

R C 構造物の耐震安全性評価における入力地震動と履歴復元力モデルの影響

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
 京都大学工学部 正員 伊津野和行 熊谷組(株) 正員 ○近江岸勝久

1. はじめに

強い地震動を受けて、構造部材は塑性域に入り非線形かつ非弾性挙動を示すが、この挙動を表現する履歴復元力モデルが数多く提案されている。本研究では数種の代表的な履歴復元力モデルを用い、モデルと入力地震動特性の差異が耐震性評価にどのような影響を与えるかを、シミュレーションによって検討した。なおこの際、詳細な履歴ルールが規定されている3パラメーターモデルが現実のRC橋脚の地震時の非線形挙動を最もよく表現するものとして、これと他の復元力モデルによるシミュレーション結果とを比較するという方針を取った。

2. シミュレーション概要

解析モデル：柱式RC橋脚を1自由度系としてモデル化したものを用いた。モデルの荷重-変位骨格曲線を図1に示す。減衰定数は5%とした。骨格曲線を2本の直線で表現したのは、バイリニアモデルと他の非線形モデルとの差異を比較するために設定したものである。

復元力モデル：リニアモデル（変位復元力関係を初期剛性のみで表現。）、バイリニアモデル（弾性域と塑性域の剛性の2種の直線で表現。）、最大点指向モデル（除荷時は初期剛性を、載荷時はその時点までの最大応答値を指向する。）、3パラメーターモデル（繰り返し載荷による剛性の低下、耐力力の低下、せん断ひび割れの発達によるピンチ効果の影響を α, β, γ の3つのパラメーターで表現したものである。本研究では $\alpha=3.0, \beta=0.62, \gamma=1.0$ を用いた。）

損傷度評価：最大応答変位、エネルギー吸収量の両者を考慮したダメージインデックスにより行った。ダメージインデックスは次式により表される。

$$D = \frac{\delta_m}{\delta_u} + \frac{\beta}{P_y \delta_u} \int dE$$

δ_m : 最大応答変位 δ_u : 終局変形能
 P_y : 降伏強度 β : 正の定数
 $\int dE$: 履歴吸収エネルギー

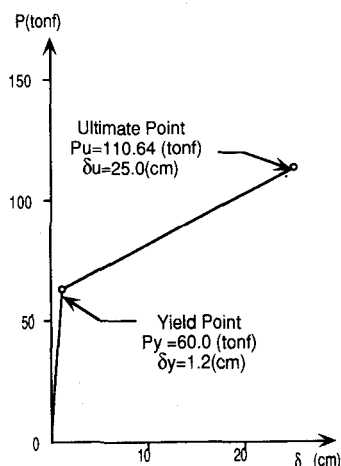


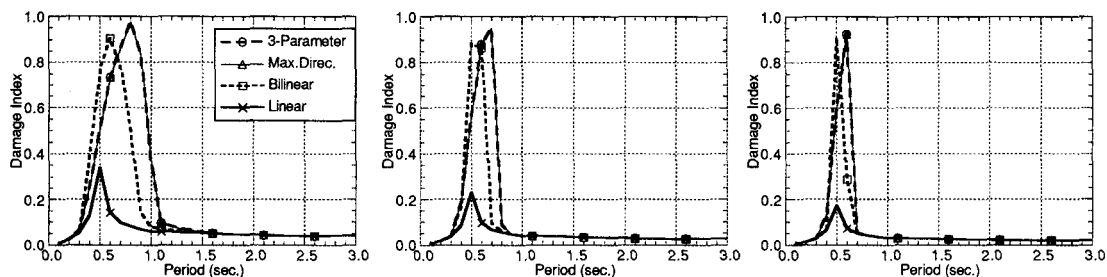
図1 モデルの荷重-変位骨格曲線

$D \geq 1.0$ となることが、構造物の破壊あるいは全体的な損傷と規定されている。

入力波：①正弦波 損傷度の評価に際して、復元力モデルの差異により生ずる影響を入力波の周期の差異という観点から明らかにするために行った。入力の繰り返し回数の大小を比較するため入力時間は5, 10, 15秒の3種で、振幅はそれぞれ150, 100, 75galとした。②地震波 日本海中部地震（1983）の秋田記録のEW成分、十勝沖地震（1968）における八戸記録のNS成分、Imperial Valley地震（1940）のEl Centro記録のNS成分、Mexico地震（1985）のSCT記録のEW成分の4種を0.5, 1.0, 1.5倍したものを用いた。

3. 正弦波入力結果

結果を図2に示す。これより、モデルの初期剛性から算定される固有周期0.5秒でリニアモデルは最大値を取り、共振状態をよく示している。他の3つの復元力モデルが最大値をそれより大きな値で取るのは、塑性域にはいるために剛性が低下していき共振状態となる周期が長くなることが原因である。また到達するダメ



入力時間5秒 150gal

入力時間10秒 100gal

入力時間15秒 75gal

図2 正弦波入力によるダメージインデックス

ダメージインデックスの値はそれほど差がないにも関わらず、入力時間の長短によって共振状態となる周期の値が異なるのは、入力波の振幅によるものである。つまり入力時間が短く大振幅の入力波であれば、剛性の低下度も大きく共振状態となる周期も長くなる。次に復元力モデルの比較であるが、最大点指向モデルにおいては3パラメーターモデルとほぼ一致した結果となる。しかしバイリニアモデルでは共振点が3パラメーターモデルと異なるため、その付近においてダメージインデックスの値に大きな差異が生じる。この結果は共振状態が明確に、つまり突出した曲線として現れた場合にモデルの共振点付近において3パラメーターモデルとかなり大きな差異が生じる可能性を示しており、バイリニアモデルの問題点として挙げられる。

4. 地震波入力結果

結果を図3に示す。最大点指向モデルでは3パラメーターモデルとほぼ一致した値を取る。例外としてSCTの1.5倍が挙げられるが、ダメージインデックスの値が1.0を越えており、しかも安全側の評価であることから問題はないと考えられる。次にバイリニアモデルであるが、これは逆にEl Centro以外では3パラメーターモデル以外では70%以下にとどまっており、損失に対して過小評価であるといえる。なおEl Centroでバイリニアモデルが比較的3パラメーターモデルの値と一致しているのは、El Centroの波形が衝撃的な大波形の後に小波形が続くという特徴のためだと考えられる。

5. まとめ

以上より、1) 構造物の固有周期付近の値が卓越した波が入力波である場合、共振状態が発生するとその近辺ではわずかに周期が異なるだけで損傷度の値が大きな差異となって現れるという問題点がある。2) 3パラメーターモデルを基準とした場合、最大点指向モデルはよく損傷度を表しているが、バイリニアモデルは損傷に対して過小評価であり損傷度評価を行う際の復元力モデルとしては不適切であるといえる。なお劣化特性の影響や時間的な剛性の変動を見るためダメージインデックスの時刻歴変化を調べることも必要であると考えられる。

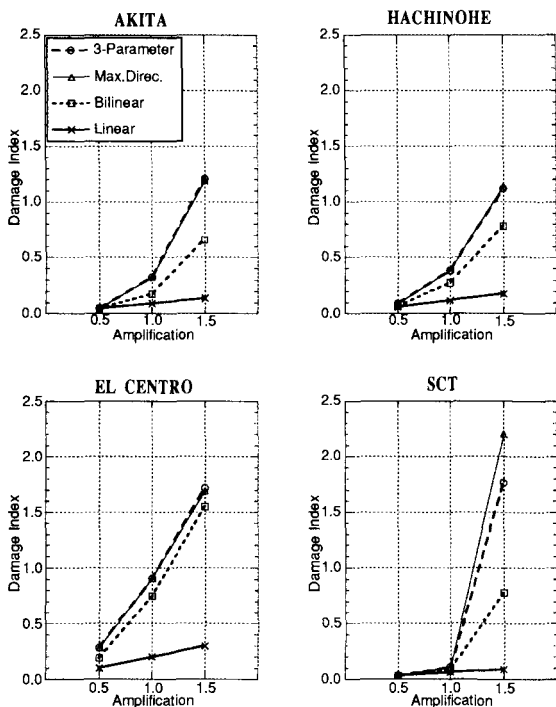


図3 地震波によるダメージインデックス

いるが、バイリニアモデルは損傷に対して過小評価であり損傷度評価を行う際の復元力モデルとしては不適切であるといえる。なお劣化特性の影響や時間的な剛性の変動を見るためダメージインデックスの時刻歴変化を調べることも必要であると考えられる。