

埼玉大学 正会員 睦好宏史

埼玉大学 正会員 町田篤彦

佐藤工業

松田淑彦

1. まえがき

過去における地震によるRC構造物の被害例をみると、鉄筋が降伏し、塑性域まで至っている被害例が数多く報告されている。また、最近の耐震設計法の趨勢として、大地震に対してはある程度の塑性変形を許容して地震力を設定する方法がとられている。従って、構造物を設計する段階において、塑性域における構造物の応答特性をある程度明確に把握しておくことが必要である。構造物の弾塑性応答は、一般には復元力モデルと入力地震波を設定して、時刻歴応答解析を行うことによって求めることができる。しかし、計算が繁雑であること等のため、より簡便な方法が必要とされている。本研究は、RC構造物を対象として、復元力モデルにClough型 Degrading Bilinear モデルを用いて、①弾性応答と弾塑性応答を関連づける新しい手法を提案し、②これを用いて、弾性応答から弾塑性応答を略算的に推定する方法を示したものである。

2. 修正エネルギー一定則

完全弾塑性系の復元力特性を有する1質点系の地震応答は弾塑性応答と次のような関係があることが既に知られている。²⁾ 1) 比較的短周期の範囲では、初期周期の等しい弾性系の最大ポテンシャルエネルギーと、図-1に示すような弾塑性ポテンシャルエネルギーとは、降伏力にかかわらずほぼ等しい(エネルギー一定則)。2) 比較的長周期の範囲では、弾塑性系の最大変形は初期周期の等しい弾性系の最大変形とほぼ等しい(変位一定則)。

土木構造物に用いられるRC部材の復元力特性は、一般には完全弾塑性とはならず、変位の増大とともに剛性が劣化していくことが既に認められている。従って、上で述べた短周期領域におけるエネルギー一定則がそのままRC構造物にも適用されるかどうかは疑問である。いま、図-2に示すように、RC部材によく用いられる復元力モデル(Clough型バイリニアモデル)³⁾を用いて、

地震波を入力した時刻歴応答解析とエネルギー一定則から求めた応答塑性率(δ/δ_y , δ :最大応答変位, δ_y :降伏変位)を示すと図-3のようになる。図から分かるように、エネルギー一定則から求めた応答塑性率は、時刻歴応答解析結果と比較してかなり大きな値を示しており、上記のような復元力モデルをもつ系に対しては、エネルギー一定則は必ずしも精度のよい推定法とは言えないことがわかる。そこで、上記のような剛性劣化型バイリニアモデルをもつ系に対しても、より精度よく弾性応答から弾塑性応答を求めるために、エネルギー一定則を以下のように修正することを検討した。図-4はこの修正エネルギー一定則の計算方法を示したもので、まず初期減衰(2%または5%)を仮定し、弾性周期(降伏時

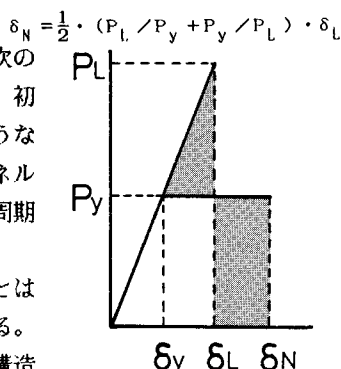


図-1 エネルギー一定則

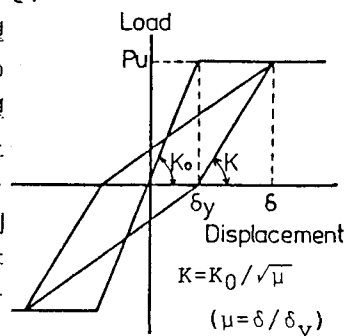


図-2 剛性劣化型バイリニアモデル

図-2 剛性劣化型バイリニアモデルを用いて時刻歴応答解析から得られた塑性率を示したものである。本方法で求めた

応答塑性率は、エネルギー一定則で求めた場合（図-3）と比較して、時刻歴応答解析結果とよく一致しており、修正エネルギー一定則の妥当性が示されたと言える。

3. 梅村のスペクトルを用いた簡易手法による弾塑性応答の推定

2. で述べた修正エネルギー一定則を用いれば、従来のエネルギー一定則に比べてより精度よく弾塑性応答量を推定することが可能

である。しかし、この方法では、繰り返し計算が必要であること、および地震波形により、求まった塑性率の大きさが異なることなどのために、実用にはより簡便な弾塑性応答の推定法が必要である。そこで、このような問題点を取り除くために、梅村によって提案された応答スペクトル曲線に修正エネルギー一定則を適用した。この計算結果を図-6に示す。図は、弾性周期と応答塑性率との関係を Q ($Q = P_y / W \cdot K_g$, P_y : 降伏荷重, W : 質点重量, K_g : 入力震度) をパラメータとして定量化したものである。図より、RC構造物の弾性周期、降伏耐力が定まった場合、入力震度の大きさにより、構造物がとり得る塑性率を定量的に求めることができ、設計時において、RC構造物の地震の大きさによる損傷程度が概略的に把握できるのである。図-7は図-6を用いて求めた応答塑性率の推定値と図-5と同様にして時刻歴応答解析から求めた応答塑性率を示したものである。本方法によってかなり精度よく弾塑性応答を推定できることがわかる。また、梅村スペクトルを用いたために、推定値はすべて安全側に評価されていることもわかる。

4. まとめ

曲げ降伏型のRC部材の復元力特性を対象として、弾性応答から弾塑性応答を推定する新しい手法を提案した。さらにこの手法を用いて、RC構造物の周期、降伏耐力が定まった場合、入力震度の大きさにより構造物がとり得る塑性率を概略的に求める方法を提案し、この妥当性を示した。

参考文献

- 1) 青山・芳村: Degrading Tri-linear Modelを用いた地震応答の弾性応答からの推定法, 日本建築学会大会学術講演梗概集, 1975
- 2) 柴田明徳: 最新耐震構造解析, 森北出版
- 3) Clough, R.W. and S.B. Johnston: Effect of Stiffness Degradation on Earthquake Ductility Requirements, 第2回日本地震工学シンポジウム
- 4) 梅村他: 動的耐震設計法 (中層編), 技報堂出版

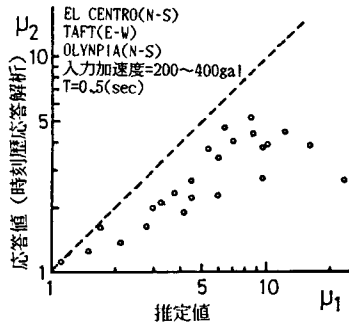


図-3 エネルギー一定則から求めた塑性率の推定値と応答値

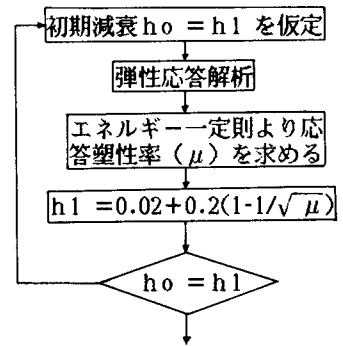


図-4 修正エネルギー一定則の計算過程

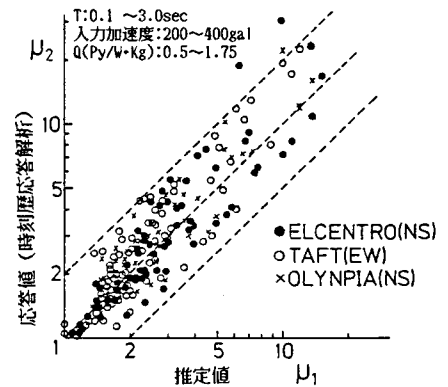


図-5 修正エネルギー一定則から求めた塑性率の推定値と応答値

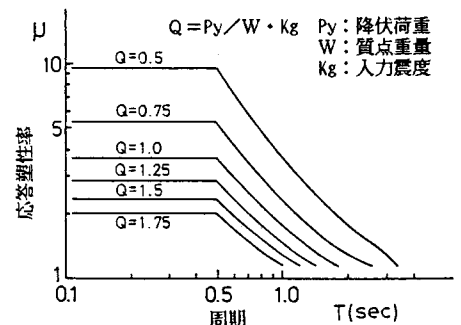


図-6 簡易手法による応答塑性率の推定

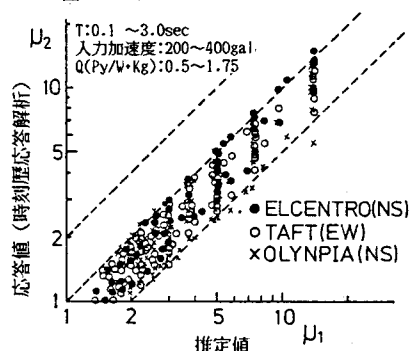


図-7 簡易手法から求めた塑性率の推定値と応答値