

# 鉄筋コンクリート柱部材の復元力特性と 建物としての応答性状の変動

1090479 濱田健

高知工科大学 工学部 社会システム工学科

RC構造物を構造設計するにあたって大事な復元力特性や減衰が変動した場合に地震応答がどのように変動するのか調べた。今回は、スケルトンカーブを3種類、履歴特性を2種類、減衰タイプを2種類、減衰定数を3種類(計36パターン)それぞれ変動させ、降伏応力や降伏歪を調べ、どのような履歴ループになるのか調べた。このことから、現在一般的に用いられている復元力特性のモデル化計算において、最大でひび割れ応力や降伏応力に±20パーセントの変動が起きた場合はどのような応答変形の変動になるのかについて検討した。

**Key Words** : スケルトンカーブ、履歴特性、減衰タイプ、減衰定数

## 1. はじめに

建築物の動的応答解析を行う場合、建物耐力の復元力特性モデルの選定が必要であり、さらに減衰の評価も重要となる。これらを決定することにより、地震時に建物がどのような応答を示すのかを予測することが可能となる。しかし、これらの選定を誤れば実挙動の予測とは言えない。現在行われている動的解析において上記モデル化の範囲で、応答量がかなり変動すると思われる。そこで、本研究では想定したRC造構造物において、建物耐力のひび割れ点のせん断力、降伏せん断力の値の変更や履歴ループモデル及び粘性減衰の変動が、動的応答解析の応答結果にどのように影響するのかを5層、15層建物モデルで検討する。

## 2. 解析建物概要

解析建物は、地上5層と地上15層の純ラーメンRC造である。図-1に示すように5層と15層の基準平面は、両方ともX方向4スパン、Y方向1スパンであり、X方向の1スパン長さは6m、Y方向の1スパン長さは10mである。解析方向は桁行方向である。

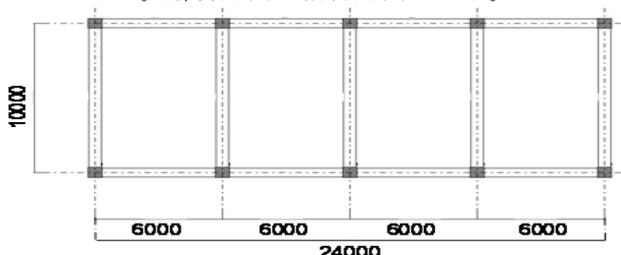


図-1 5層と15層の平面図

図-2に示すように構造階高は全て3m共通、最高高さは5層で15m、15層で45mである。

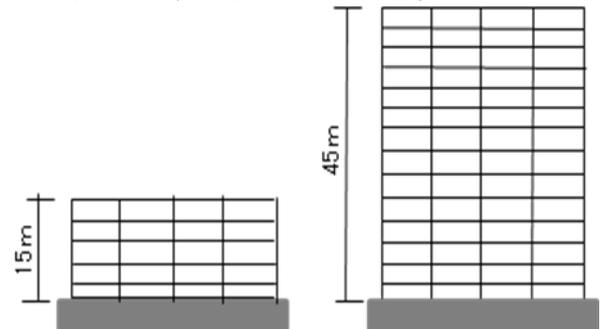


図-2 5層、15層立面図

## 3. 解析概要

### 3.1 静的弾塑性解析

解析モデルは、柱・梁及び柱梁接合部からなる平面フレームとし、基礎を固定とする。柱及び梁は材端剛塑性回転ばねにより評価し、せん断に対しては曲げに比例させて低下させた。

### 3.2 動的弾塑性解析

静的弾塑性解析結果から図-3に示すように建物をせん断型にモデル化し、1階床位置を固定とし、各階を質点とする多質点解析を行った。

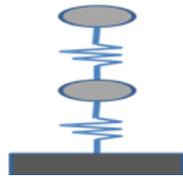


図-3 建物を多質点にモデル化(2質点の場合)

### 3.3 スケルトンカーブの設定

各層の復元力特性におけるスケルトンカーブは、静的弾塑性解析結果を用いてTri-Linear型とした。

図-4に示すようにひび割れ点のせん断力 $Q_1$ は、割線剛性が初期弾性剛性 $K_1$ の80%に低下した点Cのせん断力とし、点Cと初期剛性が交わる点を点Pと定める。また、層間変形角が1/100になる点を点Yと定める。点Pと点Yを通るように新しく設定するスケルトンカーブの包絡面積が静的弾塑性結果から得られたスケルトンカーブの包絡面積と等しくなるように設定した。このときのスケルトンカーブをS1とする。

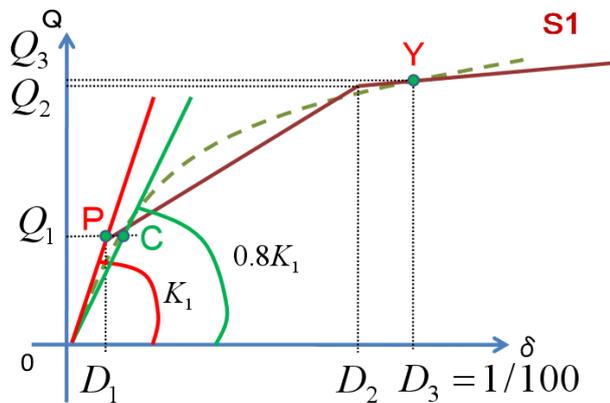


図-4 スケルトンカーブの設定

そして、本研究では、図-5に示すように $Q_1$ と $Q_2$ の値をそれぞれ0.8倍、1.2倍し、故意的にスケルトンカーブを大きく又は小さくした。0.8倍したスケルトンカーブをS2、1.2倍したスケルトンカーブをS3とする。

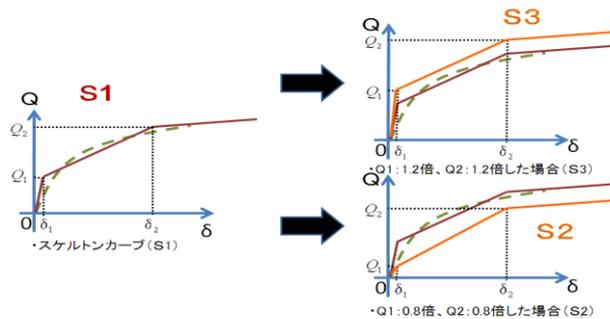


図-5 スケルトンカーブを0.8倍、1.2倍した場合

### 3.4 復元力特性

部材の復元力特性は、表-1に示すように3.3で述べたスケルトンカーブが3種類とし、履歴特性が武田モデル、武田スリップモデルの2種類とし、減衰タイプが初期剛性比例型、瞬間剛性比例型の2種類とした。これは、神戸南部地震以前では初期剛性比

例型を使用していたが、それ以降応答量が大きく出る瞬間剛性比例型を使用する機会が増えてきているからである。また、減衰定数 $h_1$ を2%、3%、5%の3種類とした特性の36種類とした。

表-2にモデルの固有周期を示す。

表-1 解析用復元力特性

復元力特性	スケルトンカーブ	履歴特性	減衰タイプ	減衰定数 $h_1$
a	S1	武田モデル	初期剛性比例型	2%
b	S1	武田モデル	初期剛性比例型	3%
c	S1	武田モデル	初期剛性比例型	5%
d	S1	武田モデル	瞬間剛性比例型	2%
e	S1	武田モデル	瞬間剛性比例型	3%
f	S1	武田モデル	瞬間剛性比例型	5%
g	S1	武田スリップ	初期剛性比例型	2%
h	S1	武田スリップ	初期剛性比例型	3%
i	S1	武田スリップ	初期剛性比例型	5%
j	S1	武田スリップ	瞬間剛性比例型	2%
k	S1	武田スリップ	瞬間剛性比例型	3%
l	S1	武田スリップ	瞬間剛性比例型	5%
m	S2	武田モデル	初期剛性比例型	2%
n	S2	武田モデル	初期剛性比例型	3%
o	S2	武田モデル	初期剛性比例型	5%
p	S2	武田モデル	瞬間剛性比例型	2%
q	S2	武田モデル	瞬間剛性比例型	3%
r	S2	武田モデル	瞬間剛性比例型	5%
s	S2	武田スリップ	初期剛性比例型	2%
t	S2	武田スリップ	初期剛性比例型	3%
u	S2	武田スリップ	初期剛性比例型	5%
v	S2	武田スリップ	瞬間剛性比例型	2%
w	S2	武田スリップ	瞬間剛性比例型	3%
x	S2	武田スリップ	瞬間剛性比例型	5%
y	S3	武田モデル	初期剛性比例型	2%
z	S3	武田モデル	初期剛性比例型	3%
aa	S3	武田モデル	初期剛性比例型	5%
ab	S3	武田モデル	瞬間剛性比例型	2%
ac	S3	武田モデル	瞬間剛性比例型	3%
ad	S3	武田モデル	瞬間剛性比例型	5%
af	S3	武田スリップ	初期剛性比例型	2%
ag	S3	武田スリップ	初期剛性比例型	3%
ah	S3	武田スリップ	初期剛性比例型	5%
ai	S3	武田スリップ	瞬間剛性比例型	2%
aj	S3	武田スリップ	瞬間剛性比例型	3%
ak	S3	武田スリップ	瞬間剛性比例型	5%

表-2 固有周期 (sec)

	1次	2次	3次
5層	0.407	0.150	0.097
15層	1.040	0.363	0.220

### 3.5 入力地震動

動的弾塑性解析に用いる地震動波形は、表-3に示すように EL CENTRO 1940 NS, TAFT 1952 EW, HACHINOHE 1968 NSの3波とし、地震動波形の強さとしてはレベル1, レベル2と考え、観測地地震動波形を最大速度25kine (レベル1), 最大速度50kine (レベル2) となるように加速度値を決めた。

表-3 入力地震波

地震波		最大加速度	
		レベル1	レベル2
特定地震波	EL CENTRO NS	255.38	510.76
	TAFT EW	248.38	496.75
長周期地震波	HACHINOHE NS	165.05	330.11

#### 4. 解析結果及び考察

図-6～図-11は動的弾塑性解析によって得られた解析結果(5層では, EL CENTRO NS レベル2, 15層では, TAFT EW レベル2)を示す。赤字のS1, S2, S3は3.3で述べたスケルトンカーブを示す。緑色で表したものは, 一般的で使用されている復元力特性モデル(スケルトンカーブS1, 武田モデル, 初期剛性比例型, 減衰定数3%)の解析結果である。

最大層間変位は大きくばらついており, 復元力特性の違いによる差は減衰定数が大きくなるにつれて小さい傾向にある場合が多い。最大層間変位のばらつきは5層で95.95%, 15層では94.26%であった。それぞれの入力地震動による5層, 15層の最大層間変位で最大値を示しているのは, 耐力を0.8倍にしたS2の復元力特性であった。最大層間変位関係は, S3<S1<S2となっていた。しかし, 図-11で示すように15層でのスケルトンカーブS3では, 「武田モデル, 瞬間剛性比例型, 減衰定数2%」と「武田slipモデル, 瞬間剛性比例型, 減衰定数3%」の復元力特性モデルの結果が著しく大きくなっていた。

武田slipモデルの場合は武田モデルに比べて大きな応答が予測されたが, それほど顕著に大きくはならなかった。これは今回の応答量がそれほど大きくなく, この応答量が大きくなればスリップを示す復元力特性となり, 応答差が顕著になるのではないかと推測した。ばらつきの要因として「スケルトンカーブの違い」, 「履歴特性の違い」, 「減衰タイプの違い」, 「減衰定数の違い」が考えられる。その要因を検討したい。

参考資料として, 図-12～図-15に履歴ループを載せた。初期剛性比例型と瞬間剛性比例型の違いや武田モデルと武田slipモデルの違い, スケルトンカーブの違いにより履歴ループが変動することがわかる。初期剛性比例型よりも瞬間剛性比例型の方が履歴ループが大きくなっている。武田モデルよりも武田slipモデルの方が小さくなっている。この違いにより応答量が変わっているのではないかと推測できる。また, スケルトンカーブを変動させても履歴ループに影響が出ることが分かった。

#### 6. 今後の課題

エネルギーの観点から履歴エネルギーや減衰エネルギーが何に起因してい

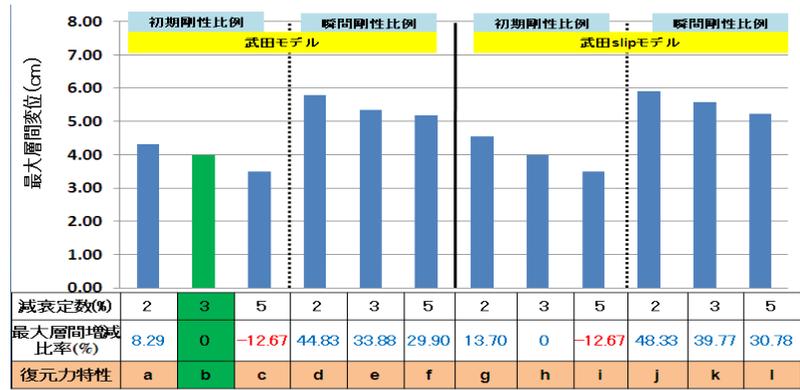


図-6 S1 EL CENTRO レベル2(5層) 最大層間変位



図-7 S2 EL CENTRO レベル2(5層) 最大層間変位

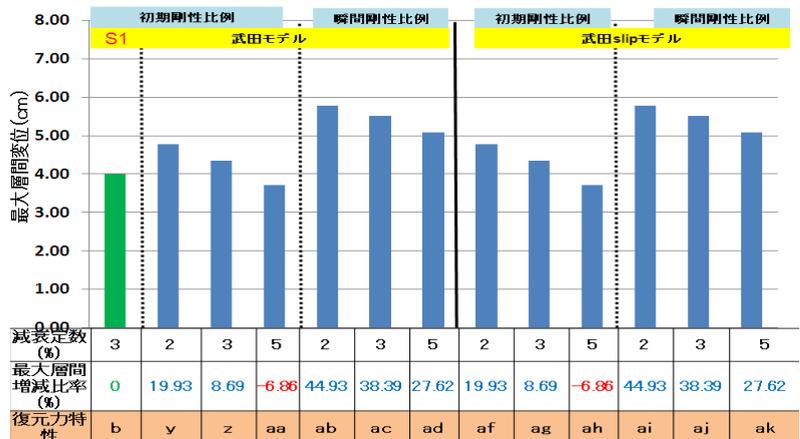


図-8 S3 EL CENTRO レベル2(5層) 最大層間変位

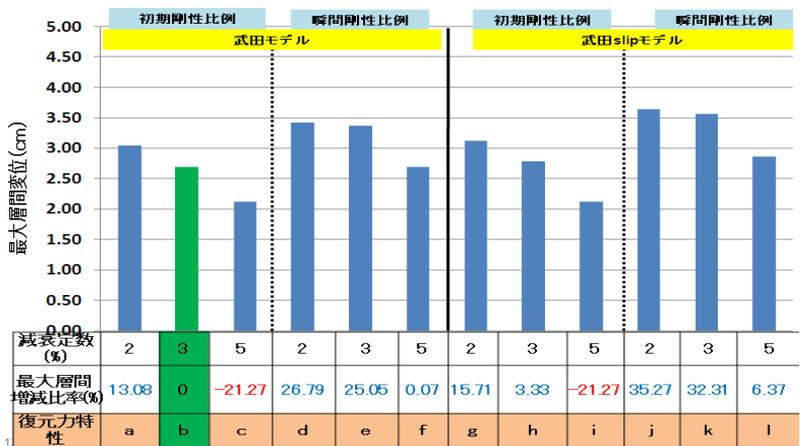


図-9 S1 TAFT レベル2(15層) 最大層間変位

るのか詳細に調査したい。

どのようなパラメータの建物にどのような復元力特性が適しているのかを詳細に検討する必要がある。

上部構造と地盤との相互作用も検討していきたい。

参考文献

- ・江戸、武田 「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」 昭和 52 年大会
- ・鉄筋コンクリート構造物の耐震性能評価指針 (案) ・同解説 日本建築学会
- ・建築物の減衰 日本建築学会
- ・建築基礎 耐震・振動・制御 共立出版株式会社
- ・株式会社 構造計画研究所
- BIRD-21 ユーザーマニュアル第 7 版
- RESP-F3 利用者マニュアル 第 10 版
- RESP-QDM 利用者マニュアル第 1.7 版
- RESP-M/II 利用者マニュアル 第 8 版

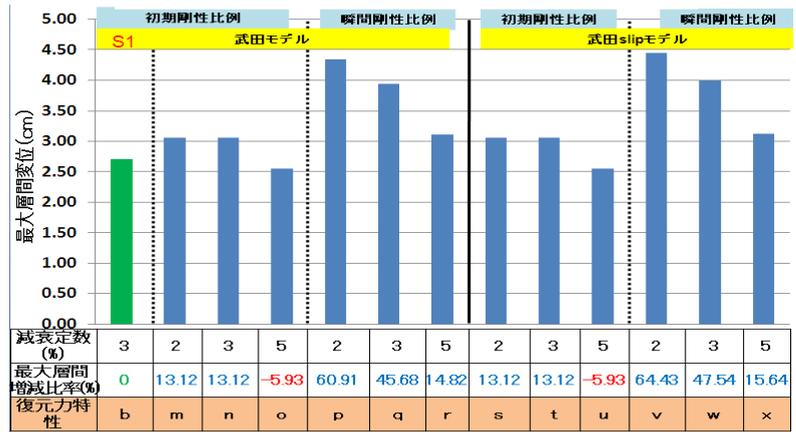


図-10 S2 TAFT レベル2(15層) 最大層間変位

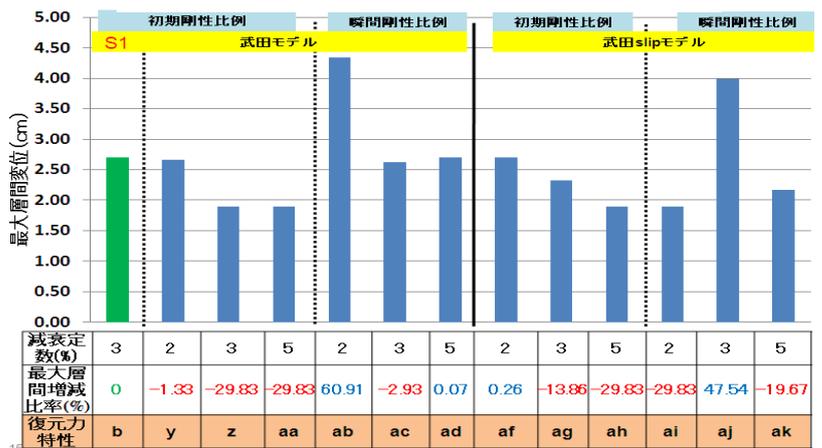


図-11 S3 TAFT レベル2(15層) 最大層間変位

