

東北大学 学生員 ○ 菊地 春海

東北大学 正 員 尾坂 芳夫

東北大学 正 員 鈴木 基行

1. はじめに

新幹線をはじめ都市内土木構造物に多用されているRC 2層ラーメン高架橋の耐震設計において、中層梁と柱の剛比をどのようにするか、各部材の耐震性能が構造物全体の耐震性能にどのように影響するか等を検討することは、極めて重要である。そのためには、RC部材や構造物の地震時の挙動を実験、及び解析的に検討することが必要である。本研究はその基礎的段階として、開発したRC構造物の弾塑性解析プログラムの妥当性を模型実験により検証し、さらにそれを用いて実構造物の構造解析を行なうことを目的とする。

2. 解析概要

ラーメンのモデル化は 図-1 のように1つの部材を1つの要素とするものを用いた⁽¹⁾。各構造部材は、部材の軸線にそって線形化し節点から梁面、または、柱面までを剛域とし、両端に弾塑性曲げバネを持った弾性梁によって表現され、両端の2つの弾塑性曲げバネが部材における弾塑性曲げ変形を表現する。このモデルの利点としては、入力データに必要な部材端のモーメント-回転角関係として、実験結果から得られるモーメント-回転角をそのまま適用できる点である。ここでは、梁や柱部材についての実験結果を参考にして理論値と実験結果と適合するように修正したモーメント-回転角関係を用いることとする。梁部材は、理論値を昨年度の報告のように修正し⁽²⁾、柱部材は理論値変位に、降伏時は、鉄筋径 d の0.5倍を加え、最大荷重時は、鉄筋径 d の2倍を加えて補正する⁽³⁾。履歴ループの規則は、次のように定める。梁部材、柱部材では、側方鉄筋、せん断スパン比の影響等により履歴ループの形状は、かなり違うことが実験結果よりわかっていて、よって梁部材は、図-2 のようにスリッパを考慮し、荷重が徐荷から載荷に向かう際は、降伏荷重の $1/8$ へ向かうものとする。変位が降伏時の変位の μ 倍の時、戻り剛性は、降伏剛性 k_0 を $\sqrt{\mu}$ で割った値とする。柱部材は、スリッパを考慮せず、戻り剛性は、 k_0 を $\mu^{0.4}$ で割った値とする。梁、柱とも最大点荷重型モデルとする。

3. 実験概要

3.1 供試体形状 供試体形状を図-3 に示す。各供試体の主な諸元を表-1 に示す。各部材の軸方向鉄筋は、D13(SD35)を用い、スタラップは、D6(SD30)を用いた。供試体の配筋は、東北新幹線標準高架橋を基に、柱の軸方向鉄筋比をほぼこれと同一にしている。柱と上層梁の断面形状、配筋はすべて同じで、柱と中層梁の剛比をかえた①、②、③、④の4供試体である。柱と中層梁の部材降伏荷重解析値の比も表-1 に示す。

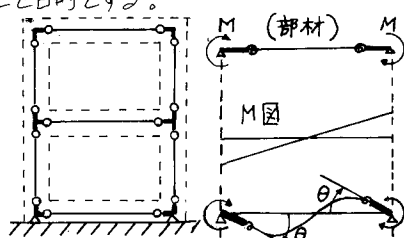


図-1 ラーメン部材のモデル化

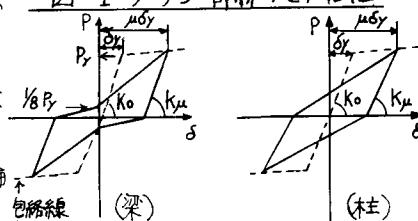


図-2 履歴ループのモデル化

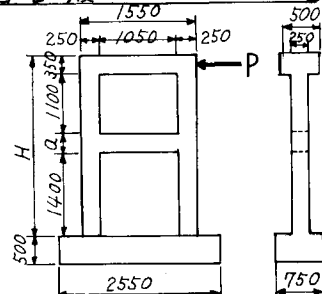


図-3 供試体寸法

供試体 番号	a (mm)	H (mm)	中層梁 配筋	柱 配筋	梁の降伏荷重 柱の降伏荷重
A	200	3050	軸鉄筋 D16-3(上層) D10-2(下層) P=0.0159	荷重方向の 軸鉄筋 D13-4 P=0.0101	0.8
B	200	3050	軸鉄筋 D10-2(上層) D10-2(下層) P=0.0038	荷重方向の 軸鉄筋 D13-3 P=0.0096	0.2
C	270	3120	軸鉄筋 D19-3(上層) D13-3(下層) P=0.0158	荷重方向の 軸鉄筋 D13-3 P=0.0096	1.7
D	270	3120	軸鉄筋 D10-3(上層) D10-3(下層) P=0.0039	荷重方向の 軸鉄筋 D13-3 P=0.0096	0.5

表-1 供試体諸元

3.2 載荷方法 供試体は、水平にして天端に載荷し、初ひびわれで一回、部材のどこかの鉄筋が最初に降伏した時のフーラム天端の変位を基準として、その整数倍の変位で各回ずつ静的交番繰返し載荷を行なった。

4. 実験結果と解析結果の比較

供試体天端における包絡線の実験結果と解析結果を図-4に示す。まず最大耐力の比較であるが表-2に示したとおり、解析値と実験値は、かなり一致していることがわかる。中層梁の降伏荷重が大きいほど、ラーメンの最大耐力が大きくなっている。次に部材の降伏順序であるが柱上部の降伏を○、中層梁の降伏を□、柱下部の降伏を△で表わしている。実験における部材の降伏は、鉄筋歪が2000μに達した時としている。部材の降伏順序は、中層梁の降伏荷重の小さい②は、中層梁から、大きい③は、柱下部から降伏し始めており、解析結果は、実験における降伏順序をよく表わしていることがわかる。履歴ループの比較を供試体④でみると図-5のようになる。実験では、徐荷時にループのふくらみがみられるが、解析ループとはほぼ一致していることがわかる。以上から、この解析プログラムにより一方向載荷における2層ラーメンの最大耐力、降伏順序については、ほぼ予想できると思われる。

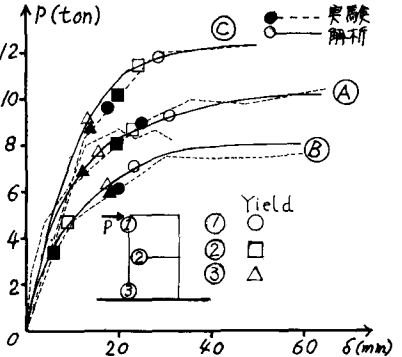


図-4 包絡線の比較

	P_{test} max (ton)	P_{cal} max (ton)	P_{test}/P_{cal}	梁の降伏荷重 柱の降伏荷重
A	10.5	10.2	1.03	0.8
B	7.65	8.1	0.94	0.2
C	12.8	12.6	1.02	1.7
D	9.2	8.6	1.07	0.5

表-2. 最大耐力の比較

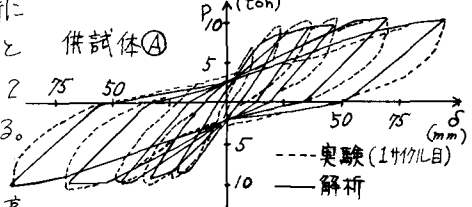


図-5 ループの比較

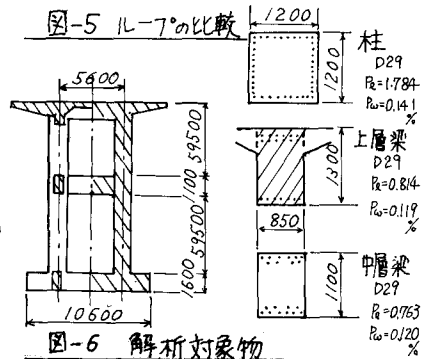


図-6 解析対象物

5. 実構造物による解析結果

5.1 解析対象構造物 東北新幹線の標準的なRC2層ラーメン高架橋を線路直角方向に切り出し、平面ラーメンとしてモデル化する。部材の断面諸元を図-6に示す。フーチングは、剛なものとした。上層梁のM-θ関係については、図-6の斜線部分について算定したMの値を2倍にした。実験と同じように天端に荷重を加えるものとする。

5.2 解析結果 荷重-変位関係を図-7に示す。中層梁と柱下は、ほぼ同時に降伏し、柱上が次に降伏している。実験における供試体④と同じような降伏順序であることがわかる。宮城県沖地震の際、同種の高架橋の被害が、中層梁や柱に集中していた。一方向載荷の解析結果も、中層梁、柱下から降伏しているのが、被害とも対応がつかうと思われる。

6. まとめ

本解析により一方向載荷における2層ラーメンの最大耐力、降伏順序については、ほぼ予想できると思われる。今後どのような構造物が耐震的に優れているのか、動的解析も加えて研究していきたい。

なお、本研究におけるRCラーメン供試体の載荷実験は、国鉄構造物設計事務所により、高架構造物の合理的設計法の研究として行なわれたものであり、快く資料を提供していただいたことに対し、深甚なる謝意を表します。

参考文献

- (1) 武山 辰雄 鉄骨「地震荷重を受けるRCラーメン構造物の崩壊過程に関する研究」 57. 東北支部
- (2) 東北 佐藤 鉄骨「交番荷重を受けるRC梁の荷重-変位特性のモデル化に関する研究」 58. 年学
- (3) 尾坂 伸也、太田 小吉「鉄筋コンクリート橋脚の弾塑性応答解析と設計への応用」 1980. 5. 土学
- (4) 石橋 百鈴「鉄筋コンクリート2層ラーメンの交番載荷試験」 57. 年学

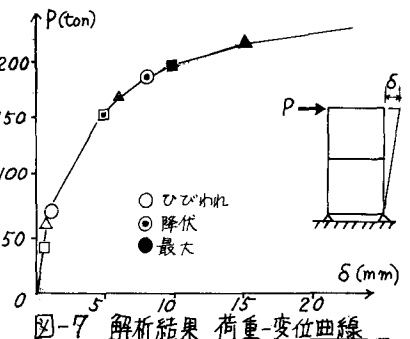


図-7 解析結果 荷重-変位曲線