

首都高速道路公団 正会員 鶴田和久
 埼玉大学工学部 正会員 睦好宏史
 埼玉大学工学部 正会員 町田篤彦

1. はじめに

宮城県沖地震の際、RC 2層ラーメン橋脚の中層梁に大きな被害が生じた事例が報告されている。しかしこのようなラーメン構造物の地震時の挙動を、各部材について詳細に検討し、明らかにした研究は現状では極めて少ない。本研究は、構成部材の復元力特性から構造物全体の弾塑性地震応答を解析する手法について、振動実験の結果と比較検討し、これの有用性および適用範囲について明確にした。次に、各部材の終局状態（靱性）を考慮した耐力低下型復元力モデルを提案し、この妥当性を検証したものである。

2. 振動実験の概要

実験に用いた供試体は、東北新幹線に使用されているRC 2層ラーメン橋脚を対象として、中層梁の耐力および変形性能だけを変化させたものである。供試体の形状寸法を図-1に、その諸元を表-1に各々示す。振動実験を行うに当たって、供試体の各柱の頭部に963kgfのおもりを緊結した。入力地震波は、El-Centro 1940 N-S成分の最初の10秒間を3回繰り返して合成し、時間軸を実地震波の1/2に縮小し、最大加速度振幅を800galに拡大したものである。

3. 部材の曲げ破壊型復元力モデルを用いた応答解析

1) 解析モデルおよび地震応答解析：本研究では、部材の力学モデルとして材端剛塑性バネモデルを使用した（図-2）。剛塑性バネは柱および梁に逆対称モーメント分布を仮定し、通常の曲げ理論から求まるモーメント-回転角関係に、柱-梁接合部からの主鉄筋の抜け出しによる付加回転角を加えたものである。以上のモデルを振動実験に用いた供試体の各部材に適用した。なお、復元力モデルとして柱にはTakedaモデルを、梁にはTakeda-Slipモデルを用いた。

数値計算には、Newmarkの β 法に基づく増分法を用い、 $\beta = 1/6$ とした。入力地震波には、振動実験から得られたフーチング部の加速度記録を用い、応答計算の時間刻みを0.0005secとした。

2) 解析結果および解析法の適用範囲：図-3(a)は中層梁が曲げ破壊したRD-3の応答波形の解析結果と実験結果を示したもので、解析結果は実験結果とよく一致している。即ち、中層梁が靱性に富み、急激に耐力を失わないような場合には、本解析法は有用である

と言える。一方、中層梁がせん断破壊したRD-4について、応答解析波形と実験結果を示したのが図-3(b)である。図から、中層梁がせん断破壊した以後では、解析結果は、実験結果に比べ短周期で振動しており、実験結果を満足に

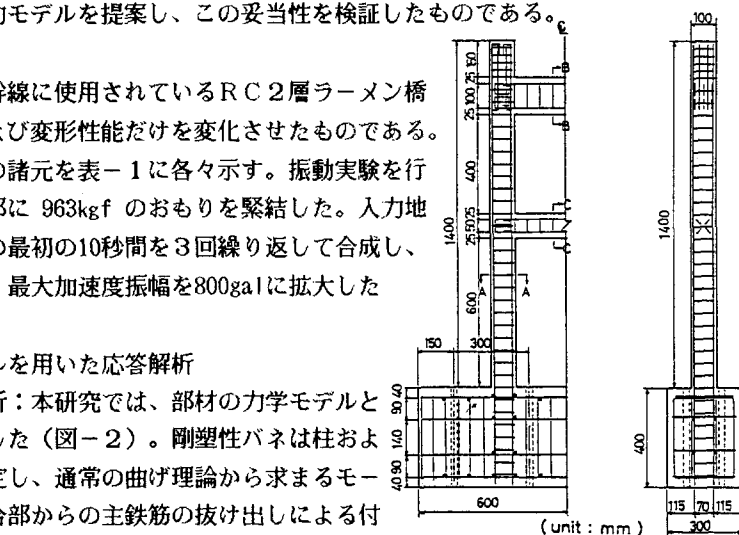


図-1 供試体の形状寸法

表-1 供試体の諸元

Common Members			
Member Name	Tensile Reinforcement Ratio (%)	Web Reinforcement Ratio (%)	Relative Stiffness Ratio (#)
First-Level Column	0.75(D6X2)	0.29(D3)	1.00
Second-Level Column			1.24
Second-Level Beam	0.78(D6X2)		4.35

First-Level Beam			
Specimen Name	Tensile Reinforcement Ratio (%)	Web Reinforcement Ratio (%)	Relative Stiffness Ratio (#)
RD-1	0.85(D6X2)	0.29(D3)	1.24
RP-1			
RD-3	0.43(D3X5)	0.058(D2)	1.21
RD-4	0.73(D3X9)	0.0	1.26
RP-4			

Note (#): Stiffness of first-level column is the standard value (1.0).

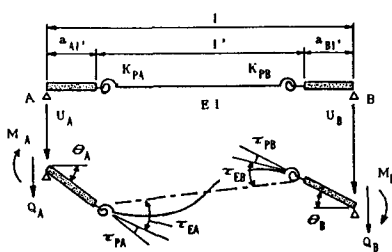


図-2 材端剛塑性バネモデル 1)

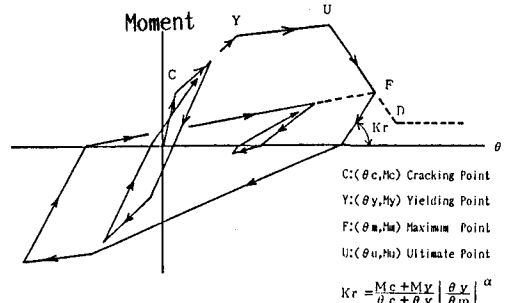
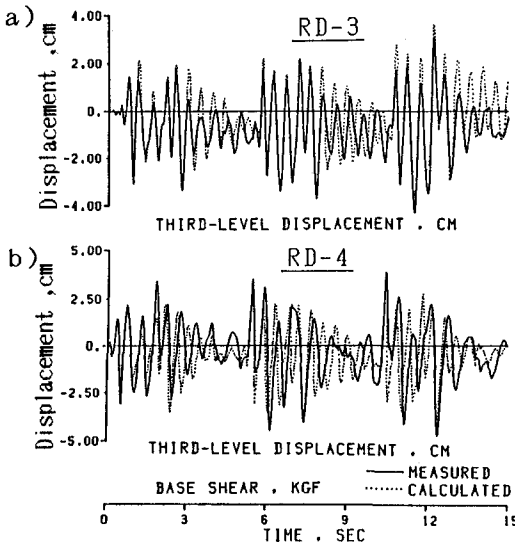


図-4 耐力低下型復元力モデル

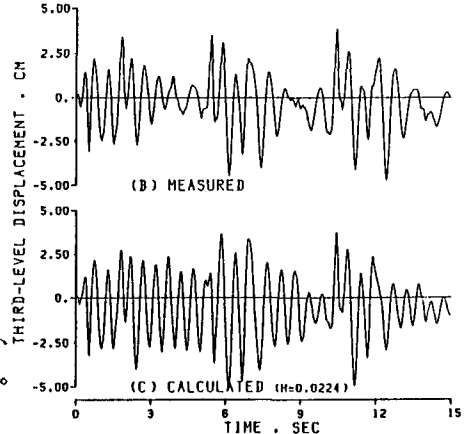


図-5 耐力低下型復元力モデルを用いた応答解析波形の時刻歴

図-3 実験および解析から得られた応答波形の時刻歴表現していないことがわかる。一般に、不静定ラーメン構造物の場合には、ある部材にせん断破壊が生じて耐力が低減すると、系全体は崩壊に至らなくても、その応答は著しく異なってくる。従って、構造物の耐震性状を終局状態に至るまで明確にするには、部材の耐力が低減する現象(靱性率)をも考慮した復元力モデルを用いることが必要である。

4. 部材の終局過程を考慮した復元力モデルを用いた応答解析

1) 耐力低下型復元力モデル: 3. で用いた解析法の適用範囲を広げ、構造物全体の耐震性状を終局状態に至るまで明確にするため、各部材の終局状態、すなわち耐力が低減する現象を考慮した耐力低下型復元力モデル(図-4)を提案した。終局変形の算定に当たっては、既往の終局変位算定式を用い、繰り返し回数の影響等も考慮した。

2) 耐力低下型復元力モデルを用いた応答解析: 図-5は、中層梁にせん断破壊が生じたRD-4について、解析から求まる応答波形と実験結果を示したものである。図から、中層梁がせん断破壊した0.70 sec 以後において、解析結果は実験結果と比較的よく一致していると言える。図-6は、RD-4について、解析および実験から求まったベースシャ-ー応答変位曲線を示したものである。耐力低下型復元力モデルを用いたものは、中層梁がせん断破壊して構造物全体が耐力低下した現象をよく表していることがわかる。以上のことから、地震力を受けるラーメン構造物の応答を精度よく求めるためには、構成部材の靱性を考慮した耐力低下型復元力モデルを用いることが必要であると言える。

本研究の一部は、電力中央研究所と共同で行われたものである。

参考文献: 1) M.F.Giberson: "Two Nonlinear beams with Definitions of Ductility", Proc. of ASCE, Vol. 95, No. ST2, PP. 137-157, 1969.2

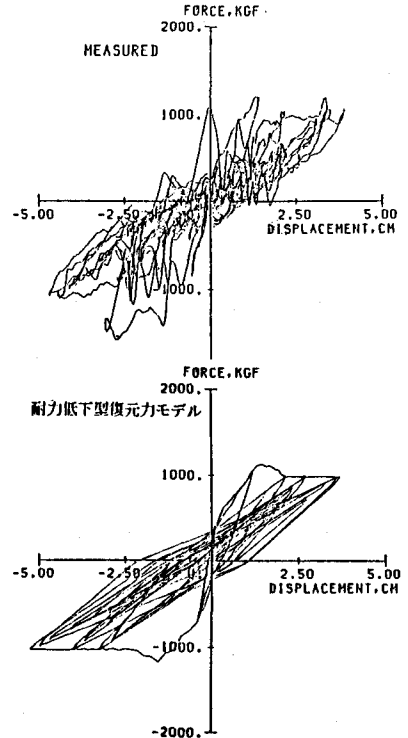


図-6 ベースシャ-ー応答変位曲線