

5. 全天候施工システム「アメニルーフ」の開発

谷沢 晋
木村 建治
恩村 定幸

要 旨

このたび、作業現場を仮設屋根で覆い、降雨や降雪の影響を受けずに建設工事が行える全天候施工システム「アメニルーフ」を開発した。

「アメニルーフ」は、断面の異なる3本の柱を内蔵した伸縮式支柱と仮設の屋根で構成されており、躯体工事の進捗に合わせて、内蔵した油圧ジャッキで屋根を順次押し上げ、躯体作業を妨げることなく上昇できることを特長としている。施工実験においてその機能、施工性、安全性に何ら問題点がないことを検証したので、その開発概要と施工実験結果について報告する。

キーワード

アメニルーフ／全天候／仮設屋根／伸縮支柱

目 次

1. はじめに
2. 開発方針の検討
3. システムの概要
4. 施工実験の結果と考察
5. 熱環境計算の結果と考察
6. ま と め
7. あ と が き

5. DEVELOPMENT OF A CONSTRUCTION SYSTEM “AMENI-ROOF” IN ALL WEATHERS

Susumu Tanizawa
Kenji Kimura
Sadayuki Onmura

Abstract

A construction system “Ameni-roof” in all weathers was developed to cover workplaces with a temporary roof, and to shelter operations from rain and snow.

The “Ameni-roof” is constructed with three-step telescopic supports and the temporary roof. It can rise without preventing the erection of the frame structure, the succeeding stage of the roof being advanced with the built-in hydraulic jacks, in step with the advance of the structure erection. In trial use, the functions, applicability and safety were verified with no problems. In this paper, an outline of the development and the trial operation results are detailed.

1. はじめに

定められた工期内に建物を完成させることはゼネコンに課せられた義務ではあるが、地下工事や躯体工事のように、屋外での作業が主となる工事では降雨によって作業が中止または中断されることが多く、それが工期を圧迫し、工程を大きく遅延させる要因となっている。

通常、年間の雨天による作業不能日は約40日といわれている。最近では、さらに週休2日制を導入する作業所も増え始め、作業できる日数はますます圧縮され、工程を守ることが非常に難しくなっている。

このような状況を踏まえ、①作業環境の改善、②作業員の現場への定着、および③躯体工事の品質と安全性を向上させる工法として、天候の影響を受けずに、計画通りに作業を進められる工法「全天候施工システム」の開発がゼネコン各社で競って行われるようになってきた。

2. 開発方針の検討

2.1 他社開発事例の現況

これまで、ゼネコン数社によって、仮設の全天候施工システムが数件開発され発表されているが、その開発内容をまとめると下記ようになる。

①支柱材料

仮設屋根を上昇させるために支柱が建てられており、その支柱のほとんどにクレーンまたはエレベーター用の支柱が用いられている。

②支柱の建込み

支柱の建込みは、本設用のクレーンか、移動用のレッカー車を用いて行われている。

③屋根の上昇

屋根の上昇は、電動ピンラック方式またはウィンチ方式により行っている。上昇速度の同調制御が難かしいため、短ピッチ(500mm程度)で行っているものが多い。

④屋根の開閉

資材が取り込めるように、屋根を開閉できるようにしている。高さの異なる屋根を相互に水平移動する方式とアコーディオン方式によるものとの2方式によっている。駆動装置は電動ウィンチによるものが多い。

2.2 開発方針の決定

2.1項①～④に示す他社の開発内容を参考にして、当社独自のシステムを考案した。その目指した開発方針は下記の通りである。

(1) 屋根の上昇機構

- ①躯体作業を中断することなく屋根を上昇できる。
- ②屋根の上昇には、揚重機の助けを一切借りない。
- ③屋根の上昇は短時間、かつ安全に行う。
- ④できるだけ少ない作業人員で行う。
- ⑤敷地にあまり余裕がなくても施工できる。

(2) 屋根の形状および開閉機構

- ①耐風性、耐久性に優れている。
- ②開閉する際、駆動速度の同調制御が確実にできる。
- ③広い敷地がなくても、柱、屋根の建方・解体が容易に行える。

(3) システムの適用建物

最近の受注物件を調査した上で、開発コスト、転用性および開発の難易性を考慮して、本システムが適用できる建物を下記のものに限定した。

- ①用途；集合住宅、学校、ホテル
- ②構造；RC造またはSRC造
- ③高さ；高さ9階建て以下
- ④平面形状；細長い矩形またはL型形状、スパン長さ15m以内、桁行き長さ100m程度以内

3. システムの概要

3.1 全体概要

図-1に、本システムの全体概要を示す。

本システムは、建物の外周部に仮設の支柱を建て、その上にシートを張った軽量鉄骨屋根を架けて、躯体工程に合わせて、自ら屋根を順次上昇させる機構を持つものである。

最大の特長は、支柱を伸縮式としていることであり、この支柱内に取り付けた油圧ジャッキを用いて、屋根を自力で上昇させることができる。

屋根は、高さの異なる固定屋根（または走行屋根）と駆動屋根とからなっており、走行屋根の下に駆動屋根を入り込ませることによって、一体にして水平移動させ屋根を開閉する。したがって、その開口面積は大きくでき、躯体作業に必要な長尺材料の取り込みを容易にした。

各工程における軒高さは、順次打設したコンクリートスラブ面より約7m高くなるようにしてあり、上階

の柱筋を圧接する作業等、躯体作業に支障がでないようにしている。

以下、本システムの設計条件と特長を示す。

〔設計条件〕

- ・屋根最高高さ；30m
- ・設計風速；30m/s
- ・積雪荷重；34kg/m²（大阪地区でh=50cm）
- ・地震荷重；k = 0.2（高さ方向に一様）

〔特長〕

- ①屋根の上昇は油圧ジャッキを用いて自力で行うため、クレーン類の助けが必要でなく、
 - (i) 上昇作業が早く、安全に、効率よくできる
 - (ii) 躯体作業に必要な揚重機の稼働に影響を与えない
 - (iii) 建物周辺にクレーン車設置用の敷地が不要
- ②屋根の上昇中も、下部での躯体作業が安全に行える
- ③建方時の支柱の高さを10mと高くしてあるので、基礎工事や地下工事を行うのに何の支障もない
- ④固定屋根も走行屋根に変更できるので、屋根全体が自由に移動でき、SRC造にも適用できる
- ⑤機械騒音がほとんど発生しない

3.2 支柱の機構

支柱は、図-2 および図-3 に示すように、SS400の山形鋼および溝形鋼を主材とする4本のトラス状中空柱で構成されている。柱を順次上へ伸ばせるように、1節ごとにその断面を少しずつ小さくしている。

建方時の支柱高さを約10mとし、基礎工事や地下工事に使用する掘削機械、揚重機械等が自由に稼働できるようにしている。また、壁つなぎからの柱の自立可能高さを約9.5mまでとして、通常の躯体作業に支障をきたさないようにしている。支柱を最も伸ばしたときの高さは、9階建て程度の集合住宅に適用できるように、約27mとした。

各節の柱の単体重量は約1.1t～2.2tである。油圧装置を内蔵した4節の柱が最も重く、支柱1基の総重量は約6.2tである。

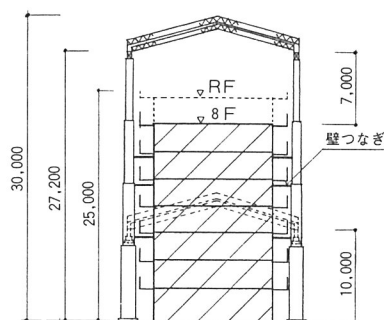
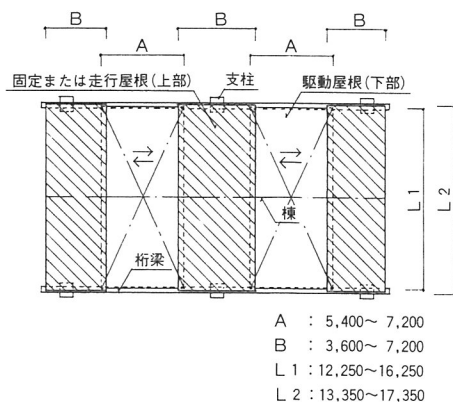


図-1 アメルーフ概要図

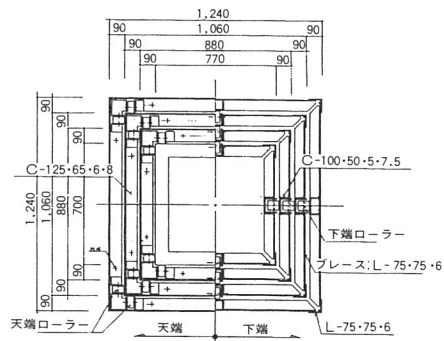


図-2 支柱平面詳細図

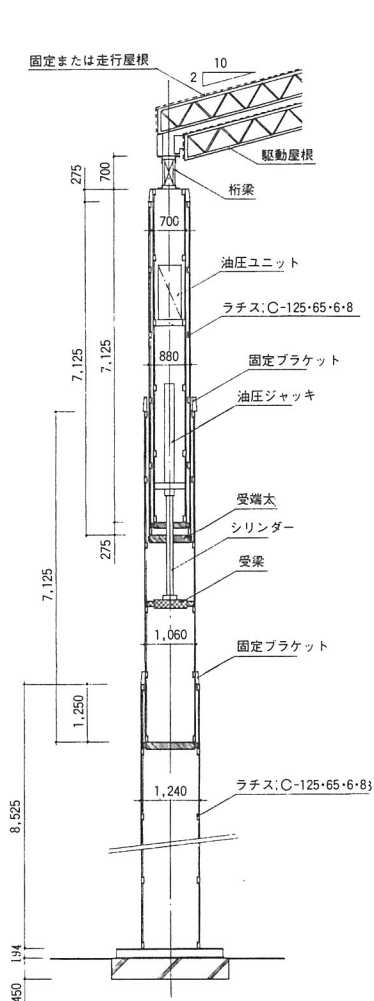


図-3 支柱矩形図

支柱の上昇は、油圧ジャッキを用いて、約60cm/分の上昇速度で行う。

以下、2節目の柱を例にとり、その施工手順を示す(図-4参照)。

〔支柱の上昇手順〕

- ① 1節柱と2節柱を緊結している固定ブラケットを解除する(水平ボルトを取り外し、ブラケットを外側にずらす：①図)
- ② シリンダーをラチス-Iの上まで伸ばしてから、受梁を伸ばし、ラチス-Iに架けて上部の荷重を支える(②図)
- ③ 受梁と同高さにある受端太-Aを縮める
- ④ シリンダーをストローク一杯まで伸ばし、2節の柱を上昇せる(④図)

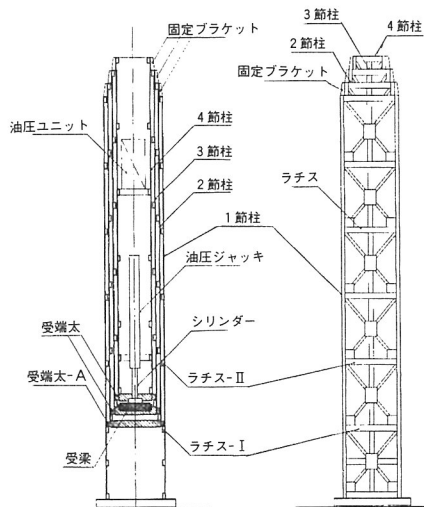


図-4 支柱の上昇手順：2節の柱を上昇させるとき(3節、4節の柱も同時に上昇する)

⑤ 受端太-Aを伸ばし、ラチス-IIに架けて上部の荷重を支える(⑤図)

⑥ 受梁を縮め、シリンダーをストローク一杯まで縮める(⑥図)

(注) 受梁、受端太は、片側からの操作で両側の伸縮が同時にできるようにしている

以上で、1ストローク1,400mm(ラチス pitch)の支柱の上昇が完了する。一般の集合住宅の場合、階高は2,800mm程度であるので、このクライミングを2回繰り返せばよく、その作業は約30分で完了する。

なお、上昇機構には、すべての支柱の上昇速度を同調させる制御装置と、ジャッキに過負荷が発生したと

き瞬時にジャッキの作動を停止させる過負荷停止装置とを装備している。

表－１に、油圧装置の仕様を示す。

表－１ 支柱の油圧装置の仕様

項 目	仕 様
モ ー タ ー	1.5KW－6 P（全閉外扇）
最 高 使 用 圧 力	70kg/cm ²
ポ ンプ 吐 出 量	11.6 L／分
タ ン ク 容 量	100 L（タンク）＋30 L（配管）
使 用 油	I S O－V G 46
電 源 （動 力） （制 御）	AC－220 V，φ 3，60Hz AC－220 V，φ 1，60Hz
ジャッキ定格出力	10 t
ジャッキ・ストローク	1,400mm
シリンダー・ストローク	2,000mm
速 度 （上 昇） （下 降）	9.6mm／秒 18.2mm／秒

3.3 屋根、桁梁の機構

図－５に屋根および桁梁の伏図と姿図を示す。

桁梁は山形鋼を部材とするボックストラス梁、屋根は鋼管材を主材とするラチス梁を組合わせた切妻形式の屋根としており、高さの異なる上屋根と下屋根を交互に配置している。

上屋根は固定屋根としているが、東部分を走行用のものに取り替えることにより、すべて走行屋根とすることができる。下屋根は、両側の軒梁の中央部に電動モーターを取り付け、自力で走行する駆動屋根としている。

屋根の開閉は、駆動屋根が固定屋根の下に潜り込むように水平に走行して行い、固定屋根が走行屋根のときは駆動屋根と一体になって走行することができる。その走行速度は約6 m／分である。なお、駆動機構には、両側のモーターの回転速度を同調させる制御装置が装備されている。

表－２に、屋根の駆動装置の仕様を示す。

表－２ 屋根の駆動装置の仕様

項 目	仕 様
電 源	AC－220 V，φ 3，60Hz
モーター	0.4KW－7 P
駆動速度	120mm／秒

屋根のフレームは、建物の大きさに対応できるように、スパン方向にディスタンスピースを取り付け、スパン長を最大17mまで拡げることができる。同様に、桁梁についても、ディスタンスピースを用いて建物の桁行長さに対応できるようにしている。桁梁の重量は約80kg／m、屋根の重量は約20kg／m²である。

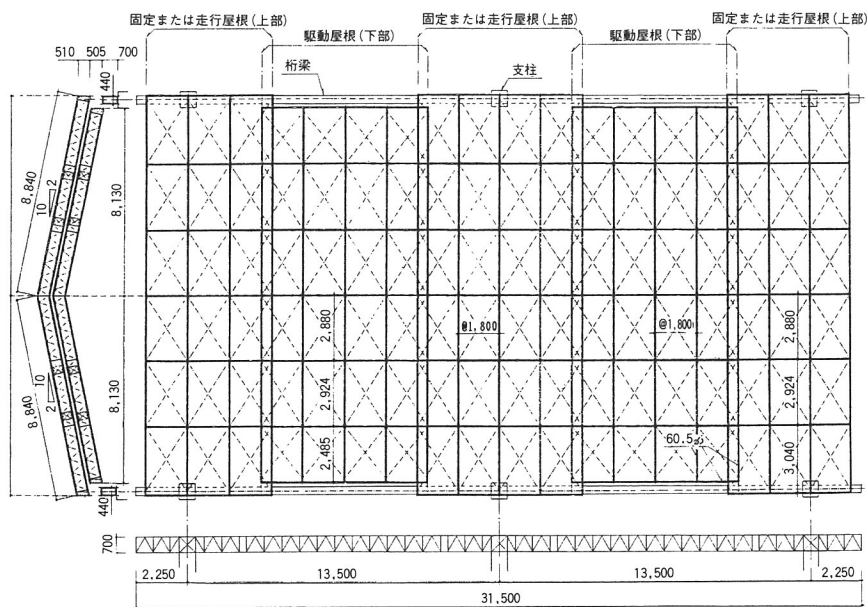
屋根の膜材は、転用時の補修コスト、補修後の美観等を考え、一現場だけ使用に耐えればよいものとし、防災Ⅰ類の養生シートを採用した。

3.4 施工手順

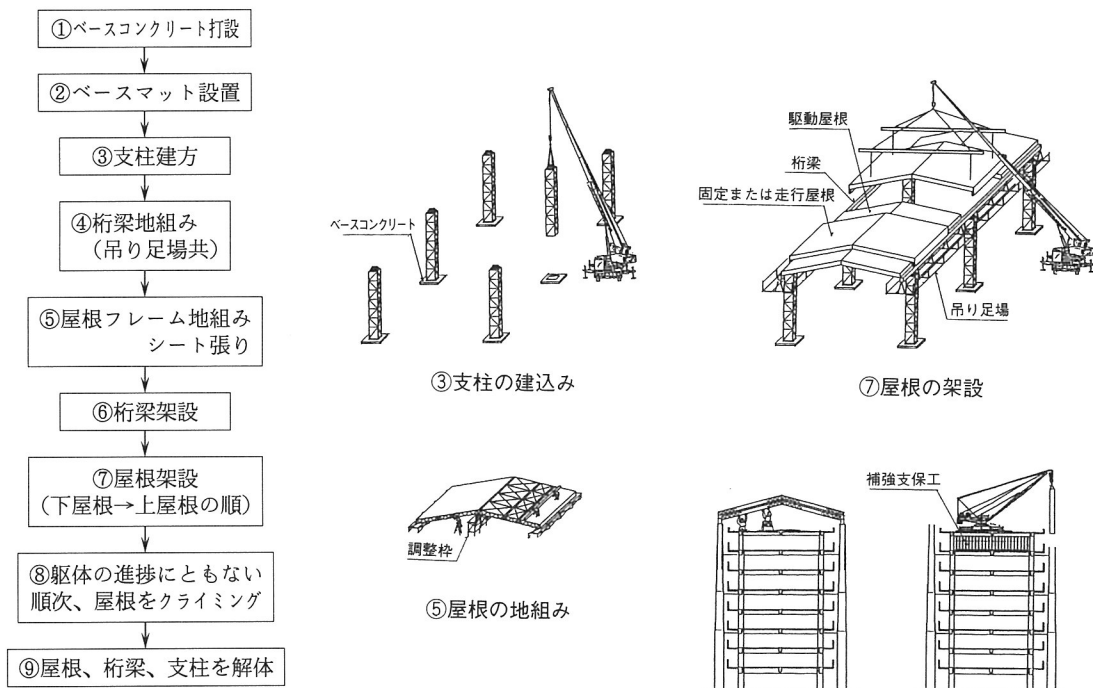
図－６に、建方から解体までの施工手順を示す。

手順の中で、⑨における解体作業は、原則として、揚重機が利用できるときは揚重機で行い、利用できないときは以下の手順で行う。

- (i) 脚立作業が可能な高さまで屋根を下降させる
- (ii) 屋根シートを解体する
- (iii) 屋根フレームを解体し、解体材を地上へ下ろす
- (iv) パワーリーチを屋上に据え付ける
- (v) パワーリーチで各節の柱を４節から一本ずつ抜き取り、解体する（一旦屋上へ取り込んでから地上へ下ろす）
- (vi) パワーリーチを解体する



図－5 屋根、桁梁フレーム図



図－6 建方から解体までの施工手順

3.5 SRC造、L型建物への適用

(1) SRC造建物への適用

図-7に示すように、固定屋根をすべて走行屋根とする。駆動屋根と連結させて、すべての屋根が移動および開閉できるようにする。鉄骨建方を行う部分の屋根を移動させ、建方部の上部をオープンにすることにより、鉄骨建方が可能になる。

ただし、支柱は9.5mまでしか自立できないので、3階分以下を1節とするSRC造以外には適用できない。

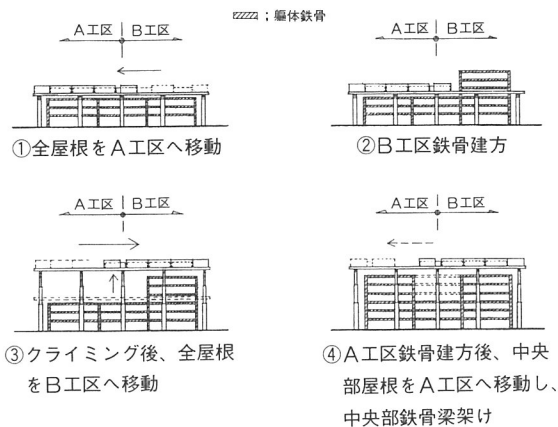


図-7 SRC造に適用時の施工例 (断面図)

(2) 平面形状がL形をした建物への適用

平面形状がL形の建物の場合は、図-8に示すように、コーナー部に固定屋根を設けて対応する。この場合、コーナー部の屋根は開閉できないが、下図のように桁梁を設ければ屋根を移動させることができ、開口部とすることができる。

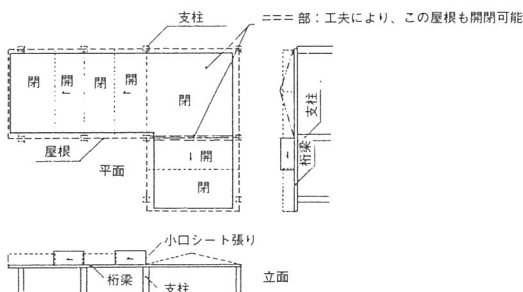


図-8 L形平面の建物への適用方法

4. 施工実験の結果と考察

4.1 第1次施工実験 (H. 5年4月)

第1次施工実験は、図-9に示す要領で、支柱1基について行った。上昇させたときの機能性と作業性、および設計条件として決めた荷重を負荷させたときの支柱の変位と復元性、ならびに各部材にかかる応力の変化を調査するために行った。

写真-1～3に、その実験状況を示す。

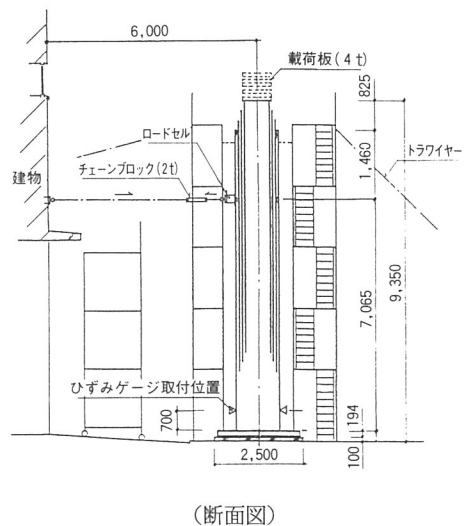
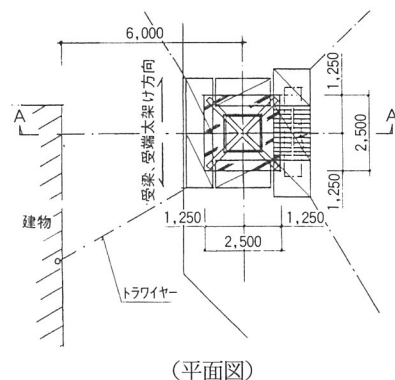
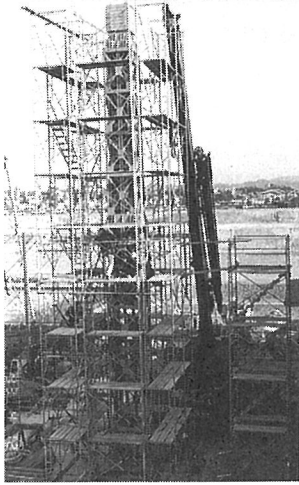
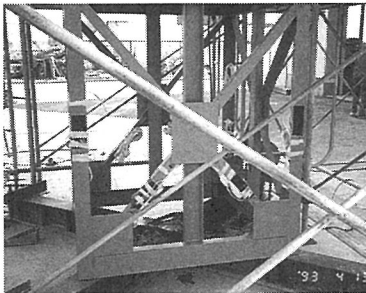


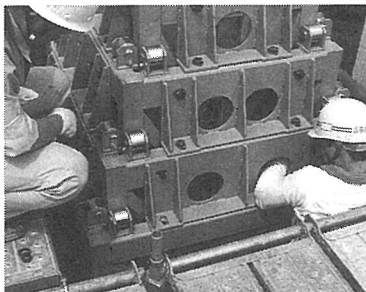
図-9 第1次施工実験概要図



写真－1 鉛直荷重の載荷



写真－2 応力測定ゲージ取付け部



写真－3 支柱の上部回り

(1) 上昇時の支柱の機能性と作業性

実験では、支柱を4方向からトラワイヤーで補強し、3節の柱が伸び切るまで上昇を繰り返し行った。

実験の結果、支柱の上昇は非常にスムーズに行え、上昇後の各節の柱の垂直精度も良好であり、柱とローラーとのクリアランス（約5mm）が適正であることが実証された。また、その他改善すべき点もわかった。

〔改善事項〕

- ①受端太、受梁の伸縮作業が楽になるように、片側から操作すれば、もう一方の側も同時に伸縮できるようにする
- ②上部固定ブラケットのボルトの取付け・取り外し作業が難しかったので、ブラケット側面に開口部を設け、作業を容易にする
- ③ジャッキの伸縮時にシリンダーが回転しないよう、回転防止装置を取り付ける

(2) 加力時の支柱の変位・復元性と部材応力の変化

設計荷重に等しい鉛直荷重4t、水平荷重2tをそれぞれ支柱に載荷・加力し、支柱の変位・復元性および各部材にかかる応力を測定した。

その実験結果を図-10および図-11に示す。変位性能と復元性能には全く問題がなく、また、各部材に発生した応力も設計応力内に納まっていることを検証した。

4.2 第2次施工実験（H.5年6月）

屋根を上昇・下降させたときの施工性とその速度の同調制御性、および屋根を開閉させたときの駆動性と施工性を調査するため、第2次施工実験を行った。

図-12にその実験の概要を示す。

まず、建物を想定してステージ足場を組み立てたのち、その周囲に支柱4基を建て、支柱の上に桁梁を架け、屋根を設置した。

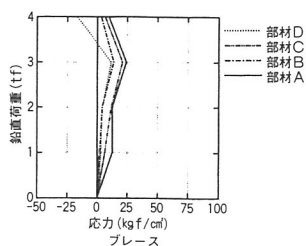
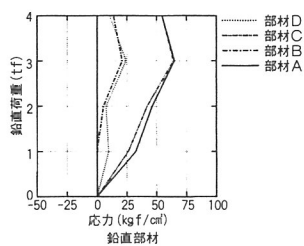
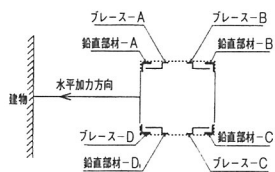
写真-4～10に、そのときの実験状況を示す。

以下、実験の結果と考察について述べる。

(1) 支柱の上昇・下降の同調性

支柱を上昇させたときの同調性を調べるため、4基の支柱を同時に1,200mm上昇させてみた。そのときの各支柱の上昇誤差は $\pm 3\text{ mm}$ （0.25%）の範囲にあり、油圧ジャッキの性能が予想以上に良好であることがわかった。

当初は、ジャッキの同調制御が難しく、屋根を上昇・下降させるときは、@500mm程度ごとに全支柱についてレベル調整を行うことが必要と考えていたが、この



(部材記号図)

図-10 鉛直荷重（4 t）载荷時の応力の変化

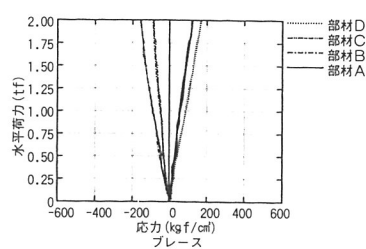
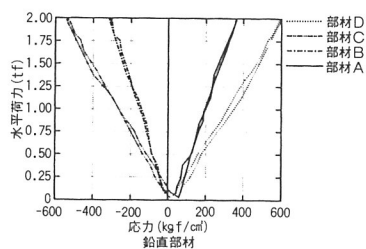
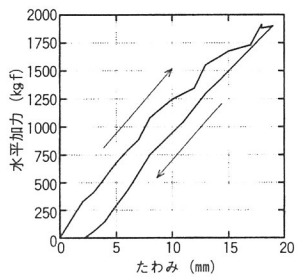
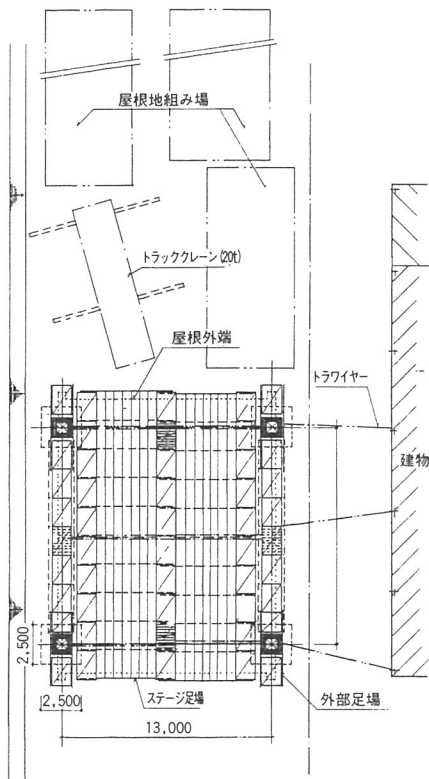
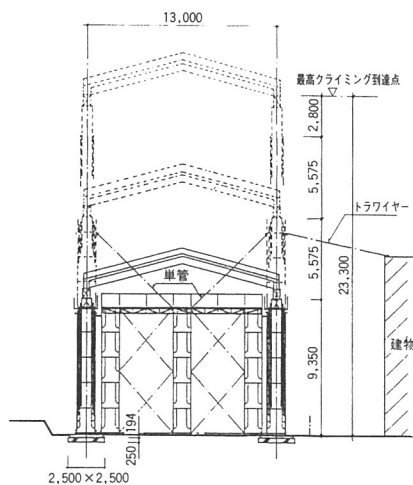


図-11 水平力（2 t）加力時の部材応力の変化



(配置図)



(断面図)

図-12 第2次施工実験概要図

実験結果により、ラチス間距離（1,400mm）程度は一気に上昇・下降させても支障が起こらないことがわかった。

また、実験では、足場で支柱を補強して軒高23mまで屋根を上昇させたが、そのときの各節の柱の垂直精度はXY方向共±3mm以下であり、非常に良好な結果が得られた。



写真-7 屋根のシート張り

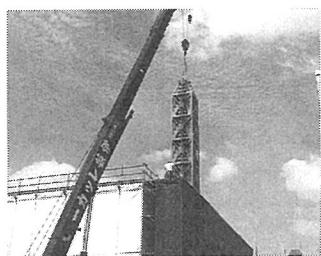


写真-4 支柱建方



写真-8 屋根架設



写真-5 桁梁の地組み

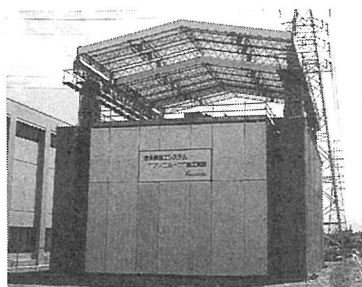


写真-9 建方完了

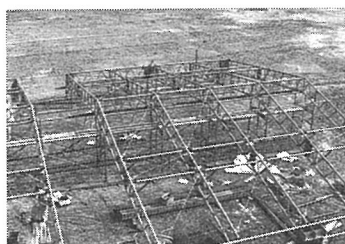


写真-6 屋根フレームの地組み



写真-10 クライミング状況
($h=23\text{m}$)

(2) 本システムの施工性

(a) 施工性

実験では、実際の現場での使用状況を想定して、屋根のクライミングおよび開閉作業をすべて熟練工にまかせて施工した。

クライミングは、数回の繰り返し作業を行っただけで作業者は習熟し、手順通りに問題なく行うことができた。屋根の開閉は、実験当初から問題なくスムーズに行うことができた。駆動屋根の両側の軒梁に取り付けた2台の駆動用モーターの回転速度もよく同調制御され、何ら問題点もみられなかった。

(b) 歩掛り

表-3に、本実験において、地組み作業から建方に至るまでの作業で得られた施工歩掛りをデータとして示す。

表-3 地組みから建方までの施工歩掛りデータ

作業内容		作業員数	所要時間
支柱建方（4基=20tトラッククレーン使用）		5人	1時間
地組み	屋根フレーム 〔・駆動屋根1枚 ・固定屋根1枚 ・移動屋根1枚 ・地組み架台*の架払〕	3人	1.5日
	屋根シート張り（3枚）	2人	0.5日
	桁梁（2本、吊り足場共）	4人	2時間
架設	桁梁架設（2本）	3人	1時間
	屋根架設 〔・駆動屋根1枚 ・固定屋根1枚 ・移動屋根1枚〕	4人	1.5時間

（注）*；実験では、屋根フレームの地組み用架台として、軒梁および棟梁の下に調整枠を組み立てて使用したが、地組みの施工性はなかなか良好であった。

(c) 施工上の注意点

今回の実験結果から、施工上注意すべき点として、下記の事項があげられる。

- ①屋根の架設がスムーズに行えるように、支柱の建入れ精度は、 $\pm 3.5\text{mm}$ 以下を確保する
- ②屋根の組立精度を確保するため、地組みの手順は以下の要領で行う。
 - (i) 架台上にて、軒梁、合掌梁（垂木）および棟梁を組立てる
 - (ii) 垂木材、母屋材を組立てる
 - (iii) 屋根のコーナー部の直角精度を確保するため、屋根全体の対角方向に2本のトラワイヤーを

ターンバックルで同じ長さとなるように張り、その精度を確保する

(iv) 全ブレースを取り付ける

5. 熱環境計算の結果とその考察

本システムは雨天時でも作業が行えるようにと開発したものであるが、屋根によって日射が遮られるため、熱的な面でも作業環境が良好になると推測した。どの程度作業環境が改善されるのか、また作業者の体感への影響はどうなるのかなどを知るには、実際に気中温度や体表面温度を測定するとか、アンケート調査を行う等の方法が考えられたが、ここでは数値計算を行い確認する方法を試みた。

気温が上昇すると、人体の血管は膨張し、血流量が増加して皮膚の表面温度が上昇する。これによって気温上昇による人体からの放熱量が減少するのを防ぐ。さらに気温が上昇すると発汗が始まるが、その汗の蒸発により熱放散量が増加し、産熱量と放熱量が平衡化して体温の上昇を防ぐ。したがって、皮膚の表面温度と蒸発による放散熱量が快適さの指標となる。

ここでは、これらの値を計算し比較することによって、本システムによる快適さの程度を推測することとした。

5.1 計算方法

O.P.Fangerの式を用いて、作業者の平均皮膚表面温度と発汗による放散熱量をアメニールーフ内で作業した場合と、通常の屋外で作業した場合とで計算し比較する。ただし、Fangerの式は、室内熱環境においての計算式であるため、日射による影響は考慮されていない。しかし、ここでの計算では日射要素を無視することはできないので、日射による影響を加味した式を導いて解析を行った。

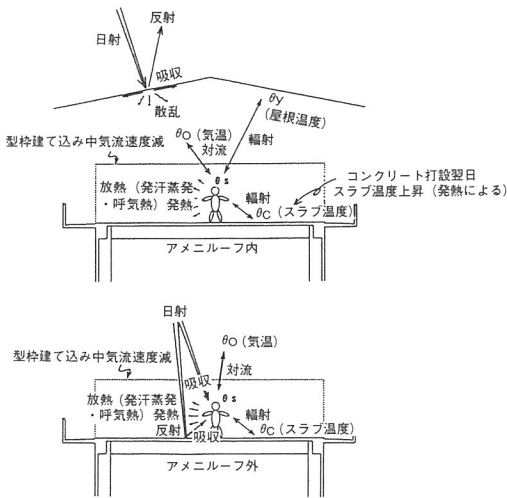
5.2 作業状況の設定

季節は真夏、時刻は最高気温時、湿度60%とし、アメニールーフ内の作業については、以下の3状況について計算を行った。屋外の作業については、日射の影響が強いため、晴天と曇天の2つの場合について計算を行った。

- ①通常の作業時
- ②コンクリート打設翌日でスラブ温度が少し上昇した場合での作業時
- ③型枠建込み中で気流速度が遅い場合での作業時

5.3 解析モデル

解析モデルを図-13のように設定した。



k : 皮膚表面から外気までの熱貫流率 ($\text{kcal}/\text{m}^2\text{h}^\circ\text{C}$) (衣服を含む)
 θ_s : 平均皮膚表面温度 ($^\circ\text{C}$)
 θ_{op} : 作用温度 ($^\circ\text{C}$)
 θ_o : 外気温度 ($^\circ\text{C}$)
 θ_r : 周囲の平均放射温度 ($^\circ\text{C}$)
 θ_c : スラブ表面温度 ($^\circ\text{C}$)
 θ_y : 屋根表面温度 ($^\circ\text{C}$)
 α_o : 総合熱伝達率 ($\text{kcal}/\text{m}^2\text{h}^\circ\text{C}$)
 α_c : 対流熱伝達率 ($\text{kcal}/\text{m}^2\text{h}^\circ\text{C}$)
 α_r : 放射熱伝達率 ($\text{kcal}/\text{m}^2\text{h}^\circ\text{C}$)
 RR : 衣服の熱伝導抵抗 ($\text{m}^2\text{h}^\circ\text{C}/\text{kcal}$)
 A_s : 日射吸収率 (人)
 A'_s : スラブ面の日射反射率
 J_s : 日射量 ($\text{kcal}/\text{m}^2\text{h}$)
 k' : 皮膚表面から外気までの湿気貫流率 ($\text{g}/\text{m}^2\text{hmmHg}$) (衣服を含む)
 τ : 蒸発の潜熱 (kcal/g)
 w : 濡れ面積比 (蒸発面積/体表面積)
 p_s : 平均皮膚表面温に於ける飽和水蒸気圧 (mmHg)
 p_o : 外気の水蒸気圧 (mmHg)
 α'_o : 湿気伝達率 ($\text{g}/\text{m}^2\text{hmmHg}$)
 θ_l : 呼出空気温度 ($^\circ\text{C}$)
 p_{ls} : 呼出空気温に於ける飽和水蒸気圧 (mmHg)
 Q : 呼出空気量 (kg/h)
 γ_{pa} : 湿り空気の比熱 ($\text{kcal}/\text{kg}^\circ\text{C}$)
 γ : 湿り空気の比重 (kg/m^3)
 $C := 1/R_s T$ ($\text{g}/\text{m}^3\text{mmHg}$) (常温では $C = 1$)
 R_s : 水蒸気的气体定数 ($\text{m}^2\text{mmHg}/\text{kg}$)
 T : 絶対温度 (K)

5.4 解析に用いた計算式および数値

解析は以下の計算式を用いて行った。

$$(1-\eta)M/A_b = E + R + C + L + S \quad (\text{Fangerの式})$$

$$M = (RMR + 1.2)B$$

$$R + C = k(\theta_s - \theta_{op})$$

$$k = \frac{1}{RR + \frac{1}{\alpha_o}}$$

$$\theta_{op} = \frac{\alpha_c \theta_o + \alpha_r \theta_r}{\alpha_o} + \frac{J}{\alpha_o}$$

$$\alpha_o = \alpha_c + \alpha_r$$

$$\theta_r = \frac{5\theta_o + \theta_c}{6}$$

$$\theta_r = \frac{\theta_o + \theta_c + \theta_y}{3}$$

$$J = A_s J_s + A'_s A'_s J_s$$

$$E = k'(p_s - p_o)rw$$

$$k' = \frac{1}{\frac{0.18I_{clo}\epsilon}{2.2} + \frac{1}{2.2\alpha'_o}}$$

$$\epsilon = 1.62(0.18I_{clo})^{1/8}$$

$$\alpha'_o = 4\alpha_c$$

$$p_s = A\theta_s + b$$

$$L = C_{pa}Q(\theta_l - \theta_o)/A_b + rQ(p_{ls} - p_o)C/\gamma A_s$$

$$Q = 0.006M$$

$$S = 0$$

ここで、

M : 代謝量 (kcal/h)
 A_b : 体表面積 (m^2)
 η : 仕事効率 ($\eta = 0 \sim 0.2$)
 E : 蒸発により放散する熱量 ($\text{kcal}/\text{m}^2\text{h}$)
 R : 放射で放散する熱量 ($\text{kcal}/\text{m}^2\text{h}$)
 C : 対流および伝導で放散する熱量 ($\text{kcal}/\text{m}^2\text{h}$)
 L : 呼吸加熱 ($\text{kcal}/\text{m}^2\text{h}$)
 S : 体内に蓄積される熱量 ($\text{kcal}/\text{m}^2\text{h}$)
 RMR : エネルギー代謝率
 B : 基礎代謝量 (kcal/h)

解析に用いた設定数値を以下に示す。

$$\eta = 0 \quad B = 58\text{kcal}/\text{m}^2\text{h} \quad A_b = 1.6\text{m}^2$$

$$RR = 0.13\text{m}^2\text{h}^\circ\text{C}/\text{kcal} \quad (I_{clo} = 0.73\text{clo})$$

$$\alpha_r = 4\text{kcal}/\text{m}^2\text{h}^\circ\text{C} \quad A_s = 0.6 \quad A'_s = 0.4$$

$$r = 0.58\text{kcal}/\text{g} \quad A = 2.35 \quad b = -38.67$$

$$p_o = 22.638\text{mmHg} \quad \theta_l = 34^\circ\text{C} \quad p_{ls} = 39.9\text{mmHg}$$

$$C_{pa} = 0.255\text{kcal}/\text{kg}^\circ\text{C} \quad \gamma = 1.14\text{kg}/\text{m}^3$$

解析に用いたパラメータの設定値を表-4に示す。

表-4 解析に用いたパラメータ

パラメータ	屋外での作業	アメニールフでの作業
熱伝達率 α_o ($\text{kcal}/\text{m}^2\text{h}^\circ\text{C}$)	20	型枠建込み作業時 10 その他 20
気温 θ_o ($^\circ\text{C}$)	33	33
スラブ表面温度 θ_c ($^\circ\text{C}$)	晴天 60 曇天 45	コンクリート打設翌日 (スラブ温度上昇) 36 その他 33
屋根表面温度 θ_y ($^\circ\text{C}$)	—	44
日射量 J_s ($\text{kcal}/\text{m}^2\text{h}$)	晴天 600 曇天 600	0
RMR	$= 0$ (休憩時) $= 2$ (軽作業時) $= 5$ (通常作業時)	
濡れ面積比	1.0	

なお、アメニールフの屋根表面温度、最高気温は非常定計算によって算出した。また、作業者の体温は上昇しないものとして、 $S = 0$ で計算を行った。

5.5 計算結果と考察

表-5に平均皮膚表面温度の計算結果を、表-6に蒸発による放散熱量の計算結果を示す。屋外とアメニールフ内について、平均皮膚表面温度と蒸発による放散熱量とを比較したものを図-14、図-15に示す。

表および図より、平均皮膚表面温度と蒸発による放

散熱量は、いずれの状況でもアメニーフ内での作業の方が下まわっており、晴天の場合では、平均皮膚表面温度で6~7℃程度低く、放散熱量で100kcal/m²h程度小さい。また、曇天の場合でも平均皮膚表面温度で2~3℃程度低く、放散熱量で50kcal/m²h程度小さい。夏季の場合は作業強度によるが、平均皮膚表面温度が低いほど、また放散熱量が小さい方が（余分な発汗がない方が）快適となる。したがって、アメニーフ内の熱環境は、屋外作業に比較して非常に良好であることが分かる。また、屋外作業では日射が直接皮膚を照射することを考慮すると、いっそうアメニーフ内の方が熱環境として良好であるといえる。冬季の場合は、逆に、休息時に寒いのではないかと考えられるが、屋根の開放により直接日射が取り込める上、周囲をシート養生することによって風を遮断でき、良好な作業環境を保持できるものと考えられる。

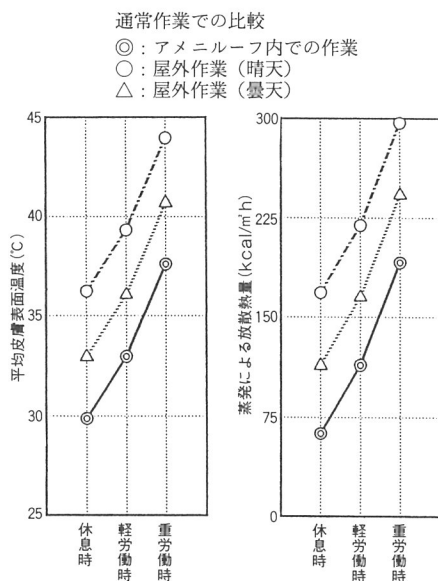


図-14 皮膚表面温度の比較 図-15 蒸発による
拡散熱量の比較

6. まとめ

6.1 本システムの長所と問題点

①長所

- ・建方と解体時以外は、揚重機を一切使わなくてもよい
- ・RC造だけでなく、SRC造の建物にも適用できる
- ・躯体作業の進行に何の影響も与えない
- ・屋根を広く開閉できるので、長尺物の資材の搬出入が自由に行える

入が自由に行える

- ・過負荷停止機能を備えているので、作業ミスがあった場合にも安全である
- ・外周足場の組み立てと同時に屋根のクライミング作業が行えるので、労務費の出費が少なくてすむ

②問題点

- ・平面形状が矩形の建物の場合にはよいが、それ以外の形状の建物に適用するときは若干工夫が必要である
- ・高さ26m以上の建物に適用するときは、支柱の下部に架台が必要となる
- ・建物外端から境界線までに、支柱を建てるためのスペースとして1.5m以上の余裕が必要である
- ・工事費の1%程度の経費が増加する
- ・クライミング作業がすべて自動化していないため、受端太、受梁の伸縮操作等がやや煩雑になる

6.2 熱環境計算の解析結果について

Fanger式により熱環境の計算を行った結果、アメニーフ内の作業は、屋外作業に比べ、皮膚表面温度が5~7℃（晴天時～曇天では2~3℃）、拡散熱量が100~105kcal/m²h（ただし晴天時、曇天では50~55kcal/m²h）程度低下しており、アメニーフ内の熱環境の方がかなり良好なことがわかった。

5. あとがき

本システムは、現在、開発のための施工実験が終了した段階であり、細かな改良点や使用上の問題点について解決の必要な事項がいくつか残っている。近く、実際の現場への適用を予定しているが、その結果から得られるデータを生かし、細部の改良やコストの低減等を行い、今後、本システムが多くの現場に採用されるよう、水平展開をしていきたいと考えている。

最後に、開発に際し、多くの貴重なアドバイスを頂いた開発プロジェクトおよび推進プロジェクトのメンバー各位、また、支柱と屋根の製作を行うに当たり御協力を頂いた(株)理研商会、(株)理研開発工業および(株)濱名建設工業の担当の方々に心から謝意を表します。

〔参考文献〕

- (1) 建設省建築研究所監修：建築技術 1993年1月号
- (2) 建設省建築研究所監修：建築技術 1993年7月号
- (3) (株)奥村組技術研究所：奥村組技術研究年報No.18
平成4年11月10日

- (4) 松本 衛、他：建築環境工学 p.140～p.145
- (5) O.P.Fanger：Thermal Comfort and
Applications in Evironmental
Engineering 1970
- (6) 横山 真太郎：生態熱移動現象
- (7) 建築学会編：建築設計資料集成 1 環境