

大空間構造物の建方に用いる プッシュアップ工法の開発

Development of Push-up Method Used in Erection of Framing for Structures with Large Spaces

足 立 之 彦* 中 野 和 生** 小 池 芳 彦*** 西 垣 登****
Yukihiko ADACHI Kazuo NAKANO Yoshihiko KOIKE Noboru NISHIGAKI

Summary

We tested a new erection method which we call Push-Up System. This is considered as an effective and safe way for an erection of a large space structure such as a gymnasium, exposition hall etc..

More than four pushing PU apparatuses lift a structure which is combined on the ground to the level where the structure shall be fixed.

The apparatus has a pantograph mechanism driven by hydraulic power.

Through repeating erection tests of pipe trusses of an area of 1000m², we are certain that the push-up system can be applied at construction sites.

1. まえがき

わが国のめざましい経済発展により国民の日常生活は安全、便利といった面では豊かさがもたらされたが、精神的豊かさや時間的、空間的な豊かさにおいては西欧先進国に比べ、いぜん大きな格差がある。

そのため生活基盤の環境整備や充実を求める声はますます大きくなっている。そういった社会背景のなかで、スポーツ・リクリエーション・イベント用などの大空間施設の建設があいついでいる。

その構造も従来の労働集約的な方法で生産されるタイプから、造形の自由性にも柔軟に対応でき、かつ省力化されたシステムで生産されたシステムトラス構造などが採用されるようになってきた。現場施工においても今後ますます深刻化が予想される技能労働者不足、安全短期施工の要求が強まりつつある。

当社はこの分野で豊富な実績のある太陽工業(株)と共同して大空間構造物建方用のプッシュアップ（以下PUと記す）工法を開発した。また、実物大構造物の架構実験を行ったので、それらのあらましについて報告する。

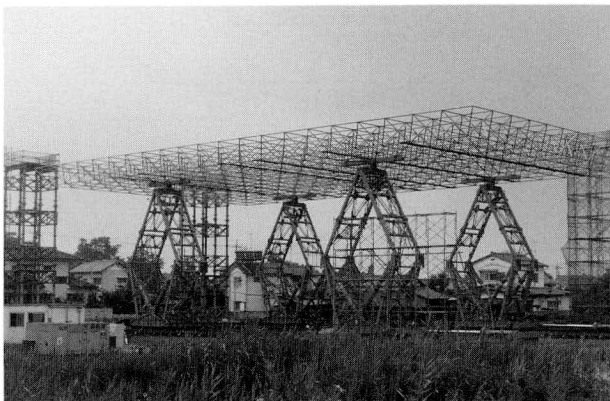


写真-1 実物大構造物架構実験状況

2. PU工法の概要

(1) 従来の建方工法

大空間構造物建方の既存工法としては、総足場工法、スライド工法、ブロック工法、リフトアップ工法などがあるが、設計・施工条件の制約から総足場工法での施工がほとんどである。

総足場工法は、図-1に示すように、大空間構造物が建方途中において変形しやすいことから全節点を仮受けする必要があり、建方用機材を大量に使用するので手間がかかるうえに高所作業になる。

* 宮地建設工業(株)技術開発部部长
** 宮地建設工業(株)技術開発部技術開発室長

*** 宮地建設工業(株)東京支店工事第一部工事課課長補佐
**** 宮地建設工業(株)東京支店工事第二部計画二課課長補佐

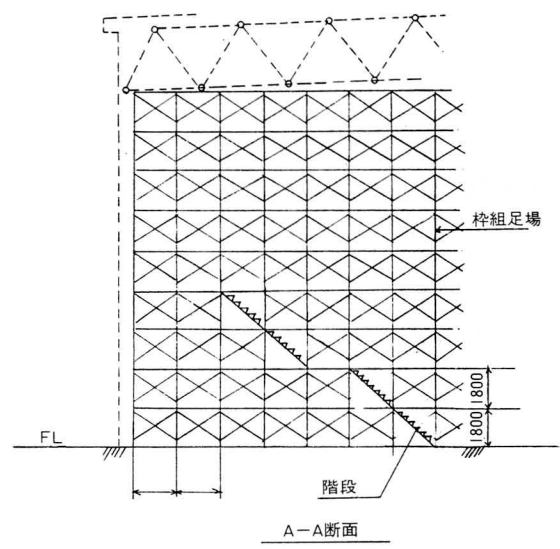
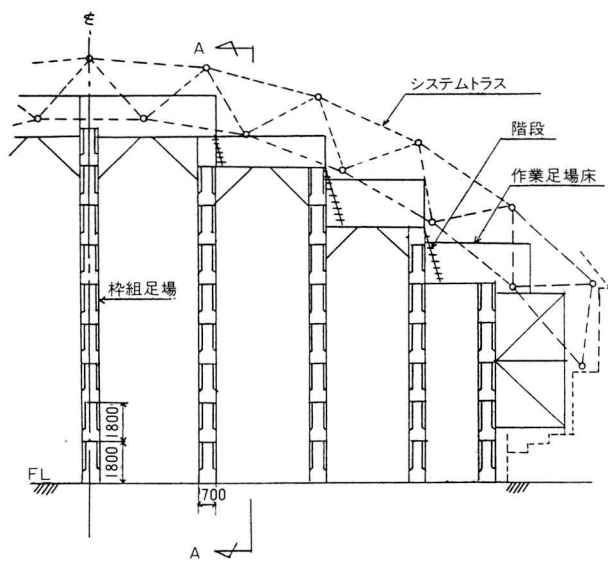


図-1 総足場工法図

(2) PU工法の概要

「プッシュアップ」と名づけたこの工法は、従来の総足場工法の欠点を無くするために開発したものである。

油圧で駆動されるパンタグラフ式のリンク機構よりなるPU装置を用いる。パンタグラフが縮んだ状態で地上部に設置した複数台のPU装置上で構造物を組立て、組立が終わったらパンタグラフを伸ばし構造物を押し上げていくため、足場の組立に多くの人手を要した総足場工法とちがって、PU工法の場合は屋根トラスなどの構造物を地上で組立てるのに必要な足場だけで済み、労務工数や建

方機材が大幅に削減できる。

標準的なPU工法の建方順序と作業フローを図-2、3に示す。

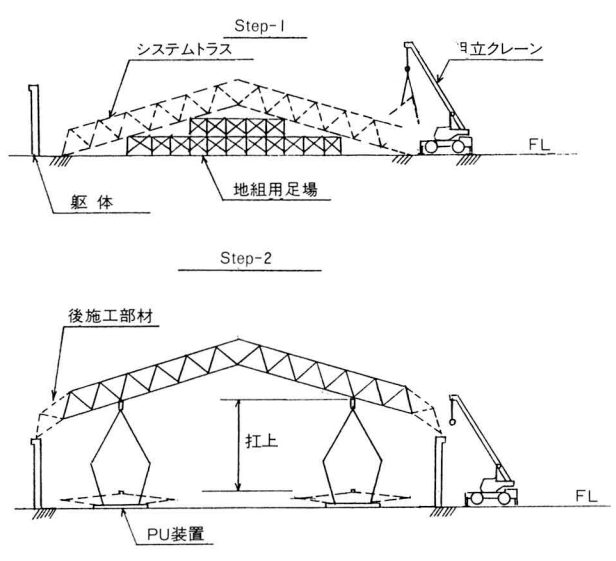


図-2 PU工法による建方順序

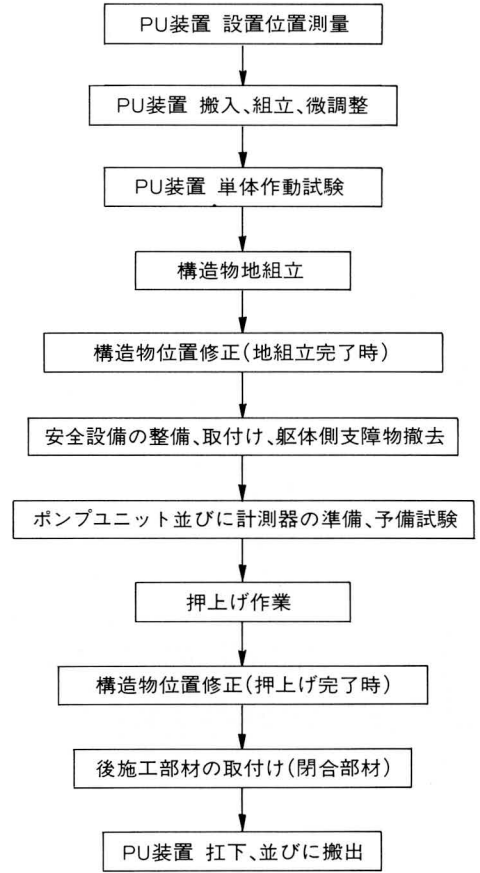


図-3 建方フローチャート

PU装置は最低4台構成とする。これを予め検討した位置に据付ける。つぎに構造物の部材を地組用足場などを利用して組立を行い、完了後、4連動異荷重油圧ポンプの流量制御によってPU装置に内蔵された補助鉛直ジャッキとテンションシリンダーを操作して所定の高さまで扛上する。

構造物の位置修正をした後、閉合部材を取付けPU装置を打下して解体搬出する。

(3) PU工法の特徴

- ① 従来工法に比べて、大部分が地上作業となるため仮設並びに安全設備などの施工量が大幅に軽減できる。
- ② 躯体工事のほか、仕上げ工事の屋根・天井・塗装・設備などが地上でも可能であり、また、扛上作業の

後上下のラップ作業が安心にできる。

- ③ 従来工法に比べて、工期短縮とコストダウンが図れる。

3. PU装置

(1) メカニズム

PU装置は電車のパンタグラフと同じ菱形のリンク機構である。テンションシリンダーが左右のリンク交点を中央に向かって引き込むようになっている。

テンションシリンダーは、一菱形面内に相対向して付いている。PU装置は、二つの菱形面を持っているのでテンションシリンダーは4台付いている。

菱形の頂上を鉛直に真っ直ぐに昇降させるために、4

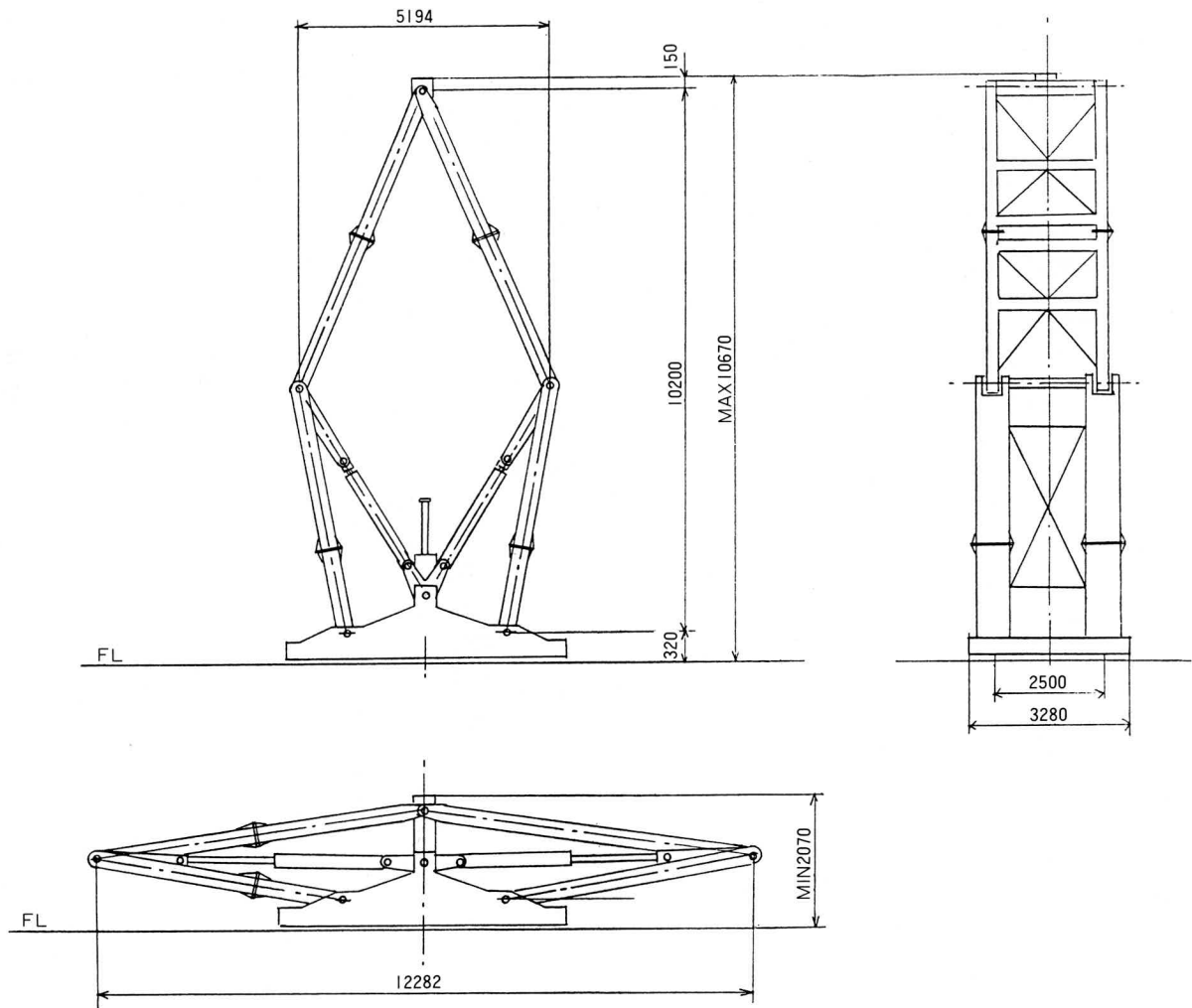


図-4 PU装置一般図

台のテンションシリンダーのストロークを常に合わせておく必要がある。各テンションシリンダーへの送油は同じ形式の油圧ポンプを用いて、on-offのタイミングを合わせることで各シリンダーのストロークを同じになるようにしている。

また、何らかの異常時に備えて各シリンダーにはストロークゲージを取付け、その読みを装置運転台にミリ単位で表示しチェックできる二重安全対策を設けている。

テンションシリンダーの負荷は、装置に載せる重量と菱形の形状によって異なる。

菱形の天端が最も低い位置にあるとき、負荷が最も大きくなる。このため天端がこの位置から2 m高い位置に来るまで別に補助鉛直ジャッキを用いて天端を昇降させるようにしている。

昇降速度は、油圧ポンプの吐出量によって異なる。

荷重を目的の高さまで持ち上げた後、据付調整のために前後左右に動かしたいときに備えて装置の荷重受け部にスライド式の調整ジャッキを設けている。

荷重を持ち上げたまま長時間放置するときは、油のリークなどによりテンションシリンダーのストロークが変化する可能性があるためにシリンダーの両側に設けたテンションバーを締め付ける。

この装置を輸送するときは据付場所の条件を考慮して、一台ずつトレーラーに載せるか、リンクのボルト接合部をばらしてユニック車に分散して載せられるようにしている。

なお、PU装置は地上で組立てた構造物を取付け高さまでプッシュアップするのを目的としているので、装置の最低高さをできるだけ低くし、しかもプッシュアップできる高さをできるだけ高くできるような機構にしなければ

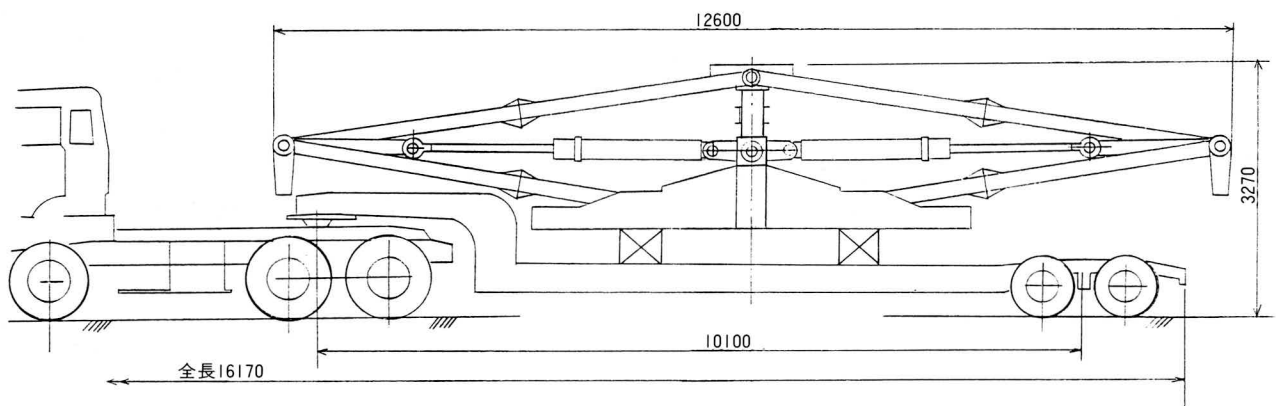


図-5 一括輸送荷姿

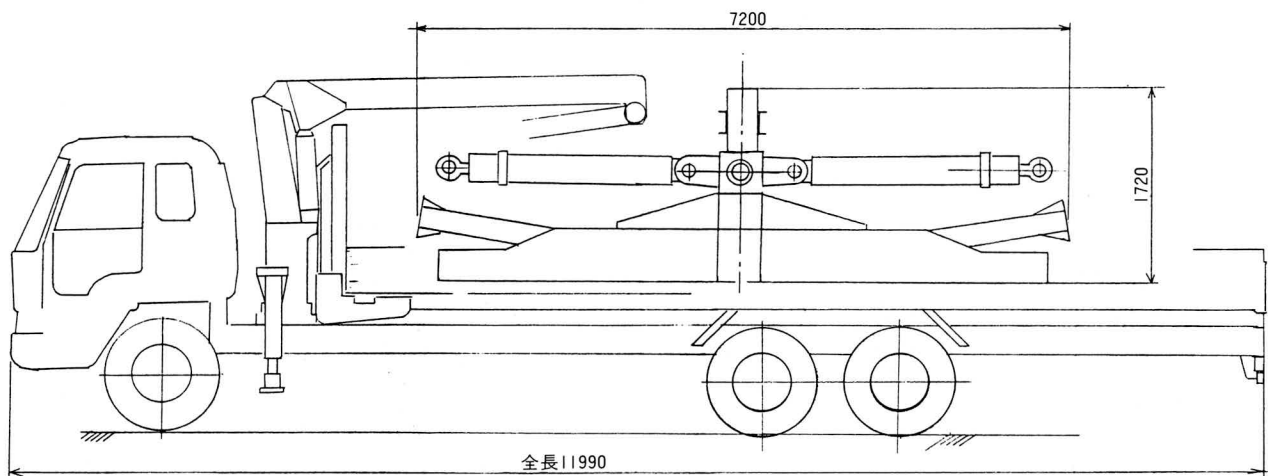


図-6 分割輸送荷姿

ばならない。

このような目的には、菱形のリンク機構が一番適している。また、同じような目的の応用例が多重菱形リンクの高所作業車であるが、この構造は重量の大きいものに対してまだ開発されていない。

油圧クレーンのブームを用いたとしても3段位の伸縮機構になっていて、下のものほど長さが大きく装置の最低高さを低くすることが困難である。

また、短尺の柱を尺取式に何段も積み重ねていく方法は多大な時間を必要とする。

(2) 労働安全衛生法との関係

PU装置と構造的に関係のある、クレーン・ゴンドラ・建設用リフト・高所作業車についての法での定義を調べてみたが、PU装置はこれらのどの装置にもあてはまらない。

しかし、装置が立ち上がってリンクに作業者が猿梯子を上り下りするときはロリップや安全帯を用いるなど作業安全上の注意事項はまもらなければならない。

(3) PU装置の仕様

① 型式

油圧駆動パンタグラフ式揚重機

自重：18ton/台

設計押上力：30ton/台

機高：3500mm

機幅：3280mm

機長：12282mm

② 油圧テンションシリンダー

能力：引90ton

ストローク：1550mm

作動圧力：284kg/cm²

テンションバー：36φゲビンデスターブ

補助鉛直ジャッキ

能力 1段目：30ton

2段目：22.9ton

ストローク 1段目：1020mm

2段目：980mm

作動圧力：289kg/cm²

③ ストロークケーシング

巻込式デジタルポイントスケール、および、カウンターユニット

4. PU装置の試験

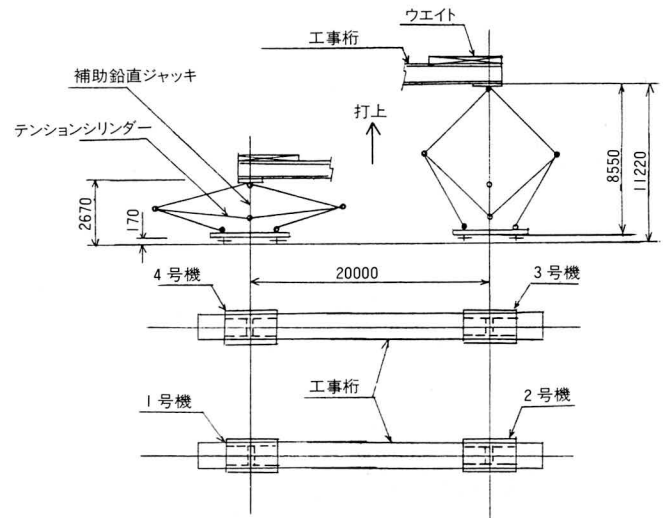
(1) 試験概要

・テスト①（単体無負荷試験）

無負荷状態においてテンションシリンダーストロークと油圧力並びに打上量などの性能、設計値との差異を確認した。

・テスト②（2台での負荷試験）

単体を2台使用して①と同様の性能を確認した。



(注) テストは1号機と2号機、3号機と4号機2回に分けて実施した。

図-7 テスト②要領図

・テスト③（4台での負荷試験）

単体を4台使用して、実物大構造物の扱上、扱下、縦移動テストを行った。

その構造物にイベントなどリース用として太陽工業(株)が保有しているシステムトラス (TMトラス) 1008m² (重量50ton) を用いて地上より11.35m打上するとともに、今後、実際使用するとき想定される水平方向 (X・Y) 移動試験も合わせて実施し極力実現場の状態を再現した。

なお、構造物重量は使用押上力の1/2であるが試験目的には十分であるとした。

試験では、打上所要時間、装置4台連動時構造物四隅4点の打上高誤差と構造物X・Yの水平ズレ変位の相関関係を確認した。

また、構造物荷重が小さいのでテンションジャッキストローク並びに油圧力の計測は省略した。

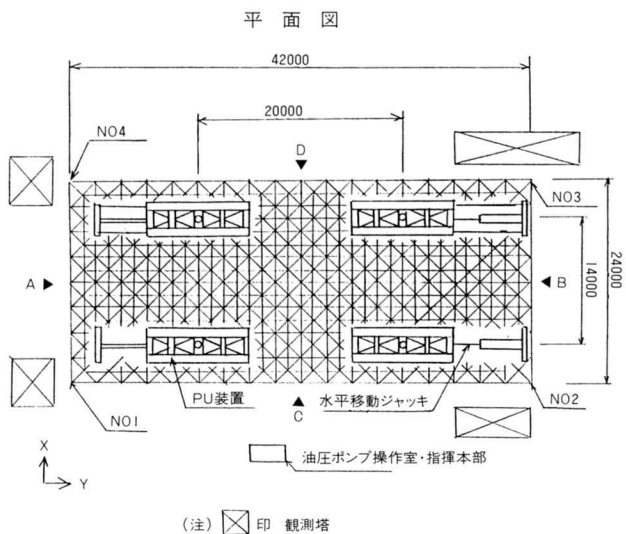


図-8 テスト③要領図



図-9 テスト③フローチャート

5. 試験結果

(1) テスト①

計算値によれば、ストローク1520mmで打上量は8589mmであるが実測打上量値は約60mm大きくなった。テンションシリンダーの先後端間の有効距離がその自重によって設計値より短くなるのが原因であると考えられる。

表-1 打上量(8648mm)時の油圧・ストローク実測値

テンションシリンダーNo.	油圧 (t)	St (mm)
No. 1	6.3	1511
No. 2	6.3	1510
No. 3	6.3	1512
No. 4	6.3	1514

(注) 油圧はテンションシリンダーの引力ならびにStは収縮長を示す。

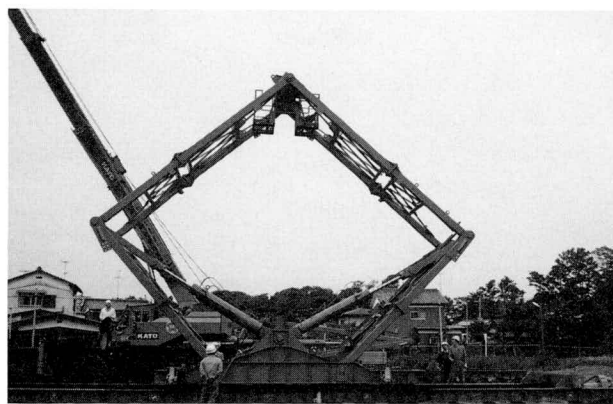


写真-2 テスト①状況

(2) テスト②

補助鉛直ジャッキ伸長完了直後(打上量2000mm)にテンションシリンダーの設計数値以上の実油圧力を示しているが、これは補助鉛直ジャッキとテンションシリンダーの合計力である。



写真-3 テスト②状況

また、扛上中のジャッキ、シリンダー、各ヒンジピン部などについて異音の発生もなくスムーズな動きであることを確認した。

なお、扛上時の変位については設計値より大きな値を示したが、テスト①に記した原因によるものと思われる。

表-2 打上量と油圧・ストローク(St)実測値

打上量 (mm)	1号機		2号機		3号機		4号機	
	油圧	St	油圧	St	油圧	St	油圧	St
2000	93	178	90	178	94	178	95	170
5000	59	571	58	563	61	567	61	567
7000	39	970	38	963	41	970	41	965
8550	22	1490	21	1490	24	1490	24	1490

(3) テスト③

テストは、構造物四隅のNo.1を基準に計画した手順で扛上を行ったが、扛上高の測定をナイロン製テープを用いて目視で行ったため、構造物の水平ズレや風の影響などで、各測点実測高に大きな誤差が発生した。

表-3 扛上時誤差

計画打上高 (mm)	タイム (分)	打上実測高 (mm)				水平ズレ変位 (mm)			
		No.1	No.2	No.3	No.4	A	B	C	D
2000	3	1900	1867	1789	1948	-14	+3	+5	+6
		0	-33	-111	+48				
4000	4	3970	3855	3935	3879	-3	+4	+12	-11
		0	-115	-35	-91				
6000	5	5995	5984	5979	6005	0	+5.5	+22*	-3
		0	-11	-16	+10				
8500	6	8490	8504	8507	8479	0	+8	+25*	-11
		0	+14	+17	-11				
所要時間	18	(注) ※：測定ミスと推定される(参考値)							

表-4 X方向水平移動時間

移動距離	タイム
500mm	2分
1000	2
1500	2

今後、PU装置を実際にするときでも、この測定は二重安全を確保するために有効と確認ができた。しかし簡単に精度よく測定できるよう改善することが課題となる。

扛上時間の18分については、予想したものであった。

水平ズレ変位については、実際工事に使用する場合の必要精度からみて許容範囲に入るものであった。

X方向水平移動について問題になることはなかった。

6. あとがき

当工法は本年7月12日、埼玉県栗橋町において太陽工業(株)主催で公開実験が行われ「これまでの架構法の概念とは異なる世界初の工法」としてPRされた。

当面、ボールジョイント方式によるTMトラス(システムトラス)向けの架構法として施工実績を重ねて予定であるが、一般鉄骨造など大空間構造物建方や橋梁工事(図-10参照)など幅広く用いられる可能性は十分である。

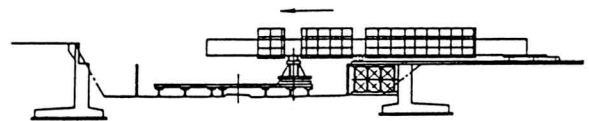


図-10 移動台車による主桁の架設

人手不足に悩む建設業界においては、省力化を目的とした技術開発が急務であるが、当工法もその一端であり、今後、装置の運転システムの改良など応用面でのシステム開発に取り組んでいかねばならない。

終わりに、この工法の開発にあたって御指導ならびに御協力を頂いた社内関係各位および協力会社の皆様に厚く御礼申し上げます。

1990.10.31受付