

繰り返し荷重による耐力低下が RC 橋脚の地震時挙動に及ぼす影響

学籍番号 22413569 氏名 正木智弘

指導教員名 岩本政巳

1 はじめに

近い将来発生するとされる、東海、東南海、南海、またそれらの連動型地震は想定震源域が広く、また連動して発生する可能性も高いため、その継続時間はかなり長いものになり、強い余震も多数発生すると予測されている。一般に、地震による被害予測は計測震度をもとに行われることが多いが、計測震度は最大振幅に大きく依存する指標であり、継続時間や余震の影響を受けにくいいため、被害を過小評価する可能性がある。また RC 部材などは荷重数に応じて徐々に耐力が低下していくことが実験的研究で報告されている。

そこで本研究では RC 橋脚を解析対象とし、地震動加速度波形を入力外力として地震応答解析を行い、長時間の揺れがもたらす耐力低下とそれによる被害の拡大を検証する。

2 解析対象

解析対象としたのは、上下 4 車線、総幅員 19.45m で、等支間の 3 径間連続 3 主鋼箱げた橋の中間支点の 2 点固定橋脚で、文献[1]を参考に橋脚高さ 10~25m(5m 刻み)、支間長 30~60m(10m 刻み)の組み合わせ計 16 モデルを曲げ降伏先行型の 1 本柱 RC 橋脚(長方形断面)としてほぼ同一の強度になるように試設計した。モデル名称は前 2 桁が橋脚柱高さ、後ろ 2 桁を支間長とする。

3 解析方法

まず試設計したモデルを節点とはり要素からなる構造にモデル化した。橋脚柱は非線形はり要素、桁部は剛体要素とした。鉄道標準により曲げモーメント - 曲率関係を求め復元力特性とした。このモデルに静的弾塑性解析を行い、モデル全体の荷重 - 変位関係を求め、それらをバネの復元力として与え、多数の要素からなる橋脚を 1 つのバネモデルに置き換えた 1 自由度系モデルで解析を行った。運動方程式は増

分型とし、数値解法として Newmark の法($\alpha=1/4$)を用いた。減衰についてはレイリー減衰を用い、減衰定数は 0.01 とした。地震動データの時間刻みは 0.01s あるいは 0.02s であったが、解析は原則として 0.001s 刻みで行った。

荷重履歴を決める復元力モデルには Takeda モデルと剛性低下モデルの 2 パターンを用いた。図 1 にその概要を示す。Takeda モデルは一般的に用いられているが、繰り返し荷重による耐力低下は考慮されていない。そのため本研究では、耐力低下を考慮して作られた文献[2]で提案されている剛性低下モデルも使用し、Takeda モデルとの比較を行い、耐力低下の影響を検証した。

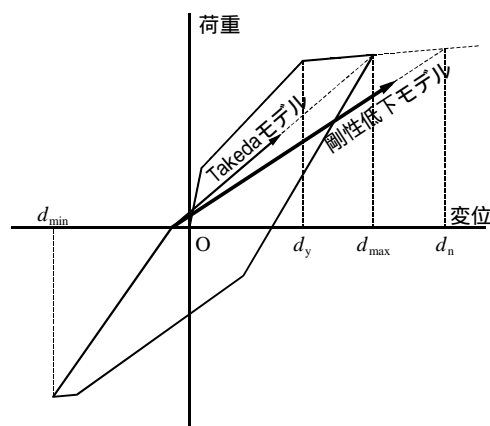


図 1: 復元力モデル概要

4 耐力低下が耐震挙動に与える影響

継続時間を示す指標 T_{90} (地震動パワーの累積値が 5%~95%となる時間) が異なる 12 個の地震波形を用いて、地震応答解析を行い、損傷を比較した。解析例を図 2 に示す。地震波は振幅調整を行って計測震度を 6.0 に揃えた。

図より剛性低下モデルの方がより最大変位が進んでいる。また図 3 に 2550 の各波形結果のまとめを示す。横軸は各波形の T_{90} を、縦軸はその波形時の塑性率を指す。図より T_{90} が大きい波形で剛性低下モデルの塑性率が Takeda モデルよりも大きくなっている。

次に119成分の地震波形を $T_{90}=22.4[s]$ を境に2つのグループに分けて、グループごとの破壊率(破壊数/グループ波形全数)を比較した. 図4に2050の結果を示す. 図より継続時間が長い剛性低下モデルグループの破壊率が1番高い結果となり, 統計的にも継続時間が長く, 耐力低下が起こる場合に破壊に至る震度が低くなることが示された.

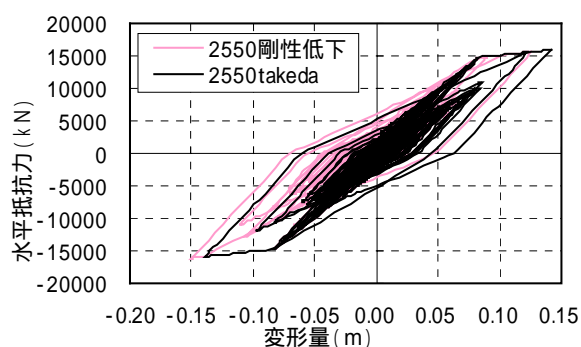


図 2: 東海・東南海複合型シミュレーション波形結果

都市シミュレーション工学分野
計測震度5.7~6.0, 余震は5.5~6.0に振幅調整した. 図5に2550の剛性低下モデルの結果を示す. 図より本震の被害を保持した場合, 保持しない場合と比べて40%前後塑性率が増加している. Takedaモデルでも20%前後塑性率が増加していた. 他の解析対象モデルでも増加率は異なるものの, 塑性率が拡大する結果が多く得られた.

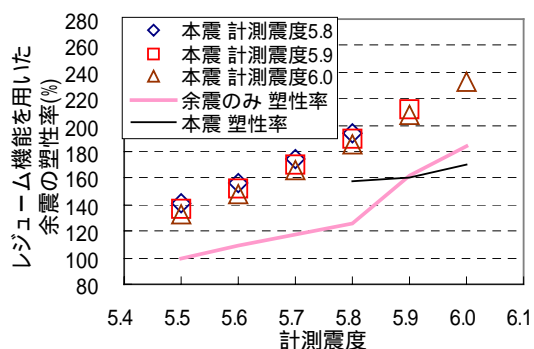


図 5: 2550 剛性低下モデル 塑性率

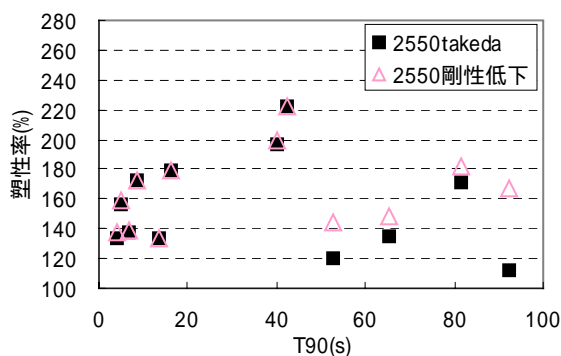


図 3: 2550 地震波形ごとの塑性率

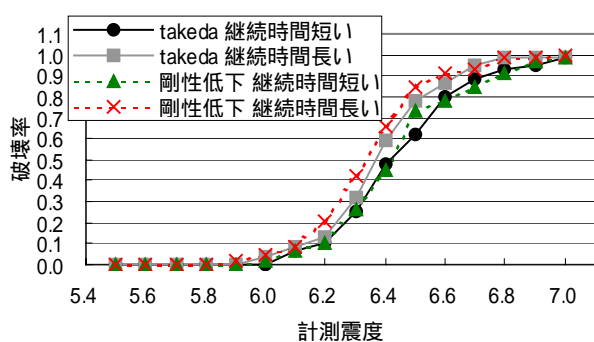


図 4: 2050 の計測震度ごとの破壊率推移

5 本震による耐力低下が余震の被害に与える影響

2003年の十勝沖地震の本震と余震の地震波形を用いて, 本震の損傷状態を保持(レジューム機能と呼ぶ)した場合の余震の地震応答解析を行った. 本震は

6 まとめ

本研究では, 繰り返し载荷による耐力低下が地震時挙動にどのように影響を与えるかについて, 耐力低下を考慮した復元力モデルを用いて地震応答解析を行い検証した. その結果, 継続時間が長い地震の場合に被害が拡大しやすいことが確認された.

また, 続けて強い余震が続くことを想定して, 本震の履歴状態を保持した場合の余震の地震応答解析を行った. その結果, 本震によってある程度塑性化が進んでいた場合, 多くのモデルで余震での被害が拡大された. 剛性低下モデルでは本震の被害を超え, 破壊に至るケースもあった.

今回は1本柱RC橋脚に限定して解析を行ったが, 今後はRC建物やラーメン構造などでも解析を行うことで, 被害予測の精度を高めることができると考えられる.

7 参考文献

- [1] 和田克哉, 谷和弘, 矢野勉: 道路橋示方書 下部構造編による橋梁下部構造の設計法と設計例, 近代図書株式会社 (2004)
- [2] 梅村恒, 市之瀬敏勝, 大橋一仁, 前川純一: 耐力低下を考慮したRC部材の復元力特性モデルの開発, コンクリート工学年次論文集, Vol.24, No.2, 2002