

単柱式鋼製橋脚の残留変位に関する一考察

長崎大学工学部 学生会員 〇石本 剛志 長崎大学工学部 フェロー会員 高橋 和雄
 長崎大学工学部 正 会 員 中村 聖三 長崎大学大学院 学生会員 伊田 義隆

1. まえがき

構造物が大規模地震を受けて非線形域の応答を生じた場合には、構造物には残留変位が生じる。現行道路方書では、B種の橋に対して橋脚の残留変位が橋脚高の1/100以内になるように設計するように規定されている。本研究では、単柱式鋼製橋脚について、数種類の解析モデルを用いた動的解析を行い、最大応答変位と残留変位との相関関係を調査した。

2. 検討内容

(1) 橋脚諸元の設計

Ⅱ種地盤上に建設される円形断面単柱式鋼製橋脚を検討対象とし、径厚比パラメータ R_t および細長比パラメータ λ が表-1に示す値となるよう、震度法により橋脚諸元(板厚 t 、直径 D および橋脚高 h)を決定した。その際、上部工重量は1186tfとした。 R_t および λ の定義式を式(1)、(2)に、設計に用いた照査式を式(3)、(4)に示す。

$$R_t = \frac{R_c}{t} \frac{\sigma_y}{E} \sqrt{3(1-\mu^2)} \quad \dots(1)$$

$$\lambda = \frac{2h}{r} \frac{1}{\pi} \sqrt{\frac{\sigma_y}{E}} \quad \dots(2)$$

$$\frac{\nu P}{P_y} + \frac{\nu M_0}{M_y} \leq 1.0 \quad (\lambda \leq 0.2) \quad \dots(3)$$

$$\frac{\nu P}{P_u} + \frac{0.85\nu M_0}{M_y \left(1 - \frac{\nu P}{P_E}\right)} \leq 1.0 \quad (0.2 < \lambda \leq 1.0) \quad \dots(4)$$

ここに、 P_U : 中心軸圧縮強度、 M_y : 降伏モーメント、 μ : ポアソン比、 P_E : オイラー座屈強度、 R_c : 板厚中心半径、 E : ヤング率、 M_0 : 基部の作用モーメント、 σ_y : 材料降伏点、 ν : 安全率 (=1.14)、 r : 断面二次半径、 t : 板厚、 h : 橋脚高、 D : 直径、である。

(2) 解析の概要

単柱式橋脚を頂部のみに上部工重量に相当する集中質量を有する1自由度系にモデル化する。復元力特性は図-1に示すようなバイリニア型とし、図中の P_a 、 δ_a は次式¹⁾により算定する。減衰定数は0.01とし、入力地震波として表-2に示す6種類の加速度波形を用いた。T1は道路橋示方書に示されるタイプ1の地震波を、T2はタイプ2の地震波を示す。

$$\frac{P_a}{P_y} = \frac{0.02}{(R_t \lambda)} + 1.10 \quad \dots(5)$$

$$\frac{\delta_a}{\delta_y} = \frac{1}{3(R_t \lambda^{0.5})^{0.8}} - \frac{2}{3} \quad \dots(6)$$

表-1 モデルの寸法

	No.1	No.2	No.3	No.4	No.5	No.6
R_t	0.04	0.06	0.081	0.091	0.079	0.081
λ	0.397	0.399	0.399	0.4	0.297	0.498
t (cm)	5.3	4.3	3.7	3.5	3.4	4.0
D (cm)	155.4	187.4	214.7	227.2	194.2	233.2
H (cm)	800	980	1130	1200	760	1530
A (cm ²)	2499	2473	2452	2459	2038	2880
I (cm ⁴)	7047238	10371291	13653453	15389771	9277090	18918904
Z (cm ³)	90698	110686	127186	135473	95541	162254

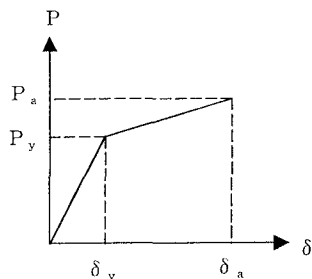


図-1 バイリニアモデル

3. 検討結果と考察

解析した全ケースの最大応答変位 δ_{max} と残留変位 δ_R を一覧表にして、表-2 に示す。同表には許容変位 δ_a も併せて示した。今回の解析では、かなりのケースで δ_{max} が δ_a を超えている。このような場合、設計においては断面が修正されるためここでの検討対象から除外し、 δ_{max} が δ_a 以下である場合のみを抽出し、 δ_{max} と δ_R との関係を図-2 に示す。本解析結果を見る限り、 δ_{max} と δ_R の間には明確な相関は認められない。図-2 には、文献 2)に示されている δ_{max} と δ_R との関係式も示した。

表-2 残留変位と最大応答変位

モデル	地震波	δ_R/δ_y	δ_{max}/δ_y	δ_a/δ_y	モデル	地震波	δ_R/δ_y	δ_{max}/δ_y	δ_a/δ_y
No.1	T1-1	0.805	2.358	5.669	No.4	T1-1	0.171	2.181	2.606
	T1-2	0.179	3.016			T1-2	0.042	2.968	
	T1-3	0.212	3.271			T1-3	0.048	3.078	
	T2-1	0.261	7.691			T2-1	0.070	6.281	
	T2-2	0.639	4.737			T2-2	0.100	5.094	
No.2	T2-3	0.056	7.266	3.905	No.5	T2-3	0.003	6.378	3.461
	T1-1	0.082	2.151			T1-1	0.311	2.641	
	T1-2	0.618	2.578			T1-2	0.453	2.894	
	T1-3	0.079	2.595			T1-3	0.017	2.609	
	T2-1	0.042	4.865			T2-1	0.051	6.795	
No.3	T2-2	0.001	4.865	2.929	No.6	T2-2	0.095	5.383	2.623
	T2-3	0.204	6.692			T2-3	0.015	8.149	
	T1-1	0.273	2.133			T1-1	0.200	2.492	
	T1-2	0.105	3.016			T1-2	0.404	2.815	
	T1-3	0.048	3.119			T1-3	0.200	2.850	
	T2-1	0.005	6.355			T2-1	0.222	5.090	
	T2-2	0.091	5.002			T2-2	0.093	4.419	
	T2-3	0.108	6.517			T2-3	0.149	4.585	

$$\frac{\delta_R}{\delta_y} = \tan \left(0.208 \frac{\delta_{max}}{\delta_y} - 1.46 \right) + 2.7 \geq 0.0$$

$$\text{ただし、} \frac{\delta_{max}}{\delta_y} \leq 14.2 \quad \dots (7)$$

式(7)はハイブリッド実験の結果をもとに、安全側に δ_R を推定するよう定められた式であるが、本解析結果との比較においても、すべてのケースで δ_R を安全側に評価していることがわかる。しかし、場合によっては動的解析結果に比べ δ_R を10倍程度に推定する可能性もあり、より精度の高い推定式の確立が望まれる。

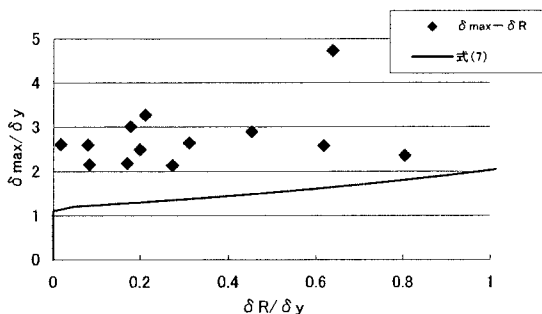


図-2 δ_R/δ_y と δ_{max}/δ_y の関係

4. まとめ

本研究では、数種類の円形断面単柱式鋼製橋脚モデルを震度法により試設計し、動的解析を行うことにより、最大応答変位 δ_{max} と残留変位 δ_R との相関関係を調査したが、両者に明確な相関関係は認められなかった。今回設定したモデルでは、 δ_{max} が許容変位 δ_a を超える場合が多く、 δ_{max} と δ_R との相関関係を調査するのに十分なデータが揃っていたとは言い難い。今後、より多くの解析結果をもとに両者の相関を再検討するとともに、 δ_R に及ぼす地震波特性の影響についても検討する予定である。

参考文献

- 1) 宇佐美 勉：鋼製橋脚の耐震性能向上技術に関する研究，第1回土木学会構造研究シンポジウム，pp.21-33，1996.11.4
- 2) 宇佐美 勉ら：ハイダクティリティー鋼製橋脚の耐震性能に関する実験的研究，土木学会論文集，No.591，pp.207-218，1998.4