

2.5 鉄筋コンクリート建物の変位応答

2.5.1 適用方法

本章で示したゾーニングを用いて、鉄筋コンクリート構造物の変位応答を推定するには、多自由度系の鉄筋コンクリート建物をバイリニアの復元力特性を持つ等価1質点系に縮約しなくてはならない。一般に、鉄筋コンクリート構造は梁降伏の全体降伏形で設計される事が多く、1質点系に縮約する事はそう困難な事ではない。等価1質点系への縮約と降伏震度とベースシア係数の関係については文献¹⁹⁾に示された手法を用いる事ができる。

一方、初期周期の設定については、弾性応答値に直接影響するため十分な検討が必要である。これについては次に検討するが、領域Ⅰではクラックによる剛性低下で周期が伸び変位が増大するとしても、クラック後の履歴減衰で減衰が増し応答変位が減少する事で相殺されると考えれば弾性周期を用いる事ができる。

耐力と初期周期が設定されれば SR 及び TR によるゾーニングを行う。 $TR \geq 1.0$ ならば領域Ⅰであり、 $TR < 1.0$ ならばゾーニングは推定した SR に依存する。1質点系の応答変位は、領域Ⅰに位置すれば、変位応答は2%減衰の平滑化した弾性応答スペクトル値として、その他の場合には TR と SR により定まる DR を乗じることによって推定される。

建物の耐震性評価においては、全体変形よりも各層における最大応答層間変形が問題となるが、これは、層の耐力分布（設計用せん断力係数分布）や、変形成分（曲げ変形とせん断変形）の割合によって異なりさらに検討を要する。これについては第4章において検討を行う。

2.5.2 トリリニア型復元力との対応

本研究に用いたバイリニア復元力の初期周期を、ひび割れの入っていない鉄筋コンクリート造建物の弾性周期とし、降伏耐力で折れ曲がるとすると、トリリニアとしたものより履歴エネルギーを過大に評価し、前章で得られたゾーニングを満足しない可能性がある。そこでここでは、モデル3とトリリニアのTakedaモデルの応答値の比較検討を行った。図-2.21に設定したTakedaモデル⁹⁾の復元力のスケルトンカーブを示す。第1折れ点の耐力は、一般的な鉄筋コンクリート構造物の値として文献²⁰⁾に示された値を参考にして降伏耐力の1/3とし、降伏点剛性低下率は0.25とした。これにより降伏時の周期は弾性周期の2倍となる。パラメータは図-2.8と同じとし、計960種類の応答計算を行った。

計算結果を図-2.22に、バイリニアの応答値であるモデル3の結果と併せて示す。 $TR \geq 1.0$ の場合は、初期周期5秒のものと SR が0.5以下の時の1、2の地震動の結果を除き、トリリニアモデルのものが若干大きいが、 DR はおおむね1以下の値となっている。初期周期5秒のもので応答値が大きくなっているのは、5秒までの最大値で応答スペクトルの変位一定領域の値を定めたため、一部の地震動で5秒より長周期の変位応答スペクトルがこれを大きく上回っている事に起因している。 $TR < 1.0$ の応答値は、トリリニアモデルのものがバイリニアモデルによる結果に比べかなり大きく、これをバイリニアモデルの結果で示すのは無理がある。このとき安全側の評価として、 SR を求めるのに降伏耐力でなく第1折れ点耐力を用いると図-2.23に示したようになり、バイリニアの結果と充分適合する。

以上の検討により、系の復元力のスケルトンカーブがトリリニアで与えられた場合、 $TR \geq 1.0$ の時は、弾性周期を用いたバイリニアモデルの結果と同様に DR は1以下となり、 $TR < 1.0$ の時は、第1折れ点を用いて SR を算定する事で本章の結果を適用可能であると言える。

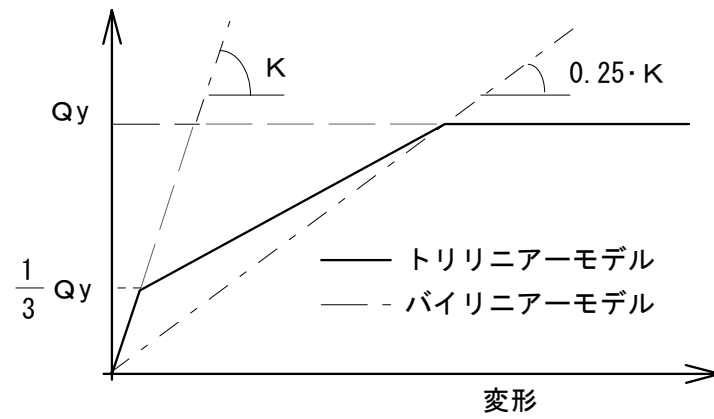
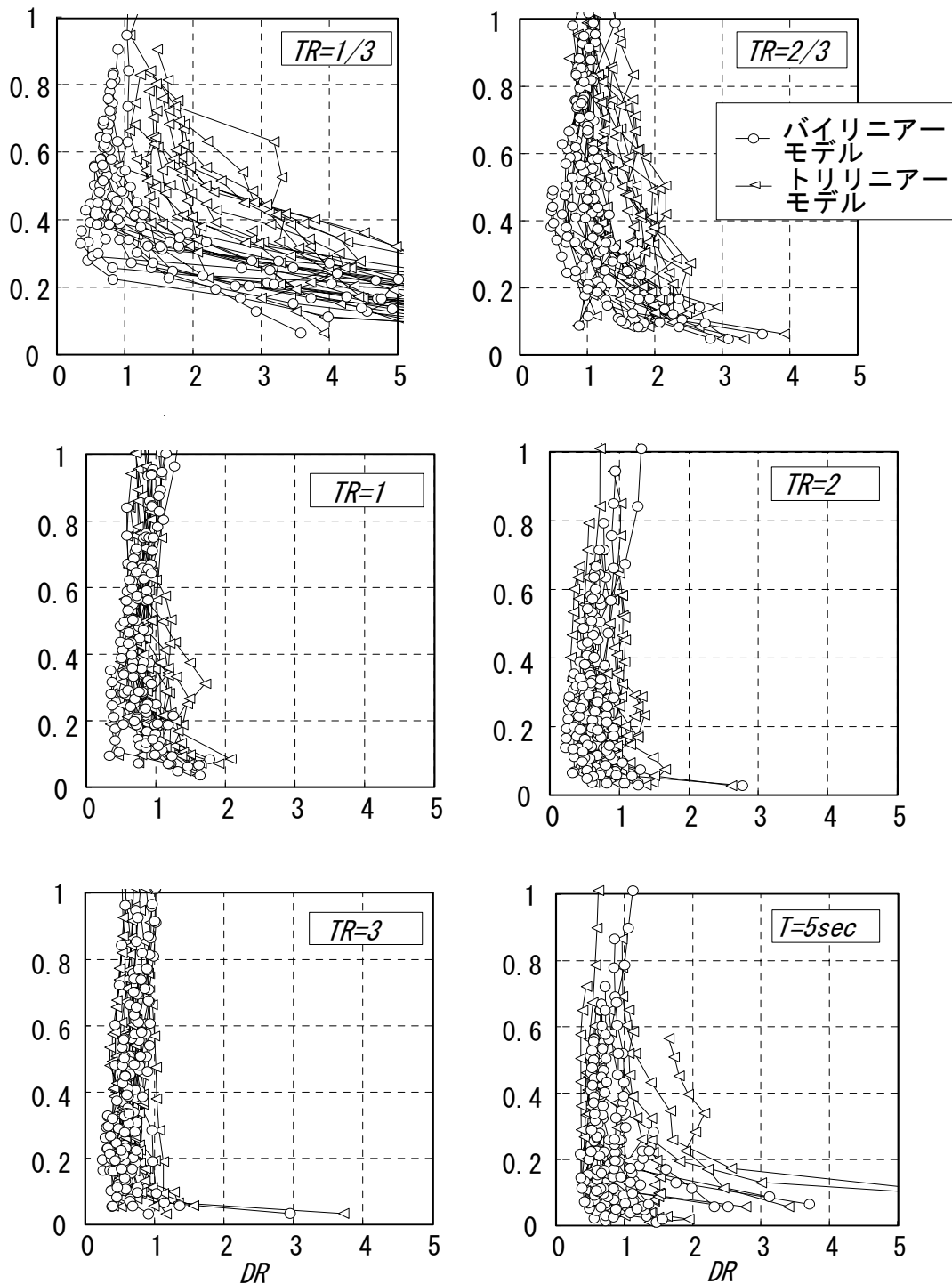


図-2.21 トリリニア復元力の設定

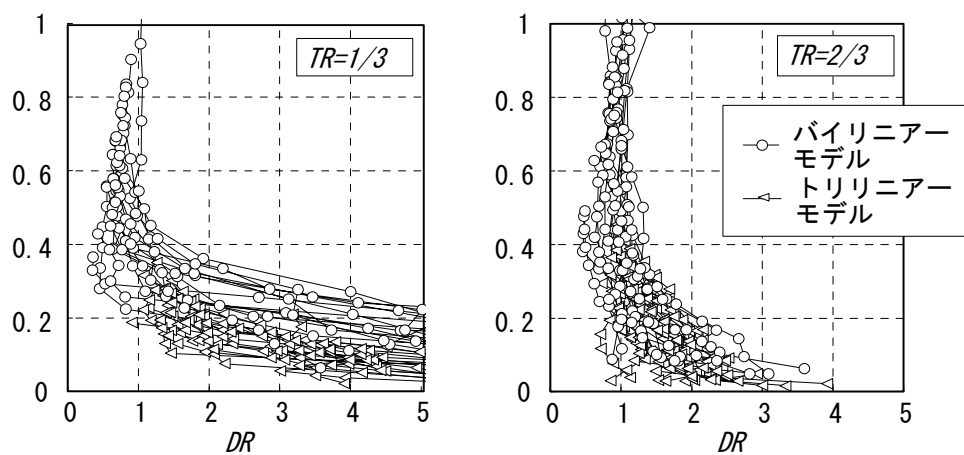
SR 平滑化した弾性応答せん断力に対する降伏せん断力の比



平滑化した弾性応答変位に対する弾塑性応答変位の比

図-2.22 無次元化パラメータで示したトリリニアモデルの弾塑性変位応答値

SR 平滑化した弾性応答せん断力に対する降伏せん断力の比



平滑化した弾性応答変位に対する弾塑性応答変位の比

図-2.23 $T < T_c$ の SR を第1折れ点で求めたときの弾塑性変位応答値

2.6 まとめ

第2章では、各種バイリニアアの復元力特性を持つ1質点系の弾塑性応答解析をパラメトリックに行い、弾塑性変位応答の検討を行い、鉄筋コンクリート造建物の変位応答を設計の初期段階で弾性周期より推定する方法について検討した。得られた結論を以下に述べる。

- 1) 1質点系の弾塑性変位応答は、強度、初期周期および地震動の特性によって定められる以下の無次元パラメータ TR 、 SR により地震動の種類によらず無次元量 DR として求められる。

TR = 初期周期 T_0 / 地震動の特性周期 T_c (応答スペクトルにおける加速度一定領域と速度一定領域の境界の周期)

SR = 降伏強度 / 2%減衰弾性応答せん断力

DR = 最大応答変位 / 初期周期 T_0 における2%減衰の変位応答スペクトル

- 2) 鉄筋コンクリート構造を1質点系にモデル化したとき、弾塑性変位応答値は、 $TR+SR \geq 1.0$ を満足するときは、2%減衰の平滑化した弾性変位応答スペクトル値として良い。また、 $TR+SR \leq 1.0$ の場合には、弾性応答値の $1/(TR+SR)^{2.5}$ 倍程度の値となる。
- 3) 以上の結果を利用して、鉄筋コンクリート構造の地震時の水平変位量の概略値が弾性周期と強度より推定可能である。

第2章の参考文献

- 1) 稲井栄一、島崎和司：超高層鉄筋コンクリート構造建物の地震時挙動について（その1）建物のモデル化と応答について、日本建築学会学術講演梗概集、構造Ⅱ、pp.351～352、1987年10月
- 2) 高層建物構造評定委員会：高層建築物の動的解析用地震動について、ビルデングレター、No.6、pp.49～50、1986年6月
- 3) Newmark, N.M. and W.J. Hall, : Earthquake Spectra and Design, EERI, 1982.
- 4) 日本道路協会：道路橋示方書・同解説 V 耐震設計編、pp.83、1990年2月
- 5) 滝沢春男：地震動のエネルギー応答スペクトル、第14回自然災害科学総合シンポジウム講演集、pp.359～362、1977年8月
- 6) 四方照雄：地震応答解析による構造物の変位の偏りについて、間組研究年報、pp.51～56、1991年
- 7) Saidi, M. & M.A. Sozen : Simple and complex models for nonlinear seismic response of reinforced concrete structures. Structural Research Series No. 465, University of Illinois 1978
- 8) Otani, S., : Hysteresis models of reinforced concrete for earthquake response analysis, 東京大学工学部紀要(B), Vol. 36, No.2, pp.125～159, 1981
- 9) Takeda, T., M.A. Sozen & N.N. Nelson, : Reinforced Concrete response to simulated earthquakes. Journal of structural division, ASCE, Vol. 96, No. STc2, pp. 2557～2573, 1970
- 10) 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梗概集、pp.227～232、1966年
- 11) 江戸宏彰、武田寿一：鉄筋コンクリート構造物の弾塑性地震応答フレーム解析、日本建築学会大会学術講演梗概集、pp.1877～1878、1977年10月
- 12) Newmark, N.M., : A method of computation for structural dynamics, Journal of structural division, ASCE, Vol. 85, No. ST3, pp.67～94, 1959
- 13) 柴田明徳：最新耐震構造解析、森北出版、pp. 139-140、1981年6月
- 14) 島崎和司：RC構造物の地震時水平変位量の簡易な推定方について（その3）等価線形化法の検討、日本建築学会大会学術講演梗概集、pp.587～588、1986年8月
- 15) 島崎和司、鈴木威祐：RC構造物の地震時水平変位量の簡易な推定法について（その2）実験結果による検討と適用方法、建築学会大会学術講演梗概集、C、pp.23～24、1985年10月
- 16) 秋山宏：建築物の耐震極限設計、東京大学出版会、1980年9月
- 17) 菊田繁美、鈴木弘之：履歴系への地震入力エネルギーに関する考察、日本建築学会大会学術講演梗概集、pp.835～836、1984年10月
- 18) Berg, G.V. and S.S. Thomaidis, : Energy consumption by structures in strong motion earthquakes, Proceedings of the 2nd World Conference on Earthquake Engineering, pp. 681～697, 1960
- 19) 日本建築学会：地震荷重と建築構造の耐震性(1976)、pp.134-161、1977年1月
- 20) 青山博之編著：鉄筋コンクリート建物の終局強度型耐震設計法、技報堂出版、pp.487～489、1990年
- 21) 日本建築センター：改正建築基準法施行令新耐震基準に基づく構造計算指針・同解説、1981年

図-2.21	トリリニア―復元力の設定.....	64
図-2.22	無次元化パラメータで示したトリリニア―モデルの弾塑性変位応答値..	65
図-2.23	$T < T_c$ の SR を第1折れ点で求めたときの弾塑性変位応答値.....	66