

プレキャスト・プレストレストコンクリート造野球場の設計と施工

—福島県あづま総合運動公園野球場—

服	部	芳	信*
中	田	由	洋**
佐	藤	卓	夫***
町	井		章***
菊	地	輝	男†

1. はじめに

福島市佐原地区に、福島県によって昭和 52 年から、あづま総合運動公園の建設計画が進められた。建設地は、福島市街地中心から西へ約 8 km に位置し、荒川の清流に沿い、吾妻連峰、安達太良連峰を望む緑豊かな自然の中にある。公園内には、巨石広場、郷土の森、ピクニック広場、テニスコート、陸上競技場等があり、県民の憩い、スポーツの場として、親しまれている。

本施設は 30 000 人収容の本格的野球場で、あづま総合運動公園のメイン工事として、昭和 58 年 6 月に起工され、昭和 61 年 9 月完成予定である。グラウンドの規模は、両翼 100 m、中堅 122 m、で、メインスタンド建家は鉄筋コンクリート造 3 階建である。

この野球場のスタンドの設計にあたって、プレキャストプレストレスト（以下 PC）工法を採用した。これは構造技術、経済性、施工性について検討した結果、PC 工法が充分満足のいく工法であると判断したためである。PC 部材は、内野観覧席のスラブ部分に使用した。

本稿は、PC 部材の設計、製造、施工を中心に紹介する。

2. 建物概要

工事名称：都市公園整備工事
公式野球場（内野スタンド）建設工事
工事場所：福島県福島市大字佐原字焼林地内
発注者：福島県
設計：(株)環境設計研究室
監理：福島県福島建設事務所、(株)環境設計研究室
施工：奥村・佐藤・本多建設工事共同企業体

* (株)環境設計研究室
** フドウ建研(株)技術課長
*** フドウ建研(株)技術課
† フドウ建研(株)工事課

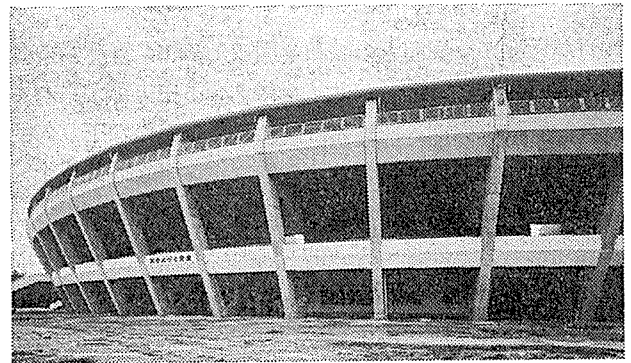


写真-1 場外からの外観

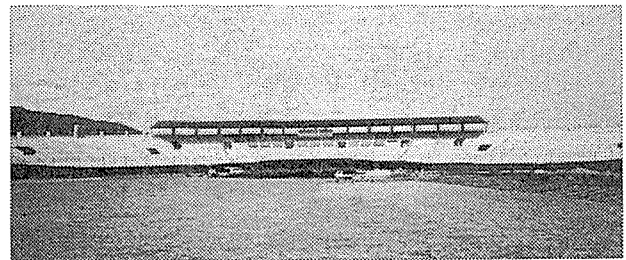


写真-2 グランドからの外観

PC 施工：フドウ建研(株)

面積：建築面積 8 835 m²、延べ面積 6 970 m²

構造：主体構造 鉄筋コンクリート造

観覧席 プレキャスト PC 段床

大屋根 鉄骨造

使用材料 普通コンクリート ($F_c=210$ kg/cm²)、鉄筋 (SD 35, SD 30)

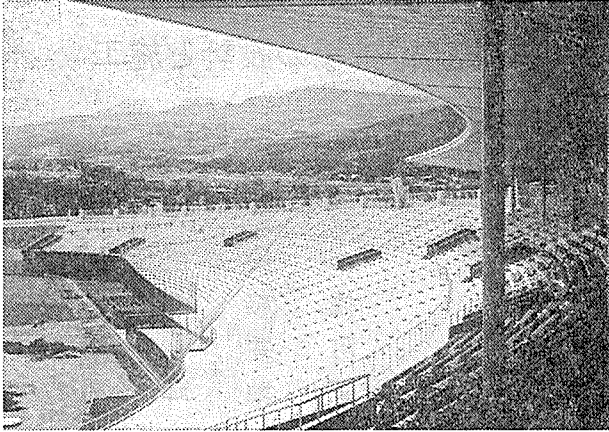
収容人員：内野スタンド (PC) 14 390 人

外野スタンド (盛土) 15 610 人

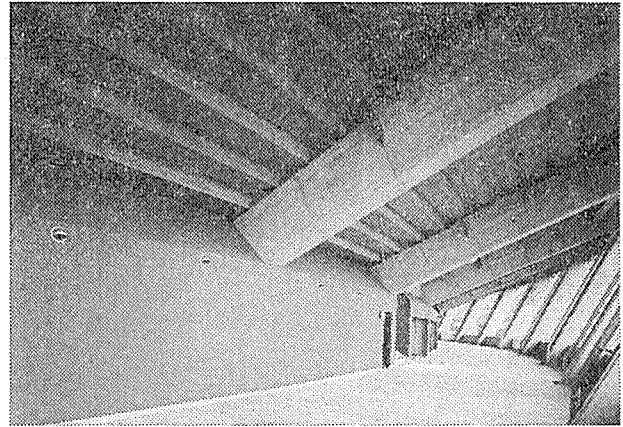
施設：テレビ放送室、本部役員室、記者席、審判員室、カメラマン席、身障者用観覧室、会議室、管理事務室、ダッグアウト、屋内練習場ほか

3. 設計

3.1 建築計画



写真—3 観客席

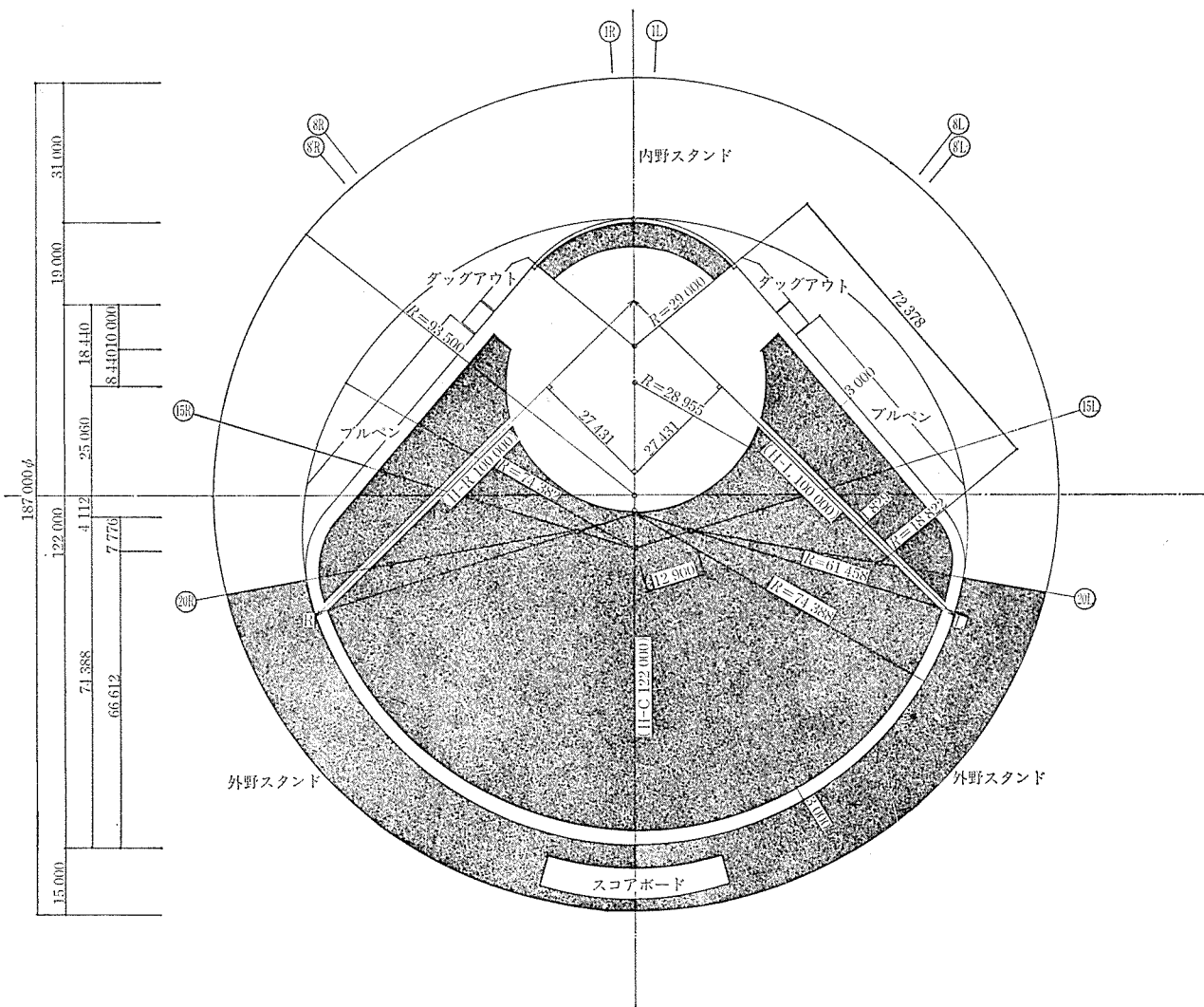


写真—4 内観

自然の豊かな周囲との調和を図るために、野球場の全体形状は円を主体とし、メインスタンド中央部からバックスクリーン方向へ観覧席外周部はなだらかな下り勾配となっている。これにより、内野スタンドと外野盛土芝貼スタンドとのすり合せをスムーズにさせるとともに、

外野の奥にある林の緑との融和の効果も上げている。

平面計画は、円芯が8ポイントの複合円形平面である(図—1)。内野スタンドの構造はV脚ラーメン構造で、スタンド最上部をラーメン外に張り出させ、一階、二階の床面積の有効利用を図った(図—2)。これは、機能を



図—1 平面計画図

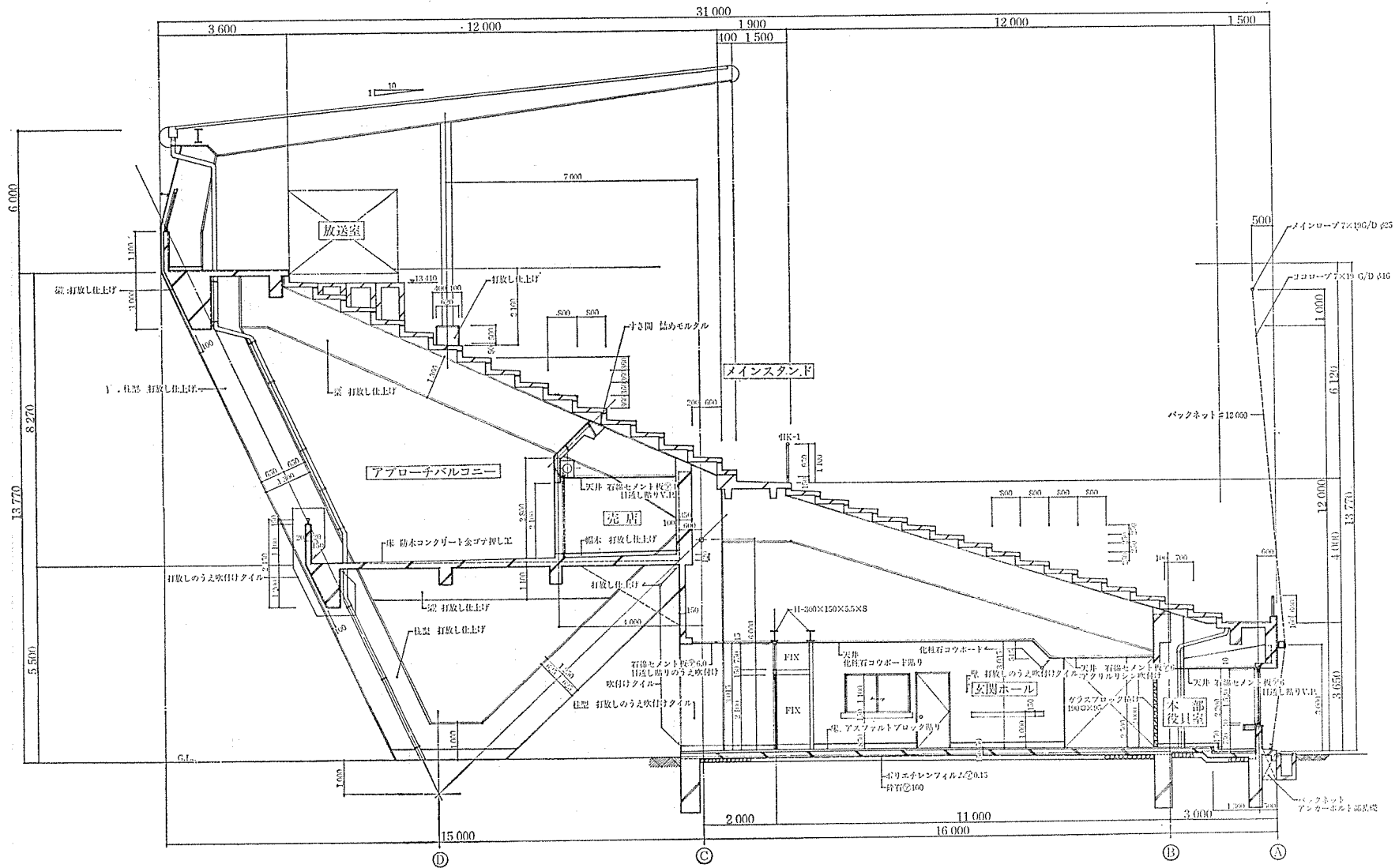


図-2 内野スタンド側面図

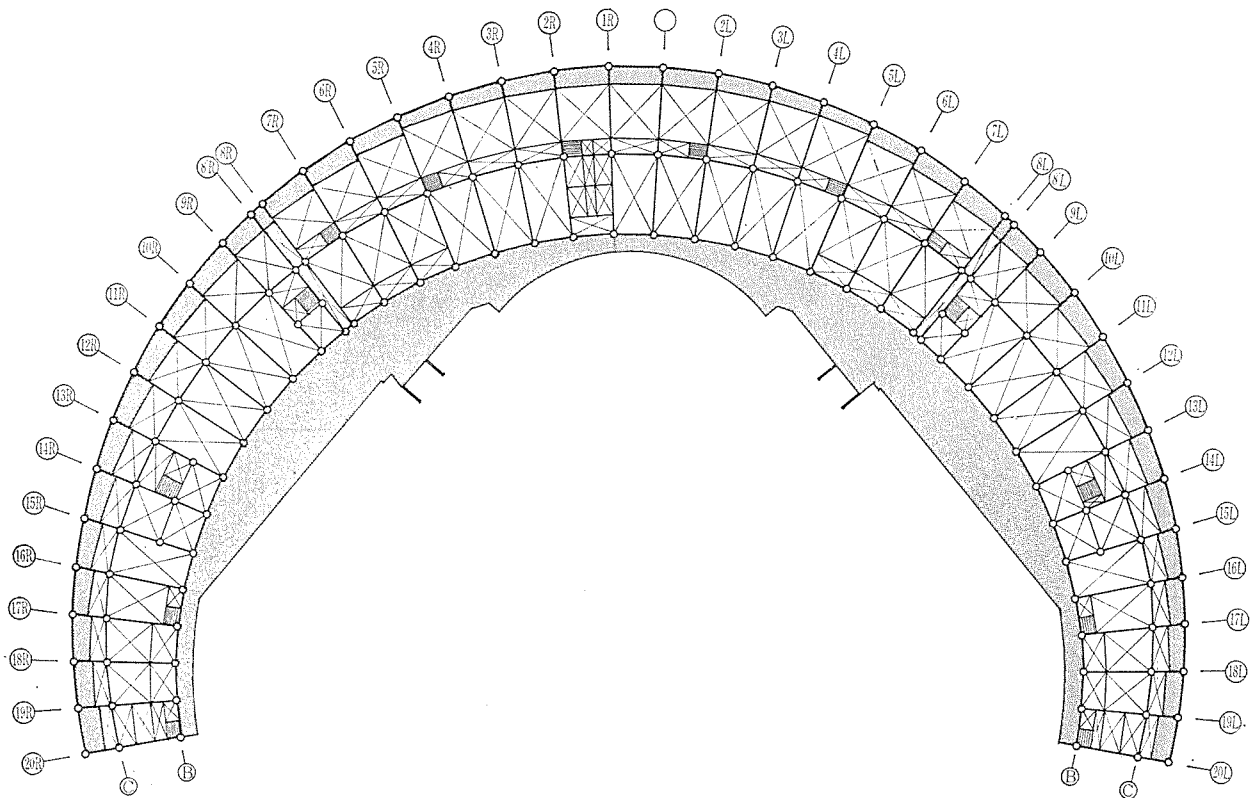


図-3 スタンド大梁配置図

工法	PC (プレストレスト・プレキャストコンクリート) の場合	RC (現場打ちコンクリート) の場合
平面図		
断面図		
重量	400kg/m ²	750kg/m ² (小梁重量も含む)

図-4 床構造の比較 (PC, RC)

構造としてデザインした結果である。外周面の桁行スパンが、PC 段床を使用したことにより 9 m と広く設計できたため、平面計画に当たり空間の利用率を高めることができた。

3.2 構造計画

主架構のスパン方向は、V脚ラーメン構造、桁行方向は、円弧状のラーメン構造で構成されている。観覧席のスラブに PC 部材を使用し、主フレーム、二階床、壁は

鉄筋コンクリート造（以下 RC 造）である。スパン方向の観客席の床を受ける斜め大梁が、扇状に配置されているため（図-3）、桁行方向スパンがグラウンド側で 6.7 m、外周部で 9.0 m となっている。同じ平面計画で観客席の床を RC 造で設計した場合のスラブ自重は、小梁自重を含めて 750 kg/m^2 となる（図-4）。本設計のように、PC 段床を使用した場合、スラブ自重は約 1/2 となり躯体の軽量化が図れる。

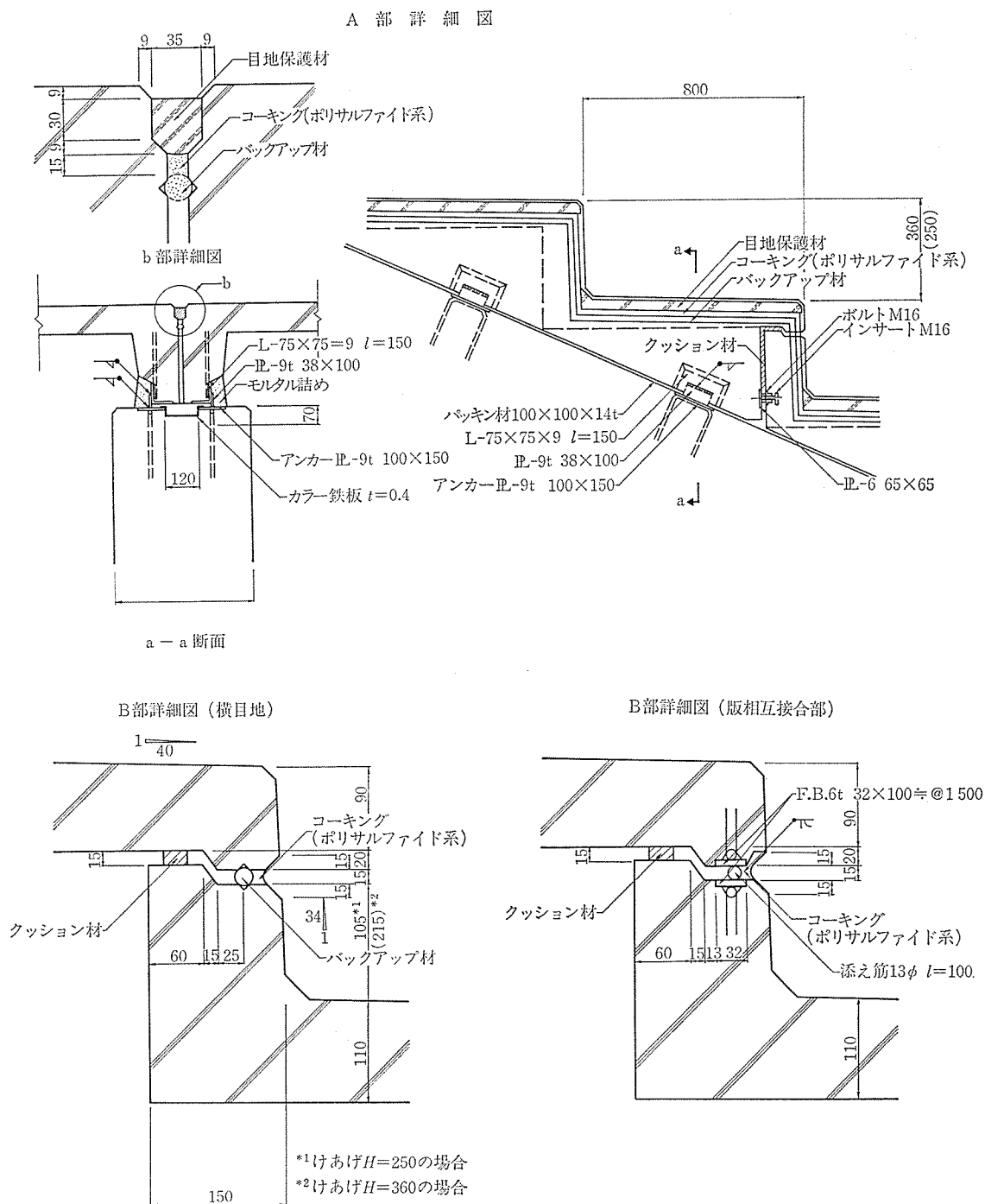


図-5 接 合 部

◇工事報告◇

3.3 PC 段床の設計

(1) 形状の選択

階段状の床を RC 造で施工する場合の、煩雑な現場作業の改善と品質の向上のために、段床を PC 化する試みは過去にも、一段型（ \cap 形、 \sqsubset 形、 \neg 形）で実施されている。多段型（ \sqsubset 形、 \sqsupset 形）は、国外では発表された例（ミュンヘンオリンピックバスケットボール競技場等）があるが、我が国では初めての試みである。多段型を採用した理由は、次のようなメリットからである。

- ① 本工事の段床は、前列では蹴上が 25 cm と低く、スパンが最大 7.5 m と大きいため、一段型では断面性能が不足し、断面性能の優れた多段型が有利である。
- ② 水平目地が、1/2 から 1/3 に減少するため、コーキング工事のコストダウンが図れる。
- ③ 製造効率、施工効率が良い。

(2) 構造計算

PC 段床は、プレテンション方式の PC 部材である。設計は両端ピン支持の単純梁と考え、スパン方向にプレストレスを与えた。フルプレストレスで設計し、導入力は $P/A=55\sim 60\text{ kg/cm}^2$ である。

スパン中央部のむくり、たわみのないように、プレストレスの偏心距離を決定した。

PC 段床は連続した \sqsubset 形のため垂直軸に対して非対称断面である。そのため、鉛直荷重積載時には、主軸方向に回転する力が生じ、材端部には、ねじりモーメントが生じる。端部のねじりせん断補強のため、縦リブ部に梁形配筋を行っている。

製造脱型時、運搬時には、PC 段床の自重によるモーメントが、弱軸方向に作用するため、弱軸方向についても断面算定を行っている。

長期積載荷重として、多雪地域のため積雪荷重 300 kg/m^2 を考慮する必要があったが、積雪時には、観客の入場はないものとして $w_t=500\text{ kg/m}^2$ （群衆+イス等）で設計した。

(3) 接合部の設計

図-5 のように、PC 段床—PC 段床、PC 段床—斜め大梁との接合を行った。

建物全体を床面剛性を高めるために PC 段床の水平目地部でアンカー筋相互を @ 1500 で溶接した。観客席外周通路とグラウンド側の内周通路は、RC スラブとし、PC 段床との接合は、PC 段床からのアンカー筋を RC スラブに埋め込ませた。

PC 段床と現場打ち斜め大梁との接合は、大梁に埋め込まれたアンカー E と PC 段床端部の三角リブに埋め込まれたアンカー E 相互を $\text{E}-9$ を添えて溶接し、短

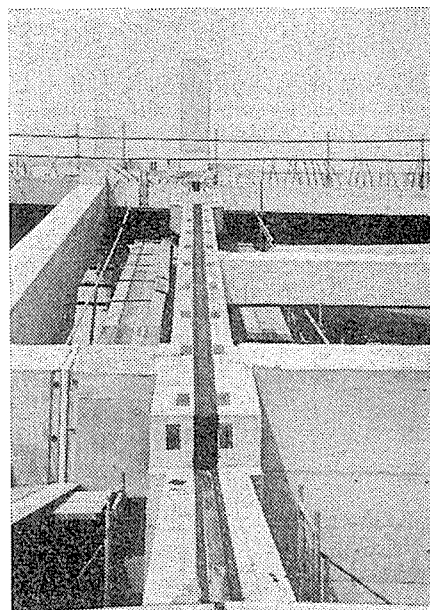


写真-5 斜め大梁の上の溝

期荷重の伝達を可能にした。

(4) 目地の防水処理

目地の防水処理は、ポリサルファイド系コーキングを施し、更に踏面は傘の先端などによるコーキングの損傷を防護するため、樹脂系モルタルでライニングした。また斜め大梁上に溝を設け、室内への漏水について二重の安全を心掛けた。

4. 製 造

PC 段床は、フドウ建研（株）、北利根工場で製造した。一期工事、二期工事合わせて総数 458 本、総トン数 2600 t の製造期間は 8 か月であった。蒸気による促進養生を行い 1 日 1 サイクルで製造した。

各段とも部材長さがすべて変化するため、長さ方向については、厳しい寸法精度が要求されたが $\pm 5\text{ mm}$ 以内で納まった。PC 段床の製造に当たり、観客席面を型

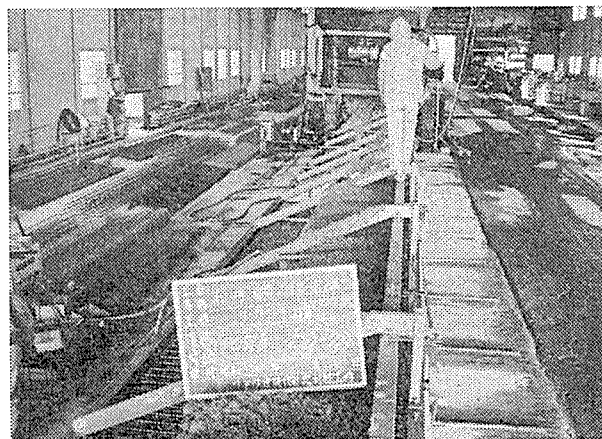


写真-6 製造（コンクリート打設）

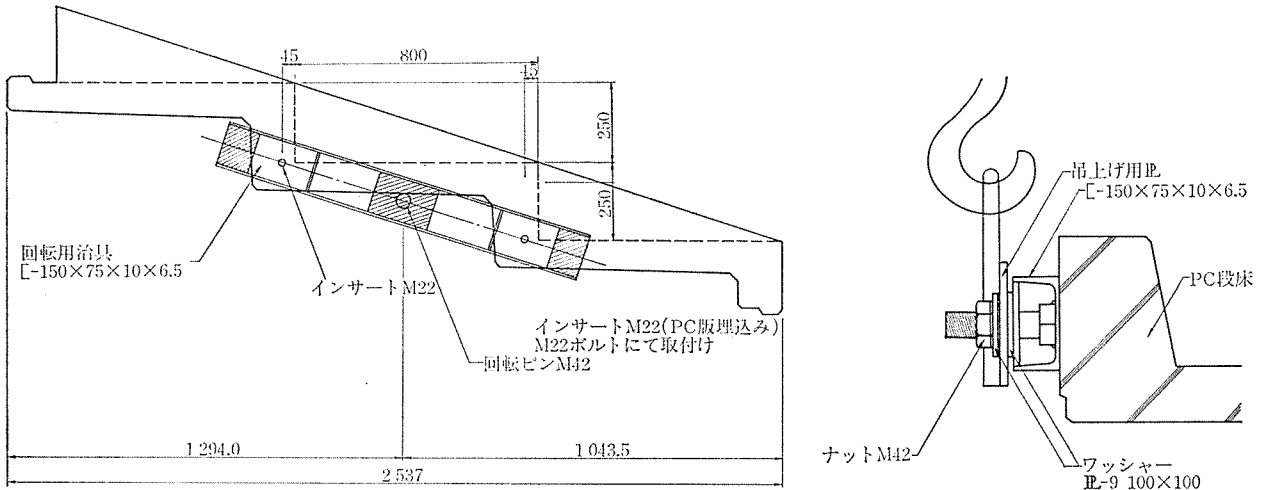


図-6 PC 段床反転用治具

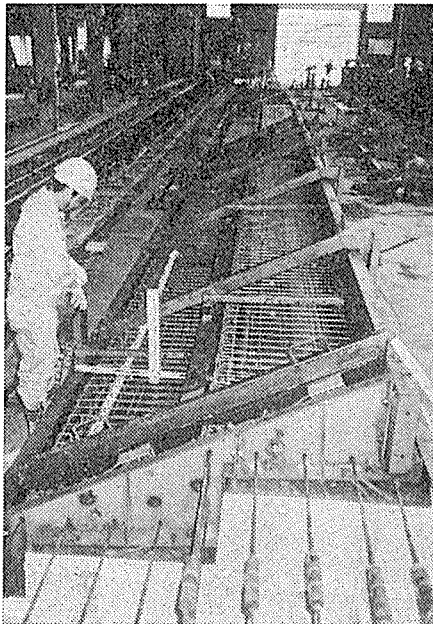


写真-7 製造 (配筋)

枠のベッド面として、段裏をコンクリート打設面としたため、反転作業は製品の脱型直後に行った。幅 2.5m、長さ 7.5m、重量 7.2t の製品を効率良く作業できる反転治具の考案が必要とされた。本工事では 図-6 に示す治具を製作した。

□ 形鋼の中央部に回転ピンをセットし、PC 段床の

断面中心に回転ピンをセットし、PC 段床の断面中心に回転ピンが合うように、治具を段床端部に取り付けた。治具の取付けには、段床端部の三角リブに埋め込まれたインサートを利用しボルトで締め付けた。本治具によって脱型後の製品反転は、スムーズに行うことができた。

製品のコンクリート打設面（段裏面）は表面仕上げがなくコンクリートの素地のままであるために、色むら、コテむらのないよう品質管理に努めた。色むらについては、蒸気養生中に水滴がコテ押工面に落下しないようにシートのかけ方を工夫した。

コンクリート強度は、

設計基準強度： $F_c = 450 \text{ kg/cm}^2$

導入時強度： $F_{ci} = 300 \text{ kg/cm}^2$

PC 鋼材：SWPR 7A 12.4φ $P_0 = 11.12 \text{ t/本}$

図-7 に配筋図を示す。

表-1 に部材リストを示す。

5. 施 工

58 年度がライトスタンド、59 年度がメインおよびレフトスタンドと二期に分割して施工された。工事工程表を 表-2 に示す。

5.1 PC 段床の架設

ライト、メイン、レフトスタンドともグラウンド内部よ

表-1 PC 段床リスト

タイプ		A	B	C	D	E	F	G	H
形 状									
ライトスタンド	114版	32	22	11	10	5	30	3	1
メインスタンド	230版	89	105	17	17	2	0	0	0
レフトスタンド	114版	32	22	11	10	5	30	3	1
合 計	458版	153	149	39	37	12	60	6	2

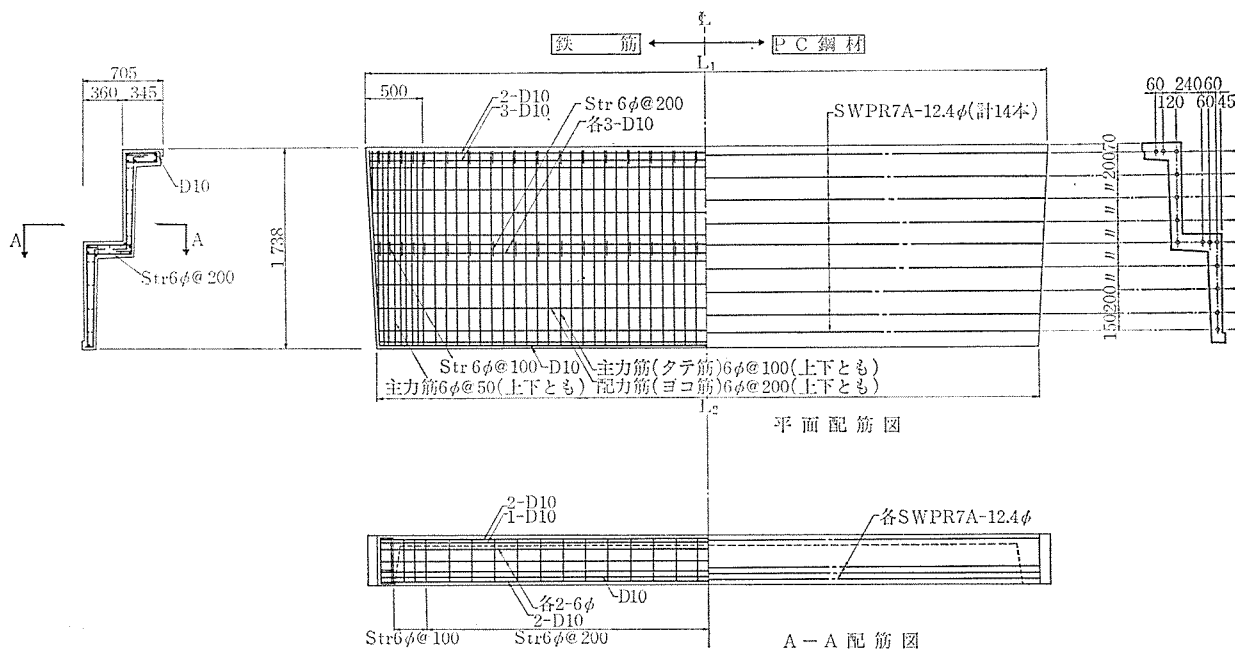


図-7 配筋図

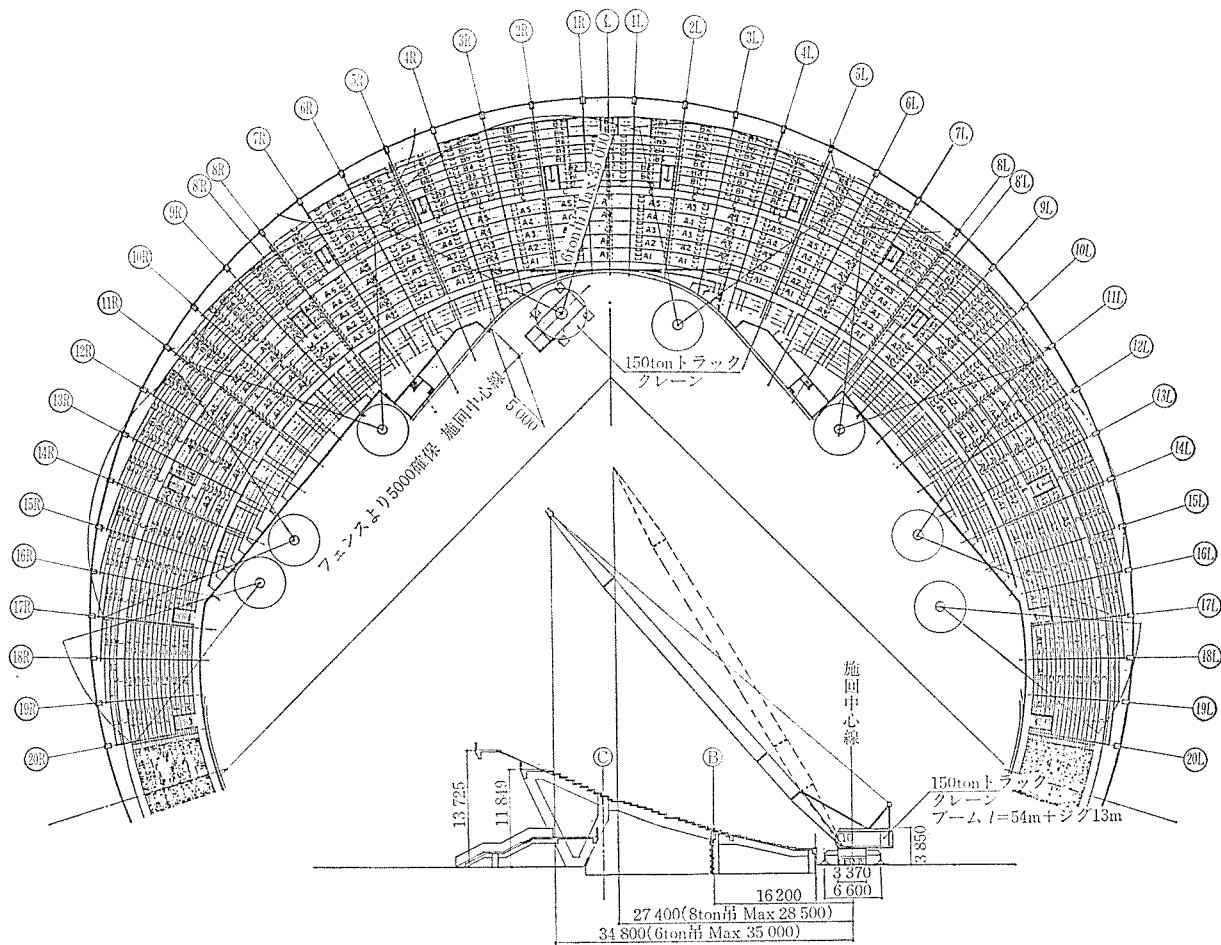


図-8 PC段床の架設

表-2 工事工程表

工程	58年							59年												60年				61年											
	7	8	9	10	11	12	1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4
ライトスタンド																																			
メインスタンド																																			
レフトスタンド																																			
PC段床																																			
製作																																			



写真-8 PC段床架設

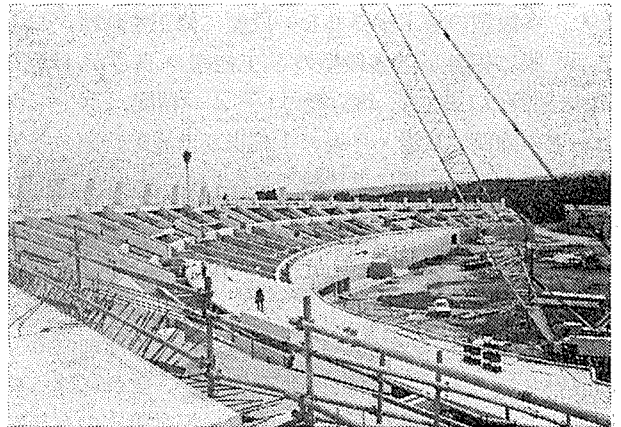


写真-9 PC段床架設

り 150 t トラッククレーンを使用して架設した(図-8)。

ストックヤードは、グラウンド内に1日分 25 ピース程度ストックできるスペースをクレーンの動線に沿って4か所設けた。

PC 段床架設順序は、ライトスタンド 20R 通り側より始めた。クレーン作業半径に入る範囲を1ブロックとし、扇状にB通り側から 20 R, 19 R, 18 R と1ブロック横1列を架設しレベル調整を行い、上の列へと進めた。本工事では、矩形の斜め大梁の上に相互に斜面の状態PC 段床をセットするため、レベル微調整が難しく時間を要した。PC 段床の揚重は、四点吊りとし、玉掛けワイヤーロープに微調整用のチェーンブロックを継いで行った。架設後レベル測定を行い円弧 300 m の周上で ± 15 mm 以内の施工精度であることを確認した。

5.2 施工歩掛り

ライトスタンドとメイン、レフトスタンド PC 段床架設歩掛りを表-3 に示す。表から判断できるように、後施工でのメイン、レフトスタンドの歩掛りはライトスタンドに比べ少ない。この理由はライトスタンド施工時に降雪があり作業効率が低下していたこと、ライトスタンド架設後の共同企業体との QC 活動での作業手順の

表-3 施工歩掛り比較

		段床のタイプ	PC本数	架設日数	歩掛り	備考
あづま総合運動公園	ライトスタンド		114枚	6	19.0	┌形に換算すると41.5
	メイン、レフトスタンド		344	15	22.9	┌形に換算すると50.0
大昭和製紙野球場		┌	188	8	23.5	
藤沢市八都公園野球場		┌	450	15	30.0	
高崎城南野球場		┌	218	11	19.8	
糸満市西崎球場		┌	335	11	30.5	

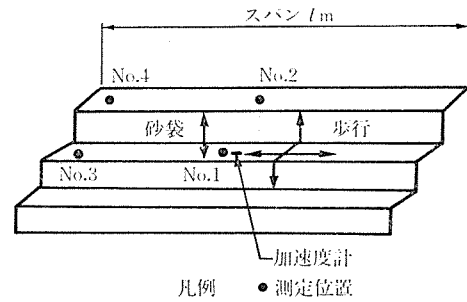


図-9 測定位置

見直しおよび玉掛け作業の改善によるものである。多段型 PC 段床と一段型の施工歩掛りを表-3 に示し比較した。多段型の施工歩掛りを一段型に修正すれば、およそ 50 版に相当し、多段型の施工能率の良さがわかる(段床架設の工期は、斜め梁のレベルの精度、ストックヤードの確保、夏場・冬場の1日当りの施工時間の差等の要因があり、一概には比較できないので今後も調査が必要である)。

6. PC 段床の振動測定

PC 段床は、プレストレスの効果により、断面設計では薄いコンクリート断面が可能になるが、それに伴って振動障害の有無の確認が必要になる。振動障害の有無を調査するため以下の測定を行った。測定時間は、斜め大梁と PC 段床とを溶接し、PC 段床相互の溶接を完了した時点である。

6.1 測定項目

PC 段床の振動特性を調査するための測定項目は、固有振動数、最大振動、減衰定数である。

加振方法として、

- ① 砂袋落下 (30 kg, 40 cm)
- ② 2人歩行



写真-10 振動測定 (砂袋落下)

を採用した。

6.2 PC 段床の振動測定の結果

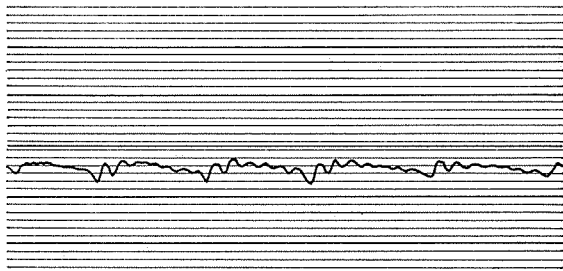
測定は図-9 に示す方法で行った。測定結果一覧を表-4 に、記録した波形を図-10 に示す。

多段型 PC 段床固有振動数が A タイプ、B タイプで 12~13 Hz、通路版 C タイプで 16 Hz、最大振幅 0.13~0.17 mm と 10~20 m の大スパン構造物の床振動の値に近い大スパン床梁の振動性状²⁾ から推定して振動障害は全く問題ないと判断できる。

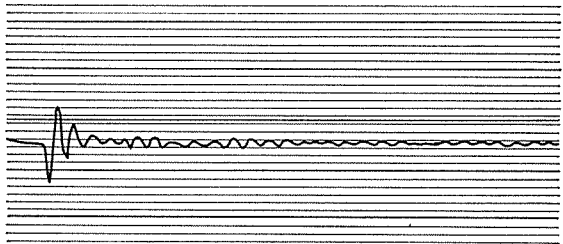
理論値は、PC 段床の単体を単純梁の 1 次固有振動数

表-4 測定結果一覧

振源	版種類	測定位置	固有振動数 (Hz)						減衰定数	最大振幅 P-P (mm)			
			測定値				理論値			①	②	③	平均
			①	②	③	平均	垂直軸	主軸					
砂袋	A1	No. 1	12	11	12	11.7	20.4	7.0	0.26	0.14	0.16	0.16	0.15
		No. 2	12	12	12	12.0			0.25	0.17	0.17	0.17	0.17
		No. 3	12	11	11	11.3			—	0.05	0.03	0.03	0.04
		No. 4	12	11	12	11.7			—	0.07	0.07	0.10	0.08
	F1	No. 1	13	13	13	13.0	14.9	6.9	0.24	0.12	0.10	0.12	0.11
		No. 3	12	13	12	12.3			—	0.02	0.02	0.02	0.02
	通路	No. 1	16	16	16	16	15.8	15.8	0.35	0.12	0.14	0.14	0.13
歩行	直行 F1	No. 1	12	12	12	12			—	0.03	0.05	0.03	0.04
	平行 F1	No. 1	12	12	12	12			—	0.04	0.03	0.04	0.04
	直行 A1	No. 1	12	12	12	12			—	0.03	0.04	0.05	0.04
	平行 A1	No. 1	12	12	12	12			—	0.03	0.03	0.03	0.03



歩行(直行) A1-No.1



砂袋落下 A1-No.1

図-10 波形記録例

の式,

$$f = \frac{\pi}{2l^2} \sqrt{\frac{EI}{\mu}}$$

l : スパン

μ : 単位長さ当りの質量

I : 断面2次モーメント

E : 弾性係数

から求めた。

固有振動数は、主軸方向に加振した場合の理論値と垂直軸方向に加振した理論値との中間ぐらいであることから、主軸方向にも入力しているものと推察される。

7. あとがき

ここ数年、野球場、陸上競技場および総合体育館等の

建設が全国的に盛んである。これらの施設の主要構造部は、場所打ち鉄筋(鉄骨)コンクリート造が主流であるが、観覧席(段床)、斜め大梁の施工が煩雑で、品質の確保も難しく、漏水、クラック(鉄筋の錆による耐久性低下)の問題など性能面での欠点が指摘されている。PC段床はこうした問題解決に最良の建築部材であろう。施工性、経済性、品質、精度に優れた工法がPC段床といえる。

PC段床の特色をまとめると、

経済性—プレストレス導入により、断面が小さく設計でき、軽量化を図れるので、構造躯体が経済設計できる。

工期短縮—PC段床架設後、すぐに内装工事に入れるので工期が短縮できる。

品質精度—工場製作のためコンクリートの品質も優れており、プレストレスの効果でひび割れが生じないので、防水性、耐久性に優れている。

施工性—工場製品を重機で揚重しセットするだけで観覧席が形成されるので、現場での施工性は良好である。

以上のようなメリットから、今後ますます、野球場等の観覧席に使用されると予想される。

最後に、工事の設計・施工にあたり終始ご協力いただいた、福島県福島建設事務所、奥村・佐藤・本多建設工事共同体の各位に心からお礼申し上げます。

参考文献

- 1) 大野富夫, 竹田清二, 土居健二, 石岡靖喜: "PC工法による野球場観覧席の設計および施工", 建築技術, No. 351 (1980.11)
- 2) 川村政美, 青柳 司, 内田直樹, 桐原英秋: "大スパン床ばりの振動性状", 建築技術, No. 310, 311 (1967.6, 7)

【昭和60年12月2日受付】