

## 広島市民球場新築工事

### A Project to Build a new People's Baseball Stadium at Hiroshima City

三浦伸弥 Shinya MIURA (五洋建設(株)中国支店)  
山口隆之 Takayuki YAMAGUCHI (五洋建設(株)中国支店)  
田口智 Satoshi TAGUCHI (五洋建設(株)中国支店)

JR 広島駅の東側，広島市南区のヤード跡地のうち，約 50,000m<sup>2</sup>の敷地に地上 7 階，観客定員 33,000 人の野球場が平成 21 年春に誕生した。この球場は今までの日本には無い雰囲気を持った天然芝のオープン球場であり，多彩な観客席を設け，様々な観戦スタイルが可能になっている。また，野球機能だけでなく，地下に雨水貯留池を有するなど防災機能も兼ね備えている。

本工事報告は，新球場および建設工事全般の概要を説明した上で，代表的な工種である基礎工，PC 工事を中心とする地上躯体工，グラウンド舗装工(天然芝舗装工)について施工結果を報告するものである。

キーワード：JR 近接施工，プレボーリング拡大根固工法，PC 圧着関節工法，天然芝舗装 (IGC:H06,K07)

#### 1. 新球場の概要

広島市民球場(図-1, 2)および工事概要を以下に示す。

- ・発注者：広島市
- ・請負者：五洋・増岡・鴻治建設工事共同企業体
- ・設置場所：広島市南区南蟹屋二丁目
- ・工期：表-1 に実施工程を示す。
- 計画：平成 19 年 9 月 28 日～平成 21 年 3 月 16 日
- 実施：平成 19 年 11 月 9 日～平成 21 年 3 月 31 日
- ・敷地面積：50,472.42m<sup>2</sup>
- ・構造・規模：鉄筋コンクリート造，プレストレストコンクリート造，プレキャスト・プレストレストコンクリート造，鉄骨造



図-1 完成図 (正面エントランス)



図-2 完成図 (北側より望む)

- ・建築面積：22,964.48m<sup>2</sup>
- ・延床面積：39,524.01m<sup>2</sup>
- ・高さ 軒高さ 25.88m 最高高さ 30.65m
- ・建物用途：球技場 (野球場)
- ・用途地域：準工業地域・近隣商業地域
- ・総事業費：約 90 億円
- グラウンドの大きさ：右翼 100m, 左翼 101m, 中堅 122m
- 観客定員：33,000 人
- 観客席寸法：横幅 50cm, 奥行間隔 85cm

表-1 実施工程

	2007年			2008年												2009年					
	11月	12月	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月				
仮設・準備工	事前調査			外部足場設置期間												仮設施設撤去					
杭工	φ600 200本			φ800 253本																	
一内野棟				基礎工			2階躯体工			PC工事			屋根工事								
F棟				1階躯体工			外装工事			上階鉄骨・躯体工			メインコル・躯体工								
BN棟				基礎工			1階躯体工			外装工事			上階鉄骨・躯体工			照明塔工事					
T棟				基礎工			1階躯体工			外装工事			上階鉄骨・躯体工			照明塔工事					
一外野棟				基礎工			1階躯体工			スコアボード			上階鉄骨・躯体工			照明塔工事					
L棟				基礎工			1階躯体工			外装工事			上階鉄骨・躯体工			照明塔工事					
R棟				基礎工			1階躯体工			外装工事			上階鉄骨・躯体工			照明塔工事					
C棟				基礎工			1階躯体工			外装工事			上階鉄骨・躯体工			照明塔工事					
グラウンド工事				排水工・盛土工・天然芝舗装工			グラウンド舗装工事														
外構工事																					

表-2 主な施工数量

名称	規格・寸法	数量
コンクリート(場所打ち)	$f'_{ck}=30\text{N/mm}^2$ 他	31,480m <sup>3</sup>
コンクリート(プレキャスト)	$f'_{ck}=50\text{N/mm}^2$	5,400m <sup>3</sup>
鉄筋(場所打ち)	SD345 他	4,200t
鉄筋(プレキャスト)	SD345 他	945t
鋼材	SN400 他	1,692t
基礎杭(4本継ぎ杭)	節付PHC杭他	453本
盛土		25,000m <sup>3</sup>

## 2. 基本構造

### 2.1 平面形状

新球場の設計は、広島市都市活性化局新球場建設部発注の委託業務により検討・設計されたものである。平面的にはレフト側観客席が少ない非対称の形状を有する球場であり、図-3に示すようにエキスパンションジョイント(EXP. J)により、内野後方席(F2, BN2, T2)、内野前方席(F1, BN1, T1)、外野後方席(L, C, R1)の各々独立した棟により構成されている。

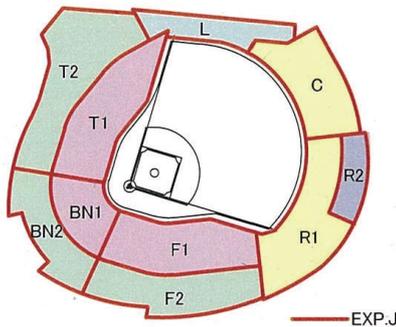


図-3 エキスパンションジョイント配置

### 2.2 断面形状

図-4に基本断面図を示す。地中基礎は杭式で地上部以上は4種類の構造形式で構成される。

- ① 地中基礎  
既製コンクリート杭プレボーリング拡大根固工法
- ② 地上基礎  
鉄筋コンクリート造
- ③ 1F柱~3F梁  
鉄筋コンクリート造(RC造)及びプレストレストコンクリート造(PS造)で両方向とも純ラーメン。放射方向の13mスパンの梁及び片持ち梁はPS造。床を支持する小梁は鉄骨造。
- ④ 3階柱~アッパースタンド  
アッパースタンド(図-4:A部)の大きな跳ね出しや特徴的なデザインとなるメインコンコースのアーチ梁(図-4:B部)を有する。プレキャストプレストレストコンクリート造(PCaPS造)とし、両方向とも純ラーメンで、スタンド後部はPC斜め柱により支持。4階及び5階の床は一部鉄骨造。
- ⑤ 屋根  
鉄骨造で、スタンド梁(柱頭)からの片持ち構造。

### 2.3 プレストレス構造に関する設計思想

放射方向の各フレームは、主にPCaPS造となっている。この複雑な形状のフレームにプレストレスを導入する時は、不静定二次応力に注意する必要がある。多くのPCケーブルを緊張する場合、部材の端部どちらかが自由になっている片持ち状態である。片持ち状態ではプレストレスを導入しても不静定二次応力は発生しないが、何本かのPCケーブルを緊張する時は、部材両端が拘束されているので、そのPCケーブルに関してのみ不静定二次応力が発生してしまう。この何本かのPCケーブルを極力少なくしていることが設計ポイントの一つである。緊張作業時において、柱はPC鋼棒を緊張することで自立し、梁は柱のコアセルに載せることで無支保工となっている。

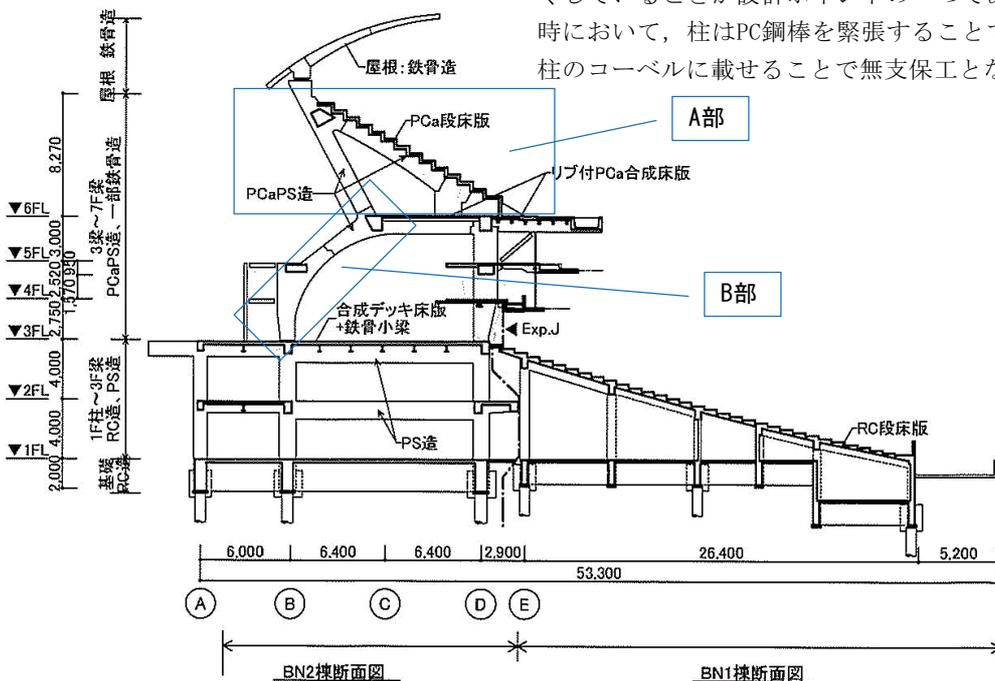


図-4 基本断面図

### 3. 建設場所の地盤特性

当該地区は太田川河口三角州から成る沖積平野に位置する。この地域ではほぼ全域に上部砂質土層  $U_s$  が分布し、その下には上部粘性土層  $U_c$  が三角州の頂部を除いて分布する(図-6 参照)。  $U_c$  層の  $N$  値は 0~5 と軟弱で、その下限深度分布は三角州中に突出する島の影響を受けて大変複雑になっている。またこの層には 0.2~1.0m 厚さの火山灰層  $Av$  を挟むことが多い。その下は下部砂質土層  $L_s$ 、下部粘性土層  $L_c$ 、洪積砂質土~礫質土層  $L_m$  が続き、下部砂礫層  $L_s'$  を挟んで当地周辺の基盤をなす花崗岩層で構成される。当地区でも同様の土層構成を成しており、平均  $N$  値が 30 となる  $L_m$  層を支持層としている。

### 4. 工事概要および施工状況

以下に、代表的な工種における施工状況およびその結果を報告する。

#### 4.1 施工計画

##### 4.1.1 地下雨水貯留池を考慮した重機作業計画

建設場所地下には大洲地区 (JR 広島駅周辺部約 50ha) の浸水対策事業として雨水貯留池がグラウンド部に合わせて建設されていた (写真-1 の赤線)。



写真-1 建設場所全景 (着工前)

貯留池は頂版上 2.75m 分の土被りと活荷重  $10\text{kN/m}^2$  の条件で設計されているため、全工事期間中、写真-2 に見られるように重機の配置、仮置土の高さなど施工に大きな制約を受けた。



写真-2 施工状況 (1階躯体工)

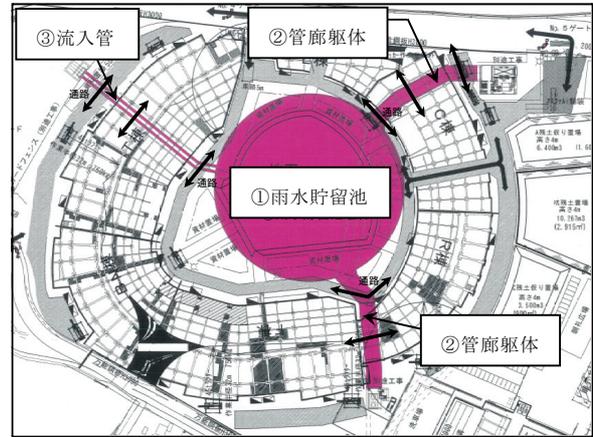


図-5 雨水貯留池配置図

また、図-5 に示すとおり、グラウンド下部には①雨水貯留池の他に、雨水貯留池躯体から南北方向に流出孔となる②管廊躯体、西方向にダクト用鉄管を埋設した③流入管が地下埋設されていた。杭工事においては、杭打ち機は必ず②管廊躯体と③流入管の上部を通行する。また、基礎・上部躯体工事においては、すべての場所をレッカー車が通行するため、想定されるすべての条件に対して埋設物の構造検討を行い、表層改良方法の検討を実施した。改良方法は経済性および残土処分量低減の観点より、なるべく固化処理では無く掘削砕石置換工法とした。計算上、不要な場合でも埋設物上部には敷き鉄板を敷設し、また流入管直上で作業しないなど現場ルールの徹底により重機災害の防止に努めた。

##### 4.1.2 JR 近接作業を考慮した施工計画

建設時に発生する杭残土、掘削土は、JR 敷地境界より 45m 以上離れた場所へ仮置きすることとし、その影響についての考え方は、以下のとおりである。

盛土重量による地中応力は一般的に鉛直方向に対して  $30^\circ$  の広がりをもって分散するため、 $TP=5\text{m} \sim 20\text{m}$  付近の沖積粘性土  $U_c$  層にこの地中応力が加わると、圧密沈下が生じる可能性が高い。また、地表面レベルにおける予想沈下範囲は図-6 に示すように、 $U_c$  層底部と荷重分布線の交点より地上へ影響線 ( $45^\circ + \phi/2$ ) を引いた 29.5m の範囲が沈下すると予想した。

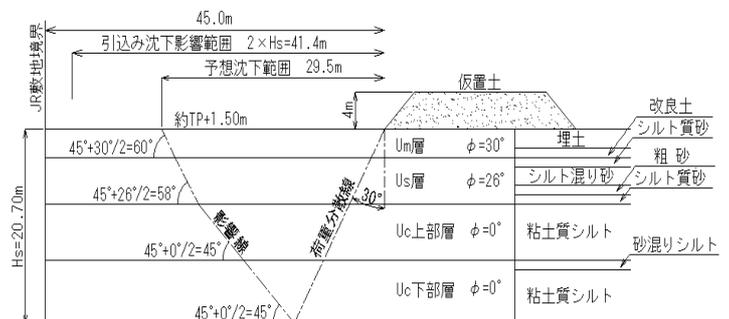


図-6 盛土の影響範囲

「軟弱地盤対策工指針」(日本道路協会)<sup>1)</sup>による周辺地盤への引込み沈下影響範囲は、軟弱層厚  $H_s$  の2倍とされており、その範囲は盛土仮置き際より  $41.4m (=2 \times H_s = 2 \times 20.7m)$  となる。盛土置場の端部は図-7 に示すように何れも JR 敷地境界より  $45m$  であるため、球場工事の盛土による JR 線への影響はないものと考えた。

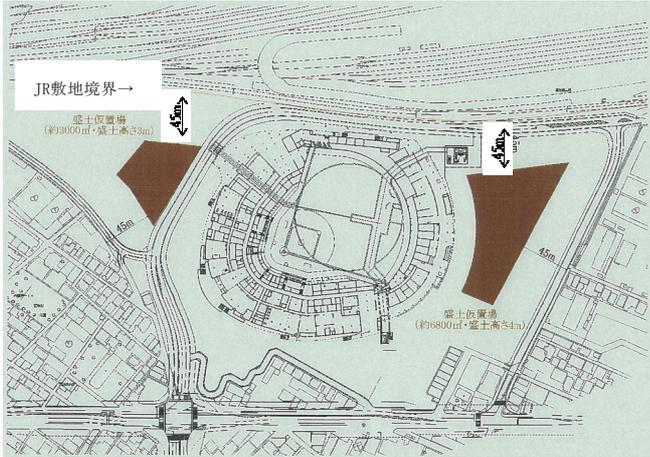


図-7 盛土の影響範囲(平面)

各状態における即時および圧密沈下計算結果を表-3 に示す。計算値は最大でも  $0.04cm$  となり、何れのケースでも小さな沈下量であることを確認した上で施工を行った。

表-3 各状態における想定沈下量

計算場所	状態	沈下量
JR 境界から $45m$	450t クレーン作業時	0.1cm 以下
JR 境界から $45m$	鉄筋加工時	0.1cm 以下
JR 境界から $12m$	外構盛土	0.1cm 以下

## 4.2 基礎工

### 4.2.1 準備工

本工事着工前に工事全区域に対して写真-3 に示すようなオーガー機により約  $5m$  深さで試掘し、障害物の有無を確認した。この作業により後続の基礎工事が円滑に遂行できた。



写真-3 試掘状況

### 4.2.2 基礎杭工

基礎杭には大きな支持力を期待できる節杭を下杭に使

用したプレボーリング先端拡大工法を採用した。この工法は最大で節部径の約2倍まで拡大掘削することにより根固め底面積を大きくし、通常より大きな支持力を得ることができる。本工事では図-8、表-4 に示すように4本の継ぎ杭とし、上杭には SC 杭を採用して水平耐力を向上させている(写真-4 参照)。

表-4 杭仕様

杭全長	42~44m		
杭総本数	453本		
杭種	上杭(5m)	中杭(14m)	下杭(23~25m)
	SC杭 鋼管厚 $t=9\sim 16$	PHC杭(C種) PRC杭(I・II種)	PHC節付杭(A種)
杭径	$\phi 800$	$\phi 800$	上部 節部 $\phi 800$ ・軸部 $\phi 600$ 以上 下部 節部 $\phi 600$ ・軸部 $\phi 600$ 以上 節部 $\phi 600$ ・軸部 $\phi 450$ 以上
	$\phi 600$	$\phi 600$	
長期許容支持力	杭径 $\phi 800$	: 3800kN/本	
	杭径 $\phi 600$	: 2200kN/本	

杭体のコンクリート設計基準強度  $F_c=105N/mm^2$   
SC杭の鋼材材質 SKK490

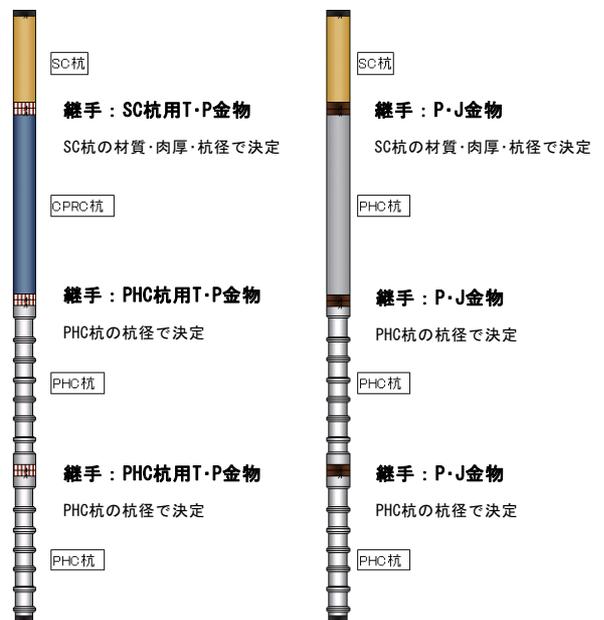


図-8 杭構造



写真-4 杭仮置状況(手前:SC,奥:節付PHC)

図-9 に杭打設の施工手順を示すが、各段階(①→②→③→④)で注入液と軸回転方向を用途に応じて効率的に

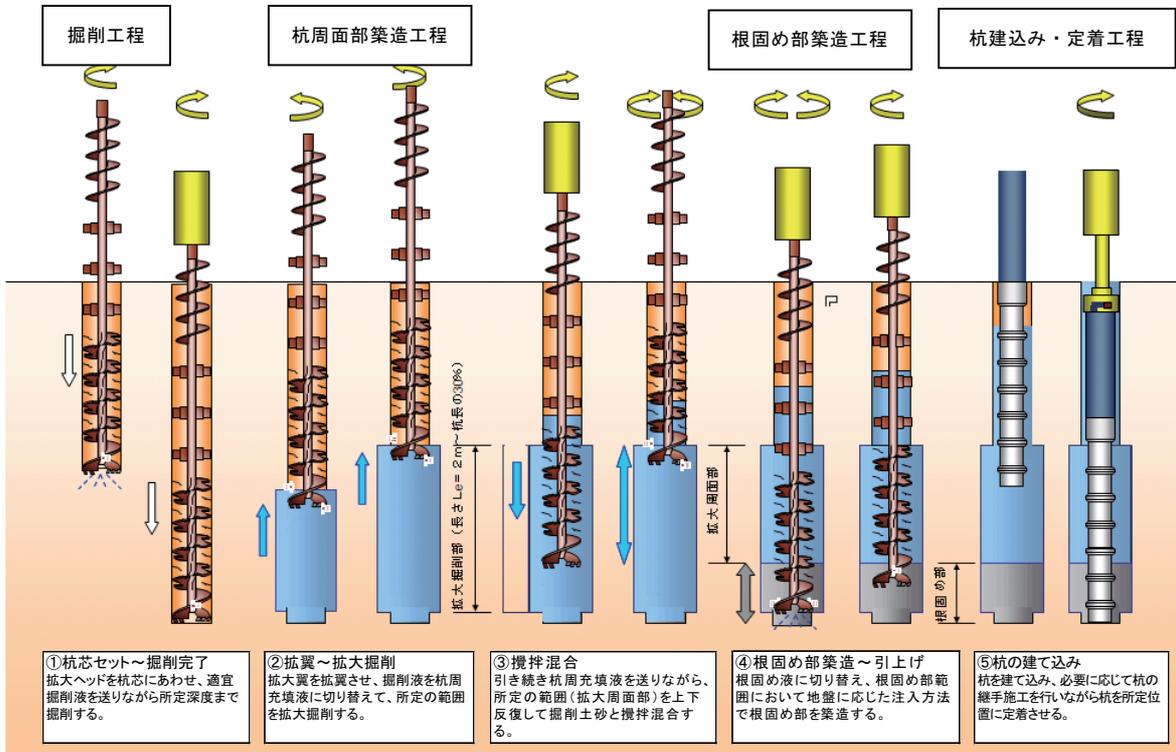


図-9 杭打設手順

変えるのが工法のポイントである。写真-5に示すように杭打ち機は最大4台稼動し、施工能力は約3本/日・台であった。



写真-5 杭打設状況

杭継手には天候に左右されないように、以下の機械式継手を採用した（図-8、写真-6参照）。

①ペアリングジョイント（P.J工法）

テーパの付いた外リングを油圧ジャッキを使ってはめ込み、半径方向に拘束力を発生させ、これによって内リングの突起を介して、上杭と下杭の端板を締めつけて、継手としての性能を維持する。嵌合力となる圧力数値（MPa）とはめ込み代の数値が合否判定基準となる。

適用部位：PHC-PHC継手、PHC-SC継手

②トリプルプレートジョイント（T.P工法）

下杭のガイドピンを上杭の凹部にはめ込み、専用の接続プレートをボルトにて締め付け接続する。締め付けトルク値の数値が合否判定基準となる。

適用部位：PHC-PHC継手、PHC-CPRC継手、CPRC-SC継手



写真-6 機械式継手取付状況

4.2.3 土留工

ダグアウトピットは当初、山留めの計画ではなかったが、底部のレベルが1FL-4.42mに対して、柱状図での水位が1FL-2.5m、試掘時での調査でも1FL-3.0mの位置にあり、完全に遮水して掘削する必要が生じた。着工に先立ち、シートパイルと地盤改良壁の両工法を比較検討し、総合的に判断して地盤改良壁工法を採用した（写真-7）。2.5mの根入れ部分がシルト混じり砂（不透水層）であり、水の浸透が少なかったことや施工時期が冬季で温水時期でもあったため、掘削時の水替えは比較的順調であった。



写真-7 土留部掘削状況

### 4.3 地上躯体工

1階～2階の構造形式は、鉄筋コンクリート造（RC造）とプレストレストコンクリート造（PC造）とを組み合わせた「現場打ち一体式プレストレストコンクリート造」である（写真-8）。3階以上は、プレキャストプレストレストコンクリート造で構成されており、形状的にも非常に複雑な断面と放射線平面が絡み合った形であった。これらの構造に対して内野部分は1階から7階迄の躯体を約6ヶ月で終わらせることが要求された。



写真-8 スタンド1階席の施工状況

#### 4.3.1 鉄筋先組工法

全体工程を守るためには基礎を含め躯体工事を計画工程通りあるいは縮めることが不可欠であった。そこで協議・検討したのが、鉄筋先組工法及び溶接継手の採用であった（写真-9）。先組工法は通常より20～30%の工程短縮が可能となるが、広いヤードが必要となる。冒頭から述べているように当現場には様々な理由によりヤードが不足しており、特に基礎配筋時は土工事も最盛期であったため、そのやり繰りに苦心した。スペースが不足する分を重機台数でカバーし（鉄筋工のレッカーだけで、8台/日になることもあった）工程を厳守した。



写真-9 鉄筋先組状況

#### 4.3.2 現場打ち一体式プレストレストコンクリート

球場のコンクリートは常に人目にさらされるため通常よりも美観が重視される。それを満足する為、生コンプラントでの数回の試験練りの実施や、工場技術管理者への講習会実施、それに現場のJV職員、土工、圧送工を加

えた合同勉強会や講習会を定期的実施した。また、プレストレストコンクリートにおいては、鉄筋先組時にシース管も一緒にセットし、所定の位置に固定されるよう作業性を重視した。打設時は、型枠を叩かずにバイブレーター使用を重点におき、柱では4本を柱筋コーナー内側に配置して充填を行い、打設時間を各々柱筋に明示しながら、増締めを行う等、密実なコンクリートを目指した。

#### 4.3.3 プレキャストプレストレストコンクリート

PC部材は、上部観客席を支える重要な構造体であり、短工期にて高品質の部材が必要となるため、2,600ピースの部材を中四国を中心に、北は北海道苫小牧、南は九州熊本など全国9箇所の工場で作製した。多数の工場で作製するデメリットを排除する為に製造開始前には合同周知会を開き、意見交換を行うことで全工場の意思統一を図った。また、製造開始後も各工場を監理者とJV職員及び協力会社職員が一緒になって廻り、定期的な検査を通して品質向上に努めた。

本工事ではPC工法として、図-10に示すPC圧着関節工法を採用した（写真-10,11参照）。

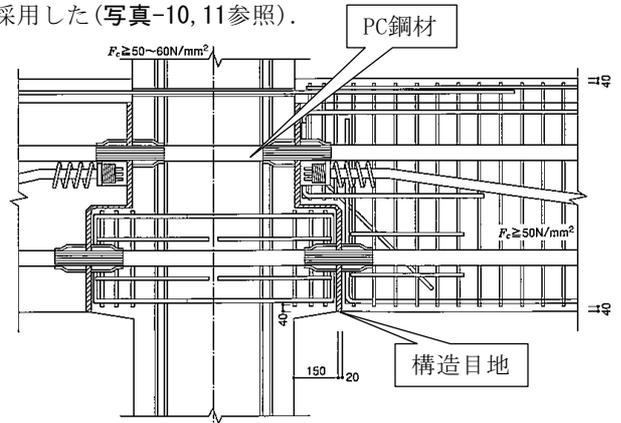


図-10 PC圧着関節工法の関節部詳細図

人間の関節は、回転させることによって衝撃をやわらげる働きをする。本工事のPCaPS造に採用したPC圧着関節工法は、まれに発生する大地震においても圧着接合部分のコーベル（あご）部分を人間の関節と同様に回転させることによって地震のエネルギーを吸収することができる損傷制御を基本とした構造システムで、耐久建築物の条件をすべてクリアする工法である。主な特徴としては、①従来のRC構造では、地震エネルギーを構造部材全体で吸収するため、部材に多くのひび割れや鉄筋の降伏が発生するが、これに関節を付け加えることにより接合部でエネルギーを吸収させる。②従来のPC構造は、接合部の圧着による摩擦力を頼りにせん断力を柱に伝達させるため、圧着させるPC鋼材に大きい緊張力を導入する必要がある。これに対して、接合部にコーベルを設けるとせん断力の伝達をコーベルに任せることにより、PC鋼材の緊張力を小さくできる（余力を残せる）ため、エネルギー吸収に対する役割分担が成立する。③損傷制御に対するエネルギー吸収と無損傷性が両立できる。

これらの構造的な優位性に加え、支保工も最小限に抑えられ、工期短縮、少人数の施工等安全面、コスト面においても有効であった。



写真-10 プレキャストブロック据付状況



写真-11 PC定着部

現場の組立順序は、内野のサード側をスタートとし、バックネットからファースト、最後にライトのパフォーマンスシート（広島東洋カープ応援団席）と言う流れで施工したが、球場内のグラウンドは、内外野とも天然芝を施工する為、PC工事が始まる頃には芝の苗を巻き終えており、すべての重機が立ち入る事が出来ない状態であった。さらに、近隣への振動や騒音による影響も最小限に抑えながら、5台の大型重機を使用し（最大は650tクレークレーン）約27tの部材を可能な限り移動しない状態で、外部側のみから作業した。このように多くの制約の中、短工期で高度な技術を要する工種を完了した（写真-12）。



写真-12 プレキャスト部施工状況

#### 4.4 グラウンド舗装工（天然芝舗装工）

芝舗装は図-11 に示すように、路盤（t=150mm）、排水路盤（t=100mm）、床土（t=200mm）と芝張りで構成される。芝舗装はグラウンド供用開始時期から逆算して、2008年5月からの施工が必要であったため、基礎工事

が最盛期で多くのヤードを必要とする中、多くの制約条件下で実施された。

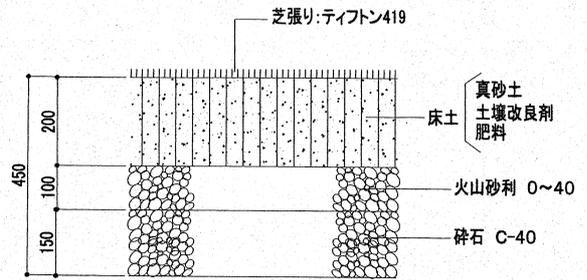


図-11 芝舗装標準断面

#### 4.4.1 路盤工

基礎工事・暗渠工事完了後に砕石路盤層として砕石（C-40）を搬入し、ブルドーザーにて敷き均し後、コンバインローラーにて転圧を行った。その後、排水路盤工としての火山砂利を搬入し同様の手順で施工を行った。

#### 4.4.2 床土造成工

床土は真砂土、土壌改良剤、肥料で構成される。スポーツ利用を目的とした芝生が求める土壌（床土）は以下の条件を満足するものでなくてはならない。

- ① 芝生の育成が良いこと。特に通気性、透水性が高く根の育成が良いこと。
- ② 利用による踏圧が加わっても固結し難いこと。
- ③ 雨でも耐水し難く、降雨後速やかに利用ができること。
- ④ 利用目的に適した硬度、感触を持つこと。

これらの条件に適合するように、真砂土と洗砂（洗真砂土）の配合比率は表-5 に示す規格を満足するよう決定した。また、土壌改良剤と肥料についても決定した床土の性質に適したものを選定した。

床土の施工は排水路盤が完了した部分に洗真砂土を搬入し、路盤工同様の機械にて仕上げた。洗真砂土の転圧については将来の不等沈下防止のために水締めを行いながら実施した。

表-5 床土の規格値

粒度特性	トップサイズ	4.75mm
	2mmフルイ通貨質量	85~100%
	シルト・粘土分	20%以下
透水係数	5.0 × 10 <sup>-4</sup> 以上 (cm/s)	

#### 4.4.3 機械撒き芝工

使用するティフトンの選定、すなわち圃場の選定は春の立ち上がり、病虫害の発生や雑草の侵入状況など品質全般と過去の生産実績等を基準として熊本市に決定した。圃場における管理は薬剤散布（雑草防除、殺菌、殺虫）、施肥、刈り込みなどが主な作業となるが、グラウンドでの芝の施工時期から逆算して管理工程を決定した。



写真-13 圃場での切り出し作業

写真-13 に示す圃場からの切り出しは植え付けから逆算して7日前程度とし、工場に搬入してほぐし洗浄する。出荷までは冷蔵庫に保管したが、この期間は5日間を限度とした。搬入した芝苗を写真-14 に示す専用の撒き芝機械にて植え付けを行った。植え付け後、コンバインドローラーで転圧し、転圧後は速やかに全面散水を開始し、シート養生を行って初期養生管理工に移行した。



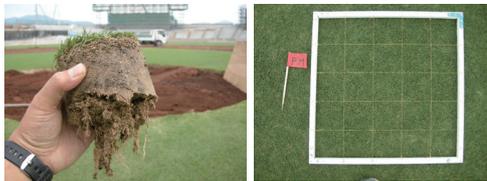
写真-14 専用撒き芝機による植え付け

#### 4.4.4 芝育成養生管理

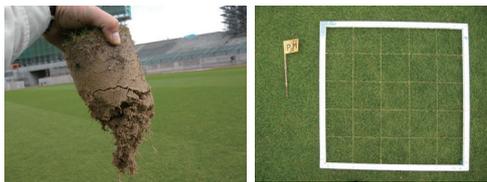
芝生の管理は、温度・雨量・湿度の計測より散水の時期や量を決めたり、芝の色や根の張り方等より肥料の散布時期や量、エアレーションを決定するなど、きめ細や



08年7月中旬



08年10月上旬



08年11月下旬

写真-15 根長と表面状態

かな管理が求められた。写真-15 に各時期での芝の根長と表面状態を示すが、時間経過とともに順調に生育したことがわかる。

使用した芝生は暖地型芝であるが、冬期は低温のため地表面が枯死して生育が停止してしまう。生育が停止した状態で使用すると、品質が低下し回復不能な損傷を与える可能性がある。こうした事態を防止するために暖地型芝に寒地型芝の種子をまいて通年使用（通年緑化）できるようにする工法がウインターオーバーシーディング（WOS）である。WOS は、①ティフトンの間引き（写真-16 パーチカルカットおよび低刈り）、②播種作業、③覆土作業、④初期養生作業の順で行った。WOS の成果は秋以降までわからないが、オフシーズン中も緑色のじゅうたんが途絶えることはないかと確信している。



写真-16 間引き作業（パーチカルカット）

#### 5. おわりに

厳しい入札条件から始まった新球場建設工事であったが、何とかベストな状態で開幕戦に間に合わせる事ができた。地盤工学的には特別な工事ではなかったが、今後の類似工事への参考となる部分が少しでもあれば幸いである。

#### 謝辞

最後に、球場建設の各工事施工にご協力いただいた会社の皆様、発注者である広島市の関係職員の皆様、設計および監理者の環境デザイン研究所の皆様、広島東洋カープの皆様、それぞれの温かいご支援に心から感謝いたします。この紙面をお借りして御礼申し上げます。



写真-17 バックネット後方2階席より全体を望む

#### 参考文献

- 1) 社団法人日本道路協会：軟弱地盤対策工指針，pp. 75-77，1986.

(2009年6月29日 受付)