

京都競馬場新スタンドの設計と施工

中 村 守*
林 保**

1. ま え が き

日本中央競馬会の京都競馬場は「淀」の地名で有名な京都市の南端にあって、東京競馬場につぐ大規模な競馬場である。大阪府に隣接する地の利もあって多くのファンに親しまれている。ここに紹介する新スタンドは昭和13年に建設された旧スタンドを撤去して6階建ての重層式のスタンドに改築したものである。このスタンドの構造的特徴は持ち出し長さ17.3mの片持梁式の上部スタンドにプレストレストコンクリート(以下PCと略す)構造を採用していることである。この構法は昭和46年に第1期の改築で建設した隣接の「在来スタンド」で用いたもので、従来の鉄骨造と比較して振動、変形等に対して利点が多く、今回の新スタンドも同じ構法を採用した。在来スタンドの工事では揚重機の能力の制約があったが、今回は大型揚重機(P & H 5300)の出現によってPCスタンドの施工を先行し、工期の短縮を図ることができた。工事は競馬開催を中止して行われたが、各地の開催日程との関係で工期は比較的短く、特にPC架構の施工は全工程を左右する重要なポイントとなった。

以下に、PC部分の設計ならびに施工の概要と、各施工段階におけるPC材各部のひずみ量、先端変位量等の測定結果の一部を紹介する。

2. 建 物 概 要

工事場所：京都市伏見区葎島渡場町 32

施 主：日本中央競馬会

設 計：日本競馬施設(株)

(株)安井建築設計事務所

施 工：(株)竹中工務店、フジタ工業(株)、(株)大林組、戸田建設(株)、鹿島建設(株)共同企業体

PC 工事：オリエンタルコンクリート(株)

規 模：地上6階建て

建築面積 25 486.452 m²

* (株)安井建築設計事務所大阪事務所構造部副部長
** " " 部長

延面積 74 508.826 m²

構 造：1, 2階 鉄骨鉄筋コンクリート造

3, 4, 6階 鉄筋コンクリート造

5 階 プレストレストコンクリート造

大屋根 鉄骨造

基 礎 AC 杭による独立基礎

図-1 に建物の配置と施工区分を示す。

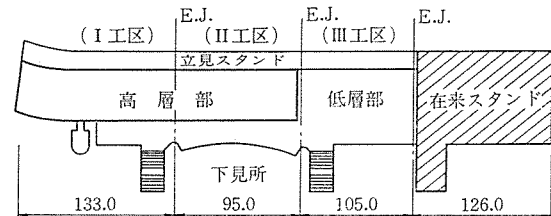


図-1 配置図

3. 設 計

3.1 構造計画

建物は図-2に示すように観覧席、投票所、および下見所まわりのテラス等で構成され、平面の基準グリッドは9m×12mと6.2m×12mである。改築した新スタンドの全長約333mのうち、上部スタンドを持つ高層部の長さは約220mである。在来スタンドと高層棟の間の部分は将来増築によって一連の重層式スタンドとなる予定である。全長を100m前後に区画してエキスパンションジョイントを設けて温度応力、地震時の変形に対処した。

競馬場のスタンドは投票所まわりに広い客溜り空間を必要とするために架構としてはラーメン構造を採用している。耐震設計上からは特に、上部スタンドの大きな荷重を支える5階柱と、応力集中の予想される4階柱については動的解析結果をもとに十分な耐力を保つように配慮した。

上部スタンドをはじめ、下部スタンド、立見席の段床版には工場製のPC段床を採用して工期の短縮を図った。

3.2 PC梁の設計

PC片持梁のケーブルは応力の大きさに応じて梁内に埋込みアンカーを順次に配置し、ラーメン架構のC、D通りの柱面で定着する。PC鋼材は建物の形状からE通

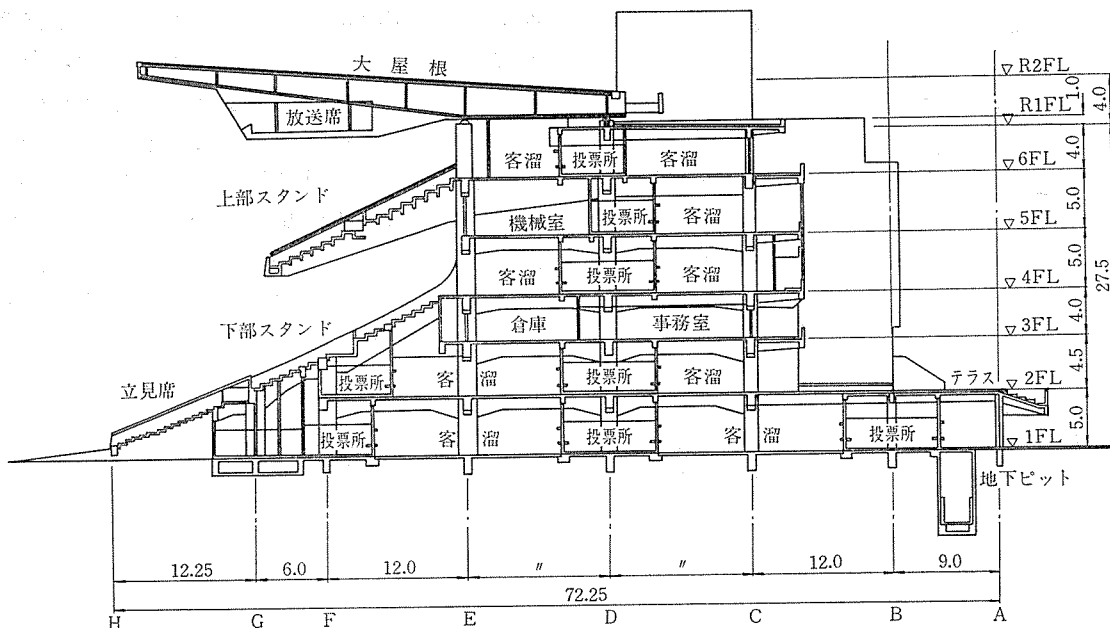


図-2 断面図

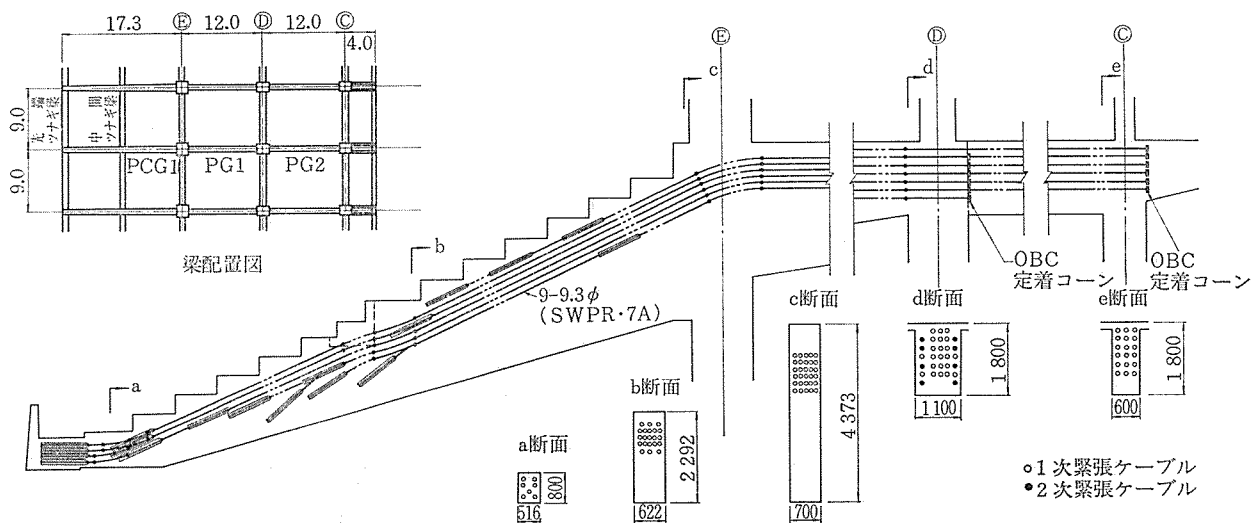


図-3 PC 梁配線図

りで大きく湾曲するために PC 鋼より線を採用した。SWPR・7A-9.3φ を 9 本束ねて 1 ケーブルとし、計 30 本のケーブルで PC 梁を支持している。図-3 に PC 梁の配置とケーブル配線を示す。

PC 片持梁の設計荷重は次の値を採用した。

段床版自重	440 kg/m ²
仕上げ	60 kg/m ²
積載荷重	270 kg/m ²
計	770 kg/m ²

施工の順序としては PC 梁のコンクリート打設後、必要強度が得られると緊張力を導入するが、PC 梁自重のみの状態で全ケーブルに緊張力を与えると梁下端の引張応力度が許容値を超えるために以下に示す施工順序によ

った。

- ① 1 次緊張：PC 梁自重と段床版自重に相当する緊張力を C 通りの 18 ケーブルと D 通りの 4 ケーブルに導入する。
- ② 段床版の架設
- ③ 2 次緊張：仕上げ重量、積載荷重に相当する緊張力を D 通りの 8 ケーブルに導入する。

以上の施工順序による応力と断面検定の値を図-4 に示す。PC 梁および段床版のコンクリートの所要圧縮強度は以下のとおりである。

設計基準強度：

PC 梁	350 kg/cm ²
段床版	450 kg/cm ²

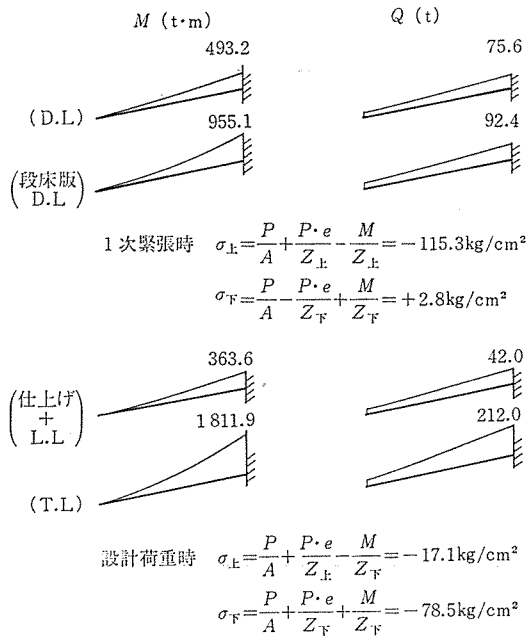


図-4 片持梁の応力度

緊張力導入時強度：

PC 梁 300 kg/cm²

段床版 400 kg/cm²

4. PC 梁の施工

全工期は 図-5 に示すように 18 か月である。解体工事に 3 か月を要したので新スタンド本体の工期は 15 か月であり建物の規模からみても極めて短い工期である。工程表に示すように 3, 4 月の PC スタンド工事と大屋根の建方が工程上の大きな節目となっている。

4.1 PC ケーブル工事

PC ケーブルはあらかじめ製造工場で所定の長さに切断したものをコイル状に束ねて現場へ搬入し、回転台を用いて配線した。定着コーンは OBC No. 55 (外径 14

cm, 厚さ 4.72 cm) を用いて、コンクリート打設後に取り付ける「アウトコーン」方式を採用した。今回の工事のように定着ケーブル数が多い場合は、型枠内にコーンを固定する作業が省略できて工程上有効であった。

埋込みアンカーは PC 鋼線を放射状に定着する方法を採用しているが、 図-6 に示す供試体を製作して鋼線の降伏荷重の規格値に近い緊張力を与えても異常のないことを確認した。PC 梁の配線の状態を 写真-1~3 に示す。

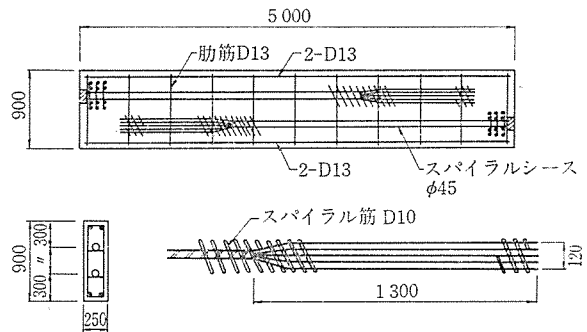


図-6 埋込みアンカー引張試験供試体

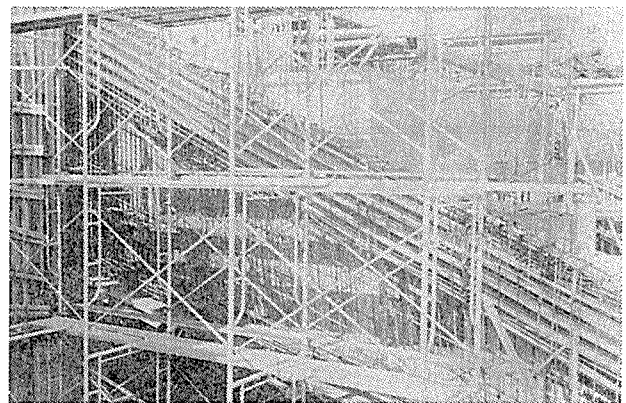


写真-1 支持端の配線

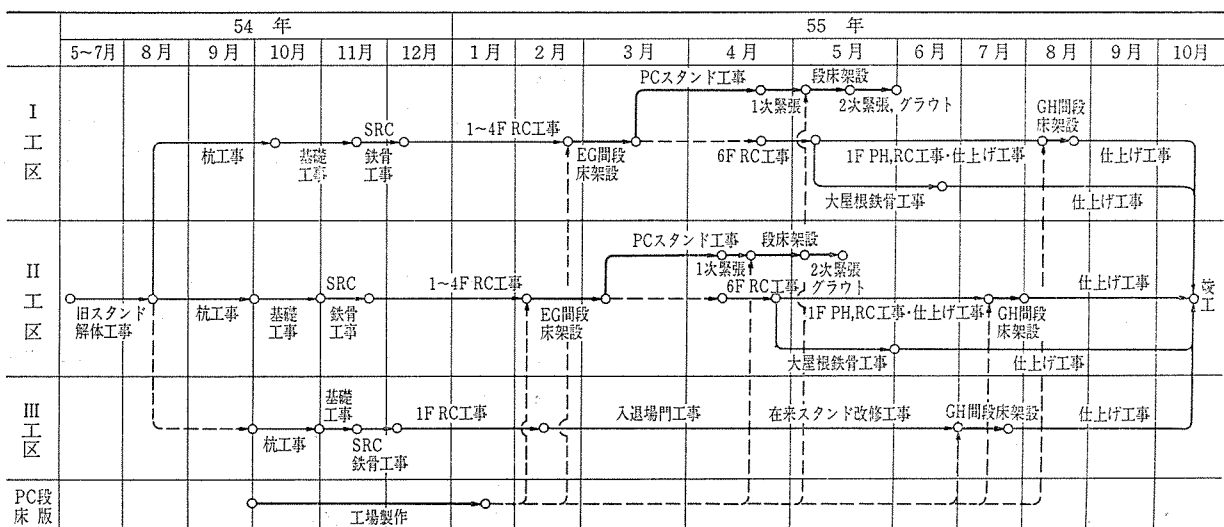


図-5 工事工程表

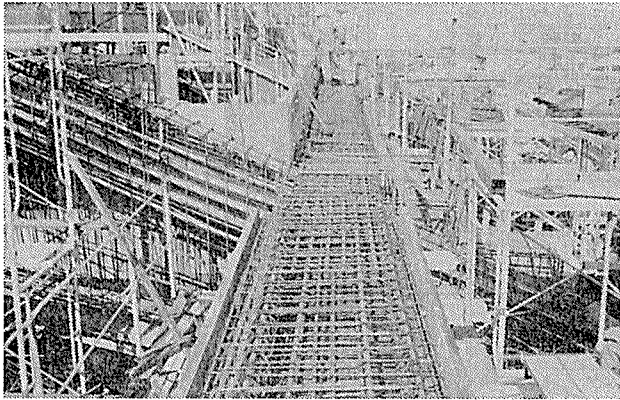


写真-2 中央部の配線とつなぎ梁の配筋

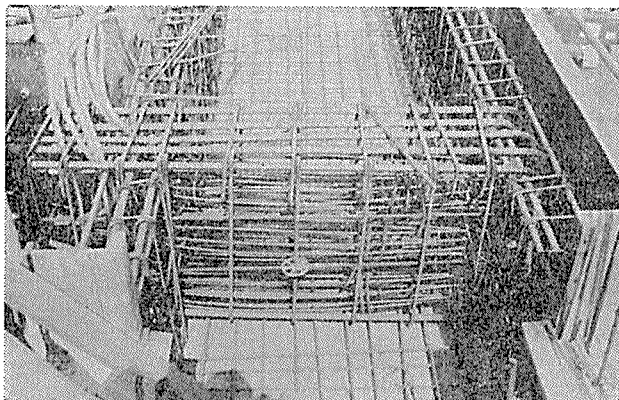


写真-3 先端部の配線とつなぎ梁の配筋

4.2 コンクリート工事

(1) コンクリートの調合

PC 梁のコンクリートは設計基準強度 350 kg/cm²、スランプ 12 cm の高強度の硬練りコンクリートを用いた。建設地の 3, 4 月における温度補正值は 30 kg/cm² であるが、1 次緊張を打設後 7 日目に予定したので「呼び強度」はやや大き目の 400 kg/cm² とした。需要の少ない品種のコンクリートの調合に生コンプラントの不慣れもあって、数回の試験練りを行って表-1 の調合を決定した。変動係数を 9 % とした配合強度は 474 kg/cm² である。

表-1 コンクリートの調合表

設計基準強度 (kg/cm ²)	組骨材最大寸法 (mm)	スラ (cm)	細骨材率 (%)	水セメント比 (%)	有効水量 (kg/m ³)	重量 (kg/m ³)			
						セメント	細骨材	組骨材	混和剤ボゾリス No. 70
350	25	12	36	37	180	486	589	1 077	1.82

(2) 打設計画

計画に先立って現場での作業性について 4 階の躯体を

利用して、ポンプ車の圧送能力試験とコンクリート打設作業のリハーサルを行った。ポンプ車の圧送量は 30m³/h が適量であったが、コンクリートの粘性が強く吐出口の近くで 2 台の棒状バイブレーターを使用する必要があり締固めの作業性によって打設量が決まることがわかった。流動化コンクリートの採用も検討したが、JIS 規格化されていない状態での使用は時期尚早として採用までには至らなかった。PC 片持梁の先端から中央にかけて埋込みアンカー、鉄筋、シースが輻輳していること、片持梁の段差が 7 m 余もあって打設作業性が低下することを考慮して、1 日の打設量を 300~400 m³ とした。1 回の打設を PC 梁 2 本ずつに区画して、人員機材の配置は、作業員 26 名、ポンプ車 2 台、棒状バイブレーター 8 台、壁打ち型バイブレーター 8 台で計画した。実際の作業も終始この態勢で進められた。

(3) 緊張力の導入

緊張力の導入に先立ってシースとケーブルの波打ちによる摩擦係数 λ と、角度変化による摩擦係数 μ の測定を長さ 5 m、断面積 25×40~90 cm の供試体で行い、次の値を得た。

$$\lambda=0.0057, \mu=0.25$$

この値を用いて断面の検定を行い、下記に示す緊張力を導入した。

$$P=P_0(1+r)+P_1=57.74 \text{ t}$$

$$P_0: \text{設計用初張力}=55.44 \text{ t}$$

$$r: \text{ジャッキ内部の摩擦係数の実測値}=0.02$$

$$P_1: \text{コンクリート弾性変形に対する補正值}=1.19 \text{ t}$$

緊張力の導入時のチェックとして施工段階毎に以下の実測を行った。

- 1) PC 片持梁先端の変位量
- 2) PC 梁上・下主筋のひずみ量、梁表面のひずみ量
- 3) C, D, E 通り柱の柱頭変位量、柱主筋のひずみ量
- 4) スラブ面の応力分布測定

施工と並行しながらの測定であり、一部で不満足な結果に終わったものもあったが、比較的詳細な記録が得られた。

図-7 は各施工段階における梁の内部ひずみ量の実測値である。片持梁については定性的な性状が得られるが、不静定次数の高いラーメン架構では複雑となっている。スラブの応力分布は学会規準の 2 倍近い有効幅であることがわかった。

緊張時における一つの問題として、片持梁先端の変位によって先端のつなぎ梁がせん断変形してひび割れが発生する心配があった。つなぎ梁は緊張力導入後に施工することも考えたが、工程的なロスが多く同時施工が望まれた。改めて先端のつなぎ梁を考慮した架構モデルで解

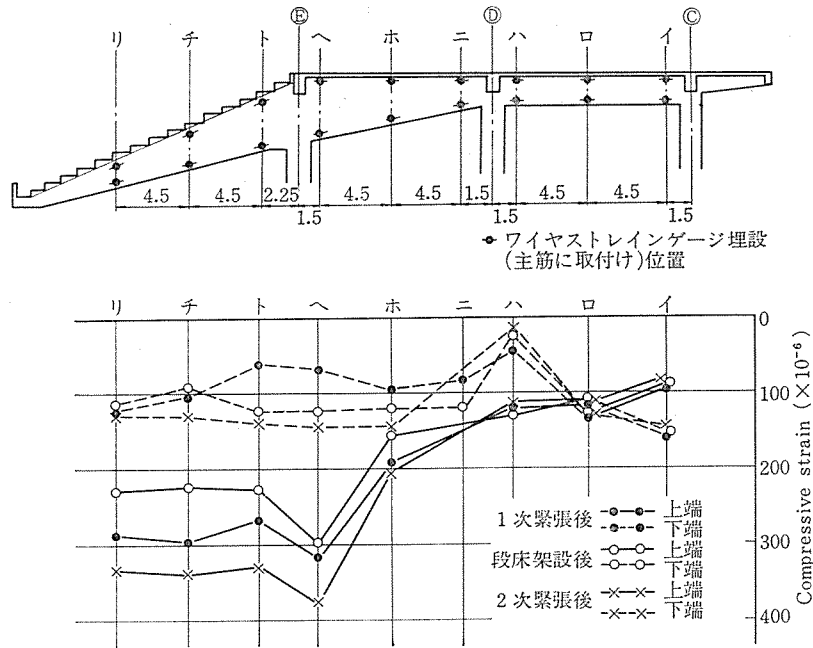


図-7 各施工段階のひずみ測定例

析すると、つなぎ梁の効果によって隣接の片持梁先端も同時に変位を生じることがわかった。つなぎ梁の剛性を考慮したモデルの先端変位量は無視した場合の変位量の40%減となり、施工時の実測値ともよく一致した結果を得た(参考文献5)。つなぎ梁は同時施工としたが、緊張によるひび割れは発生しなかった。図-8の荷重試験の結果にもこの傾向がよく現われている。荷重荷重はH鋼を用いて設計荷重よりやや大き目の300kg/m²に相当する荷重を配した(写真-4)。荷重梁と隣接梁の変位量はそれぞれ4.3mmと2.5mmであるが、隣接梁にも全荷重が荷重されると設計値とほぼ一致する。

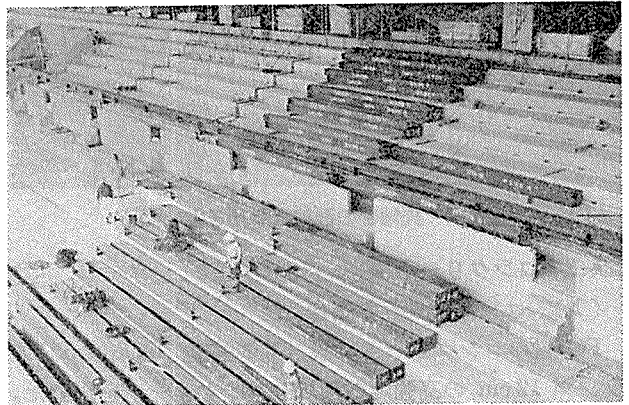


写真-4 荷 重 試 験

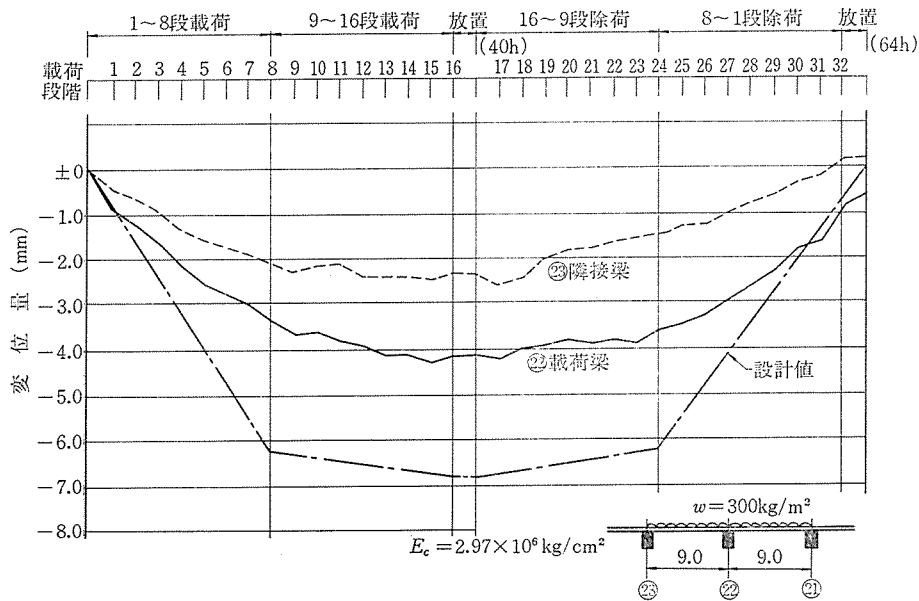


図-8 荷重試験時の梁先端の鉛直変位

(4) コンクリート強度試験

コンクリートの供試体は打設量 150 m³ 以内毎に、荷卸し時と筒先で採取し、荷卸し時のものは標準養生とし、筒先採取のものは現場水中養生とした。7日および28日の圧縮強度試験のほかに、標準養生の供試体について引張試験と静弾性ならびに動弾性係数を測定して各施工段階における測定結果の分析の資料とした。試験の結果は表-2 のとおりである。28日圧縮強度はややばらつきがあったものの、JIS規格に定める品質に適合する

表-2 PC 梁コンクリート強度試験

(単位: kg/cm²)

材 令	F ₇ (ストレス導入用)		F ₂₈	
	現 場	標 準	現 場	標 準
圧 縮 強 度	332	365	403	434 (605)
引 張 強 度	—	—	—	29.0
静弾性係数 (×10 ⁵)	—	2.40	—	2.99 (3.56)
動弾性係数 (×10 ⁵)	—	—	—	3.83 (4.63)

注: 圧縮、引張強度はコンクリート総量 5009 m³ に対する 38 回の試験の平均値を示す。

() 内は PC 段床版の場合を示す。

ものであり、7日強度もすべて必要強度以上の値で、緊張作業は予定どおり進行できた。

(5) PC 梁の振動実験

重さ 30 kg の砂袋を一定の高さから落下したときの PC 片持梁の先端、中央、支持端の3か所の振動性状を表-3 に示す。均等断面、均等重量の片持梁の固有振動数の理論値は、

表-3 片持梁の振動性状

測 点	常時微動変位 ×10 ⁻³ mm	固有振動数 Hz	減衰定数
1	1~3.2	4.0	0.0277
2	0.4~1.4	4.0	0.0279
3	0.15~0.52	1.6	0.0267

測点 1: 片持梁先端
測点 2: " 中央
測点 3: " 支持端

$$f = \frac{1.875^2}{2\pi l^2} \sqrt{\frac{gEI}{w}}$$

w: 単位長さの重量

E: 弾性係数

I: 断面2次モーメント

PC 片持梁は変断面材であるので上式を適用するのは少し荒っぽいですが、平均断面を採用して算定すると f=5.8 Hz である。測定による振動数は 4 Hz、減衰定数は 2.67~2.79% であった。

5. あとがき

春の陽光の中で、巨大なクレーンのブームに吊り下げられた重さ 25 t 余りの大屋根の主桁が次々と架設されていくのを眺めながら、ようやくこの工事の峠にたどりついた安堵の感に浸ったのが、つい昨日のように思い出される。延べ 14 日にわたる PC 梁のコンクリートの打設、1 週間の養生期間を置いて次々と進行する緊張作業の間は緊張の毎日であった。低スランプの硬練りコンクリートの建築への適用はひび割れ防止の目的からも望ましいことであり、流動化剤の標準規格化によって、より施工性のよい良質のコンクリートを安心して用いることができる時代が一日でも早く到来することが強く望まれた工事でもあった。

おわりに本工事の設計・施工にわたって終始御指導いただいた京都大学教授六車熙先生に紙上をかりて厚く御礼申し上げます。あわせて共同企業体、オリエンタルコンクリート(株)の関係各位の御努力に敬意を表します。

参 考 文 献

- 1) 日本建築学会編: プレストレスト コンクリート 設計施工 規 準・同解説, 1975
- 2) 建設省編: 新耐震設計法(案), 1978
- 3) 野中他: 日本中央競馬会 京都競馬場 PC スタンドについて, プレストレストコンクリート, Vol. 14, No. 4
- 4) 林他: PC片持梁式スタンドの設計と施工, セメント・コンクリート No. 498, 1981
- 5) 森田他: プレストレスト コンクリート部材の施工時の力学性状について——はねだし長さ 17.3 M を持つ場所打 一体方式の片持梁——, 日本建築学会大会学術講演梗概 集, 昭和 56 年度, No. 2861