繰り返しせん断を受ける鋼箱形断面ばりの終局強度と変形性能

関西大学大学院	学生員	荒木崇	関西大学大学院	学生員	梅津基義
舞鶴工業高等専門学校	正会員	武田八郎	関西大学工学部	正会員	堂垣正博

1.まえがき

兵庫県南部地震では,構造物の損傷があまりにも甚大であったため,その安全性・信頼性・耐久性が問われた.近年,鋼構造の耐震性能に関する研究が積極的に行われている.本研究では,鋼製2層門形ラーメン橋脚を想定し,その中間ばりのせん断力が卓越する部分に変形を集中させ,地震エネルギーを消散させることでラーメン橋脚の耐震性能を向上させることを検討する.

2.鋼製箱形断面ばりのモデル化

フランジの幅と厚さが b_f , t_f , 腹板の幅と厚さが b_w , t_w からなる長さlの無補剛箱形断面ばりを解析対 象とする.これは, 2層門形ラーメンの1層目中間 はりにおいて, せん断力が卓越する部分をモデル化 したものである.その弾塑性有限変位解析をFig.1 に示す板要素(長さ3aの中間3パネル部分)とはり 要素(両側部分)からなる結合有限要素モデルで行 う.ただし,解析では断面形状や載荷荷重の対称性 から断面のz方向に1/2部分を対象とした.





3.解析手法

鋼製箱形断面ばりの弾塑性有限変位解析に汎用有限要素プログラム"MARC"を適用する.この場合,降 伏の判定にvon Misesの等価応力,塑性条件にPrandtl-Reussの流れ則,硬化則に混合硬化則を選択した.また, 鋼材の応力-ひずみ曲線にbi-linear型を仮定し,そのひずみ硬化係数を縦弾性係数Eの1/100とした.幾何学 的・材料的非線形性を考慮した有限要素の定式化にUp-dated Lagrangian手法を適用し,非線形代数方程式の 解法にNewton-Raphson法と弧長増分法を選択した.

はりの左端を上下および左右に変位拘束したまま,右端にせん断力に等価な 作用の変位 δ を上下の方向に与えた.載荷パターンとして,Fig.2に示す漸増載 荷(点線)と,一定振幅の変位を正負交番に1サイクル与えた後に振幅を増 加させる,いわゆる繰り返し変動振幅載荷(実線))を取り扱った.ただし, 降伏せん断力Q,に対応する降伏せん断変位δ,を

Fig.2 荷重の載荷形式

とした.ここに,Gはせん断弾性係数である.

4.数値解析結果とその考察

 $\delta_{y} = \frac{aQ_{y}}{2Gb_{w}t_{w}}$

数値解析を行うに当たり、部材に鋼種SM490Yを仮定し、その降伏点応力を σ_y =365MPa (t 16mm)、 σ_y =355MPa (t > 16mm)、縦弾性係数をE=206GPa、ポアソン比をv=0.3とした.

有限要素としてのはり要素には1節点3自由度のはり-柱要素を,板要素には1節点6自由度の四辺形 厚肉線形シェル要素を用いた.この場合,はり要素部分を6分割,板要素部分ではフランジと腹板を部材軸 方向に14分割,部材軸直角方向にフランジを6分割,腹板を14分割した.板厚方向の層数は9である.また,

Key Words: 耐荷力, 変形性能, 繰り返しせん断 連絡先: 〒564-8680 大阪府吹田市山手町3-3-35

TEL/FAX: 06-6368-0882

(1)

はりの細長比パラメータを $\overline{\lambda}$ =0.4,フランジと腹板の幅厚比 パラメータを R_{f} =0.632, R_{w} =0.654とした.ただし,はり中央 部の幅厚比パラメータはその限りでない.なお,初期不整と して,初期たわみのみを考慮した.

せん断力が漸増載荷された場合, $a/b_w = 1.0$,断面形状の 比 $b_w/b_f=1.0$,腹板の幅厚比が $b_w/t_w=100$ で,はり中央部でのフ ランジと腹板の板厚の比が $t_f/t_w=1.0$,1.5,3.0の場合のせん断 力-せん断変位の関係を求めれば,Fig.3を得る.図中,縦 軸は降伏せん断力 Q_y で無次元化されたせん断力 Q/Q_y ,横軸 は降伏せん断変位 δ_y で無次元化されたせん断力 Q/Q_y ,横軸 は降伏せん断変位 δ_y で無次元化されたせん断変位 δ/δ_y である. 図によれば,フランジが比較的薄い場合,降伏後の劣化が顕 著に現れている.一方,フランジが厚くなると,ひずみ硬化 による強度の増大が生じている.

a/b_w=1.0, b_w/b_f=1.0, t_f/t_w=1.67で,はり中央部の腹板の幅 厚比をb_w/t_w=100,150,200と変化させた場合,せん断力-せん断変位の関係を求めれば,Fig.4を得る.ここに,点線 と実線はそれぞれ漸増載荷時と繰り返し載荷時の履歴曲線を 示す.

図から明らかなように、せん断力を受ける薄肉部材特有 の履歴曲線を描いている.すなわち、せん断力が正から負あ るいは負から正へと移り変わる過程で、腹板の面外変形モー ドが急変し、飛び移りのような現象を呈する.この時点でせ ん断荷重の一時的な減少が生じる.しかし、腹板の面外変形 のモードが定まり、斜張力場が形成されると、その履歴曲線 は漸増荷重の場合のそれに漸近し、安定な変形挙動を呈する ようになる.これは、腹板内に形成されていた斜張力場がせ ん断荷重の減少とともに徐々に消滅し、その後、荷重の反転 でそれまでとは逆の対角線方向に張力場が形成されるためで ある.この現象は、幅厚比の大きい腹板ほど顕著である.

また,累積エネルギー吸収量-荷重サイクルの関係は Fig.5のようになる.ここに,エネルギー吸収量はFig.4に表 される1サイクルの履歴曲線で囲まれる領域の面積を足し合 わせたものである.

5.まとめ

繰り返しせん断を受ける鋼製箱形断面ばりの終局強度と変形 性能を解析的に明らかにした.箱形断面ばりの腹板を薄肉化によ って,その部分に塑性変形を集中させ,エネルギー逸散を果たす ことができることがわかった.

なお,本研究の一部は,平成12年度関西大学学部共同研究費に よって行った.

参考文献 1)渡辺・宇佐美:土木学会第55回年次学術講演会講 演概要集,I-B206,2000-9.



Fig.5 累積エネルギー吸収量

荷重サイクル

-641-