

横浜国際総合競技場（仮称）スタンド屋根鉄骨建方工事 ～建築工事における初の斜吊り工法の採用～

Erecting the Steelwork for the Roof of the Yokohama International Sports Stadium

美 頭 民 二*¹ 西 垣 登*² 富 谷 淳 司*³
Tamiharu MITOH Noboru NISHIGAKI Atushi TOMIYA

Summary

The (tentative named) Yokohama International Sports Stadium is expected to be the main stadium for the 53rd National Athletic Meet, scheduled to be held in Kanagawa Prefecture in 1998, and for World Cup soccer matches in 2002. The stadium will accommodate about 70,000 people and will be the largest such facility in Japan. Since the site is in a multipurpose retarding basin for the Tsurumi River, which passes nearby, the stadium is being built on 8 to 11 m of fill. The area of the stadium's roof is 20,000m² and its weight is 6,200 tons. The steelwork of the roof consists of 76 overhanging keel trusses and 72 truss sheets spreading between the trusses. The steelwork was erected using a cable crane with inclined stay cables. This was the first time this method had been used in constructing a structure occupying a large space. This paper describes the method, which was effective in achieving the purpose.

1. まえがき

横浜国際総合競技場は、平成10年の第53回神奈川国体（かながわ・ゆめ国体）及び2002年サッカー ワールドカップのメイン会場として建設されるものである。

収容人員7万人を有し、その観客席の7割が大屋根で覆われる本競技場は日本最大のスタジアムとなる。

今回の大屋根鉄骨建方工事では、橋梁工事では広く採用されている「斜吊り工法」を建築工事に初めて採用した。斜吊り工法を採用したことにより従来の仮受けベント工法での問題点を解消する事ができ、大幅に施工の能

表-1 主要諸元

建 築 面 積	61,294m ²
スタンド高さ	GL+38.46m
屋根最高高さ	GL+51.96m
スタンド構造	プレキャストコンクリート造7階
屋 根 構 造	鋼管立体トラス（溶触亜鉛めっき）
屋 根 仕 上 げ	ステンレス制振鋼版（t=0.55）
屋根鉄骨重量	全 体 : 6,185 t
	内 訳 本体鉄骨 : 5,056 t
	二次鉄骨 : 1,129 t

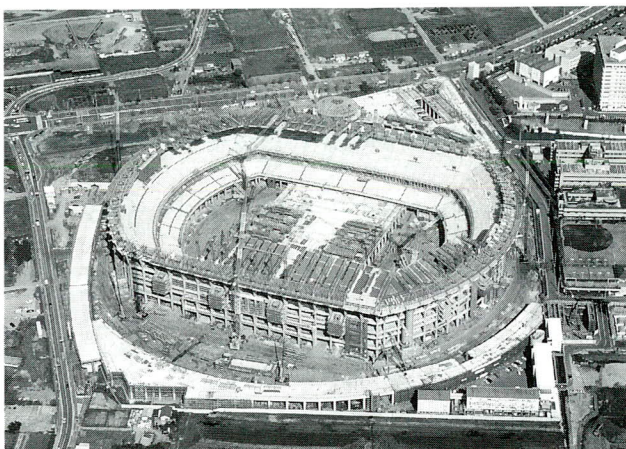


写真-1 作業所全影

率化が図られた。

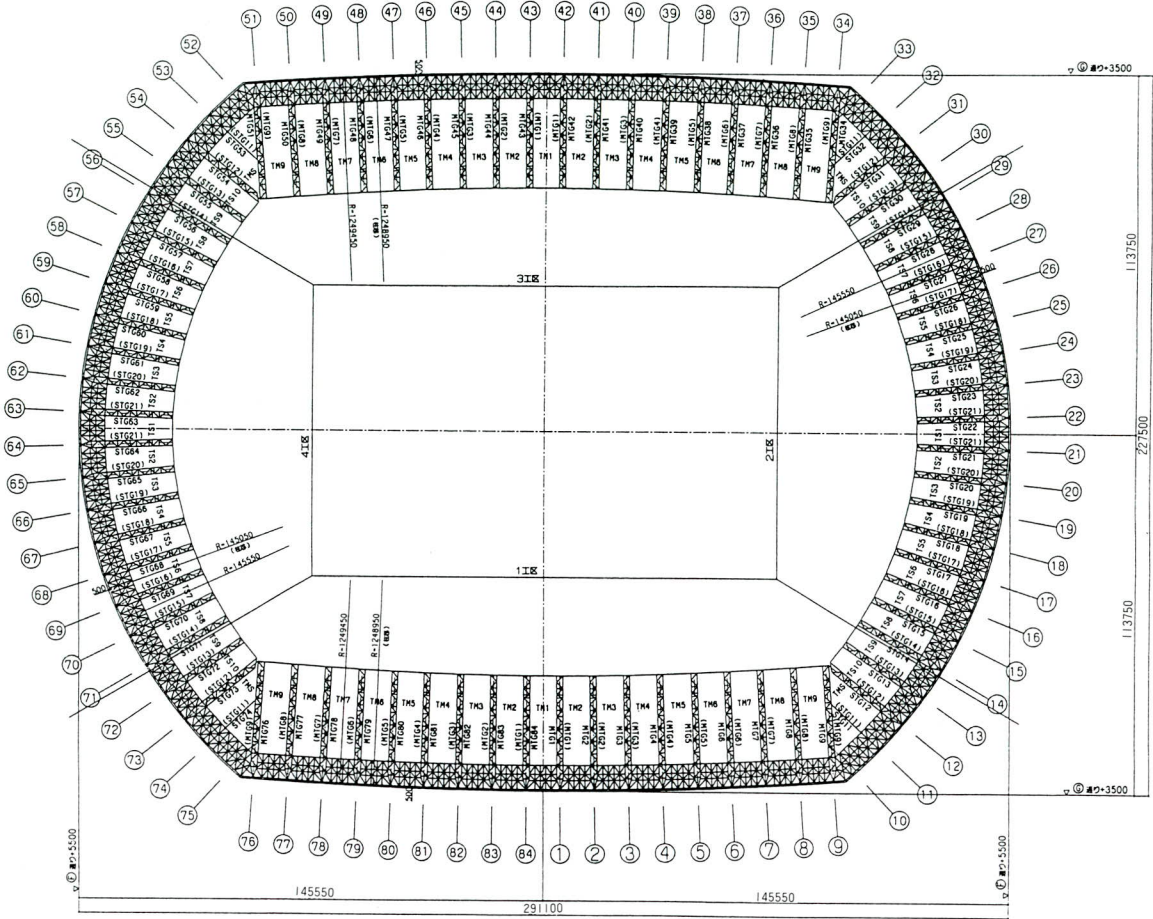
本文はこのスタンド屋根鉄骨工事の概要を報告するのである（写真-1）（表-1）。

2. 構造概要

スタンド屋根鉄骨は、スタンド全周を覆う「大ひさし」を構成し、メインスタンド鉄骨とサイドスタンド鉄骨に大別される（バックスタンド鉄骨はメインスタンド鉄骨と同構造）。さらに各々次ぎの様に分類される。

*¹宮地建設工業(株) 鉄構事業部プロジェクト推進部作業所長
*²宮地建設工業(株) 鉄構事業部計画技術部計画第1課長

*³宮地建設工業(株) 鉄構事業部計画技術部



平面図

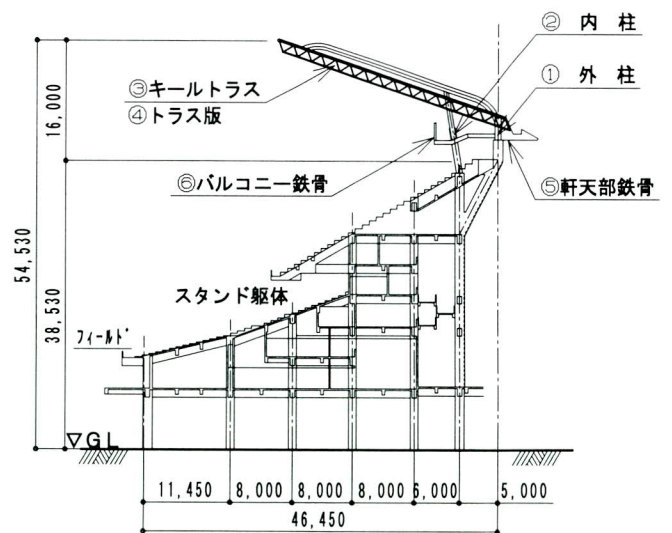
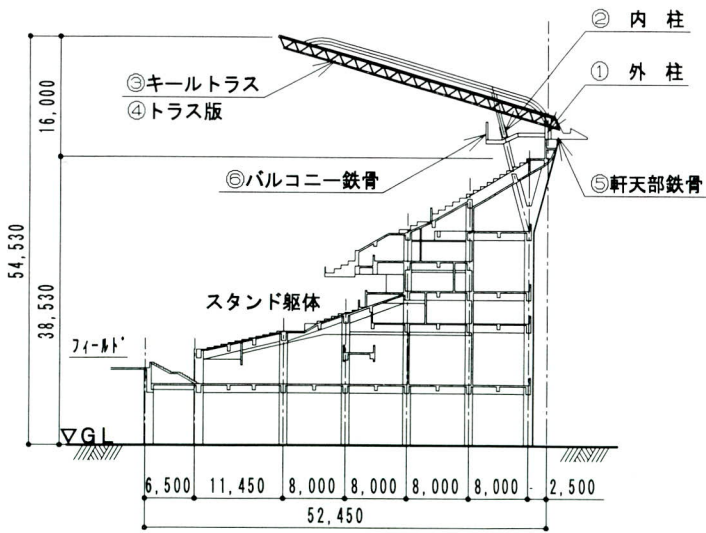
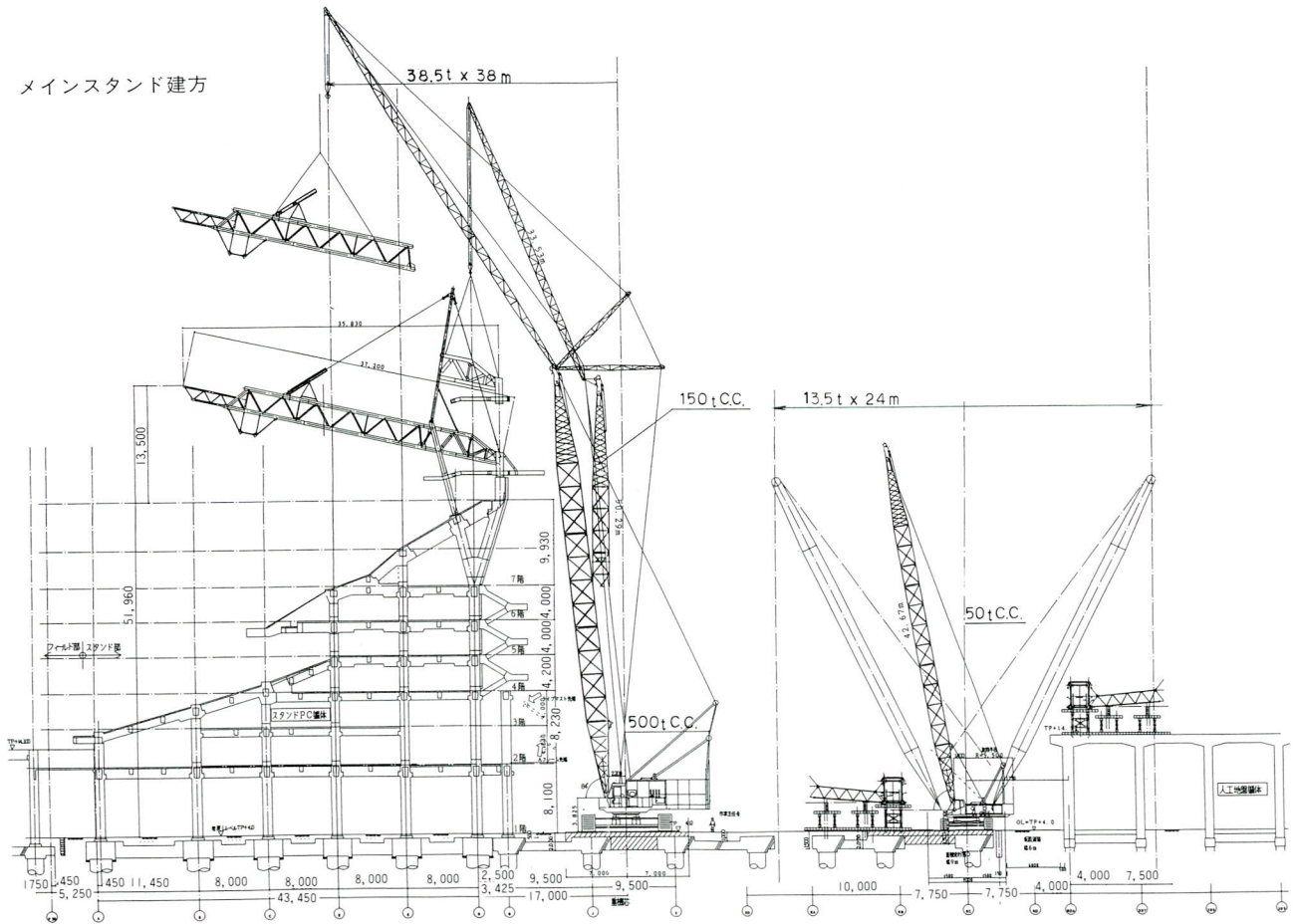


図-1 構造図

メインスタンド建方



サイドスタンド建方

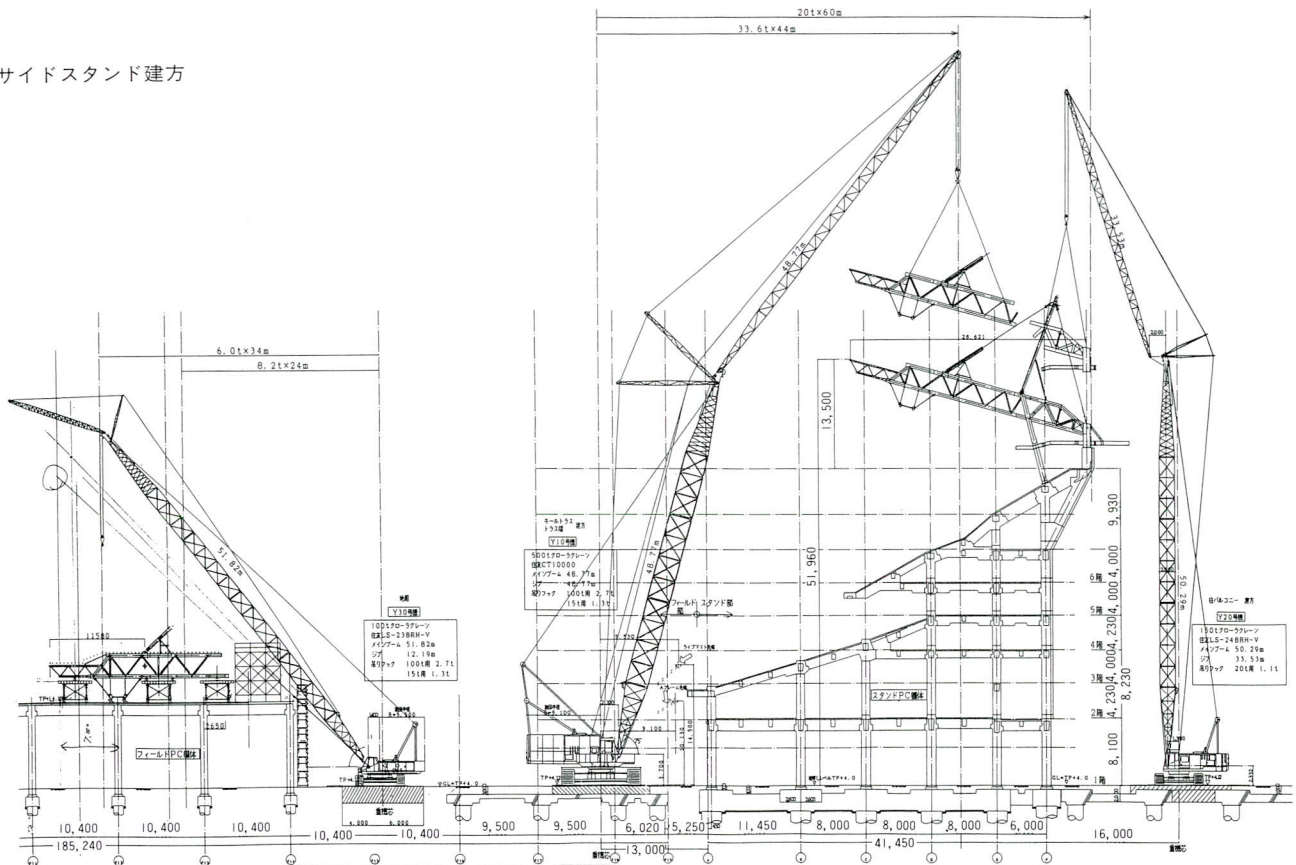


図-2 建方一般図

- ①外柱
- ②内柱
- ③キールトラス
- ④トラス版
- ⑤軒天部鉄骨
- ⑥バルコニー鉄骨

外柱と内柱は鋼管組柱構造、キールトラスとトラス版は、同じく鋼管を用いた立体トラス構造である。キールトラスは外柱・内柱を支点とした「張り出しトラス」であり、スタンド全周にトラス版と交互に配置される（キールトラス：76本、トラス版：72枚）。メインスタンドとサイドスタンドの4隅のコーナー部分は、扇状のトラス版が配置され、連続した大屋根が構成される。

3. 工事概要

本競技場の施工は、メインスタンド(1工区)、サイドスタンド(2・4工区)、バックスタンド(3工区)の4工区に分割され、並行して進められる。

外柱・内柱及び軒天部鉄骨・バルコニー鉄骨はスタンド外周に配置した150t吊クローラークレーン4台にて4工区一斉に建方を行う。またキールトラスとトラス版は地上に設置した地組架台により地組及び足場整備までを行いメインスタンド、バックスタンドはスタンド外周より、サイドスタンドは内部よりそれぞれ計4台の超大型クローラークレーン(500t~650t)にて一括して建方を行う(図-2)。

施工管理は、キールトラス4本、トラス版3枚を基本ブロックとして建方、ジャッキダウンを行う。形状測定には、いずれも三次元測量(Nikon TRI-Mシステム)を当工事用に機能を改良して使用した。

4. 建方工法の選定

通常、建築工事においても大空間構造物等の特殊工事では、「仮受けペント工法」が広く採用されている。当工事においても当初は、キールトラスの張り出し部を支持する仮受けペント工法が考えられていた(図-3)。

しかし仮受けペント工法では、

- ①スタンド躯体に大がかりな補強を必要とする。
- ②駄目工事が非常に多く、大幅なコストアップとなる。
- ③仮受けペント(H=20m)の組立・解体にかかる作業量が多く工程を圧迫する(特に解体作業は作業条件が悪く

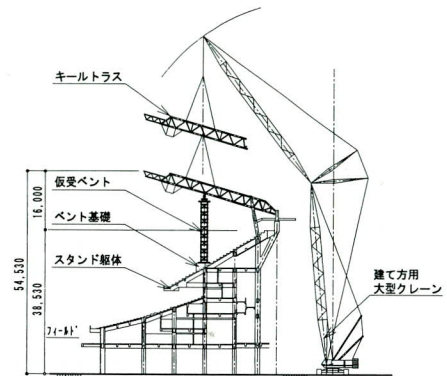


図-3 仮受けペント工法

危険性が高い)。

④仮設材の転用が困難である。

等の問題点が挙げられた。

そこで鉄骨骨組みを変更することなくキールトラスの変位を制御できる「斜吊り工法」を提案し、検討を進めた(図-4)。

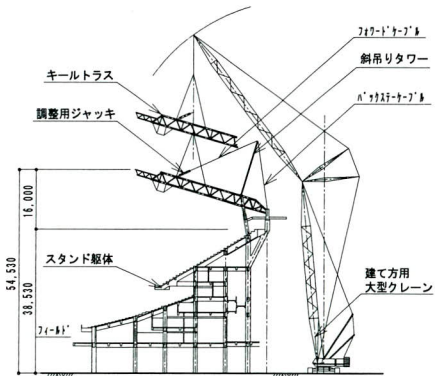


図-4 斜吊り工法

斜吊り工法を採用することにより、

- ①仮受けペントの組立・解体作業がなくなり、工事の簡素化が可能である。
- ②スタンド躯体の補強・駄目工事が一切なくなり、他工事に与える影響が少ない。
- ③仮設材の大幅な転用が可能である。
- ④屋根完成時と同じ荷重伝達であるため鉄骨・下部構造に対しての大がかりな補強を必要としない。
- ⑤作用荷重は全て本設構造内で完結されるため外部にアンカー等を必要としない。

といった仮受けペント工法での問題点の解消、さらに多

数のメリットが生まれた。特に④⑤に関しては、前述したようにキールトラスは張り出しトラスであるため、外柱に引っ張り力、内柱に圧縮力が作用する。建方時に斜吊りタワーを内柱頂部に取り付け、バックステーケーブルを外柱頂部に取り付けアンカーとすることにより、フォワードケーブルで吊り上げたキールトラスの荷重は、外柱にバックステーケーブルより引っ張り力、内柱に斜吊りタワーより圧縮力と完成時と同じ荷重伝達となり、鉄骨・下部構造への補強並びに仮設のアンカーを一切必要としない（図-5）。

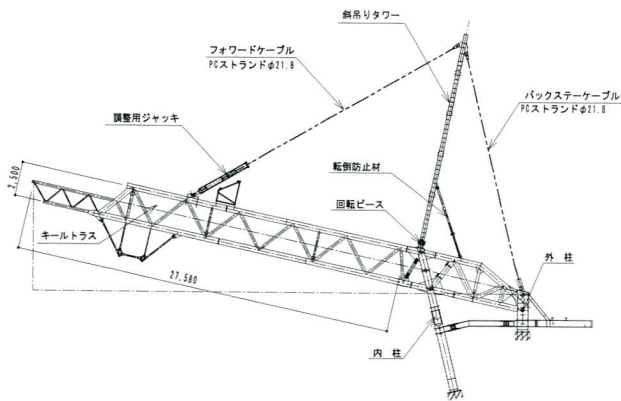


図-5 斜吊り設備一般図

5. 建方及びジャッキダウンFEM解析

斜吊り工法を採用するにあたり、この工法がスタンド屋根鉄骨に与える影響の把握と実現性の確認、さらには建方時、ジャッキダウン時の施工管理値の決定を目的に、先に述べた基本ブロックをモデルとしたFEM解析を行った。

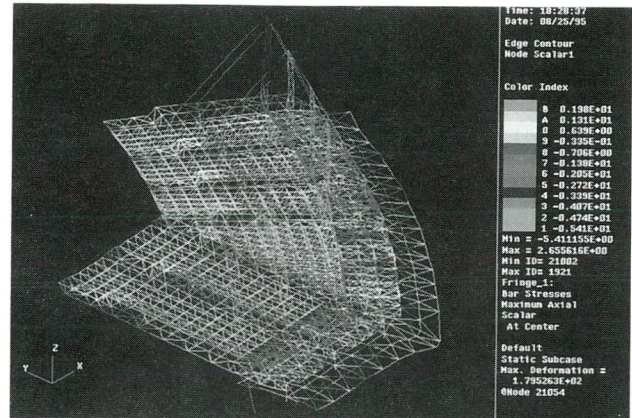
解析にあたっては、弊社所有である米MSC社の「MSC/NASTRAN」及びそのプリ・ポストプロセッサ「MSC/PATRAN」を使用した。MSC/NASTRANは建設業はもちろん造船・機械・航空機さらには宇宙開発の分野でも使用される世界標準のFEM解析ソフトである。

本工事においてもMSC/NASTRANは初期設計の段階から使用されており、また客先JVおよび鉄骨メーカーでも常時活用されているソフトであり、

- ・構造モデル：鉄骨メーカー
- ・施工時解析：建方業者（弊社）
- ・監修：客先JV

と理想的な作業分担が可能となり、有効な活用が行われた（図-6）。

応力分布図（STEP-1）建方完了時



応力分布図（STEP-7）ジャッキダウン完了時

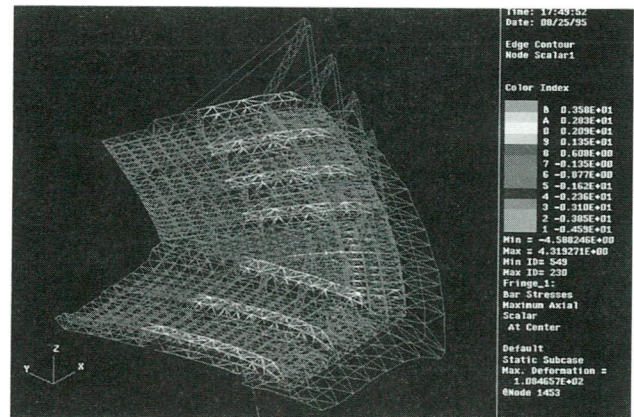


図-6 FEM解析結果の例

6. 施工概要

スタンド鉄骨建方は、先に挙げた基本ブロックを元に「鉄骨建方工区」を再構成し施工・管理を行う。さらに各作業毎にチェックシートを作成・記入し細かに管理する。作業は1-5、2-1ブロック及び3-5、4-1ブロックより開始し、それぞれ4班に分かれて1-1、2-5、3-1、4-5ブロックへ片押しで進められる（図-7）。表-2に建方フロチャートを示す。

(1) 柱廻り鉄骨建方

スタンド外周の150t吊クローラークレーンにてキールトラス・トラス版よりも1ブロック先行して作業が進められる（写真-2）。予め地上で足場整備を行った内柱、キールトラスの基部と一体の外柱の順に建方を行い、隣り合う内柱・外柱が連結され調整が完了した後溶接を行う。次に地上で地組した軒天部鉄骨・バルコニー鉄骨の

表-2 建方フローチャート

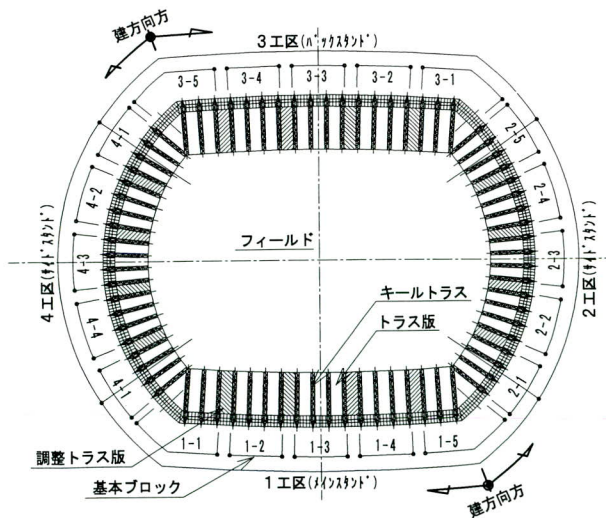
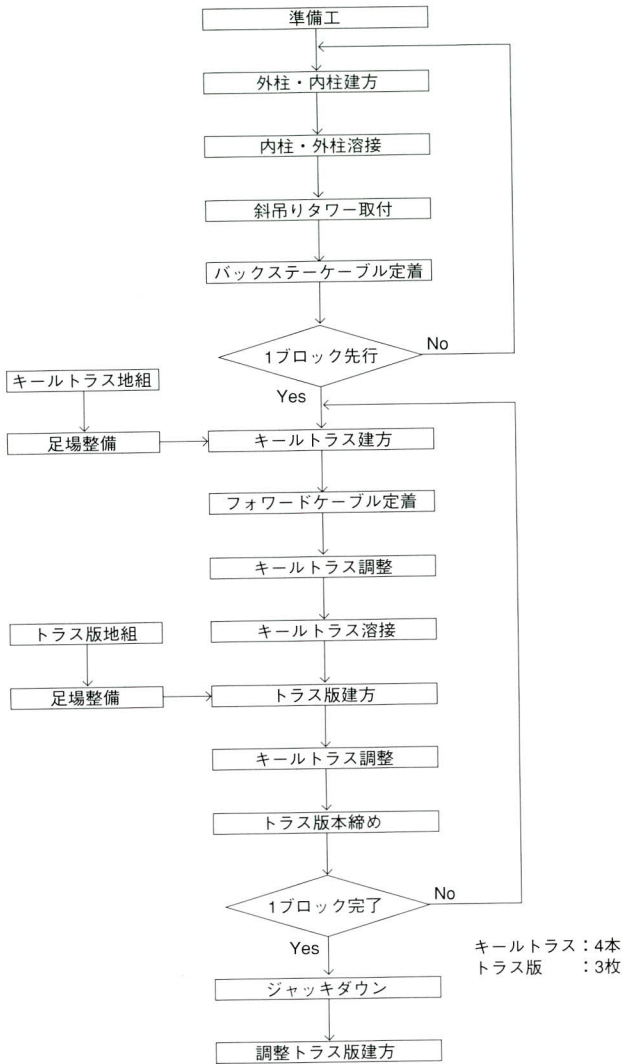


図-7 鉄骨建方工区

建方を行い、残りの部材を取り付ける。最後に斜吊りタワーの取り付けとバックステーケーブルの定着を行う。このとき斜吊りタワーは外側に倒し気味に転倒防止材にて支持し、バックステーケーブルには張力が働かないようにした(図-8)。

(2) キールトラス・トラス版建方

キールトラスとトラス版は予め地上で地組を行い、本締め・溶接完了後に超大型クローラークレーン(500t~650t)にて建方を行う(写真-3)(写真-4)。

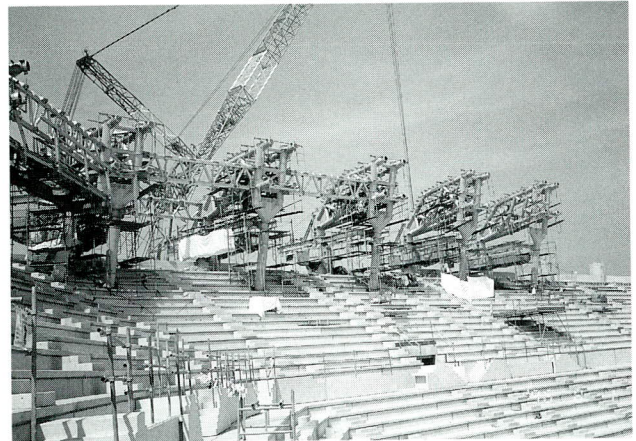


写真-2 柱廻り建方状況

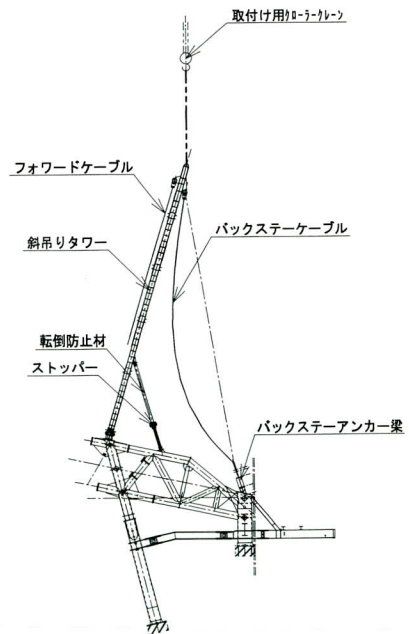


図-8 斜吊りタワー取付要領

キールトラスは2分割で搬入され、この連結と先端部の照明受け材の取り付け及び足場整備、屋根仕上げまで地組を行う。仕上げ完了後ジャッキとケーブル引き込み装置を取り付ける。

地組が完了したキールトラスは、クレーンにて吊り上げ電動チェンブロックで角度を調整し建方を行う。キールトラス基部の上・下弦材と斜材を連結した後ジャッキ架台にフォワードケーブルを定着する。ケーブルへの張力の導入はクレーンの吊り荷重とジャッキの作用荷重のバランスを管理しながら行う。このとき斜吊りタワーの転倒防止材はタワーが前傾する時には移動に追従する仕組みのため、撤去等の作業は必要としない(図-9)。玉掛けワイヤーが外れた後、引き込み装置を操作し建て入れ調整を行い、ケーブル張力を確認し溶接を行う。

キールトラス溶接完了後斜吊り設備は1度荷重を開放する。

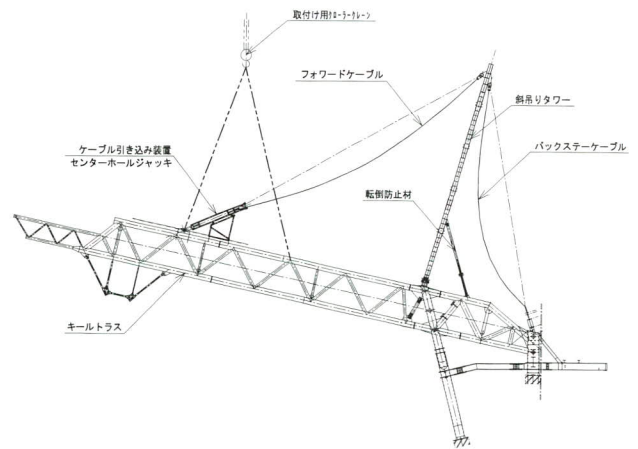


図-9 キールトラス建方要領

トラス版は細径パイプの複雑な立体トラスであるため、その形状管理は非常に困難である。このためトラス版は連結されるキールトラスと仮組された状態で地組を行い精度を確保する。照明受け台の取り付け及び足場整備、屋根仕上げまで地組時に行う。角度調整は弊社で開発した「MK-パワーリンクシステム」を用い、取り合うキールトラスを調整しながら建方を行う(写真-5)(写真-6)

(3) ジャッキダウン

基本ブロック単位の建方が完了後、逐次ジャッキダウンを行う。ジャッキの制御及び荷重管理は、ポンプユニット・制御盤・計測器を組み込んだ指令室をフィールド上に設置し、司令の指揮に従う。スタンド屋根鉄骨の部材応力も同時に指令室にて計測・確認を行う。ジャッキの油圧ホース及び各計測用のケーブルはジャッキダウン

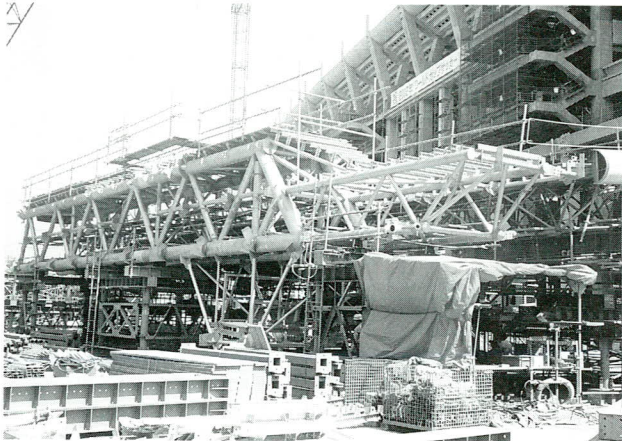


写真-3 キールトラス地組状況

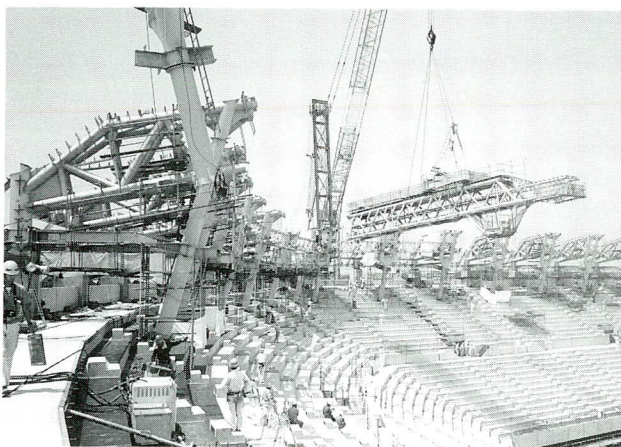


写真-4 キールトラス建方状況

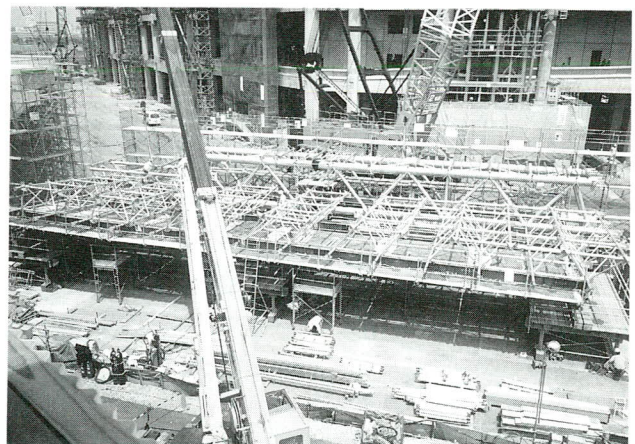
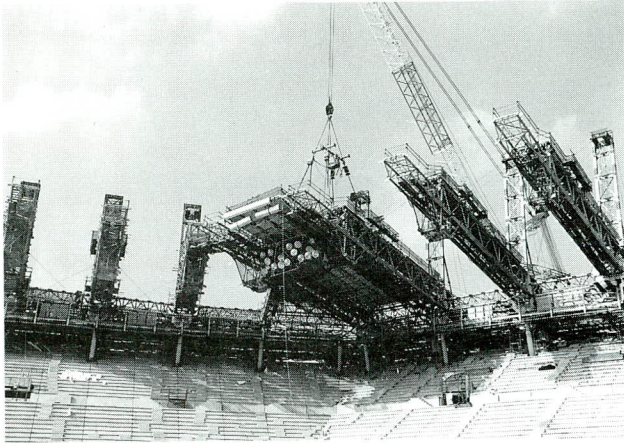


写真-5 トラス版地組状況



写真一六 トラス版建方状況



写真一七 ジャッキダウン状況

に先だって配線を完了させ、直前には指令車との連結のみとして作業を進める（写真一七）。

7. あとがき

横浜国際総合競技場は現在も施工中(1996年10月現在)であるが、弊社の橋梁工事でのケーブル・エレクション技術と建築工事の知識の発揮できる工事といえる。また

以後の工事への有効な展開・発展の布石になると考えられる。これもひとえに、竹中工務店をはじめ各工区JV及び工事諸関係の方々の御指導・御協力によるものと深く感謝する次第である。

終わりに本工事の無事故と競技場の無事竣工が迎えらることを願い報告を終わりとす。

1996. 10. 31受付

グラビア写真説明

3号神戸線復旧第8工区(その1)

3号神戸線復旧第23工区

1995年1月17日午前5時46分の阪神・淡路大震災で倒壊、落橋など甚大な損傷を受けていた阪神高速3号神戸線(大阪市西区～神戸市須磨区月見山間全線39.6キロ)のうち、最後まで不通となっていた深江～武庫川両ランプ間(9.3キロ)が1996年9月30日正午に1年8カ月ぶりに復旧し全線開通しました。復旧工事に際しては、1日も早い復旧をめざし設計・施工の両面から最新の技術と工法を積極的に採用し、全工程の計画・施工においては上下部工業者を問わず可能な限りの工夫を重ね、当初予定の12月末より3カ月も早い全線復旧開通を実現しました。

3号神戸線全25工区に上・下部工各社がひしめき合うなか、当社は3号神戸線復旧第8工区(その1)鋼桁・鋼製梁工事(神戸市東灘区深江南町)の約566mおよび3号神戸線復旧第23工区鋼桁・鋼製梁工事(神戸市長田区海運町～同市須磨区月見山町)の約1778mの施工を担当しました。

(佐藤)