

V-42

RC構造物の安全性評価法に関する研究

東北大学 学生員 石田雅博
東北大学 正 員 鈴木基行
東北大学 正 員 尾坂芳夫

1. まえがき

静定構造物では、一つの部材の破壊が構造系全体の破壊となるが、RCラーメンは不静定構造物であり、ある断面の降伏後も荷重が他の健全な断面に再分配される。よって、構造系の終局限界状態は、メカニズムを形成するか、塑性変形量が限界に達するときである。

コンクリート標準示方書においても、構造物の靱性が十分にある場合には、断面の応力を他の断面に再分配して設計することが認められている。

そこで本研究では、図1. のRC一層ラーメンの各部材の降伏に対する安全性指標が $\beta = 3.0$ となるように設計された時に、終局限界状態に達する確率を評価し、耐力や荷重の確率特性、および部材の靱性が及ぼす影響について考察する。

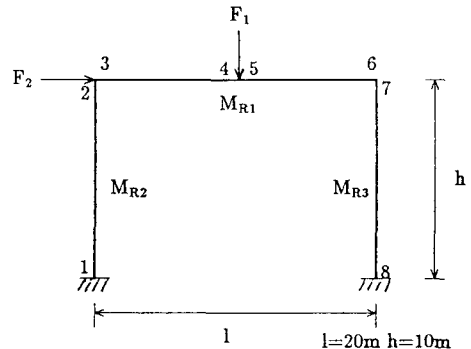


図1. 解析対象構造物

2. 限界状態の規定

部材の降伏後のモーメントは一定とし、塑性変形は降伏断面の一点に集中して発生すると仮定する。荷重を F 、構造物の弾性剛性マトリクスを K 、ある仮定した破壊モードにおける剛性マトリクスを K' とし、断面の弾性変形を δ_e 、塑性変形を δ_p とすると、力の釣り合いより、

$$K\delta_e + K'\delta_p = F \quad \dots\dots\dots (1)$$

部材の最大変形能力を δ_u とすると、変形能力の限界状態関数は

$$\delta_p = K'^{-1}(F - K\delta_e) = \delta_u \quad \dots\dots\dots (2)$$

例えば、4断面と6断面が降伏したときにその断面が最大変形量に達する限界状態式は、次のようになる。

$$\begin{pmatrix} \delta_4 \\ \delta_6 \end{pmatrix} = \frac{80l}{EI} \frac{1}{480} \begin{pmatrix} -31 & 32 \\ 16 & -32 \end{pmatrix} \left\{ \begin{pmatrix} \frac{28l}{35} & -\frac{50h}{160} \\ -\frac{28l}{35} & -\frac{50h}{160} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} F_1 \\ F_2 \end{pmatrix} - \begin{pmatrix} Mp_4 \\ Mp_6 \end{pmatrix} \right\} = \begin{pmatrix} \delta_{4u} \\ \delta_{6u} \end{pmatrix} \quad \dots\dots\dots (3)$$

各破壊モードの安全性指標は、限界状態関数を標準化空間上で線形化することにより求められる。図2. に示すように、各破壊モード間には同時発生の領域がある。この相関性を考慮するため、PNET法¹⁾を用い、破壊モード間の相関係数が0.8以上の場合は完全相関とし、最も支配的なモードで代表させる。相関係数が0.8以下の場合は、独立とする。よって構造系全体の破壊確率 P_{fs} は、各破壊モードの発生確率を P_{fi} とすると次式のようにになる。

$$P_{fs} = 1 - \prod_{allr} P_{fi} \quad \dots\dots\dots (4)$$

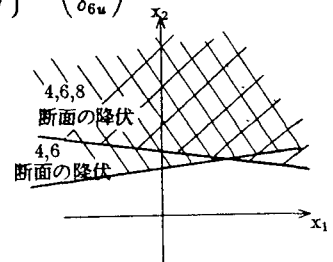


図2. 破壊モードの変化

3. 解析結果および考察

耐力の変動係数を 0.06 とし、部材耐力間の相関係数 ρ を 0.0 ~ 1.0 まで変化させたときの破壊確率の変化を図 3. に示す。この場合、 ρ の値にかかわらずメカニズムへの移行による崩壊が支配的であり、 ρ が高いほど連鎖型の破壊が起こりやすくなるため、破壊確率は上昇する。次に、耐力の変動係数を 0.10 としたときの ρ による破壊確率の変化を図 4. に示す。この場合、 ρ の低い領域では、部材の塑性変形能力が限界に達することによる破壊が支配的となり、図 3. の場合よりも破壊確率が増加する。 ρ が増加するとメカニズムへの移行による崩壊が支配的となる。

次に、耐力の変動係数を変化させた場合の破壊確率の変化を図 5. に示す。断面の降伏に対する安全性を一樣に保っても、構造物の崩壊に対する安全性は一樣には保てないことがわかる。

まれにしか発生しないような大地震に対しては、断面の降伏は許しても構造物の崩壊は許さないように設計するのが合理的である。よって、部材の靱性に期待できる場合には、地震の設計荷重を低減したり、モーメントの再分配を認めた設計とするべきである。そこで、地震荷重を低減して設計したときの、靱性率と破壊確率の関係を図 6. に示す。荷重を低減して設計した場合でも、部材の靱性率が大きければ、破壊確率は減少することがわかる。ただし本解析では、部材は等断面であり、地震荷重を静的な荷重に置き換えて解析したため、靱性率がある程度まで達すると、メカニズムへの移行による崩壊が支配的となるため、破壊確率の減少はあまり期待できない結果となった。

4. 結論

各断面の降伏に対する安全性を一樣に確保しても、構造系の崩壊に対する安全性は、確率変数の特性や、確率変数間の相関によって、一樣には保てないことが示された。よって、構造物の設計においては、断面力による照査とともに、構造系としての照査も必要であると思われる。

1) Ang, A.-S., J.Abdelnour, and A.A.Chaker : Analysis of activity networks under uncertainty. *J. of Engineering Mechanics Division, ASCE*, Vol.101, No.EM4, pp.373-387, August 1975.

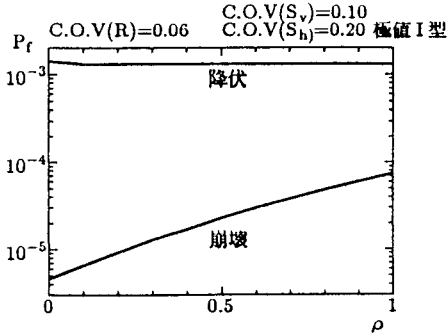


図 3. 耐力の相関と破壊確率の関係

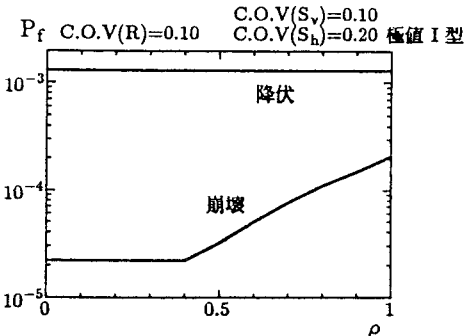


図 4. 耐力の相関と破壊確率の関係

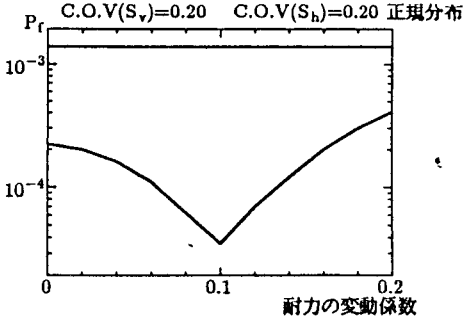


図 5. 耐力の変動係数と破壊確率の関係

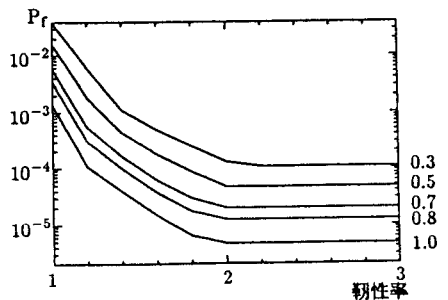


図 6. 荷重の設計値を低減した場合の靱性率と破壊確率の関係