

ラーメン隅角部の崩壊形式とパネルの降伏耐力との相関性について

早稲田大学大学院 学生員 ○高久英彰

早稲田大学
東京電機大学

フェロー 依田 照彦
正会員 井浦 雅司

1.現状における問題と研究目的

ラーメン隅角部の耐荷機構は既往の実験的研究とFEM解析との比較によりある程度追跡出来ることが明らかとなった。しかしながら、現状ではラーメン隅角部の耐荷機構を汎用性のある形で表現することは困難であった。その背景には、複雑に力が作用する隅角部では隅角部で崩壊するか、周辺のはり・柱部材で崩壊するかが判別できなかったことが挙げられる。隅角部が降伏した後の十分な変形性能と強度を考えると、せん断変形が卓越する隅角部での崩壊過程を明確に表現し、新たな設計手法を導き出すことの意義は大きいと考えられる。本研究では、大阪大学¹⁾、大同工業大学²⁾、東京電機大学での実験データを用いて、隅角部に作用する断面力を正確に把握し、せん断が卓越する隅角部を含むラーメン構造が崩壊する部位を評価できる算定式、もしくはパラメータを提案することを目的とする。

2.対象モデル

本研究で検討するモデルを以下の図1に示す。また既往の供試体の寸法を表1に示す。

3.研究課程

既往の研究において、実験値と解析値との整合性がそれぞれの荷重－変位関係及び図2の変形状況等により確認された。

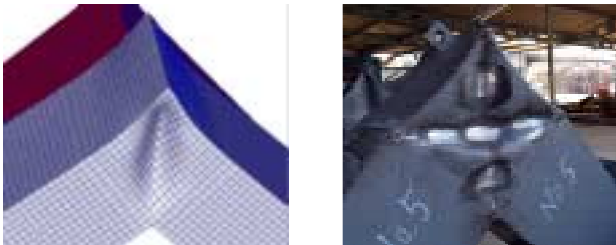


図2 隅角部の実験の変形状況と解析による変形状況

隅角部の圧縮、引張応力の流れを図3に示す。これより、隅角部はせん断が卓越していることが確認で出

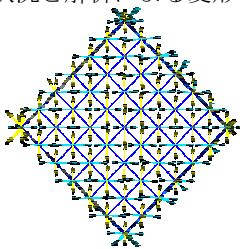


図3 圧縮および引張応力の流れ

隅角部ではせん断降伏した後、耐力は上昇する。したがって、隅角部では斜張力場が生じ、メカニズムへの移行が起こっていると考えられる。しかしながら、実験での座屈状況から判断すると、不完全斜張力場理論で考慮される降伏帯が生じていると推察出来、隅角パネルで座屈した供試体に不完全張力場を適用することは、ラーメン隅角部耐荷機構を探る上で重要な課題と考えられる。

表1 既往の実験供試体の寸法

	供試体	b	tf	Db	Dc	tw	Lb	Lc	L
大阪大学	A2M	244.5	6.0	204.0	204.0	4.5	589.0	589.0	698.0
	A3M	184.5	6.0	204.0	154.0	4.5	409.0	434.0	518.0
	B1M	275.6	8.8	201.2	201.2	5.6	567.4	567.4	799.4
	B2M	335.6	8.7	271.3	271.3	5.6	732.4	732.4	964.4
	B3M	275.6	8.8	271.2	271.2	5.6	532.4	532.4	764.4
	D1M	248.9	12.5	157.5	157.5	8.9	671.3	671.3	921.3
	D2M	248.9	12.7	157.5	157.5	8.9	671.3	671.3	921.3
大同工業大学	K1S-M-S	150.0	6.0	149.6	149.6	4.4	425.2	425.2	500.0
	K2R-M-B	149.4	6.0	199.7	149.8	4.4	400.2	400.1	500.0
	K3S-C-S	150.1	5.9	149.4	149.7	4.4	425.3	425.2	500.0
	K4R-C-B	149.9	5.9	159.7	119.6	4.4	320.2	320.2	400.0
	K5S-C-S	150.1	5.9	149.6	149.7	4.3	425.2	425.2	500.0
	K6R-C-S	150.0	5.9	159.4	119.8	4.3	320.3	320.1	400.0
東京電機大学	No. 1	300.0	8.5	300.0	300.0	5.9	594.3	594.3	1309.3
	No. 2	300.0	8.5	270.0	270.0	5.9	624.3	624.3	1339.3
	No. 3	300.0	8.5	240.0	240.0	5.9	654.3	654.3	1369.3
	No. 4	300.0	8.5	210.0	210.0	5.9	684.3	684.3	1399.3
	No. 5	300.0	8.5	310.0	310.0	5.9	584.3	584.3	1299.3

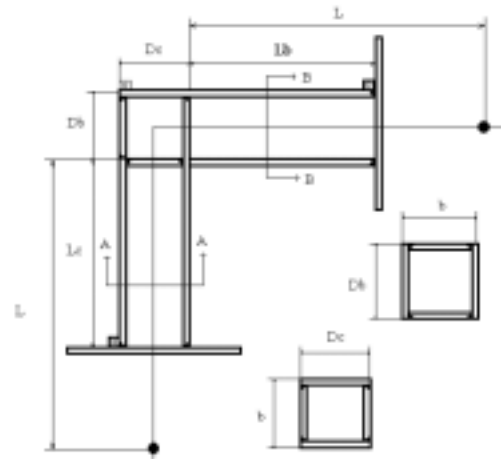


図1 供試体の寸法図

4. 崩壊形式の分類に関する提案

パネルの降伏耐力比

梁・柱の降伏モーメント ($_BMy$, $_cMy$) の内、小さい方に対するパネルの降伏耐力(pMy)の比、 R_y を次式により求める。

$$R_y = \frac{pMy}{\text{Min}[_cMy, _BMy]} \quad (1)$$

本研究では、パネルの降伏耐力を算定する際³⁾、隅角部に作用するせん断力をモーメントから算出し⁴⁾、パネルの降伏耐力の式に新たに軸力の影響を考慮している。パネルの降伏耐力の算定式を以下に示す。

$$pMy = \frac{16}{9\sqrt{3}} \sigma_y D_B D_c t + \frac{N}{2} (D_B \text{ or } D_c) \quad (2)$$

ここに、 N は、はり・柱部に作用する軸力である。

一方、はり・柱の降伏モーメントを各供試体に対し通常の方法により算定する。

表2に各実験供試体のパラメータを示す。

表2 各供試体パラメータ

		pMy	$_BMy$ or $_cMy$	R_y
東京電機大学	No. 1	187185.7	216048.6	0.866
	No. 2	149880.3	189588.6	0.791
	No. 3	117265.3	164208.6	0.714
	No. 4	97461.9	153899.5	0.633
	No. 5	234619.7	262626.7	0.893
大阪大学	A-2M	60553.3	70737.3	0.856
	A-3M	55779.3	49262.4	1.132
	B-1M	87810.6	132336.9	0.664
	B-2M	161672.0	219652.9	0.736
	B-3M	169231.6	190056.1	0.890
	D-1M	151314.5	244449.4	0.619
	D-2M	126705.1	207049.0	0.612
大同工業大学	K-1S-M	35380.3	38075.7	0.929
	K-2S-M	49228.3	38029.1	1.294
	K-3S-M	37985.1	40955.0	0.927
	K-4S-M	33766.2	30591.0	1.104
	K-5S-M	22804.0	24874.1	0.917
	K-6S-M	20155.4	18729.4	1.076

降伏耐力比と崩壊形式の相関性

前述の降伏耐力比を用いて各供試体の崩壊形式との相関性を調べる。その際、各実験において観察された崩壊形式を以下に列挙する3通りと判断した。

- TYPE T: パネルのせん断応力が降伏に達する前に、はり・柱部の応力が増大しはり・柱部で座屈する場合。隅角部に僅かなせん断座屈、はり・柱部に大きな座屈たわみが生じる。
- TYPE S: パネルのせん断応力が降伏に達し、パネルで大きなせん断座屈変形が生じる場合。
- TYPE B: 上記の両者が連成して生じる場合。
パネルが僅かに座屈し、はり・柱部でも僅かな局部座屈が生じる。

以上3タイプの崩壊形式は実験最終段階での状態である。

各供試体の降伏耐力比と上述の崩壊形式の関係を、表3に示す。ここでは、 R_y 値を規準として数値の大きい順に並べた。

表3 各供試体の R_y 値による崩壊形式の分類

供試体	R_y	崩壊形式
K-2S-M	1.294	T
A-3M	1.132	T
K-4S-M	1.104	T
K-6S-M	1.076	T
K-1S-M	0.929	S
K-3S-M	0.927	S
K-5S-M	0.917	S
test5	0.894	S
B-3M	0.890	S
test1	0.868	S
A-2M	0.856	S
test2	0.790	S
B-2M	0.736	S
test3	0.713	S
B-1M	0.664	B
test4	0.633	B
D-1M	0.619	B
D-2M	0.612	B

以上の結果から、降伏耐力比と崩壊形式との比較により、降伏耐力比を用いて耐力低下に影響を及ぼす崩壊形式を分類することが可能であると思われる。

5. 結論

(1) パネルの降伏耐力算定

パネルの降伏算定式に外力によって生じる軸力の影響を含めることにより、パネルが降伏するまでの耐力を表現することが可能であることが分かった。

(2) パネルの降伏耐力比

既存の研究で示された、はり・柱の全塑性モーメントに代わり降伏モーメントを使用してパネルの降伏耐力比を新たに表現することにより、供試体崩壊状態の分類が可能である。

参考文献

- 1) 黄、西村、高津：鋼製ラーメン橋脚隅角部の強度と変形能に関する実験的研究、構造工学論文集、1994年3月
- 2) 酒造、事口：鋼製ラーメン隅角部の崩壊性状と変形性能に関する実験的研究、構造工学論文集、1991年3月
- 3) 土木学会編：鋼構造物の終局強度と設計、平成6年7月
- 4) 長谷川隆：接合パネルが塑性化する鉄骨構造骨組の地震応答性状に関する振動台実験、日本建築学会構造系論文集、2000年2月