配慮が必要とされている¹⁾。鋼部材の高性能化には、補剛材に高強度鋼を用いるハイブリッド補剛板が考えられ、その有効性は1本の縦補剛材を有する補剛短柱の圧縮実験により検証されている²⁾。本研究では、2本の縦補剛材を有するハイブリッド補剛板の耐荷特性とエネルギー吸収能を高める構造諸元を解析的に検討した。

2. FEM 解析

解析対象は、2本の縦補剛材を有するハイブリッド補剛板である。図-1に示すように、ダイアフラム間を、周辺が単純支持された補剛板パネルとして三角形板要素によりモデル化する。SM400鋼からなるホモジニアス補剛板から、ダイアフラム間隔 a および補剛材の鋼種を変更したハイブリッド補剛板の剛比と耐荷性能を検討する。

初期不整には残留応力および初期たわみを考慮する。残留応力は、補剛板パネルで自己平衡を満たすようパネル側辺と縦補剛材の付け根位置に σ_y (引張)、板パネル中央に $0.3\sigma_y$ (圧縮) を、初期たわみは弾性座屈固有値解析結果を参考に正弦波で導入する。

表-1 に解析モデルの諸元を示す。

表-2 に示すように、ダイアフラム間隔 a を γ/γ^* は $0.5 \sim 3.0$ となるよう変化させ、さらに、板パネルの鋼種は SM400 で一定とし、縦補剛材の鋼種を変更する。図-3、表-2 に実績に基づいて設定した、各鋼種の公称応力-公称ひずみ関係、降伏点と引張強さをそれぞれ示す。解析では、初期不整を導入後、載荷辺に強制変位を漸増させる。解析には弾塑性有限変位解析プログラム EPASS/USSP³⁾を用いる。

表-2 γ/γ^* と
ダイアフラム間隔 a の関係

縦補剛材 剛比式	ダイアフラム 間隔
γ/γ^*	a (mm)
0.51	1960.00
0.75	1476.80
1.01	1236.40
1.50	988.40
2.01	846.00
2.50	754.38
3.00	686.40

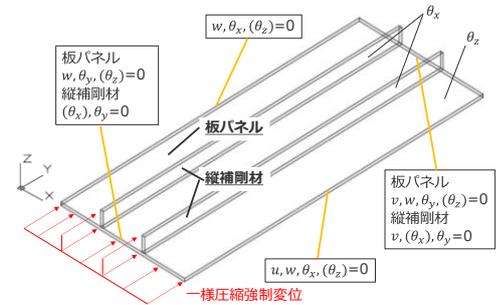


図-1 補剛板パネルの拘束条件

表-1 解析モデルの諸元

パネル数	n	3
幅厚比	R_R	0.50
	R_S	0.70
板厚	t (mm)	6.00
板幅	b (mm)	499.20
縦補剛材高さ	h_s (mm)	76.40

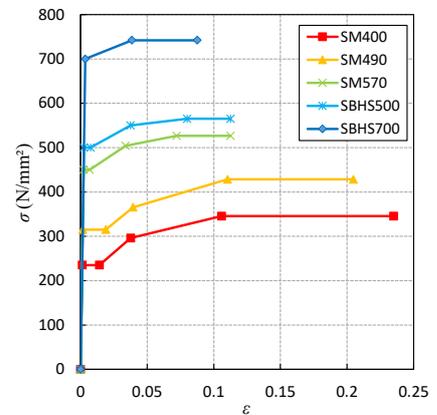


図-2 公称応力-公称ひずみ関係

表-3 降伏点と引張強さ

縦補剛材鋼種	降伏点	引張強さ
	σ_y (N/mm ²)	σ_t (N/mm ²)
SM400	235	345.45
SM490	315	428.4
SM570	450	526.5
SBHS500	500	565
SBHS700	700	742

キーワード：ハイブリッド補剛板, SBHS, FEM 解析, 耐荷特性

連絡先 : 〒860-0855 熊本市中央区黒髪 2-39-1 熊本大学工学部 TEL 096-342-3546

表-4 最大荷重とそのときの変位（縦補剛材に使用する鋼種の違い）

	変位	最大荷重	降伏変位	降伏荷重	変位	最大荷重
	u	P_{max}	u_{yp}	P_{yp}	u/u_{yp}	P_{max}/P_{yp}
1-PE-SM400	1.96	550.32	1.25	432.94	1.57	1.27
1-PE-SM490	1.96	564.79	1.26	443.29	1.56	1.27
1-PE-SM570	2.20	579.89	1.26	447.87	1.75	1.29
1-PE-SBHS500	2.23	583.23	1.26	447.87	1.77	1.30
1-PE-SBHS700	2.58	586.61	1.26	447.87	2.05	1.31

表-5 最大荷重とそのときの変位（ダイヤフラム間隔の違い）

	変位	最大荷重	降伏変位	降伏荷重	変位	最大荷重
	u	P_{max}	u_{yp}	P_{yp}	u/u_{yp}	P_{max}/P_{yp}
0.5-PE-SBHS700	3.10	555.27	1.92	422.99	1.61	1.31
0.75-PE-SBHS700	3.03	576.24	1.47	433.65	2.06	1.33
1-PE-SBHS700	2.57	586.61	1.26	447.87	2.05	1.31
1.5-PE-SBHS700	2.00	581.00	0.98	434.77	2.04	1.34
2-PE-SBHS700	1.72	584.12	0.84	436.98	2.05	1.34
2.5-PE-SBHS700	1.54	571.86	0.72	416.76	2.14	1.37
3-PE-SBHS700	1.38	586.16	0.68	437.25	2.03	1.34

3. 解析結果

縦補剛材の鋼種を異ならせたケース、縦補剛材が SBHS700 のケースの荷重-変位関係を図-3、図-4 に示し、最大荷重とそのときの変位を表-4、表-5 にそれぞれまとめている。荷重変位関係における比例限を降伏とし、降伏荷重、降伏変位で無次元化している。

縦補剛材に高強度鋼を使用すると、最大荷重以降も縦補剛補剛材は弾性内を保つことから、縦補剛材の降伏点が高いほど、強度が若干上昇し、変形能も向上する。この傾向は板パネルの降伏点との強度差が大きいほど顕著となることも確認できる。また、縦補剛材が SBHS700 のとき、 $\gamma\gamma^*$ を異ならせても最大荷重および変形能の変動は小さくことが確認できる。

4. まとめ

本研究では、2本の縦補剛材を有するハイブリッド補剛板の耐荷特性を数値解析により検討した。その結果、板パネルを SM400 とし縦補剛材により高強度な鋼材を用いると、最大荷重および変形能が向上することがわかった。これは、ハイブリッド補剛板では、補剛材が最大荷重以降も弾性を維持するためである。したがって、板パネルの鋼種に基づいて、 $\gamma\gamma^*$ が 0.75 以上となるようにホモジニアス補剛板を設計し、縦補剛材を板パネルより高強度な鋼種へ変更することによって、ホモジニアス補剛板に比べ強度と変形能が向上したハイブリッド補剛板を設計できることがわかった。より合理的なハイブリッド補剛板の提案に向け、載荷実験の実施を含め引き続き検討を進める計画である。

謝辞: 本研究の一部は日本鉄鋼連盟の研究助成を受け実施した。ここに記して謝意を表す。

【参考文献】

- 1) 日本道路協会：日本道路橋示方書（V耐震設計編）・同解説，2017。
- 2) 浜村圭太，小野潔，松村政秀，垂井敬寛，幸田真也：SBHS700を縦リブに使用したハイブリッド鋼製短柱の耐力および変形能に関する実験的研究，第16回性能に基づく橋梁等の耐震設計に関するシンポジウム講演論文集，pp.391-394，2013.7。
- 3) Masato Kano, Masahide Matsumura and Toshiyuki Kitada：Development of an elasto-plastic and finite displacement dynamic analysis system for spatial bridge structures consisting of thin-walled steel and composite members, IABSE Reports, Vol.92, pp.102-103, 2006.9。

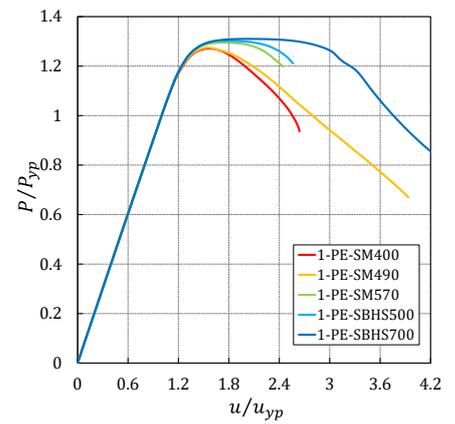


図-3 荷重変位関係
（縦補剛材に使用する鋼種の違い）

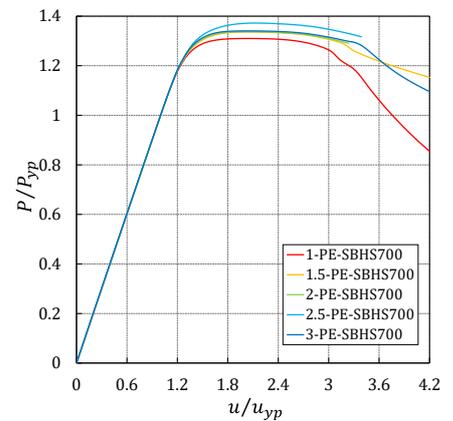


図-4 荷重変位関係
（ダイヤフラム間隔の違い）