

2.4.5 累積率

1 質点系の解析モデルにおいて降伏が 1 方向のみに生じ、1 度で最大変位に到達するならば、最大応答変位は履歴エネルギーと線形関係となる。しかし、地震応答は繰り返し現象であり、両方向の降伏によりエネルギーは消費される。さらに、モデル 2～4 においては、降伏のみでなく小振幅時にもエネルギー消費がある。それゆえに、最大応答変位に対し、履歴エネルギーと見かけ上の最大エネルギー（図-2.12の斜線部分）の関係（これを累積率 Ra と定義した）は重要なファクターとなる。

図-2.17(a)は、El Centro NSを入力したときの強度比 SR と累積率 Ra の関係を、各周期比毎に各モデルに対して示したものである。一般的には等価粘性減衰の大きいモデルの方が大きな累積率 Ra を示している。また、同じ強度比 SR の時には、初期周期が Tc より小さい場合には初期周期の短い方が大きな値を示し、初期周期が Tc より大きい場合には、周期の違いによる差はあまり無い。これらの違いは、応答変位比 DR とか塑性率などの応答の非線形性の差によるものと考えられる。図-2.17(b)は、モデル 3 に対する強度比 SR と累積率 Ra の関係を、各周期比毎に 5 種の入力地震動に対して示したものである。各地震動の応答は傾向的には同様であるが、ばらつきが大きい。

図-2.18(a)はEl Centro NSを入力したときの各モデルの累積率 Ra を、各周期比毎に塑性率の関数として示したものである。絶対値は別として、周期にかかわらず同様の傾向を示している。各周期において、累積率は塑性率の増加に伴い増加し、塑性率 3～4 で一定の値となる。初期周期が Tc より小さい場合には一定値の値が大きく、初期周期が Tc より大きい場合には一定値の値が小さい傾向にある。また、履歴エネルギーの大きなモデルほど累積率 Ra が大きい傾向にある。しかし、モデル 1 はばらついた値を示し、一定の傾向が見られない。図-2.18(b)は鉄筋コンクリート構造に対応するモデル 3 に対する累積率 Ra を、5 種の地震動に対し各周期比毎に塑性率の関数として示したものである。地震動によるばらつきは大きいが平均的には約 4 となっており、周期比の小さなものほど累積率 Ra が大きい傾向にある。

図-2.17(a)においてモデル1は強度比 SR が大きいときの累積率 Ra は非常に小さい。これは、強度比 SR が大きいときにモデル1は1方向にシフトする傾向が強いからである。この時には、塑性率が增大しても累積率は増えない。この事は、モデル1が定常状態においていくら大きな等価粘性減衰を有していたとしても、応答が1方向にシフトするため、応答時の履歴エネルギー消費能力としては小さいという事になる。

応答量の1方向へのシフトは、入力地震動と系の耐力によるが、その傾向は定かではない。本論の検討範囲では、等価粘性減衰の大きなモデルほどシフトする傾向が強いようである。これは単純には以下のように説明される。もし、入力エネルギーが同じ大ききで正負両方向に交互に供給されるとすれば、モデル1では、正側で降伏した後、元の点に戻る事で負側のエネルギーを吸収できるのに対し、モデル5では、正側と同じだけ負側に降伏しないと負側のエネルギーを吸収できない。

図-2.19、2.20は、El Centro NSを入力したときの強度比 SR が0.4と0.7の時の荷重-変形関係を、各周期比 TR が1/3と2についてモデル1、3、5に対して示したものである。これまでに説明した事がこれらの図に良くあらわれている。図-2.9によれば、周期比 TR が1以上の時には最大応答変位は履歴モデルによる差が無い。図-2.19、2.20でもそれが良くあらわれている。

履歴エネルギーの累積率 (R_a)

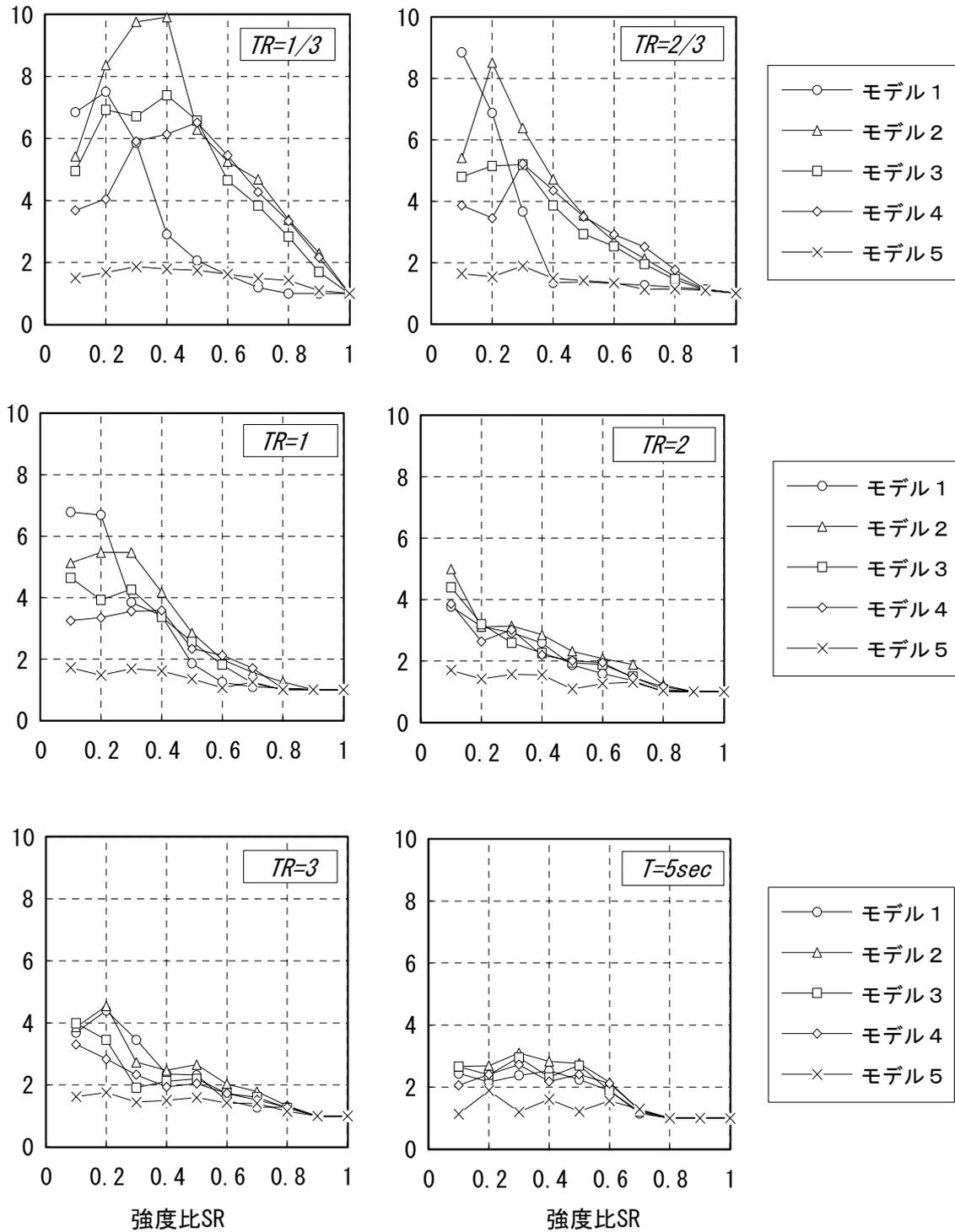


図-2.17(a) 履歴モデルによる累積率の相違
(El Centro NS に対する応答値)

履歴エネルギーの累積率 (R_a)

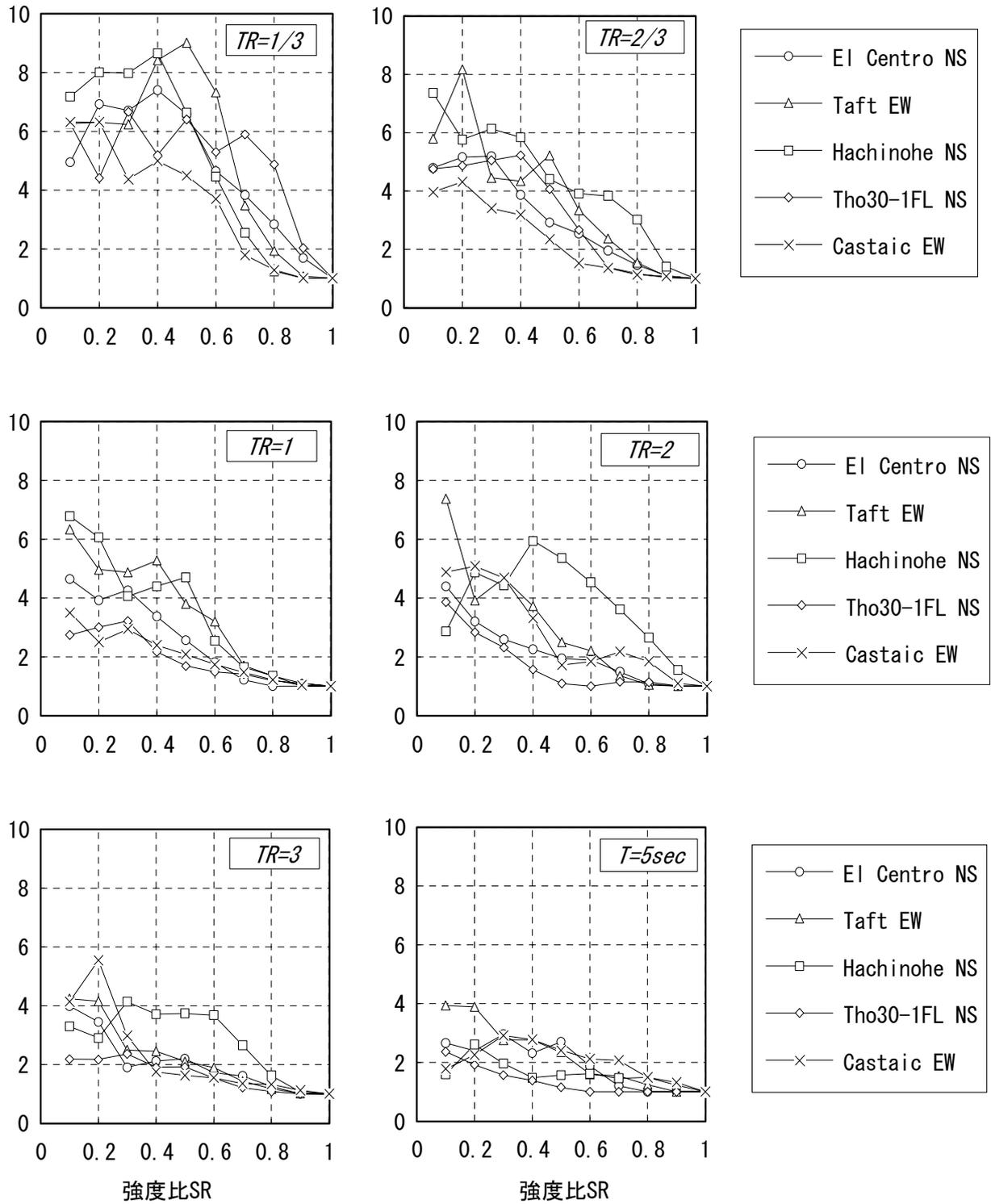


図-2.17(b) 入力地震動による累積率の相違 (モデル3 に対する応答値)

履歴エネルギーの累積率 (R_a)

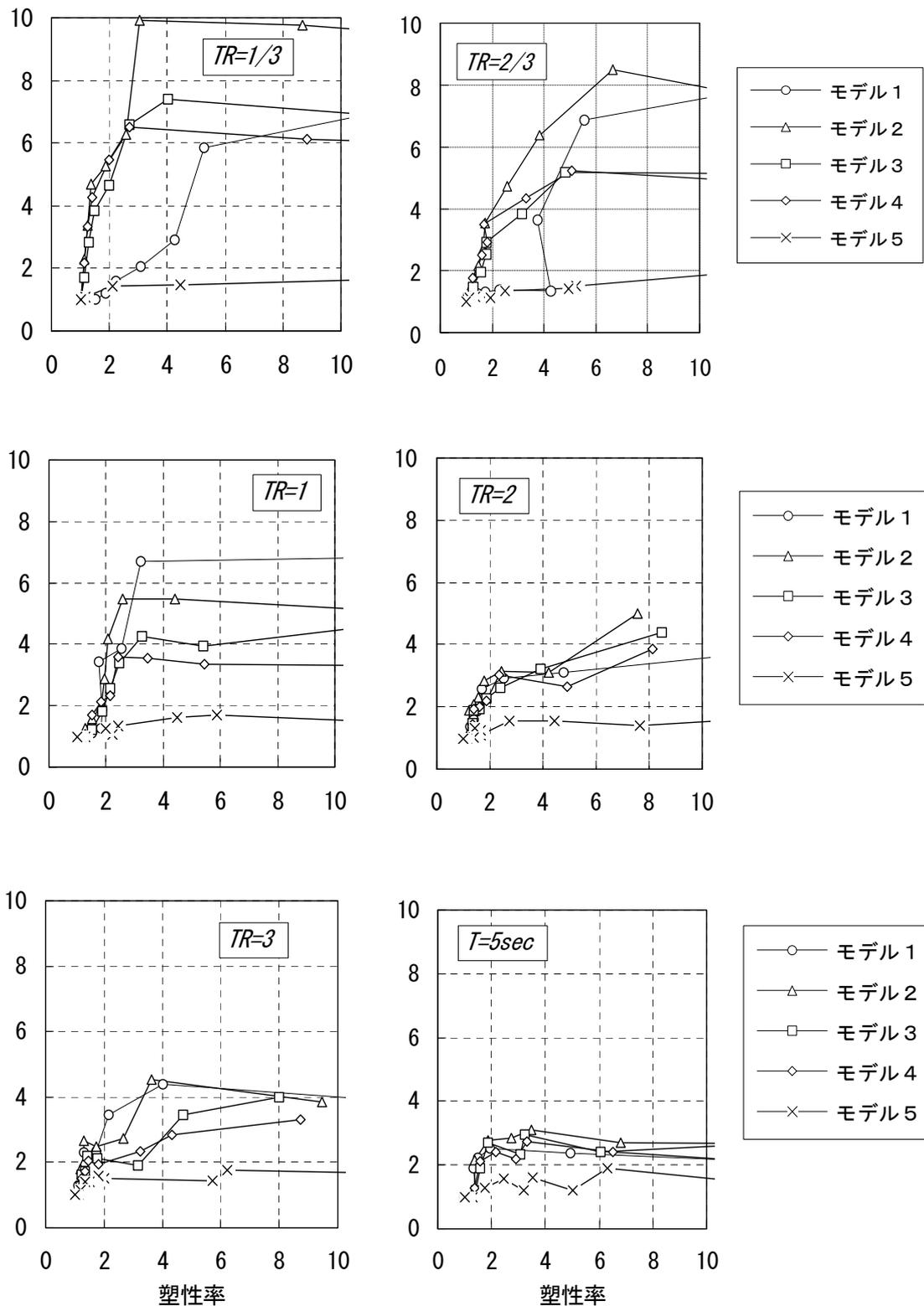


図-2.18(a) 履歴モデルの差による累積率と塑性率との関係
(El Centro NS に対する応答値)

履歴エネルギーの累積率 (Ra)

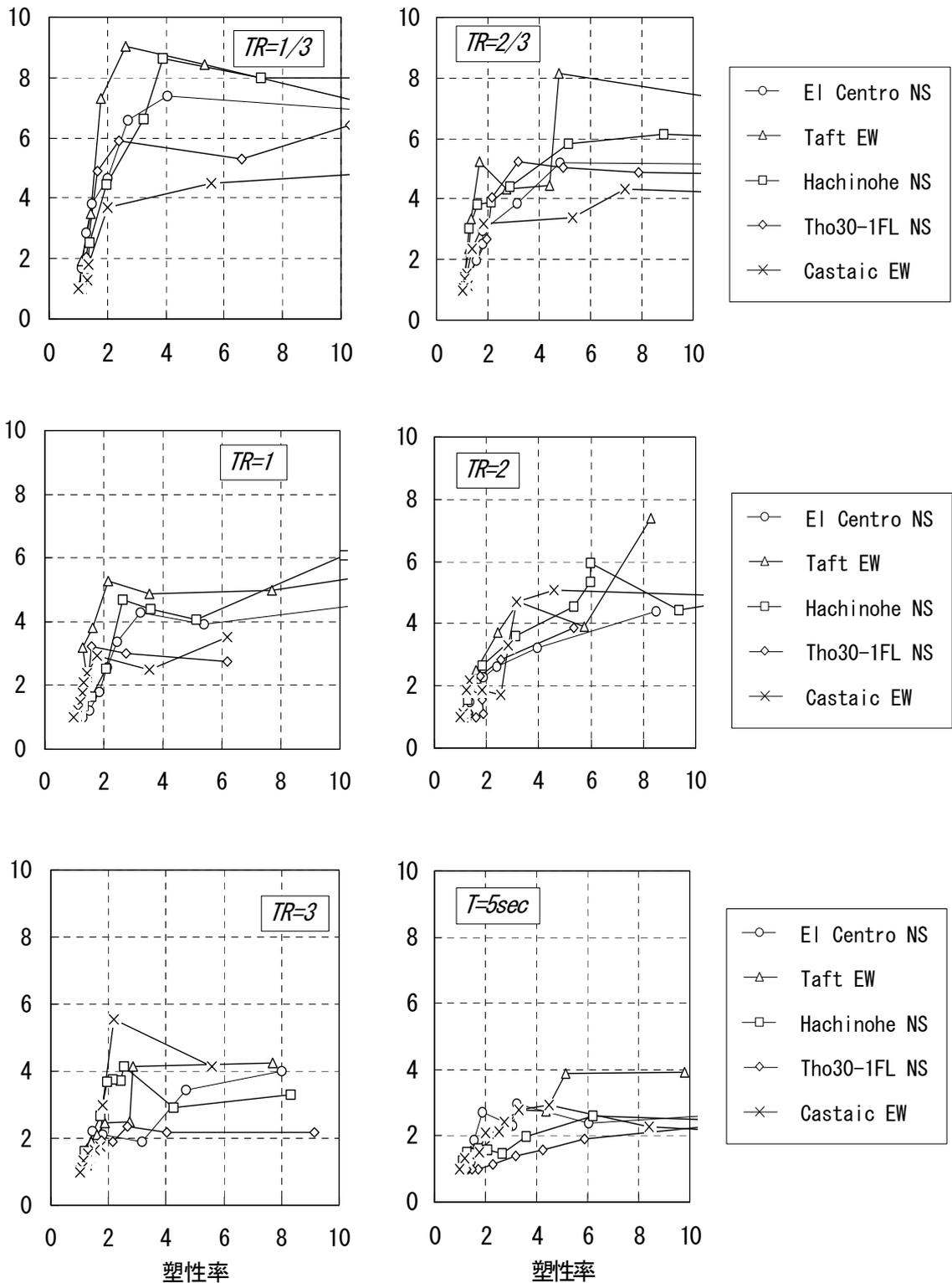
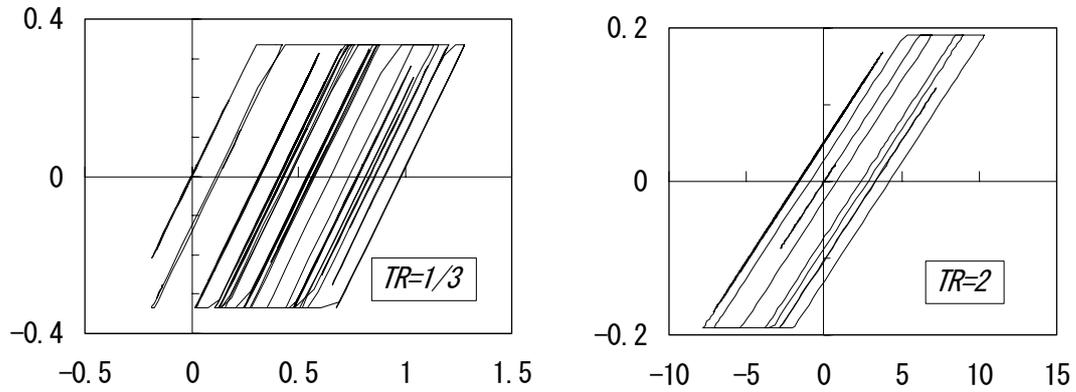
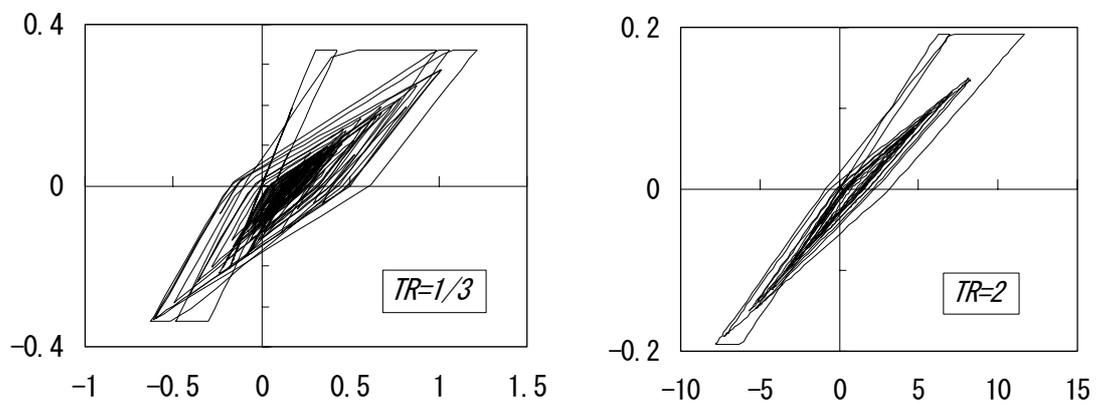


図-2.18 (b) 地震動の差による累積率と塑性率との関係 (モデル3 に対する応答値)

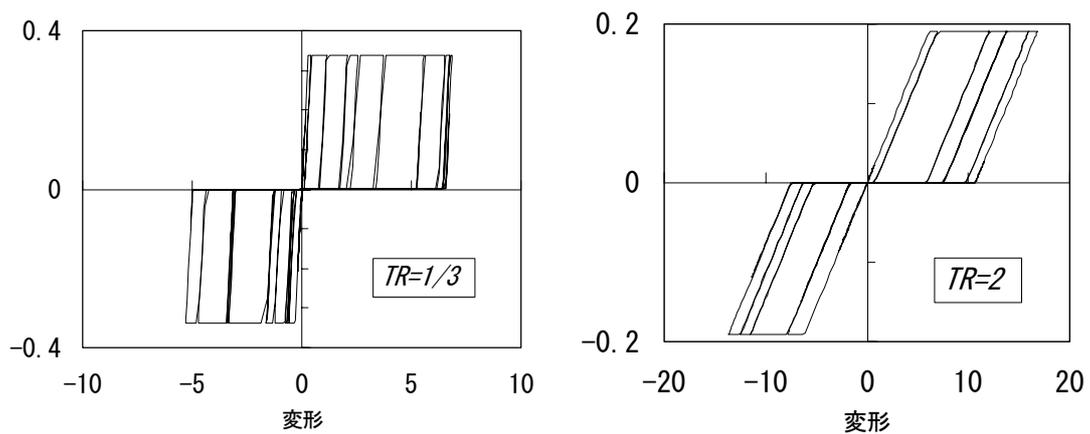
荷重



(a) モデル1の応答



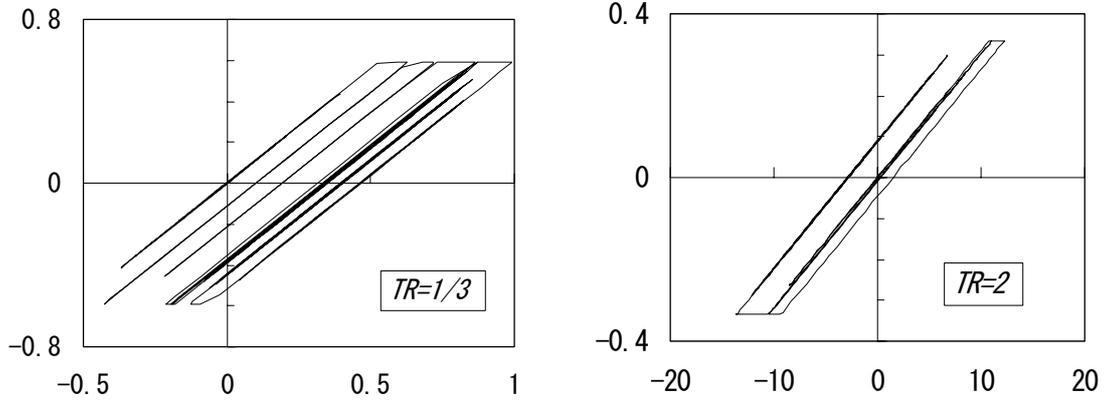
(b) モデル3の応答



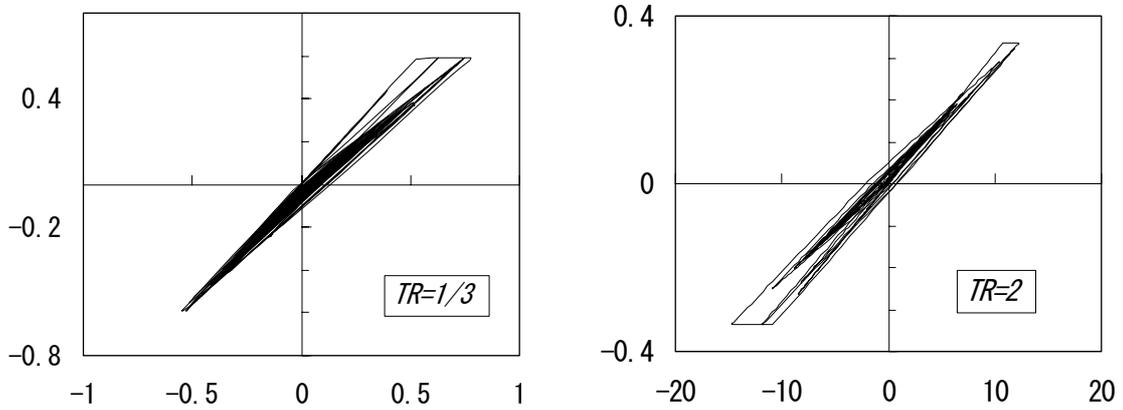
(c) モデル5の応答

図-2.19 強度比SR=0.4の時の荷重-変形関係
(El Centro NS に対する応答値)

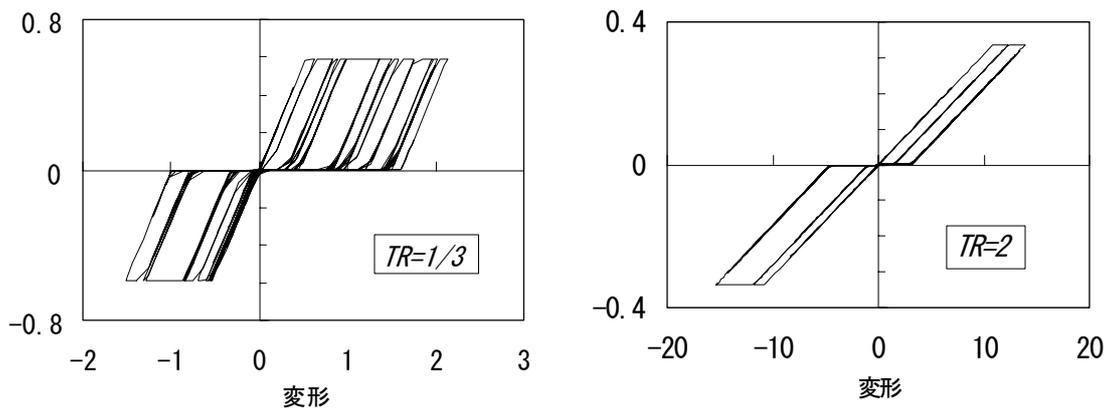
荷重



(a) モデル1の応答



(b) モデル3の応答



(c) モデル5の応答

図-2.20 強度比SR=0.7の時の荷重-変形関係
(El Centro NS に対する応答値)

2.4.6 変位応答

1質点系の最大変位応答は、エネルギー的観点より強度比 SR の関数として(2.21)式で与えられれば明快な説明が可能である。しかしながら既に述べたように、(2.21)式は強度比 SR の単純な関数として与えられなかった。とくに、モデル1に対する累積率 Ra は本論で用いたどのパラメータに対しても一定の傾向を示さなかった。従って、本論では、与えられた地震動に対するエネルギー的観点による1質点系の最大変位応答の算定式を示す事はできなかった。

しかし、この節で検討した事項は、ある周期において、強度比 SR や履歴特性により最大応答変形が異なるのか、それともそれらにかかわらずほとんど一定なのかに関する説明にはなつた。例えば、初期周期が $1/3T_c$ のときのモデル1と他のモデルの応答の差は主として入力エネルギーの差（あるいは履歴エネルギーの差）にあり、その他のモデル間の差は主として累積率 Ra の差によっている。また、初期周期が T_c 以上の時に強度比 SR が減少しても変位応答が増大しない理由は、累積率 Ra が増加するからであり、履歴モデルによる差が無いのは1方向ドリフトの差によるものである、等が説明できる。