

南港連絡橋取付道路高橋脚の耐震設計

阪神高速道路公団 正員 松本 忠夫
 , , , 松村駿一郎
 , , , 〇江見 晋

1. まえがき

阪神高速道路公団南港連絡橋取付道路は主橋梁の桁下高が51mにもなることから、その橋脚高は最高約45mと従来の公団の構造物と比較して非常に高くなるのが特徴である。このような高橋脚の耐震設計に高々25m程度までを対象とした公団の耐震設計基準を適用することは問題であり、したがって特別に南港連絡橋取付部としての耐震設計基準を作成した。以下にその内容について報告する。

2. 動的解析を考慮した設計震度

動的解析で設計する場合、ある安全率を満足する最小断面を終局強度理論による抵抗モーメントと動的解析による応答曲げモーメントとを比較することにより決定した。そしてこの断面が震度法に換算した場合、いくらの震度に相当するかについて推定して設計震度を決定した。

(1) 解析の対象とする構造物

解析の対象とする構造物は取付部全体において標準と考えられる構造物とする。

上部工； 単純合成箱桁 支間60~70m 中員19m250

橋脚工； 鉄骨鉄筋コンクリート2層ラーメン 橋脚高25m, 35m, 45m

基礎工； 杭基礎(鋼管杭) 径1m20 杭長35m

図-1にその一般図を示す。

(2) 基準水平震度 $KH_0 = 0.25$ による断面の決定

ラーメン上層部の寸法は一定とし、下柱の寸法を基準水平震度 $KH_0 = 0.25$ の地震荷重により決定する。

決定された寸法を表-1に示す。

	25m	35m	45m
橋軸	3.00m	3.50m	4.25m
橋軸直角	2.75m	3.00m	3.75m

表-1

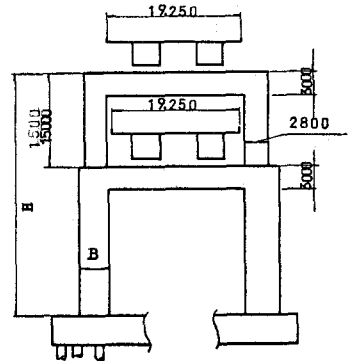


図-1

この決定された寸法の前後25cmキザミで断面を仮定し、配置しうる鉄骨鉄筋量よりその部材の終局抵抗モーメントを算出する。終局強さはASCE-ACI合同委員会の終局強式より求める。

(3) 換算水平震度の算出

(2)で仮定した断面の換算水平震度を以下の方法で求める。

地震荷重による作用モーメント (M_w) と抵抗モーメント (M_r) の比を一定とすると

$$\frac{M_r}{M_w} = \frac{M_{r0}}{M_{w0}} = \text{一定} \quad M_w = K_H M_{K1}, \quad M_{w0} = M_{K0}$$

$$\text{これより} \quad K_H = \frac{M_{K0}, M_r}{M_{K1}, M_{r0}}$$

こゝに K_H ; 換算水平震度, M_{K0} : $K_H = 1.0$ の時の曲げモーメント

M_{K1} ; 基準水平震度 $K_H = 0.25$ の時の曲げモーメント

M_r ; 仮定した断面の終局抵抗モーメント

M_{r0} ; 基準水平震度 $K_H = 0.25$ で決定された断面の終局抵抗モーメント

(4) 地震応答解析

仮定した断面の各構造物に対し、地震応答解析を行う。

a. 振動モデル (図-2)

橋軸方向; モデルA 橋軸直角方向; モデルB

b. 基礎のバネ定数

水平バネ定数; $k_H = 20n$ (t/cm)

鉛直バネ定数; $k_V = 350n$ (t/cm)

回転バネ定数; $k_r = \frac{350}{2} \sum C_i^2 (t \cdot \text{cm})$

こゝに n ; くいの本数 C_i ; くいの間隔

c. 入力地震外力

土木研究所応答スペクトル曲線 (減衰定数 $\alpha = 0.05$) を用いる。

なお、地震動の最大加速度は 250 gal とする。

d. 多質点系の応答解析

多質点系の応答解析はモーダルアナリシス法により行ない、応答の最大値は各振動モードの応答値の 2 乗和の平方根を用いる。

$$(R) = \sqrt{\sum (\max \text{ modal response})^2}$$

e. 計算結果

計算結果を表-2に示す。また震度法との比較、抵抗

モーメントとの比率 (安全率) を表-3に示す。

X_d ; 部材先端最大水平変位 (cm)

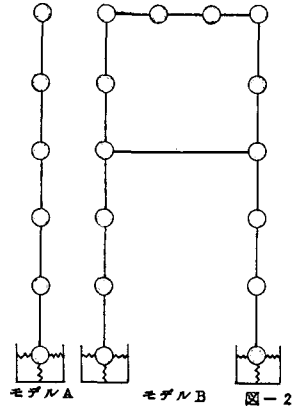
M_d ; 部材下端最大曲げモーメント (t·m)

T_1 ; 1次固有周期 (Sec)

(5) 設計震度の決定

断面寸法, 安全率, 水平震度の関係を

図-3に示す。これによるとある必要な安全率を満足する断面寸法が決まり、これより震度法で設計する場合の震度が決定する。こゝで安全率 $V = 1.10$ 以上必要で



B(m)	B(m)	橋軸方向			橋軸直角方向		
		X(d=cm)	Md(t·m)	T1(sec)	X(c=cm)	Md(t·m)	T1(sec)
45	4.75	17.6	29.203	1.50	13.6	31.211	0.96
	4.50	18.4	26.703	1.38	13.9	28.856	0.90
	4.25	19.1	24.018	1.46	14.3	27.216	1.00
	4.00	20.0	21.434	1.57			
	3.75	21.1	18.979	1.71			
35	4.00	1.60	20.274	1.22	11.3	18.964	0.85
	3.75	1.65	18.453	1.29	11.4	17.812	0.86
	3.50	1.73	16.599	1.39	11.4	16.815	0.86
	3.25	1.84	14.748	1.51	11.8	15.289	0.90
	3.00	1.99	12.916	1.67			
25	3.75	1.01	14.404	0.92			
	3.50	1.08	14.031	0.95			
	3.25	1.17	13.613	1.00	8.6	9.968	0.75
	3.00	1.33	13.368	1.08	9.0	9.106	0.75
	2.75	1.46	12.334	1.67	9.0	8.663	0.75

表-2

B(m)	B(m)	Mr(t·m)	橋軸方向				橋軸直角方向			
			Mk(t·m)	Md(t·m)	Mk/Md	Md/Mk	Mk(t·m)	Md(t·m)	Mk/Md	Md/Mk
45	4.75	36.226	24.785	29.203	1.18	1.24	14538	31.211	2.14	1.16
	4.50	32580	24.136	26.703	1.11	1.22	14016	28.856	2.06	1.13
	4.25	29.135	23.522	24.018	1.02	1.21	13531	27.216	2.01	1.07
	4.00	25865	22.940	21.434	0.93	1.21	13063			
	3.75	22.796	22.396	18.979	0.85	1.20	12628			
35	4.00	25.865	15.613	20.274	1.30	1.28	7.971	18.964	2.38	1.36
	3.75	22.796	15.358	18.453	1.20	1.24	7.786	17.812	2.29	1.28
	3.50	19.904	15.133	16.599	1.10	1.20	7.606	16.815	2.21	1.18
	3.25	17.211	14.920	14.748	0.99	1.17	7.443	15.289	2.05	1.13
	3.00	14.696	14.725	12.916	0.88	1.14	7.268			
25	3.75	22.796	9.200	14.404	1.57	1.58				
	3.50	19.904	9.143	14.031	1.54	1.42				
	3.25	17.211	9.090	13.613	1.50	1.26	4.313	9.968	2.31	1.73
	3.00	14.696	9.042	13.368	1.48	1.10	4.275	9.106	2.13	1.61
	2.75	12.379	8.997	12.334	1.37	1.00	4.240	8.663	2.04	1.43

表-3

あると仮定すると設計震度は表-4のようになる。

H (m)	橋軸方向		橋軸直角方向	
	K _H	B(m)	K _H	B(m)
45	0.270	3.00	0.310	4.25
35	0.270	3.00	0.270	3.25
25	0.250	3.00	0.200	2.75

表-4

設計震度の決定にあたって

- (イ). 高さ25mにおいて公団耐震設計基準による値と一値させる。
- (ロ). 震度の最大値を0.30とする。という条件をつけて、この点を考慮すれば表-4は次のように補正される。

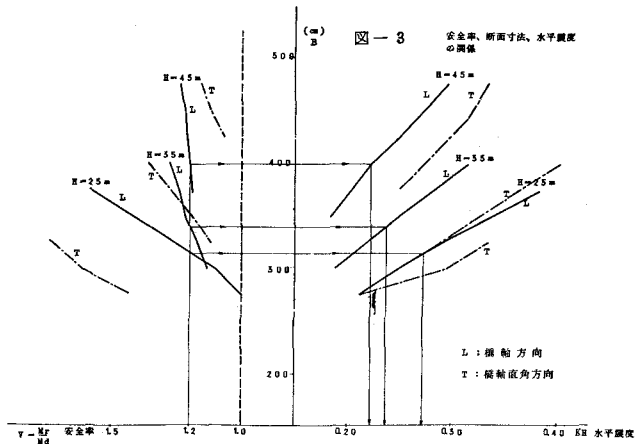
H (m)	橋軸方向	橋軸直角方向
45	0.270	0.300
35	0.270	0.280
25	0.270	0.270

表-5

実際の基準は表-6のように、高さ5m間隔で震度を変化させるものとした。

3. 考察

- (1). 橋軸直角方向の震度が橋軸方向の震度に比較して大きくなる。これは震度法による曲げモーメント(M_R)は橋軸直角方向が小さいが、応答曲げモーメント(M_d)はほぼ同じ程度であるためM_d/M_Rが橋軸方向より大きな倍率を示すためである。
- (2). 橋軸方向においては橋脚高が高くなるほど震度は小さくなる傾向にある。これは高さが高くなると固有周期が長くなりスペクトルの応答倍率が小さくなりM_d/M_Rは小さくなるためである。特にH=45mになると断面の寸法にかかわらず安全率V=M_d/M_Rはほぼ一定となるため、この基準のように断面力だけを問題とした場合は非常に小さな震度でよいことになる。したがってこのような場合は、断面力だけでなく変位に対する考慮が必要であると思われる。



(1) 構造物の耐震設計は震度法によるものとし、次に示す水平震度が高さ方向一様に作用するものとする。

構造物の高さ	橋軸方向	橋軸直角方向
$25 \leq H < 30$ m	0.27	0.27
$30 \leq H < 35$	0.27	0.27
$35 \leq H < 40$	0.27	0.28
$40 \leq H < 45$	0.27	0.29
$45 \leq H < 50$	0.27	0.30

鉛直震度は0.13とする。

(2) 特殊な構造物については、さらに動的解析によって検討するものとする。

表-6