

補剛箱型断面を有する単柱式鋼製橋脚の残留変位に関する研究

長崎大学工学部 学生会員 ○永田 朋子 長崎大学工学部 正会員 中村 聖三
長崎大学工学部 フェロ-会員 高橋 和雄

1. まえがき

著者らはコンクリートを充填しない円筒断面単柱式鋼製橋脚について、数種類の解析モデルを用いた非線形動的解析を行い、応答塑性率から残留変位を求める推定式を提案したり。本研究では、補剛箱型断面に対して同様にモデル化を行い、円筒断面に対して提案した推定式が補剛箱型断面においても妥当であるか検証した。

2. 検討内容

(1) 橋脚諸元の設計

Ⅱ、Ⅲ種地盤上に建設される補剛箱型断面単柱式鋼製橋脚を検討対象とし、幅厚比パラメータ R_R 、細長比パラメータ λ 、補剛材剛度 γ/γ' が表-1 に示す値となるよう、橋脚諸元(フランジ幅 B 、板厚 t 、高さ H 、補剛材厚 t_s 、補剛材高さ h_s)を決定し、震度法により上部工重量の計算を行った²⁾。

表-1 橋脚諸元

	No.1	No.2	No.3	No.4	No.5	No.6	No.7	No.8	No.9	No.10	No.11	No.12
幅厚比パラメータ R_R	0.3	0.35	0.35	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.45	0.45	0.45	0.5
細長比パラメータ λ	0.25	0.3	0.4	0.2	0.3	0.3	0.3	0.4	0.3	0.4	0.5	0.4
剛度 γ/γ'	1	1	2	1	1	2	3	1	3	1	2	1
フランジ幅 $B(\text{cm})$	220	220	220	220	220	220	220	220	220	220	220	220
板厚 $t(\text{cm})$	3.2	2.7	2.7	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	2.1	2.1	2.1	1.9
補剛材板厚 $t_s(\text{cm})$	3.2	2.7	2.7	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	2.1	2.1	2.1	1.9
補剛材高さ $h_s(\text{cm})$	27	24	32	22	22	29	33	22	30	20	26	20
柱部高さ $H(\text{cm})$	798	967	1267	649	974	959	948	1298	956	1305	1610	1307
補剛材細長比 λ_s	0.26	0.3	0.23	0.34	0.34	0.26	0.22	0.34	0.25	0.38	0.29	0.39
Ⅱ種地盤上部工重量(tf)	2968	2184	1921	2425	1866	2006	2107	1519	1823	1324	1195	1172
Ⅲ種地盤上部工重量(tf)	2639	1932	1684	2174	1651	1774	1862	1333	1612	1162	1042	1028

(2) 解析の概要

単柱式橋脚の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、 H_y 、 δ_y 、 H_{max} 、 δ_{max} 、および δ_{95} を次式(1)~(5)により算定する³⁾。

$$H_y = (1 - P/P_y) (Z\sigma_y/H) \quad \cdots (1) \quad \sigma_y = H_y H^3 / 3EI \quad \cdots (2)$$

$$\frac{H_{max}}{H_y} = \frac{0.10}{(R_R \lambda' \lambda'_s)^{0.5}} + 1.06 \quad \cdots (3) \quad \frac{\sigma_m}{\sigma_y} = \frac{0.22}{R_R \lambda'^{0.5} \lambda'_s} + 1.20 \quad \cdots (4)$$

$$\frac{\delta_{95}}{\delta_y} = \frac{0.25}{(1 + P/P_y) R_R \lambda'^{0.5} \lambda'_s} + 2.31 \quad \cdots (5)$$

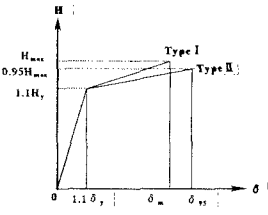


図-1 バイリニアモデル

ここに、 Z : 断面係数、 I : 断面2次モーメント、 P : 作用軸力、 P_y : 全断面降伏軸力である。ただし、 δ_y を1.1倍したものを降伏変位とし、 H_y を1.1倍したものを降伏耐力とする。また、タイプⅠ

に対して δ_m 、タイプⅡに対しては δ_{95} を許容応答変位と考える。

3. 検討結果と考察

図-2、図-3 は、式(6)～(8)により求めた残留変位の推定値と動的解析の結果をタイプ別に比較したものであり、図中に示してある直線は(動的応答解析)=(推定式による残留変位)とその傾きを 0.5 倍、2 倍したものである。また、最大応答変位および解析結果の残留変位は道路橋示方書の規定に従い、解析に用いた入力地震波 3 波の平均値を用いた。

$$\delta_R = \delta_{Rmax} \cdot r_r \quad \cdots (6)$$

$$\delta_{Rmax} = (\mu - 1)(1 - r) \delta_y \quad \cdots (7) \quad r_r = (ar + b) / \mu \quad \cdots (8)$$

ここに、 μ ：応答塑性率、 r ：剛性比、 a, b ： r_r を算定するための係数(表-2)である。なお上式の適用範囲はタイプⅠ地震動に対して $0.1 < r < 0.2$ 、タイプⅡ地震動に対して $0.05 < r < 0.1$ である。

図-2 はタイプⅠ地震動に対するもので、Ⅲ種地盤では大部分が 0.5 倍と 2 倍の範囲に入っているが、Ⅱ種地盤においては、その範囲に入らないケースが多数見られる。タイプⅡ地震動に対する結果にも図-3 に示すように、タイプⅠと同じような傾向が見られた。

表-3 には、Ⅱ種地盤の推定式と応答解析の残留変位の差が大きかったモデルと地震波の組み合わせ、およびその解析結果を示したものである。このうち、3 つのケースでは剛性比 r が推定式の適用範囲外であった。また 4 つのケースでは、最大応答変位 δ_{max} が許容応答変位 δ_a を超えたものであった。本研究は橋脚の設計が目的ではないため、そのまま解析に用いたが、結果を見ると δ_{max} と δ_a の差が大きいほど、推定式と応答解析の残留変位の差もまた大きくなっていた。以上より、推定式(6)～(8)は r がその適用範囲であれば補剛箱型断面にも適用できるが、汎用性を高めるため、より広範囲の r に適用可能となるよう修正する必要がある。

4. まとめ

本研究では、円筒断面鋼製橋脚に対して提案した残留変位の推定式が、補剛箱型断面に対しても妥当か否かを検証したが、すべてのモデルに対して必ずしも精度が良い結果は得られなかった。今後、詳細に今回の解析結果を分析し推定式の精度、汎用性を高めるべく検討を行う予定である。

参考文献

- 1) 石本 剛志：円筒断面を有する単柱式鋼製橋脚の残留変位と最大応答変位の相関に関する研究、長崎大学卒業論文、平成 11 年度
- 2) 土木学会鋼構造委員会・鋼構造新技術小委員会・耐震設計研究 WG：鋼製の耐震設計指針案と耐震設計のための新技術、平成 8 年 7 月
- 3) 鄭 沂、葛漢彬、宇佐美 強：鋼構造物の強度と変形能の統一の評価法、第 3 回鋼構造物の非線形数値解析と耐震設計への応用に関する論文集、土木学会鋼構造委員会、pp.25-32、2000。

表-2 式(8)の係数 a, b

地震動	地盤種別	a	b
タイプⅠ	Ⅱ種	-0.2	0.72
	Ⅲ種	-0.2	0.8
タイプⅡ	Ⅱ種	-0.6	1.12
	Ⅲ種	-0.64	1.28

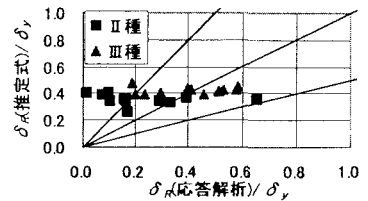


図-2 タイプⅠの δ_R

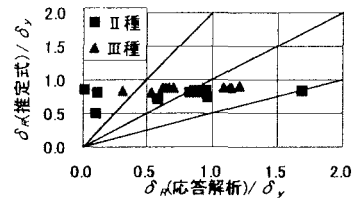


図-3 タイプⅡの δ_R

表-3 解析結果(Ⅱ種)

モデル		r	μ	δ_y	δ_a/δ_y 式(6)	δ_a/δ_y (解析)
No.1	T1	0.12	2.72	6.84	0.39	0.07
No.3	T2	0.07	5.43	7.22	0.82	0.12
No.5	T2	0.08	5.87	5.67	0.81	0.83
No.8	T2	0.33	5.26	5.22	0.50	0.10
No.9	T1	0.03	2.37	4.69	0.40	0.10
No.10	T2	0.08	5.22	4.57	0.80	0.11
No.12	T1	0.04	2.45	2.98	0.40	0.01
	T2	0.08	7.59	4.34	0.86	0.01