

門形ラーメンはり中央部を想定した鋼箱型部材のせん断崩壊に関する研究

信州大学大学院 ○西澤 功典
信州大学工学部 正員 清水 茂

【はじめに】 先の兵庫県南部地震において、湾岸線の比較的新しい鋼製橋脚で崩壊しているものが見受けられた。被災した箱断面鋼製門型ラーメンのうち、垂直補剛材によって区切られたはり中央部の腹板で、せん断崩壊しているパターンが観察された(Fig.1)。はりの中央腹板にせん断の繰り返し荷重がかかることで、X字に塑性変形した跡が残った。はり中央部(腹板)が塑性変形することで、構造物全体のヒューズ的な役割を果たし、効率よくエネルギーを吸収できれば、比較的補修しやすいはり中央部材での崩壊が有効だと考えられる。

本研究では、鋼製門型ラーメン構造のはり中央部(箱型)を対象に、意図的にこの部分でせん断崩壊させる事を想定し、腹板厚、フランジ厚、鋼種の違いと変形性能との関わりについて、汎用有限要素プログラム Lusas によって静的解析し、まとめたものである。

【解析方法】 解析対象とするはりの区間は、垂直補剛材で区切られる1区間(以下、着目部)とし、はりの連続性を考慮して、着目部の両脇に垂直補剛材間隔の10%幅の載荷・定着桁を取り付けた。Z方向の対称性から手前側半分(Fig.2 メッシュ部)を解析した。腹板は、変形が大きく、せん断による後座屈強度が期待できる正方形とし、フランジは垂直補剛材間隔と同じ幅でZ方向に奥行きを持たせた(着目部は、200cmの立方体)。全モデルの垂直補剛材厚を6mmとし、腹板とフランジ厚は、モデル名の説明と共に Tab.1 に示す。拘束条件は、Z方向で半分に切断した時にできる辺以外の垂直補剛材の辺はX方向に拘束した。載荷・定着端のY方向の拘束以外、全て対称になるようにした。荷重の入力は、Fig.2の↑で示すように、腹板端辺から入力した。

着目部腹板で使用する鋼材の機械的性質は、Fig.3のように通常鋼 SS400 と降伏鋼 LYP235 を想定した。SS400 は、降伏強度 σ_y 、引張強度 σ_u を JIS で定められた最低の値とし、降伏点、引張強度に対応するひずみ ε を実鋼材の値を簡易化して用いた。LPY235 は、降伏強度 σ_y 、引張強度 σ_u 、またそれに

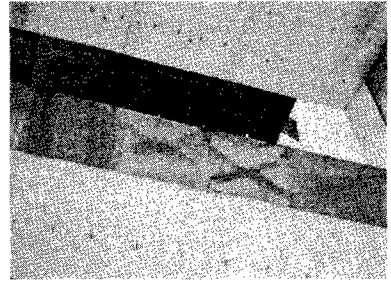


Fig.1 X字に塑性変形したはり中央腹板

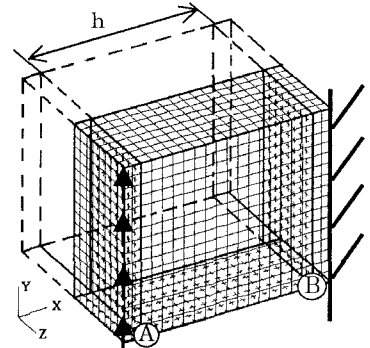


Fig.2 解析モデル

Tab.1 解析モデルのパラメーターとモデル名

内幅厚比	LYP235	SS400	
	フランジ厚15mm	フランジ厚15mm	フランジ厚20mm
腹板厚 14mm(143)	Lf15w14	Sf15w14	Sf20w14
腹板厚 12mm(167)	Lf15w12	Sf15w12	Sf20w12
腹板厚 10mm(200)	Lf15w10	Sf15w10	Sf20w10
腹板厚 8mm(250)		Sf15w08	

Lf15w14 w-腹板厚(mm)
f-フランジ厚(mm)
S-腹板鋼材 SS400 L-腹板鋼材 LYP235

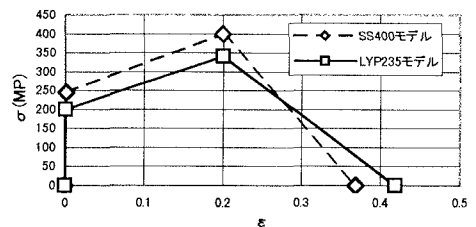


Fig.3 解析で用いた鋼材の機械的特性

対応したひずみ ϵ を、実際の鋼材特性から簡易化した値を用いた。破断点は、SS400, LYP235 とともに、実鋼材の $\epsilon_{\max}$ で、応力が 0 になるように簡易化し、実際よりもかなり低く設定した。フランジは SS400 材、載荷・定着桁は弾性体とした。

【解析結果】 Fig.2 A 点の垂直変位を $P-\delta_{y(A)}$ として Fig.4 に示す。今回の解析では、部分的に腹板の要素が破断点近くまで伸びた事によって、計算が収束しなかった。しかし、着目部の耐力低下に伴い、Fig.5 に示すように、B 点(着目部腹板最右下点)が、定着桁の弾性の働きによって変位を戻している。この事により、鋼材は第三剛性(負勾配)に入り、部材として終局状態に非常に近い所まで求められたと考えられる。

Sf15 シリーズ腹板中心の面外変位 δ_z を Fig.6 に示す。全シリーズに共通の現象として、座屈後、 δ_z が約 2 cm に達すると、着目部腹板の斜張力場でほとんどが降伏(Fig.7)する。腹板でほぼ全ての要素が降伏するまで、面外変位が急増する。耐力が上昇し始めると、 $P-\delta_z$ は同一の勾配に沿って推移して行く。その勾配は、鋼材特性の第二剛性が影響してくると考えられる。

Fig.4 より、 $\delta_{y(A)}$ が約 4cm[せん断変形角 ($\delta_{y(A)}/h=$) $\gamma=0.02$] までの挙動は、フランジ厚に関係なく、腹板厚と鋼種の違いが関係する事がわかる。ここまでは、両端固定、多端単純支持板の条件に近いと考えられる。耐力が再び上昇し始めると、フランジ厚の違いがその後の剛性に影響する。鋼材特性で LYP235 は、SS400 材に比べ $\sigma_{\max}$ が 15%低い、同じ板厚の SS400 材比約 5%減の最大荷重となった。腹板の鋼種とフランジ厚が同一なモデルならば、 $\gamma_{\max}$ はほぼ同じ値となった(Tab.2)。

【まとめ】 腹板に低降伏鋼を用いると、ある程度の耐力を保持しつつ変形能が高まる。フランジを厚めにする事により、座屈後の剛性と終局強度を高める事ができる。

参考文献

- 1) 中井博 北田俊行 他：「巨大地震による鋼製ラーメン橋脚横梁腹板のせん断座屈損傷のシュミレーション」鋼製橋脚の非線形数値解析と耐震設計に関する論文集 pp.223~230 1997
- 2) FEA.Ltd : Lusas ver. 12 User Guide 1997

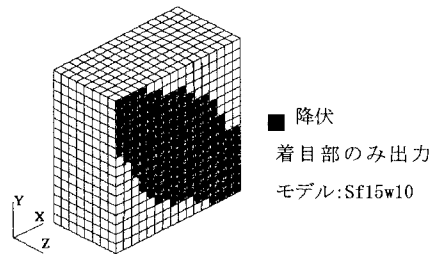
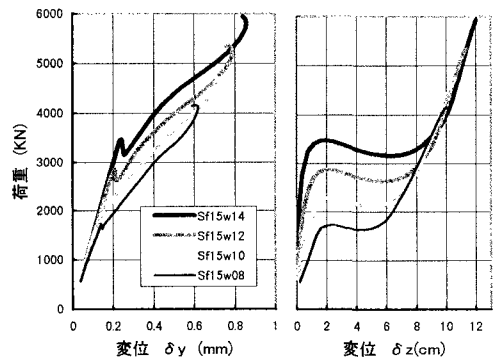
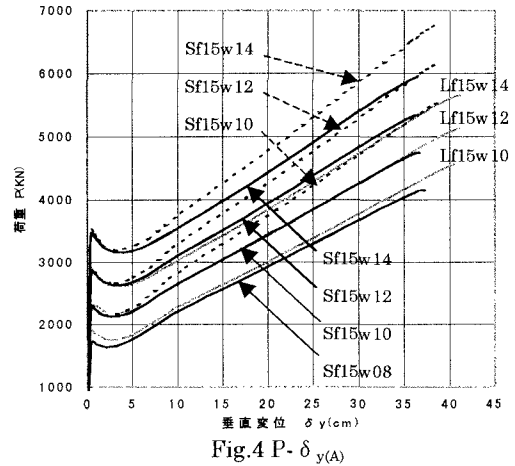


Fig.7 $\delta_z=2\text{cm}$ 時の降伏状況

Tab.2 解析結果(P, γ)

	Web幅厚比	Py	Pmax	$\gamma_{\max}$
Lf15w14	143	2334	5655	0.206
Lf15w12	167	1917	5120	0.206
Lf15w10	200	1426	4577	0.202
Sf15w14	143	2759	5930	0.181
Sf15w12	167	2189	5352	0.183
Sf15w10	200	1627	4741	0.184
Sf15w08	250	1153	4150	0.186
Sf20w14	143	2816	6803	0.195
Sf20w12	167	2207	6177	0.195
Sf20w10	200	1633	5536	0.195

P_y =腹板降伏荷重 $P_{\max}$ =最大荷重