# 複数地震動の弾塑性最大応答の包絡一様化と地震動レベルに関する考察

正会員 〇鈴木光雄\*

弹塑性応答	層間変形角	制御
制振構造		

### 1. はじめに

振動解析の検討におけるクライテリアの一つに層間変形角 の制限がある。一般に複数地震動の検討が必要となるが、最 大応答変形角の包絡結果のみに着目することで済めば、効率 的な検討が可能になる。文献1では剛性を調整して、包絡し た応答値の一様化を行った。ただし、建物剛性を調整して弾 性状態で応答分布の一様化が可能となったとしても、地震入 カレベルが大きくなると建物フレームに塑性化が生じ非線形 挙動となるため、一様な応答状態となる保証がない。

本報告では、ある入力レベルで一様な応答となるように剛 性および耐力が設定された建物に対し、異なる入力レベルの 地震動が作用した場合にどのような応答状態となるかについ て、耐震構造の場合と制振構造の場合で基本的な考察を行う。

### 2. 検討方法

(1) 検討モデル

検討建物は、平面形 57.6m×28.8m、階高 4.0m の 25 層の鉄 骨造の想定とし、各階重量は 1~24 階 14,100kN、25 階 19,907kN である。固有周期 3.0 秒、履歴ループはノーマルト

Q

Q<sub>2</sub>

Q

0

図1

δı

δ

 $\delta_{2}$ 

トリリニア曲線

リリニア型、減衰は瞬間剛性比例 型で減衰定数は h=0.02 とする。ス ケルトンカーブは図 1 のトリリニ ア曲線とする。各パラメータは、 降伏耐力に関して $Q_1/k=3.0$ 、 $Q_2/Q_1=1.2$  とし、降伏後の剛性比に関 しては $k_1/k=0.65$ 、 $k_2/k=0.03$  とし、 各階同一の設定とする。

### (2)入力地震動

対象とする地震動は、建設省告示第 1461 号に定められるス ペクトルで作成された地震動(以下、告示波)と、観測地震 波3波(最大速度 0.5m/s に基準化)として El Centro 1940(NS)、 Taft1952(EW)、Hachinohe 1968(NS)、および BCJ-L2 を 0.815 倍 したものである。告示波の位相は Hachinohe 1968(NS)、JMA-Kobe 1995(NS)とする。また、BCJ-L2 の 0.815 倍は速度応答ス ペクトルを告示波と同じ設定とし、告示波のランダム位相に 準じるものとして設定した。これらの 6 波のレベルをレベル 2 (以下 L2) 地震動として設定する。また、本検討では L2 の 0.5 倍をレベル 1(以下 L1)相当とし、L2 の 1.5 倍をレベル 3(以 下 L3)相当として設定し、各レベルでの応答状態について考 察する。

## A Study on Uniformity of the Enveloped Maximum Elasto-Plastic Response of Multiple Earthquakes and Seismic Level

### 3. 検討結果

1)解析ケース1(耐震構造)

L3 入力に対し、最大応答層間変形角を包絡した分布が一様 となるように、文献 1 を参考にして各階の剛性を調整した。 ここでは、包絡した応答の*j*層の最大層間変形角を $\theta_j$ とし、各 層に関する平均値 $\bar{\theta}$ に対し、各階の変動割合 $e \equiv |1 - \theta_j / \bar{\theta}| < 0.02$ を条件とした。図2にスケルトン曲線に応答値をプロ ットしたものと最大応答層間変形角を示す。個別の地震動に おいてもeの最大値は 0.23 程度であり、特定層の応答が突出 した状態ではないものと判断される。また、層の塑性率は 1.65 程度である。



L3 入力で包絡応答が一様になるように設定された剛性分布 に対して、L1、L2 入力の確認を行う。図 3(a)に包絡した最大 層間変形角を示す。各レベルともに比較的一様な応答となっ ている。一方、L1 入力の弾性状態で制御した剛性分布に対し、 L2、L3 入力の結果を図 3(b)に示す。L2 入力では比較的一様 分布であるが、L3 入力で大きく変動した結果となっている。



SUZUKI Mitsuo

各入力レベルで一様な制 御を行った場合の剛性分布 を図4に示す。剛性分布に 大きな差異が見受けられな い。図3(b)でL3の変動が大 きいのは、塑性化が大きく なると、わずかな剛性およ びそれに伴う耐力の変動で 応答分布が大きく変動する 傾向にあるものと考えられる。 2)解析ケース2(制振構造)



ケース2では制振構造の検討を行う。制振装置は、鋼材ダ ンパーとオイルダンパーの場合を考える。それぞれのダンパ ーの水平方向最大力が 1000kN 程度となるよう表 1 の水平方 向の性能を設定した。ダンパーは各階2台のみ配置できる条 件とし、上階は曲げ変形が卓越し制振効果が低いことから設 置は1~20階とする。鋼材ダンパーはノーマルバイリニア、オ イルダンパーは Maxwell モデルでモデル化する。

	表 ダンハー諸元(1 百当たり)									
(a)鋼材ダンパー				(b)オイルダンパー						
	剛性(	kN/m)	降伏荷重		減衰係数 (kN·sec/m)		リリーフ 荷重	接続剛性 (ItNI/m)		
	初期	降伏後	(KIV)		1次	2次	(kN)	(KIV/III)		
	149260	149.260	1014		25000	1690	800	100000		

- (1 /2)/2- 10)

L3 入力に対し、最大応答層間変形角を一様となるように制 御した各ダンパーの場合の結果を図5に示す。



各層の最大応答を示す地震動など、鋼材ダンパー、オイル ダンパーの場合ともにケース 1 と同様となっている。入力エ ネルギーに対するダンパーの吸収エネルギーの割合は地震動 ごとに変動するが、平均値は鋼材ダンパーで約33%、オイル ダンパーで約 31%である。また、層の塑性率はそれぞれ 1.6、 1.5 程度となっている。

ケース1と同様に、L3入力で一様応答へ制御した剛性に対 する L1、L2 入力の結果と、L1 入力の弾性状態で制御した剛 性に対する L2、L3 入力の結果を図 5 に示す。L1 制御での L3 入力では、鋼材ダンパー、オイルダンパーともに11階、17階 付近が大きくなっている。変動割合eの最大値はケース1で 0.59 だが、それぞれのダンパーで 0.45、0.42 と低下する。



### 4. 剛性分布と耐力分布

ケース1、2の剛性と耐力の分布について確認する。剛性分 布について L1 入力で制御した場合と、L3 入力で制御した場 合を示す。L1入力で制御した場合、20階から上のダンパーを 配置していない層では、ダンパー設置していない場合に比べ 剛性を上げる必要があることがわかる。L3入力で制御した場 合では、このような傾向はわずかであり塑性化が進むほど、 ダンパーの影響が小さくなっているものと考えられる。



様とするには、Ai 分布に比 べ耐力Q2分布を低層から中 間層にかけ低くする必要が ある結果となっている。



#### 5. まとめ

大地震時の弾塑性応答において、ある入力レベルで一様な 応答となるように制御した場合の、異なる入力レベルの応答 について基本的な考察を行った。

参考文献

1) 鈴木光雄:免震構造における上部建物の層間変形角の均等化について、日本 建築学会大会学術講演梗概集, 構造 II, pp.669-670,2020.7

\* Yamashita Sekkei Inc., Structural Design Dept.