

I-55 東京オリンピック屋内総合競技場の模型実験の 写真測量による変形測定

東大生産技術研究所

正員 坪 善 勝
正員 丸 塚 隆 和
正員 大 島 太 市

§ 1. 目的

東京オリンピック屋内総合競技場（収容人員 15,000人東京オリンピックでは、水泳、柔道に使用される）の設計に際し、その構造設計を担当した評研研究室では 1/30 模型（写真-1）による実験を行った。この建物は写真-2に示すような形状をもつもので、直径約 120m の円形平面と玄関ホール部分から成り立っている。建物の構造の system は吊り屋根（suspension roof structure）と呼ばれるものの 1 種で、吊り橋の構造原理と類似のものである。吊り屋根構造は、世界的にもここ数年の間に発展してきた新しい建築構造で、わが国では 2, 3 の単純な形式のものが見られるに過ぎず、設計者、施工者ともに経験の浅い構造形式である。したがって、この構造の特性と把握する上において、模型実験の果たす役割は極めて大きいわけである。

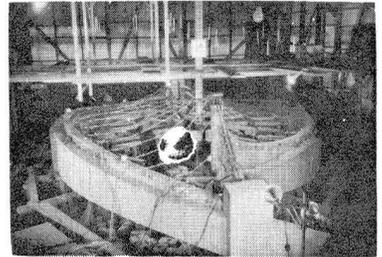


写真 - 1

実験では、屋根面の変形の測定が主たるテーマとなったが、この写真測量による測定を丸塚研究室で実施した。その理由は、

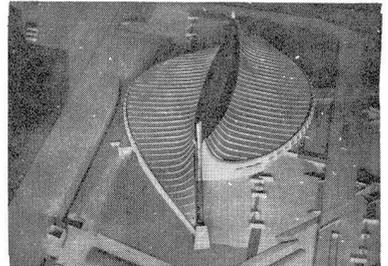


写真 - 2

- i) ケーブルによって構成される吊り屋根構造では、一般の曲面構造と異り、歪計による曲率変化の測定が不可能である。
- ii) ガイダルゲージによる測定では、曲面変形の中の特定方向についての成分しか得られない、限られた数のゲージでは曲面の曲率の変化までを掴むことは困難である。
- iii) 試験体が比較的大きく、また試験体に使用したケーブルのヤング係数が低いので（ $5 \sim 9 \times 10^5 \text{ kg/cm}^2$ ）変形量と写真測量で充分掴むことができる。
- iv) 撮影およびその撮影に必要な諸作業のために実験場で費やす時間が非常に短い。
- v) 写真で一度測定しておけば、撮影時の構造物の状況は任意の時に図化機に乾板をかけた再現でき、測定チェックができる。
- vi) 構造物全体の変形量を同時に一様の精度で掴むことができる。

§ 2. 場所および日時

撮影は、國電千駄ヶ谷駅前に作られた模型実験のための仮設物内で実施した。作業日程は以下の通りである。

撮影作業 昭和37年11月25日 26日

撮影は自動車、国電による振動の影響を避けるために、25日の夜半より翌26日の朝までの間に実施した。

図化作業 昭和38年1月7日～12日

図化作業は九州研究室のA7オートグラフで実施した。

§ 3. 使用機械および作業方法の概要

地上写真測量の場合には、ある距離だけ離れた2点から、カメラ軸と水平にかつ平行に整置して写真をとる。その撮影された乾板のステレオ像をもとにして、精密図化液によって測定をする。

図-1は撮影点と被写体との関係を示した略図である。吊り屋根の北半分の撓みを調べるために撮影は1A-1B、と2A-2Bの2基線で行ない、被写体の各半分がそれぞれの敷板で測定できるように撮影点を設けた。撮影基線の方向は、吊り屋根のメインローフに直角になるようにした。測定の際、吊り屋根の全ぼうがわかり、写真により測定しやすいような高さの所に撮影点を設け、その上より撮影を実施した。(写真-3)撮影点より被写体の最短点は約4mであった。

撮影は屋根構造の施工とも含めてつぎの9段階の荷重状態で実施した。カメラは1台であるためにこの各撮影点において定められた撮影方向に、各段階ごとにカメラをセットして実施し、同じ9段階の実験を2度繰り返す。1A-1Bと2A-2Bでそれぞれ繰り返してカメラをセットして撮影した。

9段階の荷重状態はつぎの通りである。

- i) ローフ自重のみ
- ii) 屋根荷重の1/2載荷
- iii) 屋根荷重満載 (100 kg/m^2)
- iv) 押え綱によるポリエステル導入 (写真-4)
- v) 北側半面雪荷重載荷 (60 kg/m^2)
- vi) 他の半面に6雪荷重載荷
- vii) v)とvi)による追加荷重除去
- viii) 全面除荷 (風荷重による全面 Suction)
- ix) 押え綱の張力除去

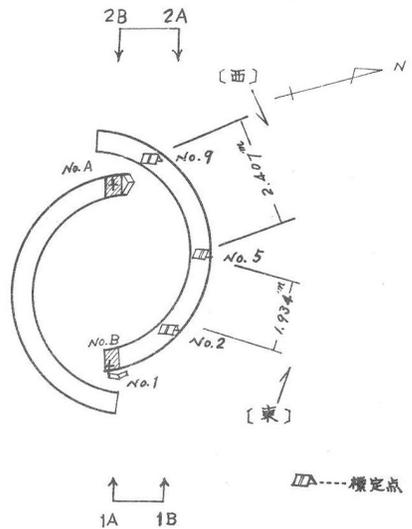


図-1

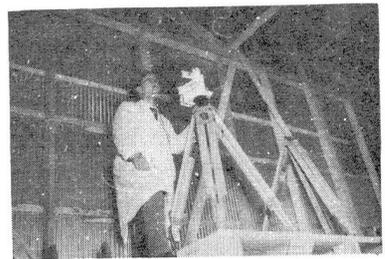


写真-3

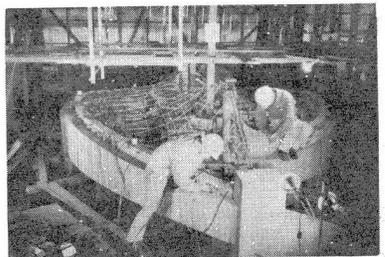


写真-4

カメラはカールツァイス製のC3B写真経緯儀(写真-5)を使用し、そのレンズはオルソプロタールで、焦点距離 193.22 mm 、最大わい曲収差は $2\sim 3\text{ mm}$ 、しほりは $f=25$ に固定されている。その焦点面に乾板位置が固定されるような仕組みであるので、この近距離撮影の場合には、撮影距離に合わせるように乾板面を調節する装置を乾板圧定面の上下に取付けた。

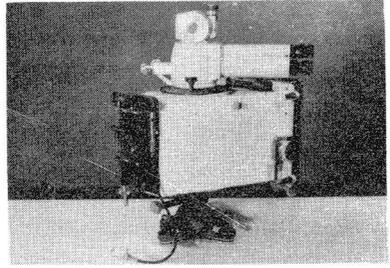


写真-5

円化測定の標定点としては、吊り屋根の外円周部分のコンクリート壁の上部に7点、両撮影基線より確認できる標識をセットした。被写体の上部に構造物と無関係に、東、西より確認できる各5点の標定点を設置した。

なお、吊り屋根の各ロープに数点ずつの十字マーキングを入れ、そのマークが撮影乾板内に明瞭に映り、その各点には、赤連鎖によるカール式のダイヤルゲージと直接取りつけて、写真測量の変形量と比較チェックをした。

撮影に際しては500W電球8個の照明を使用した。

撮影した一対の乾板を使用して、A7オートグラフ精密円化機(写真-6)を使用して各荷重段階の円化測定を行なった。その場合の円化機の換算縮尺は $1/15$ 、円化縮尺は $1/5$ であった。

それにより得られた成果は

- i) 各荷重段階におけるロープの撓み曲線(1A-1B, 2A-2B 両基線について)
- ii) 各吊り屋根のメイン、ロープと各ロープの交点における三次元的な変動の値、および各ロープにアタッチさせた十字マーク点の三次元的な変動量をオートグラフに付属する座標記録機により、自動的にタイポ記録をとった。

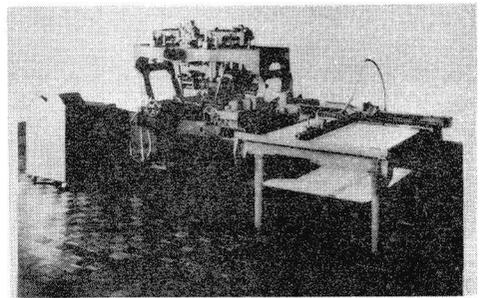


写真-6

このようにして写真測量によって得られた

図より、設計変形量との関係と比較して、坪井研究室において、現在種々な検討が行なわれている。