

円形橋脚と矩形梁からなるラーメン構造の実験的研究

東京電機大学大学院 学生員 大島要一*
東京電機大学 正会員 井浦雅司*

1. はじめに

既往の鋼製ラーメン構造に注目すると、橋脚には矩形あるいは円形断面が、梁には矩形断面が用いられることが多い。橋脚と梁が矩形断面よりなるラーメン構造の研究は数多く報告されているが、円形橋脚と矩形梁よりなるラーメン構造の研究は少なく、奥村・石沢¹⁾の研究に代表されるように、矩形梁が円形橋脚に埋め込まれるタイプについて報告されているに過ぎない。そこで本報告では、円形橋脚と矩形梁よりなるラーメン構造について、円形橋脚が矩形梁に埋め込まれるタイプのラーメン構造について実験を行い、ラーメン隅角部の補剛方法について考察する。また、汎用有限要素法プログラム NASTRAN により得られた解析結果と実験結果を比較検討する事を目的とする。

2. 実験概要

2.1 実験方法

実験装置の全体図を図-1に示す。載荷方法は、供試体の円柱の中心から梁先端部 1500mm のところでアクチュエータを用いて縦力を変位制御により正負漸増一回繰返載荷した。この時各ループの変位は、供試体の円柱部分で測定している歪から求まる応力の平均が、降伏応力の半分に達する時を基準とした。歪ゲージ添付位置は、図-1に示すように柱と梁の接合部から柱では5cmの所に2箇所、梁では7cmの所に6箇所である。

2.2 実験供試体

図-2に示す2種類の補剛をした供試体を表-1に示す材料諸元で計9体作製した。材料は全てSS400で、その素材の材料定数を表-2に示す。供試体断面は、柱を直径300mmの円管とし、梁はフランジプレート幅が500mm、ウェブプレート幅が400mmの箱形である。

3. 解析概要

本実験供試体(No.1,1-1,3,3-1)とほぼ同一寸法の解析モデル4体を用いて、汎用有限要素法プログラム NASTRAN により数値解析を行う。応力-歪関係は、実験素材の引張試験結果に基づき多角形曲線近似とした。硬化則は複合硬化則とし、初期不整、残留応力は無視した。その他の材料特性は表-2の値を用いた。解析モデルの名称は、実験供試体番号の前にAを付け、例えばNo.1をNo.A1とする。

4. 実験結果及び解析結果

4.1 包絡線及び座屈挙動

最大耐力と座屈発生ループを表-3に、また縦軸に荷重、横軸に各ループの最大変位をとった包絡線を図-3に示

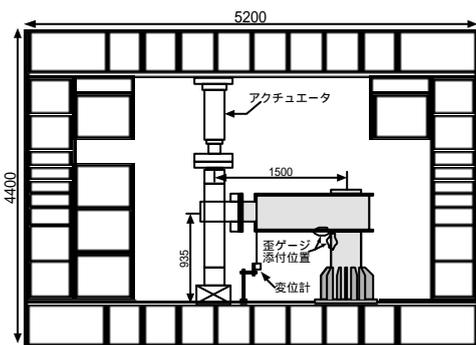


図-1 実験装置

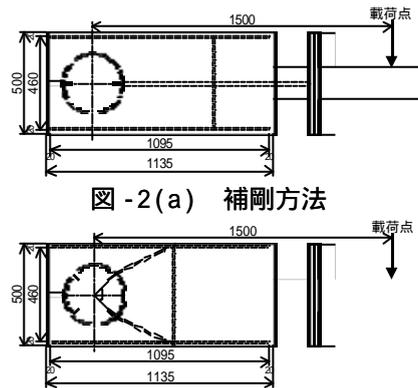


図-2(a) 補剛方法

図-2(b) 補剛方法

表-3 最大耐力、座屈発生ループ

供試体 No.	最大耐力(KN)	座屈発生ループ
1	140	-136 4
1-1	218	-222 5
2	147	-141 5
3	145	-141 5
3-1	217	-220 6
4	144	-137 4
5	150	-145 5
5-1	223	-225 6
6	151	-144 5
A1	109	-98 4
A1-1	167	-149 6
A3	137	-120 5
A3-1	205	-168 5

表-1 材料諸元

供試体 No.	円柱 (mm)	板厚		リブ (mm)	補剛材 (mm)	リブ本数 (本)	補剛材角度 (°)	補剛方法タイプ
		梁フランジ (mm)	梁ウェブ (mm)					
1	6	8	6	-	12	-	-	-
1-1	9	45	6	-	12	-	-	-
2	6	8	6	-	6	-	30	-
3	6	8	6	-	6	-	45	-
3-1	9	45	45	-	6	-	45	-
4	6	8	6	-	6	-	60	-
5	6	8	6	6	12	2	-	-
5-1	9	45	6	6	12	2	-	-
6	6	8	6	6	6	4	45	-

表-2 材料定数

供試体 No.	円柱			梁フランジ			梁ウェブ		
	ヤング率 *10 ⁶ (kgf/cm ²)	降伏応力 *10 ³ (kgf/cm ²)	ポアソン比	ヤング率 *10 ⁶ (kgf/cm ²)	降伏応力 *10 ³ (kgf/cm ²)	ポアソン比	ヤング率 *10 ⁶ (kgf/cm ²)	降伏応力 *10 ³ (kgf/cm ²)	ポアソン比
1	2.100	3724	0.330	1.998	3035	0.300	1.888	3258	0.282
1-1	2.100	3714	0.370	1.957	3553	0.287	1.940	3229	0.283
2	2.100	3724	0.330	1.998	3035	0.300	1.888	3258	0.282
3	2.100	3724	0.330	1.883	2927	0.285	1.986	3241	0.284
3-1	2.100	3714	0.370	1.922	3098	0.294	1.922	3098	0.294
4	2.100	3724	0.330	1.883	2927	0.285	1.986	3241	0.284
5	2.100	3724	0.330	1.994	3300	0.288	1.943	3260	0.277
5-1	2.100	3714	0.370	1.957	3553	0.287	1.900	3229	0.283
6	2.100	3724	0.330	1.994	3300	0.288	1.943	3260	0.277

Key Words : ラーメン構造, 最大耐力, 柱・梁

* 〒 350-0311 埼玉県比企郡鳩山町石坂 東京電機大学大学院理工学研究科建設工学専攻 Tel 0492-96-2911

す．図-3(a)の実験結果から得られた包絡線より，補剛方法に関係なく円柱板厚が9mmの供試体 No.1-1,3-1,5-1の最大耐力が高くなることがわかった．これは図-3(b)の解析結果より得られた包絡線からも同様の傾向であることがわかった．円管板厚が6mmの供試体では，最大耐力がほぼ同一であった．しかし，供試体 No.5,6 のように円管に縦リブを入れる事により初期剛性は高くなるが，最大耐力後の剛性低下が急激であった．実験結果及び解析結果共に，補剛方法に関係なく最大耐力を迎える頃に円管で座屈が起こった．

4.2 梁下フランジ表面応力分布

図-4は，添付した歪ゲージで測定した梁下フランジ表面における応力分布を示す．図-4(a)は補剛方法の応力分布であり，図-4(b)は補剛方法の応力分布である．供試体 No.1,5とNo.1-1,5-1, No.2,3,4,6でそれぞれ応力分布の傾向が同様であったので，供試体 No.1,1-1とNo.3,3-1の応力分布を示した．実験結果は白抜きマークで，解析結果は実線と点線である．ここでは，座屈が発生する前の繰返載荷の変位が2の応力分布を示している．

図-4(a)の補剛方法では，実験結果と解析結果の応力はほぼ同一の値を示していることがわかる．また梁中心部の補剛材から約5cm離れた所で最大応力となり，梁中心部の補剛材付近で応力が急激に変化している．梁フランジ板厚の異なる供試体 No.1,1-1を比較すると，応力分布は同様の傾向を示すものの最大応力への影響が確認された．図-4(b)の補剛方法では，供試体 No.3では実験結果と解析結果とはほぼ同一の値を示しているものの，供試体 No.3-1では両者の結果に若干の差異が認められる．応力分布に注目すると，梁補剛材が円柱から梁ウエブに向かって補剛されているため，応力が梁中心部に集中しており，これは実験・解析結果共に同様の傾向であることがわかった．

4.3 梁下フランジ面内・面外応力分布

実験では，梁下フランジ表面で歪を測定しているため，面内・面外応力について区別する事ができない．そこで図-5に解析結果における梁下フランジ面内・面外応力分布を示す．面内応力は黒塗りマークの実線，面外応力は白抜きマークの実線で示した．図-5(a)には補剛方法のNo.A1,A1-1応力分布を，図-5(b)には補剛方法のNo.A3,A3-1応力分布を示す．ここでも，図-4と同様に座屈が発生する前の繰返載荷の変位が2の応力分布を示している．

図-5(a)の補剛方法における面外応力に注目すると，それ程大きな値ではなく梁フランジの板厚に関係なくほぼ同じ値の応力であり，梁中心部の補剛材付近で負の応力となっている．しかし，面内応力に注目すると，応力分布の傾向は同様であるが，最大応力は異なっているのが分かる．この事より，図-4(a)に示した梁下フランジ表面の応力に面内応力が大きく影響していることがわかる．図-5(b)の補剛方法においても，補剛方法と同様に面外応力はそれ程大きな値ではなく梁フランジの板厚に関係なくほぼ同じ値の応力である．また，面内応力についても最大応力は異なるが応力分布の傾向は同様であり，図-4(b)に示した梁下フランジ表面の応力に面内応力が大きく影響していることがわかる．

参考文献

- 1) 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, pp.1-16，1968

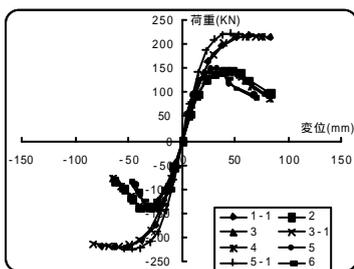


図-3(a) 包絡線(実験結果)

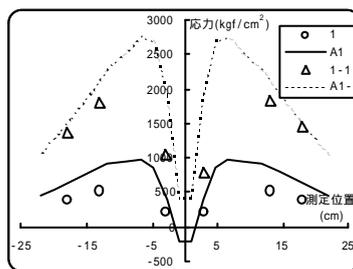


図-4(a) 補剛方法
梁下フランジ表面応力分布

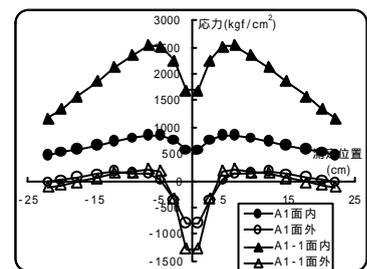


図-5(a) 補剛方法
面内・面外応力分布

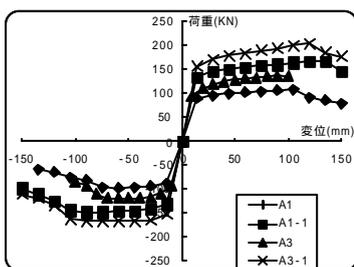


図-3(b) 包絡線(解析結果)

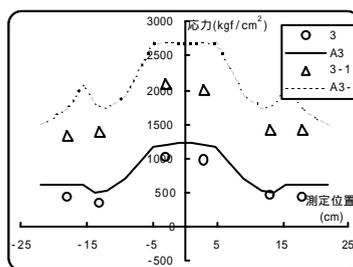


図-4(b) 補剛方法
梁下フランジ表面応力分布

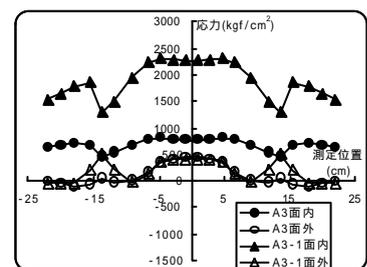


図-5(b) 補剛方法
面内・面外応力分布