

劣化履歴復元力を有するフレーム構造物の地震応答解析

京都大学工学部 正員 山田善一
 京都大学工学部 正員 家村浩和
 京都大学大学院 学生員 河谷幸生

1. まえがき

構造物の耐用年間に一、二度来襲すると予想されるような強地震に対して、現行の許容応力度法にもとづく耐震設計を適用すると、大きな部材断面が必要となり、経済的制約上好ましくない。このような場合には、塑性域におけるエネルギー吸収をも考慮した弾塑性解析がより望ましいといえる。しかし、R/C構造物は、最近の強震記録の解析や構造部材の繰り返し荷重による破壊実験などの結果によれば、強震時での構造物の剛度や減衰性能が時間とともに劣化することがわかっており、解析に際しては、この影響を無視できない。本研究は、劣化特性を考慮したR/Cフレーム構造物の弾塑性地震応答解析を行なうことにより、より合理的かつ経済的な耐震設計を目ざそうとするものである。

2. 弾塑性地震応答解析

弾塑性地震応答解析にあたっては、まず微小時間における曲げ部材要素の等価変形剛性マトリックスを製作し、これを逐次積分する手法を採用した。

2-1 曲げ部材要素の等価剛性マトリックス

曲げ破壊およびボンドスリップにともなうフレキシビリティを考慮すると、梁および柱の曲げに関する剛性マトリックスは次のように与えられる。

① 梁 (Fig.1)

$$\begin{bmatrix} \Delta M_x \\ \Delta M_y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1+\beta_A, \beta_B \\ \beta_B, 1+\beta_B \end{bmatrix} \begin{bmatrix} L/3EI + f_A + f_B & -L/6EI \\ -L/6EI & L/3EI + f_B + f_B \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1+\beta_A, \beta_B \\ \beta_B, 1+\beta_B \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Delta \theta_x \\ \Delta \theta_y \end{bmatrix}$$

② 柱

$$\begin{bmatrix} \Delta M_x \\ \Delta M_y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1, 0 \\ 0, 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1, 0 \\ \gamma, \gamma \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1, 0 \\ 0, 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Delta \theta_x \\ \Delta \theta_y \end{bmatrix} \quad (\beta_A, \beta_B: \text{rigid parts length ratio } \gamma)$$

2-2 運動方程式: $M\Delta \ddot{x} + C\dot{x} + K\Delta x = -M\Delta \ddot{y} - \Delta F$

上記のように Incremental Form で表わすことにより本来非線形であるものを線形化して解く。ただしその場合、微小時間内に剛度が一定という仮定を用いるため、モーメント値を過大評価することになり、その補正值として ΔF なる量を導入している。また K は時間的

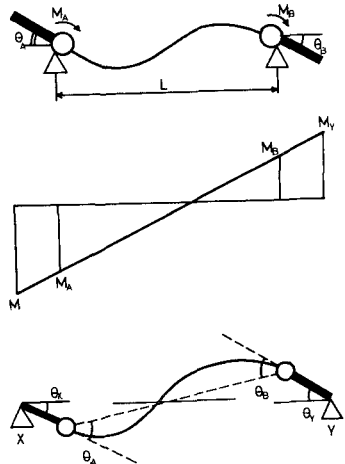


Fig.1 IDEALIZED MEMBER AND ITS MOMENT DISTRIBUTION

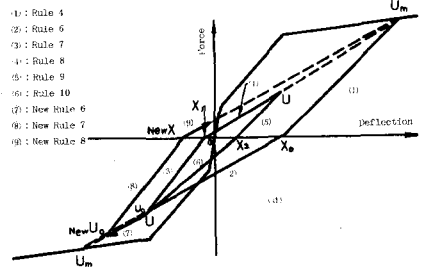


Fig.2 TAKEDA'S RULE

に劣化することを考慮し、ここでは履歴曲線として武田のルール (Fig. 2) を採用している。この曲線は、R/C部材のコンクリートのひびわれ点、鉄筋の降伏点、極限荷重点と結ぶ三直線と基礎とする劣化モデルである。

2-3 解析モデル

本研究では Fig. 3 のような高架橋を、Fig. 4 のようなフレーム構造物にモデル化し、その橋軸直角方向の耐震性を最大 Ductility Factor 応答により検討する。

2-4 入力地震動

入力地震動としては、軟弱表層下の基礎に、一定加速度記録を入力として用いた場合の、

- ①自由地表面の水平加速度応答
 - ②高橋脚と地盤の相互作用を考慮したフーチング天端での水平加速度応答
 - ③高橋脚と地盤の相互作用を考慮したフーチング天端での水平加速度と回転加速度応答
- の三種を採用し、それぞれの応答値を相互比較する。

3. 計算結果と考察

耐震性判定のため、Fig. 4 に示したモデルで、曲げモーメントが大きくなると予想される 10, 12, 26 点での最大 D.F. を入力に対して示したのが Table. 1 であり、入力強度としては二種類を採用した。Table. 2. には各点の存在する部材の特性値を示した。上段柱 (No. 10) は鉄筋比が大きく、よって ϕ_u/ϕ_y が小さくなっており、塑性域での余力がやや小さい。自由地表面入力の場合は、下段柱の天端で、相互作用力の場合は、上段柱の下端で最大 D.F. が起っている。これは入力の周波数成分の差が、各次モードに異なる影響をおよぼすためと考えられる。また、回転加速度をも含めた外力と考えると、応答は、大きく増加する。特に、入力強度が大きくなると、崩壊の要因となることを示しており、回転加速度の影響は無視できないものであると考えられる。

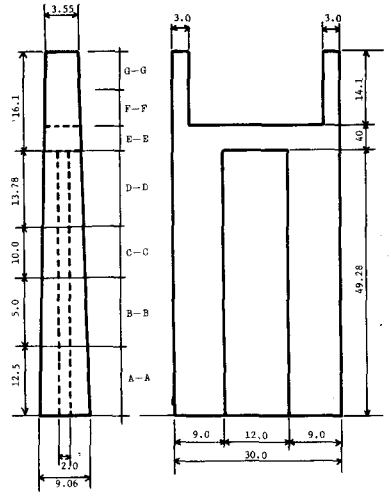


Fig. 3 Dimension of High Elevated Reinforced Concrete Pier

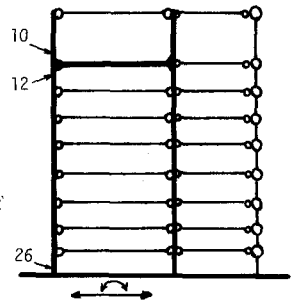


Fig. 4 ANALYZED MODEL

Table. 1 MAXIMUM value of DUCTILITY FACTOR

| INPUT EQ. MOTION | SCALE FACTOR | ELEMENT NO. | | |
|------------------|--------------|-------------|------|------|
| | | 10 | 12 | 26 |
| ① | 0.007 | 0.73 | 1.01 | 0.36 |
| ② | | 0.81 | 0.68 | 0.67 |
| ③ | | 1.36 | 2.08 | 1.81 |
| ① | 0.010 | 1.07 | 1.44 | 1.26 |
| ② | | 1.16 | 0.98 | 0.98 |
| ③ | | * | * | * |

(*COLLAPSE)

Table. 2 MOMENT CURVATURE RELATION OF IDEALIZED MEMBER

| ELEMENT NO. | CROSS SECTION | A/bd | M_y | M_u | ϕ_u/ϕ_y |
|-------------|---------------|--------|-----------|-----------|-----------------|
| 10 | 8.7X4.0 | 0.0035 | 1.270E+04 | 1.843E+05 | 14.5 |
| 12 | 5.5X9.0 | 0.0012 | 1.504E+04 | 3.742E+05 | 21.2 |
| 26 | 8.5X9.0 | 0.0016 | 3.032E+04 | 6.989E+05 | 23.1 |

(UNIT: ton, m)

(参考文献)

1. Otani. S "Inelastic Analysis of R/C Frame Structures", Journal of the Structural Division, ASCE, Vol. 100, No. ST7, July, 1974, PP. 1433~1449
2. Otani. S "SAKE, A Computer Program for Inelastic Response of R/C Frames to Earthquake", 1974.