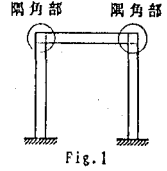


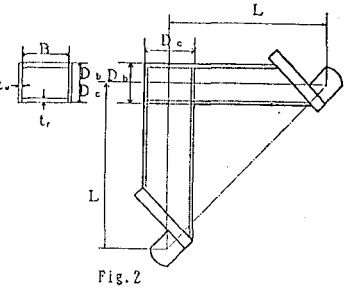
鋼製ラーメン隅角部の極限強度に関する実験的研究

大阪大学工学部 正 員 西村宣男 大阪大学大学院 学生員 黄 元燮
大阪大学大学院 学生員 〇佐々木淑充 川崎製鉄 小林博之

1.はじめに 現在、都市高架道路の橋脚構造として箱型断面のはり・柱からなる鋼製ラーメンが多用されている。限界状態設計法の導入に備えて、はり・柱の接合部であるラーメン隅角部(Fig.1) 構造の終局限界状態の照査法を合理化することが必要である。部材の一般部と異なり、隅角部では塑性挙動に対して構成要素の局部座屈のほか、構造詳細に関わる応力集中、溶接法など複雑な要因が関係するものと考えられる。本研究は極限強度に対するこれらの要因の影響を明らかにするために計画された模型実験の結果から、隅角部における応力分布、変形特性、極限強度について過去の研究との比較、繰り返し载荷の影響について考察を行った。



2.実験方法 供試体は門型ラーメンのはり・柱接合部(隅角部)を対象とした箱型断面のL型縮尺モデルを用い、Fig.2, Table-1に示すようにBL-1-3の3種類とした。ただし、供試体末端の英文字Mは漸増载荷、Cは繰り返し载荷を示す。BL-1 のフランジは局部座屈が先行しないように幅厚比 $B/t_f=30$ とし、BL-2 は B/t_f が変化した場合の比較検討のため $B/t_f=40$ 、BL-3 でははり・柱のウェブ高さが異なる場合の比較検討のためフランジは $B/t_f=30$ のままで柱部のウェブ高さを変化させた。载荷装置の全体図をFig.3 に示す。支承は凸形と凹形の組合せを用い、



両端ヒンジ支持となるようにした。载荷は実構造における曲げモーメントとせん断力の組合せを再現するようにした。地震力による部材断面の応力が許容応力度を上回るような状態を考慮するため、門型ラーメン構造に地震力が作用する荷重状態を想定し、漸増载荷、繰り返し载荷を行った。载荷は油圧ジャッキで行った。繰り返し载荷は漸増载荷の結果をもとに载荷荷重Pと供試体の支承間変位 δ の関係において、弾性域の傾き(接線)と、弾性域後最高荷重に達するまでの傾きの交点の変位を $\Delta\delta$ として、 $\Delta\delta$ を各繰り返し载荷時の変位増分とした。変位計を用いて隅角部ウェブパネルのせん断変形と上下支承間の変位を計測し、隅角部および近傍のひずみ分布を計測した。

Table-1 Dimensions of Test Specimens

Specimen	B(mm)	t_f (mm)	D_c (mm)	D_s (mm)	t_w (mm)	L (mm)	Plate slenderness		
							R_r	R_{w_s}	R_{w_c}
BL-1M	180.5	5.9	160.2	160.5	4.4	609	0.639	0.723	0.724
BL-1C	180.4	5.9	160.4	160.4	4.4	608	0.639	0.724	0.724
BL-2M	240.4	6.0	211.0	210.1	4.5	806	0.838	0.931	0.927
BL-2C	240.8	6.0	210.3	209.9	4.4	805	0.839	0.949	0.947
BL-3M	180.5	6.0	209.9	160.4	4.5	627	0.629	0.926	0.707
BL-3C	180.6	5.9	210.0	160.4	4.4	629	0.640	0.947	0.724

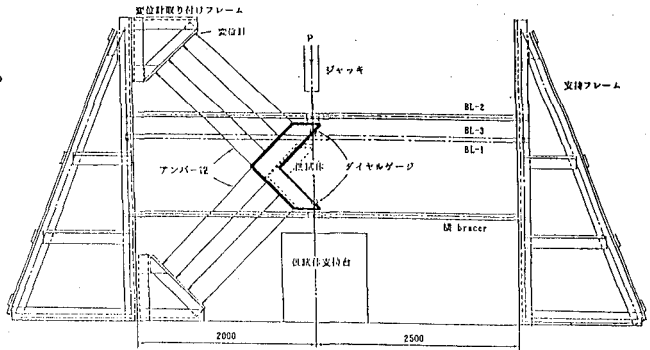


Fig. 3

Table-2 Strength and Failure Modes

Model	$P_{max}(t)$	P_{max}/P_y	Failure Mode
BL-1M	12.1	0.875	Panel Buckling
BL-1C	12.3	0.887	Panel Buckling
BL-2M	15.8	0.842	Panel Buckling
BL-2C	15.8	0.844	Panel Buckling
BL-3M	14.5	1.057	Flange Buckling
BL-3C	13.1	0.974	Flange Buckling

P_y : Yielding Load at the Panel Center according to beam theory

3.実験結果 最大荷重と崩壊形式をTable-2 に示す。荷重とせん断変形の関係を示すFig.4-6 をみると、ウェブのパネル座屈によりBL-1, BL-2では塑性域に移行後、最大荷重を維持しながら大きく塑性変形をしている。ただしBL-2は载荷中止直前で急激な荷重低下を示しているが、隅角

部ウェブの溶接部の亀裂により生じたものである。BL-3は下フランジに曲げ座屈が生じたことにより、隅角部ウェブの塑性変形が余り進行せずに荷重低下がおこった。隅角部ウェブのせん断変形が全体の変形に占める割合を見るために、載荷荷重と支承間の相対変位 δ 、せん断変形による支承間変位 δ_r の関係を比較しFig.7~9に示す。BL-3は最大荷重に達した後 δ と δ_r の間が大きく開き、下フランジの座屈の影響が現れている。BL-1,2は δ と δ_r の差は小さく、隅角部ウェブのせん断変形の影響が大きいと言える。荷重の繰返しによる影響を検討する。BL-1, BL-2の2つは、Fig.4,5あるいは、荷重と支承間変位 δ の関係を示すFig.10によると、初期不整の影響など多少の差異は生じているものの、漸増載荷と繰返し載荷の変位経路にほとんど差はみられない。ウェブが塑性変形することにより崩壊するこの2つのモデルは繰返し載荷の影響はないといつてよい。BL-3はFig.6と荷重と支承間変位 δ の関係を示すFig.11をみると、最大荷重や変位経路に他のモデルとは異なって、BL-3MとBL-3Cの間に差異がみられる。最大荷重は、BL-3は10%程度繰返し載荷の方が小さい値になっており、フランジ座屈タイプに対しては繰返し載荷の影響が生じたと考えられる。次に、変形性能については、いずれのモデルともFig.4~6に示すように弾性限変位の7~8倍の変位まで最大荷重に近い強度を維持している点より、今回の載荷状態に対しては十分あると言える。初期降伏荷重を提案しているBeedleによる隅角部ウェブの降伏強度や奥村らによるフランジの降伏強度をTable-3に示し、Fig.4~11にその値を示す。パネル座屈タイプのBL-1,2はBeedleによる算出強度で荷重変位関係の急変が起こっており、フランジ座屈タイプのBL-3では奥村らの算出強度で荷重変位関係が急変している。また、BL-1とBL-2はパネルの降伏の後、奥村らによるフランジが降伏する荷重がほぼ最大強度になっている。これらより、Beedleの初期降伏荷重の算出方法や、奥村らの降伏強度の算出方法が妥当であることが分かる。更にこれらの理論に基づく現行の設計は、隅角部に関して妥当な評価を与えているといえる。

4.結論 本研究ではラーメン隅角部に着目し、応力分布、変形特性、極限強度について実験結果と過去の研究との比較評価を行った。また繰返し載荷の影響などを検討した。なお、今後引き続き交番載荷、軸力・モーメントの組合せなど載荷方法を変えて、変形性能について実験および解析により明らかにしていく予定である。

参考文献： 1)Beedle,L.S. and Johnston,B.G.:Connection for Welded Continuous Portal Frames,Welding Journal,Vol. 30,1952. 2)奥村敏恵,石沢成夫:薄板構造ラーメン隅角部の応力計算について,土木学会論文集,No. 153,1968.5. 3)酒造敏広:鋼製ラーメン隅角部の崩壊性状と変形性能について,第44回年次学術講演概要集1,1989.10.

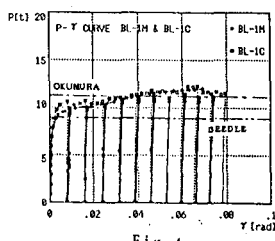


Fig. 4

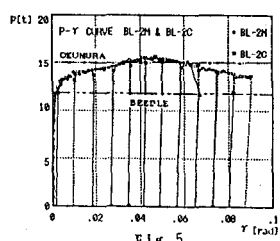


Fig. 5

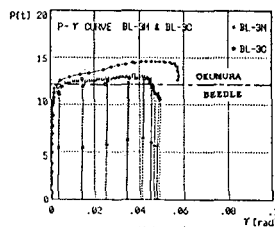


Fig. 6

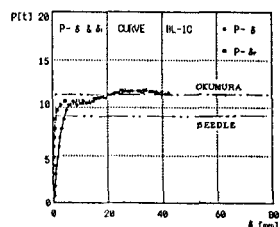


Fig. 7

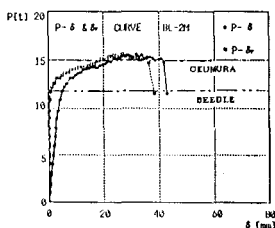


Fig. 8

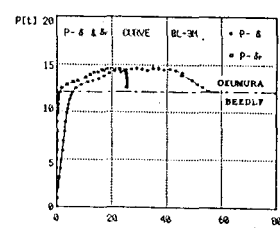


Fig. 9

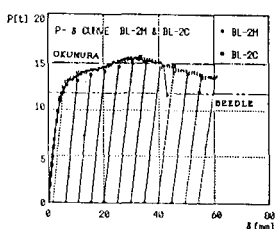


Fig. 10

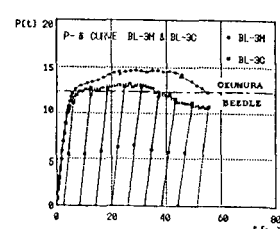


Fig. 11

Table-3 Strength (t)

Model	OKUMURA	BEEDLE
BL-1M	11.4	9.0
BL-1C	11.5	9.0
BL-2M	15.0	12.1
BL-2C	15.0	11.8
BL-3M	12.2	12.3
BL-3C	12.2	12.0