

速度応答スペクトルと最大層間変形角に関する検討

1. 目的

速度応答スペクトル値に基づき、揺れの階級を設定するに際しての、判断材料を提供する。

2. 検討内容

- ・対象建物：30 階建、45 階建、60 階建の鉄骨造純ラーメンの超高層モデル建物
- ・地震動：南海トラフの巨大地震による模擬地震動で、3 大都市圏の複数地点における、平均レベル、平均+ σ レベルの地震動
- ・3 建物×地点数×2 レベル×2 方向の数十ケースの地震応答解析を実施し、結果を整理

3. 検討結果

① 図 1 応答スペクトル S_v に基づき評価した代表点変形角 δ_0 と応答解析による代表点変形角の関係
 $S_v(0.05)$ に基づく代表点変形角 δ_0 は、下式による。

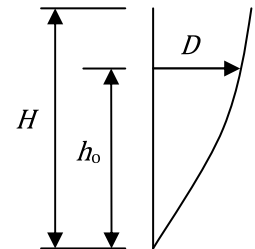
$$\delta_0 = D/h_0 = S_v(0.05)/\omega \times F_h(0.02)/h_0 \quad (1)$$

D : 代表点高さの最大変位

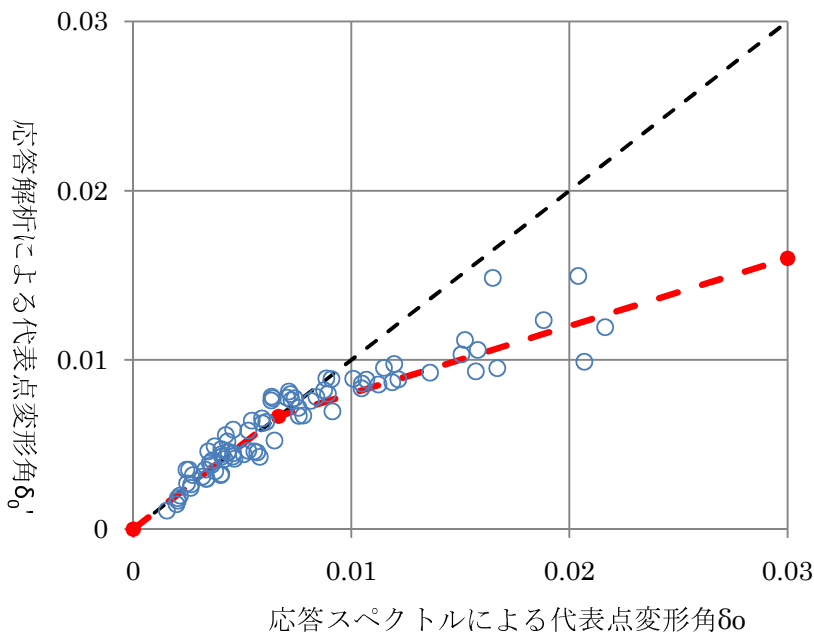
H : 建物高さ

h_0 : 代表点高さ

F_h : 減衰による加速度応答低減率 ($=1.5/(1+10h)=1.25$)



図によると、両者の関係はほぼ bi-linear で近似できる。その境界点は、代表点変形角 1/150 程度である。これより変形が大きくなると、部材の塑性化が進み、履歴減衰により、応答解析結果の応答最大変形角が抑えられると考えられる。



$\delta'_0 = \delta_0$	$\delta_0 \leq 1/150$
$0.4\delta_0 + 0.004$	$\delta_0 > 1/150$

図 1

②図2 応答解析による代表点変形角と最大層間変形角の関係

図によると、両者の関係はほぼ bi-linear で近似できる。その境界点は、代表点変形角 1/150、層間変形角 1/120 程度である。これより応答が大きくなると、特定層の塑性化が進み、その層に変形が集中し始めると考えられる。

最初の勾配は約 1.2 で、これは弾性時の最大層間変形角と代表点最大変形角の比を表している。

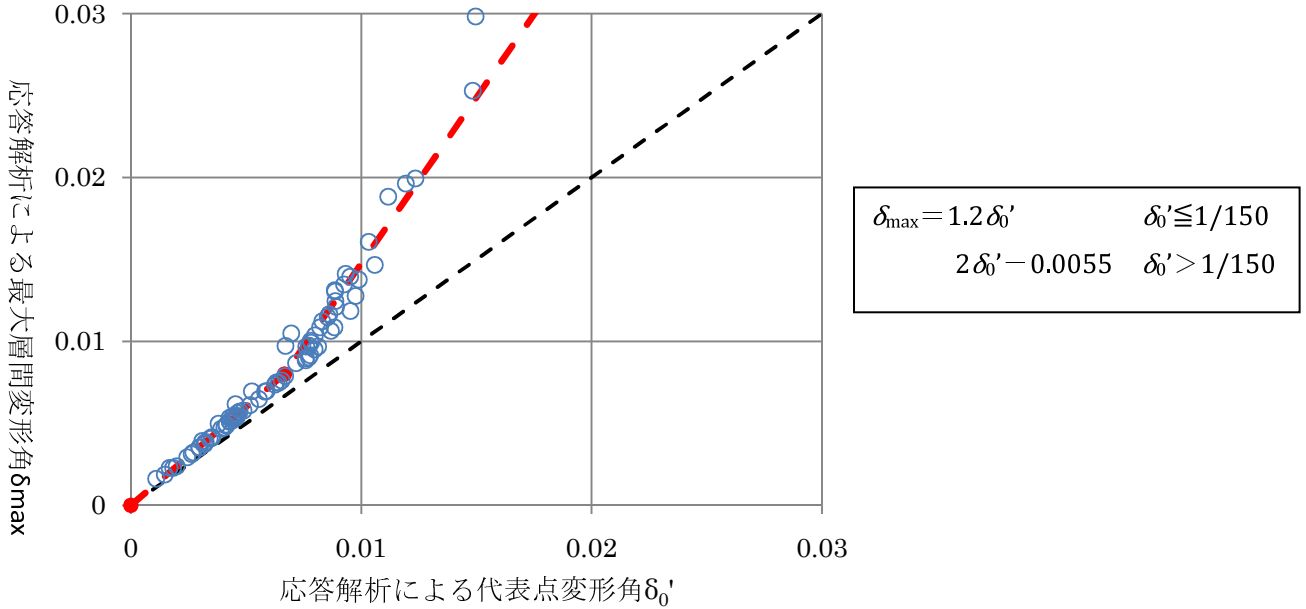


図 2

③図3 弾性周期の速度応答スペクトル値(減衰 5%)と応答解析結果の代表点最大変形角の関係

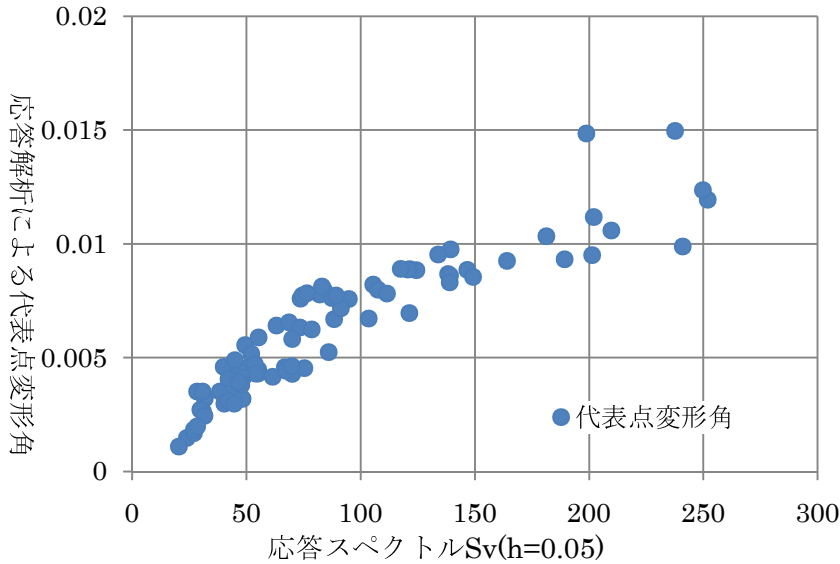


図 3

④図4 弾性周期の速度応答スペクトル値(減衰 5%)と応答解析結果の最大層間変形角の関係

図によると、Sv(0.05)の70~80cm/sを境にbi-linearに近似できそうである。また、150cm/sを超えると両者の関係が大きくばらつく傾向がある。

ここで(1)式に、

$$\omega = \frac{2\pi}{T} = \frac{2\pi}{\alpha H}、\quad h_0 = \frac{2H}{3} \quad \text{を代入すると}$$

$$\delta_0 = Sv(0.05) \cdot \frac{\alpha H}{2\pi} \cdot 1.25 \cdot \frac{3}{2H} = 0.3\alpha Sv(0.05) \quad (2)$$

$\alpha = 0.025 \sim 0.03$ とすると、代表点最大変形角 δ_0 と Sv(0.05) の関係は、

$$\delta_0 = 0.0075 \sim 0.009 Sv(0.05) \quad (3)$$

図1より、 $\delta_0 \leq 1/150$ の時、おおむね弾性範囲であるので、弾性限の Sv(0.05) は、

$Sv(0.05) = \delta_0 / 0.0075 \sim 0.009 = 0.89 \sim 0.74 \text{ (m/s)} \rightarrow$ 安全側で $0.74 \text{ m/s (=74cm/s)}$ を採用

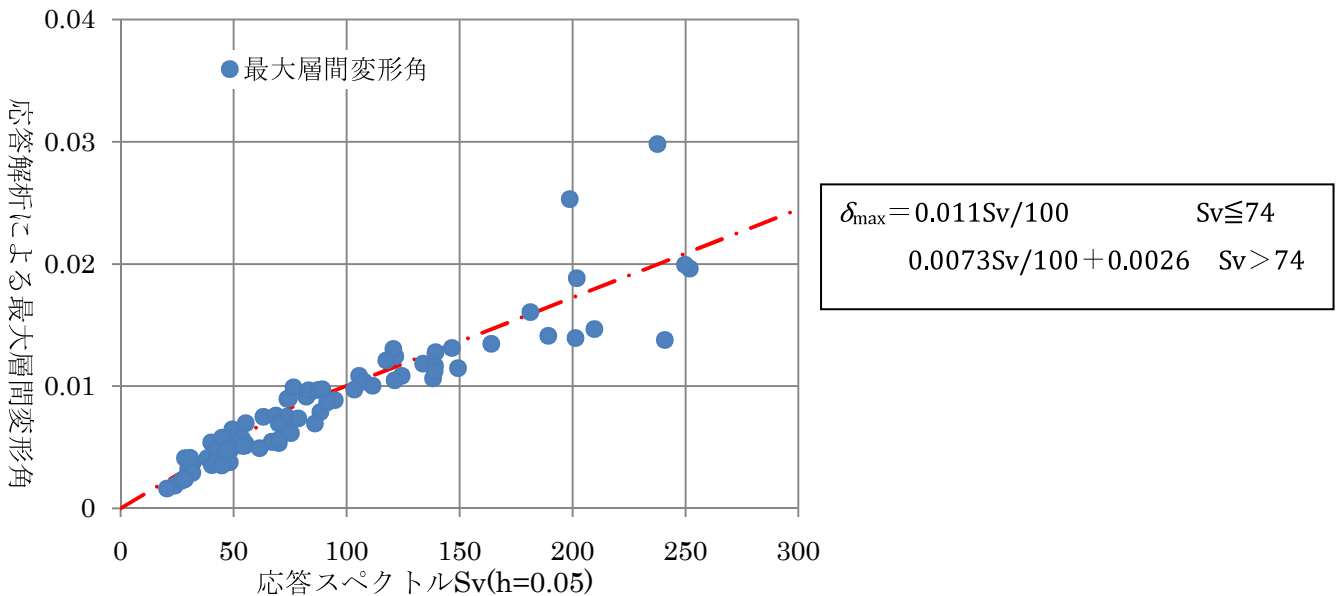


図4

4. まとめ

以上をまとめると、下表の通りとなる。なお、私案値は、本検討が均等スパンの純ラーメンでの応答結果をもとにしているため、他の架構形式での応答を念頭において、やや保守側に設定し直した値である。また、網掛部は組合せ案である。

構造損傷度	本検討結果			私案値		
	最大層間変形角	Sv(0.05)	Sv(0.02)	最大層間変形角	Sv(0.05)	Sv(0.02)
弾性限	1/125	70	85	1/150	60	75
設計クライテイ	1/100	100	125	1/100	80	100
保有耐力時	1/75	130	160	1/75	100	125
安全限界	1/50	240	300	1/50	150	180

<北村先生の感想>

私の超高層建物の設計レベルは、本検討のレベルがぴったりと合っています。

2000年以前の設計では、レベル2地震動は概ね $S_v(0.05)=100\text{cm/s}$ に相当すると考えられており、そのレベルに対して最大層間変形角 1/100 を満たす。

高層建築技術指針の $C_B=0.3/T$ ($h=0.05$) で短期許容応力度設計をしていたので、

$$S_A/G=0.3/T \rightarrow S_v = S_A(T/2\pi) = 0.3G(T/2\pi)/T = 0.3G/2\pi = 0.3 \cdot 980/2 \cdot 3.14 = 50\text{cm/s}$$

弾性限は短期許容の 1.2~1.4 倍なので、 $S_v(0.05)=60\sim 70\text{cm/s}$

私案値は、 S_v 値に対して、大きめの最大層間変形角を評価するもので、これで設計されているわけではない、これで設計しても良いわけではないことを十分知らしめてもらいたい。