

RC高橋脚の非線形地震応答解析

岡山大学工学部 正 員 竹宮 宏和
岡山大学大学院 ○学生員 赤本 弘文

1. まえがき

多径間連続高架橋においては、強震時に橋桁部が過大な変形応答性状を示すことが予想され、橋脚部の鉄筋コンクリート部材としての弾塑性域にわたる入念な耐震性の検討を行なう必要がある。本研究では、多径間連続高架橋と等価な1基橋脚の地震時における非線形応答解析を行ない、それによつて多径間連続高架橋の地震時変形特性の検討を行なつた。これは、最近の鉄筋コンクリート構造物の設計法の示している動向(許容応力度法から限界状態設計法への移行)に沿うものである。また、非線形応答計算は直接積分法(Wilson-θ法)によつた。

2. 解析

本研究では、解析対象構造物は図1のような各橋脚6基からなる7径間連続高架橋であるが、これを簡単に1基の等価な橋脚モデルに置換する。また、橋桁部と橋台の間に変位制御装置としてオイルダンパーと摩擦支承を用いた。RC橋脚躯体の曲げによる天端水平変位を対象にしたスケルトンカーブをつぎの手順によつて求める。ひびわれ時曲げモーメント(M_c)と曲率(ϕ_c)の計算は、部材の全断面が有効であるとして、 $M_c = W(\sigma_{tc} + \sigma_{tc}')$ 、 $\phi_c = \frac{M_c}{E_c I}$ 、(σ_{tc} :コンクリートの曲げ引張強度($\sigma_{tc} = 1.8\sqrt{f_c}$), f_c :コンクリートの圧縮強度, N :軸方向力, A :軸方向鉄筋をも考慮した橋脚の断面積, I :軸方向鉄筋をも考慮した橋脚の断面2次モーメント, W :軸方向鉄筋をも考慮した橋脚の断面係数, E_c :コンクリートのヤング係数)

降伏時および終局時の曲げモーメント(M_y , M_u)と曲率(ϕ_y , ϕ_u)の計算で

は、コンクリートおよび鉄筋の応力(σ)-ひずみ(ε)関係を図2のように仮定し、 M_y, ϕ_y は引張鉄筋が降伏点に達するとして、また、 M_u, ϕ_u はコンクリートの終局ひずみを $\epsilon_c = 0.0035$ と仮定して求める。このようにして求

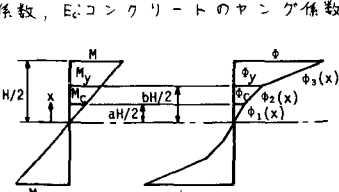


図3 曲げモーメントと曲率の分布

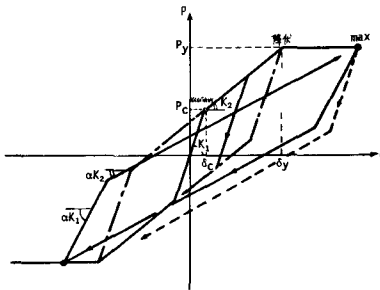


図5 RC部材の履歴特性

また、曲げモーメント(M)-曲率(ϕ)の関係より、高さ方向の曲げモーメント、曲率の分布を図3のように仮定する。そして、図3より、橋脚上端のせん断力(R)と橋脚上端の変位(δ)の関係をモーメントアリア法により求め、水平力(R)-変位(δ)の関係を図4のような折線OCYUに近似し、図5のような履歴曲線を描かせる。

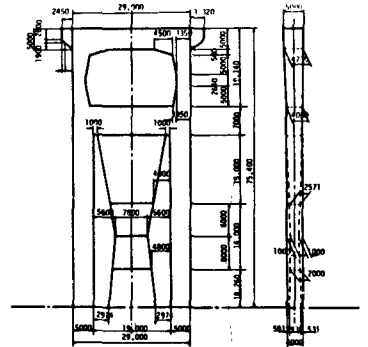


図1 対象構造物の橋脚

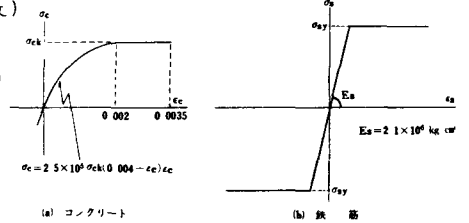


図2 応力とひずみの関係

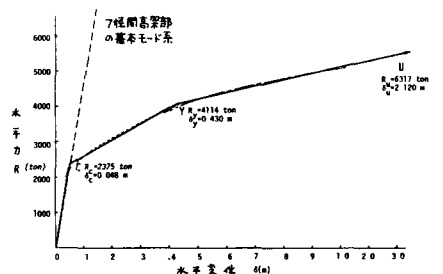


図4 荷重と変位の関係

オイルダンパーの特性¹⁾は図6のようになり、数値解析時には次に示す多項式近似を用いた。

$$F_c = C_1 V + C_2 V^3 + C_3 V^5 + C_4 V^7 + C_5 V^9 \quad (F_c: \text{ダンパー力 (ton)}, V: \text{7径間高架部と橋台BB-1Aの相対速度 (cm/sec)})$$

また、摩擦支承は摩擦力と応答滑り量の関係を図7のように仮定する。

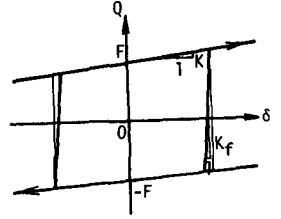
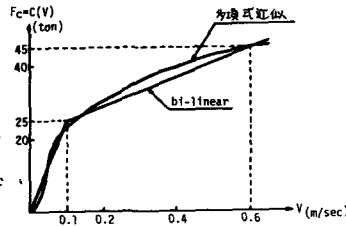


図6 オイルダンパー特性

図7 摩擦力と滑り量の関係

運動方程式は、7径間部を仮す7自由度系と橋台BB-1Aの2自由度剛体と変位制御装置を介しての連成系モデル(図-8参照)を考え、以下のように誘導される。

$$[M]\{\ddot{x}\} + [C(\dot{x})]\{\dot{x}\} + [K(x)]\{x\} = -\{F\} \quad ([M]: \text{質量マトリックス}, [C(\dot{x})]: \text{減衰マトリックス}, [K(x)]: \text{剛性マトリックス}, \{\ddot{x}\}: \text{応答加速度ベクトル}, \{\dot{x}\}: \text{応答速度ベクトル}, \{x\}: \text{応答変位ベクトル}, \{F\}: \text{外力ベクトル})$$

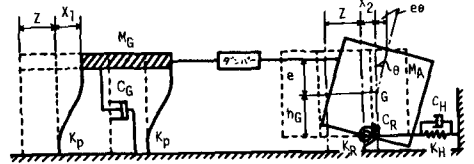


図8 解析対象モデル

3. 解析結果

7径間部のみで入力地震波の加速度レベルと共に変位応答の変化を調べた結果、入力レベルが非常に大きくなると応答状態において塑性域(ひびわれ限界を越してから領域)でのトリフトが大きくなり弾性域内の応答と全く様相が異なってくる。塑性域に応答が入ると、剛性の低下により、対象系の周期特性が伸びると共に履歴復元力特性により、減衰効果が増す。これらの現象がその直後の応答を減少させることになる。(図-9、表-7参照) 今回の対象モデルでは、

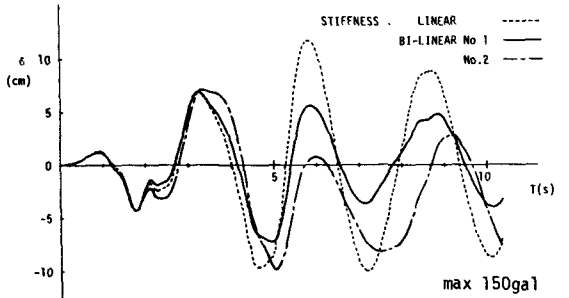


図9 7径間高架部の弾塑性応答 (入力: EL CENTRO NS-40) max 150gal

表1 弾塑性応答の最大値

入力: EL CENTRO NS-40 Max 150 gal

STIFFNESS	LINEAR		BI-LINEAR			
			No.1		No.2	
ヒール断面	0	10	0	10	0	10
オイルダンパー本数	0	10	0	10	0	10
7径間の変位						
max(cm)	11.61	9.75	7.30	6.59	9.88	8.90
T(s)	5.82	5.78	4.92	4.58	5.00	4.98
せん断力 (t)	5213.6	4378.0	2489.3	2460.3	2222.2	2188.8
トバットの変位						
max(cm)	3.91	3.87	3.91	3.87	3.91	3.87
T(s)	2.22	2.22	2.22	2.22	2.22	2.22
相対変位						
max(cm)	11.99	10.40	8.37	7.28	10.25	8.82
T(s)	5.72	5.68	3.38	3.38	5.14	5.12
相対速度						
max(cm/s)	46.16	42.00	40.65	38.80	40.99	39.68
T(s)	5.40	5.40	2.68	2.68	2.70	2.34
オイルダンパー力 (t)		394.4		365.5		373.6

EL CENTRO NS成分を入力とした場合と比較すると、入力地震波の波形特性が応答に顕著に現われる。つまり、線形時の応答は入力 NS 成分の方が EL CENTRO NS 成分より大きい。そして弾塑性挙動による応答の低減率も大きい。

参考文献

- 1) 本州四国連絡橋公団, (株)綜合技術コンサルタント, 女島高架橋下部工実施設計報告書および設計図, 昭和54年6月
- 2) 太田実; 単一柱形式鉄筋コンクリート橋脚の耐震設計法に関する研究, 土木研究所報告第153号, 建設省土木研究所, 昭和55年3月, PP.123-260
- 3) 吉川、遠藤、洞毛; 免震機能をもつ橋梁の振動特性解析, 第15回地震工学研究発表会講演概要, 1979, PP.249-252