

首都高速道路公団 正 恵 谷 舜 吾
 横浜国立大学 正 池 田 尚 治
 首都高速道路公団 正 大 塚 昭 夫

1. 諸 言

横浜港横断橋は橋長860m(200+460+200)の斜長橋であり、その基礎構造物は多柱基礎という新しい構造形式で、基礎柱(ケーソン)は外径10m、内径7m、長さ47~77m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力を受けることとなるが、このような部材の研究例は少ない³⁾。本論文は、地震時および降伏変位を越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円環柱の高軸力下での正負繰返し曲げ靱性 ②軸力としてのプレストレスの効果 ③フーチングと円環柱結合部の断面形状 ④PC鋼材の中途定着の影響 ⑤フープ筋の効果 等に注目して行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応力が約50 kg/cm^2 、プレストレス力による応力が約33 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83 kg/cm^2 の平均圧縮応力が作用し、コンクリートの圧縮応力が約160 kg/cm^2 、鉄筋の引張応力が約360 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130 kg/cm^2 、2160 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、33 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1/20とした。表-1に供試体の諸元一覧を示す。

3. 実 験 方 法

軸力は50tonの油圧ジャッキを用いて45tonの一定軸力を柱頭部に作用させ、水平力は押引き両用の油圧ジャッキにより載荷した。水平力は地震時荷重(鉄筋の引張応力が3000 kg/cm^2)、降伏荷重(このときの変位を1 δ とする)、2 δ 変位、3 δ 変位、……、の正負載荷を5回作用させた。

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しているが、最大耐力はいずれの供試体も非弾性解析の結果と良く一致している。最大耐力が降伏時荷重の1.4倍以上であるのは中空円断面部材であるために周囲に配置された軸方向鉄筋が終局時に大きく寄与するからであり、弾性理論で計算した設計荷重は、終局耐力に対して十分な安全率を有している。

破壊モードについては、NO.1~NO.5供試体はいずれも付根部コンクリートが圧壊し、急激に耐力を失う。一方付根部の環厚を外径の0.25倍に増厚したNO.7, 8, 9, 0.3倍に増厚したNO.10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、特にプレストレスを導入した供試体は $\pm 7\delta$ 、あるいは $\pm 8\delta$ の変位まで健全であり、極めて好ましい変形性能を有している。また、PC鋼材を中途定着したNO.6供試体では、中途定着部において大きなひびわれが発生し、降伏荷重時には斜めひびわれに成長し断面中央に達していた。

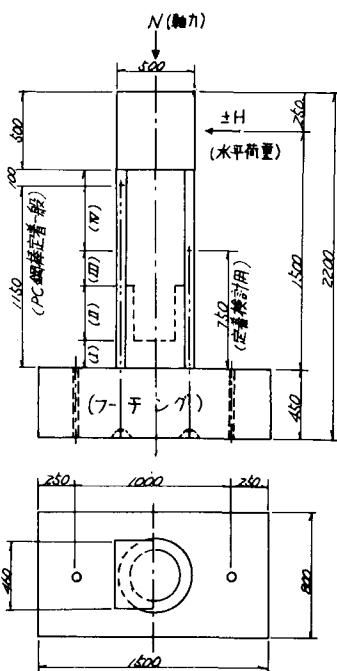


図-1 供試体一般図

(2) 変形とひびわれ状態 : 各供試体とも地震時荷重で発生したひびわれは水平ひびわられてあった。ひびわれ区間は NO.1 では柱径の2倍, NO.2 では柱径, プレストレスを導入した場合は0.5倍程度であった。斜めひびわれの発生と成長が顕著となるのは28載荷後であった。NO.6 では PC 鋼材の定着付近で曲率が大きくなり, 終局時に斜めひびわれ幅が相当大きくなった。付根部の回転はプレストレスを導入した方が小さな値であり, プレストレスの効果が認められた。

(3) ひずみの測定結果 : 軸力の加わった供試体では水平力の除荷時に元に戻る傾向が強いが, 軸力とプレストレスを導入した供試体では除荷時には圧縮ひずみが残留した。また, 付根部の壁厚を増厚した場合は大変形を与えても除荷時の圧縮ひずみが安定していた。さらに増厚をしていない場合にはフーチングが38変位で降伏した。

表-1 供試体の諸元

供試体 NO	軸鉄筋比 P _g (%)	PC 鋼材比 P _c (%)	フーチング比 P _g (%)	軸力 (kg/cm ²)	有効 プレストレス (kg/cm ²)
NO.1 RA	SD 30 D10	C 種 1号 φ 9.2	SD 35 D 6	0 (I~IV)	0 (I~IV)
NO.2 RA	2.86 (I~IV)	—	0.528 (I~IV)	45.0 (I~IV)	33.0 (I~IV)
NO.3 PA	1.43 (I~IV)	0.532 (I~IV)	—	—	0 (I~IV)
NO.4 RB	1.45 (I)	—	0.158 (I)	22.9 (I)	16.8 (I)
NO.5 PB	0.73 (I)	0.27 (I)	0.528 (II~IV)	45.0 (II~IV)	33.0 (II~IV)
NO.6 PTB	1.43 (II~IV)	0.27 (I) 0.532 (II, III) 0 (IV)	—	—	16.8 (I) 33.0 (II, III) 0 (IV)
NO.7 RC	1.45 (I) 1.94 (II) 2.86 (III, IV)	—	0.158 (I) 0.32 (II)	22.9 (I)	0 (I~IV)
NO.8 PC	0.73 (I)	0.27 (I)	0.528 (III, IV)	30.6 (II)	16.8 (I) 22.4 (II)
NO.9 PCW	0.97 (II)	0.36 (II)	0.528 (III, IV)	45.0 (III, IV)	33.0 (III, IV)
NO.10 PD	0.73 (I) 0.87 (II) 1.43 (III, IV)	0.27 (I) 0.32 (II) 0.532 (III, IV)	0.158 (I) 0.26 (II) 0.528 (III, IV)	22.9 (I) 27.3 (II) 45.0 (III, IV)	16.8 (I) 20.0 (II) 33.0 (III, IV)

① コンクリートの目標強度は 350 kg/cm²

② NO.6 供試体は PC 定着検計用供試体

③ I ~ IV の区別は図-1 参照

表-2 計算結果と実験結果

供試体 NO.	計 算 値 (ton)			実験値(ton)	降伏荷重 時の変位	最終載荷時 の変位	最終載荷時 の残存耐力	破 壊 状 況
	地震時 2) P _E	降伏時 3) P _y	最大耐力 4) P _u	最大耐力 5) P _u	δ(mm) b)	αδ × n(CYCLE)	(ton) 7)	
NO1. RA	7.5	10.5	15.0	+15.1	5.5	7δ × 1	+6.2	つけ根部圧壊
NO2. RB	11.8	14.8	19.6	-19.6	6.8 (6.3)	5δ × 3 (5.3δ~5.3δ)**	0	〃
NO3. PA	12.9	15.2	20.1	-19.8	6.3 (6.1)	4δ × 5 (3.8δ~4.3δ)**	0	〃
NO4. RB	11.5	14.6	19.7*	-19.8	5.7	5δ × 6	0	〃 (下から15cmは表面はくりのみ)
NO5. PB	12.3	14.6	20.7	-19.5	5.5	5δ × 2	0	〃
NO6. PTB	12.3	14.6	20.7	+20.6	4.4	7δ × 5	+8.2	〃 (下から75cmのせん断ひび割)
NO7. RC	11.5	14.6	19.6*	+20.3	5.3	7δ × 5	-8.8	〃 (軸筋 8本破断)
NO8. PC	12.3	14.6	20.7	+21.6	4.0	8δ × 2	-17.2	〃 (軸筋 2本破断)
NO9. PCW	12.3	14.6	20.7	+20.9	4.1	8δ × 2	+20.0	コンクリートはくりによるふくれが小さい
NO10. PD	12.3	14.6	20.7	+21.2	4.4	8δ × 2	-15.4	付根部圧壊(軸筋4~5本破断)

2) 3) 弾性計算で求めた値で, フーチング上面より 150 cm の場所の水平荷重を示す

4) コンクリートの圧縮強度が 0.04 となるときの値 (但し * の値は 0.035 のときの値) で非弾性解析で求めた値

5) 動的計測の値 (但し NO1 は静的計測の値) で正負値の大きい方

6) フーチング上面より 125 cm の位置の変位で正負の平均値

7) X-Y RECORDER より読みとった値で正負の平均値

* * フーチングの回転があったので, () 内値はフーチングの回転を補正した値

5. 結 言

①設計荷重に対しては十分な安全性を有するが, 柱付根部の壁厚を増厚すると柱の性能は向上する。この増厚は 25% 程度で十分である。増厚したうえ, フーチングを増すと性能は一層向上する。また, モーメントシフトを考慮して PC 鋼材を定着すると変形性状が改善される。②プレストレスを導入した場合復元力が強く良好な性能を示す。

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。

最後に, 本研究は昭和 57 年度の吉田研究奨励金を受けて実施したものであることを附記する。

〔参考文献〕 ①池田, 矢作, 山口, 隔壁の埋込された鉄筋コンクリート部材の挙動について (第 37 回年次学術講演会要録 1982) ②池田, 矢作, 山口, PC バジを用いた中実コンクリートフーチングの一体性について (同前) ③塩井, 大塚他 5 名, 多柱基礎の頂版との連結部に関する研究 (建設省土木研究所資料)