

○首都高速道路公団 正会員 隈元 幸治
 (同 上) 正会員 大塚 昭夫
 横浜国立大学 正会員 池田 尚治

1. まえがき

横浜港横断橋は橋長860 m (200+460+200)の斜張橋で、その基礎構造物は多柱基礎という新しい構造形式であり、基礎柱(ケーソン)は外径10 m、内径7 m、長さ47~77 mの円環柱とフーチングからなる。この円環柱は地震時には高軸力下で正負繰返し水平二方向荷重を受けることとなるが、このような部材の研究例は見られない。本論文は、地震時および降伏変位を超える状態に対する円環柱とフーチングの一体性、構造安定性の検討、設計方法の確認を目的とし、①地震時に受けるような正負繰返し荷重と同時に鉛直方向の軸力が変化する状態での円環柱の耐力と靱性、②水平力がX、Y=軸方向に繰返し作用する場合の耐力の劣化状況、③P C鋼材の中途定着の影響、④フープ筋の効果に着目しておこなった実験結果を報告するものである。

2. 供試体

実構造物の押し込み側の円環柱柱頭部における地震時の応力は、断面力としての軸圧縮力が約 5.0 kg/cm^2 、プレストレス力による応力が約 3.3 kg/cm^2 である。したがって、地震時には曲げモーメントやせん断力の他に軸力により約 8.3 kg/cm^2 の平均圧縮力が作用し、コンクリートの圧縮応力が約 16.0 kg/cm^2 、鉄筋の引張力が約 36.0 kg/cm^2 である。一方、引き抜き側ではこれらの値がそれぞれ約 13.0 kg/cm^2 、 21.6 kg/cm^2 となっている。以上のことを考慮して、基本供試体には 45 kg/cm^2 の鉛直力による応力と 3.3 kg/cm^2 の有効プレストレスを導入することとした。供試体の大きさは載荷装置の能力を勘案して、実構造物の $1/2$ とした。表-1に供試体の諸元一覧を示す。

3. 実験方法

軸力および水平力は油圧サーボ式載荷装置を用いて作用させた。水平力としては地震時荷重(鉄筋の引張応力が $3,000 \text{ kg/cm}^2$)、降伏荷重およびそれ以降はピーク変位を1 mmずつ増加させる正負載荷を行った。

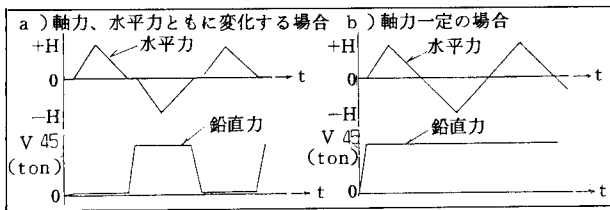


図-2 載荷力

水平二方向載荷の場合はy軸方向に9 mm(降伏変位の約2倍)の正負繰返し載荷まで行った後に供試体を90°水平に回転させて再固定し、x軸方向に載荷した。供試体一般図を図-1、軸力と水平力の載荷力を図-2に示す。

4. 実験結果

(1)耐力と破壊モード: 表-2に実験結果の一覧を示す。耐力については、いずれの供試体も非弾性解析の結果とよく一致している。破壊モードについては、No.1, No.3~No.7供試体はいずれも付根部コンクリートが圧壊し、急激に耐力を失った。一方、付根

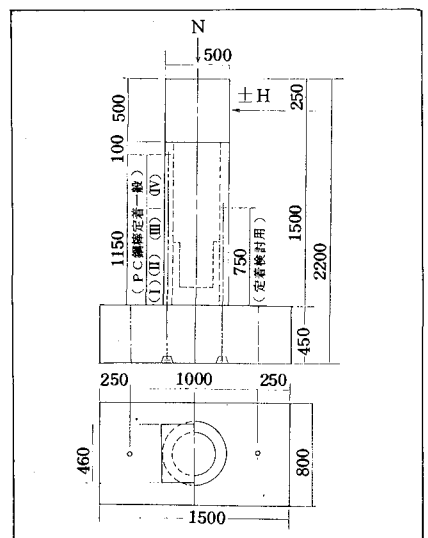


図-1 供試体一般図

部の環厚を0.25倍増厚したNo.2, No.8～No.12供試体は靱性が向上し、かつ大変形による破壊時の残存耐力も確保されており、±78の変位まで健全で極めて好ましい変形性能を有していた。

(2) 軸力の影響：鉛直軸力が最大の状態で一定に保たれているよりも、これが最大値とゼロとの間を水平力の変化に応じて変化した方が供試体に与える影響は小さいことが示された。(図-3参照)

(3) 水平二方向载荷の影響：水平二軸に降伏荷重を超える水平力が作用すると繰返し载荷によって劣化の進行が増進されやすくなり、最大耐力も低下する傾向が見られたが、つけ根部を増厚したものはこのような影響を受けなかった。(図-4参照)

(4) フープ筋の効果：つけ根部を増厚せずにフープ筋量を倍にしても、若干性能は向上するが、増厚と同じ効果は得られなかった。(図-5参照)

(5) P C鋼材の中途定着に対する検討：P C鋼材の中途定着の悪影響に対しては、一部のP C鋼材を延長したり鉄筋を沿えることで相当に性能が改善されることが示された。(図-6参照)

供試体 No.	軸方向鉄筋 規格 寸法	鉄筋比 規格 寸法	P C鋼材 規格 寸法	P C鋼材比 規格 寸法	フープ筋 規格 寸法	軸 力 (kg/cm ²)		有 効 プレストレス (kg/cm ²)
						正 (P) (I~IV)	負 (D) (I~IV)	
1. RA (X・Y・ZC)	SD30 D 10	2.8 S (I~IV)			SD30 D 6	0.528 (I~IV)	4.50 (I~IV)	0 (I~IV)
2. RC (X・Y・ZC)		1.45(I) 1.94(II) 2.85(III,IV)				0.158(I) 0.32(II) 0.528(III,IV)	22.9(I) 30.6(II) 45.0(III,IV)	
3. PB (X・ZS)		0.73(I) 1.42 (II~IV)	C種 1号 φ9.2	0.27(I) 0.531 (II~IV)		0.158(I) 0.528 (II~IV)	22.9(I) 45.0 (II~IV)	16.8(I) 33.0 (II~IV)
4. PB (X・Y・ZC)								
5. PB (X・Y・ZS)								
6. PBW (X ₃₀ ・ZC)						0.317(I) 1.056(II) 0.528(III,IV)		
7. PBW (X・Y・ZC)								
8. PC (X・ZS)		0.73(I) 0.97(II) 1.42(III,IV)		0.27(I) 0.36(II) 0.531(III,IV)		0.158(I) 0.32(II) 0.528(III,IV)	22.9(I) 30.6(II) 45.0(III,IV)	16.8(I) 22.4(II) 33.0(III,IV)
9. PC (X・Y・ZC)								
10. PC (X・Y・ZS)								
11. PC ^{1/2} (X・ZS)				0.27 (I) 0.36 (II) 0.531 (III) 0.27 (IV)				16.8 (I) 22.4 (II) 33.0 (III) 16.5 (IV)
12. PCTF (X・ZS)		0.73(I) 0.97(II) 2.14(III,IV)		0.27 (I) 0.36 (II) 0.531 (III) 0 (IV)				16.8 (I) 22.4 (II) 33.0 (III) 0 (IV)

表-2 実験結果

供試体 No. (載荷方向)	計 算 値 (ton)				実験値 (ton)		最大耐力時の 変位 (mm)	最終耐力時の 変位 (mm)	最終耐力時の 残存耐力 (%)	破 壊 状 況
	地震時 P _x 2)	地震時 P _y 3)	最大耐力 R _x 4)	最大耐力 R _y 5)	最大耐力 P _x 2)	最大耐力 P _y 3)				
1. RA (X・Y・ZC)	11.8	15.0	±19.2	19.3 -19.7	5.9	6.3	-5.1	0		つけ根部分壊
2. RC (X・Y・ZC)	11.5	14.8	±19.3	19.8 -20.5	5.5	6.0	±5.7	11.8		”(軸筋7本破断)
3. PB (X・ZS)	8.9 12.3	11.2 14.7	17.0 -20.6	16.9 -19.0	—	5.2	±4.8	0		”
4. PB (X・Y・ZC)	12.3	14.7	±20.6	18.1 -17.9	5.5	6.3	±3.2	0		”(軸筋2～3本破断)
5. PB (X・Y・ZS)	8.9 12.3	11.2 14.7	17.0 -20.6	16.7 -19.2	4.2	5.3	±5.1	0		”
6. PBW (X ₃₀ ・ZC)	12.3	14.7	±20.6	19.2 -20.0	—	5.0	±4.0	0		”
7. PBW (X・Y・ZC)	12.3	14.7	±20.6	18.3 -19.2	5.0	5.8	±4.5	0		”
8. PC (X・ZS)	8.9 12.3	11.2 14.7	17.0 -20.6	17.7 -22.0	—	4.4	±7.7	15.2		つけ根部分一部はくり(軸筋3本破断)
9. PC (X・Y・ZC)	12.3	14.7	±20.6	19.7 -21.0	4.8	5.6	±6.1	17.2		”(軸筋破断)
10. PC (X・Y・ZS)	8.9 12.3	11.2 14.7	17.0 -20.6	18.0 -21.3	3.5	4.8	±7.3	15.0		”(軸筋破断)
11. PCT ^{1/2} (X・ZS)	”	”	”	17.2 -20.8	—	”	”	16.0		”
12. PCTF (X・ZS)	”	”	”	17.7 -20.7	—	”	”	±9.2	15.0	つけ根部分の一部と75mmの所はくり(軸筋破断)

- 1) X: 水平X軸, Y: 水平Y軸, ZC: 鉛直一定荷重, ZS: 鉛直変動荷重によるシミュレーション載荷。
2, 3) 弾性計算で求めた値で、フーチング上面より150cmの場所の水平荷重を示す。
4) シミュレーションの正確性が0.004となるときの値で非弾性解析によって求めた値。
5) 動的計算の値にたし、*1は静的計算の値。
6) フーチング上面より125cmの位置の変位で、ZC載荷の場合は正負の平均値、ZS載荷の場合は正載荷時の値。
7) X・Y RECORDERより読みとった値で、正負値の小さい方の値。

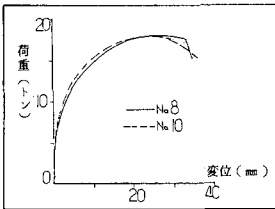


図-3

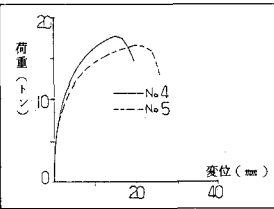


図-4

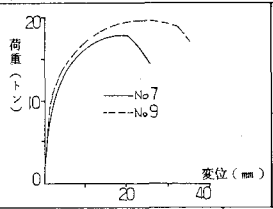


図-5

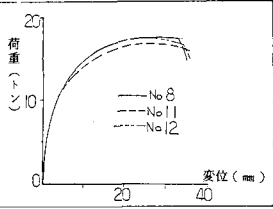


図-6

4. あとがき

多柱ケーソンの地震時挙動をシュミレートした載荷をおこない、基礎柱(ケーソン)の設計荷重に対する健全性と設計荷重を超える大変形に対しての靱性と安全性を確認した。

本研究の実施に当っては横浜国立大学の山口隆裕氏、森下豊氏の協力を得た。また、供試体の製作はオリエンタルコンクリート株式会社に依頼した。

〈参考文献〉

池田, 大塚, 恵谷 鉄筋コンクリート円環柱の力学的挙動と設計法に関する実験研究(土木学会年次学術講演会概要集 59年度)