

高性能鋼を用いた鋼製橋脚隅角に関する研究

環境社会基盤工学専攻 鋼構造研究室 眞保憲靖
指導教員 宮下 剛

1. はじめに

名古屋高速道路公社では、リニア中央新幹線整備計画における名古屋駅周辺交通基盤整備方針に基づき新規の高速道路出入口等を鋼製橋脚で設計・施工する計画がある。道路線形や街路状況等により橋脚構造が複雑であり、従来設計法では、板厚が厚板化する問題がある。そこで、高性能鋼である橋梁用高性能鋼（以下、SBHS）の適用性が考えられる。一方、SBHSは降伏比が高く、エネルギー吸収能が小さい傾向がある。このため、鋼製橋脚隅角部をホモジニアス構造とするのではなく、フランジにエネルギー吸収能が大きい従来の炭素鋼である普通鋼、縦リブにSBHSを用いたハイブリッド構造について検討する。

2. 研究目的

本研究では、普通鋼と高性能鋼を組み合わせたハイブリッド構造の構造特性の把握を目的とする。はじめに、SBHSを用いた鋼製橋脚隅角部の载荷実験供試体を対象に、解析モデルの妥当性を検証する。その後、ハイブリッド構造とした鋼製橋脚隅角部で弾塑性有限要素解析を行い、耐力や変形能等を把握する。

3. 载荷実験

3.1 実験概要

実験供試体は、表-1に示す断面寸法、材質等の異なる全6ケースで行った。

3.2 実験結果

各供試体の降伏荷重 (P_y)、最大荷重 (P_{max}) およびその時の隅角変位を表-2に示す。No1~3 (SBHS) と No4 (SN570) を比較すると、SBHSでは降伏荷重ならびに最大荷重が増加することがわかる。また、SBHSは降伏比が高いため、 P_{max}/P_y と δ_{max}/δ_y は No4 に比べ小さいものの、板厚が大きく、補剛材本数が少なく、厚板である No3 では、No4 と同等の変形能を示すことがわかる。

表-1 解析モデル

供試体	断面寸法 (板厚)	材質	フィレット有無	フィレット幅厚比	フィレット形状	
No.1	550 × 550mm (t = 7mm)	SBHS500	有	31.4	緩和曲線あり	
No.2			無	—		
No.3	550 × 550mm (t = 11mm)	SBHS500	有	20.0		
No.4	570 × 570mm (t = 7mm)	SM570	有	32.6		
No.5	470 × 470mm (t = 6mm)	SBHS500	有	31.3		緩和曲線なし
No.6	400 × 400mm (t = 6mm)	SBHS700	有	26.7		

4. 再現解析

4.1 解析概要

図-1に再現解析の解析モデル、表-3にモデル特性を示す。今回、解析対象はNo3を対象とした。解析モデルの妥当性を検証するため、隅角部フランジ交差部の弾性域でのひずみ関係を比較する。

4.2 解析結果

図-2にはり側フランジ交差部近傍のひずみ分布（弾性域）を示す。再現解析は実験値に概ね一致し、フランジ端部でフィレットによるひずみの低減効果が確認された。これにより、弾性域に限定されるものの、解析モデルの妥当性が検証された。

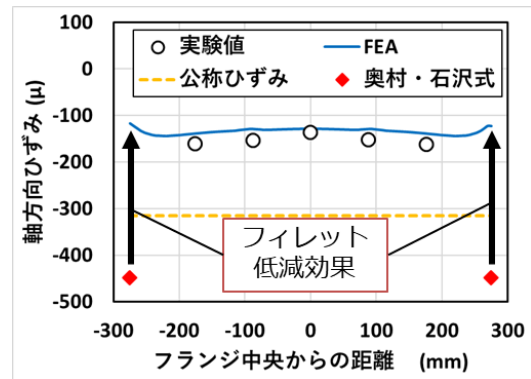


図-2 ひずみ分布

5. ハイブリッド構造解析

表-2 実験結果

	降伏荷重 $P_y(kN)$	降伏変位 $\delta_y(mm)$	最大荷重 $P_{max}(kN)$	最大荷重時変位 $\delta_{max}(mm)$	P_{max}/P_y	δ_{max}/δ_y
No1	989	9.49	1013	11.89	1.02	1.25
No2	952	10.84	956	10.89	1.00	1.00
No3	1029	9.12	1076	18.24	1.05	2.00
No4	849	6.70	949	13.53	1.12	2.02
No5	746	5.37	817	4.21	1.10	0.78
No6	798	5.71	802	5.79	1.01	1.01

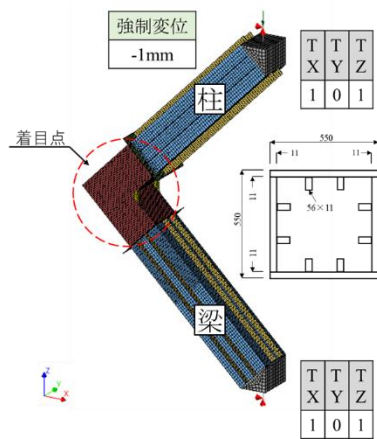


図-1 解析モデル

表-3 解析モデル特性

モデル特性		
	再現解析	ハイブリッド構造解析
要素モデル	一般曲面シェル要素	
降伏点(N/mm ²)	供試体と同様	公称値
弾性係数E(N/mm ²)	2.0 × 10 ⁵	
ポアソン比	0.3	
ひずみ硬化則	バイリニア (降伏後E/100)	マルチリニア
拘束条件	ピン支持	
荷重条件	Z方向: -1mm	
初期不整	考慮しない	

5. 1 解析概要

解析対象を、表-4に示すハイブリッド構造 (Hy) とホモジニアス構造 (Ho) の4ケースとし、解析モデルならびにその特性は図-1と表-3に示すものとした。降伏荷重 (P_y) は、はりまたは柱の内側フランジ交差部の平均ひずみが降伏ひずみ達した時点の荷重とした。

5. 2 解析結果

各ケースの降伏荷重 (P_y)、最大荷重 (P_{max}) およびその時の隅角変位を表-5に示す。また、図-3に荷重と隅角変位をそれぞれの降伏荷重、降伏変位で正規化したグラフを示す。さらに、 $\delta/\delta_y = 5$ となる時点におけるフランジ交差部のミーゼス応力コンター図を図-4に示す。図中の赤色が普通鋼の降伏強度、青色が高性能鋼の降伏強度に達していることを示す。

これらより、ハイブリッド構造とホモジニアス構造では、 P_{max}/P_y の差はほとんど見られないものの $\delta/\delta_y = 5$ となる時点では、荷重には約1.2倍の差がある。また、 δ_{max}/δ_y については、ハイブリッド構造で約1.3倍増加する。図-3より、はり側フランジと縦リブが部分的に降伏しているA-Hyに対し、A-Hoでは同様部分が全体的に降伏しており、応力状態に明確な差が確認される。

6. まとめ

本研究では、鋼製橋脚隅角部を対象に、普通鋼と高性能鋼 (SBHS) を組み合わせたハイブリッド構造の構造特性の把握を目的とし、解析的検討を行った。得られた知見を以下に示す。

- ハイブリッド構造はホモジニアス構造に比べ、 P_{max}/P_y の時点で約1.3倍変形能に優れている。
- ハイブリッド構造は最大荷重以降の荷重減少が抑制される。
- ハイブリッド構造は、はり側フランジと縦リブの応力再分配に優れる。

参考文献

- 1) 垂井敬寛ら：SBHS500 および SBHS700 の機械的性質に関する研究，土木学会第67回年次学術講演会，2012.9

表-4 解析ケース

	隅角部		はり・柱	フィレット
	ウェブ・フランジ	縦リブ		
A-Hy	SM490Y	SBHS500	SM490Y	SBHS500
A-Ho	SBHS500			
B-Hy	SM570	SBHS700	SM570	SBHS700
B-Ho	SBHS700			

表-5 解析結果

	降伏荷重 P_y	降伏変位 δ_y	最大荷重 P_{max}	最大荷重時変位 δ_{max}	P_{max}/P_y	δ_{max}/δ_y
	(kN)	(mm)	(kN)	(mm)		
A-Hy	1225	3.84	1795	13.48	1.47	2.97
A-Ho	1668	5.46	2419	14.26	1.45	2.23
B-Hy	1584	5.00	2313	14.75	1.46	2.51
B-Ho	2305	7.70	3232	16.84	1.40	1.89

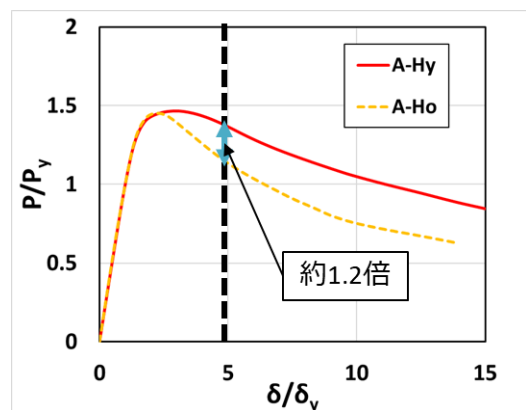


図-3 荷重P-隅角変位 δ 関係の包絡線

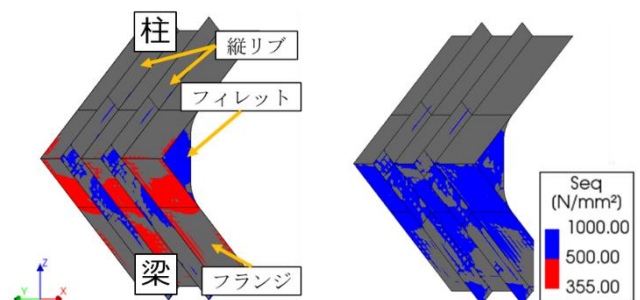


図-4 ミーゼス応力コンター図