

ねじれ応答のスペクトルモーダル法に関する基礎的研究 Fundamental Research of Spectrum modal method of Twist response

○山口大智², 増田耀², 古橋剛¹, 河村諒³

*Daichi Yamaguchi², Yo Masuda², Takeshi Huruhashi¹, Ryo Kawamura³

Present, Structure eccentrically is designed by evaluation about eccentricity of x and y direction each and time history response analysis. Eccentricity in Building Standards Act is evaluated separately about x and y direction each. In former research, different displacements occur even with same eccentricity in uniaxial eccentricity and biaxial eccentricity. Therefore, in this research, Absolute Value Sum Method and SRSS Method are compared and examined under various conditions by calculation method when using Spectrum Modal Method. Also, which one can compute accurate value when comparing with time history response analysis is examined

1.はじめに

現行の基準法では偏心率は x, y 軸を個別に評価しており, 互いの影響は評価されていないが, 既往の研究により一軸偏心と二軸偏心では同じ偏心率でも異なる変位が生じる可能性があるとして述べられた。

また, 既往の研究により二軸偏心モデルにおいて SRSS 法の方が時刻歴応答解析と近似した値を取ると報告されたが, 入力データに一部不備があった。そこで本報では, その再検討と一軸偏心での検討を行い様々な面で絶対値和法と SRSS 法を比較・検討し知見を得ることを目的に研究を行う。

2.研究方法

2-1.スペクトルモーダル法

今回の研究では絶対値和法と SRSS 法を用いて変位の算出を行う。また, 用いる立体モデルと構造要素は以下の Figure2-1・Table2-1 の通りとする。

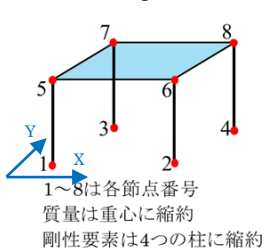


Figure2-1 3D model

Table2-1Structural element

構造要素	記号	節点番号	設定
節点	1~8	—	
柱	C1	1-5	—
	C2	2-6	
	C3	3-7	
	C4	4-8	
床	S1	5-6-8-7	剛床
梁	B1	5-6	剛性∞
	B2	7-8	
	B3	5-7	
	B4	6-8	

また, 1 層 3 自由度の重心の応答変位は地震動の入力方向と x 軸とのなす角を φ とおいて絶対値和法を用いて表された式が(2-1), SRSS 法を用いて表された式が(2-2)となる。

$$\begin{pmatrix} d_x \\ d_y \\ d_z \end{pmatrix} = \left| \beta_{1\varphi} \begin{pmatrix} r_{1x} \\ r_{1y} \\ r_{1z} \end{pmatrix} q_1 \right| + \left| \beta_{2\varphi} \begin{pmatrix} r_{2x} \\ r_{2y} \\ r_{2z} \end{pmatrix} q_2 \right| + \left| \beta_{3\varphi} \begin{pmatrix} r_{3x} \\ r_{3y} \\ r_{3z} \end{pmatrix} q_3 \right| \quad (2-1)$$

$$\begin{pmatrix} d_x \\ d_y \\ d_z \end{pmatrix} = \sqrt{(\beta_{1\varphi} \begin{pmatrix} r_{1x} \\ r_{1y} \\ r_{1z} \end{pmatrix} q_1)^2 + (\beta_{2\varphi} \begin{pmatrix} r_{2x} \\ r_{2y} \\ r_{2z} \end{pmatrix} q_2)^2 + (\beta_{3\varphi} \begin{pmatrix} r_{3x} \\ r_{3y} \\ r_{3z} \end{pmatrix} q_3)^2} \quad (2-2)$$

これらの式で使われている $\beta_{i\varphi}, r_i^T = \{r_{ix} \ r_{iy} \ r_{iz}\}, q_i$ はそれぞれ各モード i の, φ 方向に地震動を入力した場合における刺激係数, 固有ベクトル, 基準座標応

答を表している。

2-2.刺激係数

既往の研究により刺激係数は以下の式で求められることが分かっている。

$$\beta = \frac{r_x \cos \varphi - r_y \sin \varphi}{r_x^2 + r_y^2 + r_z^2} \quad (2-3)$$

この刺激係数と各モードの固有値を掛け合わせたものが刺激関数となる。

2-3.基準座標応答

各モードの固有値から固有周期を求め, 応答変位スペクトルを用いて各モードの応答値を算出する。その時の式は以下になる。

$$q_1 = S_{1d} \quad q_2 = S_{2d} \quad q_3 = S_{3d} \quad (2-4)$$

3.検討内容

Figure2-1 に示したモデルに Table3-1 に示すようなモデル諸元を与え, Table3-2.3-3 で示すような一軸偏心と二軸偏心の諸元を与え検討を行う。また, 入力方向は Figure3-1 に示す通りである。

Table3-1 Model reduction

質量	方向	単位	値
—	—	[ton]	100
剛性	X方向	[kN/m]	2000
	Y方向	[kN/m]	2400

Table3-2 Uniaxial eccentric model reduction

偏心率	偏心距離	偏心距離	固有周期(s)		
			モード1	モード2	モード3
0.10	0.41	0.00	1.40	1.29	0.72
0.20	0.81	0.00	1.40	1.32	0.69
0.30	1.22	0.00	1.40	1.37	0.63

Table3-3 Biaxial eccentric model reduction

偏心率	偏心率	偏心距離	偏心距離	固有周期(s)		
				モード1	モード2	モード3
0.10	0.10	0.41	0.45	1.40	1.29	0.71
0.20	0.20	0.81	0.89	1.41	1.30	0.69
0.30	0.30	1.22	1.34	1.43	1.34	0.65

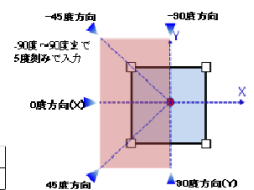


Figure3-1 Ground motion input direction

検討は各偏心率のベクトル和の変位に着目し行う。

4.検討結果

今回の研究では EL Centro 1940 NS と BCJ-L2 の 2 波を用いている。また減衰は 1 次モードと 2 次モードに対しレイリー減衰 5% とする。まずは一軸偏心の結果が以下のものである。

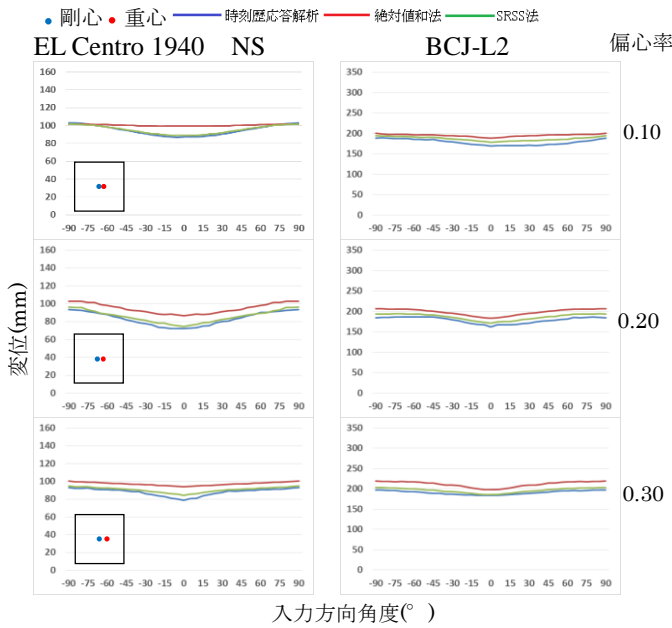


Figure4-1 Uniaxial eccentric gravity response displacement

上から順に偏心率 0.10, 0.20, 0.30 の順である。これらの結果を見ると偏心率が小さいときは各変位にそこまで大きな差異は見られないが、偏心率が大きくなるにつれて絶対値和法により算出された変位が過大評価になっていっていることが分かる。つまり、SRSS法により算出された変位の方がより近似して捉えている。

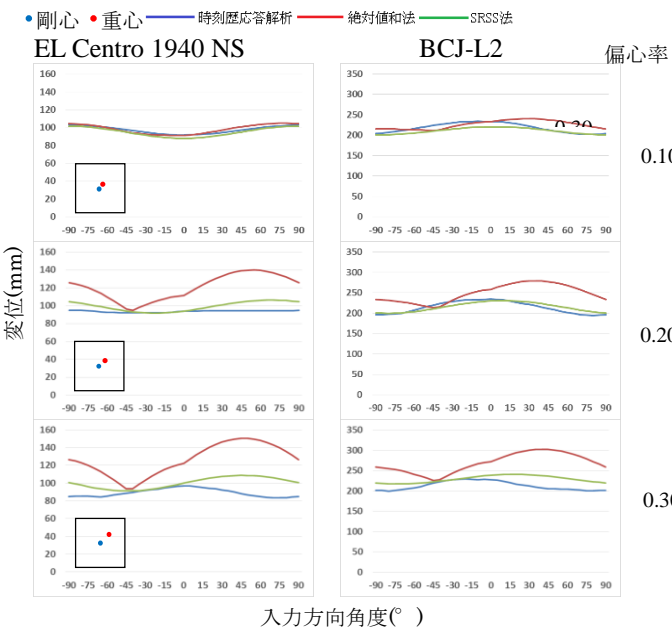


Figure4-2 Biaxial eccentric gravity response displacement

Figure4-2 が二軸偏心での結果である。一軸の時と同様にやはり SRSS 法により算出した結果の方が近似した値を取ることが分かる。しかし、一軸偏心の時と比べやはり時刻歴応答解析の結果は二軸偏心の時の方が大きく、設計を行う上では二方向から力が加わっている時一方向ずつ別々の検討では正しい評価が行えないということが確認することが出来た。

次に二軸偏心の偏心率による評価だけで設計を行

えるのかを確認するため隅角部の柱 4 か所についての変位を見ていく。一軸の場合の検討は四面の都合上割愛する。また、先の研究で SRSS 法が近似した値を取るということは分かったので絶対値和法による算出は考慮しない。例として BCJ-L2 の偏心率 0.10 の時の結果を参考に考察を行う。

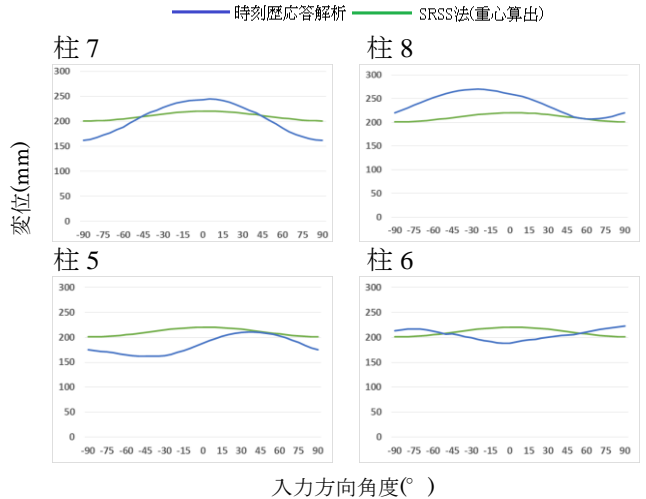


figure4-3 Column displacement and center of gravity calculation displacement

Figure4-3 を見ると分かるように、やはり重心で求めた SRSS 法による変位ではうまく隅角部の変位を捉えることはできなかった。次に、モード図を用いて元の重心と一次モードの重心の距離と、元の隅角部と一次モードの隅角部の距離によって倍率を取り、元々算出されていた SRSS 法の値にその倍率を乗じてみる。

5. 研究まとめ

今回の研究により既往の研究により述べられていた、二方向から外力が加わる場合、一方向ずつ別々の評価では不十分な可能性があるということ。

また、重心の変位においてスペクトルモーダル法による算出では絶対値和法よりも SRSS 法の方がより時刻歴応答解析に近い値を取ること。以上の二点を確認された。

また、隅角部においても一つ一つ細かな計算をしなくてもモード図により計算した倍率を重心変位における SRSS 法により算出された数値に乘じ、二次曲線による曲線補完をすることで大体の外形は捉えることが出来ることが求められた。しかし、一部過大になりすぎるなどの結果が見受けられたが、今回はあくまでも一次モードにおける補正しか行っていないため、今後は二次モードと三次モードの補正・補完も入れさらに精密なグラフを作成していきたい。その上で、一つ一つきちんと計算して導いたグラフと見比べることでモード図による補正がどの程度まで有用であるのかを見極めていきたいと思う。

【参考文献】

- 1) 染谷勝太 加瀬友貴「偏心による構造物崩壊の基礎的研究」
- 2) 幅上慎吾「スペクトルモーダル法によるねじれ応答解析に関する基礎的研究」