

比較的高い新設鋼製ラーメン橋脚の残留変位について

中央コンサルタンツ ○正会員 田中 智行 荒木 和哉

〃 正会員 武林 和彦 杣 辰雄

1. はじめに

鋼製橋脚の残留変位を求める方法として道路橋示方書（平成8年12月）（以下道示）において内部に適切に充填された鋼製橋脚に対しては残留変位式が示されている。しかし、図-1に示すような比較的高い（橋軸方向の固有周期2.6秒程度）ラーメン橋脚の残留変位を求める方法は示されていない。また、土木学会鋼構造委員会において実験により算出した式（以下土木学会式）が示されている（式-1）。今回、土木学会式と動的解析において検討した残留変位の結果について報告する。残留変位の検討は、橋軸方向（面外方向）について行った。なお、上部工形式は3径間連続鋼箱桁橋であり（支間割m 65+75+65）、橋脚高は34.5mである。

2. 鋼製橋脚の断面性能

鋼製橋脚の断面性能は、地震時保有水平耐力の計算を行い、土木学会の破壊基準により橋脚基部に損傷が生じるように中間梁の位置、およびコンクリート充填位置を決定した。その結果、コンクリート充填は中間梁の位置まで行うことにした。中間梁の上層部の柱および梁は試算した結果、弾性領域内であることを確認している。柱のコンクリート充填部と2層部（コンクリート非充填部）の柱の復元力特性（硬化型バイリニア）を図-2, 3、表-1, 2に示す。

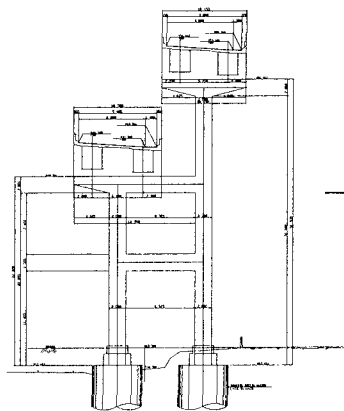


図-1 (構造図)

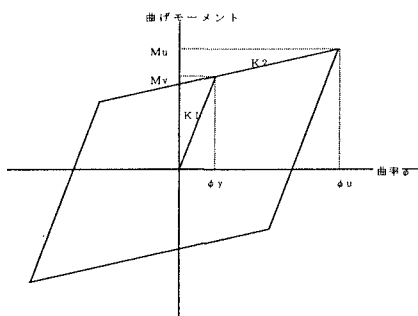


図-2 (コンクリート充填部)

表-1 (コンクリート充填部)

	左柱	右柱
My	790812	1126339
φy	1.3968E-05	1.3978E-05
Mu	921473	1258870
φu	7.1571E-04	5.8965E-04
K1	56619979000	80579411000
K2	0.003289K1	0.002856K1

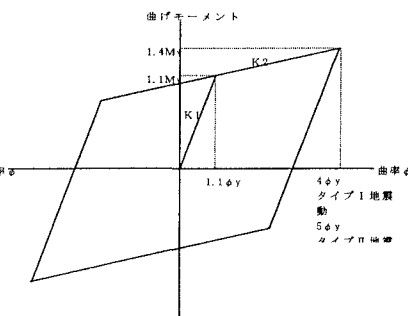


図-3 (コンクリート非充填部)

表-2 (コンクリート非充填部)

	左柱	右柱
My	790218	791690
φy	1.2394E-05	1.2417E-05
タイプI		
K1	63758109000	63758557000
1.1My	869200	870900
1.4My	1106300	1108400
1.1φy	1.3633E-05	1.3659E-05
4φy	4.9576E-05	4.9668E-05
K2	0.1034K1	0.1034K1
タイプII		
K1	63758109000	63758557000
1.1My	869200	870900
1.4My	1106300	1108400
1.1φy	1.3633E-05	1.3659E-05
4φy	6.1970E-05	6.2085E-05
K2	0.0769K1	0.0769K1

3. 残留変位（土木学会式）

土木学会（式-1）で示されている残留変位の式を以下に示す。

$$\delta_R = \delta_y \left[\tan \left(0.208 \frac{\delta_{\max}}{\delta_y} - 1.46 \right) + 2.2 \right] \quad \text{式-1}$$

ここに δ_R : 残留変位 δ_y : 降伏変位 $\delta_{\max}$: 最大応答変位
試算した結果を示す。（右柱、節点番号54）

タイプI $\delta_R = 36.2\text{cm} > \delta_a = 34.5\text{cm}$ (NG)

タイプII $\delta_R = 39.2\text{cm} > \delta_a = 34.5\text{cm}$ (NG)

4. 動的解析による残留変位（橋軸方向）

・解析モデル（図-4）

解析モデルは上部工を1質点でモデル化し、橋脚天端に作用させた。橋脚は梁要素により多質点系でモデル化に置換し非線形部材（M- ϕ モデル）とし、隅各部は剛な梁部材とした。橋脚下端部には道示に基づき地盤バネを設定し、減衰定数については、コンクリート充填部は2%、非充填部は1%、地盤は20%とした。

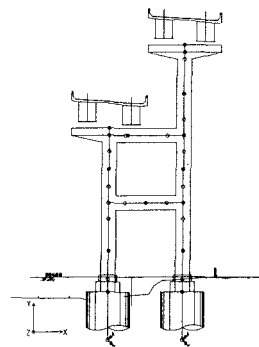


図-4（解析モデル）

・解析手法

直接積分法（Newmark β 法 $\beta=1/4$ ）による時刻歴応答解析を行い、減衰はRayleigh減衰を用いた。

・入力地震波（図-5、図-6）

Ⅱ種地盤に対するタイプⅠ、Ⅱの標準地震波の3波を用いた。地域区分がC地域であるため0.7を乗じて補正を行った。残留変位を求めるにあたっては標準継続時間に加え上部慣性力位置での振動が収束するまで計算した。（標準継続時間後40秒間加速度0galの自由振動を行った。）

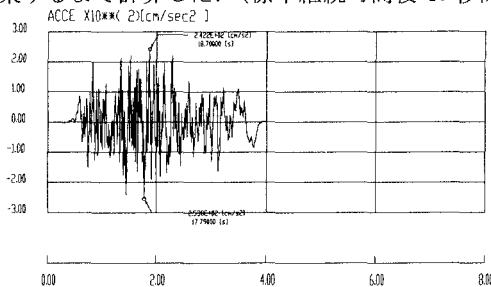


図-5（タイプⅠ-1地震波）

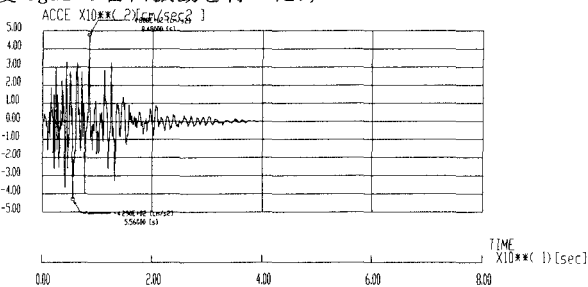


図-6（タイプⅡ-1地震波）

・残留変位の解析結果（図-7、図-8）

残留変位の着目点は橋脚の高い（右側）節点番号54とした。

なお、以下の残留変位の値は地震波3波の内、最も大きな値を示す。

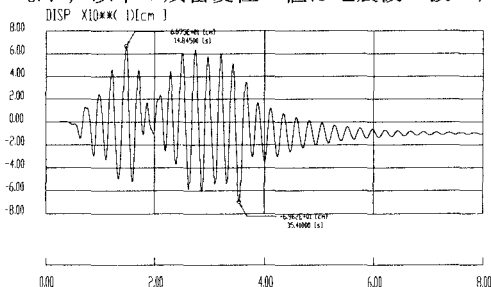


図-7（タイプⅠ-1 残留変位 10.5cm）

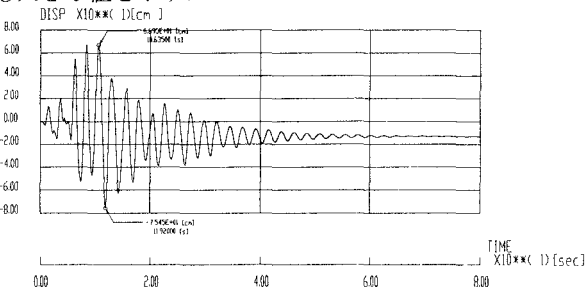


図-8（タイプⅡ-1 残留変位 13.3cm）

5. まとめ

- ・今回の比較的高い鋼製ラーメン橋脚の動的解析により残留変位を求めた結果、許容値を満足した。
 - ・土木学会で示されている式は、固有周期が短く比較的低い鋼製橋脚の実験により算出したものであり今回の場合、適用性に問題があると思われる。
 - ・今後、比較的高い鋼製橋脚の残留変位を求める式が、実験や解析により求められることが期待される。
- 〔参考文献〕

- ・道路橋示方書・同解説Ⅴ耐震設計編（平成8年12月）
- ・土木学会鋼構造新技術委員会 耐震設計研究（平成8年5月）

日本道路協会

土木学会