

建物の対震性能について応答評価法の提案

A proposal for evaluating the Response of buildings

○韓維宜³, 古橋 剛¹, 張柏²

*Weiyi Han³, Takeshi Furuhashi¹, Haku Cho²

In this research, making a function used the acceleration and story drift angle of buildings, we can simply determine their seismic performance and compare them to find more effective method of seismic design.

1.はじめに

現在、免制震構造物のモデルを造って、応答解析を行い、グラフを作成して、その最大値により、対震性能を評価することは一般的である。

しかし、応答解析結果の最大値のみで判断するのは全体的に制震化による耐震性能向上の把握すること、違う構造物の中で耐震性能の比較することが難しいという問題点である。

本研究では、構造物の応答解析結果を一つの数値に換算し、構造物の対震性能に点数を付けて、簡易的に建物の全体が評価できる方法を提案する。そして、検討モデルでこの評価法の有効性の確認を行う。

2. 応答評価法

2-1. 応答評価法の提案

提案する応答評価法は構造物の対震性能を評価するため、構造物の応答値に点数を付け、従来の応答解析結果を数値に換算する方法である。具体的には、各階の絶対加速度評価値と各階の層間変形角評価値の積を足し、その値を階数に割ることで評価関数を算出するものである。評価関数 E の計算式は下記とおりとなる。

$$E = \frac{\sum_{i=1}^n A_i E_i \cdot D_i E_i}{n} \quad (2-1-1)$$

ただし

$$A_i \leq 3.61 \quad A_i E_i = 1.88 \cdot A_i \quad A_i > 3.61 \quad A_i E_i = e^{(0.28A_i + 0.92)}$$

$$D_i \leq 0.72 \quad D_i E_i = 9.42 \cdot D_i \quad D_i > 0.72 \quad D_i E_i = e^{(1.39D_i + 0.92)}$$

ここで、 A_i =i 層の加速度[m/s²], D_i =i 層の層間変形角×100

$A_i E_i$ =i 層の加速度の評価値, n =建物の全階数

$D_i E_i$ =i 層の層間変形角の評価値, i =階数

Figure2-1-1 に示す通り上段の方が加速度評価図、下段の方が層間変形角評価図となる。応答加速度の 250 gal を 5 点に付け、それに対応して層間変形角は 1/200 を 5 点に付ける。同様に加速度の 500 gal を 10 点に評価し、それに対応して層間変形角は 1/100 を 10 点に評価する。加速度刺激関数において、縦軸は加速度評価

値 $A_i E_i$ であり、横軸は加速度である。層間変形角評価図において、縦軸は層間変形角評価値 $D_i E_i$ であり、横軸は層間変形角である。評価関数図の前半は線形であり、後半は指数関数である。

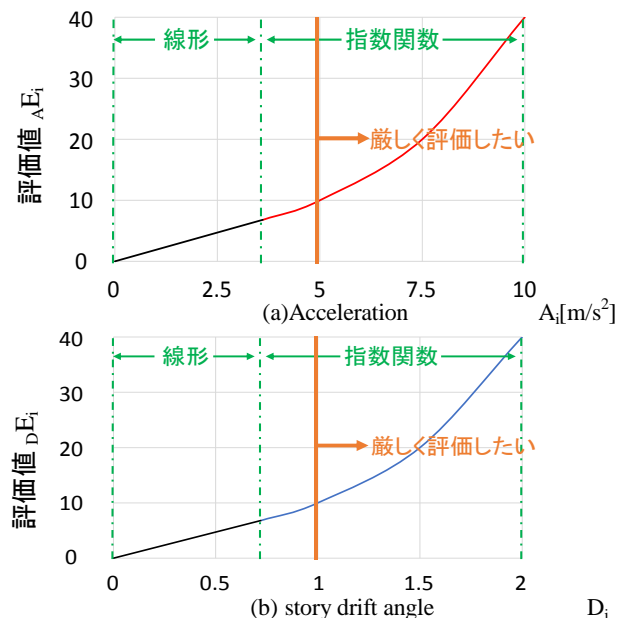
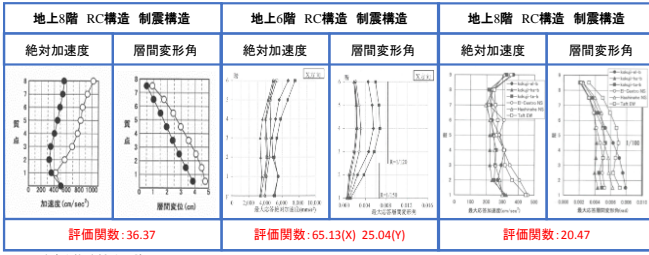


Figure2-1-1 The figure of evaluation function

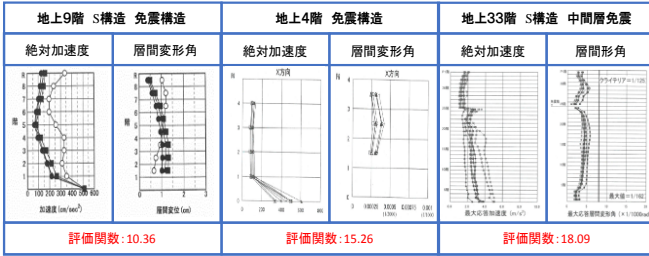
評価関数が小さいほど、構造物の制震性能が高いことを示している。加速度が 500 gal を超えるもしくは層間変形角が 1/100 を超えたら厳しく評価したいため、評価値は急激に大きくなる設定となる。

2-2. 応答評価法の有効性の確認

提案応答評価法を用いて、公表された応答値を評価してみた。公表された耐震構造物の実例が少ないため、評価することが困難である Figure2-2-1(a)に示すとおり制震構造物の評価関数は 50 点前後とし、30 点以下であれば比較的優れている制振構造となる。Figure2-2-1(b)に示すとおり免震構造物は 20 点前後とし、10 点以下であれば比較的優れている免震構造となる。なお、免震層変形は過大であるため、その層間変形角評価値は考慮されていない。



(a) Seismic control structure



(b) Base-isolated structure

Figure2-2-1 Published response results

3. 検討モデルを用いて応答法の確認

3-1. 検討モデルの概要

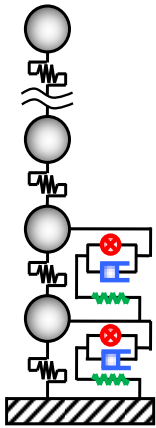


Table3-1-1 Model specifications

FL	階高	質量	剛性	D.M.量	粘性減衰係数
	[mm]	[ton]	[kN/mm]	[ton]	[kN・s/mm]
8	4000	1000	900	-	-
7	4000	1000	950	-	-
6	4000	1000	950	-	-
3	4000	1000	1150	-	-
2	4000	1000	1200	5942	160
1	4000	1000	1250	8626	160

Table3-1-2 Analysis results

MODE	周期	減衰定数
	[s]	
1次	0.94	0.21
2次	0.52	0.53
3次	0.47	0.94
4次	0.27	0.12
5次	0.17	0.13

Figure3-1-1 study model

本研究の検討モデルは、全層の階高を 4000 mm、質量は 1000 ton とし、剛性分布は約 3 対 5 の台形分布とした。構造減衰は瞬間剛性比例型で 1 次モードに 2% 付与している。粘性ダンパーに付加した基準となる減衰は、図 3-1-1 に示した共振曲線において、1 次モードに対して定点理論を利用した最適減衰を付加する。また、D.M.量は部分モード制御法により算出したものである。

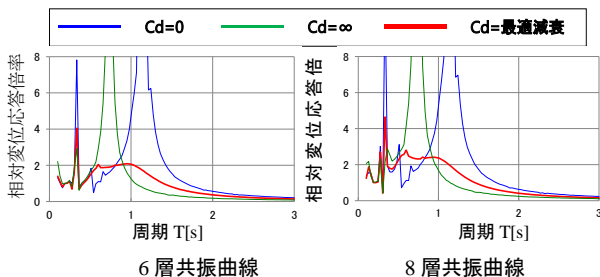


Figure2-3-2 Response curve

3-2. 応答法の確認

検討モデルの下部から 1/4 層まで D.M.と粘性ダンパーを並列設置した。検討モデルの時刻歴応答解析結果図は Figure3-2-1 に示すとおりである。この図は、上段が絶対加速度で、下段が層間変形角の解析結果であり入力地震動ごとに示している。なお、最適減衰をある程度減らした減衰を「改良減衰」と定義する。検討モデルにおいて EL Centro は最適減衰の 40%，BCJ-L2 は 60%，柏崎は 40%である。

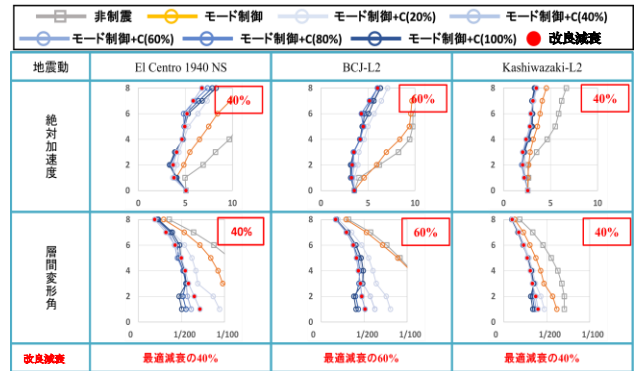


Figure3-2-1 The results figure of the time history response analysis

Table3-2-1 に示すとおり、評価法を用いて評価してみた。目視で判断した良い応答を青い枠に付け、応答評価法で判断した良い応答地域を赤く塗りつぶした。応答評価法と目視で判断した最適な応答とよく合っていることが分かる。以上で、提案した応答評価法は有効方法であると言える。

Table3-2-1 Evaluation function

入力地震動	非制震	目視による判断した良い応答						評価法で判断した良い応答	
		モード制御 C(0%)	モード制御 C(20%)	モード制御 C(40%)	モード制御 C(60%)	モード制御 C(80%)	モード制御 C(100%)	モード制御 C(0%)	モード制御 C(100%)
EL-Centro 1940 NS	373.70	146.38	62.39	41.91	40.06	42.19	44.91		
BCJ-L2	249.32	212.42	48.80	33.25	28.86	28.18	29.43		
柏崎 2007 NS	43.53	21.93	13.81	11.91	11.99	12.02	11.92		

4. まとめ

本研究の応答評価法は構造物の対震性能を評価するため、構造物の応答値に点数を付け、構造物の各層の加速度と層間変形角の関係式で評価関数を作って、評価する方法である。

本評価法を用いて、現実の構造物の応答値を評価して、制震構造物の評価関数は 50 点前後、免震構造物の方は 20 点以下であることが分かった。

検討モデルを用いて、応答評価法と目視で判断した最適な応答と合っていることから本評価法の有効性を確認した。

【参考文献】

1) 古橋剛, 石丸辰治: 慣性接続要素による多質点系の応答制御, 日本建築学会大会構造系論文集, No601. pp. 83-90, 2006. 03