正会員	牧田	敏郎*
同	島崎	和司**

鉄筋コンクリート 耐震設計 変位応答 応答スペクトル

1.はじめに

近年の耐震設計法は性能指向となり、地震時の変形を推定 することが必要になってきている。また、既存建物の耐震性 の評価でも、耐力だけでなく変位応答も考慮することが必要 となる場合も増えている。地震時の弾塑性変位応答は、立体 フレーム解析手法等により個々の部材レベルまで算定可能で あるが、このような解析では各部材の弾塑性性状の設定など で多大な労力が必要となるため、最終的な安全確認向きとい える。そこで、設計の初期段階で用いることのできる、簡易 な解析による応答変位推定方法を検討してきた。

これまでに、強度、変位、周期に関する無次元化パラメー タを設定し、バイリニアーモデルによる数値解析結果を規準 化することで弾塑性変位応答を予測できることを示し¹⁾、ト リリニアーモデルに拡張することを試みた²⁾。本研究では、 トリリニアーモデルを用い、パラメーターに戻り剛性低下率 を加えて、エネルギー吸収能力が弾塑性変位応答に及ぼす影響を検討し、弾塑性変位応答の評価を行う。

2. 一質点系応答解析とその評価

図1に示したトリリニアー型の武田モデルを用い、パラメ ーターとして表1に示す荷重比FR、剛性比KR、強度比SR、 周期比TR、戻り剛性低下率を変化させて、様々な周波特 性を持つ地震動に対する一質点系弾塑性応答解析を行った。 結果を、横軸に変位応答比DR、縦軸に強度比SRをとりプロ ットした。このグラフをベースに、FR、KR、、TRの組み 合わせについて計1,260種のグラフを比較し、これらがDR に与える影響と予測式を検討した。解析結果の一例として図 2にFR=0.5、KR=0.5、=0.6のTR別グラフを示す。TR 毎 に、SRによってDRが増大する傾向が地震動に種類によらず 同様であるといえる。

この 1,260 枚の SR - DR 関係を、それぞれ DR = $1/SR^{1/x}$ と仮定し、DR が 0.7 以下となるものを除いて、最小二乗法により x を算定し推定式を定めた。図 3 に TR 別の x と FR、KR、 の関係を示す。同図中には最小 2 乗法による近似直線を入れた。TR が小さい時には、

に対し右下がりの傾向にあり、TR が大きくなるとそ



表1 解析パラメーター覧

古ませ の	<u>クラック荷重 <i>Fc</i></u>	0.2~0.8	7種	
19里儿 //	降伏荷重 Fy	(0.1)		
	降伏剛性 Ky	0.2~0.6	5 括	
回り1主しし れな	初期剛性 Ko	(0.1)	じ作里	
路度比 as降伏強度		0.1~1	40 任	
强度CL SR	5%減衰弾性応答せん断力	(0.01)	10 作里	
周期比 TR	初期周期 To	1/3、2/3、		
	加速度・速度応答スペクトル	1、2、3、	6種	
	一定領域の境界線	及び 5sec		
白い剛性低工変		0~1	6種	
	戻り剛性10~~			
様々な	よ周波数特性をもつ地震動	-	20 種	
<u>最大応答変位</u> 変位応答比 <i>DK</i> 初期周期 <i>To</i> における平滑化した - 5%減衰の変位応答スペクトル値				
		-	-	

(DRは解析パラメーターとしては用いないが定義を記載)







の傾きが小さくなっている。これを、最小 2 乗法の結果を踏 まえて単純化した次式で与える。

(2)

(3)

x = 3 (0.9 - 0.2)*TR* (1) これより、DR の予測式として次式を得る。

 $DR = \frac{1}{SR^{1/\{\mathfrak{T}(0.9-0.2)\}}}$

ー般には(2)式から変位応答を予測できるが、図 4 に示 すように FR=0.2, KR=0.2 と両者が共に小さい範囲において、 (2)式による推定値を超過することがある。そこで係数 を(2)式に乗じて右に移動することにより補正することと した。この をすべてのグラフで定め、パラメーターとの関 係を比較し、縦軸に補正係数 、横軸に $\sqrt{FR+KR}$ をとり、 TR 別に図 5 に示す。どれもほぼ直線的な関係となり、TR が 大きいとき傾きは小さくなった。また、 $\sqrt{FR+KR} > 1$ のとき は =1 となった。この時の傾きを とし、 と TR の関係 を図 6 に示す。これを次のように近似する。

TR < 1 = 2.5 - 2TRTR > 1 = 0.5

これより補正係数 は $\sqrt{FR + KR}$ = 1 のとき、 = 1 となるように調整して、FR, KR, TRの関数として

$$TR < 1 = 3.5 - 2TR - (2.5 - 2TR)\sqrt{FR + KR}$$

$$TR > 1 = 1.5 - 0.5\sqrt{FR + KR}$$

$$f_{c}f_{c}t \downarrow 1.0 \qquad (4)$$

で与えられる。これより、 $\sqrt{FR + KR}$ <1 の時の変位応答比 DR の予測式は次式で与えられる。

$$TR \le 1 \qquad DR = \frac{3.5 - 2TR - (2.5 - 2TR)\sqrt{FR + KR}}{SR^{1/(3.09 - 0.2 - 3TR)}}$$
(5)
$$TR > 1 \qquad DR = \frac{1.5 - 0.5\sqrt{FR + KR}}{SR^{1/(3.09 - 0.2 - 3TR)}}$$

(5)式で与えられる予測式と、実際の応答解析結果の比較を 周波特性の異なる3種の地震動の結果について図7に示す。 これより、(5)式により応答値が安全側に評価できることが わかる。ここでは、応答値が塑性率で10を超えるデータは 除去している。なお、システムがTR+SR>1で、かつ $\sqrt{FR+KR}>1$ ならば、応答変位一定則が成り立ち、弾塑性応 答値は弾性応答値により推定できる。

3.まとめ

トリリニアー型の武田モデルを用いたパラメトリックな弾 塑性応答解析を行い、弾塑性応答推定式を示した。ここで示 した推定式は、弾塑性応答値を安全側に評価できる。また、 システムが TR+SR>1 で、かつ $\sqrt{FR+KR} > 1$ ならば、応答変 位一定則が成り立つ。 本研究は、文部科学省学術フロンティア・横浜市産官学共同研究 総合プロジェクト「地震・台風災害の制御・低減に関する研究

総合プロジェクト「地震・台風災害の制御・低減に関する研究 (TEDCOM)」(研究代表者:大熊武司)により、数値計算とデータ 整理は神奈川大学卒論生の加藤仁君による。解析に使用したプログ ラムは小谷 SDF³⁾を使用した。関係者各位にお礼申し上げます。 参考文献

- 1)島崎和司:鉄筋コンクリート構造の地震時水平変位、日本建築学 会構造系論文集、1993年2月
- 2)牧田敏郎、島崎和司:中小地震時における鉄筋コンクリート構造 物の被害レベル予測に関する基礎研究、2001年大会梗概集
- 4) Otani, S.: Hysteresis models of reinforced concrete for earthquake response analysis, 東京大学工学部紀要(B)

* ハザマ 生産技術部







* Building Engineering Department, HAZAMA Corporation

** Associate Prof., Kanagawa University, Dr. Eng.