

650t 大型クレーンの採用による屋根トラス架設 —小笠山総合運動公園スタジアム建設—

馬場孝文・長谷川 覚・森下 仁

小笠山総合運動公園スタジアム建築工事は、1998年度静岡県発注の公共工事であり、一つのスタジアムをメイン、バック、サイド（2分割）、合計4ブロックに分けての発注である。ここは2002年のワールドカップ開催予定地にもなっている。山を造成してからの着手で、その造成工事が約半年遅れたことにより建築工事においては契約工期を6カ月間短縮することが施主より要求された。

当スタジアムはスタンドを覆う部分に屋根が架けられるために、その施工方法についてもあらゆる角度から検討した。

今回は工期短縮のために採用した屋根トラスの検討から施工に至るまでの検討および実施を報告するものである。

キーワード：大型クローラクレーン、屋根トラス架設、工期短縮、トラス1本吊り建方

1. はじめに

小笠山総合運動公園スタジアムは静岡県の中西部にあたる袋井市郊外に整備している総合運動公園の中に建設されており、「健康と、スポーツと自然」のテーマのもと、県内の中心的な施設になる予定である。

スタジアムでは陸上競技をはじめ、サッカー、ラグビー、アメリカンフットボールなど、屋外スポーツはほとんどをまかなうことができると共に、各種イベントの会場としても対応可能な施設である。

2002年のワールドカップの本会場、その翌年の

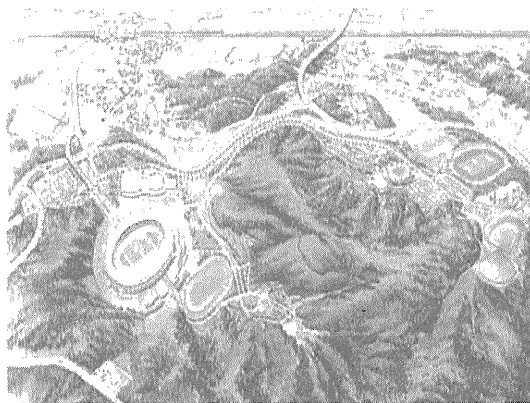


図-2 小笠山総合運動公園完成図

静岡国体のメイン会場となる予定である（図-1、図-2参照）。

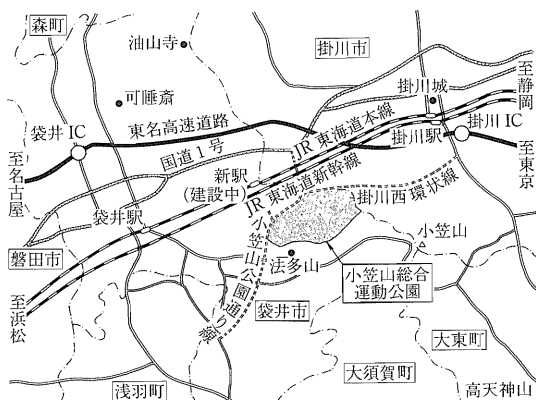


図-1 小笠山総合運動公園スタジアム位置図

2. 工事概要

以下にスタジアム建築工事の概要と特徴を示す。

- ・工事名称：小笠山総合運動公園スタジアム建築工事
- ・所在地：静岡県袋井市愛野 2360-1
- ・建築主：静岡県
- ・設計：佐藤総合計画・斎藤公男設計共同企業体
- ・監理：(株)佐藤総合計画

- ・施工：鹿島・竹中・若杉・丸明特定建設
工事共同業企業体
- ・工期：1998年3月21日～2001年3月26日
(実質工期 30 カ月)
- ・用途：競技場・球技場(第1種公認陸上
競技場)
- ・収容人員：固定席 14,074人(全体 51,200
人)
可動席 1,480人(全体 5,500
人)
- ・敷地面積：32,000 m²(全体 50,000 m²)
- ・建築面積：12,404 m²(全体 30,874 m²)
- ・延床面積：38,096 m²(全体 81,200 m²)
- ・フィールド面積：23,744 m²
- ・階数：地下1階，地上6階
- ・最高高さ：43.38 m
- ・基礎形式：直接基礎(一部地盤改良)
- ・躯体構造：地下1階・1階 RC造
2階から6階 SRC造(一部PC
梁・PC床版)
屋根 S造(鋼管構造ハイブリッ
ド方式)
- ・外装仕上：屋根 膜仕上げ(四フッ化エチレ
ン樹脂コーティングガラス
繊維膜 A種)
外装 コンクリート打放し
建具 アルミ製単窓，連窓
- ・内装仕上：床 タイル，インターロッキン
グ，防塵塗装等
壁 コンクリート打放し，タイ
ル，塗装等
天井 コンクリート打放し，岩綿
吸音板等
- ・その他仕上げ：フィールド(芝，ウレタント
ラック) 23,745 m²
(芝 9,390 m²，ウレタント
ラックほか 14,355 m²)
- ・主要躯体数量：掘削 22,250 m³
コンクリート 45,620 m³
鉄筋 7,555 t
型枠 145,300 m²
鉄骨 3,980 t
(本体 2,500 t，屋根 1,480 t)

3. スタジアムの主な特徴

(1) 本建物のデザインの特徴

当スタジアムに盛込まれたデザインの特徴をま
とめると以下のとおりである。

- ① 屋根はまわりの丘陵に沿って連続するゆる
やかなカーブを描き，山のスカイラインと重
なりあって調和する設計となっている。
- ② スタジアム外周を取巻く柱は自然の木立と
呼応するようにデザインされた Y 字柱と
なっており，それがすり鉢状のスラブを支え
ている。
- ③ 屋根を覆う膜はテフロン素材で雲のように
ふわっとした形状でスタンド全体を覆うと
ともに，自然のやわらかさを表現している。
- ④ スタンドの形態は近楕円形と近円形の中間
に位置し，観覧条件の優れたメインスタン
ド，バックスタンドの収容力を大きくする形
状になっている。また，地形の高低差を最大
限利用してメインスタンドは地下から，サイ
ドスタンド，バックスタンドは2階からの構
造になっている。
- ⑤ スタンドは大きく四つに分割され機能的に
独立して成立するような計画となっている。
また，断面的には2層になっており，可視距
離への配慮と施設全体が大きくなりすぎない
ように計画してある。また，陸上競技と，球
技両方対応のスタジアムであり，サッカー等
の開催時には臨場感を高めるために，可動席
が設置されている。
- ⑥ コンコースは3層がスタジアム全周を廻す
設計になっており各階をつなぐ階段は適切な
ピッチで配置されている。
- ⑦ フィールドは，第1種公認陸上競技場およ
び公認サッカー場施設に基づいた計画とされ
ている(写真—1，図—3参照)。

(2) 架構形式

スタジアムの屋根架構とそれを支える下部架構
の架構形式について述べる。

(a) 下部架構

屋根架構を支え観客席を構成する下部架構は，

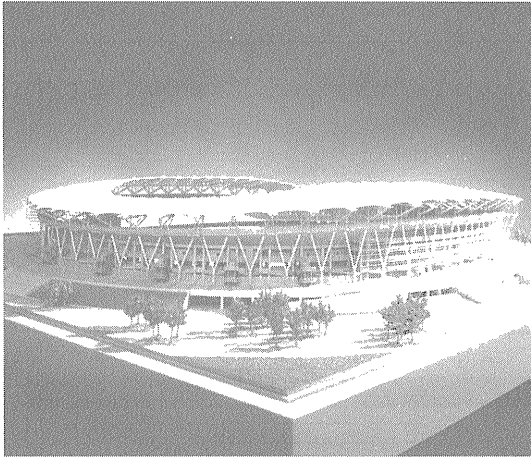


写真-1 完成模型

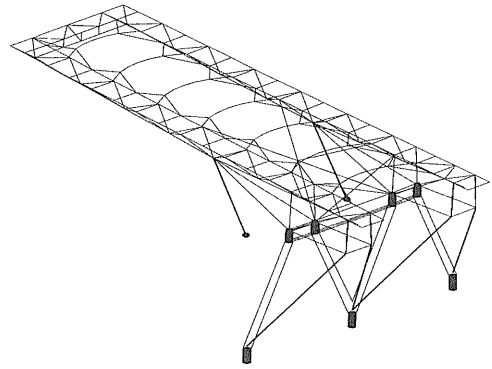


図-4 屋根トラス架構図

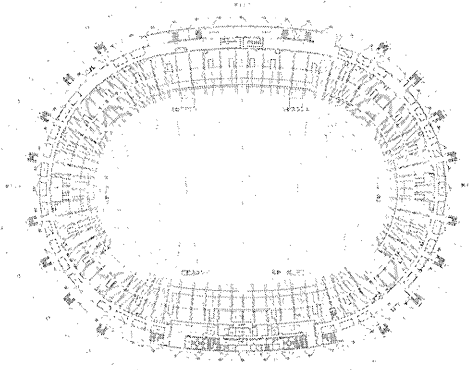


図-3 スタジアム平面図

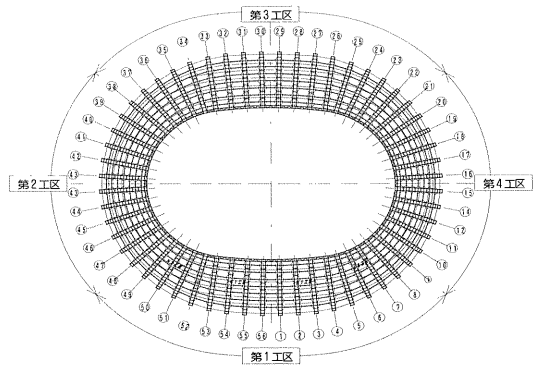


図-5 屋根トラス平面図

地下1階および1階はRC造，2階から6階はSRC造の耐震壁付きラーメン構造であり，柱・壁は現場打ち，地上部梁はPCa梁で構成されている。

(b) 屋根架構

本スタジアムの屋根架構は，スタンド客席のほぼ全面を覆う計画としている。このため屋根の出はメインスタンドおよびバックスタンド部分で40m，サイドスタンド部分で30mのキャンテレバー・トラスガーターとなっている(図-4参照)。

屋根架構部はトラスガーターとそれに架かるアーチ状小梁，およびこれらの荷重を下部架構に伝えるV支柱，トラスガーターに抵抗するバックステーケーブル・耐風ロッド，耐震要素としての斜め耐震ケーブルおよび耐震ブレースによって構成されている。

トラスガーターはスタジアム全周にわたり約15m間隔で56フレーム配置されている(図-5参照)。

4. 施工計画

(1) 施工計画上の問題点

当工事の契約工期は1998年3月より36カ月であったが造成工事の遅れから6カ月後の着手となった。そこで着工の遅れた半年間を有効な検討期間として活用することがポイントとなった。

その中で，当工事にはフィールド工事が含まれて発注されており，特に芝の育成管理上その播種の時期が全体工程のクリティカルポイントになることに着目し，フィールド工事工程に支障をきたすであろう屋根トラスの建方工法を検討した(表-1，表-2参照)。

表-1 工程表

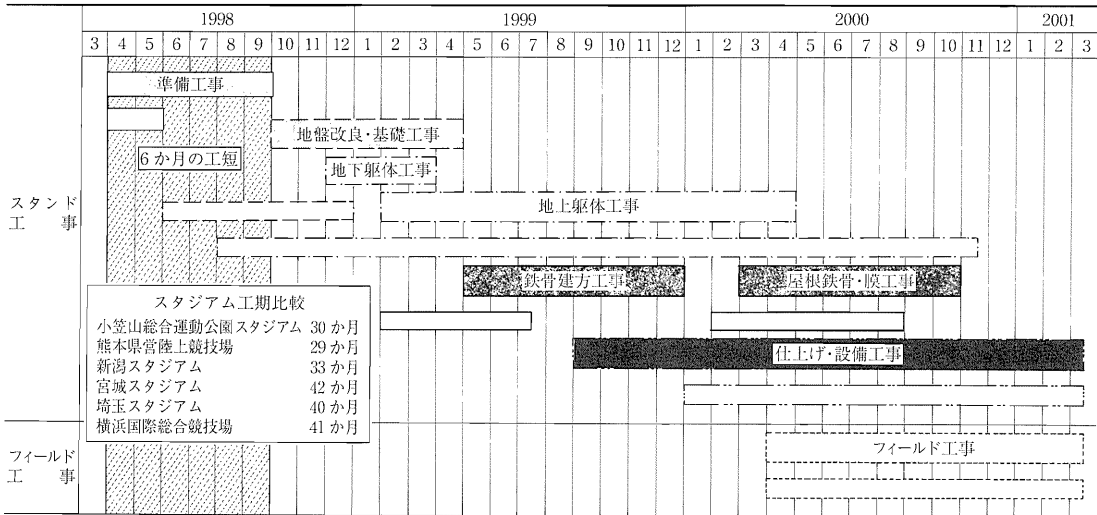


表-2 問題点と対策

	問題点	対策	主な実施例
Q・D	複雑な躯体形状	設計変更の提案	大型スラブの採用 (PCa 合成スラブ)
Q・C	ローコスト受注	VE の提案	スラブ型枠の合理化 (PCa・デッキ採用)
D	短工期 (6 カ月の遅れ)	プレハブ化の検討	メッシュ筋の採用 (壁, 地中梁スターラップ)
S	熟練工の不足	型枠支保工の検討	PCa 梁の鉄骨化
Q・C	片持ち屋根架構の構築	鉄骨建方工法の検討	ベント無し工法
D・S	(最大スパン 50m)		仮設作業床の削減 トラスの地組み
Q・C	4 種類の鋳型	鋳型形状の検討	鋳型の統一化
Q	ラチスの溶接性	設計変更の提案	ラチス材の削減
Q・D・S	4 分割発注	全工区の統一化	総合調整室の設置 (各品質委員会の設置)

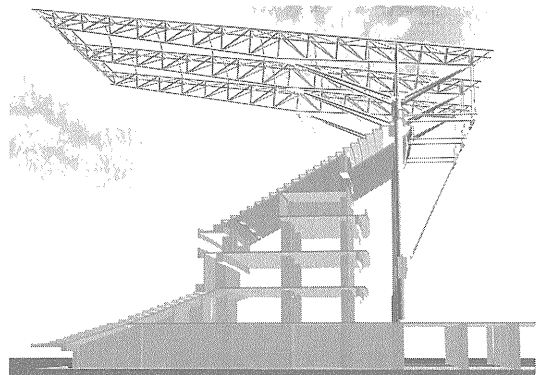


図-6 トラス原案

(2) 屋根トラス建方工法の選択

(a) 建方工法の選定

屋根トラスの建方工法の選定にあたっては、トラスを2~3分割しベント方式で建てる方法、トラスを1本吊りする方法などのQ, C, D, Sに基づき検討した結果、大型重機を用いてトラスを1本吊りする方法が最適であることが明らかになった。

この方法を採用できた背景には、着工当時「スタジアム研究会」を発足させ、屋根トラスの軽量化を目的にトラス形状変更を検討しVE (Value Evaluation) 提案したことが大きかった(表-3, 図-6, 図-7 参照)。

図-6, 図-7 を見比べると分かるように、デザ

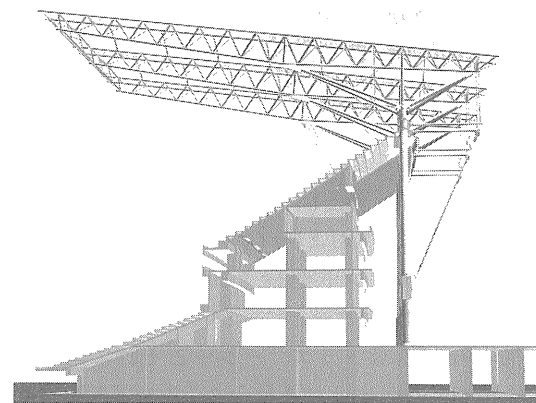


図-7 トラス変更案

イン的にもシンプルになり、トラス重量も原案では最大74tあった重量も変更案では約1割減の67tに軽量化された。

表-3 屋根トラス建方工法検討表

建方工法	地組要領	品質		安全	工程	コスト	判定
		管理項目	判定				
大ブロック案 ・大ブロック（約70t）を650tクローラークレーンで外側より架設する	・4ブロックのトラスをすべて外側で地組みする	管理項目 バックステー-張力管理 トラス先端レベル管理 高所での溶接管理 ベント設備 ワイヤ伸び管理	判定 ○ ○ ◎ 不用 ○	・高所作業は屋根トラス間の繋ぎ材のみとなる	・建方クレーン650t×1台×3カ月 ・フィールド内の工程に支障がない	100	◎
2ブロック案(2+2) ・外側より水下側1ブロック(1+1)を450tクローラークレーンで架設し、それが完了後、水上側の1ブロックを300tクローラークレーンで架設する	・4ブロックをフィールド側と外側で2ブロックずつ地組みする	管理項目 バックステー-張力管理 トラス先端レベル管理 高所での溶接管理 ベント設備 ワイヤ伸び管理	判定 ◎ ◎ ○ △ ○	・高所作業は屋根トラス間の繋ぎ材取付けとブロック間の接合作業となる	・建方クレーン(450t+300t)×2.5カ月	105	○
2ブロック案(3+1) ・外側より水下側端1ブロックを150tクローラークレーンで架設し、それを仮固定した後、残りのブロック(1+1+1)をフィールド側より650tクローラークレーンで架設する	・水上側より3ブロック分をフィールド側で地組みする	管理項目 バックステー-張力管理 トラス先端レベル管理 高所での溶接管理 ベント設備 ワイヤ伸び管理	判定 ○ ○ ○ 必要 △	・高所作業は屋根トラス間の繋ぎ材取付けとブロック間の接合作業となる	・建方クレーン(650t+150t)×2.5カ月 ・ベントの組立工程1.25カ月	115	×
3ブロック案 ・外側より水下側1ブロックを300tクローラークレーンで架設し、仮固定した後、水下側から2番目のブロックを同じクレーンで架設する。その後、フィールド側より1ブロック(1+1)を300tクローラークレーンで架設する	・水上側より2ブロック分をフィールド側で地組みする	管理項目 バックステー-張力管理 トラス先端レベル管理 高所での溶接管理 ベント設備 ワイヤ伸び管理	判定 ○ ○ △ 必要 △	・高所作業は屋根トラス間の繋ぎ材取付けとブロック間の接合作業が2箇所となる	・建方クレーン300t×2台×2.75カ月 ・ベントの組立工程1.25カ月	110	×

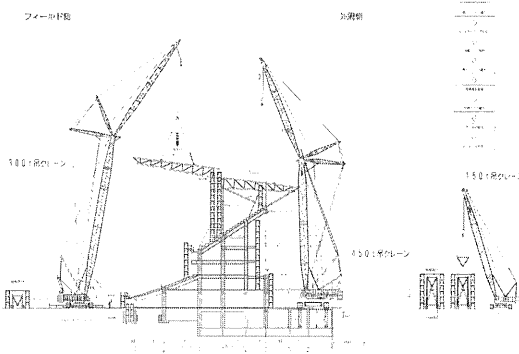


図-8 原案による建方計画

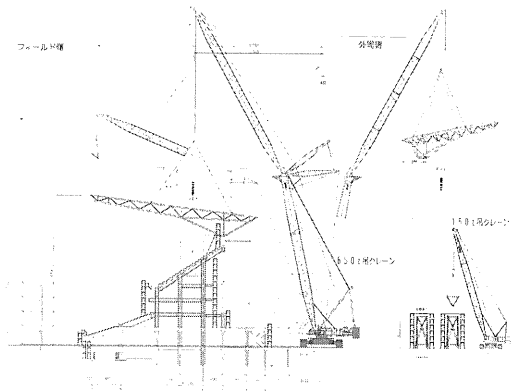


図-9 1本吊りによる建方計画

それによって当初2ブロックに分け、そのジョイント部にベント支柱を設け外側より450t、フィールドより300tのクローラークレーンを使用する建方計画も、650tのクローラークレーン1台での建方が可能になり、ベント支柱も一切使わずに施工することができた。

以下にその建方計画図を示す(図-8、図-9参照)。

5. 施工

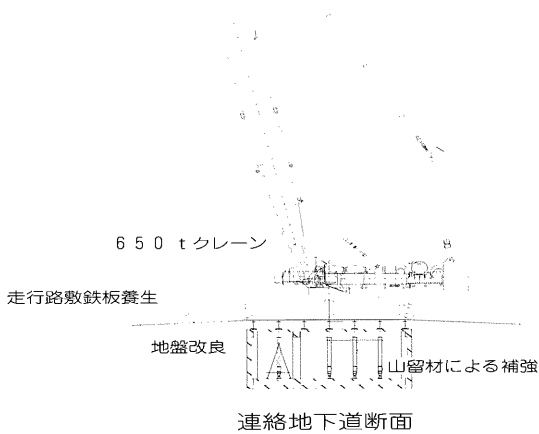
(1) 施工に当たっての課題とその対策

屋根トラスの1本吊りを実施するにあたって

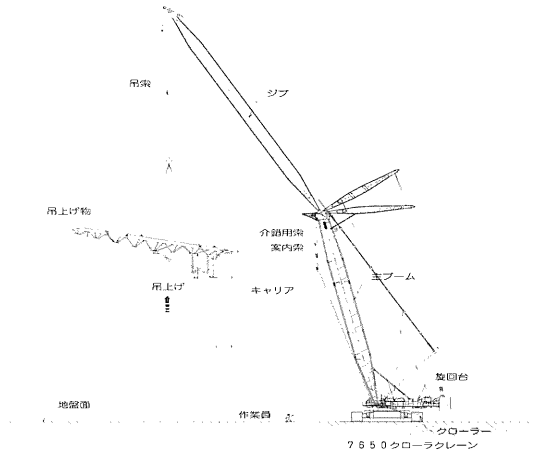
は、幾つかの課題が予測され、それらをクリアしなくてはならなかった。以下にその問題点と対策を示す。

(a) 総重量680t(トラス揚重時最大750t)設置圧最大で60t・f/m²のクローラークレーンでの建方

① クローラークレーンの移動、建方時での支持地盤は山の切土した部分であったが、一部には埋戻した箇所もあり、載荷試験を数箇所にてわたって実施した。その結果、地盤改良、碎石敷きの上敷き鉄板(22mm)の仮設を行った。



図—10 躯体・地盤補強図



図—11 トラス荷振れ・回転防止対策図

(b) 地下構造物の上を通過する

① トラスの建方は一箇所では当然不可能であり、その移動途中には地下連絡通路があったことから、その構造物の解析を行い、650 tクローラークレーンの通行に耐えられるよう 300 H の H 鋼を支柱にし梁の補強を行うとともに、その地上部においては 700 H の H 鋼で栈橋を構築し、クローラークレーンの荷重を地下の支柱で受けるよう補強を行った (図—10 参照)。

(c) トラス重量と揚重機の能力上旋回範囲を最大限に活用するために躯体ぎりぎりまで近づける。

① 躯体外壁面から 60 cm の位置まで近づける必要があり、旋回体が回転した際にカウンタウェイが躯体と干渉することから、その躯体部分奥行き 7 m、幅 260 m わたって、建方後の施工とした。

② 建方時の揚重機の位置には地下へのスロープの擁壁などもあり、それらの構造解析を行い 300 H の H 型鋼等で切り梁を仮設し躯体を補強した。

(d) トラスの揚重時の荷振れ、回転を最小限に押える

① トラスは最長で 50 m もあり、それをおよそ 55 m まで揚重する。その際の荷振れ、回転を防ぐには人力での介錯ロープでは限界があり効果は得にくいと判断し、「クレーンの介錯ロープ装置 (横河工事特許)」を採用した。これは、クレーンのメインブームにメッ

センジャワイヤと滑車を組合せたもので、トラスの昇降に伴って一緒に作動し、吊荷とはほぼ水平状態で介錯ロープを操作できる装置である。その操作は地上で作業員が軽微な力で操作できるのも大きなメリットである (図—11 参照)。

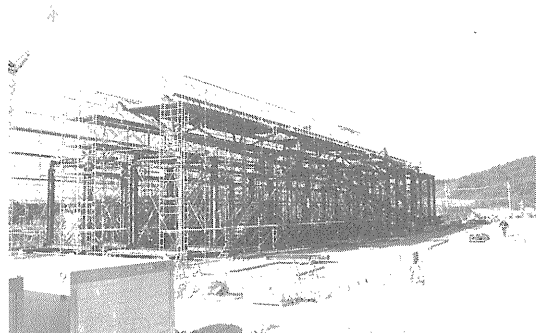
これらの対策の中で躯体補強、地盤改良を行った箇所では水平、垂直変位測定等を毎日実施し、常に良好な状態を維持した。

(2) 実施状況

写真—2～写真—5 に屋根トラスを 1 本吊り建方時の状況を示す。

6. おわりに

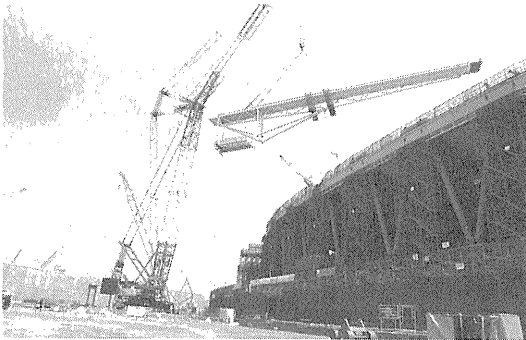
スタジアムの建設工事が着工し、はや 25 カ月が過ぎようとしている。



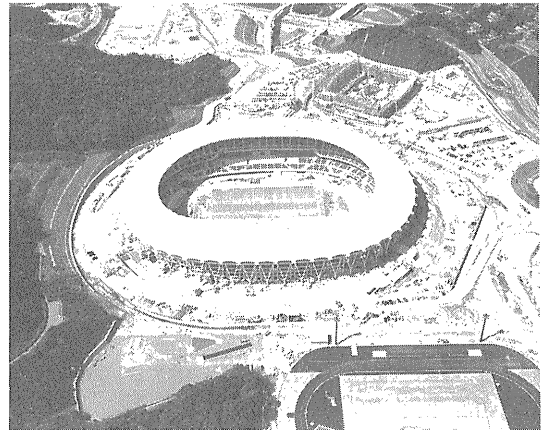
写真—2 屋根トラス地組み足場

着手時の6カ月の遅れを取戻すべく様々な検討を重ね、それに基づいて施工してきた結果、屋根トラスの1本吊り施工も計画どおり実施でき、トラブルも皆無だった。

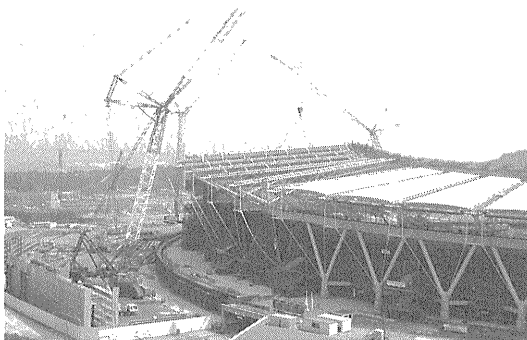
その結果、懸案事項であったフィールド工事の着手も当初の計画どおり開始され、その甲斐あってか芝の葉も青々と生育している（写真—6参照）。



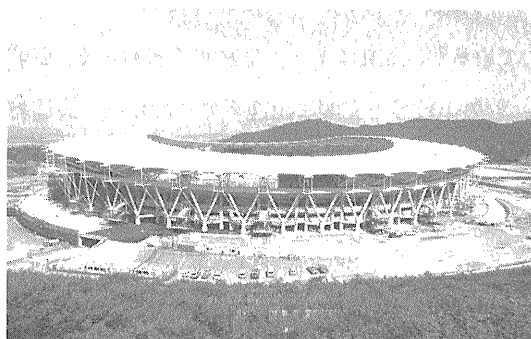
写真—3 屋根トラス揚重状況



写真—6 スタジアム航空写真



写真—4 屋根トラス据付け状況



写真—5 スタジアム全景

【筆者紹介】

馬場 孝文（ばば たかふみ）
鹿島建設株式会社
建設総事業本部横浜支店
小笠山総合運動公園スタジアム
建設工事（第1工区JV）
所長



長谷川 覚（はせがわ さとる）
鹿島建設株式会社
建設総事業本部横浜支店
小笠山総合運動公園スタジアム
建設工事（第1工区JV）
副所長



森下 仁（もりした ひとし）
鹿島建設株式会社
建設総事業本部横浜支店
小笠山総合運動公園スタジアム
建設工事（第1工区JV）
工事課長

