

鋼桁橋端部をイメージしたせん断フレームの繰り返し載荷実験

名城大学 フェロー会員 久保全弘

1. はじめに

兵庫県南部地震の教訓から、鋼桁橋の損傷は主として桁端部に発生することがわかっている。特にプレートガーダー橋では対傾構と横構で主桁間を連結した状態だけのため、連結部材の破断や主桁の下フランジ部が橋軸直角方向へ変形した事例が目立った。本研究では、桁端部の耐震性を向上させる目的で、鋼桁橋端部の下フランジ部をイメージしたせん断フレームの繰り返し載荷実験を行った。この種の実験は建築分野でせん断壁の開発に関する研究が過去に行なわれている。ここでは、せん断パネルを単一ブレース材、薄鋼板および波形鋼板を用いて補強した場合の耐荷性能を比較した。

2. 実験概要

(1) 供試体

供試体の無補強フレーム (FA) は主桁間の下フランジ部をイメージして、図 1 に示すように JIS 規格の圧延 CT 形鋼 (SS400 材) を用いて構成した。フレームの柱と梁の連結は高力ボルト M16 を用いて行ない、せん断パネル (高さ 1000×幅 800mm) を形成した。部材の実測降伏点応力は、柱材： $\sigma_Y=287\text{MPa}$ 、梁材： $\sigma_Y=293\text{MPa}$ である。無補強フレームを基本として、次の 3 種類の補強フレームを考えた。

①補強フレーム FB：斜めブレース材 (圧延等辺山形鋼 L-40×40×3mm) を高力ボルト M16 で連結した供試体。

②補強フレーム FC：薄鋼板 (冷間圧延鋼板 SPCC

の $t=1.2\text{mm}$) を組み込んだ供試体。薄板の降伏点応力の実測値は $\sigma_Y=180\text{MPa}$ であり、低降伏材料である。フレームへの取付けは、鋼板周囲を約 40mm ピッチで高力ボルト M12 により連結した。

③補強フレーム FD：波形鋼板 (キーストンプレート KP-1 の $t=1.2\text{mm}$) を組み込んだ供試体。鋼板の実測降伏点応力は $\sigma_Y=367\text{MPa}$ であった。フレームへの取付けは、鋼板周囲を約 40～50mm ピッチで高力ボルト M12 により連結した。

(2) 実験方法

繰り返し実験は、名城大学高度制震実験・解析センターの載荷装置を用いて行なった。図 1 に示すように載荷フレームにピン支承を用いて供試体を設置し、アクチュエーター (容量：圧縮 1000 kN, 引張 500kN) で水平荷重を載荷した。載荷は変位制御にて行い、載荷方法は無補強フレーム FA を剛結フレームと仮定して求めた降伏水平変位 $\delta_y=8.4\text{mm}$ を基準に 1/6, 1/3, 1/2, 2/3, 5/6, 1, 1.5, 2, 2.5, 3・・・倍の点で 2 サイクルの正負交番載荷を行った。載荷中のフレームの水平変位とひずみ、補強材の面外変位とひずみを測定した。

3. 実験結果と考察

図 2 (a)～(d) に実験から得られた水平荷重 P と柱の部材回転角 R に対する履歴曲線を示す。部材回転角は柱の上下の相対水平変位を高さで除した値で求めている。無補強フレームの耐荷力は 20kN 不足であり、ボルト連結部の節点にすべりが生じて大きく傾き、急激な荷重低下はみられなかった。補強フレーム FB の

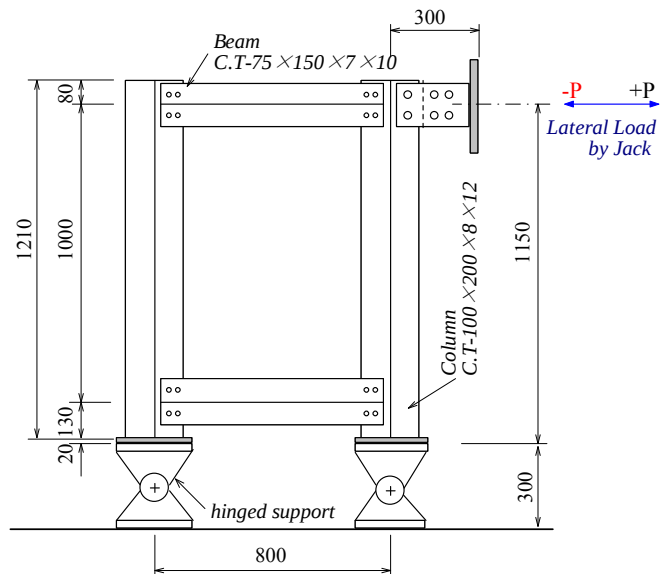


図1 実験供試体(無補強フレーム)

キーワード：鋼フレーム、せん断パネル、繰り返し載荷、波形鋼板、プレートガーダー

連絡先：〒468-8502 名古屋市天白区塩釜口 1-501 名城大学理工学部 TEL:052-838-2351

耐荷力は 28kN 程度である。斜めブレース材がボルト連結部で破断し、急激な荷重低下を生じた後、無補強フレームと同様な挙動を示した。

薄鋼板による補強フレーム FC は耐荷力が 116kN まで上昇し、正負の荷重域ともほぼ対称な履歴曲線を描いて挙動している。せん断座屈変形も正負交番による斜張力場を形成し、部材回転角が 2%を超過しても急激な低下は認められなかった。

波形鋼板による補強フレームは耐荷力が 130kN まで上昇し、薄鋼板補強の供試体 FC に比べまとまった紡錘型の履歴を示している。目立ったせん断座屈変形は発生せず、最終的にはパネルの 4 隅に局部変形が発生して耐荷力低下を招いた。

写真 1 に最大荷重時におけるせん断パネルの崩壊状況を示す。薄鋼板では斜張力場を形成して崩壊しているのに対し、波形鋼板はボルト連結部の局部変形がみられる。

繰り返し載荷時の最大荷重点を結んだ包絡線から、初期剛性、降伏荷重および最大荷重、それぞれに対応する部材回転角を求めると、表 1 のようになる。耐荷性能は、正負の載荷領域で多少相違していることがわかる。無補強フレームを基準に平均的な補強効果を調べると、斜めブレース材 (FB) の場合、初期剛性は 1.4 倍、降伏荷重は 1.6 倍それぞれ上昇している。最大荷重は 1.5 倍ほど高くなっているが、斜めブレース材の破断により部材回転角 1% に止まっている。

薄鋼板 (FC) の場合、初期剛性は 4.7 倍、降伏荷重は 5.5 倍それぞれ上昇している。最大荷重は 6.2 倍の上昇が得られ、部材回転角も 2.6%に達している。波形鋼板 (FD) の場合、初期剛性は 4.1 倍、降伏荷重は 5.2 倍それぞれ上昇している。最大荷重は 6.6 倍で一番高く、部材回転角も 2.3%が得られている。

4. あとがき

プレートガーダーの桁端の地震時におけるせん断抵抗を向上させるための基礎的な実験を行った。薄鋼板または波形鋼板を用いれば、相当の補強効果が得られることがわかったが、実用には部分的に取り付けた場合の効果やその簡易の取付け方法などが今後の課題である。

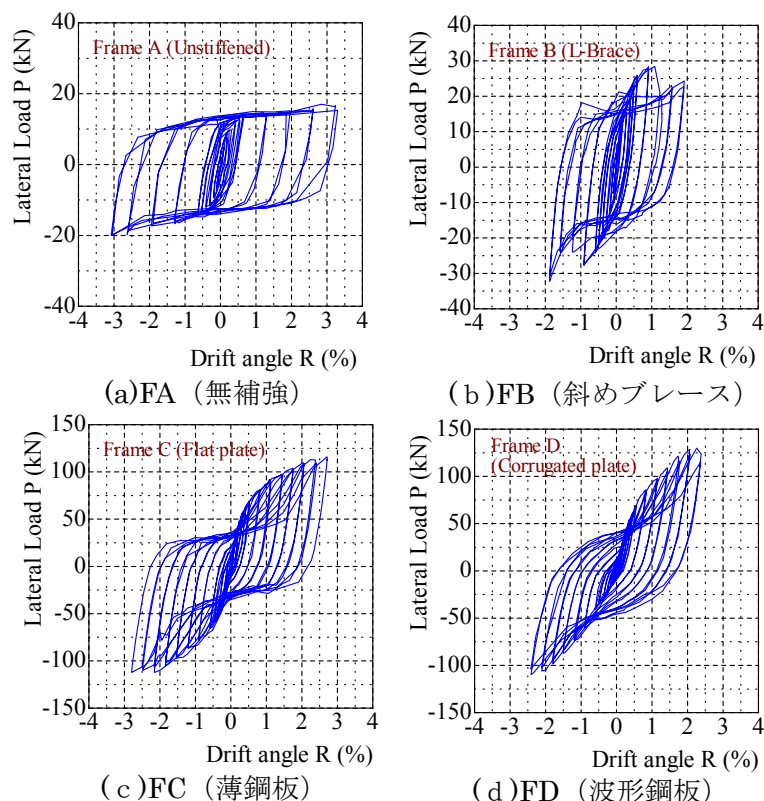


図 2 実験フレームの履歴曲線



写真 1 せん断パネルの崩壊状況

表 1 耐荷性能のまとめ

供試体	初期剛性 (kN/m)	降伏荷重時		R=0.5%の荷重時	最大荷重時	
		P (kN)	R (%)	P (kN)	P (kN)	R (%)
FA (無補強)	4930	9.6	0.19	13.1	17.0	2.84
		-9.4	-0.22	-13.5	-20.0	-3.08
FB (ブレース材)	6690	18.9	0.26	21.7	28.4	1.09
		-12.3	-0.13	-20.3	-27.8	-0.91
FC (薄鋼板)	23360	54.9	0.28	68.5	116.0	2.71
		-49.4	-0.31	-59.6	-110.0	-2.48
FD (波形鋼板)	20280	59.4	0.32	65.3	129.8	2.26
		-39.2	-0.54	-33.1	-109.7	-2.41

注) 上段の黒字は引張載荷、下段の赤字は圧縮載荷の場合を表す