

東北大学 学生員 ○ 丸山 哲
 東北工業大学 正会員 秋田 武
 東北大学 学正員 須藤 芽雄

1 はじめに

最近、福島県にある無線塔(RC, 大正9年造)の老朽化が進み、その安全性が問題となっている。とりわけ、耐震安全性に対する再検討が急務である。昨年 1月の伊豆沖地震、6月の宮城県沖地震など巨大な地震による被害が続出し、耐震性に優れた土木構造物の設計法、施工法の確立の必要性も生じている。ここでは、その無線塔の耐震安全性を動的設計法であるニューベークのβ法(水田氏の修正による)によって地震応答の解析を行ってみることにする。ただし、線形弾性理論に基づくものである。

2 構造解析

(1) 解析モデル

原町市無線塔の概略図を図-1に示す。中空RC断面構造で、老朽化により表面のコンクリートが剥落し、錆びのある鉄筋も見られる状態である。

又、各層の断面性能を

各層の断面性能

表-1に示す。次にその質点モデルを図-2に示す。

密度 2.4 t/m³
 ヤング率 1.5×10⁴ kg/cm²

ロッキング、スウェイ
 ングは考慮せず、片端
 完全固定とした。

層	剛性評価		断面算定用				重量算定用		剛性 E (kg/cm ²)
	d (cm)	t (cm)	d (cm)	t (cm)	d (cm)	t (cm)	h (cm)	W (kg)	
10	1,996	0.187	2,774	0.221	1,219	0.152	10,058.4	14.05	3.5×10 ⁴
9	3,551	0.255	4,328	0.270	2,774	0.221	20,116.8	32.99	"
8	5,105	0.324	5,883	0.358	4,328	0.270	"	46.48	"
7	6,660	0.372	7,437	0.427	5,883	0.358	"	63.47	"
6	8,214	0.461	9,991	0.495	7,437	0.427	"	86.17	"
5	9,769	0.530	10,546	0.564	8,991	0.495	"	105.0	"
4	11,323	0.570	12,100	0.632	10,546	0.564	"	129.2	"
3	12,878	0.667	13,653	0.701	12,100	0.632	"	159.9	"
2	14,432	0.735	15,207	0.770	13,653	0.701	"	191.9	"
1	15,986	0.804	16,764	0.838	15,207	0.770	"	226.2	"

表-1

Σ 7063.7

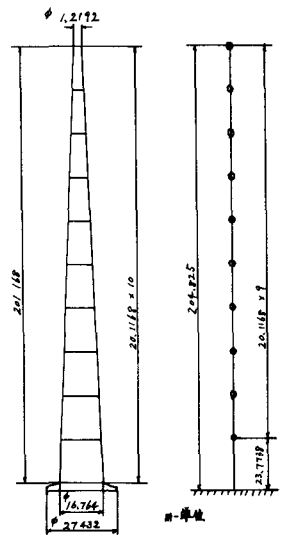


図-1

図-2

(2) 解析手法

本法は 次のように表わせる。

$$\ddot{y}_{n+1} = \ddot{y}_n + h(a\ddot{y}_n + b\ddot{y}_{n+1}) \quad (1)$$

$$\dot{y}_{n+1} = \dot{y}_n + eh\dot{y}_n + h^2(c\ddot{y}_n + d\ddot{y}_{n+1}) \quad (2)$$

$$M\ddot{y}_{n+1} + C\dot{y}_{n+1} + Ky_{n+1} = f_{n+1} \quad (3)$$

ここに M, 質量マトリックス C, 減衰マトリックス K, 剛性マトリックスである。(1)~(3)の使用されているパラメータ a~e を非減衰の場合について、実存しない減衰効果の除去, 安定限界, 応答振幅, 同期誤差の4条件より決定する。

結果として次式を得る。

$$\ddot{y}_{n+1} = \ddot{y}_n + \frac{eh}{2}(\ddot{y}_n + \ddot{y}_{n+1}) \quad (4)$$

$$\dot{y}_{n+1} = \dot{y}_n + eh\dot{y}_n + \left(\frac{eh}{2}\right)^2(\dot{y}_n + \dot{y}_{n+1}) \quad (5)$$

(3), (4), (5)式を 従来通りの方法に適用する。又、マトリックス M, K は仮想仕事の原理から 算出し、減衰係数として2%とした。地震モデルは+脛沖地震ハブデータ(1968)のNS, EWの2成分を採用した。

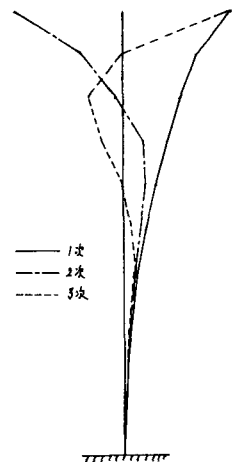


図-3

(3) 解析結果

(1), (2) により算出した結果として、図-4 に絶対最大モーメント、図-5 に最大変位、応力を表-2 に示す。

3 考察

ヤング率を変えた時、同一入力に対して変形量には大差がでてくることが認められる。一方、モーメントはほぼ同程度の値をとる。又図表には表わさないが、ヤング係数が同一である時に減衰係数が応答値に与える影響は、減衰係数が同一である時のヤング率が応答値に与えるよりも大きい。

NS波は最大230ガル、EW波のそれは180ガルであり、一見すると前者の応答値が大きいと思われるが、応答量はほぼ等しい、ないしはEW波の方が大きい。この事実は地震動そのものの性質を正確に把握する必要を我々に教え、かつ構造物の応答計算を実行する際、様々な地震波を検討する必要性を生じている。

全断面有効として、弾性応力解析を行った結果(表-2)から、ユンワリートの圧縮強度を300 kg/cm²、引張強度を30 kg/cm²としてその応答結果を検討すると、十勝沖地震程度の地震がこの無線塔を襲った場合、引張応力の最大は34.9 kg/cm²となり、崩壊の危険性が大きい。一方、この無線塔が過去に受けた地震の最大加速度が95ガルであるので、十勝沖地震の波形を利用し、最大を95ガルとして検討すると、崩壊に至らないまでも、8層以上では、かなりの損傷を受けるものと予想される。

4 おわりに

本法は完全弾性解析を行なったものであり、その応答値がこの無線塔の動的挙動を正確に表わしているとは言いがたい。しかし、老朽化が進んでいる無線塔の動的性状の概略は把握すると思う。今後、無線塔の損傷を考慮した非線形挙動による検討が必要である。

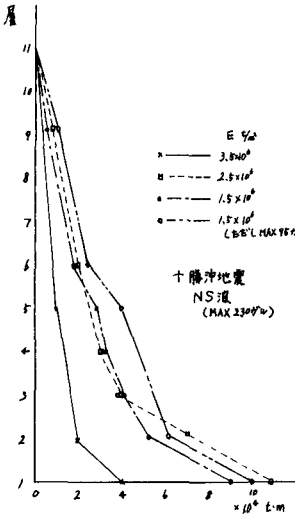


図-4

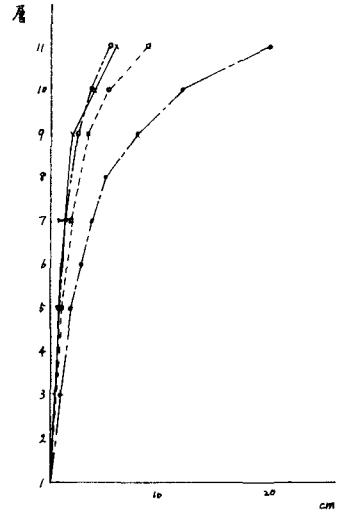


図-5

層	N _c (G)	M _c (kg)	M _t (kg)	A _c (cm ²)	Z _c (cm)	σ ₀ (kg/cm ²)	σ ₁	σ ₂	σ ₃
11	0	0	0	-	-	0	0	0	0
10	14.1	1935	841	1,926	1,245	154.5	166.0	66.8	18.2
9	287.6	4055	1753	3,943	4,017	97.7	103.1	40.9	46.4
8	287.8	9240	4002	6,617	9,027	75.5	104.5	39.0	48.0
7	616.9	13687	5731	9,776	17,60	71.6	84.0	27.6	40.0
6	1088.6	17663	7679	13,78	29,88	51.3	67.0	17.8	33.6
6	1735.6	22236	10772	18,89	46,88	44.3	63.3	13.9	32.9
4	2678.8	33281	14414	24,92	69,24	36.9	59.2	9.8	32.0
3	3835.7	40228	17490	30,07	97,92	28.3	53.8	6.1	30.6
2	5289.6	52896	22711	36,77	132,5	25.1	53.9	2.8	31.5
1	7022.7	89724	30077	44,13	176,6	24.9	66.9	6.6	38.6

表-2

{ M₁: NS波 MAX 230ガル
M₂: " " 95ガル