第 I 部門　　**鋼製ラーメン橋脚隅角部の耐震性能に関する解析的研究**

大阪大学大学院工学研究科　学生員　○田中　耕太郎
大阪大学名誉教授　フェロー　西村　宣男
大阪大学工学部　学生員　Maina Victor Nango
大阪大学大学院工学研究科　正会員　小野　潔
大阪大学大学院工学研究科　学生員　宮田　亮
大阪大学大学院工学研究科　正会員　奈良　敬

1.　研究の背景と目的

兵庫県南部地震での鋼製橋脚の被害を受けて，鋼製橋脚についても塑性域における強度および変形能に着目した設計法が導入されてきている．しかし，鋼製ラーメン橋脚に対する塑性化を考慮した耐震設計の考え方は未だ確立されていない．そのため，隅角部の弾塑性挙動特性を明らかにしたうえで，それを考慮した新しい設計法を確立することが求められている．また，隅角部では疲労損傷が大きな問題となっており，疲労に考慮した構造詳細も検討されている．以上のような背景を踏まえて，まず疲労に考慮した構造詳細を有する試験体を作成して正負交番載荷実験を行い，強度や変形能に関する基礎的データを入手した．実験だけでデータを蓄積していくのは不可能であるため，実験結果との比較により妥当性を検証した弾塑性有限変位解析法により，フランジパネルの幅厚比パラメータ R_R，R_F やリブ剛度 γ_l/γ_l^* が鋼製ラーメン橋脚隅角部の耐震性能に与える影響を明らかにしていくことを本研究の目的とする．

表−1　解析モデル表

	No.1	No.2	No.3
R_R	0.30	0.50	0.50
R_F	0.30	0.50	0.30
γ_l/γ_l^*	1.00	1.00	2.80

2.　解析概要

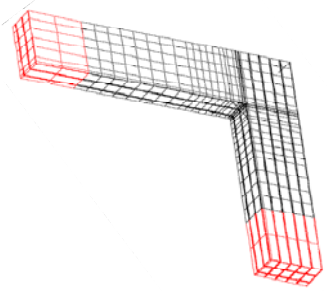
2.1　解析モデルの設定

解析モデルは，フランジ単一パネルの幅厚比パラメータ R_R，フランジ全体パネルの幅厚比パラメータ R_F，フランジパネルのリブ剛度 γ_l/γ_l^* をパラメータとして 3 モデルを設定した．**表−1** に解析モデルを示す．なお，解析モデルはフランジパネルの降伏が先行するモデルである．

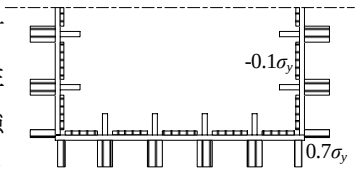
2.2　解析手法

(1)　解析プログラムおよび解析モデル

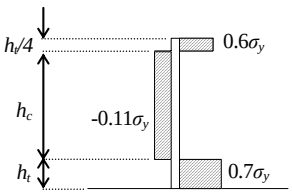
解析プログラムは，本研究室で開発された弾塑性有限変位解析プログラム CYNAS を用いた．解析手法の妥当性は既往の文献により確認している [2]．鋼種は SM570 として，構成則の材料定数は本研究室の他の研究で行なわれた SM570 材の材料試験結果より得られたものを引用している．解析モデルについては，柱の下端部を固定，はり側を自由として，はり端部の断面中心位置にある節点に，鉛直より 35 度傾けた方向に強制変位を与えることにより荷重を与えることとし，部材断面に平均して荷重が作用するよう，はり，柱の端部には降伏しない程度の剛性の大きい要素を設けた．**図−1** に解析モデルを示す．繰り返し解析を行なう際の強制変位の制御パターンについては，計算により簡単に決定することができないため，まずプッシュオーバー解析を行ない各解析モデルについておよその折り返し変位を求め，その折り返し変位の整数倍を片振り幅とした両振り漸増型とした．解析を実施するにあたり，解析モデルの対称性を利用してハーフモデルで解析を実施した．



図−1　解析モデル



図−2 (a)　残留応力分布図（柱断面）



図−2 (b)　残留応力分布図（縦補剛材）

(2)　初期不整

残留応力は実験の際に計測した値をもとに既往の研究 [3] を参考にし，**図−2** (a), (b) に示す残留応力分布を解析モデルに導入した．初期たわみは，道路橋示方書 [4] に

Kotaro TANAKA, Kiyoshi ONO, Nobuo NISHIMURA, Ryoh MIYATA, Maina Victor Nango and Satoshi NARA

規定される値に基づいて sin 波で解析モデルに導入した．図-3 に初期たわみを導入した解析モデルを示す．

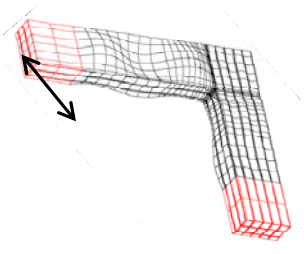


図-3　初期たわみを導入した解析モデル

3.　解析結果

解析結果より得られた荷重-変位関係の包絡線を図-4(a)，(b)に示す．図-4(a)では，補剛板の板厚を一定にして縦補剛材の寸法を変化させて，フランジ単一パネルの幅厚比パラメータを R_R=0.5 で一定の場合にフランジ全体パネルの幅厚比パラメータ R_F が 0.5，0.3 となるケースを示す．この時，R_F が 0.5，0.3 と変化するのとともに，フランジパネルのリブ剛度 γ_l/γ_l^*は 1.0，2.8 と変化する．図中の■，▲のシンボルは包絡線での最大荷重時を示している．図-4(a)よりフランジパネルの R_F が小さくなり γ_l/γ_l^*が大きくなると補剛材のサイズが大きくなるため包絡線での最大荷重と最大荷重時変位が大きくなっていることがわかる．以上よりフランジパネルの R_F が小さくなり，γ_l/γ_l^*が大きくなると隅角部の耐荷力および変形性能が大きくなることがわかる．図-4(b)では，フランジ全体パネルの幅厚比パラメータが R_F=0.3 で一定となるように補剛板の板厚および補剛材の寸法を変化させて，フランジパネルの R_R が 0.3，0.5 となるケースを示す．この時，R_R が 0.3，0.5 と変化するのとともに，フランジパネルのリブ剛度 γ_l/γ_l^*は 1.0，2.8 と変化する．図中の◆，▲のシンボルは包絡線での最大荷重時を示している．図-4(b)よりフランジ全体パネルの幅厚比パラメータを R_F=0.3 で一定にし，R_R，γ_l/γ_l^* を変化させてもほとんど差が無いことがわかる．図-4(b)の R_F=0.3 で一定にした場合について，R_R が 0.5 と大きい場合であっても適切に縦補剛材の寸法を定めることによって R_R が小さい場合と同等の耐荷力および変形性能を発揮できることがわかる．以上の結果より，フランジ全体パネルの幅厚比パラメータ R_F が，フランジ単一パネルの幅厚比パラメータ R_R に比べて隅角部の耐震性能（耐荷力および変形性能）に影響を与えることがわかった．また，むやみに補剛板の板厚を大きくするのではなく，適切に縦補剛材の寸法を決定することにより合理的に隅角部を設計することができると考えられる．

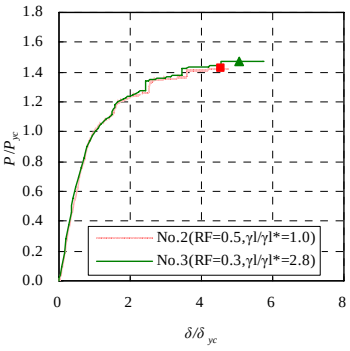


図-4(a)　荷重-変位関係包絡線（R_R=0.5 で一定)

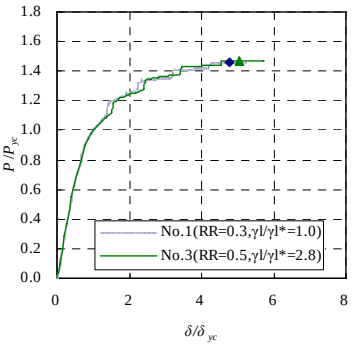


図-4(b)　荷重-変位関係包絡線(R_F=0.3 で一定)

4.　結論

本稿ではフランジの幅厚比パラメータ R_R，R_F，およびリブ剛度 γ_l/γ_l^*が隅角部の耐震性能（耐荷力および変形性能）に与える影響を解析により明らかにした．本研究で得られた知見として，むやみに補剛板の板厚を大きくするのではなく，適切に縦補剛材の寸法を決定することにより合理的に鋼製ラーメン橋脚隅角部を設計することができると考えられる．

謝辞

本研究の一部は，（財）災害科学研究所の「鋼製ラーメン橋脚隅角部の耐震設計法に関する研究会」の一環として行ったものであります．関係各位のご協力に深く感謝いたします．

【参考文献】

1)　（社）日本道路協会：道路橋示方書・同解説Ⅴ耐震設計編，2002 年 3 月．　2)　田中耕太郎・田原潤・宇井崇・小野潔・宮田亮・西村宣男：鋼製ラーメン橋脚隅角部の耐震性能評価に用いる解析の妥当性の検証，平成 18 年度土木学会関西支部年次学術講演会，I-24，2006 年 6 月．　3)　小松定夫・牛尾正之・北田俊行：補剛板の残留応力および初期たわみに関する実験的研究，土木学会論文報告集，第 265 号，pp．25-35，1977 年 9 月．　4)　（社）日本道路協会：道路橋示方書・同解説Ⅱ鋼橋編，2002 年 3 月．