

甲子園高架橋の PC 桁について

田 坂 栄 美

1. まえがき

現在建設中である第二阪神国道は甲子園付近で 図-1 に示すように、甲子園球場前を通過する。球場は収容人員 70 000 人といわれ、これへの観客と球場の東側を南北に走る阪神浜甲子園線とを避けてここでは立体交差が計画され、33 年度より本高架橋工事に着手し 35 年度上半期には竣工の予定である。この高架橋は 図-2 に示すような構造である。

施工業者は、中央部 3 径間連続箱桁（鋼橋）は松尾橋梁および新三菱重工、PC 桁（長さ 25 m）の高速部および緩速部はそれぞれピー・エス・コンクリートおよびオリエンタル・コンクリートKKである。

本文においては、大部分の施工を終った PC 桁の設計

図-1 甲子園付近平面略図

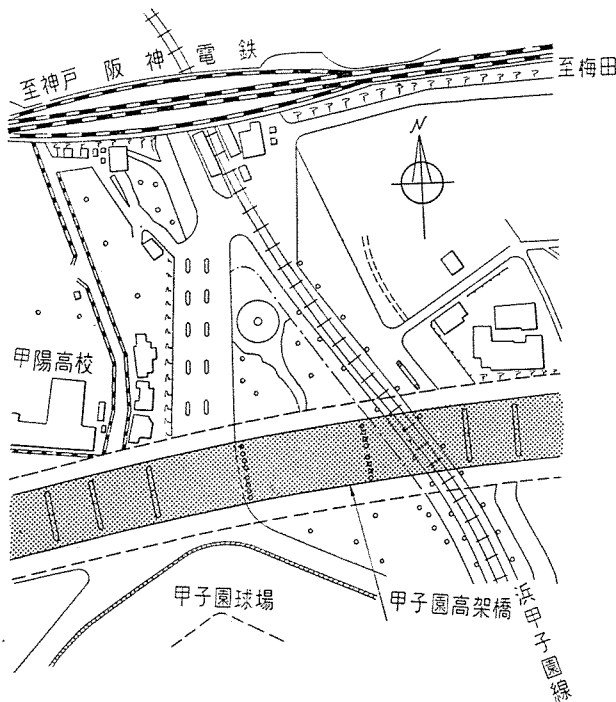


図-2

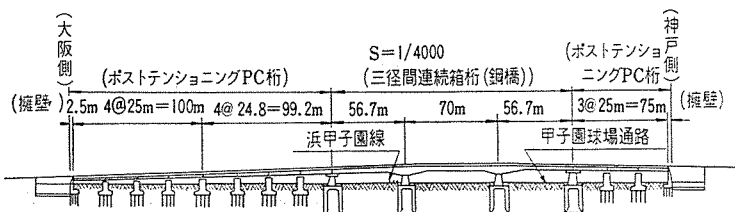


写真-1 甲子園高架橋東側

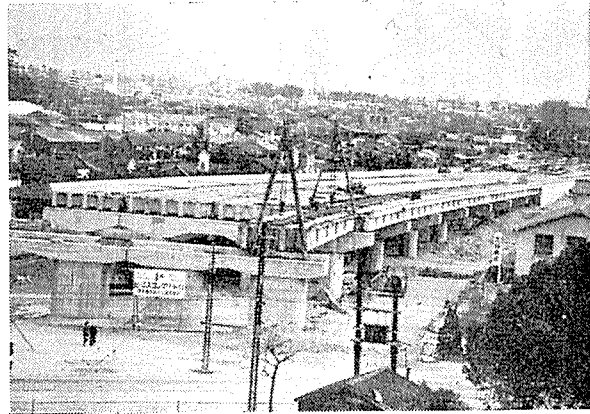
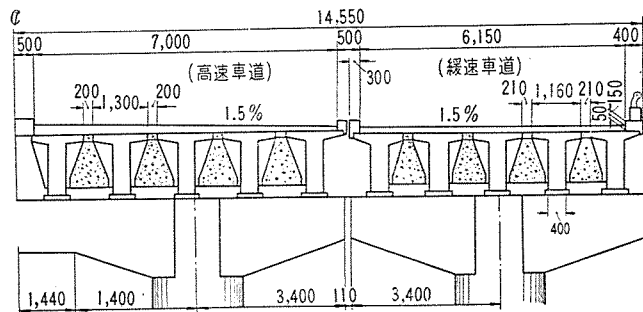


図-3 ポストテンション PC 桁横断面図



概要、コンクリート関係試験結果および実物破壊試験について報告する。

2. PC 桁概要

PC 桁部の構成は 図-3 に示すとおりである。ここで当初の方針および予算その他の関係で緩速車道部のみを先に施工した。そのために、下部と上部はともに高速車道で縁が切れている。PC 桁の諸元は次のとおりである。

型式：フレシネー式ポストテンション T 型単桁

荷重：L-20, T-20

支間：24.20 m（一部に半径 1800 m の曲線部があり、桁長の異なるところがある）

巾員：2 @ (6 m + 0.5 m + 7 m + 0.5 m)

連数：11 連（1 連あたり高緩速車道おのおの 2 橋）

桁本数：4 × 11 連 × 5 本 = 220 本

3. 設 計

本橋の設計にあたり採用した材料強度および許容応力度は次のとおりである。

コンクリート	kg/cm ²
28 日強度	$\sigma_{28}=400$
プレストレス導入時強度	$\sigma=350$
設計曲げ応力度	
プレストレス導入直後	$\sigma_{cat}=+170$
	$\sigma_{cat}'=-10$
設計荷重時	$\sigma_{ca}=+130$
	$\sigma_{ca}'=0$
許容斜引張応力度	
設計荷重	$\sigma=9$
破壊荷重	$\sigma=16$
PC鋼線 ($\phi 5$ mm)	kg/mm ²
引張強度	$\sigma_{pu}=165$
降伏点強度	$\sigma_{pg}=145$
許容引張応力度	
設計荷重時	$\sigma_{pa}=99$
プレストレス導入直後設計断面	$\sigma_{pat}=123$

曲げモーメントはクーポンの理論を適用し、死活荷重ともに荷重分配を考慮して算出したが、高緩速車道桁ともに中央側の耳桁が最大となった。これを表-1 に示す。本高架橋は分離帯を有するために活荷重の耳桁への分担が大きく、また路面が1.5%の直線勾配であるため

図-4 PC 桁断面図

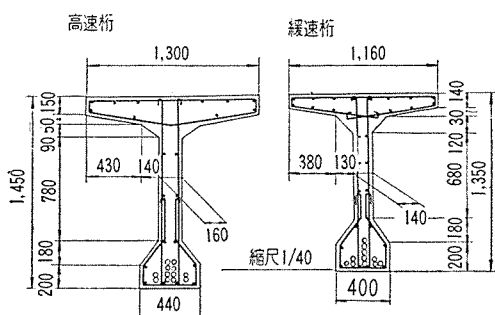


表-1 曲げモーメント総括表 (単位 t-m)

荷重状態		緩速車道	高速車道
活荷重		104.89	120.71
死荷重	主桁自重	86.75	101.21
	舗装	33.54	34.21
	地覆	-2.19	6.57
	中詰	4.82	4.90
死荷重合計		122.92	146.89
全荷重		227.81	267.60

表-2 中央断面応力総括表 (単位 kg/cm²)

荷重状態	緩速車道		高速車道	
	上縁応力	下縁応力	上縁応力	下縁応力
有効プレストレス	-34.2	+181.9	-30.1	+173.5
主桁自重	+43.9	-73.6	+40.7	-69.7
中詰横桁	+2.4	-3.7	+1.9	-3.0
舗装地覆	+14.7	-24.0	+15.4	-25.2
活荷重	+49.2	-80.1	+45.7	-74.7
全設計荷重時	+76.0	+0.5	+73.6	+0.9

に耳桁の舗装厚が大きいので、一般のPC桁に比較して曲げモーメントが大きい。曲げモーメントに対して図-4のようにPC桁の断面を決定した(表-2に耳桁中央断面の応力状態を示す。

有効プレストレスの計算においては、鋼線のレラクセーションを5%とし、クリープ係数および乾燥収縮度はPC指針の空気中一般の場合の値 $\varphi=3.0k$ および $\epsilon_s=25 \times 10^{-5} \times 0.6k$ を採用し、DINの式を用いて計算した結果、高緩速車道桁ともに有効係数は77%となった。

4. コンクリートの配合および試験結果

主桁コンクリートの配合は表-3のようである。骨材は、緩速車道桁については日高川産の砂利(F.M=7.05, 最大粒径 25 mm), 吉野川産の砂(F.M=2.73), 高速車道桁については那賀川産の砂利(F.M=7.24), 那賀川産の砂(F.M=3.12)を使用した。セメントは普通セメントを用い、これにポゾリス No. 10 をセメント量の1%加えた。当初早強セメントを用いるかポゾリス No. 10 を用いるかで議論をしたが、次の点を考慮してポゾリス No. 10 を用いることにした。

表-3 主桁のコンクリート配合

粗骨材最大粒径	スランプ	水量	セメント	w/c	砂	砂利	空気量	ポゾリス No. 10	備考
25 mm	2-4	145.2	kg 440	33.0	kg 600	1 216	% 2	kg 4.4	緩速桁
25 mm	2-4	138.0	400	34.5	630	1 250	2	4.0	高速桁

(1) ポゾリス No. 10 に関する各種の報告によると、普通セメントにポゾリス No. 10 を加えることにより、早強セメントと同等の早期強度が期待できる。

(2) 早強セメントに対して、普通セメントの乾燥収縮度は大体 1/2~2/3 である。

(3) ポゾリス No. 10 を加えることにより単位セメント量および水セメント比が小さくとれ、したがって単位水量が大巾に減少するので乾燥収縮度も小さくなる。

(4) ポゾリス No. 10 はコンクリートの硬化促進のために塩化カルシウムをふくんでおり、これの乾燥収縮度に対する影響は非常に大きい。もしポゾリス No. 10 のすべてが塩化カルシウムであってもセメント量の1%という少量なので影響は少ないであろう。

(5) コンクリートのクリープについては、プレストレス導入時のコンクリート強度 σ と終極強度 σ_{∞} との比 σ/σ_{∞} に左右されるが、ポゾリス No. 10 添加により早強性を帯びるので $\sigma_{\infty}=1.15\sigma_{28}$ が適用でき、したがって早強セメントのみの場合と、大差はないと考えられる。このほかに水セメント比も大きな要素となるが、この値は小さいので安全側となる。

(6) 以上各項目検討の結果、大体ポゾリス No. 10

報 告

を用いてよいと思われるが、これの成分の不明なることが心配である。しかし有効係数の計算でクリープ係数 $\phi=3.0 \cdot k$ 、乾燥収縮度 $\epsilon_s=25 \times 10^{-5}$ を用いているのでこの点は少しカバーできると思う。なお乾燥収縮度およびクリープに関する測定報告は別の機会に行ないたい。

上述の配合により主桁製作を行なった。

次にコンクリート試験の結果を報告する。

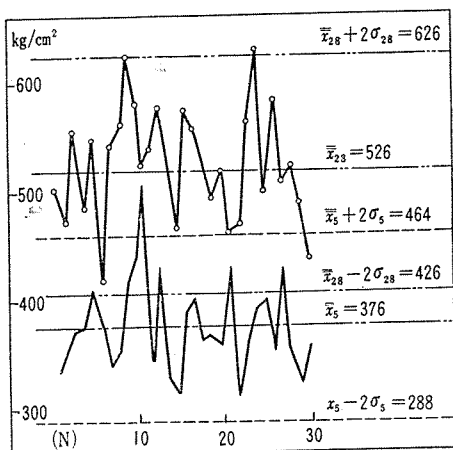
(1) 主桁コンクリートの品質管理

PC桁1本につき $\phi 15 \times 30$ の供試体を9本ずつ採取し、材令5日および28日の圧縮試験を行なった。残りの3本の供試体はプレストレス導入時強度確認の予備用である。この結果は図-5のようになる。この供試体は標準スランブより大きい値を示したバッチより採取したのであるが、変動係数は大体良好な値となっている。

(2) コンクリートの長期圧縮強度

前項5日および28日強度のほか、クリープに影響する要素、すなわち $\sigma_{\infty}=1.15 \sigma_{28}$ を確認するために、標準スランブ 2~4 cm のコンクリートより供試体21個を取り、材令3, 5, 7, 14, 28, 91 および364日の圧

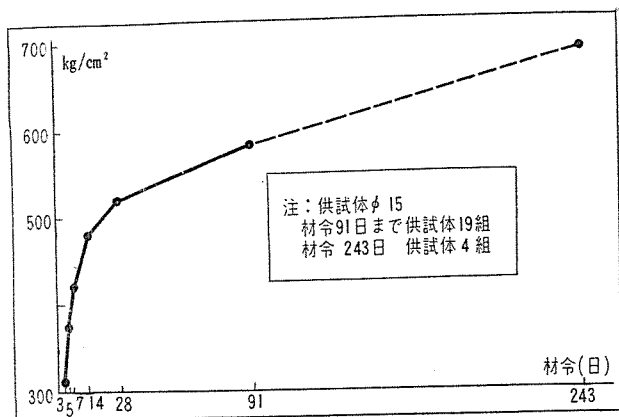
図-5 緩速車道桁コンクリート品質管理図



(注)

材令	5日	28日
平均強度	376	526
標準偏差	44	50
変動係数	11.8%	9.5%

図-6 コンクリート圧縮強度



縮強度試験を行なった (364日は試験中である)。

緩速桁製作時はセメント量 440 kg/m^3 であるが、これの結果は図-6のとおりである。図-6より $\sigma_{28}=521$ 、 $\sigma_{91}=583 \div 1.12 \sigma_{28}$ 、 $\sigma_{243}=694 \text{ (kg/cm}^2\text{)} = 1.33 \sigma_{28}$ となり、プレストレス導入は5~7日 ($\sigma_2=350 \sim 400$) で行なっているので、設計時に仮定したプレストレス導入時と終極時の圧縮強度の比に相当の差が生じている (その後施工した高速桁においては、セメント量を 400 kg/m^3 として製作している)。

(3) コンクリートの曲げ強度試験

ひびわれ安全率の検討のために、高速桁のセメント量 400 kg/m^3 について曲げ供試体を作り曲げ試験を行なった結果、 $\sigma_3=40$ 、 $\sigma_7=43$ および $\sigma_{28}=51 \text{ (kg/cm}^2\text{)}$ を得た。なお曲げ供試体を採取した桁の圧縮強度との比を取ってみると、それぞれの材令について $1/8 \sim 1/12$ と変動はあるが、平均値としてはともに $1/9.5$ となった。

(4) グラウトミルクの配合と強度

グラウトミルクの強度は $\sigma_7 \geq 200$ 、 $\sigma_{28} \geq 300 \text{ kg/cm}^2$ として配合試験を行なった。当初は $C:F=5:1$ 、 $w/c+F=50\%$ 、ポゾリス No. 5 をセメント量の 0.5% 、アルミ粉をセメント量の 0.005% 、フロー値約12秒として試験をしたが $\sigma_7=170$ 、 $\sigma_{28}=215 \text{ kg/cm}^2$ で所定の強度が得られず、次に $w/c+F=45\%$ と水を少なくした結果、所定の強度が得られたので (フロー値約18秒)、現在この配合を用いている。

後述の破壊試験などでシース内部を見ることができたが、このとき小さい気泡が少しあるだけで大きな空間は全然なく、シース内を完全に満たしていた。なお高速車道桁においては、センタースパイラルを用いたが、鋼線はこのまわりに整然と円型に並び、グラウトによる鋼線とコンクリートとの付着は完全であった。一方緩速車道桁においては、鋼線が雑然と群をなしてお互いに接触し、鋼線群の間にはグラウトはほとんどまわっていなかった。これによりセンタースパイラルの方がよりよいようである。

5. PC 桁破壊試験結果

本工事のPC桁にポゾリス No. 10 を用いたので、これによる桁のひびわれおよび破壊の安全率を知る必要がある。一期工事に製作した緩速桁110本のうちより1本破壊試験を行なった。

設計支間に支点を設け、中央付近に3個のジャッキで荷重をかけ、中央点および $1/4$ 点でたわみおよびひずみを測定した。支点として現場架設と同一のすべりシューを用いたので二次応力を生じたようで、特に載荷荷重降下時に、たわみ および ひずみの状況に解析不明の点が