

”日本船舶振興会昭和45年度補助事業”

研究資料No. 127-3

第110研究部会

造船所における省力化に関する調査研究

報告書

(その3 船殼工作部門)

昭和46年3月

社団法人
日本造船研究協会

本報告書に記載されている研究成果は、第110研究部会による「造船所における省力化に関する調査研究の実施に伴い完成された発明等およびノウハウの取扱いに関する取決め」に基づき取扱われることになつておりますので、本報告書の内容の一部または全部の外部発表・転載等については本会事務局にご連絡の上、本会の事前の承認が必要です。

はしがき

本報告書は日本船舶振興会の昭和45年度補助事業「造船所における省力化に関する調査研究」の一部として日本造船研究協会が第110研究部会船殻工作分科会（足場、吊り金具、曲げ加工、ブロック仕上、曲りブロック、平行ブロック、巨大ブロックの各小委員会）においてとりまとめたものである。

本研究の委員は次のとおりである。（部会、幹事会委員はその1に記載）

第110研究部会船殻工作分科会委員名簿（敬称略、五十音順）

分科会長	宮田 貞一（三菱重工業）	市川 弘（川崎重工業）
委 員	家永 学（佐世保重工業）	猪又 忠弘（日本鋼管）
	西岡 富士雄（日立造船）	森口 茂（三井造船）
	岡田 重陳（住友重機械工業）	南崎 邦夫（石川島播磨重工業）
	渡辺 幸生（運輸省船舶局）	

船殻工作分科会足場小委員会委員名簿（敬称略、五十音順）

主 査	黒瀬 久門（石川島播磨重工業）	
委 員	阿比留 英明（三菱重工業）	井谷 充男（三井造船）
	乾 一郎（日本鋼管）	黒岩 純人（佐世保重工業）
	小林 将成（川崎重工業）	船尾 洋二（船舶技術研究所）
	渡辺 幸生（運輸省船舶局）	

船殻工作分科会吊り金具小委員会委員名簿（敬称略、五十音順）

主 査	篠倉 弘（三菱重工業）	
委 員	小野 清彦（川崎重工業）	桑本 融（石川島播磨重工業）
	渡辺 幸生（運輸省船舶局）	

船殻工作分科会曲げ加工小委員会委員名簿（敬称略、五十音順）

主 査	西岡 富士雄（日立造船）	
委 員	石津 康二（石川島播磨重工業）	田中 武（川崎重工業）
	西牧 興（日立造船）	安川 度（川崎重工業）
	渡辺 幸生（運輸省船舶局）	

船殻工作分科会ブロック仕上小委員会委員名簿（敬称略、五十音順）

主 査	猪又 忠弘（日本鋼管）	
委 員	内村 寛（佐世保重工業）	岡田 重陳（住友重機械工業）
	川原 幸敏（川崎重工業）	荻原 友男（日本鋼管）
	渡辺 幸生（運輸省船舶局）	

船殻工作分科会曲りブロック小委員会委員名簿（敬称略、五十音順）

主 務	寺 井 清（川崎重工業）	栗 岡 辰 巳（川崎重工業）
委 員	小 沢 耕 作（都島製作所）	田 辺 勇（都島製作所）
	関 根 和 郎（日本鋼管）	元 山 登 雄（三井造船）
	中 村 春 雄（住友重機械工業）	渡 辺 幸 生（運輸省船舶局）
	山 田 祥 克（日立造船）	

船殻工作分科会平行ブロック小委員会委員名簿（敬称略、五十音順）

主 務	岡 田 重 陳（住友重機械工業）	
委 員	西 岡 富士雄（日立造船）	渡 辺 幸 生（運輸省船舶局）

船殻工作分科会巨大ブロック小委員会委員名簿（敬称略、五十音順）

主 務	森 口 茂（三井造船）	
委 員	家 永 学（佐世保重工業）	川 濱 晃（石川島播磨重工業）
	真 鍋 芳 郎（川崎重工業）	渡 辺 幸 生（運輸省船舶局）

目 次

3. 船殻工作部門に関する調査研究	1
概 要	1
3.1 足場の改善	3
まえがき	3
3.1.1 縦移動式足場装置	4
(1) 足場装置の前提条件	4
(2) 実験用足場装置の概要	4
(3) 実用機の概要	4
(4) 実用上の問題点	4
3.1.2 横移動式の足場装置	15
(1) 足場装置の使用目的	15
(2) 足場装置の概要	15
(3) 実験用台車の主要寸法およびその他の仕様	16
(4) 実用上の問題点	16
3.1.3 バランス型足場装置	19
(1) 仕様および設計	19
(2) 実験および実験結果	21
(3) 使 用 法	24
(4) 実用上の問題点	24
3.1.4 エアマット式足場装置	25
(1) エアマット式足場装置に対する基本仕様	25
(2) モデルバルーンによる実験	25
3.1.5 足場板のユニット化	35
3.1.6 上甲板裏面足場工事システムと経済効果	36
3.1.7 対船体設計上の問題点	41
む す び	42
3.2 吊り金具の改善	43
3.2.1 純摩擦による吊り金具	43
(1) 圧接荷重(面圧)と摩擦係数	43
(2) 圧接面の滑り現象に係わる摩擦係数の安定性	44
(3) 圧接面の表面状態と摩擦係数	44
(4) ま と め	44
3.2.2 噴込み方式による吊り金具	45
(1) 圧接面(爪)形状と固着力(固着係数 μ_0)	45
(2) 圧接荷重と固着係数	45

(3) 固着力と傷深さの関係	46
(4) まとめ	46
3.2.3 実用化のための問題点	47
(1) 試験機の吊り荷重試験結果	47
(2) 尺寸効果	47
(3) 安全ロック装置の開発	48
(4) まとめ	48
3.2.4 船体ブロック吊点の局部応力	48
3.3 鋼板曲げ加工の自動化	54
あらまし	54
3.3.1 単一ヘッドによる基礎実験	54
(1) 緒言	54
(2) 実験装置および試験方法	54
(3) 実験結果および考察	54
(4) むすび	54
3.3.2 多点プレス模型による曲げ実験	55
(1) 考え方	55
(2) 実験装置ならびに実験方法	56
(3) 実験結果および考察	57
(4) むすび	57
3.3.3 加熱曲げ実験	57
(1) 考え方	57
(2) 実験装置および実験方法	57
(3) 実験結果および考察	57
(4) むすび	59
3.3.4 結言	59
3.4 ブロック接手の搭載前仕上方式	81
3.4.1 目的	81
3.4.2 装置の概要	81
3.4.3 支持機構の概要	84
(1) 機構の概要	84
(2) 要目	84
(3) シリンダー精度測定結果	85
3.4.4 切断機構の概要	87
(1) 装置の位置決め	87
(2) x軸(水平方向)走行装置	88
(3) y軸(垂直方向)走行装置	88

(4) 倒い装置	89
(5) ガスおよび火口装置	91
(6) 制御装置	91
3.4.5 試験結果	93
(1) 自動倒い試験方法	93
(2) 自動倒いの試験結果	94
(3) ガス切断の試験方法	95
(4) ガス切断の試験結果	102
3.4.6 考察	105
3.4.7 むすび	107
 3.5 曲りブロック自動組立方式	109
3.5.1 まえがき	109
3.5.2 内部構造部材組立方式の概要	109
3.5.3 装置の設計、試作	110
3.5.4 内部構造部材の配材、枠組試験	117
(1) トランス材枠組装置	117
(2) ロンジ材配材装置	117
3.5.5 あとがき	120
 3.6 平行ブロック組立方式の検討	122
3.6.1 平面パネル構造ブロックの組立における現状と将来	122
(1) 板継ぎ	122
(2) 各種組立方法	122
3.6.2 近い将来に対する若干の考察	123
(1) 板継ぎ	123
(2) 各種組立方法	124
3.6.3 まとめ	126
 3.7 巨大ブロック組立方式	127
概要	127
3.7.1 研究方針および研究経過	127
3.7.2 研究結果の概要	127
(1) 定盤強度	128
(2) 総組工程	128
(3) 精度管理	128
(4) 搭載	129
3.7.3 総括	129

3. 船殻工作部門に関する調査研究

概要

3.1 足場の改善

タンカーの上甲板裏の足場の機械化を目的として次の5種の足場の研究を行ない、所期の成果を得た。

(a) 縦移動式足場

13万トン型のタンカーで実物模型を作り作業性を中心に種々検討を行ない、実用の目途を得た。

(b) 横移動式足場

実用機の設計を完了し、46年度試作を行なう予定。

(c) バランス型足場

1/3の横型により作業性等の検討を行ない、実用化への目途を得た。

(d) エアーマット式足場

直径3mの模型を試作し、作業性の検討を行ない、実用化の目途を得た。

(e) テレスコープ式足場

調査段階を終った程度で具体化は46年度に行なう予定。

なお、足場のユニット化については若干の試作にとどまった。

3.2 吊り金具の改善

実用化のための基礎実験の結果、山型の金属圧子を使用することとしてその改良およびブロックを吊った場合の局部応力をモデルにより計測し、その補強の対策を検討した。

3.3 曲げ加工の自動化

多点プレスによる板曲げの基礎実験を行ない、縦横方向の両曲率の相互干渉の状況およびピストンヘッドのピッチが板面のフェアーネスに及ぼす影響等を調査した。

3.4 ブロック仕上方式

実験機による実験を行ない、その自動扱い機構および切断精度について調査を行ない、ほぼ所期の目的を達した。

3.5 曲りブロック自動組立方式

トランスマル、枠組装置およびロンデ材配材装置の実験機を作り、その作業性等の検討を行ない、今後の溶接の自動化等の資料とした。

3.6 平行ブロック建造方式の検討

「バラ」配材枠組、ラインウェルダーの各種の組立方式の検討を行ない、それぞれの組立方式の進むべき方向等を調査した。

3.7 巨大ブロック組立方式

現場工事の省力化の一つとしてブロックの巨大化を図るためこれに必要な定盤強度、組組工程、精度管理等の研究を行ない、その実用化の目途を得た。

3.1 足場の改善

まえがき

船舶の大型化に伴ない、足場資材の数量は著しく増大し、その架設、撤去に要する工数は船殻全工数の7～8%を占め、しかも高所作業量の増大によつて足場作業者の作業は過重になつてきている。一方、足場作業者の確保は現在極めて困難となってきており、今後ますますその度を増すことは明らかである。このような情勢に対処するために将来の足場機械実用化への前段階として実験的研究を行なつたものである。

S.44年度に実施した DEEP SURVEY の結果

- 1) 外舷用足場については各造船所で機械化が進みつつあり、近い将来にはほぼ全面的に使用されるものと考える。
- 2) 船内、特にタンク内では上甲板裏面の足場を機械化することによる効果は最も大きいところであるが、機械化が困難な環境にあるために開発が遅れている。

との結論を得たので、小委員会としては 2) 項 すなわち上甲板裏面の足場の機械化を重点項目として採り上げることにした。

研究を進めるに当つては足場上の作業内容、必要とする時期並びに必要とする機能などの面からこれを下記の2種類に大別し、それぞれについて検討の結果、合計5つの機種について研究を行なつた。

作業上からの分類	足場方式
連続作業用足場 (UPPER DECK の搭載、取付け、溶接および検査の一連の作業用の足場となるもの)	タンク内を前後に移動する縦移動式
	タンク内を左右に移動する横移動式
スポット的作業用足場 (スポット的作業例えばタ・チアップ塗装、艤装品の追加取付けなどの足場となるもの)	上甲板から挿入して油圧で展開するバランス型
	上甲板から挿入して空気圧で展開するエアーマット式
	船底から伸長するテレスコープ式

以上の5つの機種について計画図を作成し、一部の機種については作業性を中心とする検討を経て部分試作または模型を製作して実験的研究を行なつた。以下それぞれの機種別にその詳細を報告する。

なお、設計を進めるに当つては適用法規が問題となるが、これは足場装置の形式により、また監督官の見解によって若干の相違は生ずるものと考えるが、一応の目安を得るために労働省の担当官を交えて討議を行なつた。

その結果を参考として記載する。

適用する法規としては

- 1) 労働安全衛生規則 第108条～第110条の26
- 2) ゴンドラ構造規格

であるが、原則として 1) に記載されている項目は 1)、1) に記載されていないものは 2) によることとする。小委員会で目安とした主要項目別の適用法規は下記の通りである。

1. 鋼構造部分の許容応力 ゴンドラ構造規格(以下②とする) 第1条～第6条
2. 木製の作業床 労働安全衛生規則(以下③とする) 第108条の3
3. 構造部分にかかる荷重 ②第9条～第10条 ただし船内では風荷重は算入しない。
4. 安定度 ②第12条
5. 手摺、命綱用金具 ②第15条、第16条 ただし近い将来手摺高さは90cmで中さんを入れることになるようである。
6. 工作法 ②第18条

7. 走行ブレーキ	②第19条、第20条
8. 走行用レール	レールの強度は②第1条～第4条、レール端部のストッパーは②第17条
9. アルミ合金の許容応力	「アルミ合金製クレーン構造部分基準」による
10. 製造認可、各種の検査	造船所の自主検査

3.1.1 縦移動式足場装置

(1) 足場装置の前提条件

足場装置を考察する前提条件としては次のとおりとする。

(a) 足場装置を分解することなしに容易に搬入、搬出することの出来る開口(約1,500mm×4,000mm)が上甲板に設けられるものとする。

(b) 走行用のレールは用済後撤去するが、その支持プラケットは船体構造の一部として撤去しない。

(2) 実験用足場装置の概要

(a) 仕様

足場装置はウイングタンクの上甲板裏を艦橋方向に横隔壁間を縦走し、作業台は上下、左右に移動可能なものとする。

実験機の主な仕様は次のとおりである。

- 1) レールゲージ = 5,760mm
- 2) ホイールベース = 2,810mm
- 3) 作業台上下可動範囲 = 1,200mm
- 4) 足場板の張出範囲 = 2,000mm
- 5) テーブルリフター = 2台(手動式)
- 6) 駆動ウインチ = 1台(エアー駆動)
- 7) 走行ブレーキ = 油圧式4輪制動方式、足踏みおよび手動両用とする。
- 8) 積載荷重 = 400kg
- 9) 自重 = 2,700kg

詳細については図3.1.1.1参照のこと。

(b) 実験要領

13万t型タンカーのウイングタンク(№3W.B.T.)内に足場装置を架設し作業性、経済性、安全性等を検討した。

1) 実験工程：昭和45年10月24日～11月30日

工程実績は表3.1.1.1参照のこと。

2) レール架設要領は図3.1.1.2、図3.1.1.3参照のこと。

3) 実験結果

上甲板の開口が小さいため、撤去作業には難渋したが、それ以外の点については問題はなかった。

詳細については表3.1.1.2参照のこと。

4) 実験機の使用状態を図3.1.1.4に示す。

(3) 実用機の概要

20万t型タンカーに使用する場合の概略仕様の一例は次のとおりである。

- 1) レールゲージ = 7,500mm

- 2) ホイールベース = 3,500mm
- 3) 作業台上下可動範囲 = 2,000mm
- 4) 足場板の張出範囲 = 2,500mm
- 5) テーブルリフター = 4台(電動方式)
- 6) 積載荷重 = 1T
- 7) 自重(推定) = 約4T

架設要領については図3.1.1.5参照のこと。

(4) 実用上の問題点

(1)項の前提条件でも述べたごとく、本装置は上甲板の開口が装置の搬入、搬出が可能なような大きさであることを前提としているが、これ以外の問題点は次のとおりである。

- 1) 走行レールの取付位置がフレームスペースが変るごとに変更する必要がある。
- 2) ウイングタンクの寸法が変るごとに足場装置のレールゲージを変更する必要がある。
- 3) タンク内作業の手順を細かく管理して足場装置の使用予定を明確にする必要がある。
- 4) 足場装置の撤去作業にはクレーンサービスを必要とするため、議装岸壁で行なうには一部海上クレーンを使用することがある。

撤去、搬出要領については図3.1.1.6参照のこと。

- 5) 交通用および隔壁付近の隅の部分には通常の足場を必要とする。
- 6) 塗装用足場として使用する場合は防爆を考慮した設計とする。

正面図

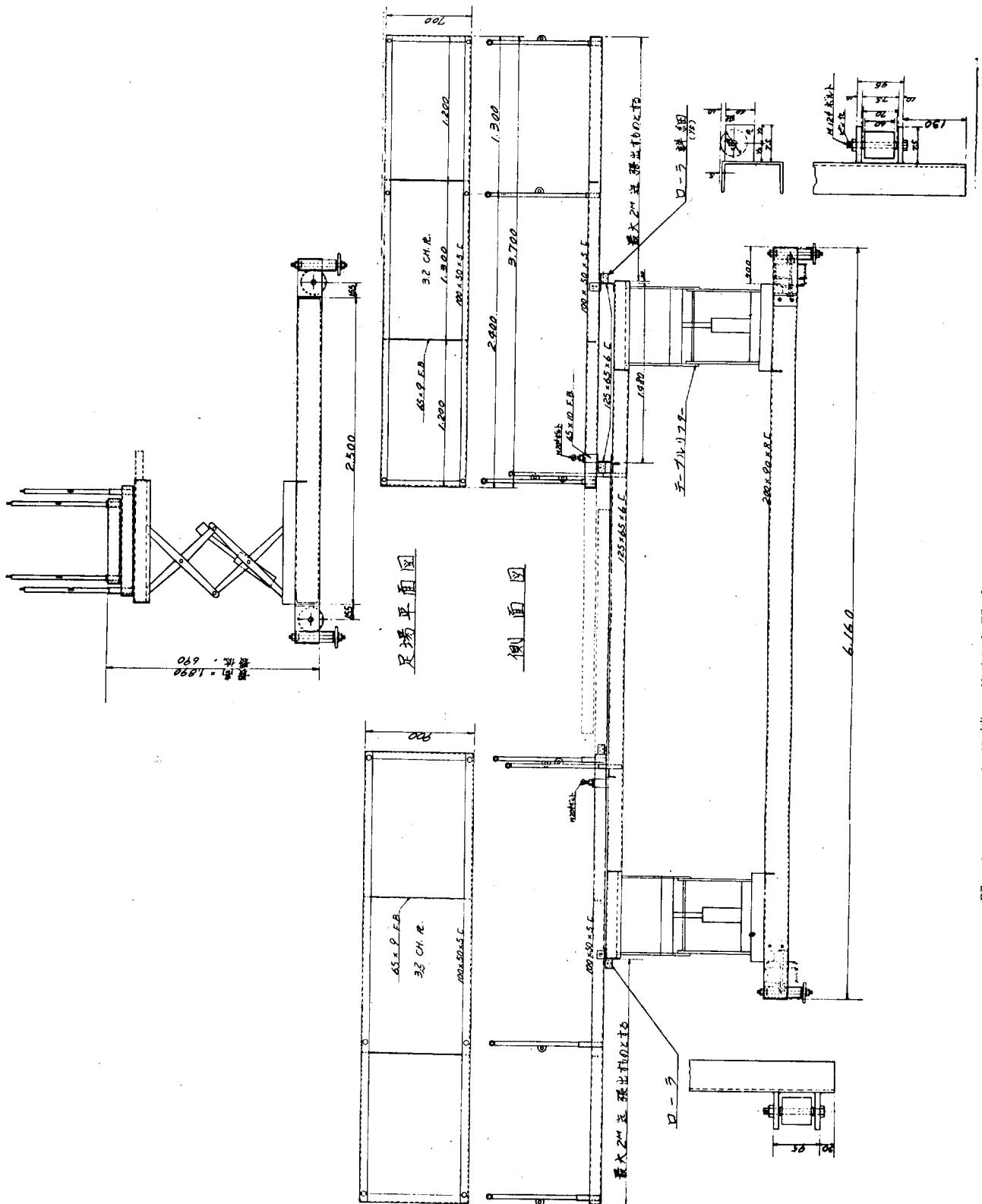
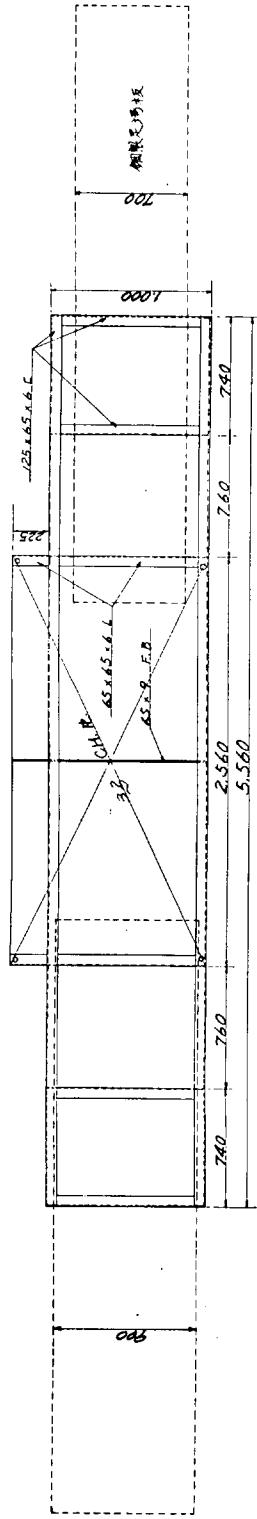


図 3.1.1.1 実験機全体組立図 (その1)

作業台平面



台車平面

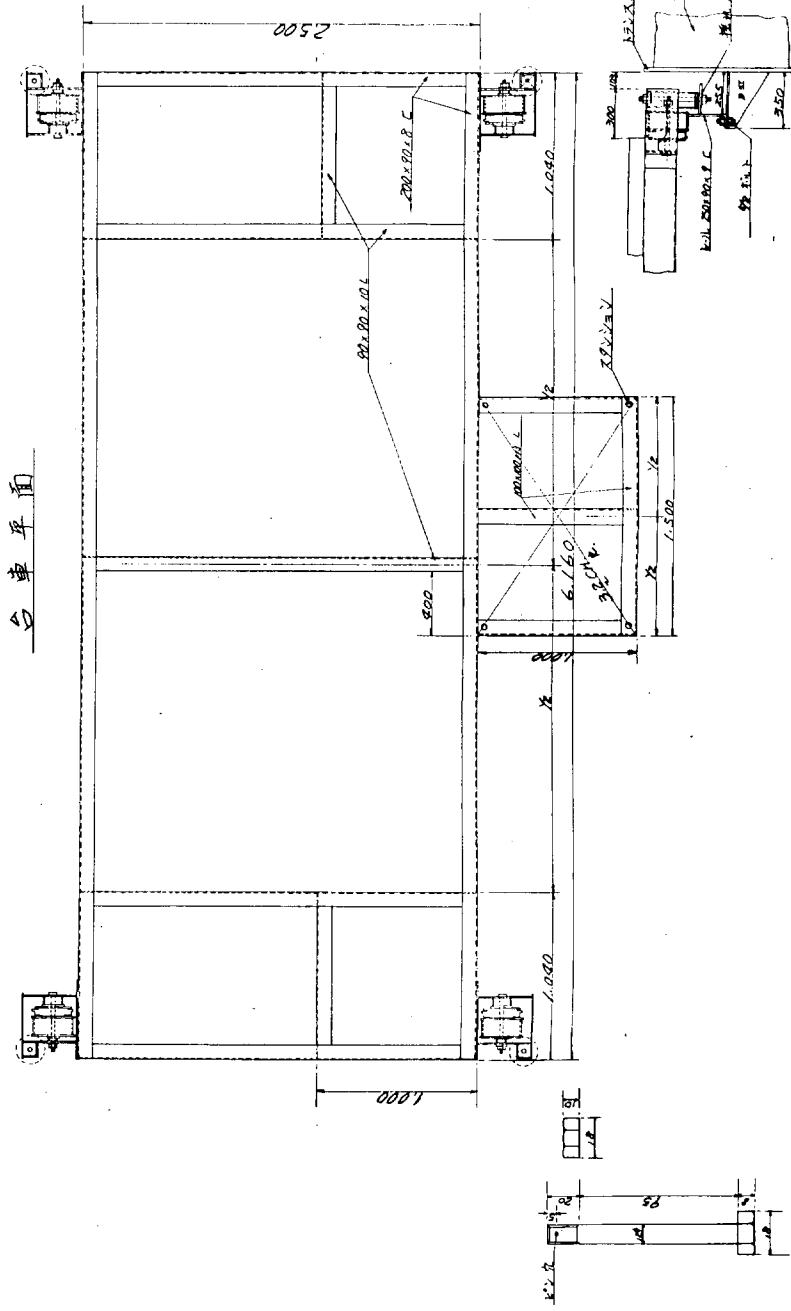
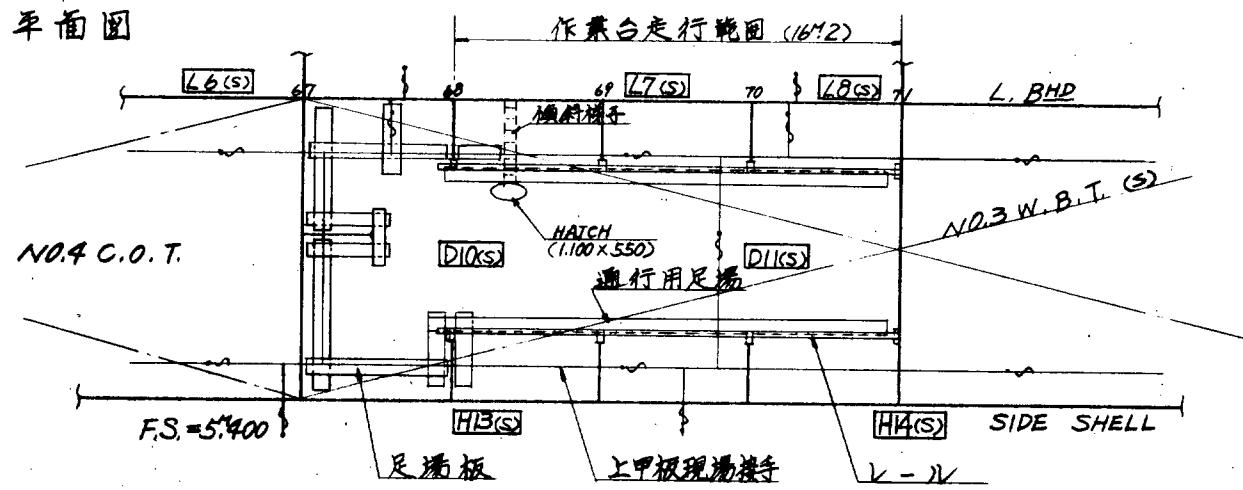


図3.1.1.1 実験機全体組立図(その2)

(1) 平面圖



(2) 斜面圖

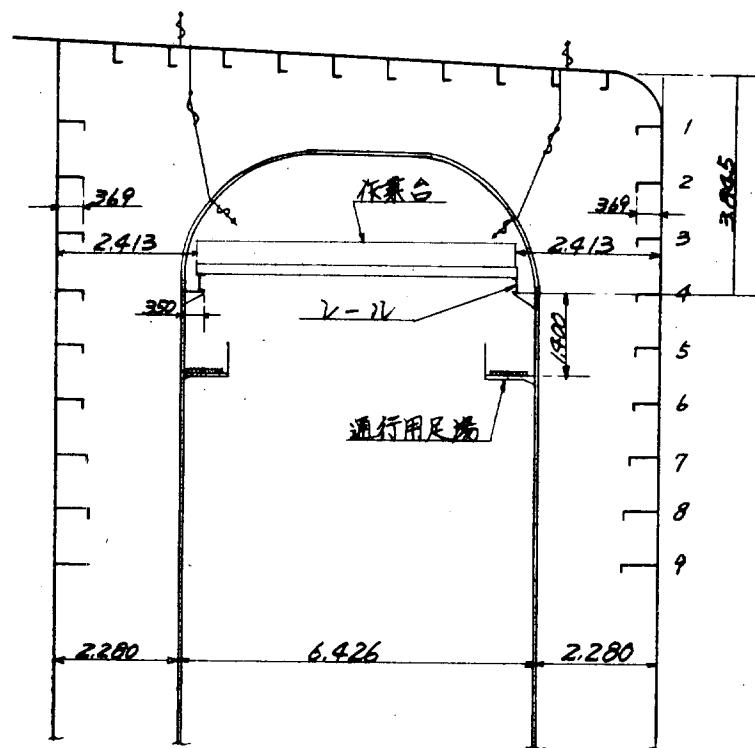
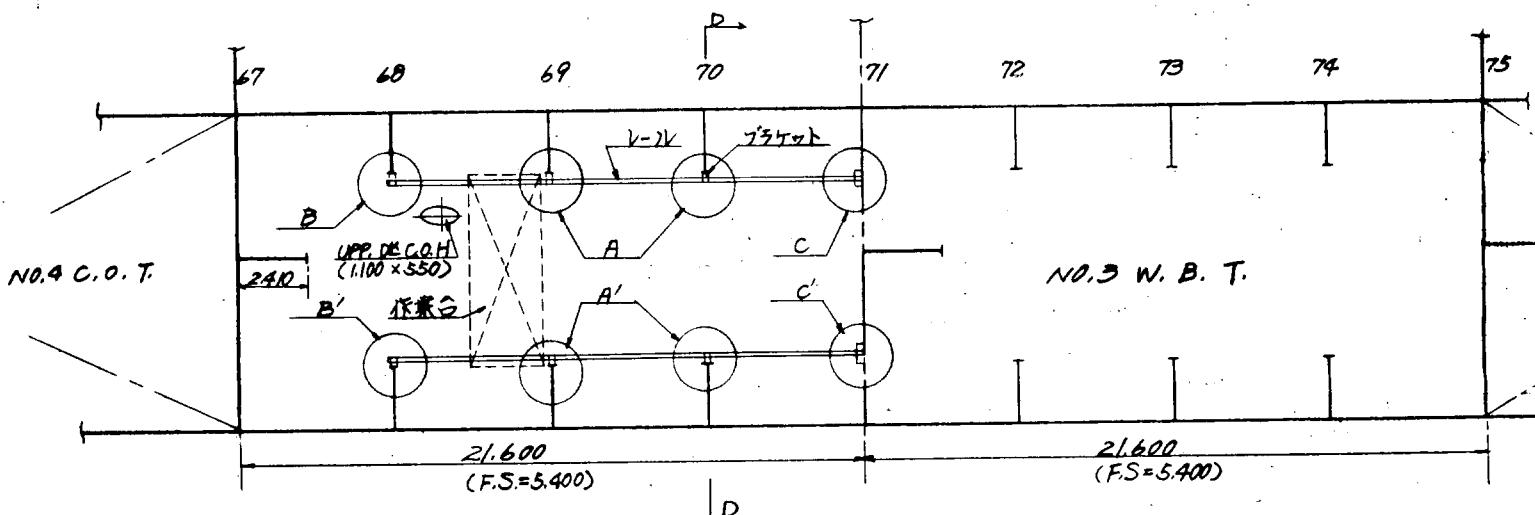


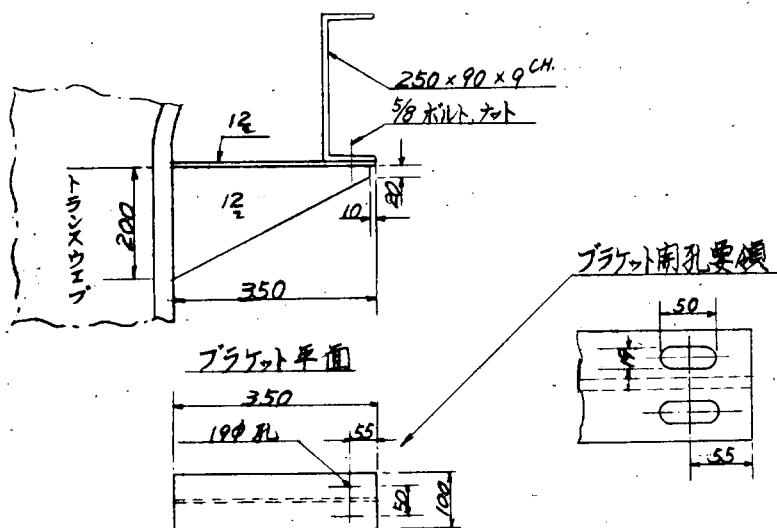
図 3.1.1.2 NO.3 W.B.T.足場架設要領

(1) NO.3 N.B.T.(S) レール架設要領 ($S=1/200$)

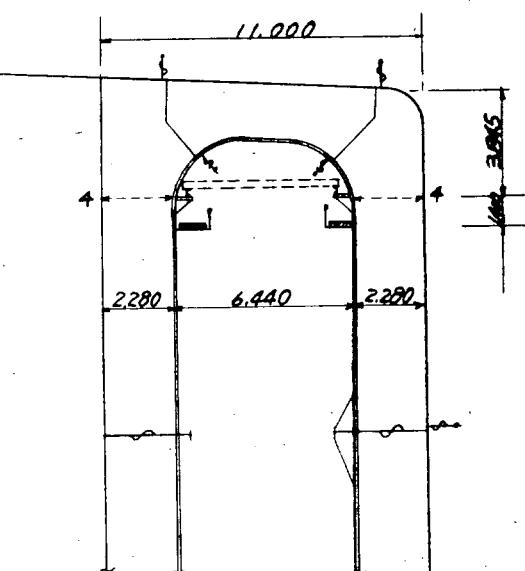


① A部詳細 ($S=1/100$)

(A'部は做り)

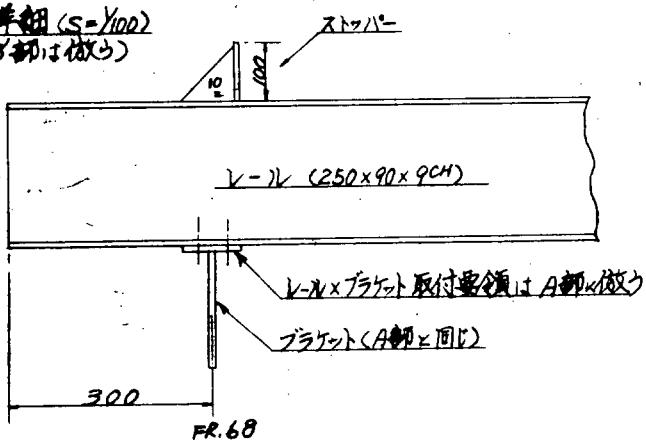


D-D 断面 ($S=1/200$)



② B部詳細 ($S=1/100$)

(B'部は做り)



③ C部詳細 ($S=1/100$)

(C'部は做り)

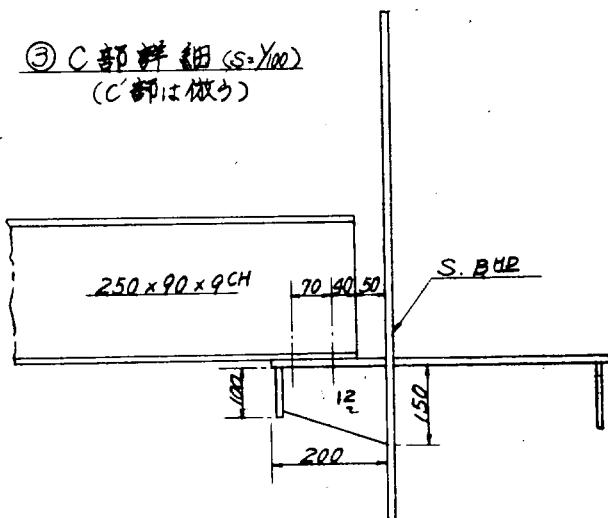
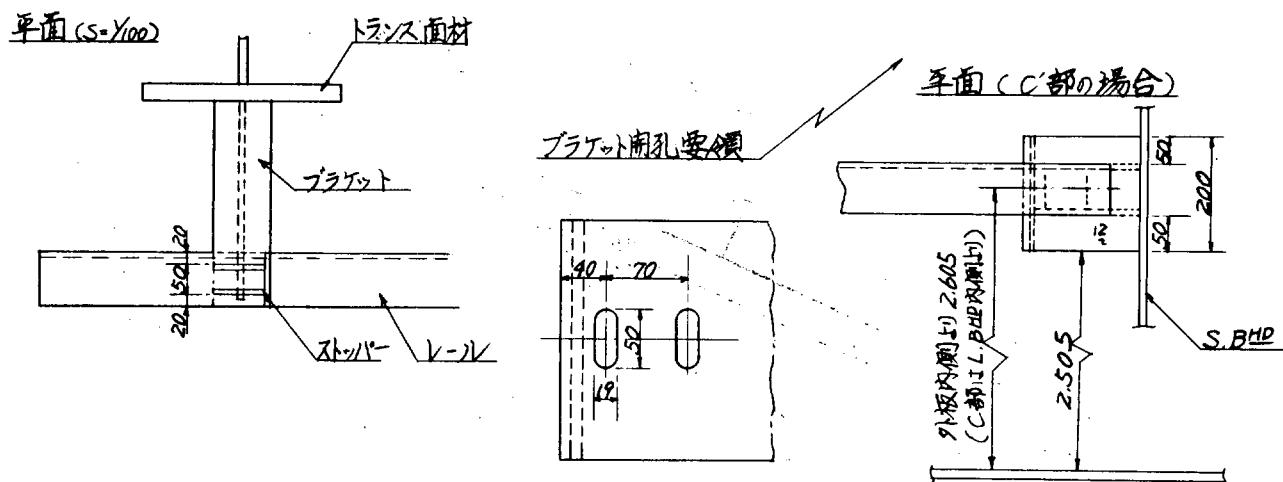
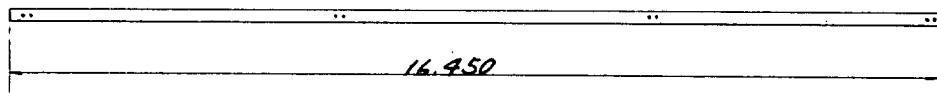


図 3.1.1.3 レールおよびブレケット取付要領(その1)

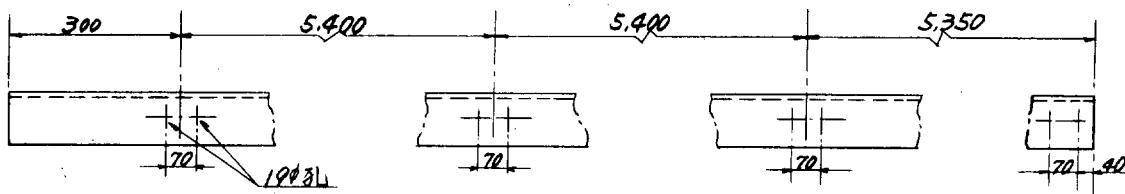


④ レール詳細

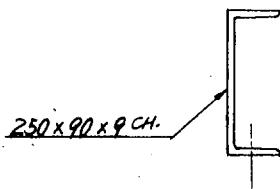
i) レール寸法



ii) 開孔要領



レール側面



開孔詳細 (S=1/100)

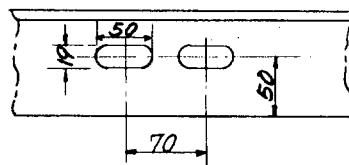
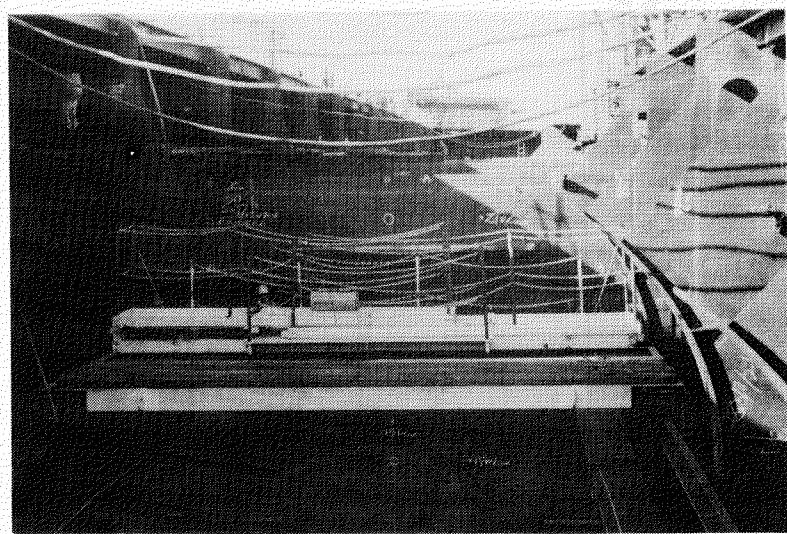
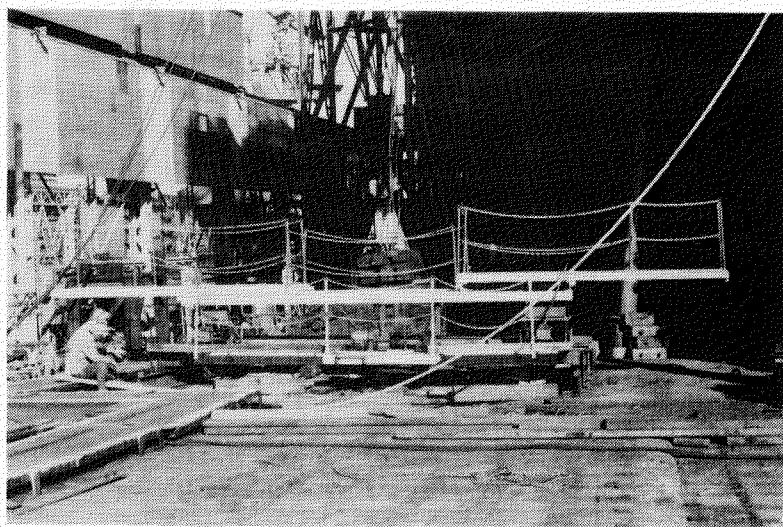


図 3.1.1.3 レールおよびブレケット取付要領(その2)



ウイングタンクに架設した状態



足場装置完成状態（架設前）

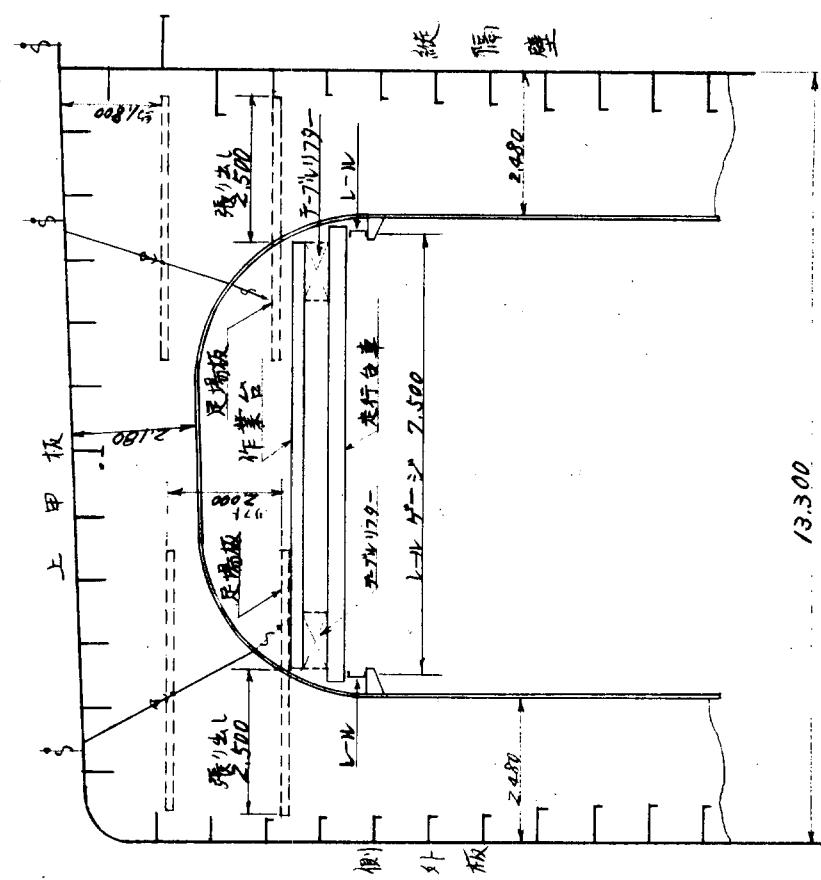
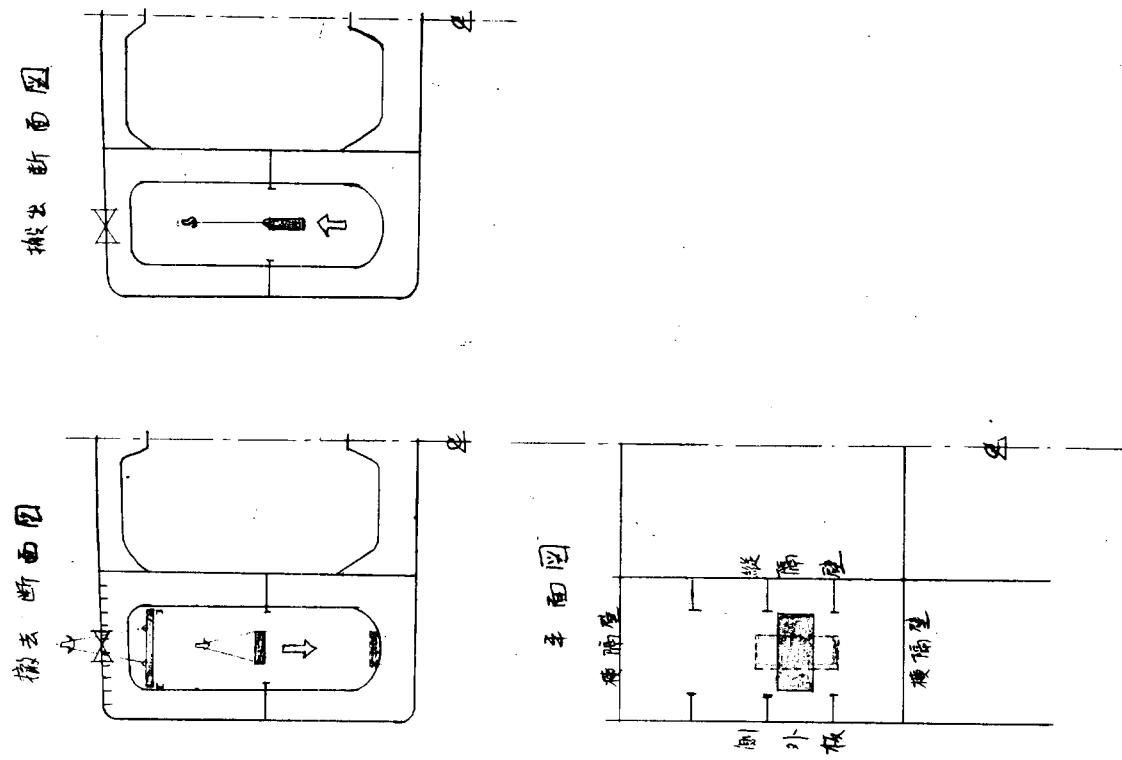
図 3.1.1.4

表 3.1.1.1 S R 110 上甲板裏走行足場装置実験の工程実績

表 3.1.1.2 SR110 上甲板裏走行足場装置実験結果

項目 評価	結果と問題点	改善策
架設方法	良好	
運転方法	走行装置 <ul style="list-style-type: none"> 1. 走行操作が一人でできる点はよい。 2. ウインチとブレーキの並行操作が難しい。 3. 2台のテーブルリフターの同時操作が難しい。 4. 作業場所と運転場所が離れているため、移動時間のロスがある。 	<ul style="list-style-type: none"> ・相互の位置関係を改良する。 ・2台同時に操作できる方式にする。(電動またはエアーモーターによるリモートコントロール方式が望ましい) ・ウインチと走行ブレーキは連動することが望ましい。
保全	1. 油圧装置(ブレーキ装置、テーブルリフター)の保全を含めて問題はなかった。	
足場自体の作業性	定め方：良好、ただし艦、舷方向の作業台走行範囲が狭い。 取付：足場より D _K 面までの距離が大き過ぎる(約2M)。 ガス切断溶接 ハツリ <ul style="list-style-type: none"> 足場が艦艤に狭いため、作業時間が短く作業範囲の広い作業には、作業台の移動回数が多く不都合である。 檜査：良好 塗装：〃(予定) その他 (i) 移動足場と固定足場の相互間の移動が不便である。 (ii) 各種の作業者が一台の作業台で同時に作業できない。	艦の B _{H.D.} までレールを延長する。 レール位置を上げる。 作業台にさらに一組足場を設置する。 適当なタラップを取付ける。 工程管理により各職種の作業を順序良く行なえば解消できる。
撤去方法	1. 分割(ガス切断)解体、搬出は手間が掛かる。 2. タンク内分解に難がある。 3. 分割しても各構造物の単重が比較的大きい。	容易な分解、組立が可能な方式に改造または上甲板開口を大きくする。 アルミニウムなどの使用により軽量かつ軽便なものにできる。
その他		ドック建造の場合、ウインチの捲き方を艦、舷両方向にする必要がある。

注：上甲板の開口は $1,500\text{mm} \times 4,000\text{mm}$ とする。



注1. $L_{pp} \times B_{min} \times D_{min} : 365^m \times 53^m \times 25^m$

図 3.1.1.5 20万屯型(△)における縦移動式足場装置架設要領図 (S=1100)

図 3.1.1.6 足場装置撤去・搬出要領図

3.1.2 横移動式足場装置

(1) 足場装置の使用目的

主としてタンカーのカーゴオイルタンク内において上甲板裏面の諸工事用足場として従来から一般的に足場板を多数使用して架設しており、諸工事完了後はこの足場の解体に手数と危険性を要していた。

本足場装置は、上甲板裏面付のトランスウェブ間を左右舷に移動できる作業台車を架設し、これによって上甲板裏面附近の諸工事を行なうものである。したがって、上甲板裏面の足場板の減少を図り、架設解体の安全性の改善および作業の容易化を、また、工数低減を目途とするものである。

(2) 足場装置の概容

(a) 設計上の前提条件

- 1) カーゴオイルタンクのハッチの大きさが、現状のままとした時は、作業台数は分解式とする。分解した単体の大きさは、ハッチから搬出される巾とする。
- 2) カーゴオイルタンクのハッチの大きさが、現状のものより大型となった時は分解しない。ただし、作業台車に附属するものは、必要最少限度に取り外せるようにする。この場合、撤去用の機械装置を要す。
- 3) トランスウェブ付のレール支持ブラケットは、船体構造の一部として残すものとする。
- 4) レールは、原則として取り外す構造とする。ただし、両端部は本船付として一部残す。

(b) 装置の構成要素

図 3.1.2.1～2 を参照

- 1) 作業台車および走行車輪、吊り足場(取外し式)。
- 2) 手摺および手摺兼用補助足場支持材(取外し式)。
- 3) 作業台車の駆動装置、伝導軸。
- 4) 走行ブレーキ(逸走防止を兼ねる)。
- 5) レールおよびレール支持ブラケット。

(c) 装置の荷重条件および駆動力

- 1) 作業台車の主軸の強度は、中央集中荷重 300 Kg を満足すること。
- 2) 手摺兼用補助足場支持材は、200 Kg 積載できる構造とすること。
- 3) 作業台車下の吊り足場は、それぞれ 150 Kg 積載できる構造とすること。
- 4) 作業台車全体の許容総積載荷重は 300 Kg までとする。これには、台車上の補助足場および台車下の吊り足場の自重は含まない。
- 5) レール支持ブラケットは最大 2 M 間隔で取付けるものとして、上記荷重条件を満足すること。
- 6) レールも上記荷重条件および 5) を満足すること。
- 7) ただし、サイドタンクあるいは、センタータンクにおいてそれぞれのタンク内の左右舷まで全通したレールを布設し、かつ、同一軌間に 2 台の作業台車を設置した時は、それぞれの作業台車の総積載荷重 300 Kg として 2 台相接して負荷したとしてレール支持ブラケットの間隔および構成部材の強度を設定すること。
- 8) 総積載荷重 300 Kg で 50/1000 勾配を昇り得る駆動装置とする。ハンドルは最大 5 Kg の回転力で駆動できること。

(d) 装置の架設、解体方法の基本

図 3.1.2.3～4 を参照

- 1) 架設要領の基本

- イ) 外板ブロックに地上で、レール支持ブラケット、レール、台車を先行取付する。
 - ロ) 同様に縦隔壁ブロックに地上で先行取付する。
 - ハ) 同様に上甲板ブロックに地上で先行取付する。
- ニ) 各ブロックを現場に搭載後にそれぞれのブロックに固定していた台車を解放し、レール接手を完全にセットする。また、補助足場、吊り足場を工事の必要に応じ、取付けて行く。

2) 解体要領の基本

- イ) 工事完了に応じ、補助足場、吊り足場を先に取り外し、タンク底におろす。
 - ロ) 台車をそれぞれのトランスウェブ上端隅部にあるアクセスホール部に置き、当該部の上甲板裏に予め取付けていたリングにワイヤーロープを通し、台車に玉掛してワインチでおろす。
 - ハ) タンク底におろした台車を分解してハッチより搬出する。
- ニ) レールは、作業台車をトランスウェブ隅部まで移動させながら台車上より使用しないほうのレール支持ブラケットとの接手を外し、ワイヤーロープで玉掛して台車下架と同様な方法でおろして行く。
- ホ) ハッチ大型化の時は、撤去用機械を使ってタンク底まで、あるいはハッチ部まで、搬送してタンク外に取り出すものとする。

(3) 実験用台車の主要寸法およびその他の仕様

図 3.1.2.1～2 を参照

(a) 作業台車	ホイルベース	1,400 mm
	スパン	4,500 mm
	巾	1,500 mm
(b) レール寸法	□ 100×50×5×7.5 mm (全長6000 mm)	
	勾配	40/1000
(c) 車輪芯差	1,400 mm のホイルベースに対し 40/1000 の差をつける。	
(d) 荷重条件	(2)～(c) とする。	
(e) 実験用の材質は全て鋼製とする。		

注 実用の時は、作業台車はアルミ製とする。

(4) 実用上の問題点

- (a) 各トランスウェブ間に設置する方式のため、台数が多数となる。
- (b) トランスウェブのスペースが変るごとに台車のスパン変更を必要とする。
- (c) トランスウェブ付のレール支持ブラケットおよびレール数が多い。また、ブロックバット部のレール接手部の工夫の要あり。
- (d) 台車数、レール数は、従来の足場板数より減少されるが、取付、外しは、手数がかかる。
- (e) 従来のハッチから搬出する方式とすると、分解するための手間と単体部品の保守、点検、保管等が難しくなる。
- (f) 分解式の場合は、特に軽量化と構造の単純化を図る必要がある。
- (g) 各ブロックバット部の台車架設法に工夫の要あり。
- (h) レールを布設すれば上甲板裏は、カーゴオイルタンクの全範囲がカバーできるので、この点が有利である。

横移動式足場装置台車側面図(1/20)

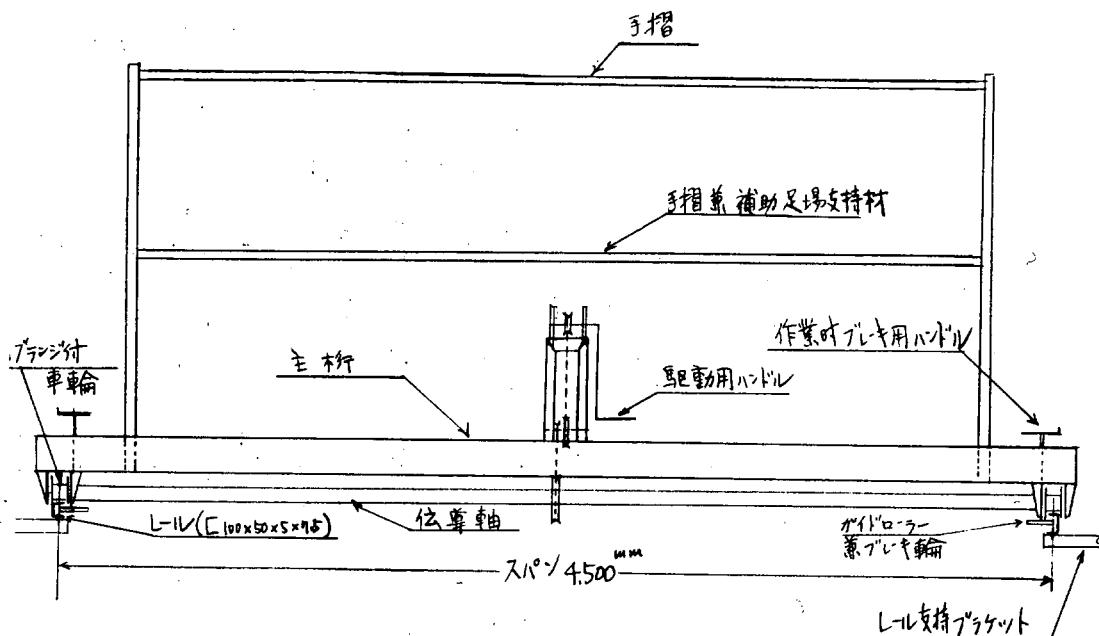


図3.1.2.1

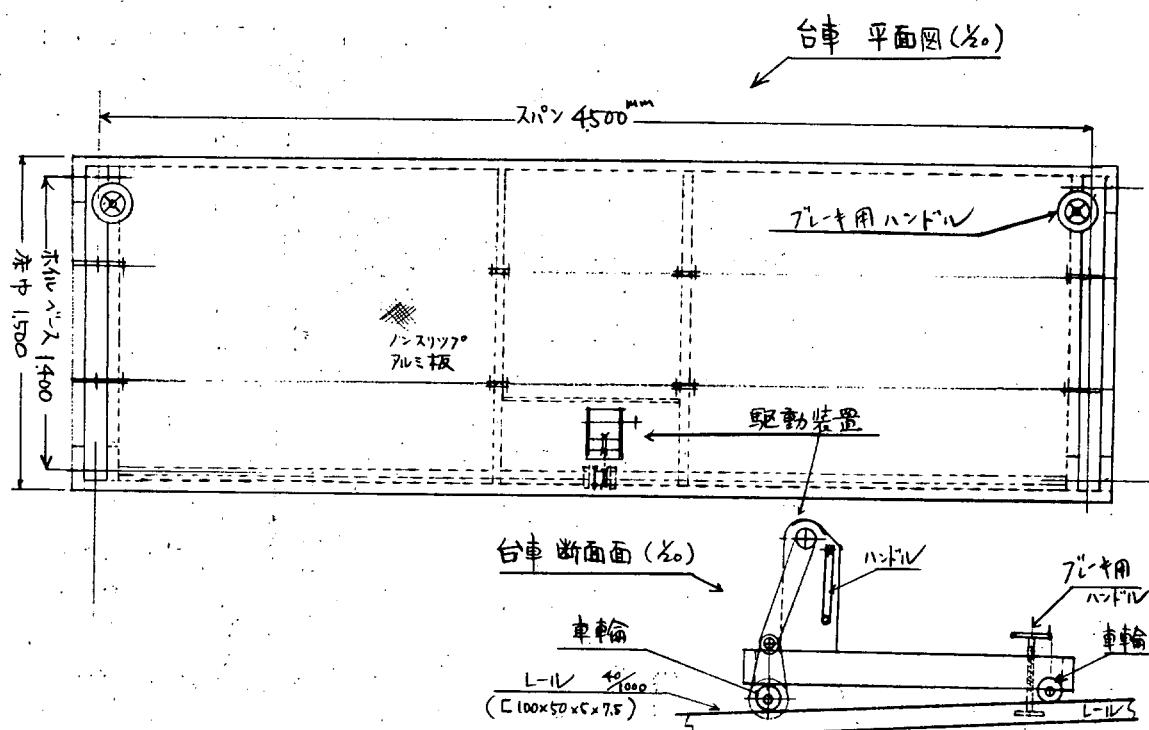
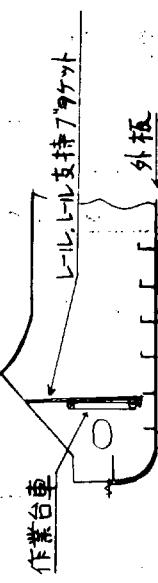


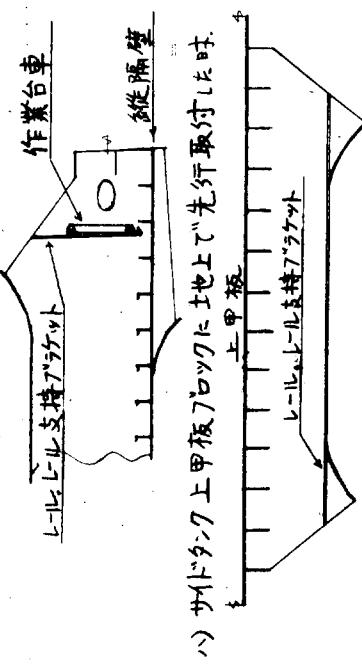
図3.1.2.2

架設準備図 (タンク断面 160)

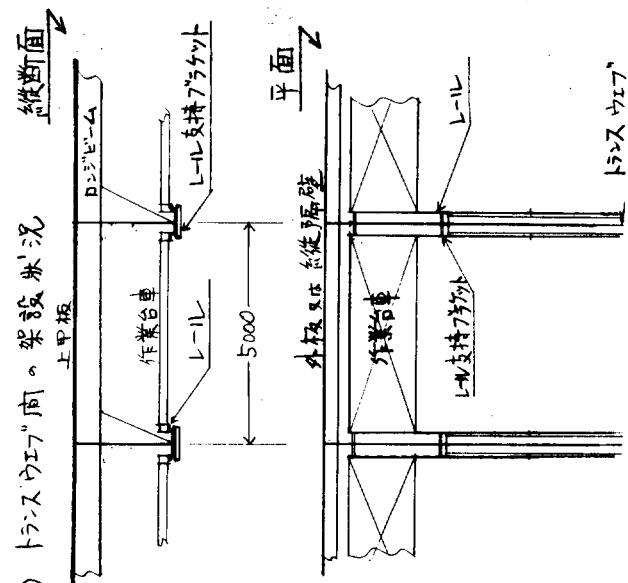
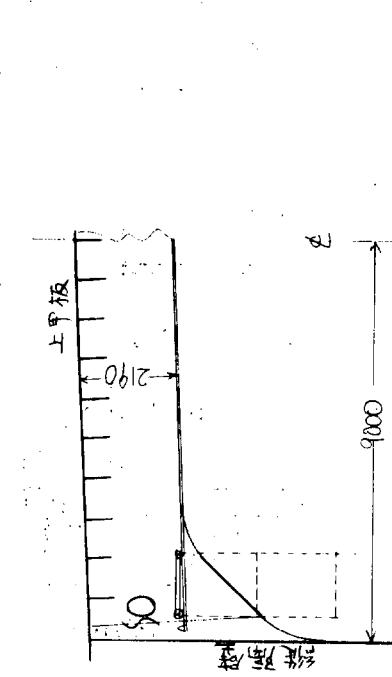
イ) 外板プロックと地上で先行取付時。



ロ) 縦隔壁プロックと地上で先行取付いた時。



ホ) サイドタンクプロックのブロック搭載前・架設状況(片側表示)



二) サイドタンクの各プロック搭載後の架設状況(片側表示)
(----は移動(送り)時、及び吊り足場を示す)

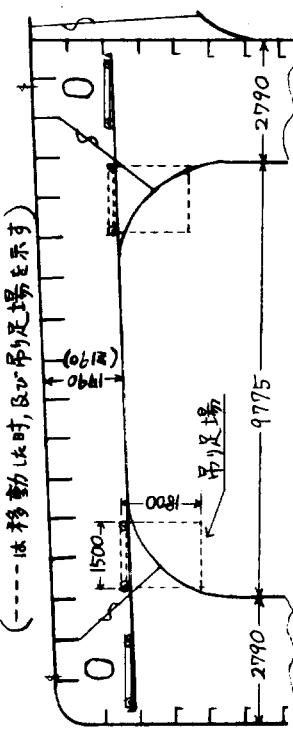


図 3.1.2.3

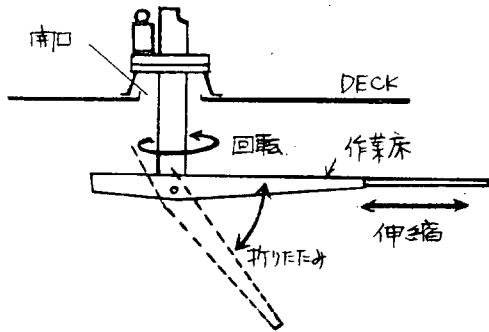
図 3.1.2.4

3.1.3 バランス型足場装置

(1) 仕様および設計

(a) 装置の概略

本装置は20万t型タンカーのバター・ワース・ハッチ等の小開口を利用して上甲板裏にセットできるようした折りたたみ式の足場装置であって、保管、運搬にも便利なようにコンパクトな構造としたものである。(図3.1.3.1)



(b) 用途

図3.1.3.1

主に上甲板裏のスポット工事に使用する。

- (i) 上甲板裏塗装工事
- (ii) 上甲板裏手直し工事
- (iii) 上甲板裏検査
- (iv) 上甲板裏の足場架設、解体工事
- (v) その他上甲板裏のスポット工事全般

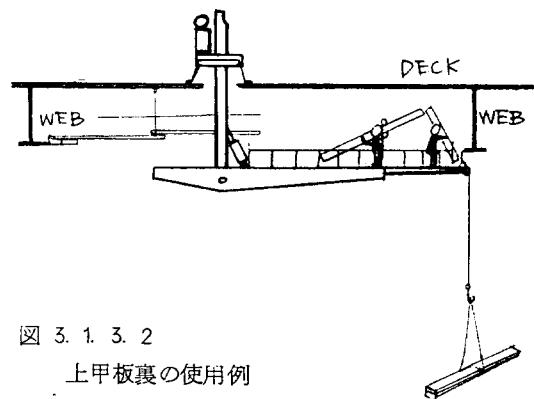


図3.1.3.2

上甲板裏の使用例

(c) 機構

(i) 固定台； 旋回台を支持する台で、開口をまたいでセットされ、傾斜したDECK上でも水平を保つためにセットスクリューを備える。

また、旋回台との間にはスラスト・ポールベアリングを内蔵する。

(ii) 旋回台； 固定台に取付られたギヤーと旋回台に取付られた油圧モータ駆動、ビニオン・ギヤーの噛合せによって固定台上を360°回転できる構造とし、主柱を保持する。

また、台上に油圧ユニット・操作盤を備える。

(iii) 主柱； 上端を旋回台で固定した円筒形の柱で、下端にはヒンジピンを介してメインデッキを吊り下げる。

柱の内部にはステップを設けDECKとメインデッキ間の交通筒の役割を果す。

なお、主柱とメインデッキ間に油圧シリンダーを配置してメインデッキの折りたたみを行なうとともに、旋回台への固定位置の上下によってメインデッキの高さ調整可能な構造とする。

(iv) メインデッキ； 主作業床であり主柱に吊り下げられる。

作業床下にライドデッキ伸縮用およびフック巻き上げ用の油圧モーターを備え、ライドデッキも平常はメインデッキの床下に格納される。

また、バランスを取るために後端部にはカウンターウエイトを取り付け、両側には起倒式のスタンションを備える。

なお、デッキの折りたたみは油圧シリンダーで行なうが、セット後の安全を計ってメインデッキと主柱との間にピン構造のストップバーを設ける。

(V) スライドデッキ； メインデッキ内に格納されるデッキで油圧モーターにより伸縮自在な構造とする。

スライドデッキ先端には荷物を昇降させるフック付のワイヤーを備え、フックの上げ
降しはメインデッキ内の巻き上げモーターで行なう。

なお、スライドデッキの両側には、スタンション差し込み用のソケットを備える。

(VI) 操作盤； 旋回台上に取付られた操作盤は油圧ゲージ等の各種計器を備え、旋回、伸縮、折りたたみは、リモコン操作が可能である。

(d) 形式および機能

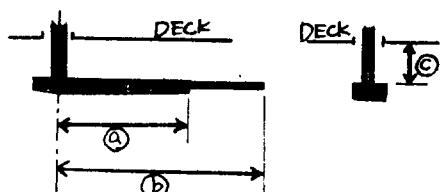
(i) 作業可能範囲

- ① メインデッキのみ 5m 200 (主柱中央から)
- ② スライドデッキ 8m 700 (")
- ③ デッキの高さ 1m 800 ~ 2m 600 (船体DECK下面から)
- ④ 旋回 360°

(ii) 全 高

- ① コンテナ格納時 4m 890
- ② セット作業時 9m 650
- ③ 使用時 2m 350 (DECK上)
2m 300 ~ 3m 100
(DECK下)

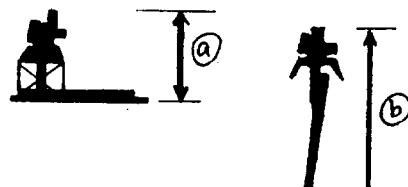
(i) 作業可能範囲



(iii) 全 幅

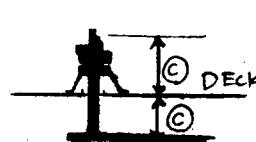
- ① コンテナ格納時 3m 200
- ② セット時 3m 300

(ii) 全 高



(iv) 重 量

- ① 本 体 4,500Kg
- ② コンテナ 1,300Kg
- ③ 合 計 5,800Kg

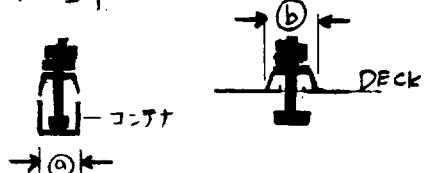


(v) 機 能

- ① 油圧ユニット最大使用圧力 140Kg/cm² (5HP)
- ② デッキを折る速度 60秒
- ③ デッキをたたむ速度 60秒
- ④ 旋回速度 120秒
- ⑤ デッキのスライド速度 30秒

(バルブ操作で調整可能)

(iii) 全 幅



(vi) 操 作

プラグ差し込み式リモコン操作

図 3.1.3.3

(e) 設計図

(i) バランス型足場装置 図 3.1.3.4

(ii) バランス型足場装置格納コンテナ 図 3.1.3.5

(2) 実験および実験結果

(a) 実験要領

1/3の模型を作成し次のテストを行なった。

(i) コンテナへの格納テスト 図 3.1.3.6 (ii) デッキへのセット・テスト 図 3.1.3.7

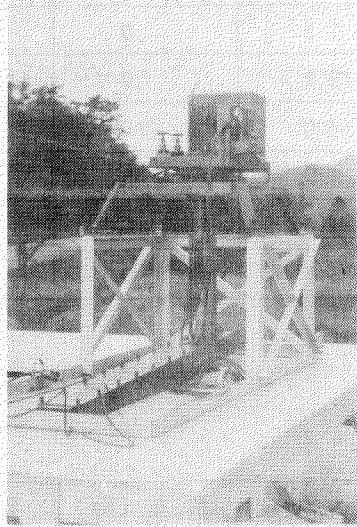


図 3.1.3.6

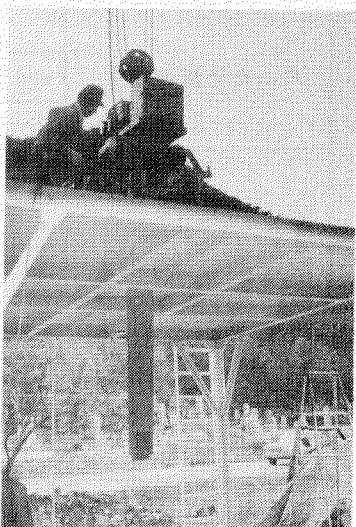


図 3.1.3.7

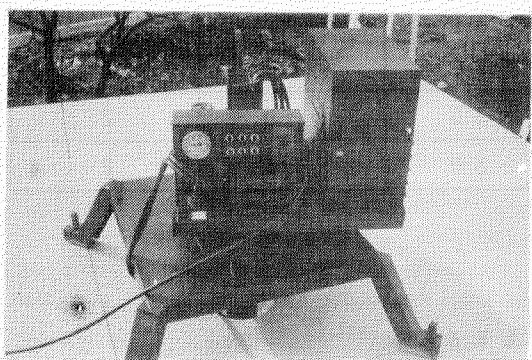


図 3.1.3.8

(iii) メインデッキ折りたたみテスト
(iv) スライドデッキの伸縮テスト
(v) 旋回テスト

} 図 3.1.3.8

} 図 3.1.3.9

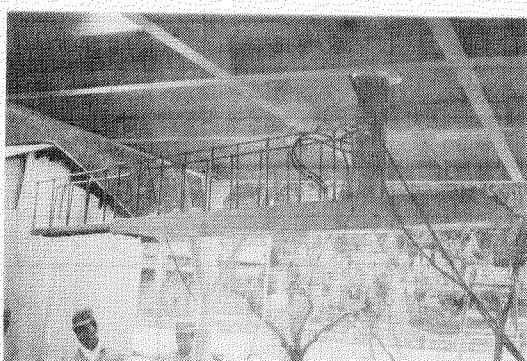


図 3.1.3.9

(vi) その他

(1) 荷重テスト

(2) デッキの撓み測定

(3) 手摺取付テスト

(4) 重量測定

(5) 重心測定

(b) 実験結果

(i) コンテナへの格納テスト 良好

(ii) 上甲板へのセットテスト

(1) セット作業 2分

(2) 撤去作業 5分

(iii) メインデッキ折りたたみテスト

図 3.1.3.1

項目	時間(秒)	使用圧力(Kg/cm ²)	荷重(Kg)	電流(A)
デッキを折る場合	28	15	0	1.5
	15	20	0	1.5
	10	30	0	1.5
デッキをたたむ場合	59	15	0	2
	23	20	0	2
	12	30	0	2

(iv) スライドデッキの伸縮テスト

図 3.1.3.2

項目	時間(秒)	使用圧力(Kg/cm ²)	荷重(Kg)	電流(A)
デッキの伸縮	47	15	0	2
	50	15	25	2
	20	20	0	2
	25	20	25	2
	11	30	0	2
	10	30	25	2

(v) 旋回テスト

図 3.1.3.3

項目	時間(秒)	使用圧力(Kg/cm ²)	荷重(Kg)	電流(A)
デッキの旋回	58	15	0	1.5
	58	15	25	2
	26	20	0	1.5
	26	20	25	2
	16	30	0	1.5
	16	30	25	2

(VI) その他の試験

(1) 荷重テスト スライドデッキを伸した状態で最先端に常用荷重 25 Kg の 1.7 倍の荷重 42.5 Kg を搭載した。

………… 異常なし

(2) デッキの撓み (図 3.1.3.1.0)

b-1)	メインデッキ先端に 25 Kg の荷重	……………	3 mm
b-2)	" 42.5 Kg "	……………	13 mm
b-3)	スライドデッキを伸した状態で先端に 25 Kg の荷重	……………	27 mm
b-4)	" " 42.5 Kg "	……………	50 mm

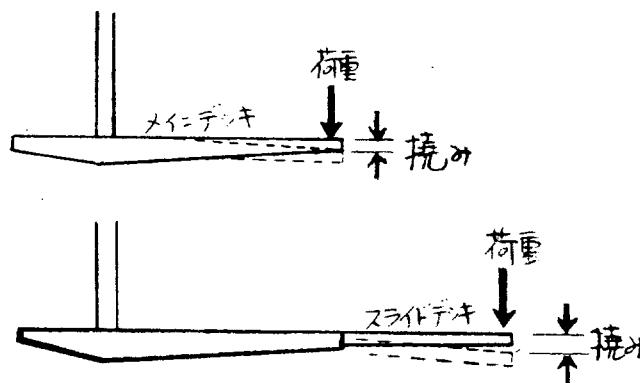


図 3.1.3.1.0 デッキの撓み

(3) 重量測定 311 Kg

(4) 重心位置計測 (図 3.1.3.1.1)

- 1) 側面での重心位置 中心より 10 mm
- 2) 正面での重心位置 中心より 0 mm
- 3) 立面での重心位置 デッキより上へ 300 mm

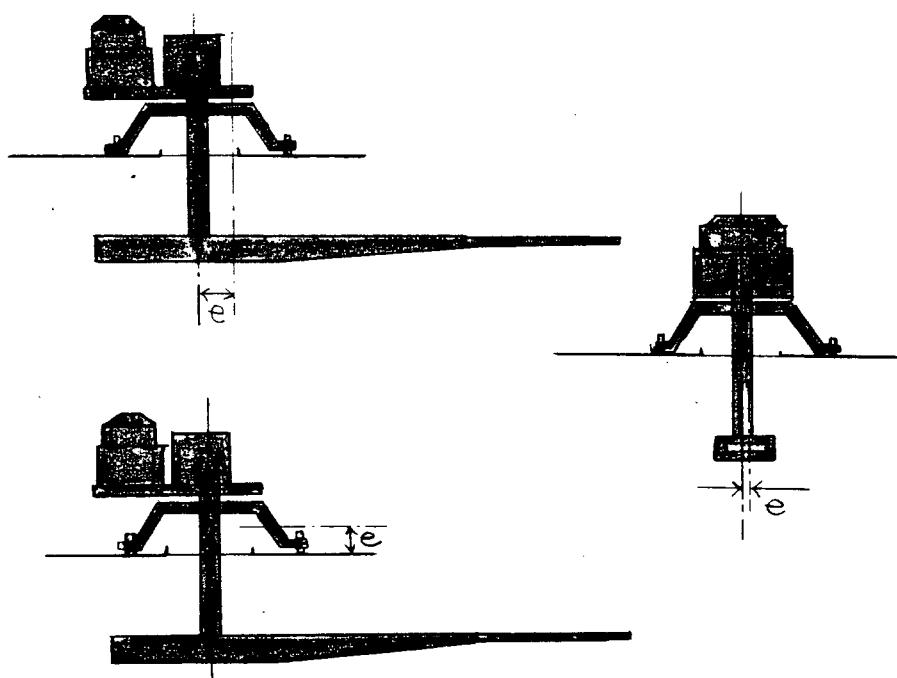


図 3.1.3.1.1 重心位置

(3) 使用方法

(a) 使用手順

図3.1.3.1.2に示す。(撤去時は逆手順による)

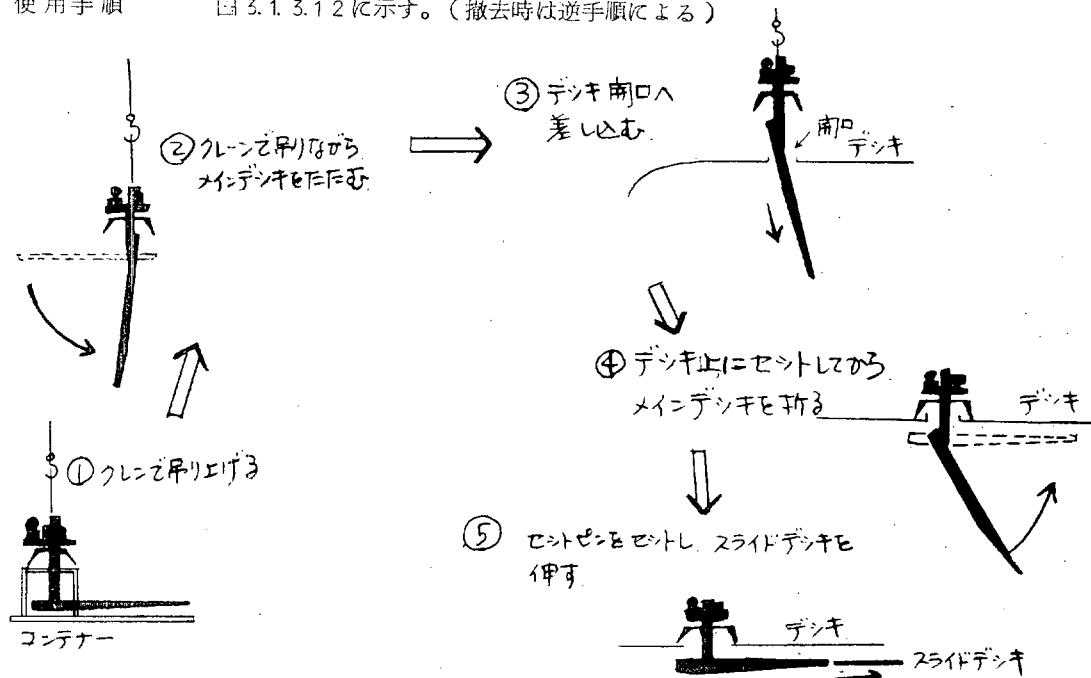


図3.1.3.1.2

(b) 格納方法

バランス型足場装置は図3.1.3.5に示すごとく、専用のコンテナに入れて格納。運搬を行なう。

(4) 実用上の問題点

(a) 仕様

- (i) 本装置の寸法決定に際しては、タンクの大きさやデッキトランスの深さを十分考慮して主柱の長さや、メインデッキおよびスライドデッキの伸長長さを検討する必要がある。
- (ii) 上甲板に設けられた開口の配置によっては、大小2機種の組合せ使用を考慮するとともに逆効果的な開口配置の検討も必要である。
- (iii) 本装置の先端にゴンドラを吊り下げるによって作業可能範囲の拡大を計ることも一方法である。
- (iv) 本装置の上甲板開口間の移動は、その使用目的からしてかなり頻度が高いと思われる所以、その対策を検討しておく必要がある。
- (v) 図3.1.3.4の設計図は上甲板の開口を700mm×1,000mm(短径×長径)の長円として設計したものであるが、開口の大きさによって仕様を検討する必要がある。

(b) 操作

バランス型足場装置の操作は旋回台上の操作盤で行なえるが、メインデッキの作業者が直接操作できるように主柱内部にリモコン操作用のコンセントを設けプラグを差しむことにより各操作(メインデッキの折りたたみは除く)ができるようとする。

なお、上部操作とリモコン操作の二重作動を行なえないように操作箱は携帯式とし、それぞれのコンセントはプラグを差しこまないと作動できないようにする。

(c) 安全対策

- (i) メインデッキの折りたたみ作業は旋回台上の操作盤でしか作動できないようにし、メインデッキ上の作業者の誤操作による危険を防ぐ。
- (ii) メインデッキを正規の位置にシリンダーでセット後、万一シリンダーが故障してもメインデッキが回転

して落ちないようにセットピンで主柱とメインデッキを固定する。

- (iii) メインデッキには起倒式のスタンションを設け、スライドデッキは差し込み式でスタンションを簡単にセットできるようにし、手摺を即座に取りつけられるようにする。
- (d) スライドデッキ先端荷量が 200 Kg を超える場合、または上げ降しフックを使用する場合。

先端支持用アイを使用して上甲板裏よりワイヤーで吊す。(図 3.1.3.1.3)

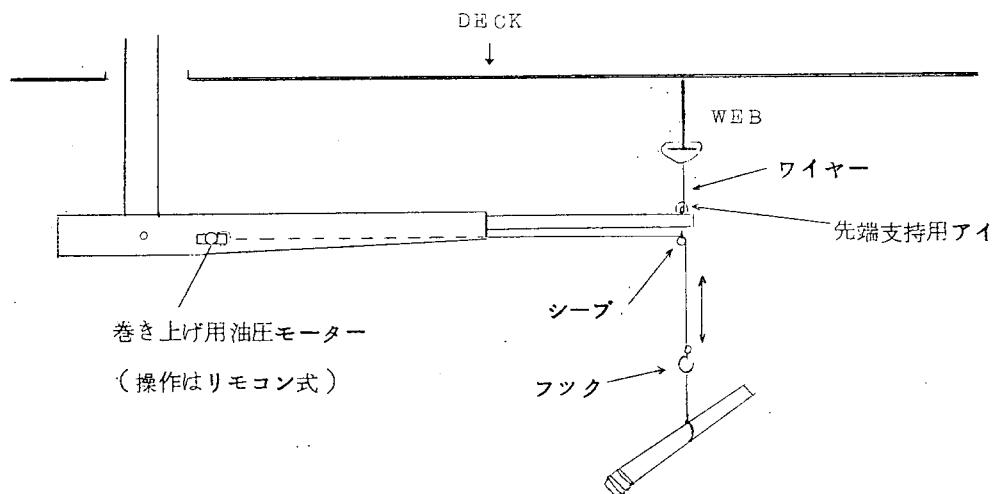


図 3.1.3.1.3

3.1.4 エアマット式足場装置

タンク内足場作業の合理化を困難にしている所の小開口から容易に挿入撤去が可能であり、しかもタンク内では必要な作業面積または足場基地が確保できるというニーズからエアマット式足場の発想が行なわれ、これを足場装置として使うための研究が行なわれることになった。

3.1.4.1 エアマット式足場装置に対する基本仕様

- 1) 上甲板部における開口の大きさは 600 mm ϕ
 - 2) 足場床面積の大きさは、20万トン型タンカーのトランス・スペース(約 5 m)に見合うものであること。
 - 3) 足場架設および撤去に同時にかかり得る作業員数は 2 名。
 - 4) 装置の自重は 2 名で運搬可能な程度とする(注 3,000 mm ϕ テストバルーンで実測自重 28.8 Kg)
 - 5) 荷重条件 300 Kg
 - 6) 架設撤去の作業は上甲板上より行なう。
 - 7) 上甲板から足場床へは甲板の 600 mm ϕ の開口から行なう。
 - 8) 足場上における、溶接、ガス切断等の火気作業の対策を考えること。
 - 9) エアの供給は工場エアで行なう。
- 10) 不測の事故、例えば供給が止つた場合、エアマット本体の破損の場合等の安全対策を考えること。

3.1.4.2 モデル・バルーンによる実験

- (1) 実験的目的
 - (a) エアマット内圧と曲げ剛性との検討
 - (b) エアマット上での作業性と展張、撤去に関する検討
 - (c) エアマットの空気漏洩に関する安全性の検討

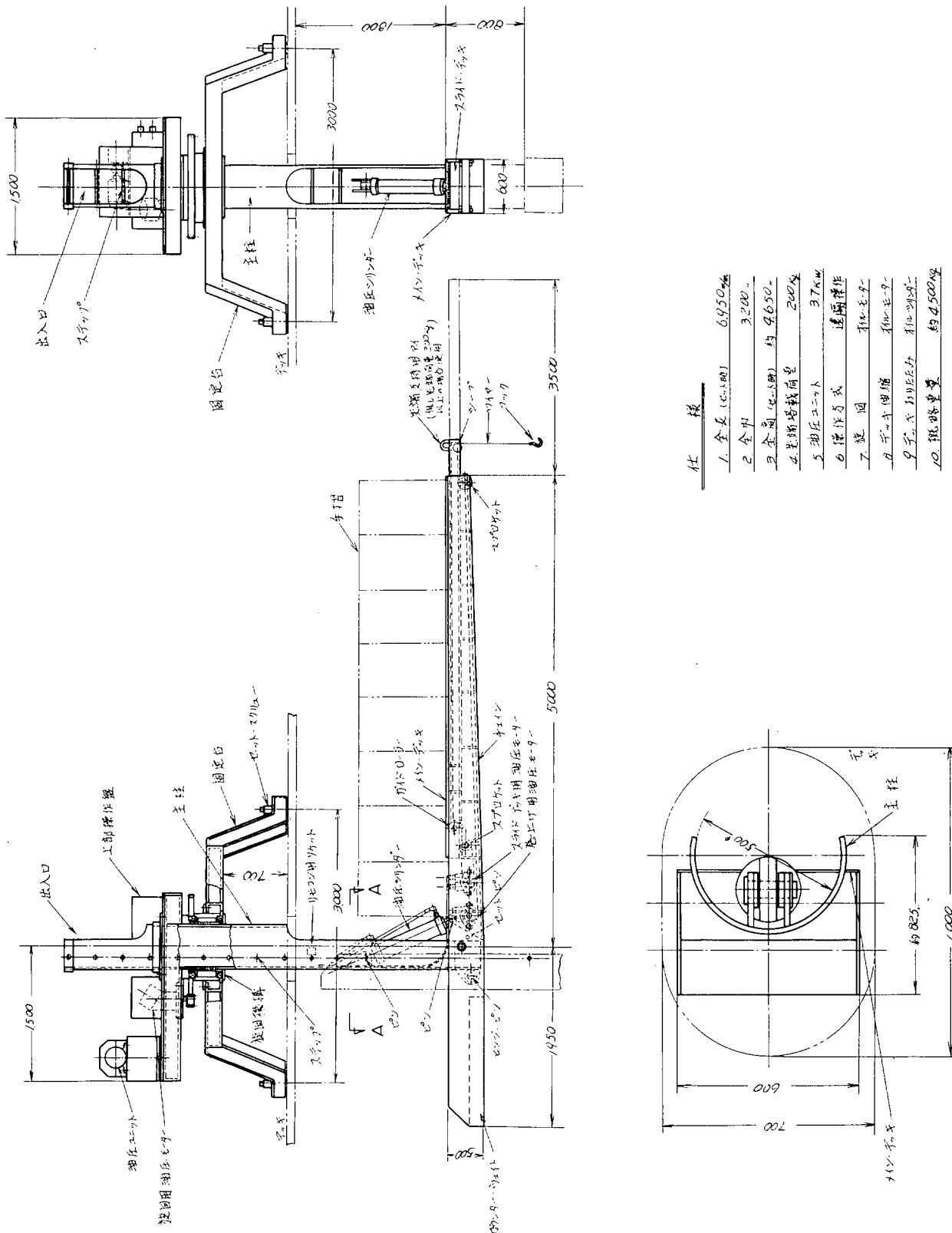
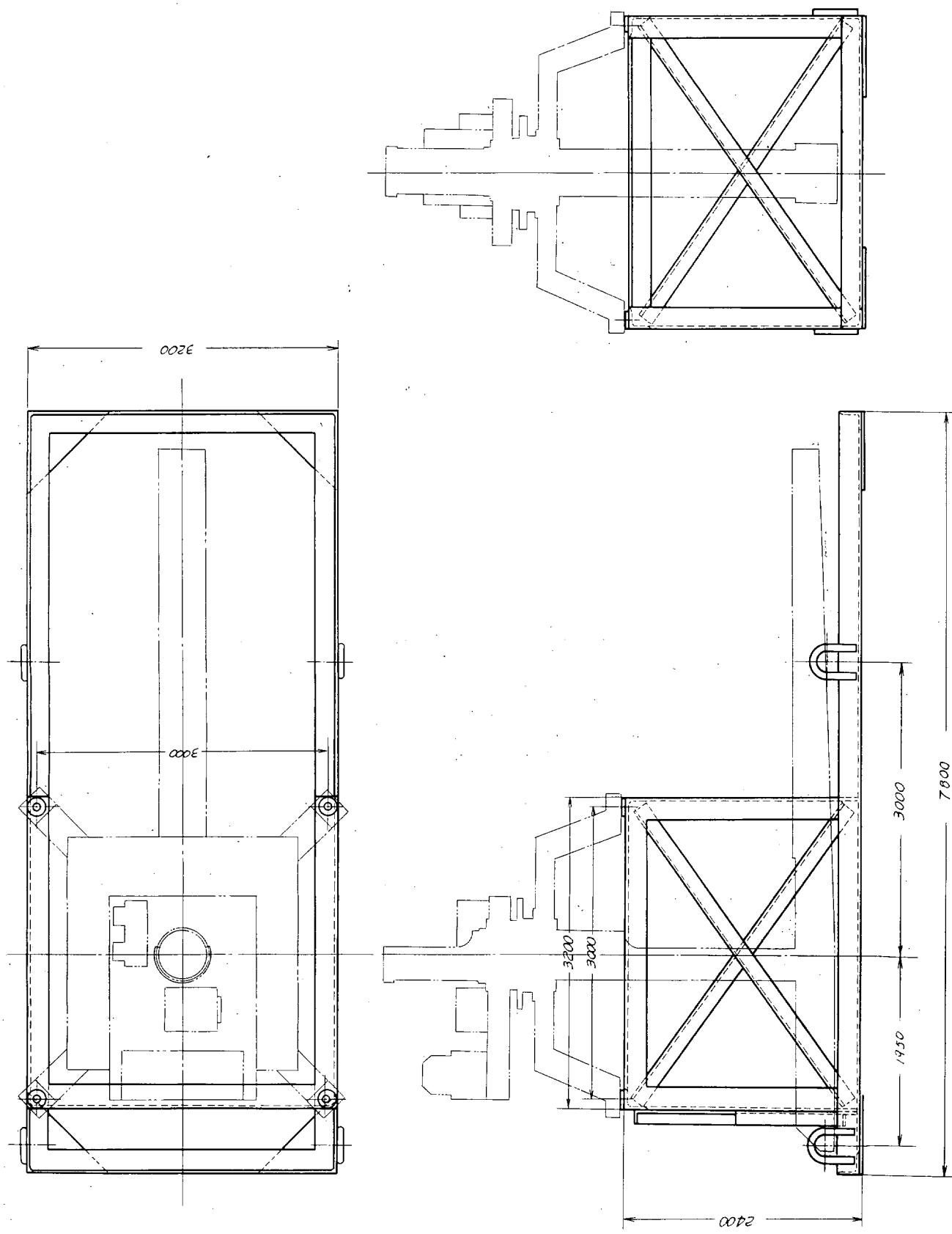


図 3.1.3.4 パン・ス型足場装置

図 3.1.3.5 ベランソンスココ納用足場装置



(d) 耐火性に対する検討

(2) モデルバルーンの仕様および試設計

3.1.4.1 にある基本仕様を考えていれば、図 3.1.4.1 に示すようなモデルの試設計を行なった。なお、テストバルーンの構造仕様は、下記のとおり。

1) 使用キャンバス TT #2600 (テトロン P.V.C コーティング)

破断強度 : 60 Kg/cm

中吊ロープ クレモナイトロープ 8 ϕ

主 吊 索 8 ϕ ワイヤーロープ (ビニルコーティング)

2) 加工仕様 本体 : ウェルダー加工

主吊索 : 縫製取付

3) テストバルーン寸法 $3000 \text{ mm} \phi \times 400 \text{ mm}$ (厚)

4) テスト内圧 $200, 250, 300, 350, 400 \text{ mmAq}$

5) 強度条件 荷重 300 Kg (バルーン中心に集中荷重)

6) 本体重量 28.6 Kg

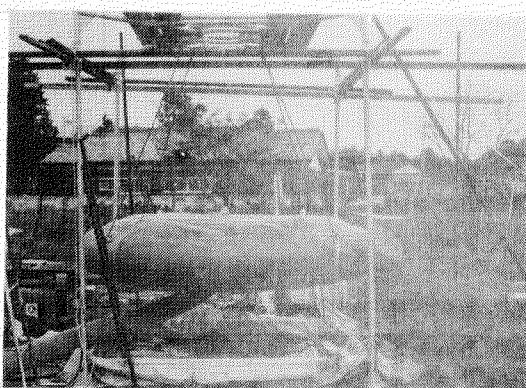


図 3.1.4.2 テスト用モデルおよび付属装置

メーカー工場内にはいわゆる工場空気がないために
プロワーにより空気を供給しテストを行なった。

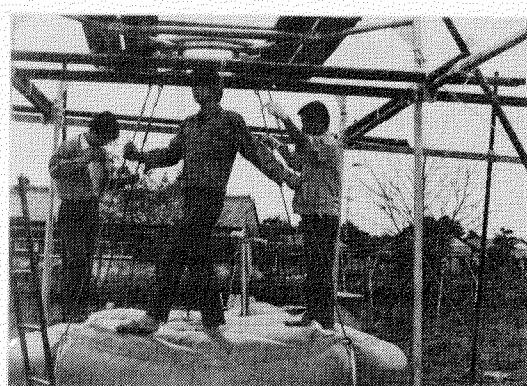


図 3.1.4.4 テストバルーンへの搭乗テスト

(3) 実験結果の検討

(a) エアマットの内圧と曲げ剛性との検討

図 3.1.4.2 に示すようにテスト用架台にモデルを架設し、バルーン内圧を(2)-4)に記してある、
それぞれのテスト圧力にセットをし、バルーンの中心付近に載荷し、バルーン本体の撓み量を計測した。
(図 3.1.4.3 テストバルーン載貨による撓み量)

テスト結果から見ると、テストバルーン程度の大きさおよび荷重条件では、エアマットの内圧は 300 mmAq 以上とするべきであろう。

また、エアマット上の作業性を確かめた結果、バルーン内圧はむしろ低めのほうがよいことがわかった。

このことから、テストバルーンの内圧は 300 mmAq が妥当である。なお、テスト時 3 名がテスト用エアマットに搭乗してみたが、強度的な不安定感はなかった。

(b) エアマット上での作業性と展張、撤去に関する検討

前述のようにエアマット上での作業性はバルーン内圧が低めのほうがよい。次にバルーンの揺れ止め

方法について当初足場装置自体で固定することを検討したが、構造的に難しいので、パイプ材または丸太等を使用し、船殻構造を利用してエアマットを固定することにした。

展張および格納について 600mm ϕ のモデルを通じてテストを行なったが、テスト用モデルの架設に約10分、撤去に約15分を要した。テストの結果、エアマットの材質をテストバルーンよりも軟質のものにしたほうがよいこと、および撤去の際はバルーン内部の残留空気をすみやかに排出するような装置が必要であることがわかった。

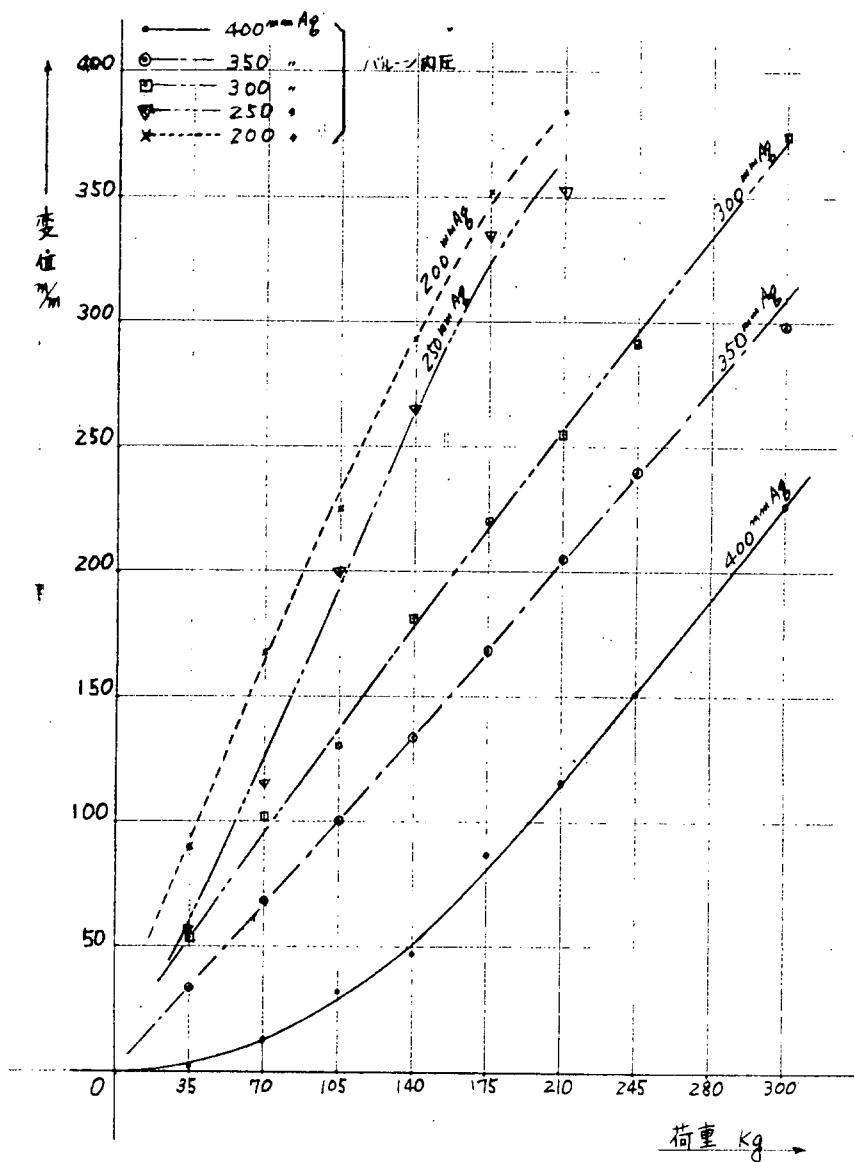


図 3.1.4.3 テストバルーンの載荷による撓み量計測値

また、エアマット式足場の作業床の大きさは、上甲板の開孔の大きさを 600mm ϕ 程度とした場合、架設撤去の面からせいぜい 5m × 3m くらいが最大寸法になろう。

手摺は、エアマットの外周いっぱいにめぐらせるつもりで検討しているが、手摺を本体に固着することを考えると、主吊索に取りつける以外の方法によることが必要であるために現在なお検討中である。現段階では命綱の着用が必要である。

(c) エアマットの空気漏洩に関する安全性の検討

定常的な状態でのバルーンの気密性はテストの結果十分であることがわかった。なお、装置計画の当



図 3.1.4.5 空気を急に抜いた場合のテスト

収縮は、急激でなく、かつ抜けた状態はハンモック状になるために作業員の安全は保ち得る。しかし、より確実にする意味で命綱の併用が必要である。

(d) 耐火性に対する検討

使用キャンバスの気密性をよくするために施行してあるビニルコーティングのために、一般的にエアマットは耐火性に欠ける。これに対して炭素繊維等、耐熱性に優れているものの使用またはペイントの塗布等の手段が考えられるが、いずれもその適用には重量および取扱上の理由で使用に適していない。これらについては今後の開発を待って検討すべきである。

これらのことからガス、溶接等の火気作業が必要な場合は、バルーンをアスベストクロス等耐火性のもので保護するか、バルーンを足場基地と考えてそこから足場を架設するかの方法となる。

(4) エアマット式足場装置実用装置の試設計

テスト結果をおりこみ、実用装置の試設計を行なった。(図 3.1.4.6)

1) 主要寸法は20万トン型タンカーのトランクスペースと取扱い上からの重量制限を考え合せて
4,700 mm × 3,000 mmとする。

2) 使用キャンバス クラレ・#70600相当 (破断強度: 縫接手で 60Kg/cm²)

3) 主加工方法 縫製

4) 本体重量 約30 Kg

5) 排気装置 エア・エフェクター

(5) 実用上の問題点

- 1) エアマット式足場装置は、スポット作業に適し、例えば、塗装工事、就航後の検査、足場作業用基地として使用し得る。ただし、前述のとおり火気作業を行なう場合には、特別の考慮が必要である。
- 2) 上甲板の開孔は600 mmを前提としているが、交通性からの最小寸法は400 mm程度まで可能である。ただし、でき得れば600 mm程度としたい。
- 3) 工場エアーによる圧力保持は減圧弁によって行なう必要がある。
- 4) 摺れ止めおよび手摺は使用箇所に応じて特別の考慮が必要である。

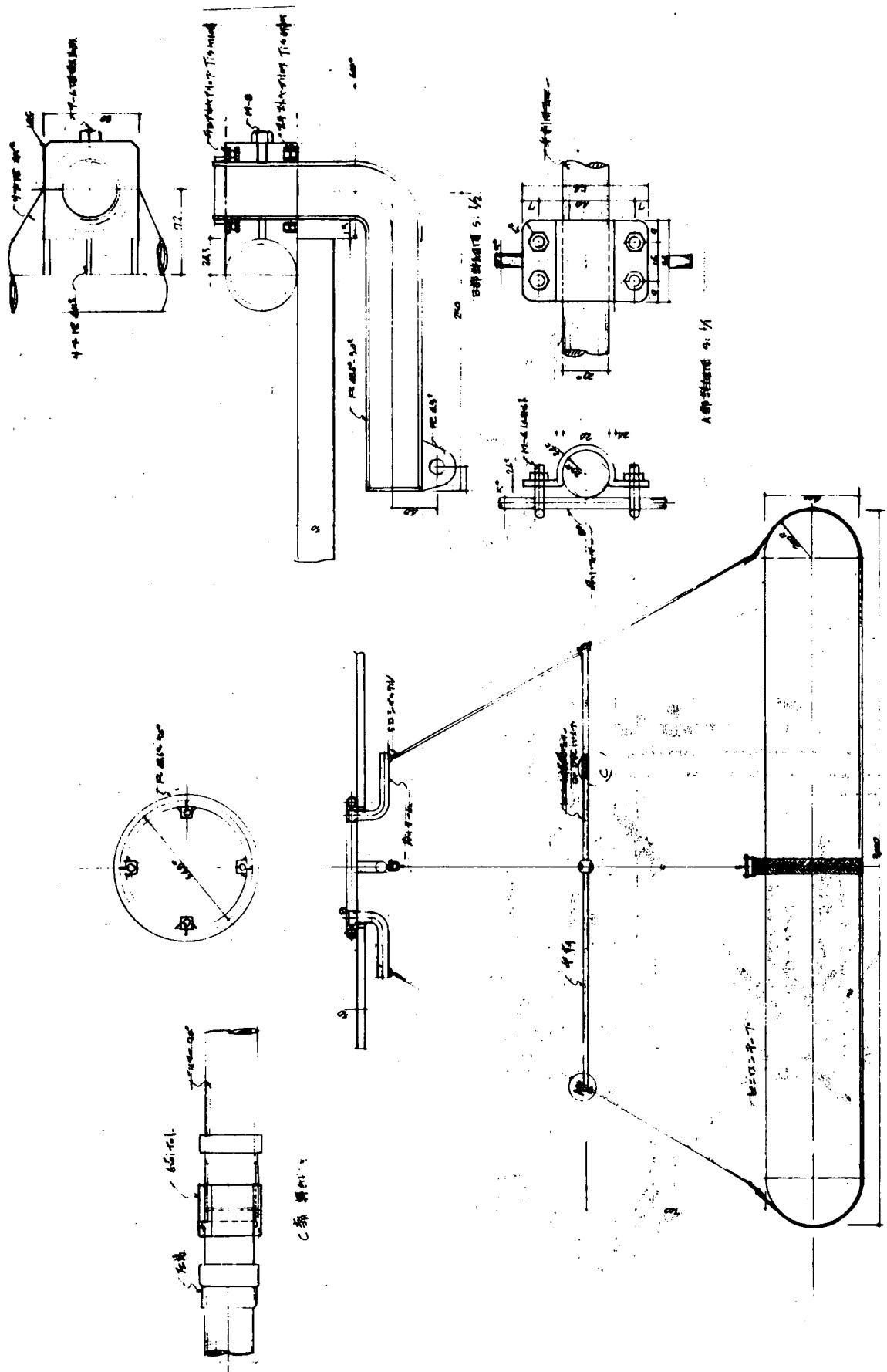


図 3.1.4.1 エアーライフ式足場装置、モデル装置、全体組立図

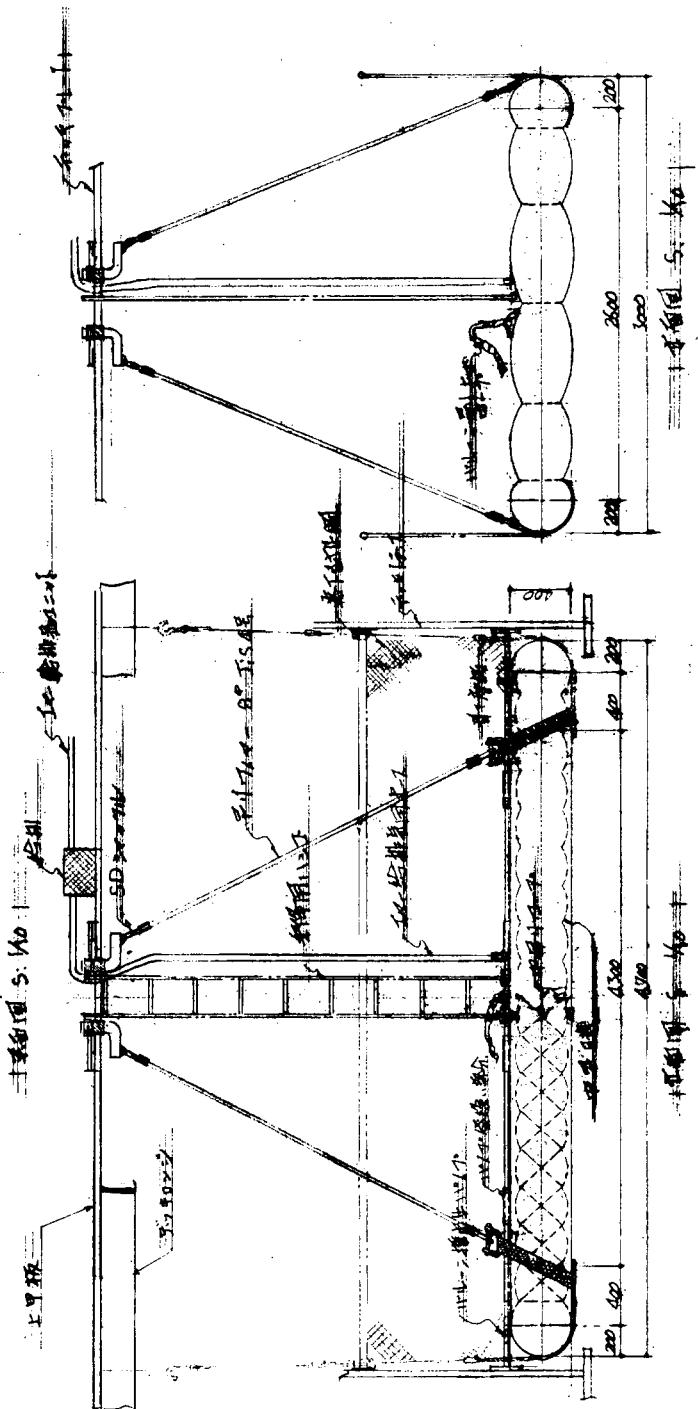
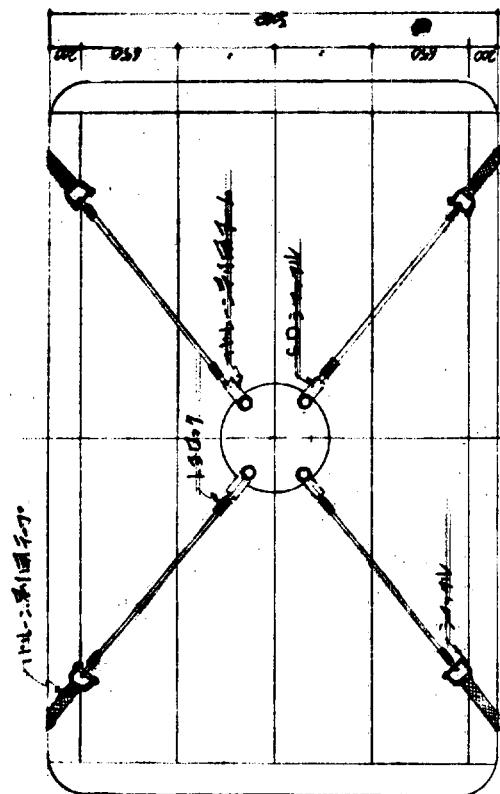


図 3.1.4.6 エアマツト式 足場装置、全体組立図

3. 1.5 足場板のユニット化

昭和44年度に行なったDEEP SURVEYの報告書の通り近い将来においても従来の足場板方式に依存せざるを得ない箇所は相当数になると考える。これらの足場は極力ユニット化して部品数を減らすことによって架設、撤去および運搬の省人、省力を計ることを目的に若干の検討を行なった。

ユニット化の対象としてはバーチカル・ウェブフレームおよび隔壁回りの足場を選び、現在エスカレーター用鋼製シャッターの構造を導入した折りたたみ式の足場について実験中である。

図3.1.5.1は折りたたんだ状態、図3.1.5.2は展開中の状態を示す。この方式のユニット足場は実用上はまだ幾多の問題点があるが、ユニット化の一つの手段として有効な方法と考えている。

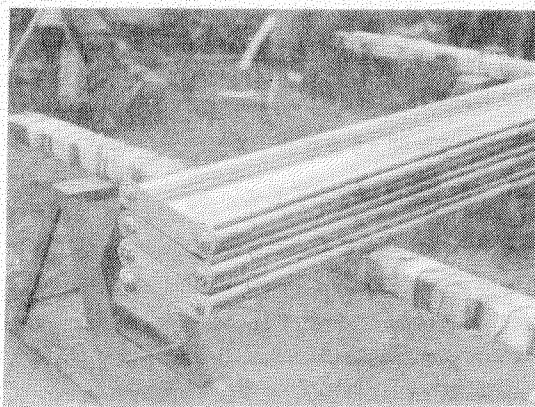


図 3. 1. 5. 1

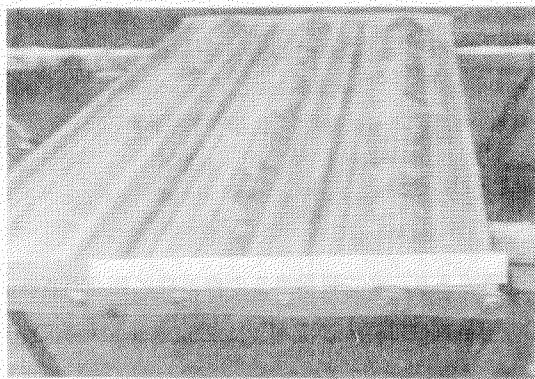


図 3. 1. 5. 2

3.1.6 上甲板裏面足場工事システムと経済効果

(1) 各機種の組合せ方式を考えるに至った経過

上甲板裏面は船体構造上もまた精度上、工程上も機械化は非常に困難な環境に置かれている。したがって、上甲板裏面の足場として要求される性能を全て兼ねそなえた「機械化足場」は現状では不可能と言わざるを得ない。

当小委員会で提案され研究されてきた前記数種の機種についても単独では機能上、あるいは採算上、解決すべき多くの問題をかかえている。しかし、前述の通り各機種はそれぞれ異った特徴を持って居り、お互いに欠点を補い合う「足場方式」の存在が推察される。また、組合せ方式を決定することにより、各機種の分担作業の作業性を落さずに構造を簡略化する余地も考えられる。これらについて若干の検討を加えた結果を以下に記すが、まだ十分審議されたものとは言えず、今後さらに検討を続ける予定である。

(2) 組合せ足場方式を考えた時の前提条件

- (a) 生産量は20万トン型タンカーを年間4.5隻建造する。
- (b) 足場使用時には外板隔壁等下部工事はほぼ完了している。
- (c) ブロックの長さは3トランススペースとする。
- (d) 上甲板のブロック分割は下図の通りとする。



- (e) 横隔壁は従来の足場を設置する。

(3) 組合せ方式

(a) 各機種の特徴

各機種の特徴を要約すれば下記の通り。

i) 縦移動式足場

作業性は非常に良いが高価であり、かつ架設撤去の作業性に難点がある。特に撤去作業は現状の小型ハッヂでは不可能である（分解すれば可能）。実用上は $2,500\text{mm} \times 4,000\text{mm}$ 位のハッヂが必要である。

ii) 横移動式足場

作業性もよく安価であるが、撤去作業に問題がある。

iii) バランス型足場

架設撤去作業は容易であるが、高価であり作業性、特に取付溶接等の連続作業には不向きである。

iv) エヤーマット式足場

架設、撤去作業は極めて容易であり、かつ安価でもあるが、特に火気工事には特別の配慮が必要である。

(b) 組合せ方式

i) $700\text{mm} \times 1,000\text{mm}$ 位の小型ハッヂしかない場合 (Case 1), 撤去作業を考えると縦移動式の使用は困難と思われる所以、これを除いた組合せとする。

(1) 各機種の作業分担

横 移 動 式 { ブロック搭載、取付、ガス切断、ハツリ、構造検査、塗装作業

バランスタイプ { 足場撤去、タッチャアップ塗装、小改正工事、足場撤去後の清掃およびその確認作業

エヤーマット式 { タッチアップ塗装, 足場撤去後の清掃およびその確認作業

(a) 足場架設撤去の手順

横移動式足場は地上でユニットに組上げておき、外板および縦隔壁ブロック、それぞれトランク間に1個づつ取付ける。ブロック接合部はそのブロックの位置決め完了後セットする。

構造検査完了後、上甲板のハッチからバランス型足場を挿入し、横移動式足場をユニットのまま船底に下す。ここで横移動型をハッチから出せる大きさに分解し、ワインチまたはクレーンで船上にあげる。足場撤去後の改正工事、タッチアップ塗装、ファイナル検査はバランス型およびエヤーマット式にて施工する。バランス型足場は上甲板裏以外の所の足場の撤去作業用基地としての利用法もある。

ii) 大型ハッチがある場合 (Case 2)

(1) 各機種の作業分担

縦移動式足場	ブロックバットの取付、溶接、ガス切断、ハツリおよび横移動式撤去後の構造検査、塗装および横移動式の撤去
横移動式足場	ブロックシームの取付、溶接、ガス切断およびハツリ作業
バランス型足場	足場撤去、足場撤去後の改正工事、タッチアップ塗装および清掃
エヤーマット式足場	タッチアップ塗装および清掃

(b) 足場架設撤去の手順

地上ブロックではCase 1と同様に横移動式を取付ける。縦隔壁および外板の位置決め完了後、バット部に縦移動式をセットする。取付、溶接、ガス切断、ハツリ作業にバット部は縦移動式、シーム部は横移動式を使用して作業を行なう。横移動式は本作業完了後、縦移動式によりハッチの所まで運び撤去し、構造検査、塗装は縦移動式で行なう。縦移動式はクレーンにてハッチから撤去する。

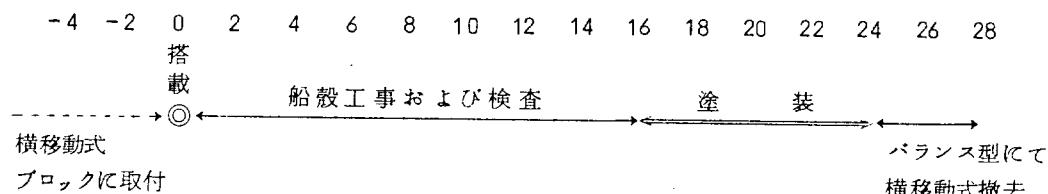
縦移動式のレールの撤去、改正工事、タッチアップ塗装、清掃、ファイナル検査等はバランス型、エヤーマット式の分担とする。

(4) 標準作業日程

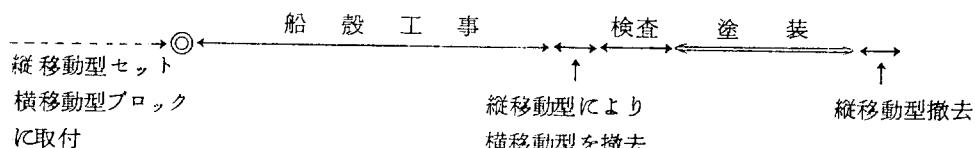
表3.1.6.1は縦移動式足場のみを使用した時の船殻作業工程表である。上段は本機を1タンクに2台配置した場合であり、下段は4台配置した場合を示す。Case 1, Case 2とも横移動式の配置数を考えれば、下段の標準日程で考えればよかろう。

この他に足場装置の取付、タンク塗装、足場撤去作業を加えた標準日程は次のとくくなろう。

(Case 1)



(Case 2)



(5) 経済効果

(a) 各機種の必要台数算定の基礎

- (i) 作業量 1タンクは9トランスマチスで5タンクとする。
- (ii) 縦移動式 №1 ウィングタンクは曲りがあるため除外するので、一船で8タンク分16台となる。
- (iii) 横移動式 表3.1.6.2はCase 1の工程で一船分の上甲板工事の工程を表示したものである。工程、品質上のトラブル、人員の山ならしを考えると一船分より若干の予備台数が必要であろう。
$$40 \text{ トランス} \times 6 \text{ 列} + \alpha = 240 + \alpha$$
Case 2では横移動式の必要台数は約23台になる。
- (iv) バランス型 Case 1の場合、センタータンク4台、ウィングタンク $2 \times 2 = 4$ 台、合計8台
- (v) エヤーマット式 10台 (Case 1, 2とも)

(b) 経済効果

(別表) 表3.1.6.3

(6) システムに対する考察

- (a) 縦移動式用のレールは、船殻構造の一部として残し就航後の検査修繕時の足場として活用することは今後の合理化の方向として十分検討に値する問題である。
- (b) 大型ハッチの設置も就航後の検査、修繕工事を考えれば安全上、能率上、予想外の効果がある。
- (c) Case 2の場合、縦移動式と横移動式は重複する機能をそなえているので、縦移動式を重装備化して横移動式をさらに単純軽量化することが考えられる。
- (d) 足場撤去後の清掃、ファイナル検査、タッチアップ塗装、小改正工事等は従来非常な悪環境で施工せざるを得なかつたが、バランス型、エヤーマット式の足場を使用することにより、大きく改善されよう。
- (e) タンク内足場の解体作業は数名の“伍”を組んで行なり共同作業であり、作業者間の合図は一歩まちがえれば人命にかかる重要な働きをしている。にもかかわらず船殻構造上見えない所に合図を送る必要があり、安全上大きな問題の一つである。バランス型をかかる作業の基地として利用することは安全上は勿論、能率上も大きな進歩をもたらすものと考える。

表 3.1.6.1 機動式足場装置による石標単作業日程

順 序 数	作業名稱	日												備考												
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23		
1/2 9:07	(1) 外板 ROUND GUNWALE 部 BUTT	底付												SIDE ANGLE SHEET METAL PLATE	八時半迄	正面										
	(2) 上甲板 BUTT	底付												DECK PLATE	八時半迄	正面										
	(3) 上甲板 SEAM	底付												BASE PLATE ANCHOR	八時半迄	正面										
	(4) DS TRAY×SIDE TRAY 起立木	底付												DS TRAY	八時半迄	正面										
	(5) BWP×外板 繼縫壁	底付												WALL PLATE	八時半迄	正面										
2/2 9:07	(1) 外板 ROUND GUNWALE 部 BUTT	底付	底付											SIDE ANGLE SHEET METAL PLATE	八時半迄	正面										
	(2) 上甲板 BUTT	底付	底付											DECK PLATE	八時半迄	正面										
	(3) 上甲板 SEAM	底付	底付											BASE PLATE ANCHOR	八時半迄	正面										
	(4) DS TRAY×SIDE TRAY 起立木	底付	底付											DS TRAY	八時半迄	正面										
	(5) BWP×外板 繼縫壁	底付	底付											WALL PLATE	八時半迄	正面										

表3.16.2 20万トン型タンカー上甲板(CASE 1)

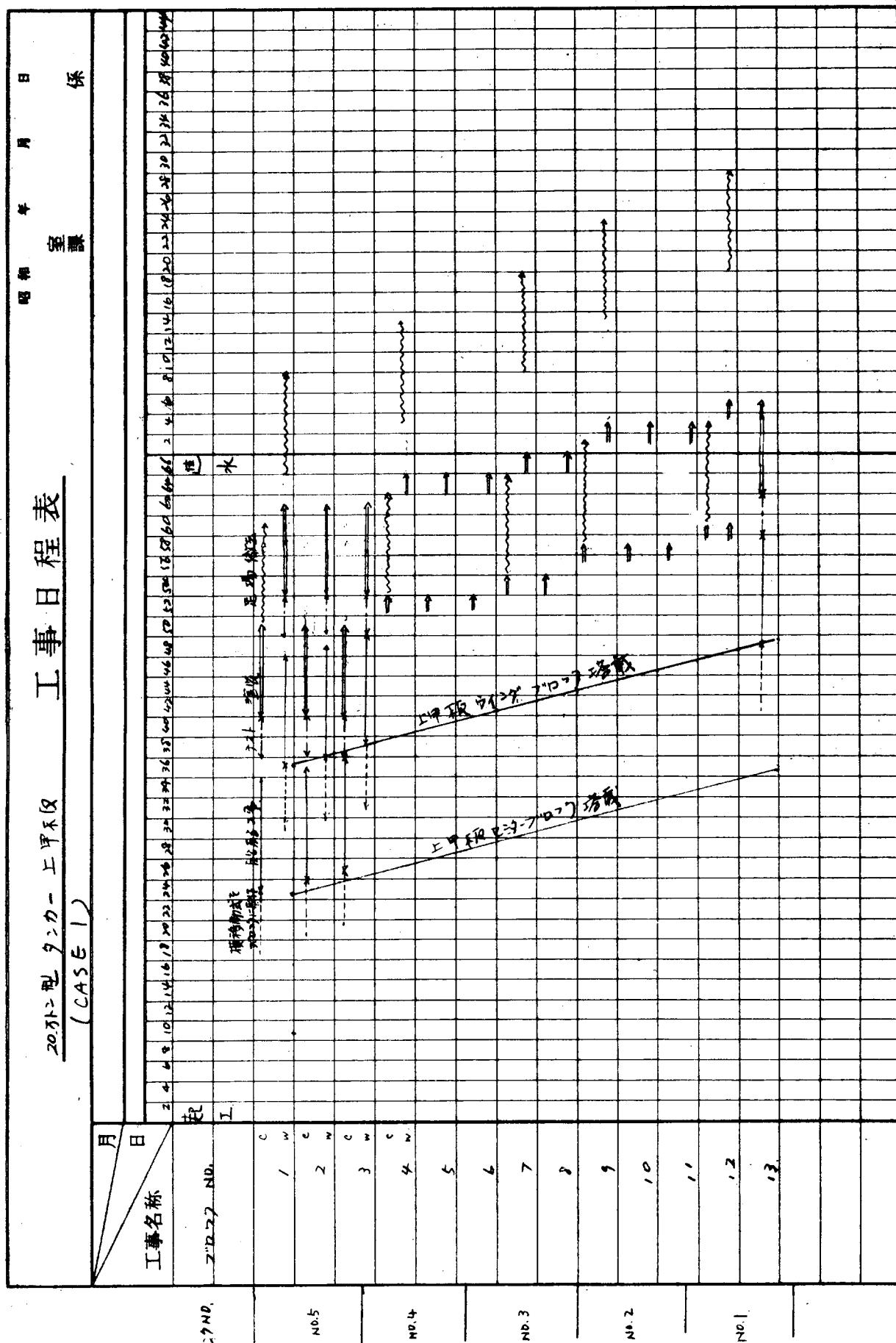


表 3.1.6.3 足場の研究成果に関する中間評価

46.3.3

項目	当初推定	46.3.3 見直し結果	
機器類に必要な投資額	(1) 甲板裏面の足場機械 $8,000 \times 20 = 160,000$ 千円	(1) 甲板裏面の足場機械 1) 縦移動式 16台 48,000千円 2) 横移動式 15台 75,000千円 3) バランス型 4台 20,000千円 4) エアーマット式 10台 25,000千円 合計 <u>145,500千円</u>	
効果	利益／年 省力人員 節労人員	— 100人×0.2 = 20人 ピース不要により 3人	19,796千円 足場工 12人 1人
環境整備効果	1) 能率向上 $100人 \times 0.1 = 10人$ 2) 離職防止 $100人 \times 0.1 = 10人$	1) 2) 小計	10人 10人 20人

注： 1) 軽量足場板については、複雑となるので削除した。

3.1.8 対船体設計上の問題点

TANK内足場の機械化を推進する場合の対設計上の問題点は各詳細でも述べた通りいくつかある。それらのうち最も大きくかつ機械化する場合の必要条件と考えるものまとめると下記の通りである。

(1) 上甲板に機械搬出用の大きなハッチが必要

縦移動式、横移動式、何れの機種も現状程度のハッチでは撤去作業の上から実用化するには問題点が多い。上甲板に大きなハッチを設けることは機械化のための必要条件と考える。必要とする開口の大きさは縦移動式を考慮すると最小でも巾1,500mm、長さ4,000mmは必要で、でき得れば巾は2,500mm程度のものを設けたいと考えている。この種の開口は単に建造中のみならず就航後の検査、掃除、塗装および修繕工事などの諸作業上からも必要条件になると考へるので早期に実現することを要望する。

(2) フレームスペースなどの標準化

この種の機械化を行なう場合、足場機械の構造、機構を簡易化して単純なものにすることが必要で、船体構造寸法の相違による調整機構を減らす必要がある。このためにウイングタンクの巾、フレームスペース、デッキトランクおよびバーチカルウェブの深さ並にそれぞれのフェースプレートの巾などの標準化が必要である。

(3) パーマネント・グレーチング

昭和44年度の報告でも述べた通り船体構造を利用して足場装置はすでに一部では実施されつつあるが、機械化を行なう場合には足場機械への交通が問題となってくる。

縦移動式では前述の通り走行用レールの下部に交通用（この場合はレールの撤去用も兼ねている）の縦通足場を設けているが、これを工夫して将来はパーマネント・グレーチングに置き換えて就航後の内部検査などの諸作業用足場との兼用を考慮する要がある。

横移動式においても同様で前述の通り、デッキトランクに設けた開孔を通る縦通足場をパーマネント・グレーチングに置き換えることも検討の要がある。

あとがき

先のDEEP SURVEYの結果から困難ではあるが機械化の効果が最も大きいと考える上甲板裏面の機械化を主要研究項目として採り上げ上記の通り研究を進めてきた。

縦移動式、油圧によるバランス型および空気によるエアーマット式はすでに部分試作あるいは模型によって実験的研究を終了し、横移動式およびテレスコープ式は近く実験に入り、昭和46年度も引き続き研究を行なうことにしている。

他方、一つの研究項目となっていた足場板の軽量化も重要な問題であるが、先のDEEP SURVEYで報告したアルミ合金などを主体とする各種の軽量足場板は現在各所で試用に入っている。昭和45年度はそれらの情報交換程度を行なったのみで特に研究は行なっていない。昭和46年度にはそれらの試用結果をとりまとめて報告を行う予定である。

なお、昭和46年度には機械化に関する研究として上記の継続研究の他に、船首尾外板外面の自動足場装置の研究を追加して行なうこととしている。

3.2 吊り金具の改善

最近のように船舶が大型化するに伴なって、船体ブロックの外業搭載建付作業に従来のようなアイプレートや内構材に穴をあけてピンを挿入する吊り方式ではブロックの補強とアイプレート取付に著しい工数と鋼材を必要とするため不向きになりつつある。

そこでここに吊り金具の改善を意図し、基礎試験を行ない検討を加えた。

3.2.1 純摩擦による吊り金具

純摩擦による吊り金具を検討するに当たり摩擦係数に関する諸因子（摩擦材・つかみ面の表面状態・圧接荷重・すべり現象と安定性）について基礎試験を行なった。

(1) 圧接荷重（面圧）と摩擦係数

図3.2.1.1のような試験装置でNatural Rubberと金属圧子（図3.2.1.2）の摩擦材について圧接荷重と摩擦係数の関係を調べた。

試験の結果（図3.2.1.3）金属圧子は面圧の増大に伴ない摩擦係数も若干増加するが、Natural Rubberの場合は急激に減少することが判明した。

吊り金具の吊り荷重Wは次式で表わすことができ、ゆえに、圧接荷重と摩擦係数は正比例の関係にあることが好ましく、Natural Rubberは不適当で金属圧子のほうが適当である。

$$W = 2 \mu F$$

F : 圧接荷重

μ : 摩擦係数

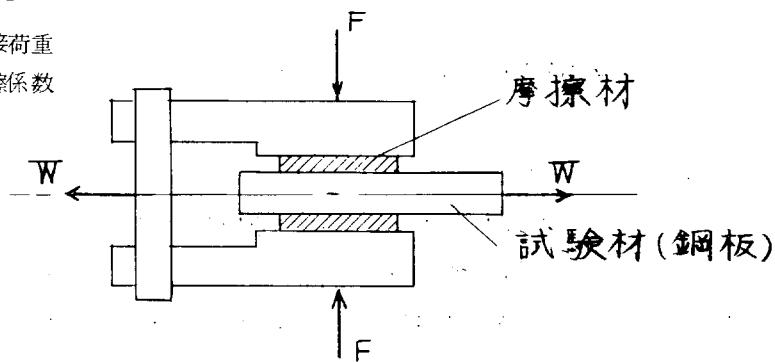


図3.2.1.1 試験装置概略

形 式	形 状	摩 摩 係 数
純 摩 擦 方 式 Natural Rubber		0.1 ~ 0.6
金 属 圧 子 (Flat)		0.26 ~ 0.28

図3.2.1.2 純摩擦方式の試験結果

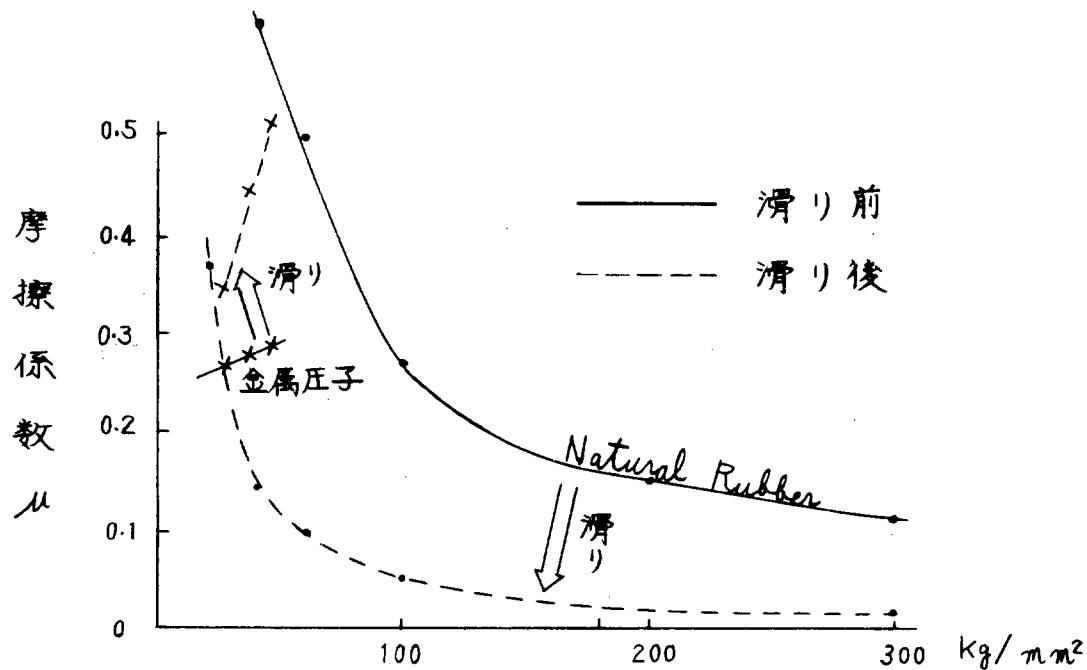


図 3.2.1.3 圧接荷重と摩擦係数

(2) 圧接面の滑り現象に係わる摩擦係数の安定性

図 3.2.1.3 の点線で示すように滑り状態での摩擦係数は Natural Rubber が減少するのに反して金属圧子は増大している。滑り状態の金属圧子摩擦係数増大の原因は圧子が圧接面に喰込むためと考えられる。

このように一旦滑り出すと Natural Rubber は摩擦係数が減少し吊り金具の吊り荷重能力を低下させるので安全性の上からも好ましくない。一方、金属圧子は摩擦係数が増大し、安全度を高める方向にある。

(3) 圧接面の表面状態と摩擦係数

(a) 油膜の影響 試験材表面にグリスを塗って摩擦係数を求めた。その結果、試験材表面が乾燥状態の時に比べて摩擦係数は若干減少したが、吊り金具の摩擦材選定の見地から考慮するに足らない程度である。

これは圧接荷重を加えた段階で油膜がはがれ試験材と圧子が直接接触し、乾燥状態の場合とほぼ同じ状態になるものと考えられる。

(b) 塗料の影響 試験材表面に塗料(エピコンシンクB)を塗って摩擦係数を求めた。その結果、塗る前と比べて摩擦係数が約30%低下した。なお、塗料(ラバックス)の場合はエピコンシンクBより大きな低下を示した。

(4) まとめ

(a) Natural Rubber を使用した場合 Natural Rubber は圧接荷重を大きくすると摩擦係数が低下する傾向にあるため 30~50 ton の吊り荷重を得ることは実用機として不可能に近い。

(b) 金属圧子を使用した場合

吊り荷重 $W = 30 \sim 50 \text{ ton}$ を得るには

摩擦係数 $\mu = 0.28$ なので

圧接荷重 $F = 54 \sim 90 \text{ ton}$ を必要とし
 安全率 $K = 3$ を考慮すると
 $F = 162 \sim 270 \text{ ton}$ を必要とする。
 油 壓 $P_0 = 140 \text{ Kg/cm}^2$ を使用した場合、
 油圧シリンダー直径 $D = 383 \sim 496 \text{ mm}$ になる。

吊り金具に $D \approx 500 \phi$ の油圧シリンダーを装備すると本体が相当大きな物になり操作性、経済性の点から実用機には不向きと判断される。一方、面圧 40 Kg/mm^2 以上では純摩擦方式からはずれ喰込み方式の領域に入る。

以上の検討から純摩擦方式では吊り金具の実用機として不向きであると判断した。

3.2.2 嘰込み方式による吊り金具

喰込み方式による吊り金具を検討するに当たり、固着力（固着係数）に関する諸因子（圧接面（爪）の形状、圧接荷重、喰込みによる傷痕の大きさ）について基礎試験を実施した。

(1) 圧接面（爪）形状と固着力（固着係数 μ_0 ）

圧接面形状は金属庄子で Ball 形と山形と平形の 3 種類について試験した。図 3.2.2.1

試験結果では平形と Ball 形は固着係数が $\mu_0 \approx 0.3$ であるのに対して、山形爪では $\mu_0 \approx 0.6$ が得られた。

注) 固着係数 (μ_0) : 摩擦係数に相当するもので次式の関係にある。

$$W = 2 \mu_0 F$$

W : 固着力（吊り荷重）

F : 圧接荷重

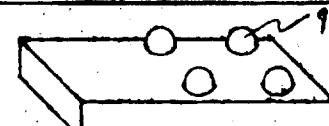
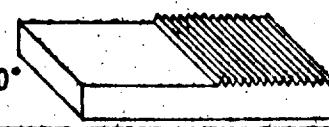
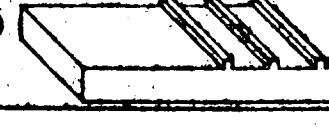
喰込み方式	金属庄子 (Ball)		固着係数 0.28 ~ 0.36
	金属庄子 (山形)	$P=3$ $\theta=70^\circ$ 	0.62
	金属庄子 (平形)	$P=40$ $t=1$ 	0.27

図 3.2.2.1 嘰込み方式による金属庄子形状と固着係数

(2) 圧接荷重と固着係数

圧接荷重と固着係数の関係を図 3.2.2.2 に示す。なお、圧接荷重を面圧に換算したものを図 3.2.2.3 に示す。

図 3.2.2.2 において点線は滑り後の固着係数を示す。

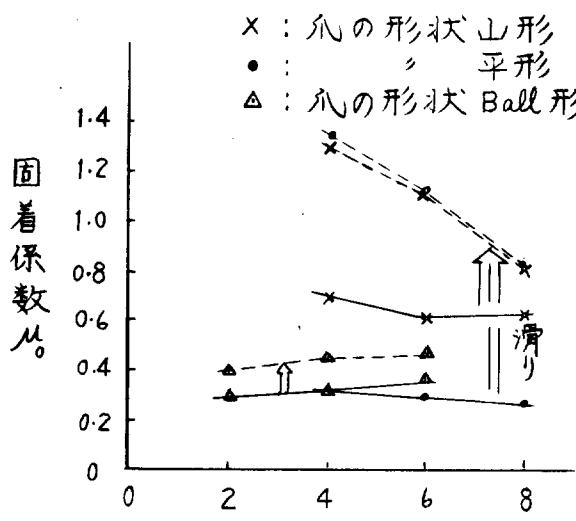


図 3.2.2.2 圧接荷重と固着係数の関係

図 3.2.2.2において点線は滑り後の固着係数を示す。

(3) 固着力と傷深さの関係

固着係数の最大値 $\mu_0 = 0.6$ を示した山形爪の固着力と傷の深さの関係を表3.2.2.1に示す。

傷の大きさは見掛け上ヶガキ線程度のものであった。

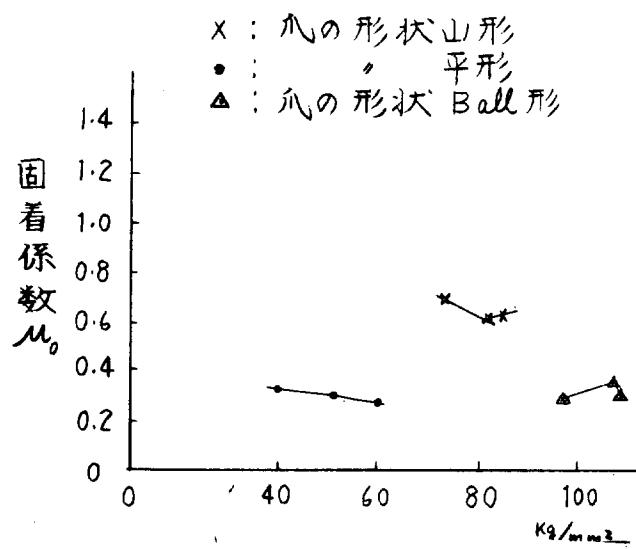


図 3.2.2.3 面圧と固着係数の関係

表 3.2.2.1 固着力と傷の深さの関係

圧接荷重	最大深さ	平均深さ
10 ton	52 μ	32 μ
8	55	39
6	60	37
4	46	25

注) 数多くの傷の中から 一番大きな傷 1 個についてのみ

最大深さと平均深さを計測した。

(4) まとめ

爪形状が山形の場合、固着係数は $\mu_0 = 0.6$ が得られ他の平形・球形の約 2 倍の値になる。

これは吊り金具としてまとめた場合、圧接荷重が $1/2$ で良いことになり、吊り金具本体の大きさも小形にでき、取り扱い性、操作性も良くなる。

山形爪の場合 ($\mu_0 = 0.6$)

吊り荷重 $W = 30 \sim 50 \text{ ton}$ を得るには

圧接荷重 $F = 25 \sim 42 \text{ ton}$ を必要とする。

安全率 $K = 3$ を考慮すると

$F = 75 \sim 126 \text{ ton}$ を必要とする。

油圧 $P_0 = 140 \text{ Kgf/cm}^2$ を使用した場合

油圧シリンダー径 $D = 232 \sim 300 \text{ mm}$ になる。

山形爪を吊り金具にまとめた場合、本体形状がかなり大きなものになりそうであるが、より小形化するため

には油圧を上げるか、または安全率を下げるしか方法はない。なお、山形爪の場合、一旦滑りを生じるとさらに喰込みが深くなり固着係数 μ_0 を大きくする方向にあるので安全側の傾向といえる。

しかし、喰込み方式であるため当然、傷痕を残すことになるので作業後の修正塗装を必要とする。

3.2.3 実用化のための問題点

喰込み方式による吊り金具の試験機（図 3.2.3.1 に概略図を示す。）で、実用化のための問題点を明確にした。

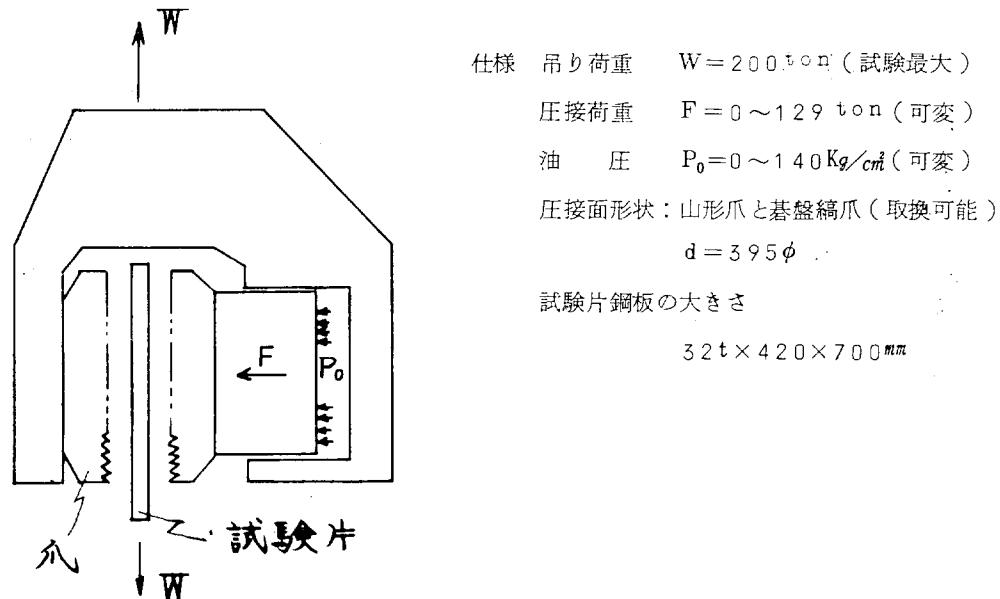


図 3.2.3.1 試験機概略

(1) 試験機の吊り荷重試験結果

試験機による吊り荷重試験結果を図 3.2.3.4～7 に示す。図 3.2.3.5 に示す滑り始める時の吊り荷重は図 3.2.3.6～7 に示す滑り始め（矢印）の点の荷重をプロットしたもので、図 3.2.3.6 はその値が明確に読み取れるが図 3.2.3.7 は明確でない。

このように滑りか否かの判別がしにくい原因として試験片の伸びと喰込みによる変形と試験片の材質的な欠かん等が考えられる。しかしながら滑り始めと判断した時の滑り長さは全試験を通じ、 $0.16 \sim 0.86 \text{ mm}$ の間にあり肉眼では認め難いものであったが、滑ることで滑り始めの吊り荷重よりさらに荷重が増加する傾向にあるので、この荷重が実用機の設計に使用できるものと考える。なお、固着係数は図 3.2.3.5 に示すように $\mu_0 = 0.45$ となり基礎試験時より若干低下している。

(2) 寸法効果

(a) 爪の焼入歪に係わる爪有効作用面積の低下

図 3.2.3.2 に示す山形爪を用意し、爪部に高周波焼入れを予定していたが、爪の溝にそってクラックが入る可能性が非常に強いというメーカーの意向だったので、今回は必ず焼の油冷却で焼入れをし硬度 Hs 50 を目標にした。

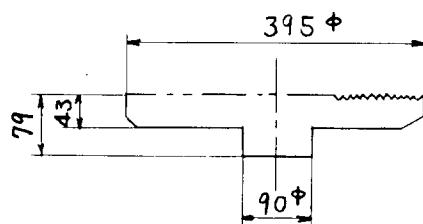


図 3.2.3.2 山形爪

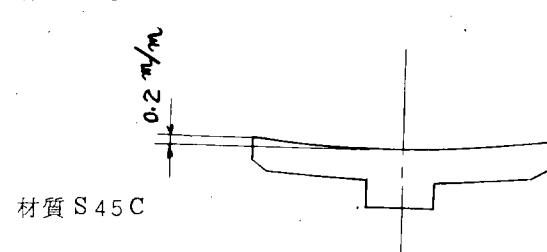


図 3.2.3.3 焼入れ後の歪み

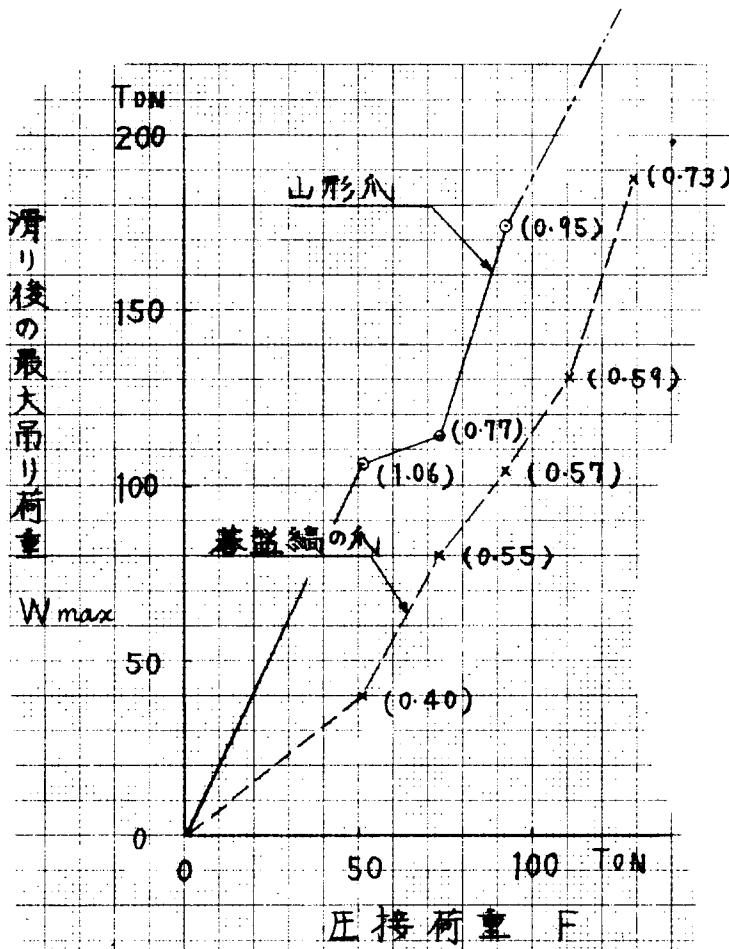


図 3.2.3.4 滑り後の最大
吊り荷重と固着係数

() 内の数字は固着係数を示す。

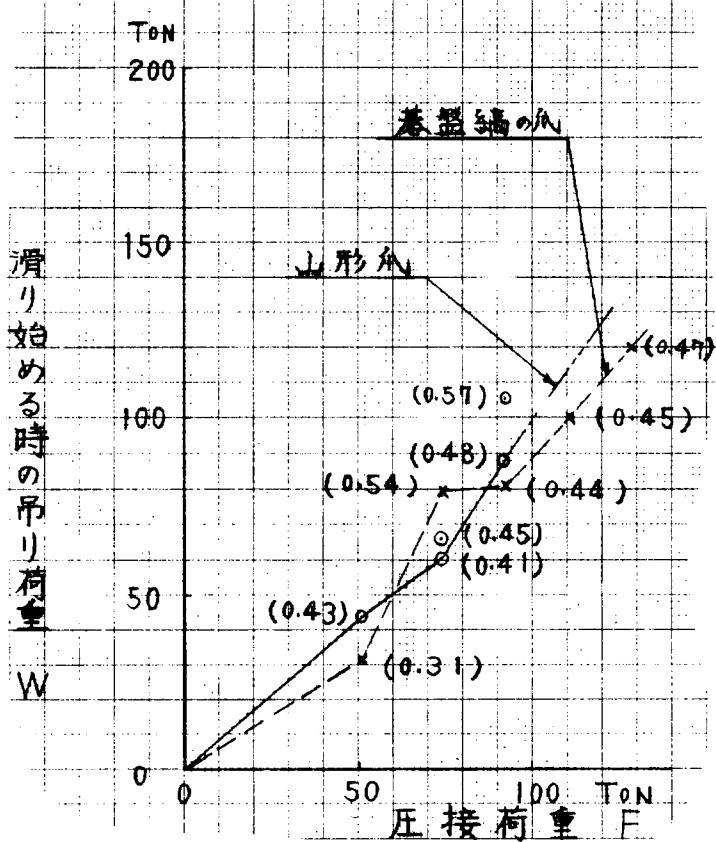


図 3.2.3.5 滑り始める時
の吊り荷重と固着係数

() 内の数字は固着係数を示す。

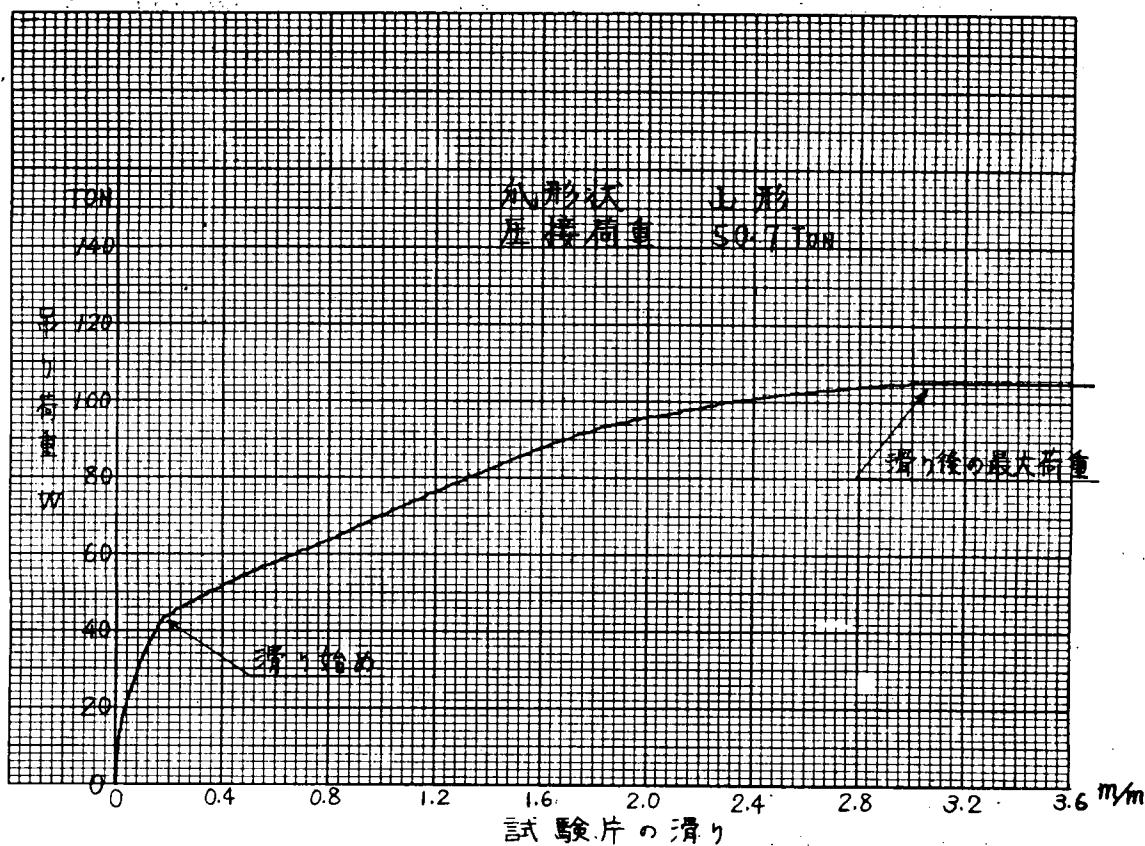


図 3.2.3.6 吊り荷重試験データ

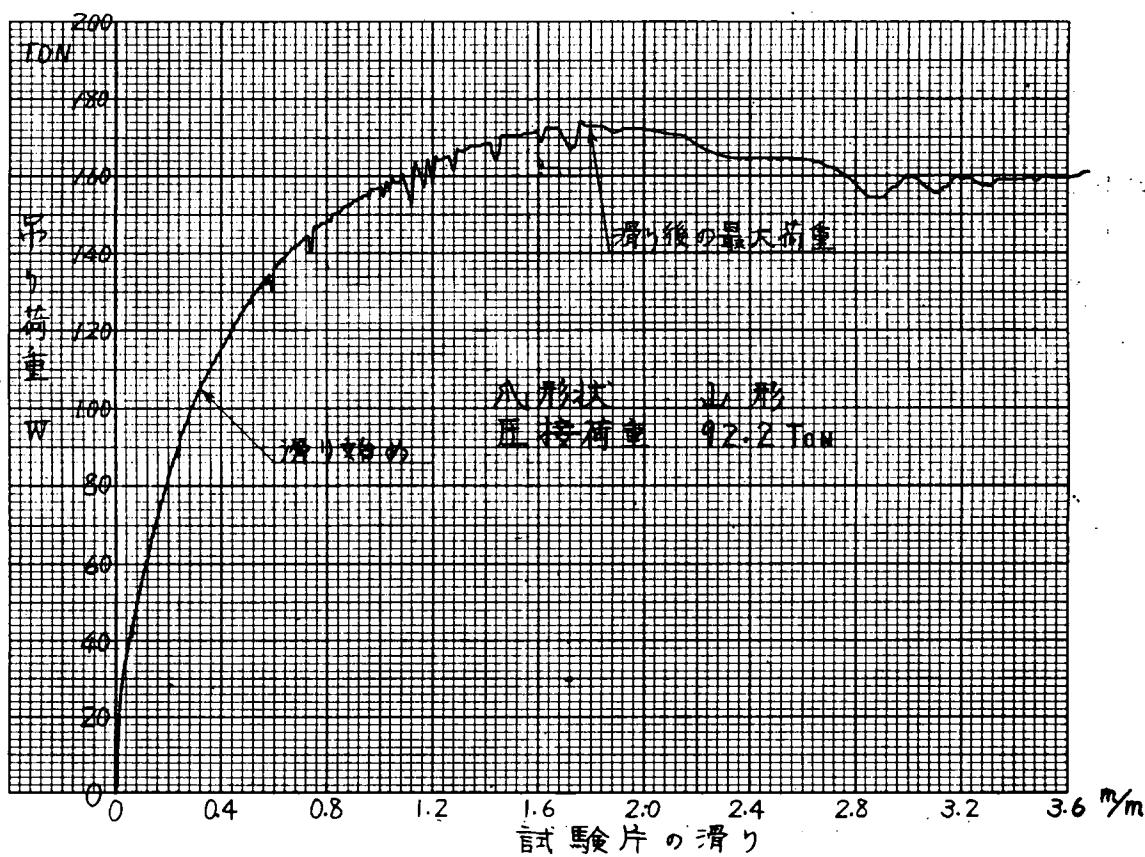


図 3.2.3.7 吊り荷重試験データ

焼入れによって爪は概略、図3.2.3.3のような中凹みの変形を生じた。このため試験片を圧接した時、全爪の約20%しか有効に作用しなかった。この焼入れ歪は圧接による面圧ひいては傷痕の深さ、吊り荷重能力（固着係数）に影響を与えるもので今後の検討課題である。

(b) 圧接荷重と吊り金具本体の剛性 安全性向上の点から圧接荷重を増大し吊り荷重能力を増大しなければならないが、圧接荷重は油圧とシリンダー径から決まってくる。しかも油圧は油圧ポンプ、その他附属機器からおおよその限界があり、残るはシリンダー径を大きくするしか手はない。

シリンダー径を大きくし、圧接荷重を増大すると当然吊り金具本体の剛性を強くするために重量が増し、重量増加に伴なう操作性の低下につながる。そこで両者の妥協点を探さなければならない。

(3) 安全ロック装置の開発

吊り金具の圧接荷重を油圧で得ている以上、万一油圧が零まで落ちても 圧接荷重はそのまま保持し吊り荷重に影響しないような機構を開発すべきである。

(4) まとめ

吊り荷重30～50tonの吊り金具を実用化するためには汎用性、操作性、安全性に関して十分な検討が必要である。ここに実用機を試作する場合の方向を示す。

1) 摩擦面は喰込み方式とし、爪形状は山形が有効である。

$$\text{面圧 } P_0 = 80 \text{ Kg/mm}^2$$

$$\text{爪の大きさ } d = 400 \phi$$

(ただし、爪の有効作用面積は全爪の20%と仮定している。)

2) 圧接荷重は約130tonを必要とし油圧シリンダー方式が考えられる。

$$\text{油圧 } P = 140 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\text{シリンダー直径 } D = 350 \phi$$

3) 安全ロック機構を必ず必要とする。

3.2.4 船体ブロック吊点の局部応力

船体ブロックのトランス材あるいはロンジ材あるいは外板端面部を直接吊り金具でつかみ、ブロックの運搬倒立、反転等の作業をするため、各ブロックの作業内容に応じて 吊り点の位置を選定し、作業中の局部応力を求め、吊り点の局部応力の最大許容値をおおよそ $\sigma_{\max} = 20 \text{ Kg/mm}^2$ 程度と想定してこの値以下になるように BKT (プラケット) あるいは DOUB P^L あるいは STIFF 等の補強を行ない、その効果を確めた。なお、吊り金具のアームの長さは $l = 300 \text{ mm}$ 一定とした。(図3.2.4.3の水平吊り および 倒立、反転を参照)

試験は図3.2.4.2に示す1/10プラスチックモデル1個を製作し、U.D.CブロックとTRANS BHDブロックとして使用した。

(1) つかみ個所の選定

U.D.CブロックおよびTRANS BHDブロックの水平吊り、倒立、反転吊り時の吊り点の位置を図3.2.4.2に□、○、◎印で示す。

(2) 運搬、倒立、反転時の局部応力試験結果

図3.2.4.3～4に各吊り点における局部応力の最大値とその補強効果を示す。

(3) 試験結果の検討 (図3.2.4.3～4を参照のこと)

a) U.D.Cブロックの水平吊りの場合： a点に最大応力が発生し、吊り荷重W=31.3tonの時 $\sigma_{\max} = -23.9 \text{ Kg/mm}^2$ となる。BKT補強の効果はほとんど無く DOUB P^L の効果が有効である。

DOUB PLの板厚と補強効果を図 3.2.4.1 に示す。

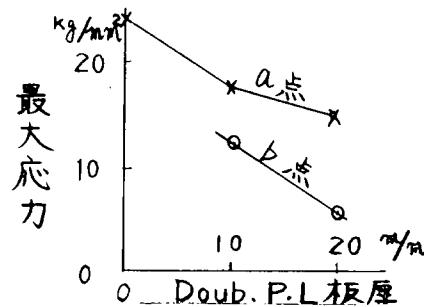


図 3.2.4.1 DOUB PLの板厚と補強効果
(図 3.2.4.3 から抜粋)

図からDOUB PLの板厚と最大応力とはほぼ反比例の関係にあると考えて良い。経済性の追求から必要最小板厚を求めるとき $t = 6 \text{ mm}$ で十分な補強効果がある。この時の最大応力は $\sigma_{\max} = 20 \text{ kg/mm}^2$

b) U.D.C ブロックの倒立の場合： ブロックの片側はロンジ材を、反対側は DECK PL をつかみ、水平吊りの状態からロンジ材つかみ側を下降させて倒立する。このためロンジ材には曲げモーメントが働くので補強を必ず必要とする。隣り合うロンジ間に板厚 3.0 mm の STIFF 補強を 1 枚入れた場合、d 点に局部応力の最大値があり $\sigma_d = 10.9 \text{ kg/mm}^2$ になった。実際には $\sigma_{\max} = 20 \text{ kg/mm}^2$ を許容するので板厚 15 mm で十分だと推定できる。

ただし、この場合 STIFF とロンジ材および UPPER DECK の接続部は全面溶接する。コスト低限の意味から STIFF と UPPER DECK の溶接をやめ、STIFF とロンジ材の接続部のみを溶接するならば、必要最小板厚は $t = 19 \text{ mm}$ が必要と推定される。ただし、試験したロンジの高さは 400 mm、間隔は 1,000 mm。

c) U.D.C ブロック反転の場合： ブロック反転の作業は水平吊りから倒立、そして反転という過程を経るので、ブロックの局部応力は倒立までの過程を十分検討しておけば、その後の過程は力の方向が逆になるだけなので検討の必要はない。

d) U.D.C ブロック運搬の場合： ブロックの運搬はロンジ材をつかんで行なう。一点に $W = 31.3 \text{ ton}$ 吊った場合、局部応力の最大値は f 点に生じ $\sigma_f = 2.8 \text{ kg/mm}^2$ であった。一点の吊り荷重を吊り金具の能力限界 $W = 50 \text{ ton}$ まで掛けても局部応力は $\sigma_f = 4.5 \text{ kg/mm}^2$ と推定される。

このようにブロック運搬の場合は、ロンジ材をつかむことで、局部応力の心配は全くない。

e) TRANS BHD の水平吊りの場合： TRANS BHD を倒立する前段階としての水平吊りにおいて各吊り点を図 3.2.4.2 のように選定した。図 3.2.4.4 に示す試験結果から TRANS BHD をつかんだ場合 STIFFENER と GIRDER BKT の接点（図中 g 点）に局部最大応力が発生し、 $\sigma_g = -26.8 \text{ kg/mm}^2$ を示した。補強として GIRDER BKT と STIFFENER の間に三角形の BKT を入れると良いことがわかった。BKT の板厚は $t = 10 \text{ mm}$ でも十分効果があると推定できる。

一方 BEAM BKT 側は板厚が 12 mm しかないので補強なしではつかめない。補強として $t = 20 \text{ mm}$ の DOUB PL をした場合 BEAM BKT と STIFF の接点（図中 j 点）に最大応力が発生し、 $\sigma_j = 14.6 \text{ kg/mm}^2$ になった。この補強は板厚を越えた補強効果の試験ができていないので最小板厚を求めることができなかった。

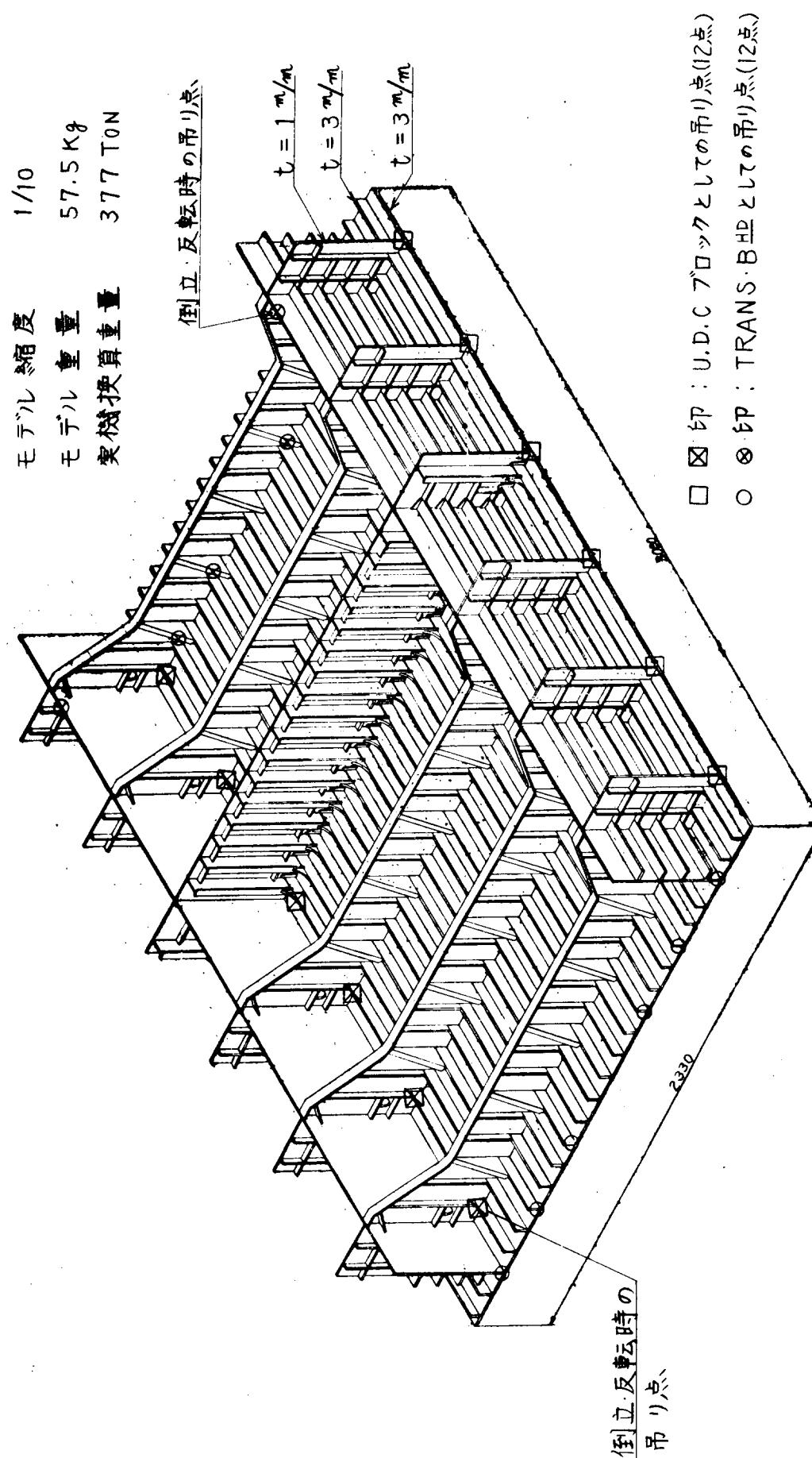
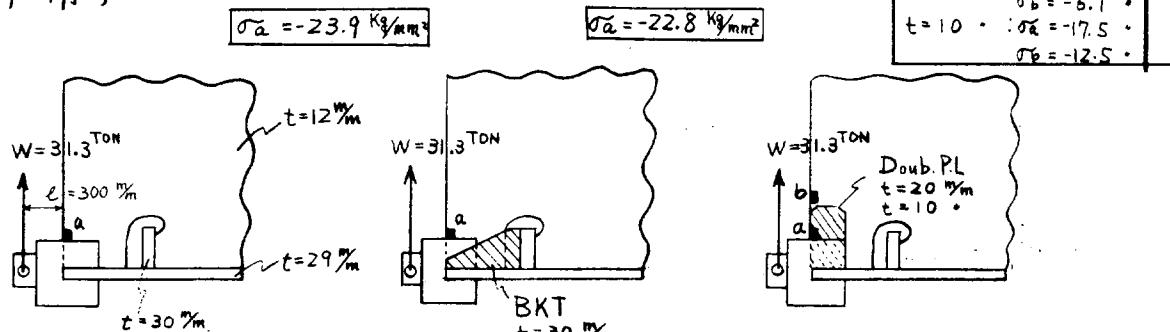


図 3.2.4.2 船体プロシクタのプラスティックモデル形状

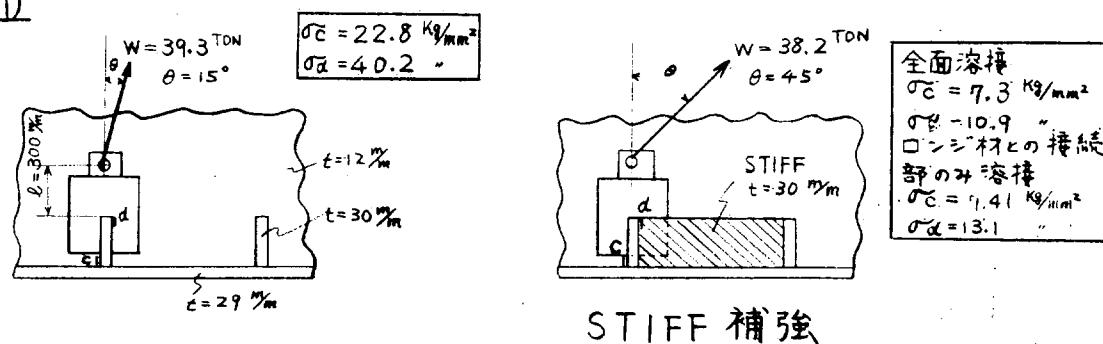
□ 内に局部応力の最大値を示す。

(a) U.D.C ブロック

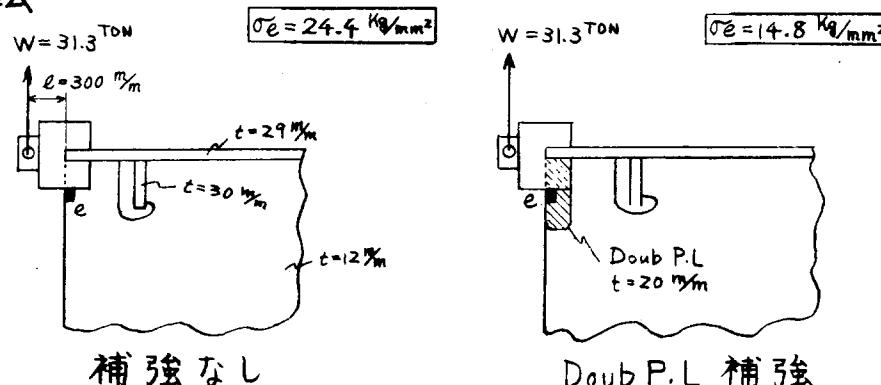
水平吊り



倒立



反転



運搬

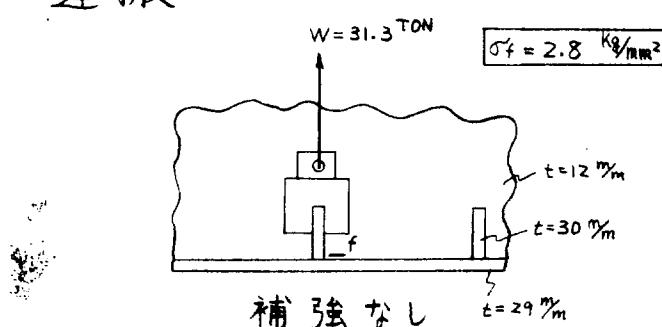


図 3.2.4.3 吊り点の局部応力（実機換算）

(b) TRANS BHD 内に局部応力の最大値を示す。

水平吊り

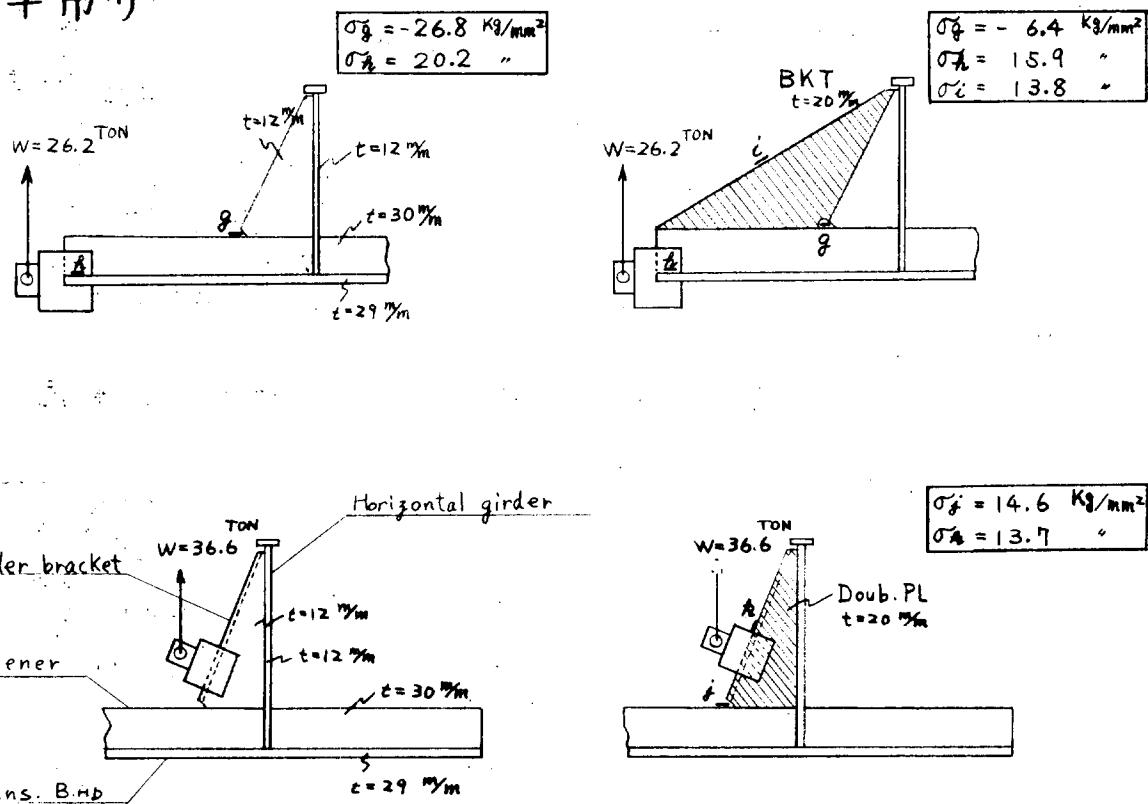


図 3.2.4.4 吊り点の局部応力（実機換算）

3.3 鋼板曲げ加工の自動化に関する研究

あらまし

造船用鋼板曲げ加工の自動化について 昭和44年度には (1) 代表的な船種を選んで曲り外板の曲率の範囲についての実態の検討 (2) NC化に最も適すると考えられる板曲げ加工法の選択 の2項目についての調査研究が行なわれた。その結果、外板の板曲げ作業に関しては、多点プレスによる曲げ加工法が加工精度、再現性、NC化の難易度などの点で最適であろうとの結論が得られたので、昭和45年度には、これに引続いて多点プレスによる板曲げ加工に関する基礎的な実験研究を実施した。

多点プレス法の実用化に際して考えられる問題点としては、成型された曲面のフェアネスの状況、曲面のフェアネスあるいはスプリングバック量などによぼすピストンヘッドのピッチの影響、曲面の種類とスプリングバック量との関係の定量的把握の可能性、長大板加工の際のプレス面からのはみ出し部の剛性が加工部の成型精度におよぼす影響、プレス荷重の推定、ピストンヘッドの強度、その他種々の未知の事項があるものと推定された。

そこで、まず、小型の模型装置によって この加工法に関する概念的知識を得るために基礎実験を行ない、ついでその結果を基にして大型の多点ヘッド模型装置によって 精度をあげた系統的実験を実施した。また一方、プレス荷重の減少、スプリングバック量の減少を目標として 加熱後加工の可能性に関する基礎的な実験も行なった。以下にこれら各実験研究の経過ならびに結果の概要を述べる。

3.3.1 単一ヘッドによる基礎実験

(1) 緒言

多点プレスの成型性能に関する基礎的資料を得るために 小型の押し型による鋼板の曲げ加工実験を行なった。曲げ型としては、船体外板をあらわす代表的な幾何学的曲面として 円筒型、球型、ドーナツ外型、ドーナツ内型(鞍型)の4種を選び、それぞれについて 曲げ加工性におよぼす種々の影響を実験的に求めた。

(2) 実験装置および試験方法

実験に使用した曲げ型は表3.3.1および図3.3.3～図3.3.7に示すように曲率半径を変えた円筒型2種、ドーナツ内型、外型、球型各1種の計5種とした。各下型の曲率半径は、上型の曲率半径よりもそれぞれ5mmだけ大きくとり、板厚5mmの試験片を挿入曲げ加工した場合に完全に隙間がなくなるようにした。試験片の板厚が5mm以下の場合には薄い燐青銅板を重ねて合計板厚が5mmになるようにした。

これらの曲げ型を5tonスクリュータイプ構造物試験機に取付けて負荷した。負荷中の荷重および変形量はそれぞれロードセルおよび電気的変位計でとり出し、XYレコーダーに記録した。試験装置全体を図3.3.1に示す。曲げ加工後の試験片の残留たわみは図3.3.2に示すように1/100mmダイヤルゲージで計測した。

実験はこれらの各曲げ型での負荷実験の他に 曲げ加工性におよぼす单一ピストンヘッドと多点ピストンヘッドとの相違を調べるためにこれらの单一ピストンヘッドに円板型ワッペン(直径25mm、板厚2mm)をそのピッチを種々に変えて受圧面に貼布したものについてもおこなった。図3.3.3～3.3.7はこれらのワッペンを取り付けた場合の曲げ型の例である。

使用した試験片は大きさ310mm×290mmの矩形板であり、板厚は5.0, 4.5, 3.4, 2.0mmの4種とした。また、一部に比較のために直径300mmの円板試験片も用いた。各材料の材料特性を表3.2.2に示す。

(3) 実験結果および考察

負荷中の荷重、たわみ曲線の一例を図3.3.8に示す。図3.3.9～3.3.15に試験結果を、また、図3.3.16～図3.3.20は成型後の試験片形状の例を示した。

单一ピストンヘッドによる曲げ加工後の曲面の仕上り状況(フェアネス)はきわめて良好であり、また、実験

結果の再現性も十分であった。図 3.3.9, 3.3.11, 3.3.12, 3.3.15 はそれぞれ円筒型, ドーナツ内型, ドーナツ外型および球型の実験結果を板厚に対して整理したものである。これらの各図からもわかるように 円筒型の場合は他のものにくらべて板厚の影響が非常に大きくあらわれている。

いま、半径 R_0 の円筒型に板を曲げた時の曲げモーメントは、

$$M = \sigma_Y \left(\frac{1}{4} t^2 - \frac{1}{3} z^2 \right) \quad \dots \dots \dots \quad (3.3.1)$$

ここに σ_Y は材料の降伏応力, t は板厚, z は中央面から塑性域までの距離を表わす。

スプリングバック後に曲率半径が R になったとす

ると

$$\frac{1}{R_0} - \frac{1}{R} = \frac{M}{D} \quad \dots \dots \dots \quad (3.3.2)$$

ただし、 $D = E t^3 / 12 (1 - v^2)$

$$\therefore \frac{1}{R} = \frac{1}{R_0} + \frac{\sigma_Y}{D} \left(\frac{1}{4} t^2 - \frac{1}{3} z^2 \right) \dots \dots \dots \quad (3.3.3)$$

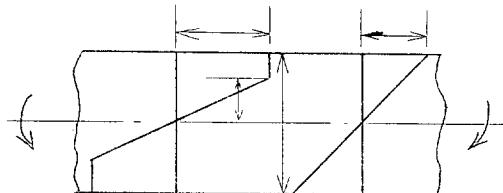


図 3.3.21

残留たわみ量は

$$WR = R - \sqrt{R^2 - \ell^2} \quad \dots \dots \dots \quad (3.3.4) \quad \ell : WR \text{ に対応する弦長}$$

$$\text{いま } (\ell/R)^2 < 1 \text{ より, } WR = \frac{1}{2} \frac{\ell^2}{R} \quad \dots \dots \dots \quad (3.3.5)$$

$$\therefore WR = \frac{\ell^2}{2} \left\{ \frac{1}{R_0} + \frac{\sigma_Y}{D} \left(\frac{1}{4} t^2 - \frac{1}{3} z^2 \right) \right\} \quad \dots \dots \dots \quad (3.3.6)$$

これにより計算した結果を図 3.3.9 に附記した。計測結果と比較的良好な一致を示している。

図 3.3.10, 3.3.13, 3.3.14 は各曲げ型に 円形ワッペンを貼布した場合の計測結果である。一般にこれらの場合もワッペンを使用しない場合の結果とほとんど変わらないが、傾向的にワッペンのピッチを増大するとスプリングバックの量がわずかではあるが増大するよう見受けられる。また球型、ドーナツ内型、外型のような縦横両曲率を持つ型の場合には、貼布ワッペンのピッチを大きくすると 3mm 以下の薄板の場合には、試験片の周辺部に凸凹のしわが発生した。その 1 例を図 3.3.18 に示す。これはこのような型による板曲げは、いわゆる絞り加工に相当し、型の中央を中心とした円の円周方向に圧縮応力が発生し、板厚が薄く、ワッペンのピッチが大きい場合にはワッペン間で座屈現象を生ずるためである。このような面から実際の多点プレスにおけるピストンヘッドの間隔は制限を受けるものと考えられ、この結果から大型模型装置のピストンヘッドのピッチは最大 200mm 程度が適当であろうと判断された。

(4) むすび

多点プレスによる板曲げ加工法の基礎実験として 300mm × 300mm の円筒型、球型、ドーナツ外型および内面型の曲げ型により、板厚を種々に変えて実験を行なった。その結果、縦横方向の両曲率の相互干渉の状況、多点プレスのピストンヘッドのピッチが成型後の板面のフェアネスにおよぼす影響などに対する基礎的な資料をうることができた。

3.3.2 多点プレス模型による曲げ実験

(1) まえがき

小型模型による基礎実験によって 成型曲面のフェアネスの状況、ピストンヘッドのピッチなどに関する基礎的な資料が得られたので、ピストンヘッドの大きさが実物大に近い大型模型による曲げ実験を実施した。

実験装置の計画・設計にあたっては、基礎実験の資料ならびに 44 年度に得られた実船外板の曲率の大きさの分布の資料を参考とし、この方法の実用性を判断するための正確な計測資料を得ることができるよう装置

の大形化に努めた。

成型すべき曲面としては、小型実験の場合と同様に 円筒面、球面、ドーナツ外面、ドーナツ内面（鞍型）の4種を設定した。また、これらの曲面の曲率については実船の数値に対応しうるものとした。

本実験では、上述の曲面種類および曲率におけるスプリング・バック量に関する定性的・定量的データを把握することに努めた。また、実用機の場合を考慮して、板耳の影響、重複押しの影響についての実験も実施した。

(2) 実験装置ならびに実験方法

図3.3.22に実験装置の全体図、図3.3.23および図3.3.24にピストンヘッド概要図を示す。ピストンヘッドの配置は図3.3.25および図3.3.26のとおりである。これらを1,000tプレスのラムヘッドに取付けた状況を図3.3.27、図3.3.28に示した。

装置の主要目を一括して次に示す。（単位mm）

ピストンヘッド(上、下各).....	1,340×1,340×200
ピストン数(上、下各).....	7行×7列=49本
ピストンピッチ	141, 200
ピストン様式	57φ×274(回転球70φ), 材質=HT80,
	スクリュー式手動位置制御方式
ピストンヘッド	120φ×50, ユニバーサル回転支持機構方式,
	材質=S S 41

曲げ曲面の曲率は、実船外板の曲率の大きさの分布にスプリング・バック量を加味して 横曲り半径 $R_X = 3,000 \sim 6,000\text{ mm}$, 縦曲り半径 $R_Y = 6,000\text{ mm}$ を目安とし、前述の4種の曲面について板厚(t)、縦横曲率半径(R_Y, R_X)の次のとおり組合せについて実験を行なった。このシリーズ実験におけるピストンピッチは141mmを基準とし、試験片の大きさは966×966mmとした。

(a) 円筒面 5種

t (mm)	R (mm)
5.0	4,000
12.5, 19.5, 25	3,000
19.5	5,000

(b) 球面 9種

t (mm)	R (mm)
6.0, 12.2, 18.5, 24.6	3,000
12.2, 19.2, 25.0	4,000
6.0 19.2	5,000

(c) ドーナツ外面 11種

t (mm)	R_Y (mm)	R_X (mm)
6.2, 12.2, 19.2, 25.0	6,000	3,000
6.0, 12.2, 18.5, 24.6	9,000	3,000
19.2	5,000	3,000
19.2	5,000	4,000
19.2	6,000	4,000

(d) ドーナツ内面 …… 7種

t (mm)	R _Y (mm)	R _X (mm)
6.2, 12.2, 18.5, 25.0	6,000	3,000
19.3	5,000	3,000
19.6	5,000	4,000
19.2	6,000	4,000

負荷中の荷重～変位の関係は、差動トランスおよび油圧計を介してXYレコーダーに記録した(図3.3.29, 3.3.30)。また、球面、ドーナツ外面、内面型の各1枚の試験片には、図3.3.31, 図3.3.32に例示したように抵抗線ひずみ計を貼布してひずみ量の計測も行なった。

除荷後の形状の測定は図3.3.33に示すように $1/100\text{ mm}$ ダイヤルゲージにより、板を49分割した各点のたわみ量を計測した。

重複押しの実験は、 $R=5,000\text{ mm}$ 、板厚 19 mm の円筒型の場合について重複代を板の長手方向(円筒軸方向)にピストンヘッド3ピッチ分、1ピッチ分および0ピッチ分の3Caseをおこなった。

(3) 実験結果および考察

計測の結果は、表3.3.3～表3.3.5に例示するように整理記録した。図3.3.34～図3.3.39にシリーズ実験の結果を曲率半径の形で整理したものを示す。

成型後の曲面のフェアネスについては、ピストンヘッドのピッチ 141 mm の場合は勿論、 200 mm の場合にも小型模型の薄板の範囲で発生したような座屈による周辺のシワは全く発生せず、良好な結果が得られた。

成型に要する最高荷重は $200\sim300\text{ ton}$ 程度内に納まり、意外に小荷重で済むことが判った。

成型の再現性は良好であった。

また、図3.3.40～図3.3.41は、成型後のAOA', BOB'のたわみ計測値からこれらの点を通る円弧を計算で求め、その平均円弧とC点のたわみ量との差を比較したものであり、そのばらつきも比較的小さいことが判る。

図3.3.42～図3.3.44は重複押しの場合の板のたわみ量の推移状況を示したものである。これによるとラップ代の少い方が最終の成型状況は良好になるという結果が得られた。

(4) むすび

大型模型による系統的実験の結果、多点プレスによる板曲げ加工は、機構的、容量的、あるいは精度的に十分実用の可能性のあることが明らかになった。

3.3.3 加熱曲げ実験

(1) まえがき

鋼板を加熱すると降伏応力およびヤング率が大巾に減少する。したがって、加熱板の曲げ加工によりプレス荷重およびスプリングバック量は減少するという利点が考えられる。そこで加熱試験片の曲げ加工実験を行なって、これらの影響を調査した。

(2) 実験装置および実験方法

図3.3.45に示すように門型フレームにテストジャッキを取り付け、試験片、支持台、負荷梁を加熱炉で覆って加熱曲げを行なった。実験に用いた試験片は、 $200\text{ mm} \times 20\text{ mm} \times 5\text{ mm}$ でその材料特性は表3.3.2の通りである。実験は2点支持中央集中荷重で行ない、荷重はリングゲージ、たわみはダイヤルゲージで計測した。

加熱曲げに対しては温度のコントロールを厳密に行なうことが必須の条件であり、特に熱間曲げ加工後の冷却過程で均一徐冷を行なわなければ熱応力による変形のため、結果の再現性は望むべくもない。本実験ではこの点に特に留意して均一冷却ができるように装置全体を炉中に収納した。

(3) 実験結果および考察

冷間および熱間曲げ試験結果を図3.3.4.6に示す。

冷間曲げ試験は室温(10°C)，熱間曲げ試験は500°Cで実施した。

図3.3.4.7に示す鋼材の材料特性の温度依存性からも明らかなように降伏応力およびヤング率が高温で減少するのでプレス荷重およびスプリングバック量が冷間曲げの場合よりも減少している。

両端単純支持、中央集中荷重の帯板のスパン中央の挠みは次のように計算される。

(a) 弹性域

$x = x$ における曲げモーメントMは

$$M = -b \int_0^x y \cdot \sigma dy \quad (0 \leq x \leq x^*) \quad (3.3.7)$$

ここで x^* : 弹性域と塑性域の境界

$$\epsilon = \frac{d^2 w}{dx^2}, \quad \sigma = E \epsilon \quad \text{を考慮すると上式は}$$

$$M = -E I \frac{d^2 w}{dx^2} \quad (3.3.8)$$

一方、 $x = x^*$ での曲率を K_e とし、全塑性モーメントを M_p とすると

$$\frac{2}{3} M_p = -E I K_e \quad (3.3.9)$$

$$\text{ここで } M_p = \frac{bh^2}{4} \sigma_y$$

(3.3.8)式と(3.3.9)式より

$$\left. \begin{aligned} \frac{d^2 w}{dx^2} &= \frac{3}{2} \frac{K_e}{M_p} M \\ \frac{dw}{dx} &= \frac{3}{2} \frac{K_e}{M_p} Mx + C_1 \\ w &= \frac{3}{4} \frac{K_e}{M_p} Mx^2 + C_1 x + C_2 \end{aligned} \right\} \quad (3.3.10)$$

(b) 塑性域

$x = x$ における曲げモーメントMは

$$M = -2b \left[\int_0^z \frac{y}{z} \sigma_y y dz + \int_z^{t/2} \sigma_y z dz \right] = M_p \left\{ 1 - \frac{1}{3} \left(\frac{z}{t/2} \right)^2 \right\}$$

$$(x^* \leq x \leq \ell) \quad (3.3.11)$$

ここで

z : 弹性域の半深さ

ℓ : 半スパン

一方

$$\frac{z}{t/2} = \frac{K_e}{\frac{d^2 w}{dx^2}} \quad \text{だから}$$

$$\frac{d^2 w}{dx^2} = K_e \left[3 \left(1 - \frac{M}{M_p} \right) \right]^{-\frac{1}{2}} \quad (3.3.12)$$

$$\text{また } M = \frac{x}{\ell} \cdot M_\ell \quad \text{だから} \quad (M_\ell : \text{スパン中央でのモーメント})$$

$$\left. \begin{aligned} \frac{d^2 w}{dx^2} &= K_e \left[3 \left(1 - \frac{M\ell}{M_p} \frac{x}{\ell} \right) \right]^{-\frac{1}{2}} \\ \frac{dw}{dx} &= \frac{-2K_e}{3 \frac{M\ell}{M_p} \frac{1}{\ell}} \left[3 \left(1 - \frac{M\ell}{M_p} \frac{x}{\ell} \right) \right]^{-\frac{1}{2}} + D_3 \\ w &= \frac{4K_e}{3 \left(3 \frac{M\ell}{M_p} \frac{1}{\ell} \right)^2} \left[3 \left(1 - \frac{M\ell}{M_p} \frac{x}{\ell} \right) \right]^{\frac{3}{2}} + C_3 x + C_4 \end{aligned} \right\} \quad (3.3.13)$$

境界条件として

$$x = 0 \text{ で } w = 0$$

$$x = \ell \text{ で } \frac{dw}{dx} = 0$$

$$x = x^* \quad w \text{ と } \frac{dw}{dx} \text{ の連続条件を考えると}$$

$$w_{x=\ell} = \frac{2K_e \ell^2 A}{9} \left[3 \left(1 - \frac{1}{A} \right) \right]^{\frac{1}{2}} \{ 1 + 2A \} - \frac{20K_e \cdot \ell^2}{27} A^2 \quad (3.3.14)$$

ここで

$$A = M_p / M\ell = 2 M_p / P\ell$$

$$K_e = 2\sigma Y / E t$$

P : 中央集中荷重

上式を用いて模型実験を解析した結果を図 3.3.4.6 に示す。実験結果と計算結果はかなり良く一致している。

(4) むすび

多点プレス式板曲げ加工装置開発の基礎実験として加熱した試験片の曲げ加工実験を行なった結果、次のことことが明らかになった。

- (a) 鋼板を加熱曲げするとプレス荷重およびスプリングバック量は減少する。
- (b) 加熱曲げおよび加工後の冷却過程で、常に試験片の温度分布が一様になるようしないと、鋼板の曲がり形状が所定のものにならない。したがって、加熱曲げを行なうためには、負荷装置を炉で覆い、かつ曲げ加工後の徐冷用の温度制御室が必要になる。

3.3.4 結 言

以上、多点プレスによる板曲げ加工法に対する基本的実験として小型の単一ピストンヘッドによる基礎実験、大型の多点プレス模型実験による系統実験、および加熱曲げ加工実験を行なった結果の概要を記述した。

これら一連の実験的研究により、多点プレスによる曲げ加工法が十分に実用の可能性のあることが明らかになったものと考えられる。ただ本方式のNC化をはかるにあたっては、特に縦横両曲率の相互干渉の影響をさらに十分に理論的・実験的に把握して成型形状に対するIN-PUTの値を正確に与えうるまでのKnow-Howを確立しなければならない。これらの理論的研究は現在もなお引続いて実施中であり、昭和46年度に「仕上り形状に対する型形状の設定資料」として完成する計画である。

表 3.3.1 単一ピストン曲げ型

曲げ型	曲率半径	縦曲率半径	横曲率半径
シリンドー型(A)		570 mm	∞ mm
シリンドー型(B)		300	∞
ドーナツ外型		800	400
ドーナツ内型		800	-400
球型		570	570

表 3.3.2 試験片の材料特性

板厚(mm)	降伏応力(Kg/mm ²)	ヤング率(Kg/mm ²)
2.0	20.0	18,200
3.4	17.2	18,600
4.5	24.8	20,000
5.0	18.2	18,900

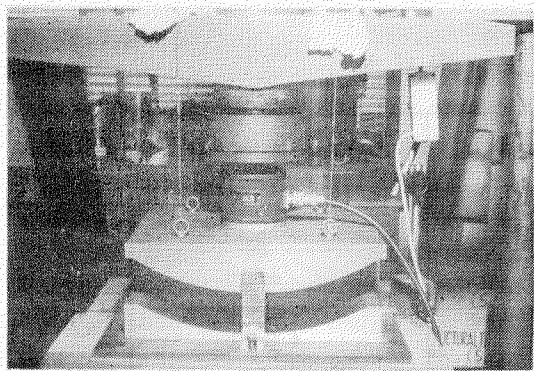


図 3.3.1 試験装置

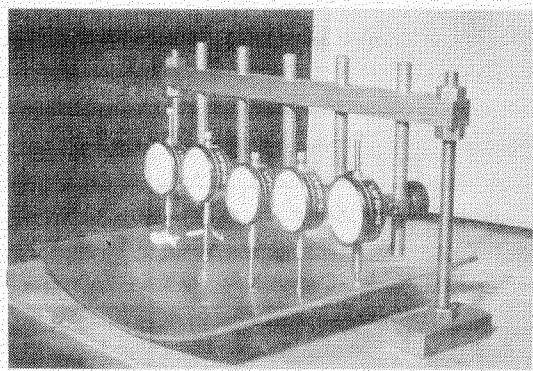


図 3.3.2 変位計測装置

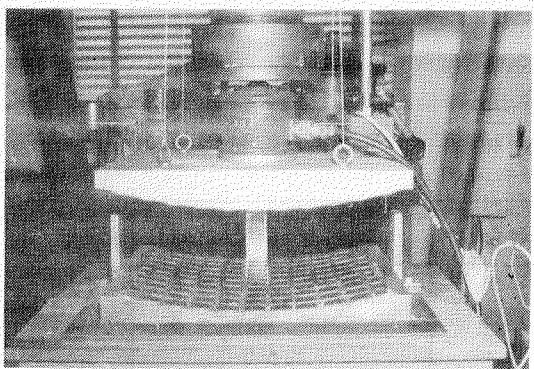


図 3.3.3 ワッペン付きシリンダー型(A)

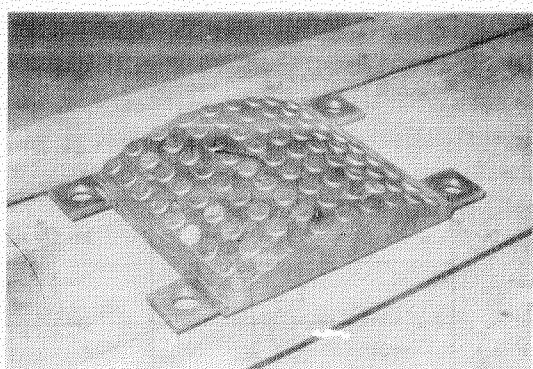


図 3.3.4 シリンダー型(B)

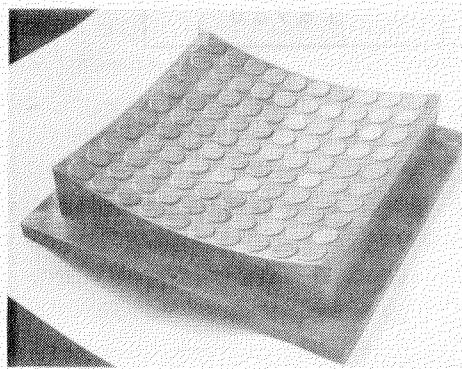


図 3.3.5 ドーナツ外型

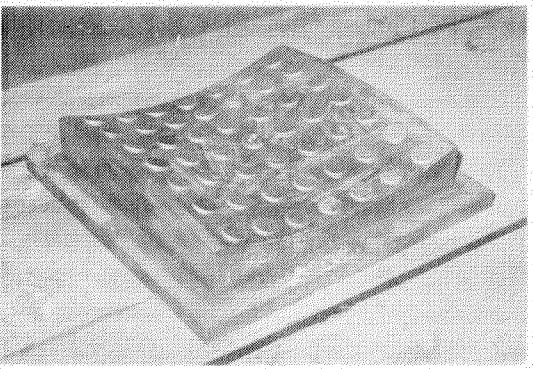


図 3.3.6 ドーナツ内型

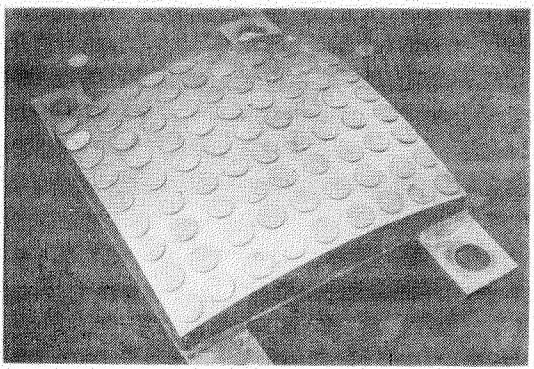


図 3.3.7 球型

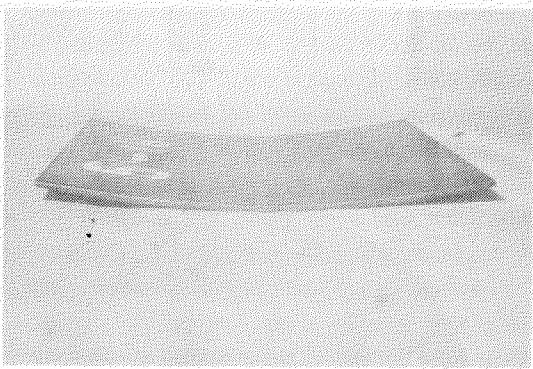


図 3.3.16 シリンダー型

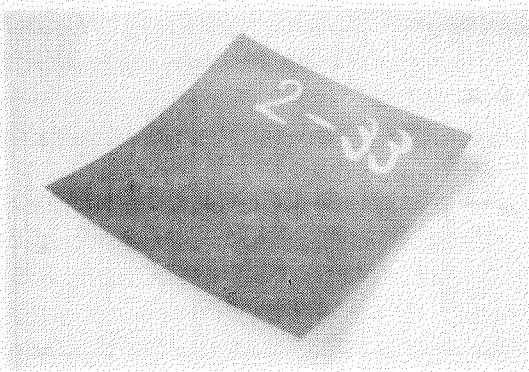


図 3.3.17 ドーナツ外型

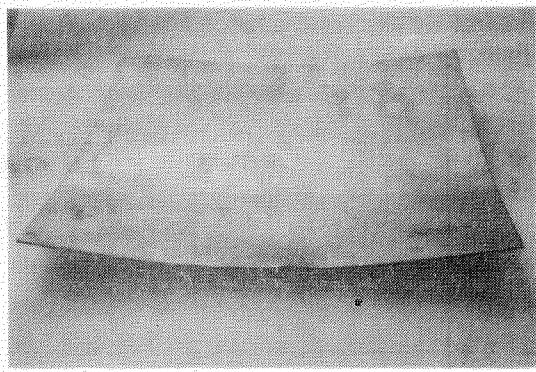


図 3.3.18 球型（ワッペン付き）

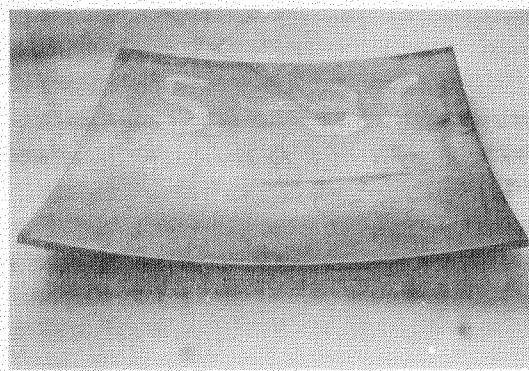


図 3.3.19 球型（ワッペン付き）

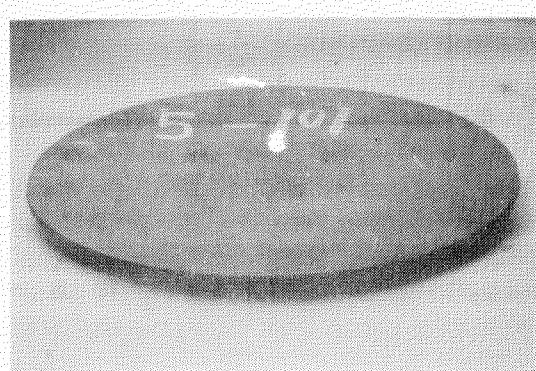


図 3.3.20 球型

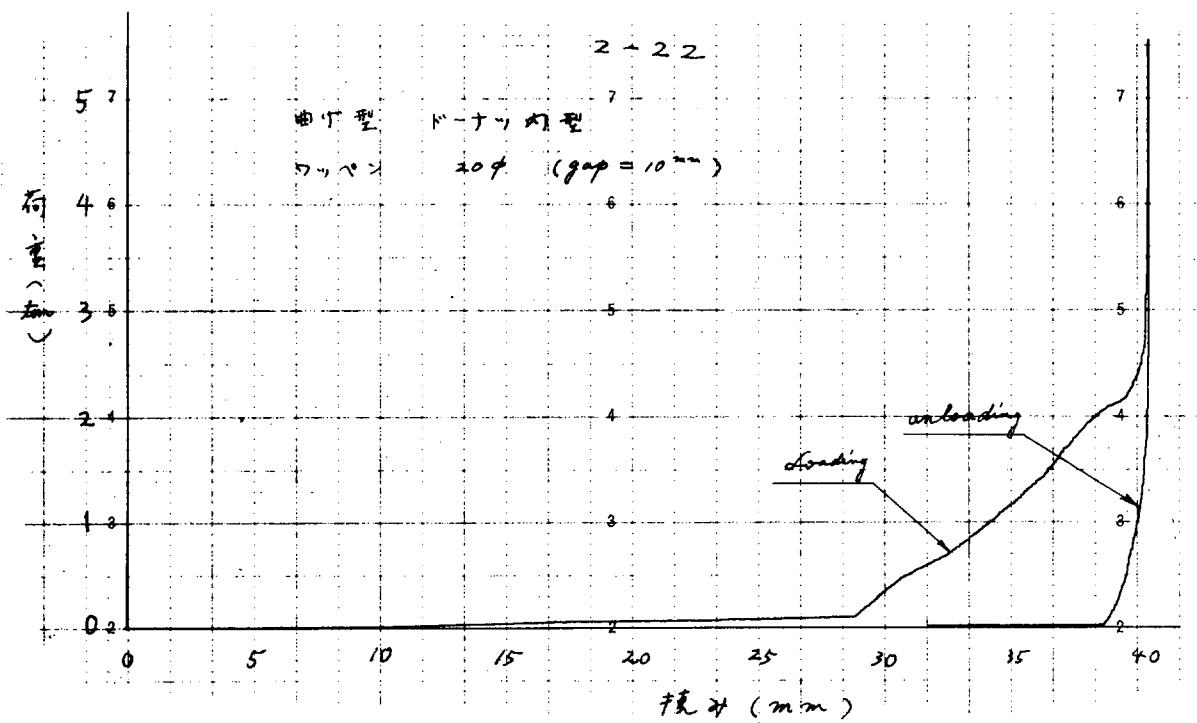


図 3.3.8 荷重～撓み曲線

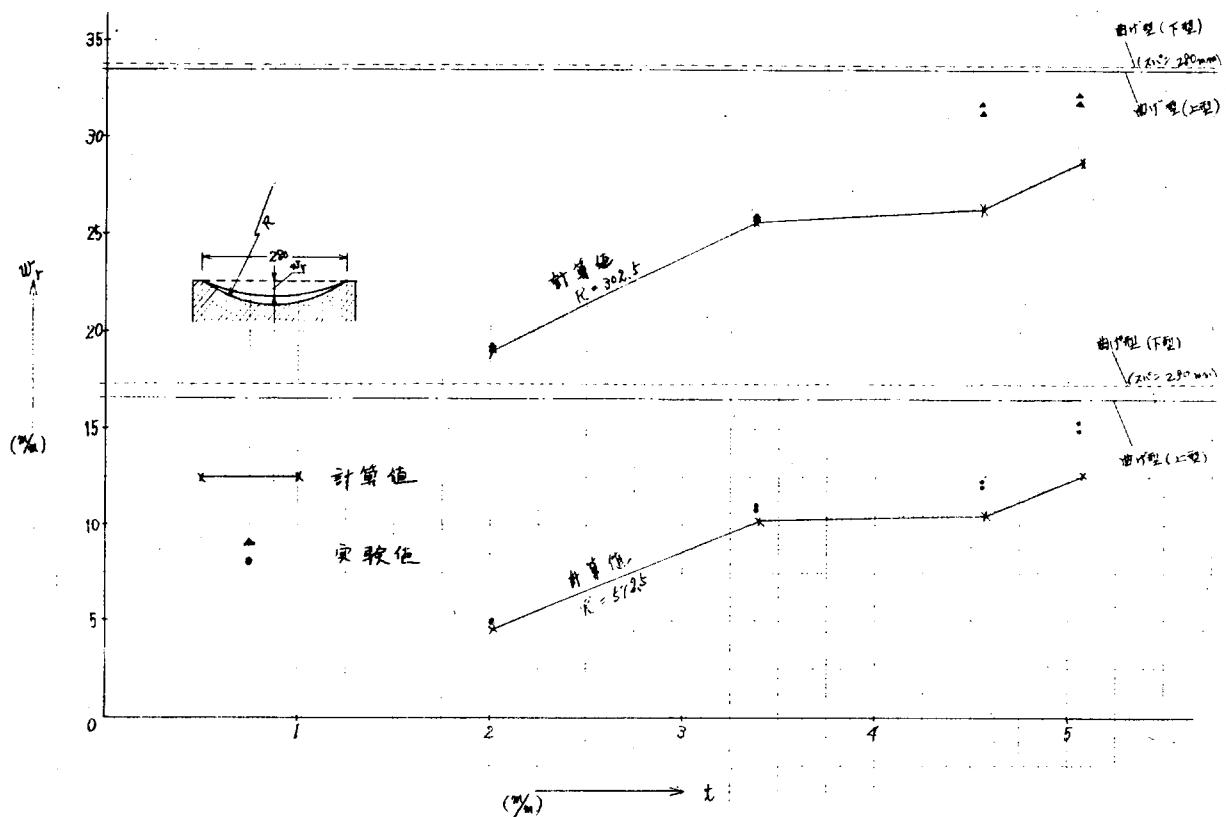


図 3.3.9 シリンドラー型曲げ試験

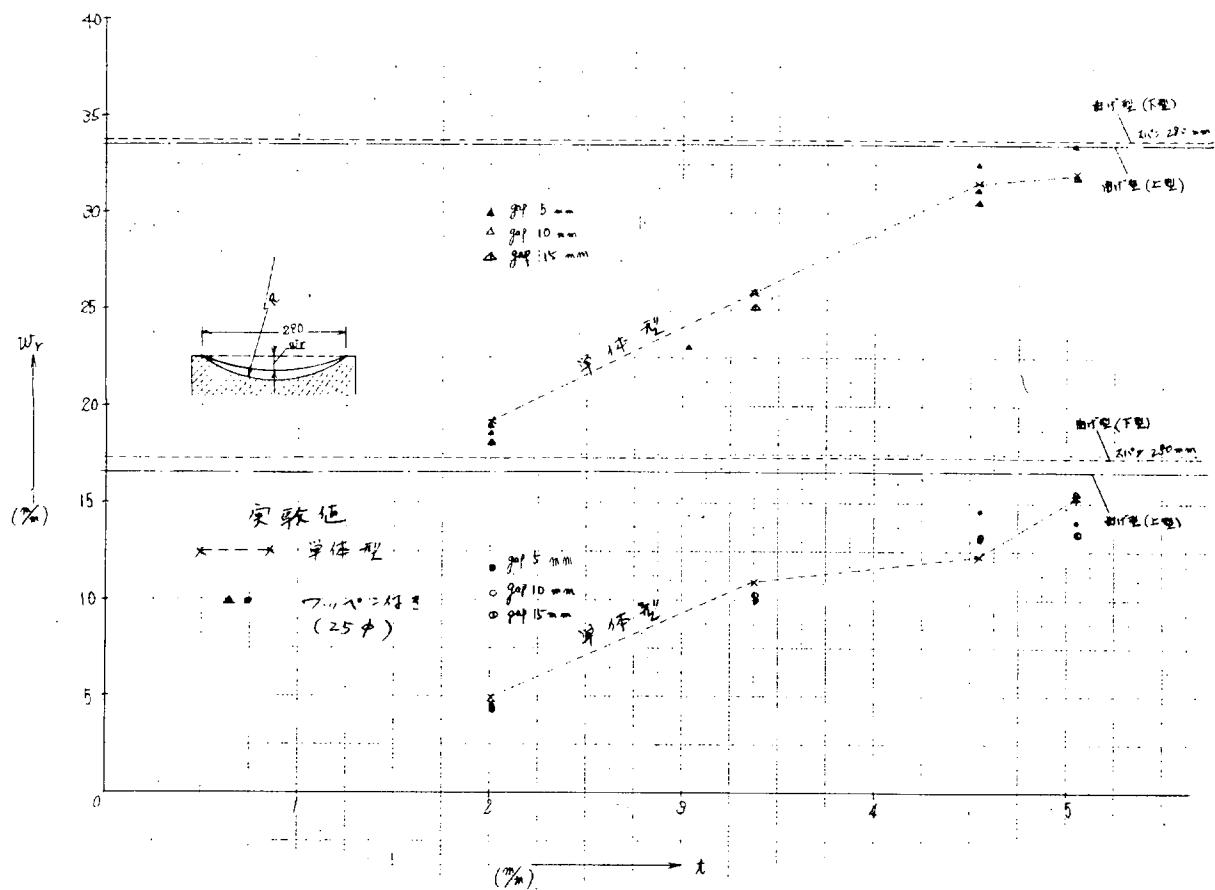


図 3.3.10 シリニア一型曲げ試験(ワッペン付)

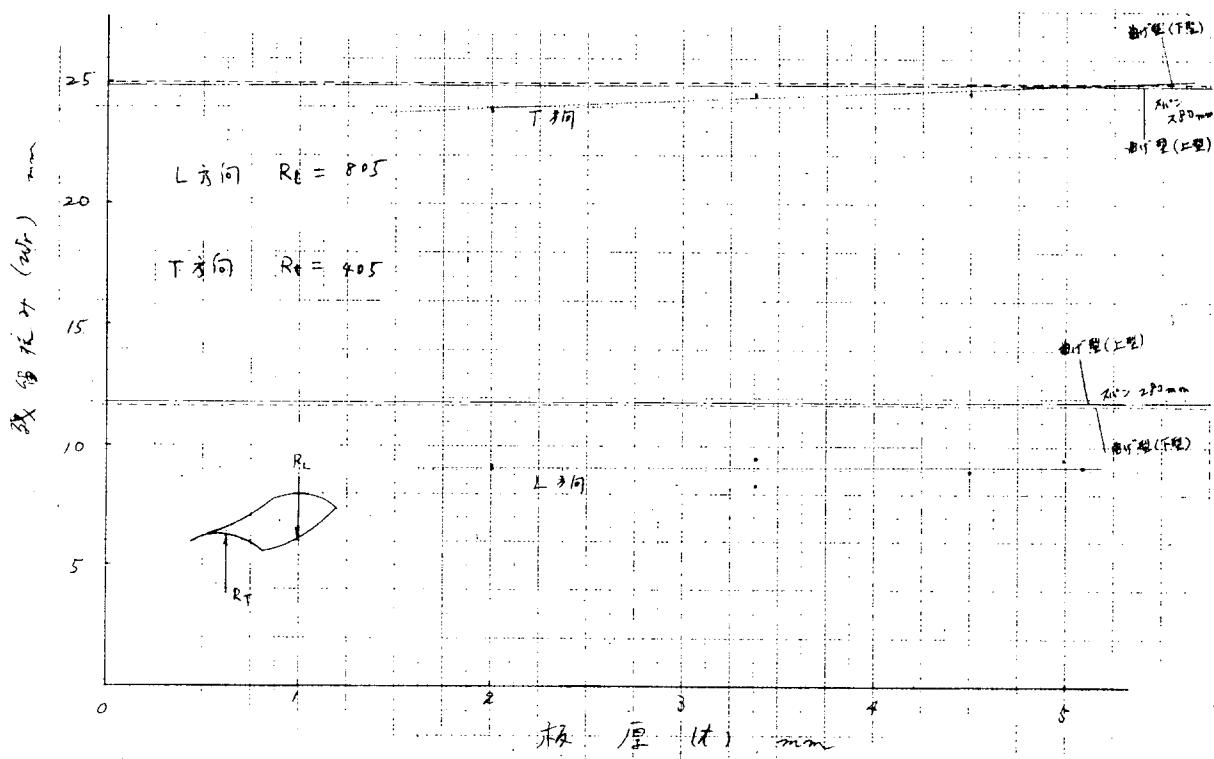


図 3.3.11 ドーナツ内型曲げ試験

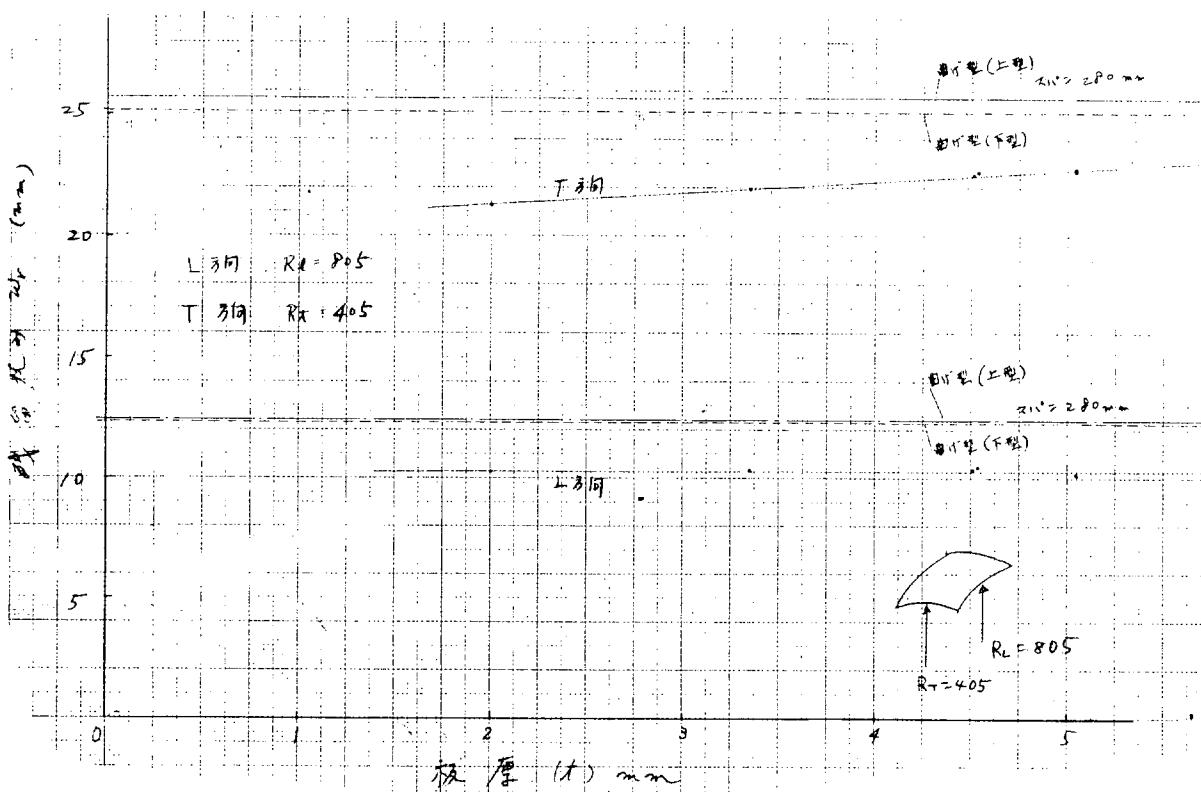


図 3.3.1.2 ドーナツ外型曲げ実験

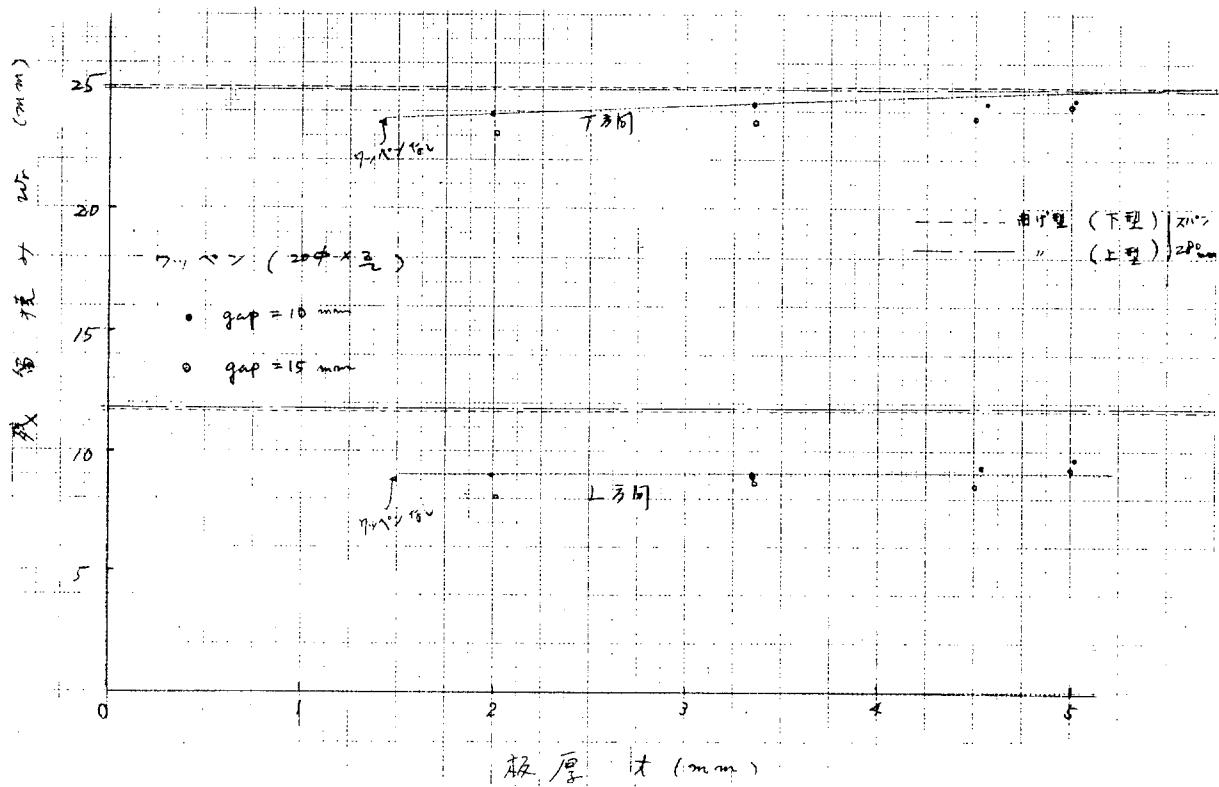


図 3.3.1.3 ドーナツ内型実験結果 (ワッペン付)

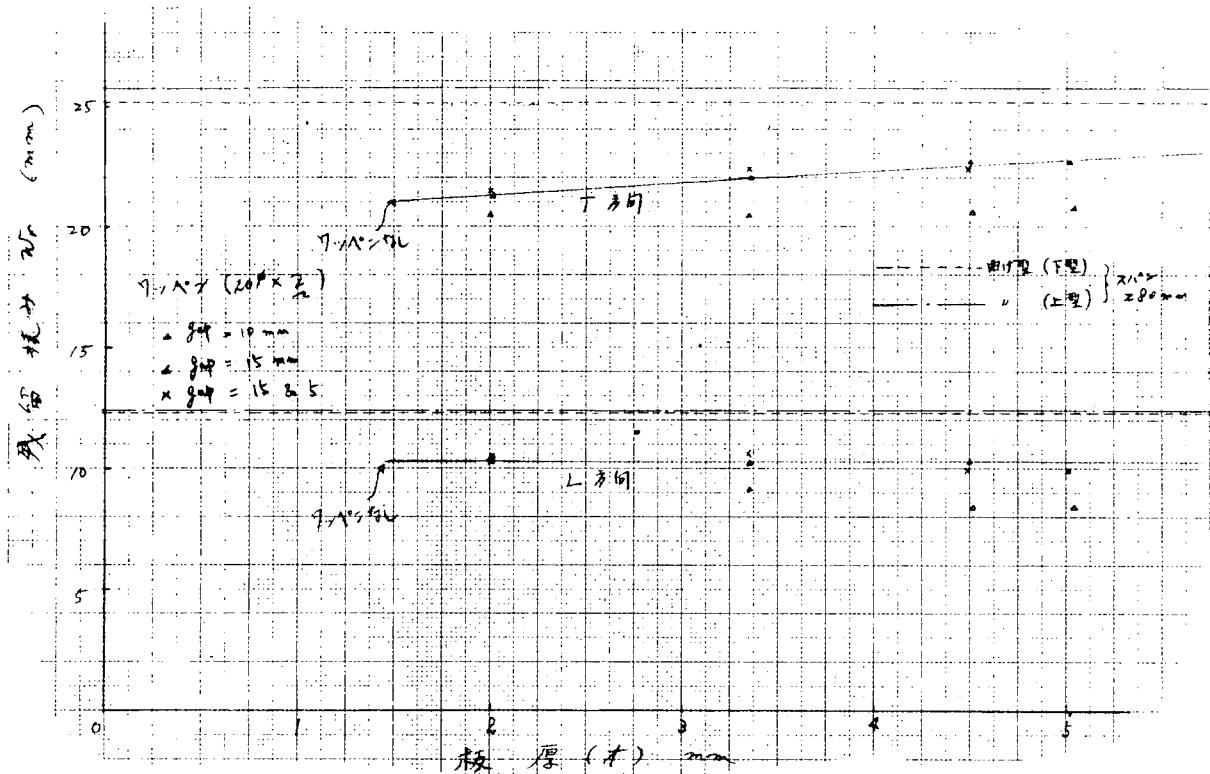


図 3.3.14 ドーナツ外型実験結果(ワッペン付)

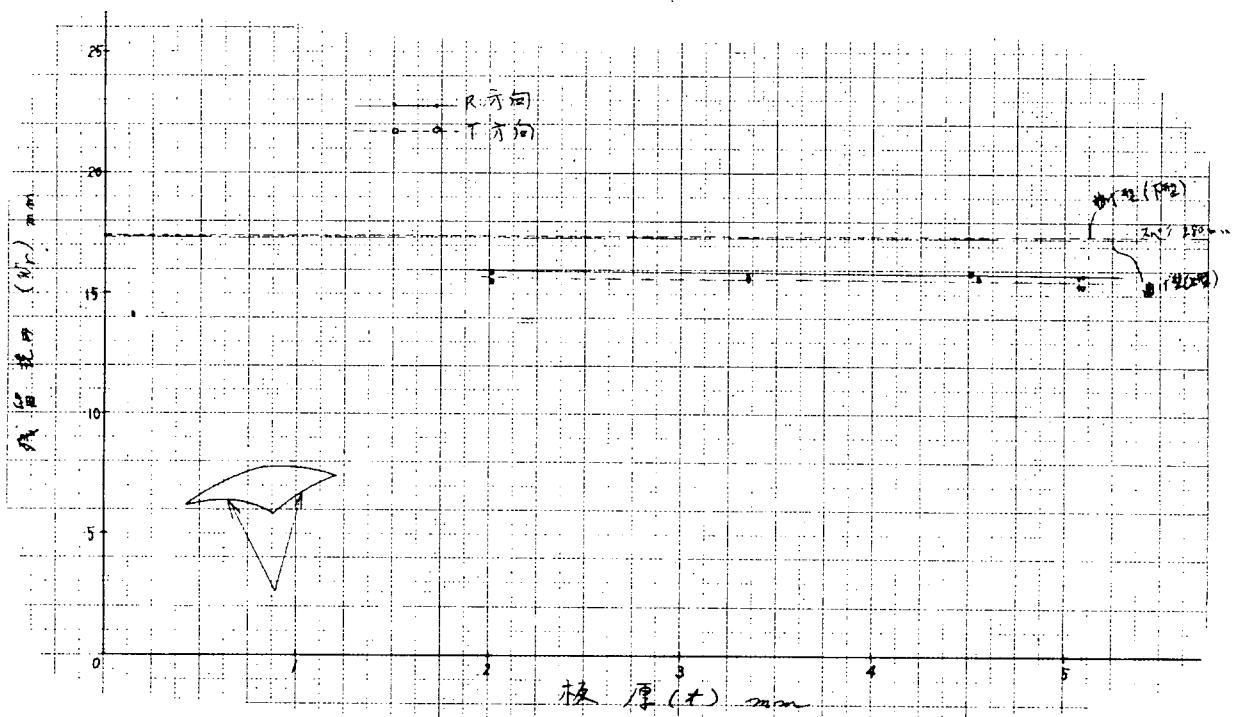


図 3.3.15 救面型による曲げ実験結果

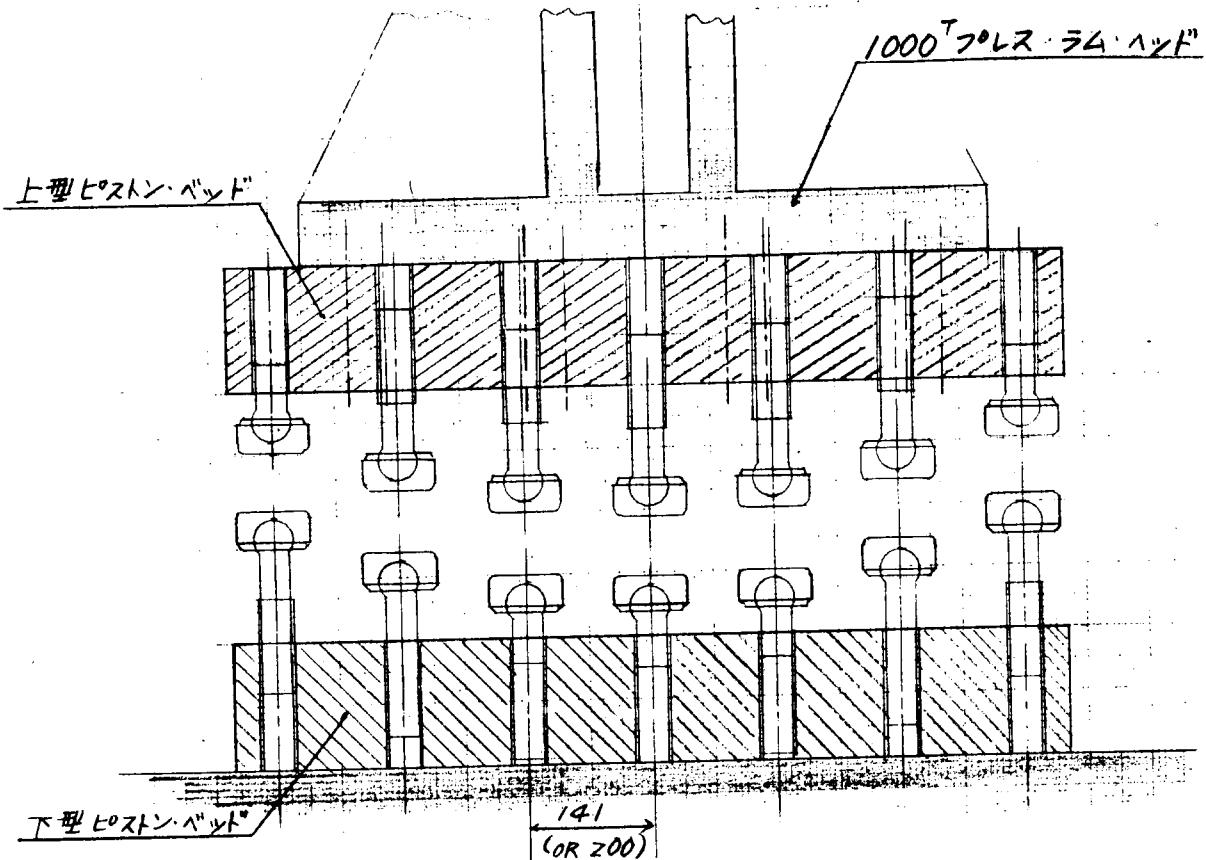


図 3.3.2.2 装置断面図

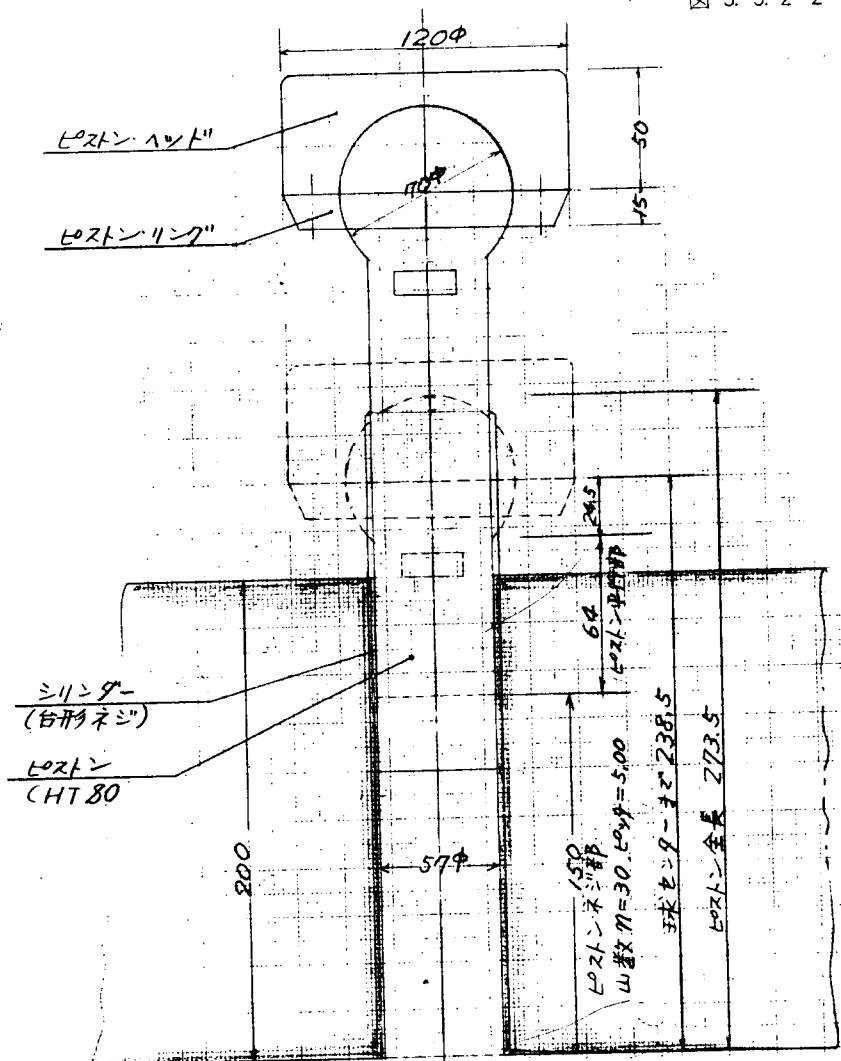
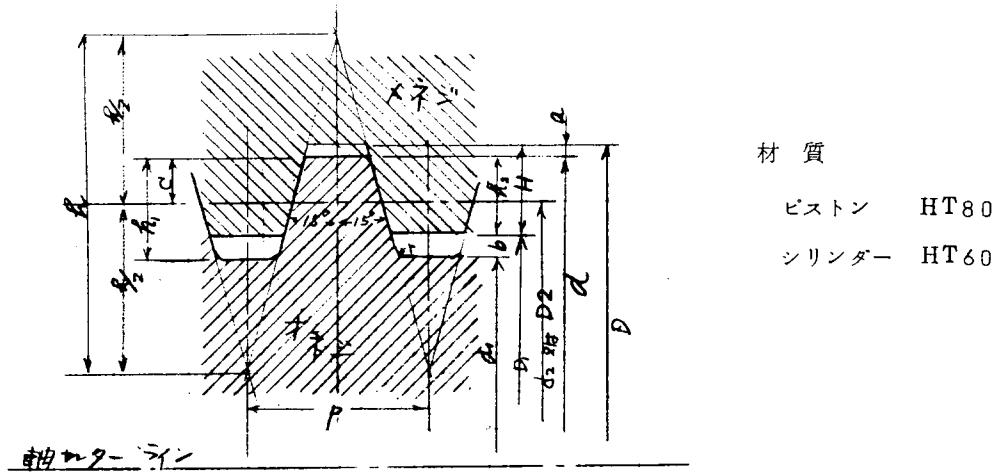


図 3.3.2.3 ピストン全体図



30° 台形ネジの山の寸法 (JIS)

ピッチ	スキマ			ヒッカリ の高さ	オネジの 山の高さ	メネジの 山の高さ	オネジの 谷の丸み	備考
p	a	b	C	h_2	h_1	H	r	
5	0.25	0.75	1.25	2.00	2.75	2.25	0.25	

	オネジ			メネジ			備考
	外径	有効径	谷の径	谷の径	有効径	内径	
	d	d_2	d_1	D	D_2	D_1	
	62.5	60.0	57.0	63.0	60.0	58.5	

$$\begin{aligned}
 D_1 &= d_1 + 2b = 57 + 2 \times 0.75 = 58.5 \\
 d &= D_1 + 2h_2 = 58.5 + 2 \times 2.00 = 62.5 \\
 D &= d + 2a = 62.5 + 2 \times 0.25 = 63.0 \\
 d_2 &= d - 2c = 62.5 - 2 \times 1.25 = 60.0
 \end{aligned}
 \quad
 \left\{
 \begin{array}{l}
 h = 1.866p \\
 c = 0.25p \\
 h_1 = 2c + a \\
 h_2 = 2c + a - b \\
 H = 2c + 2a - b
 \end{array}
 \right. \quad
 \left\{
 \begin{array}{l}
 d_2 = d - 2c \\
 d_1 = d - 2h_1 \\
 D = d + 2a \\
 D_2 = d_2 \\
 D_1 = d_1 + 2b
 \end{array}
 \right.$$

図 3.3.24 ピストン用台型ねじ

図 3.3.2.6 ピストンヘッド配置図 (P = 200 mm)

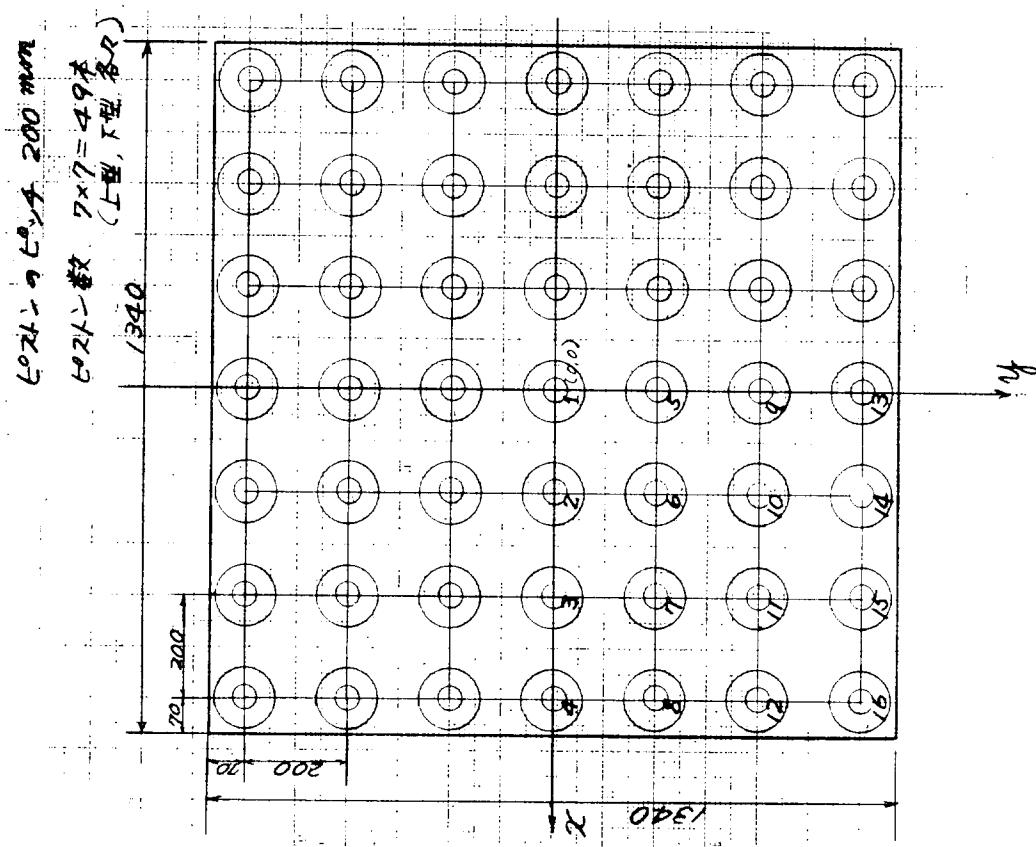
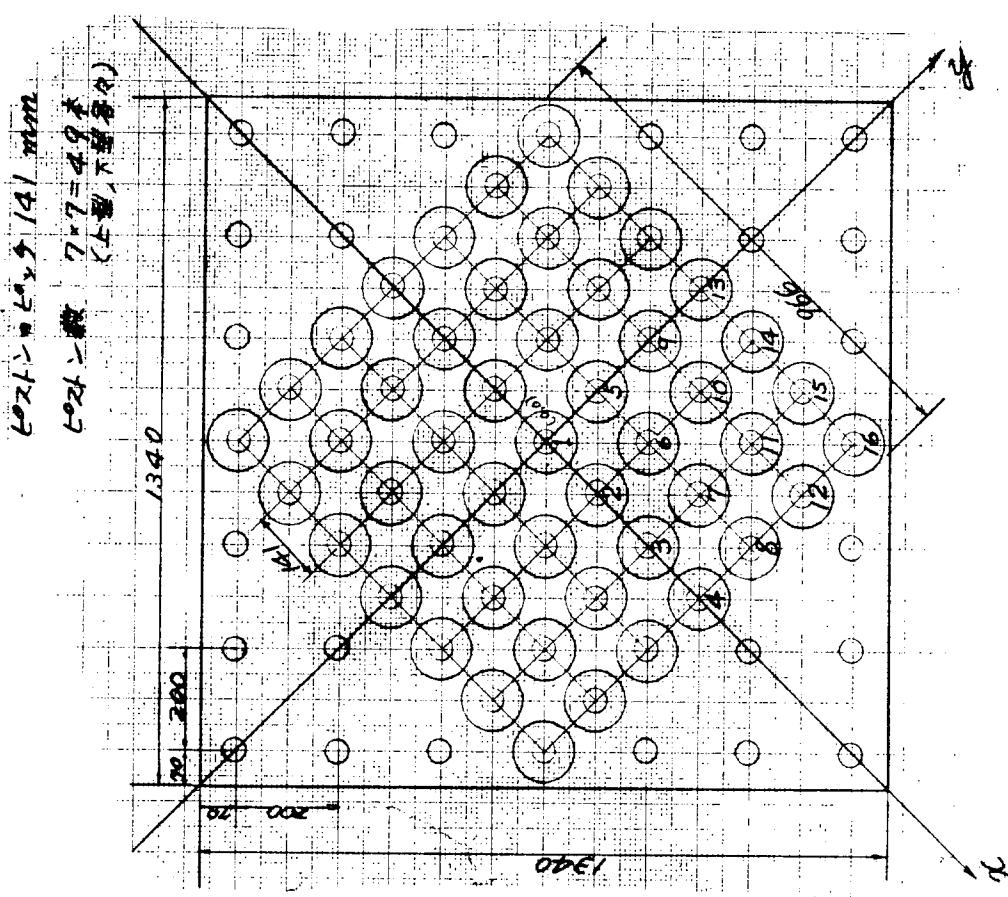


図 3.3.2.5 ピストンヘッド配置図 (P = 141 mm)



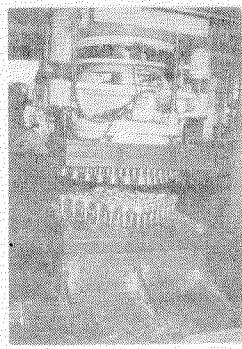


図 3.3.27 実験装置全体図

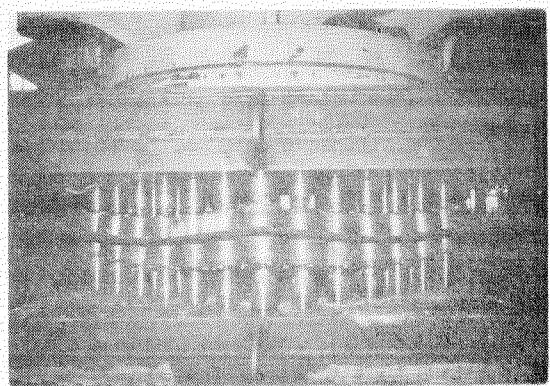


図 3.3.28 プレス実験の図

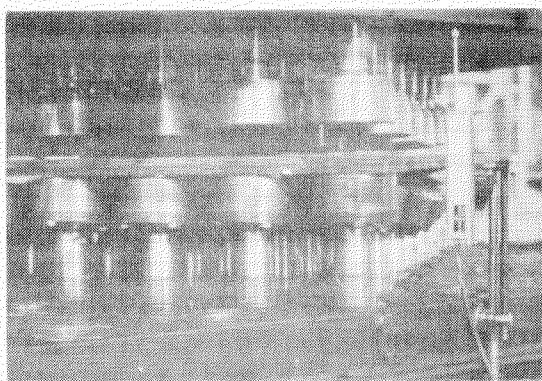


図 3.3.29 変位一荷重の関係の変位入力

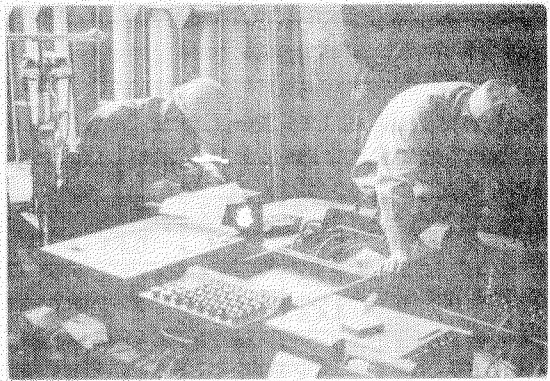


図 3.3.30 計測装置

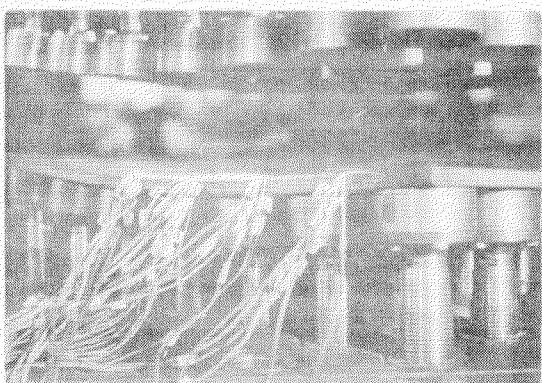


図 3.3.31 番ゲージ貼付でプレス

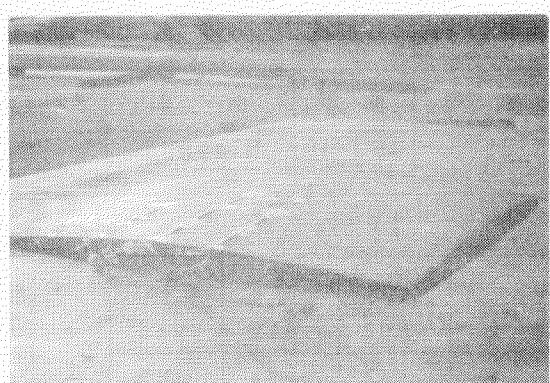


図 3.3.32 プレス後のテストピース

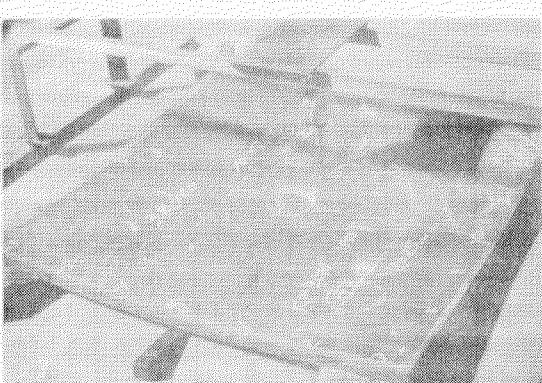


図 3.3.33 番ゲージのデータ計測

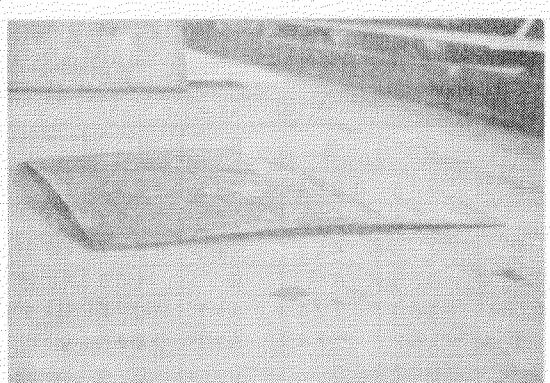


図 3.3.34

表 3.3.3 整理したデータの例

番号	板厚	曲面	テスト・ピース	ピッチ	X 方向	Y 方向
	12.2	R = 4000 球	966×966	141	σ_{YU}	σ_{YL}
					26.7	26.3

 $\uparrow Y$ 方向

	O	A	B	Rx
2	6.25	7.79	12.07	→ 6,970
1	2.02	3.46	7.39	→ 7,590
X 方向 0 ←	0.00	1.73	5.70	→ 7,520
				↓ ↓ ↓
RY	7,050	6,890	6,380	

< X 方向 >

< Y 方向 >

	O	A	B	C		0	1	2	3
3	13.08	14.66	19.19	25.47	(i) データ平均値				
2	6.25	7.79	12.07	18.78	(i) データ平均値	O	0.00	2.0?	6.25
	6.36	7.79	12.07	19.21	(ii) 計算値		0.61	2.02	6.25
	0.11	0	0	0.43	(iii) 差		0.61	0	0.23
1	2.02	3.46	7.39	13.96	(i) データ平均値	A	1.73	3.46	7.79
	2.15	3.46	7.39	13.94	(ii) 計算値		2.02	3.46	7.79
	0.13	0	0	-0.02	(iii) 差		0.29	0	0.35
0	0.00	1.73	5.70	12.40	(i) データ平均値	B	5.70	7.39	12.07
	0.41	1.73	5.70	12.32	(ii) 計算値		5.83	7.39	12.07
	0.41	0	0	-0.08	(iii) 差		0.13	0	0.69

番号	板厚	曲面	テスト・ピース	ピッチ	X 方向	Y 方向
	19~	R = 5,000 球	966×966	141	σ_{YU}	σ_{YL}
					?	?

 $\uparrow Y$ 方向

	O	A	B	Rx
2	5.03	6.12	9.55	→ 8,700
1	1.64	2.74	6.11	→ 8,850
X 方向 0 ←	0.00	1.32	4.76	→ 8,670
				↓ ↓ ↓
RY	8,800	8,830	8,670	

< X 方向 >

< Y 方向 >

	O	A	B	C		0	1	2	3
3	9.73	10.83	14.33	18.92	(i) データ平均値				
2	5.03	6.12	9.55	14.24	(i) データ平均値	O	0.00	1.64	5.03
	4.98	6.12	9.55	15.27	(ii) 計算値		0.51	1.64	5.03
	-0.05	0	0	1.03	(iii) 差		0.51	0	0.95
1	1.64	2.74	6.11	10.97	(i) データ平均値	A	1.32	2.74	6.12
	1.62	2.74	6.11	11.73	(ii) 計算値		1.61	2.74	6.12
	-0.02	0	0	0.76	(iii) 差		0.29	0	0.93
0	0.00	1.32	4.76	9.56	(i) データ平均値	B	4.76	6.11	9.55
	0.17	1.32	4.76	10.50	(ii) 計算値		4.96	6.11	9.55
	0.17	0	0	0.94	(iii) 差		0.20	0	0.96

表 3.3.4 整理したデータの例

番号	板厚	曲面	テスト・ビース	ピッチ	X 方向		Y 方向	
					σ_{YU}	σ_{YL}	σ_{YU}	σ_{YL}
	25.0	6,000×3,000 ドーナツ(外)	966×966	141	29.5	28.3	29.7	28.4

 $\uparrow Y$ 方向

	O	A	B	RX
2	4.97	8.32	16.62	→ 3,600
1	1.46	4.70	13.11	→ 3,550
X 方向 0 ←	0.00	3.55	11.84	→ 3,600
				↓
				↓
				↓
RY	8,500	8,240	8,500	

 $\leftarrow X$ 方向 >

< Y 方向 >

	O	A	B	C			0	1	2	3
3	9.82	13.28	21.71	33.76	(i) データ平均値					
2	4.97	8.32	16.62	29.05	(i) データ平均値	0	0.00	1.46	4.97	9.82
	5.56	8.32	16.62	30.50	(ii) 計算値		0.29	1.46	4.97	10.82
	0.59	0	0	1.45	(iii) 差		0.29	0	0	1.00
1	1.46	4.70	13.11	25.72	(i) データ平均値	A	3.55	4.70	8.32	13.28
	1.90	4.70	13.11	27.17	(ii) 計算値		3.49	4.70	8.32	14.36
	0.44	0	0	1.45	(iii) 差		-0.06	0	0	1.08
0	0.00	3.55	11.84	24.43	(i) データ平均値	B	11.84	13.11	16.62	21.71
	0.79	3.55	11.84	25.70	(ii) 計算値		11.94	13.11	16.62	22.47
	0.79	0	0	1.27	(iii) 差		0.10	0	0	0.76

番号	板厚	曲面	テスト・ビース	ピッチ	X 方向		Y 方向	
					σ_{YU}	σ_{YL}	σ_{YU}	σ_{YL}
	19.2	6,000×3,000 ドーナツ(外)	966×966	141	27.2	26.2	27.0	26.0

 $\uparrow Y$ 方向

	O	A	B	RX
2	4.40	7.42	15.37	→ 3,760
1	1.16	3.96	12.00	→ 3,720
X 方向 0 ←	0.00	3.05	10.72	→ 3,890
				↓
				↓
				↓
RY	9,210	8,620	8,850	

 $\leftarrow X$ 方向 >

< Y 方向 >

	O	A	B	C			0	1	2	3
3	9.26	12.30	20.63	31.93	(i) データ平均値					
2	4.40	7.42	15.37	27.24	(i) データ平均値	O	0.00	1.16	4.40	9.26
	4.77	7.42	15.37	28.66	(ii) 計算値		0.08	1.16	4.40	9.80
	0.37	0	0	1.42	(iii) 差		0.08	0	0	0.54
1	1.16	3.96	12.00	24.06	(i) データ平均値	A	3.05	3.96	7.42	12.30
	1.28	3.96	12.00	25.44	(ii) 計算値		2.81	3.96	7.42	13.19
	0.12	0	0	1.38	(iii) 差		-0.24	0	0	0.89
0	0.00	3.05	10.72	22.79	(i) データ平均値	B	10.72	12.00	15.37	20.63
	0.50	3.05	10.72	23.54	(ii) 計算値		10.88	12.00	15.37	20.99
	0.50	0	0	0.75	(iii) 差		0.16	0	0	0.36

表 3.3.5 整理したデータの例

番号	板厚	曲面	テスト・ピース	ピッチ	X 方向	Y 方向
	18.5	6,000×3,000 ドーナツ(内)	966×966	141	σ_{YU}	σ_{YL}
					29.7	28.7

 $\uparrow Y$ 方向

	O	A	B	RX
2	25.68	23.00	15.80	→ 4,150
1	22.17	19.34	12.05	→ 4,100
X方向 ←0	21.10	16.16	10.98	→ 5,760
				↓
				↓
				↓
RY	8,500	8,150	7,960	

 $< X$ 方向 > $< Y$ 方向 >

	O	A	B	C			0	1	2	3
3	31.50	28.86	21.46	9.83	(i) データ平均値					
2	25.68	23.00	15.80	4.36	(ii) データ平均値	O	21.10	22.17	25.68	31.50
	25.40	23.00	15.80	3.77	(iii) 計算値		21.00	22.17	25.68	31.53
	0.28	0	0	0.59	(iv) 差		0.10	0	0	-0.03
1	22.17	19.34	12.05	0.91	(i) データ平均値	A	16.16	19.34	23.00	28.86
	21.77	19.34	12.05	0.13	(ii) 計算値		18.12	19.34	23.00	29.10
	0.40	0	0	0.78	(iii) 差		-1.96	0	0	-0.24
0	21.10	16.16	10.98	0	(i) データ平均値	B	10.98	12.05	15.80	21.46
	17.89	16.16	10.98	2.34	(ii) 計算値		10.80	12.05	15.80	22.05
	3.21	0	0	-2.34	(iii) 差		0.18	0	0	-0.59

番号	板厚	曲面	テスト・ピース	ピッチ	X 方向	Y 方向
	12.2	6,000×3,000 ドーナツ(内)	966×966	141	σ_{YU}	σ_{YL}

 $\uparrow Y$ 方向

	O	A	B	RX
2	22.78	20.28	13.69	→ 4,530
1	20.30	17.45	10.70	→ 4,420
X方向 ←0	19.62	16.65	9.90	→ 4,420
				↓
				↓
				↓
RY	12,030	10,540	9,980	

 $< X$ 方向 > $< Y$ 方向 >

	O	A	B	C			0	1	2	3
3	22.28	25.00	18.43	7.77	(i) データ平均値					
2	22.78	20.28	13.69	3.12	(ii) データ平均値	O	19.62	20.30	22.78	22.28
	22.47	20.28	13.69	2.69	(iii) 計算値		19.47	20.30	22.78	26.91
	0.31	0	0	0.43	(iv) 差		0.15	0	0	-4.63
1	20.30	17.45	10.70	0.42	(i) データ平均値	A	16.65	17.45	20.28	25.00
	19.70	17.45	10.70	0.57	(ii) 計算値		16.51	17.45	20.28	25.00
	0.60	0	0	-0.15	(iii) 差		0.14	0	0	0
0	19.62	16.65	9.90	0	(i) データ平均値	B	9.70	10.70	13.69	18.43
	18.90	16.65	9.90	1.37	(ii) 計算値		9.70	10.70	13.69	18.68
	0.72	0	0	-1.37	(iii) 差		0	0	0	-0.25

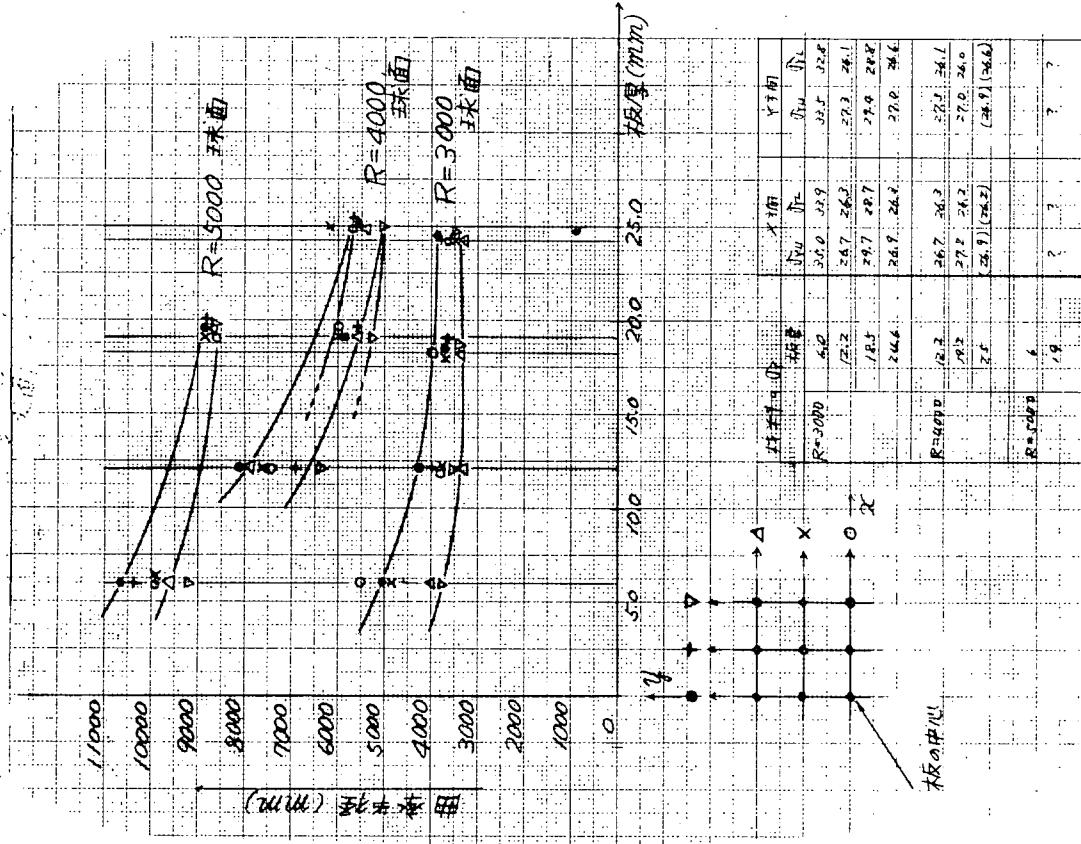
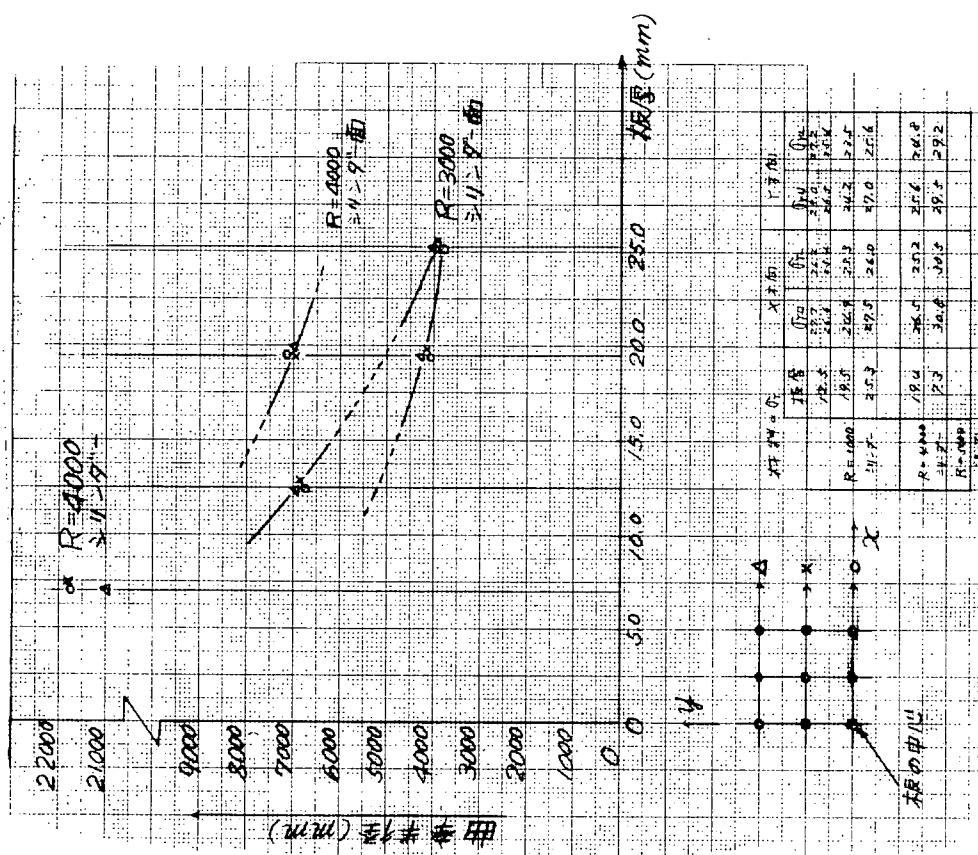


図 3.3.3.4 曲率と板厚とスプリング・バック後の曲率
<シリンド一面シリーズ>

図 3.3.3.5 曲率と板厚とスプリング・バック後の曲率
<球面・シリーズ>

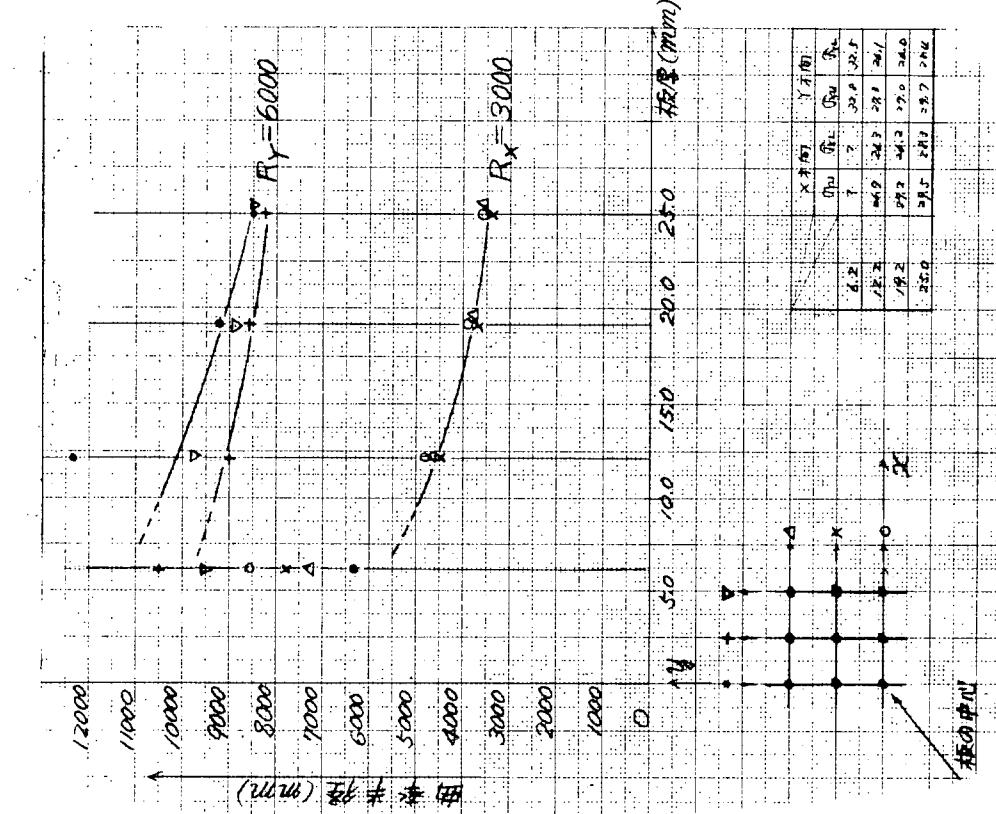


図 3.3.3-6
曲率と板厚とスプリング・バック後の曲率
< $R_y \times R_x = 6000 \times 3000$ >

ドーナツ外面
板の中心

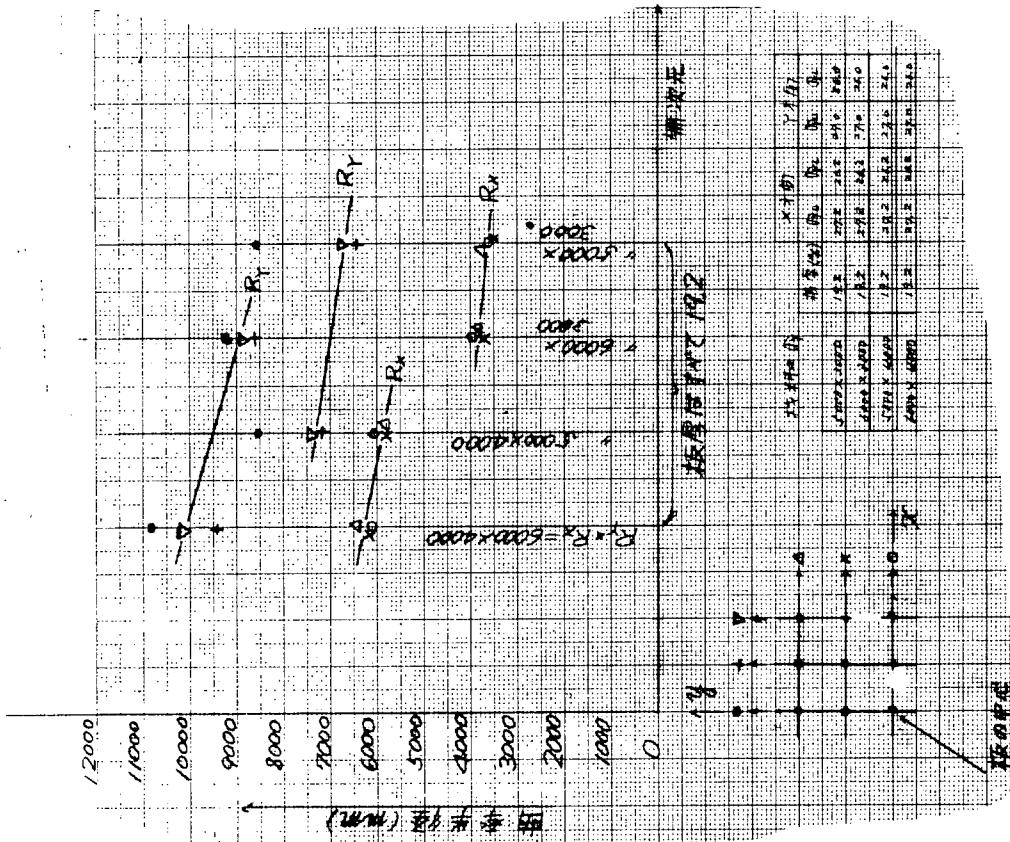


図 3.3.3-7
曲率と板厚とスプリング・バック後の曲率
横曲率、縦曲率の影響
<ドーナツ外面>

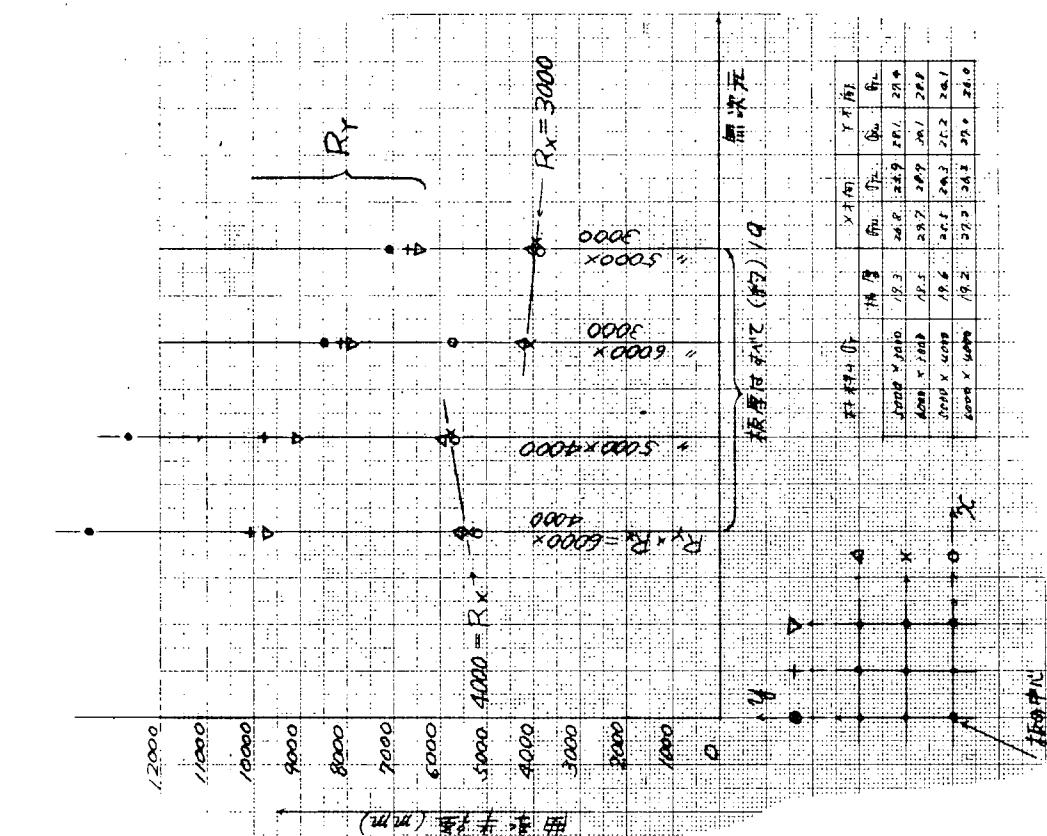


図 3.3.8 曲率と板厚とスプリング・ペック後の曲率
横曲率、縦曲率の影響
<ドーナツ内面>

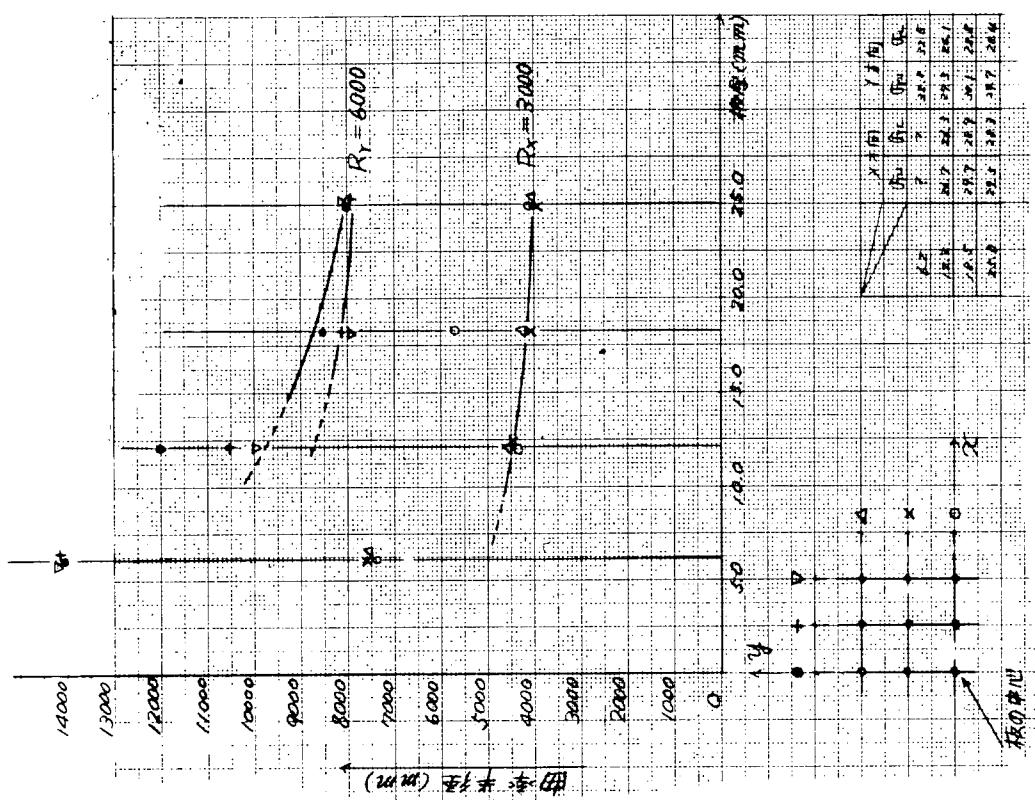


図 3.3.9 出率と板厚とスプリング・ペック後の曲率
< $R_y \times R_x = 6000 \times 3000$ ドーナツ内面>

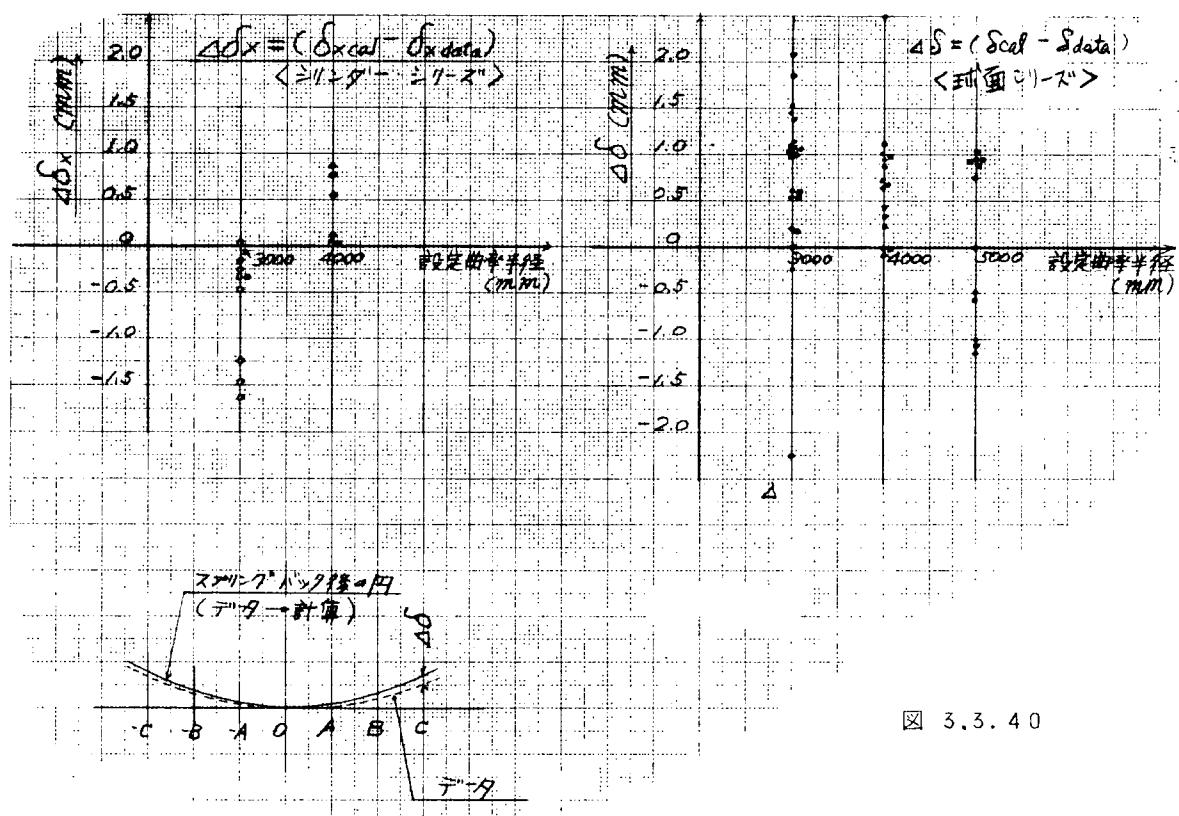
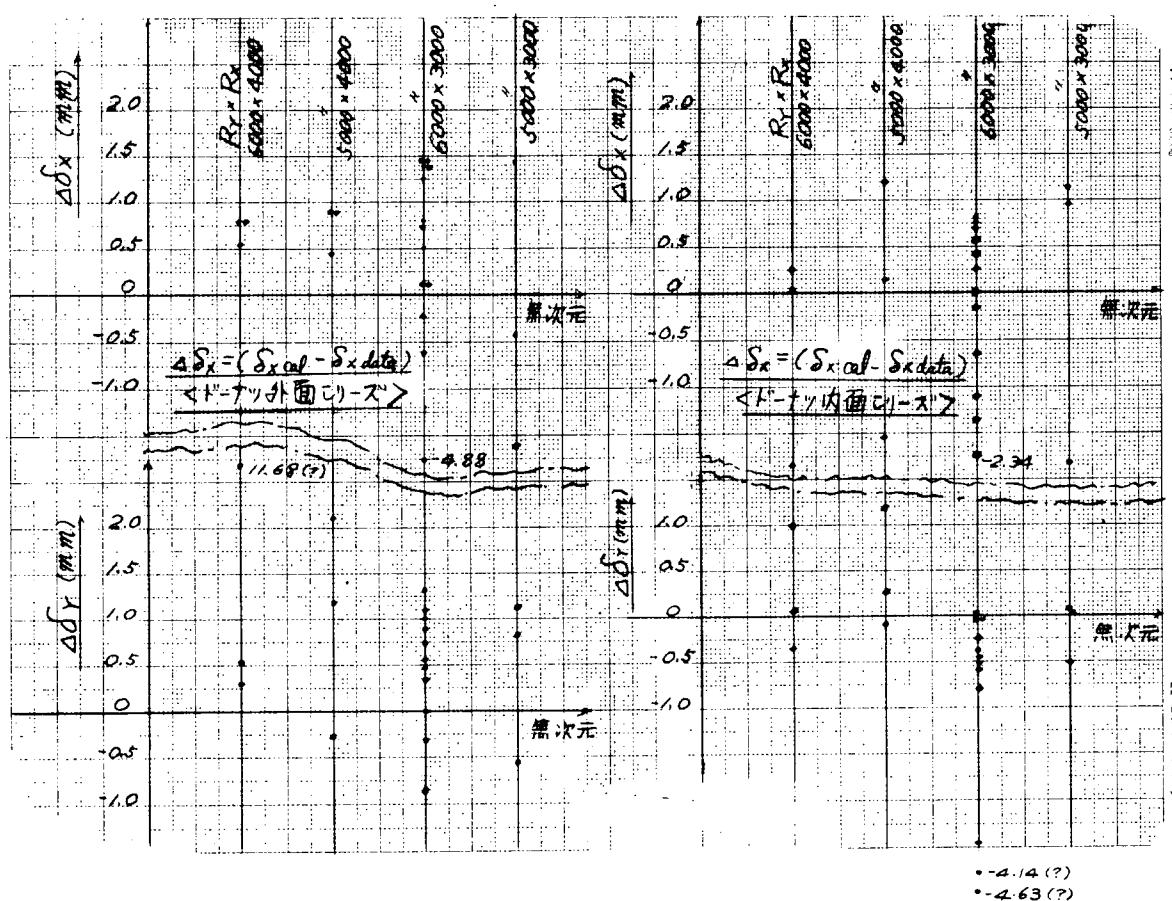


図 3.3.40



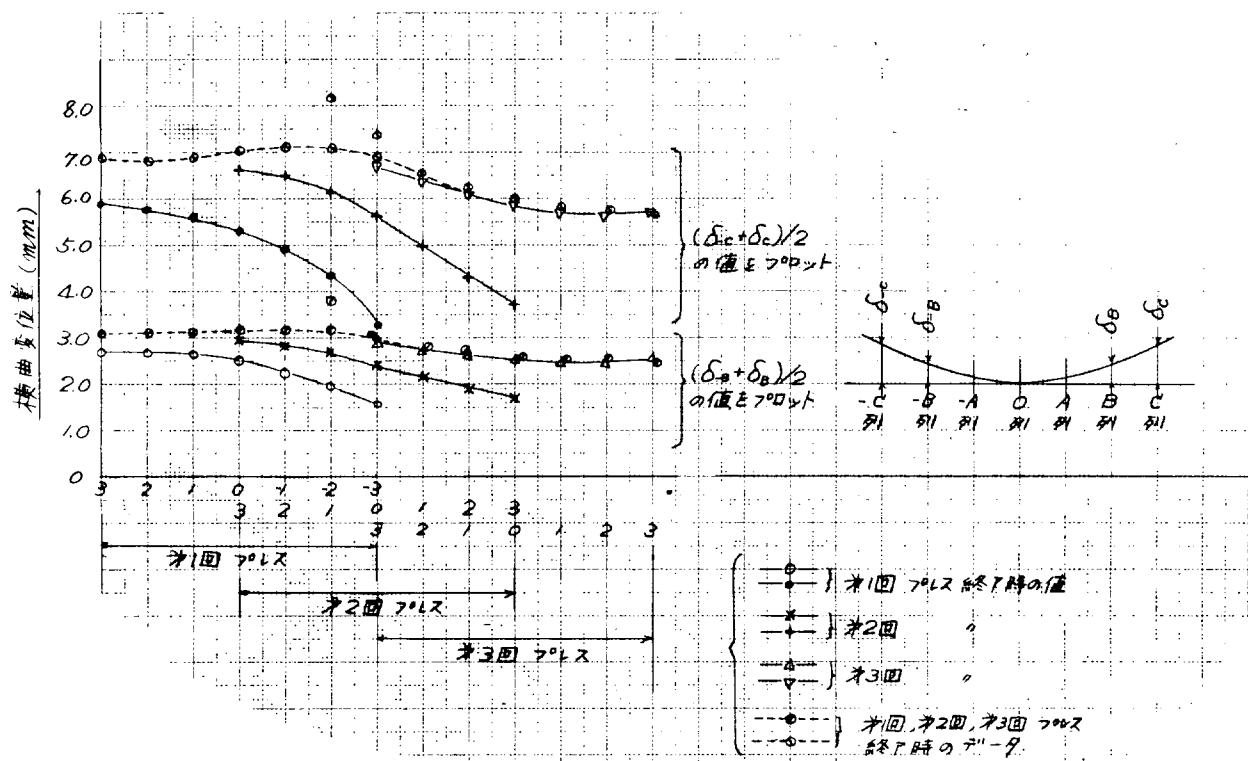


図 3.3.4.2 重複押し(3ピッチ重複)、横曲変位量
曲面; $R=5000$, シリンダ一面
テスト・ピース: $1.9 \times 966 \times 1812$

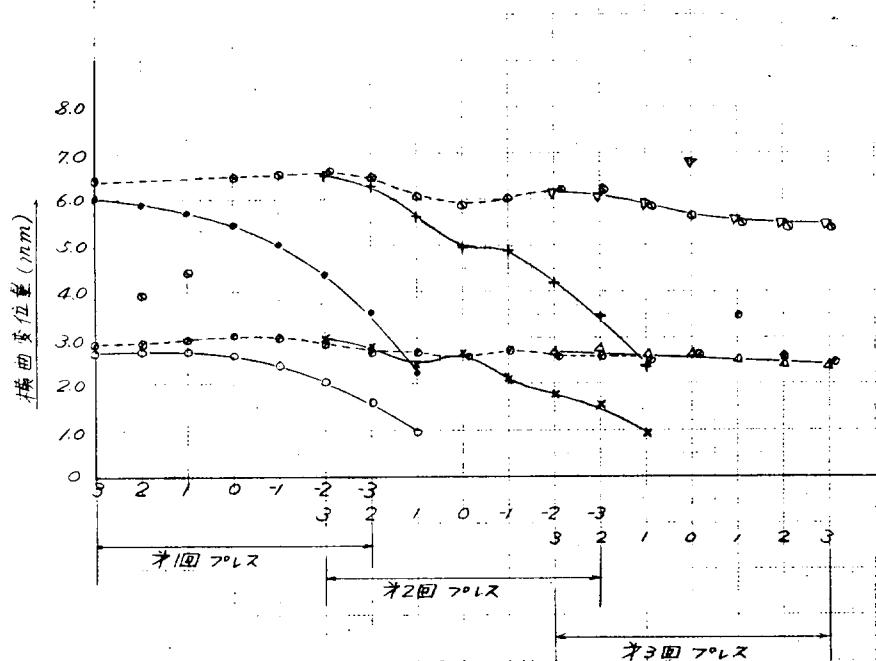


図 3.3.4.3 重複押し(1ピッチ重複)横曲変位量
曲面; $R=5000$, シリンダ一面
テスト・ピース: $1.9 \times 966 \times 2376$

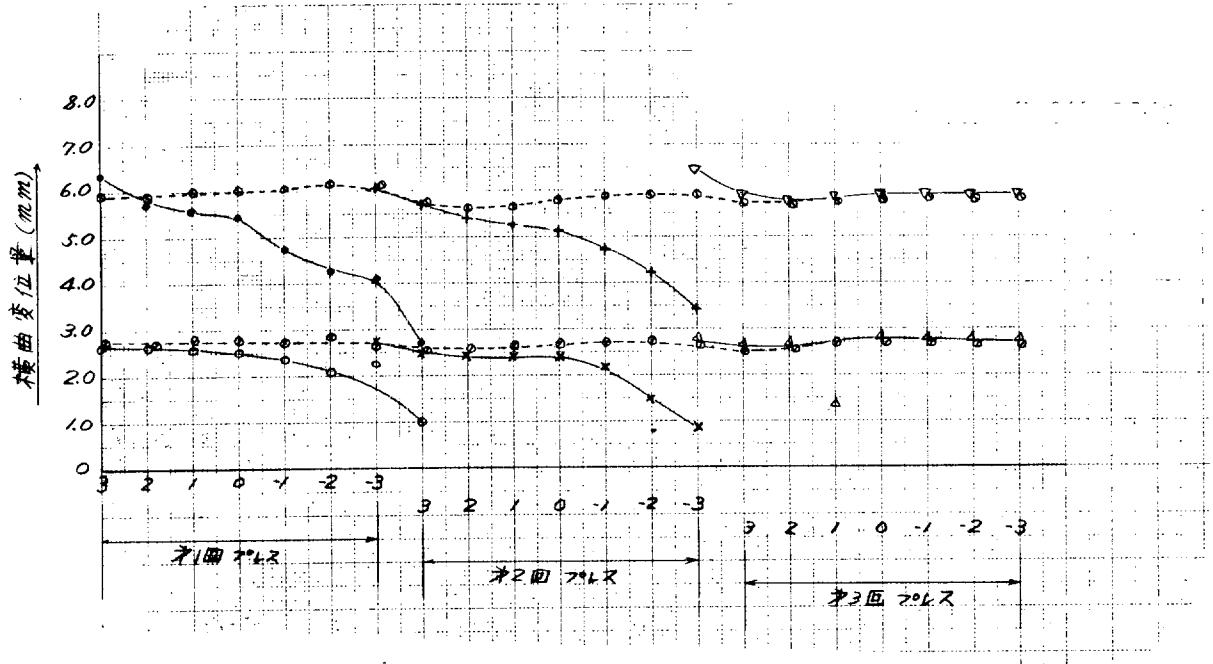


図 3.3.4.6 重複押し(重複無し)、横曲変位置

曲面: R = 5,000、シリンダー

テスト・ビース: 19 × 966 × 2,940

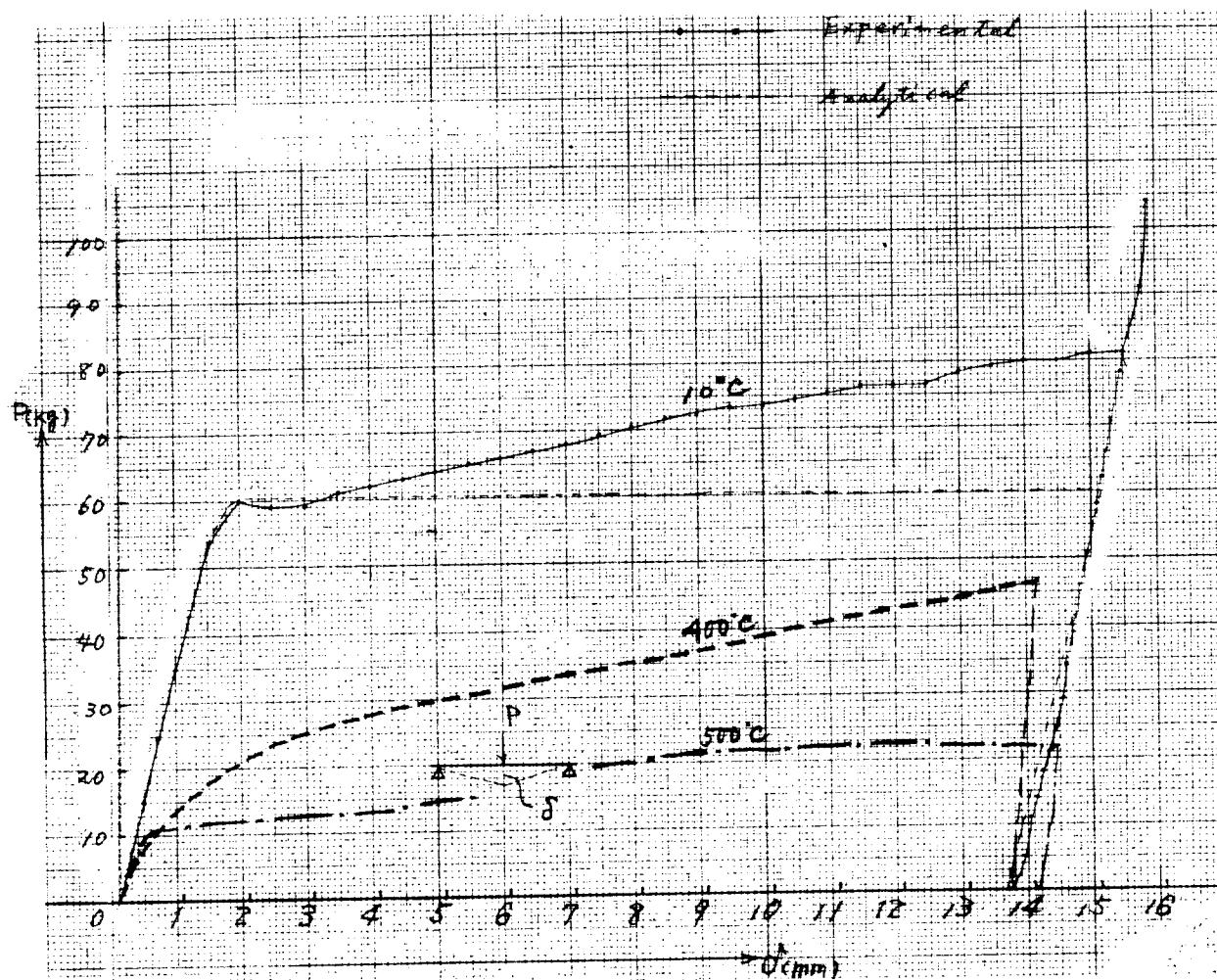


図 3.3.4.6 热間曲げ実験結果

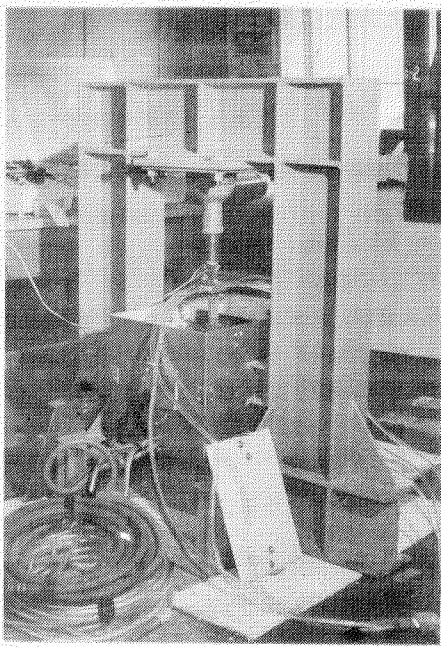


図 3.3.45 加熱曲げ装置

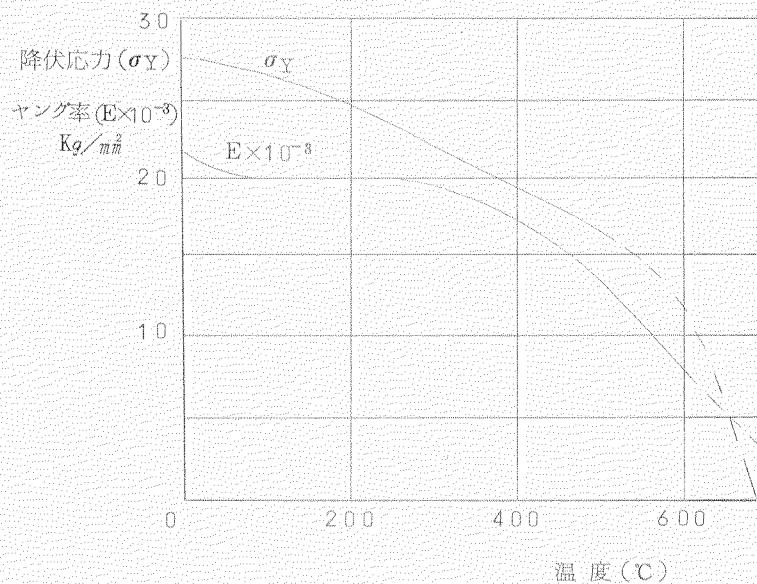


図 3.3.47 鋼の材料特性の温度による変化

3.4 ブロック接手の搭載前仕上方式に関する研究

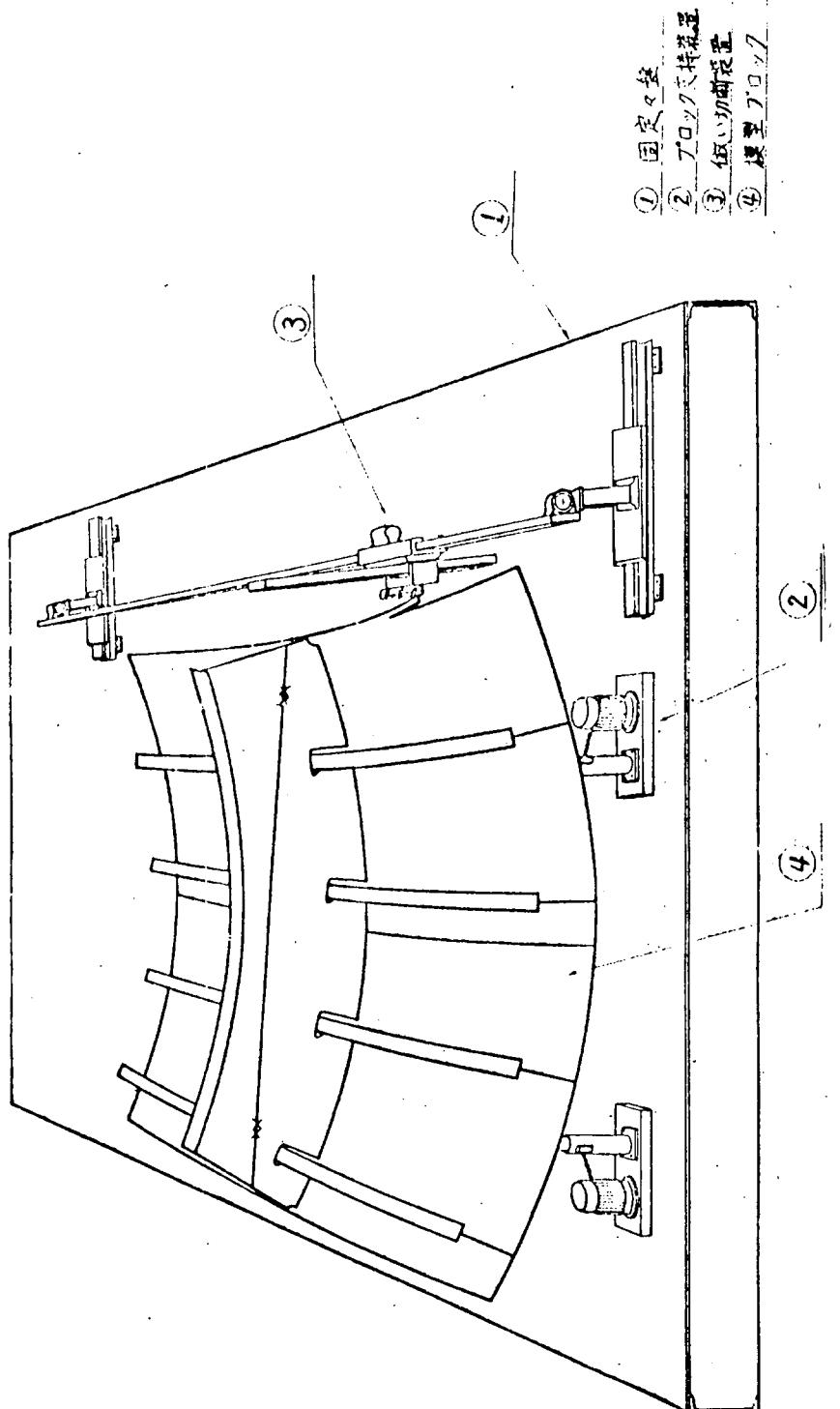
3.4.1 目的

昭和44年度の研究を基本としてブロック端面仕上装置の設計と試作を行ない、三次元曲面を有する複雑な構造を切削する倣いの原理と機構の相関性を実験解析し、同時に設計値とその運動に係わる諸元を計測する。

すなわち、ブロック端面接手部を高精度に仕上げるために倣いの機構が曲面構造を正確に追跡しつつかつ期待した精度が得られるか実験機で挙動を確認する。この装置は船台工程への自動化、機械化が船台環境等から極めて困難であり、技能要因による精度不良を避け、組立工程にて端面接手部を仕上げることにより、船台工程の実質作業量を削減して省力化を計るものである。

3.4.2 装置の概要

- (1) 仕上装置の概要是、図3.4.1に示す通りとなる。
- (2) ブロック切断機構の概念は、図3.4.2に示す通りである。



- ① 固定台盤は $5\text{m} \times 5\text{m}$ の鋼板と型鋼の組合せにより製作され、平面度の高い定盤である。
- ② ブロック支持装置は、4個のモーター駆動によりシリンドラーを自動的に制御し、予め定められた姿勢にブロックを支持する。
- ③ 側面切断装置は走行装置を含み曲り外板の端部四隅の曲面を正確に追跡しながら定められた切断箇所を自動的に切断する。
- ④ 模型ブロックは $3\text{m} \times 3\text{m}$ で大型船の曲面構造を想定し、種々の仕上条件を加味して製作する。（切断実験に用いられる。）

図3.4.1 仕上装置の概要図

プロック切断装置は三次元的に変化する曲面を平面で切削した切口に沿いつつ、曲面に垂直（または開先）溶断を行う装置で、左図はその概念図である。

検出器は切断点 D を中心とした発曲シンタ中を圧縮空気により常に押されている変曲ビストンとその先方の A,B,C 3 檐出点とから成立っている。

D を通る x-y 平面と曲面との交線は x-y 平面内の曲線となり、B-C 両点によりこの曲線をとらえるのが、その作用は B 点がまず常に圧縮空気により曲面に密着させられていて、C 点（差動変圧器）の曲面に対する遠近により生じる正負の電流は検出器にその軸を中心として正逆の回転を生じ、常に C 点の曲面に対する距離を補正する。また同時に働くレゾルバの作用により x, y 両方向に適正な速度が与えられて常にその合速度が曲面に対するバーナー速度を一定に保つのである。

次に x-y 平面と直角方向の偏角に対しては A, B 両リミットスイッチの on, off により検出し、その on, off の組合せにより発生した電流を補正レゾルバにより x, y 両方向に分け上記速度に加えてやりこの偏角を修正する作用を行なわせる。

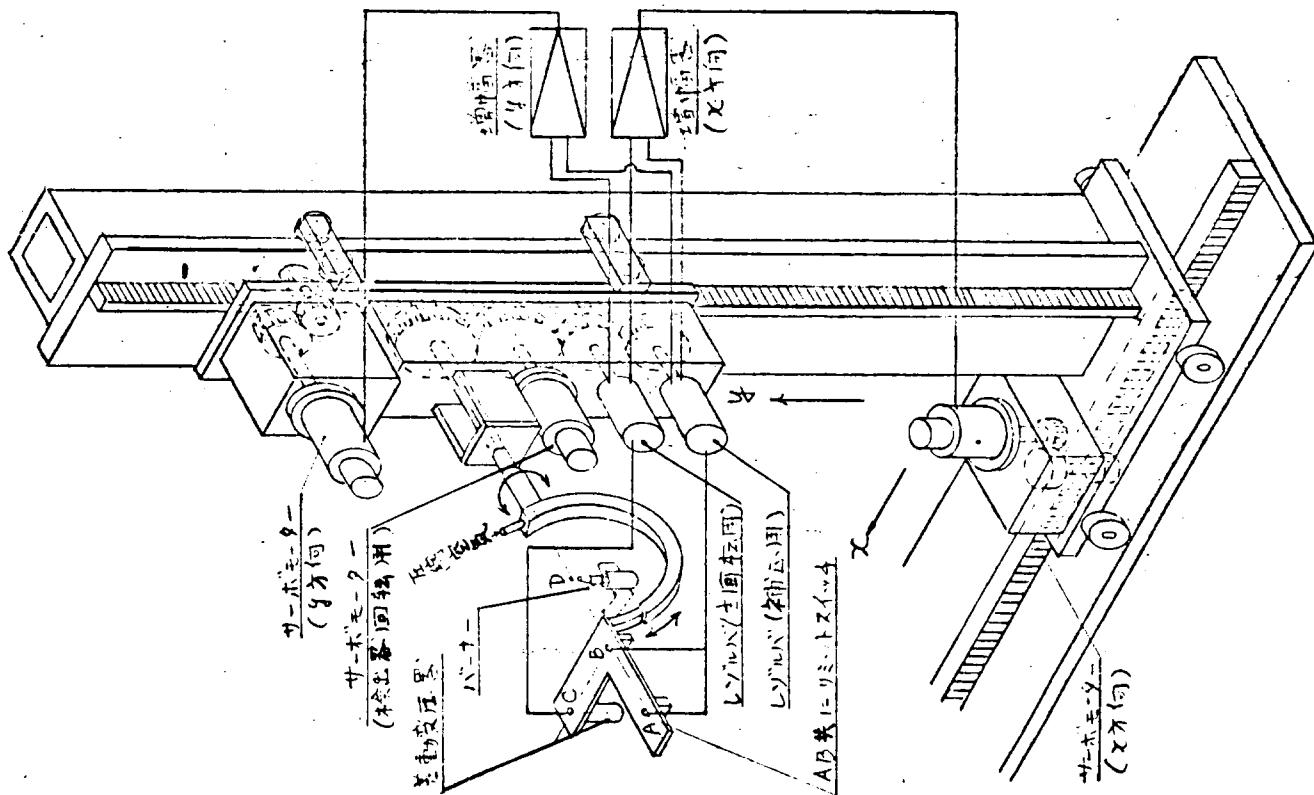


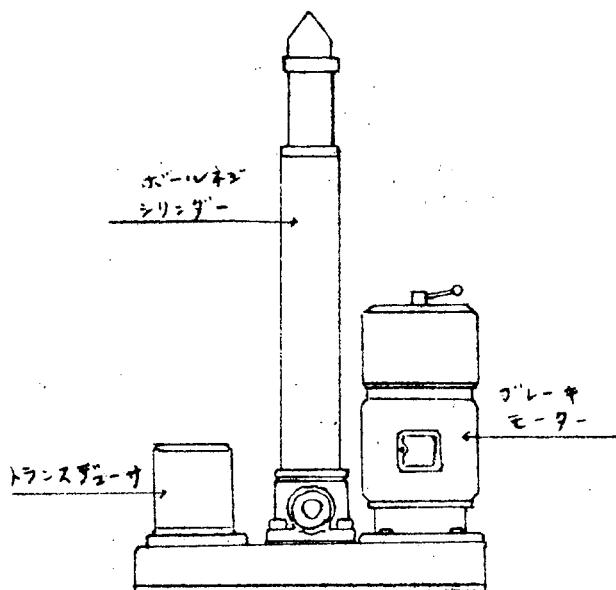
図 3.4.2 プロック切断機構概念図

3.4.3 支持機構の概要

(1) 機構の概要

シリンダーに組込んだ回転トランスジューサにより、シリンダーが 1mm 上昇あるいは下降ごとに1パルス発信し、そのパルスを制御盤内のプログラムカウンターで計数して予めセットした数値まで計数するとシリンダーは自動停止する。計数操作は、任意の数値を調整ツマミを廻して 1mm 単位にセットし、押し鉗により上昇、下降の作動をすれば、自動的にカウンターする。

図3.4.3はシリンダーの概要を示す。



(2) 要目

図3.4.3

定格推力	4,000kg
ストローク	600mm
速度	23.7 ~ 23.8mm/sec
無負荷入力電圧	210V, 50Hz
// 電流値	2.05 ~ 2.52A

(3) シリンダー精度測定結果

4 台

カウンター設定値		カウンター数値			シリンダー実測値		
		1回	2回	3回	1回	2回	3回
1台	100	100	100	100	101	101	101
	200	200	200	200	201	201	201
	300	300	300	300	301	301	301
	400	400	400	400	401	401	401
	500	500	500	500	501	501	501
	600	600	600	600	601	601	601
	600	600	600	600	601	601	601
	500	500	500	500	501	501	501
	400	400	400	400	401	401	401
	300	300	300	300	301	301	301
2台	200	200	200	200	201	201	201
	100	100	100	100	101	101	101
	100	100	100	100	101	101	101
	200	200	200	200	201	201	201
	300	300	300	300	301	301	301
	400	400	400	400	401	401	401
	500	500	500	500	500	500	501
	600	600	600	600	601	601	601
	600	600	600	600	600	600	601
	500	500	500	500	500	500	500
3台	400	400	400	400	400	400	400
	300	300	300	300	300	300	300
	200	200	200	200	200	200	200
	100	100	100	100	100	100	101

カウンター 設定値		カウンター数値			シリンドー実測値		
		1回	2回	3回	1回	2回	3回
3台	100	100	100	100	102	102	102
	200	200	200	200	202	202	202
	300	300	300	300	302	302	302
	400	400	400	400	402	402	402
	500	500	500	500	503	502	502
	600	600	600	600	601	601	601
		600	600	600	601	601	601
		500	500	500	501	501	501
		400	400	400	401	402	401
		300	300	300	301	301	301
4台	200	200	200	200	201	201	200
	100	100	100	100	102	101	101
	100	100	100	100	100	100	100
	200	200	200	200	200	200	200
	300	300	300	300	300	300	300
	400	400	400	400	401	400	400
	500	500	500	500	501	500	501
	600	600	600	600	601	601	601
		600	600	600	600	600	601
		500	500	500	501	501	501
5台		400	400	400	400	400	401
		300	300	300	300	300	300
		200	200	200	200	200	200
		100	100	100	100	100	100
	100	100	100	100	100	100	100
	200	200	200	200	200	200	200
	300	300	300	300	300	300	300
	400	400	400	400	400	400	400
	500	500	500	500	500	500	500
	600	600	600	600	600	600	600

3.4.4 切断機構の概要

(1) 装置の位置決め

(a) 切断平行線の粗調整と切込み幅の調整

図3.4.4に示すように2本のレール①(37K級)の上に200のチャンネルにより枠組みされた架台②があり、手動ハンドル③によってブロック端面の切込み幅と切断平行線を自由に粗調整することができる。

これはx軸方向をなるべく仕上げ面に平行に保つことと、端面の切込み幅を決めるための装置であり、一旦位置が決ったならストッパーによって位置を固定しておく必要がある。

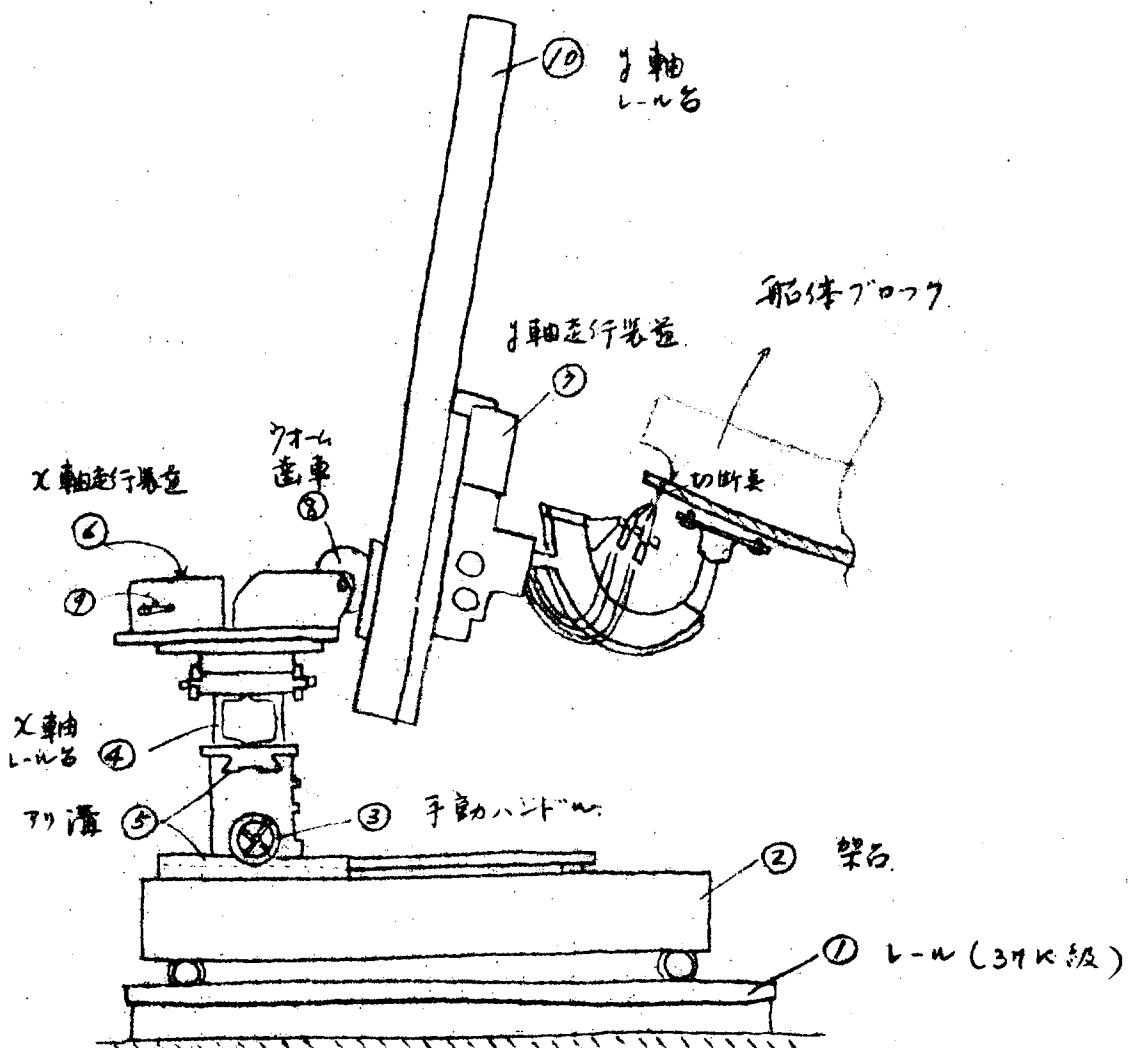


図3.4.4 切断機構の概要

(b) 切断面と切込み幅の微調整

架台②の上にはx軸走行レール台④が据付けられダブルテール状の摺動面⑤が互に交叉して取付けられているので、ホイール③を手で動かすことによりx軸走行レールの向きを最大 $\theta = \tan^{-1} \frac{1,500}{3,100}$ まで調整でき、かつ切断個所の位置決めの微調整が利く。 $(\theta^\circ \approx 27^\circ)$

また、この摺動面を円滑に運動させるために各種ペアリングが使用されている。

(c) 切断面の傾斜角度の調整

切断面の傾斜角度を設定するには、x軸走行装置⑥とy軸走行装置⑦の間にあって、y軸走行装置⑦を保

持するためのウォーム歯車⑧のホイールを手動でゲージを見ながら動かせば、垂直線に対し±30°の範囲で傾斜角度を調整することができる。

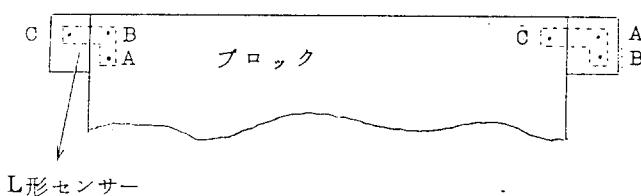
(d) クラッチ

x軸走行装置⑥の中には手動で着脱できるクラッチ⑨があってx軸走行用電動機との結合を解き、手動で自由にx軸上を移動させることができるので位置決め等には便利である。

(e) 切り初め及び切り終り

倣い運転の出発点ではL形センサーのC信号源がブロックの外側にハミ出してしまうので、ブロックの端部にガイドを作りCの倣い部分を受けてやるよう計画している。

切り終り部でもA、Bのマイクロスイッチのガイドを準備して脱落を防止している。(下図の通り)



(2) x軸(水平方向)走行装置

これは図中④, ⑥に示された部分を言うが180チャンネル2個を抱き合せた角形の管の上に25mm厚の鋼板を溶接し、焼鈍したあとでその両端面を機械加工して走行軌条としたもので、その上にx軸駆動ユニット⑥およびy軸走行装置⑦とそれらの継手であるウォーム歯車⑧を乗せてx軸方向に所定の速さで走行するための装置であり、走行精度を要求されるので精密仕上げされている軌条面を上下8個、左右4個のボールベアリングの外輪が接触しながら走行するようになっている。

走行速度は計画値最高864mm/minで理論的には0から無段階の速度制御が可能である。

駆動用電動機は全閉、他励形、間歇定格、電機子制御の直流サーボモーターを使用し、定格出力100W、定格トルク3.3kg-cm、回転数3,000r/m ±15%、電機子電圧50V、励磁電圧80Vである。

減速装置はスパーギアとウォームギアを組合せて4段に減速し、これをコンパクトにギアーケースに収納し軽量化を計っている。

運転精度の問題が生命があるので、すべての軸受け部はシールドタイプのラジアル・ボールベアリングを使用し、外部に露出する回転部分を極力少くしている。

(3) y軸(垂直方向)走行装置

y軸走行装置⑦はウォーム歯車⑧を介してx軸走行装置上に取付けられて居り、全長3,000mmの角形柱⑩(150×100)に22mmの鋼板を溶接し焼鈍処理をしたあとにその両端2箇所を機械加工し、走行軌条面としたものの架台にy軸走行装置⑦が取付けられ上下方向の運動を行ない、又、火口の駆動装置と倣いの信号装置一式を纏めてy軸上を走行するようになっている。

走行速度は計画値で最高800mm/minで理論的には0から無段階で速度調整が可能である。

走行精度の要求はx軸よりさらに厳しく、運転中に受ける支柱⑩の変形、振動等の影響が加工面に及ばぬよう十分な剛性を有するよう計画されている。

走行は前項と同じく12個のボールベアリングで行なわれ、原動機よりスパーギアとウォームギアを組合せた4段減速機を経て終段にはラックピニオンが置かれ、支柱⑩に取付いているラックと噛み合い、上下運動が行なわれる。

(4) 倣い装置

図3.4.5においてA, B, CはL形センサーに取付けられたエレメントであり、偣いの信号源となっている。

A, BはON, OFF信号用マイクロスイッチであり、Cは差動トランジストである。

図3.4.6に示す通りこれ等の信号入力はブロック線図に示される経路で、x, yの方向への運動を制御し、かつ空気圧力を併用して、所定の3次元偣いが行なわれる事になる。すなわち、センサーが空気圧によって偣い面に接触し、A, B 2点のエレメントが作動したことを条件に差動トランジストの信号が火口回転用のサーボモーターに入り火口の角度を規制する。この運動は主回転用レゾルバ(x, y方向の分速度に分解する働きをする)および補正用レゾルバ(補正信号を、x, y方向に与える働きをする)に入り、このx方向, y方向の信号が合成されてx, y方向の速度を決める事になる。

下記に各制御機器の要目を示す。

差動トランジスト

AC 100V, 50Hz, 1φ

感度 0.12V/mm

直線範囲 ±12mm

二相サーボモーター

AC 100/110V, 50/60Hz

制御電圧 12.5/13.8V × 2

最大出力 1.5W

無負荷回転数 2,750/3,300R/M

主回転用レゾルバ

一次電圧 AC 26V, 400Hz

励磁相 固定子

無負荷励磁電流 ; 60mA

無負荷電力 ; 0.3W

変圧比 ; $1 + 0^{-0.4}$

一次電気誤差 ; 5分

二次 " ; 10分

一次直交誤差 ; 5分

二次 " ; 5分

全残留電圧 ; 30mV

移相 ; 2度進み

この偣い装置の特徴として空気圧利用の問題が挙げられる。これは弓状、角形のエアシリンダーの中に弓形、角棒のピストンが、空気により圧力を受け、円弧面を摺動し、角棒ピストンの上部に固定されているL形センサーを偣い面に押付け、偣い運動を維持させる機能を果している。

この押付けの運動は偣い装置に関し重要なポイントであり、摺動部の抵抗が空気圧とバランスする点を利用して円滑な偣い運動を行なわんとしているもので、この摺動抵抗を極力一定に保持することが偣いの運転の決め手となる。したがって、摺動部の仕上げ精度は厳密に守られ、摺動面には特殊な加工を施している。

空気圧の計画値は 5kg/cm^2 であり、シリンダー受圧面積は $30\text{mm} \times 30\text{mm}$ である。

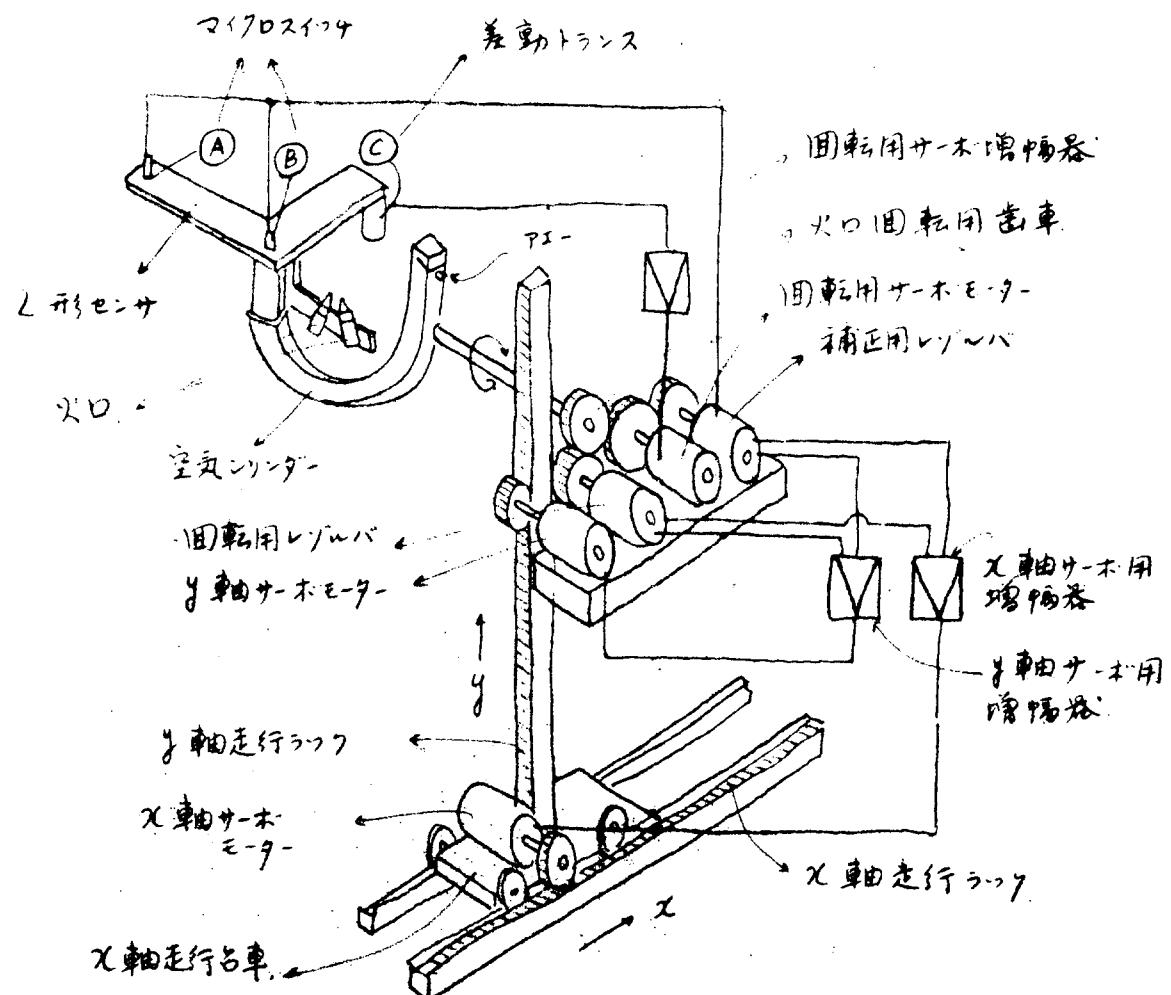


図 3.4.5 装置概念図

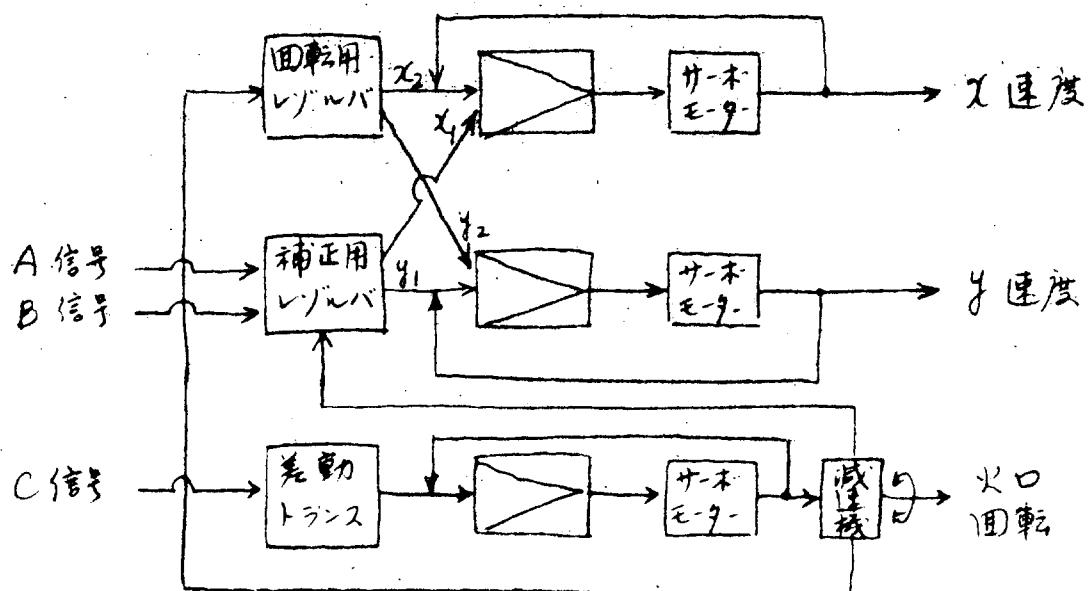


図 3.4.6 制御系ブロック線図

(5) ガスおよび火口装置

ガスおよび火口装置は、y軸走行装置の駆動部に取付けられているガス調整コック、電磁弁、ホース類と弓形空気シリンダー中を摺動する角形ピストンの先端にあるL形センサーより張出しているホルダーに取付けられている2本の火口より成り（図3.4.7参照），何れも制御盤より遠隔にて電気的にガスおよび酸素の供給、停止

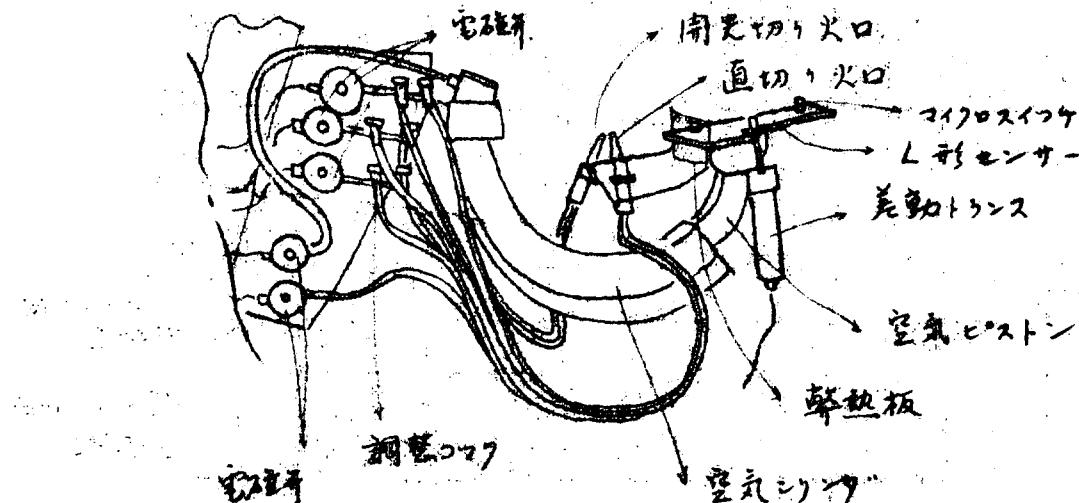


図3.4.7　火口部分の概要

の操作が可能であり、切断時の火口の調整は火口を見ながら図の調整コックで行なうことができる。

本機のガス切りは下から上方への切断であり、ノロや火花が弓形シリンダーに飛来、落下するのでこの防護対策として取り敢ず石綿帯の重ね巻きを施している。

また、下方からの開先切断の際に火炎がL形センサー上の電気品に及ぶことを考慮し、遮熱板を取付けてある。切断にはアセチレン、プロパン何れを使用してもよい。また、切断開始時の火口の調整を簡便、正確に行なうため調整装置を設けている。

(6) 制御装置

電気制御装置は大別して、電源部、信号部、制御部および駆動部の4つに分類される。以下順を追ってそれらの概要を記述する。

(a) 電源部

本装置の1次電源にはAC100V, 1φ, 50Hzが使用されて居り、これより変圧器、整流器等を組合せた2次電源を発生させておりAC26V, DC19V, 16V, 11V, 50V, 80V等が交流増幅器、レゾルバ、直流増幅器、発信器、x, y軸サーボモーターの電源として使用されている。

また、定電圧装置としてSCR制御回路電源、サーボ増幅器およびマニュアル操作電源回路にはツエナーダイオードによる定電圧回路が組みこまれて居り、制御系の安定性を補っている。

(b) 信号部

これは単にON, OFFの信号を発生するマイクロスイッチと、x, y軸方向の分速度IC相当する電圧を発生し、それに補正信号を重畠するためのレゾルバ信号、および曲面を倣いその曲面に対し法線方向を与える差動トランジスタ信号等がある。

(i) マイクロスイッチ

これはy軸方向の運動を規制するため2個のマイクロスイッチのON, OFF動作に一定の条件を設け、

補正信号が附与されるよう電気回路を組んだものである。

(ii) レゾルバ

x , y 方向の分速度の検出は、主レゾルバにより三角演算で行なわれる。すなわち x , y 平面に対する傾きを差動変圧器で囲え、これを増幅してサーボモーターを駆かせ、この回転角を主レゾルバに与えて、 x , y 分電圧を発生させ、予め電気的に 90° の位相差を持った補正用レゾルバ信号と重畠させ、その合成信号をとり出している。

(iii) 差動変圧器

これは機械的変位量をそれに比例した電気量に変換するための電磁変換素子の一種であり、 x , y 平面内の傾斜量を電圧に換算して増幅器に掛け 2 相サーボを駆動するための信号源となっている。

以上の信号源と制御器とを組合せて、駆動部を制御するために下記の制御装置がある。

(c) 制御部

この装置は発振回路、変調回路、演算増幅回路、点弧回路、等により形成され駆動部を制御している。

(i) 発振回路

これはレゾルバよりの信号入力を精度よく、早く伝達する為に使用されたもので 5 KHz の搬送波を発生させている。発信回路にはコンデンサーと抵抗を用い、位相を変化させることにより、正帰還を掛け、トランジスタの電流増幅度 A_i と C , R の減衰度 A_t とが等しいか、 $A_i \geq A_t$ の時に発振が持続するよう計画されている。

(ii) 変調回路

信号と 5 KHz で変調された信号入力はリング復調器に掛け復調され、点弧回路へ送られる。

そして搬送波は出力トランスで打消されて側波帯のみが現われる。この回路を図 3.4.8 に示す。

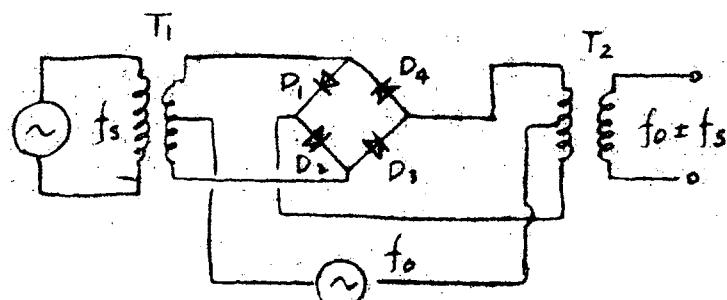


図 3.4.8 変調回路

この動作は、上下 2 つの側波のみは現われるが、搬送波は出力に現われないからフィルター回路で 1 つの側波のみを得るよう組まれている。

これは図 3.4.9 のように搬送波の正、負半サイクルごとに位相が逆となり搬送波が打消された波形となって現われることを説明することができる。

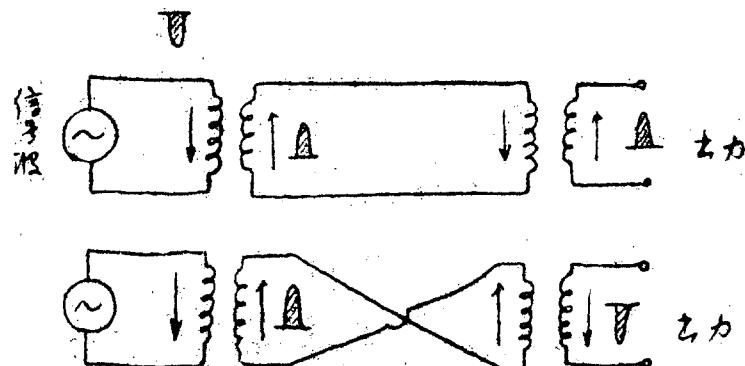


図 3.4.9 フィルタ回路

(III) 演算増幅回路

補正信号と主信号とを加算するために安定性がありゲインの非常に高い直流増幅器が用いられている。

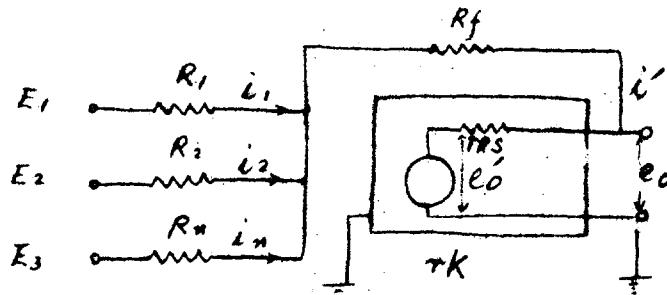


図 3.4.10 加算回路

図 3.4.10 は加算回路の説明図であり、入出力の関係は下記の式により示される。

$$\frac{e_0}{e_i} = -\frac{Z_f}{Z_i} \left[\frac{rK}{rK+1} \right] \times \left[\frac{1 - (Z_f/KZ_s)}{1 + (Z_f + rZ_s)/(rK+1)Z_i} \right]$$

(シーケンス自動制御便覧より)

ここで $Z_f, Z_i \ll Z_s$ とすれば、 $r \approx 1$ となり K の値が充分大きくて $\frac{Z_f}{KZ_i} \ll 1$ とすれば

$$\frac{e_0}{e_i} = -\frac{Z_f}{Z_i}$$

即ち、入力電圧 e_i と出力電圧 e_0 の比が符号が変化して入力インピーダンス Z_i と帰還回路インピーダンス Z_f の比となり、 Z_f, Z_i のインピーダンスを変えることによって加算値を振幅、位相誤差を極力少なくて作り出すことができ、補正信号、主信号の重畠がアナログ的に可能となっている。

(IV) 点弧回路

S.C.R の点弧回路は差動増幅器とユニジャングクション (U.J.T) 方式を組合せ採用している。差動増幅器は温度によるドリフトの影響を極力減少させ電流変化を打消すように作動する効果をねらい、U.J.T 方式は温度変化に対し比較的安定で、パルスの繰返し周波数の範囲が広く、かつ選択が容易である点から本方式を採用している。

3.4.5 試験結果

(1) 自動倣いの試験方法

- (a) 試験材として巾 $2m \times 行 1.5m \times 厚 12mm$ および巾 $2m \times 行 1.5m \times 厚 18mm$ の鋼板を対角線方向でねじり $2.5m$ 、および $5m$ の曲率で曲げたブロックの四隅に足を立てて試験材とした。
- (b) ガスはプロパンガスを使用し、酸素はポンベより供給した。
- (c) 圧縮空気は工場内のコンプレッサーを使用し減圧弁を通し $3.5kg/cm^2 \sim 4kg/cm^2$ 附近で使用できるように準備した。
- (d) 計測器は倣い運動の電気的数値とその相関性を同時に把握し、その挙動の実態を見究める必要があったので電磁オシログラフを使用することとした。また、制御系の定数は本装置の動作を決定づける重要なポイントとなり、倣いの精度を左右する決め手ともなるのでシンクロスコープにより、要所要所の電気的特性を計測、確認することとした。
- (e) 計測器能力や計測点の問題から電磁オシロによる計測方法を下記の通り考慮した。

		元	火口角度と x, y 信号の関係	x, y 合成信号と サーボ出力との関係
差動変圧器	$\pm \Delta v$			
補正用レゾルバ	\dot{x}_1		○	
	$\dot{x}_1 + \dot{x}_2$		○ $\times \alpha_1 = \otimes$	○ $\times \alpha_1 = \otimes$
	\dot{y}_1		○	
主レゾルバ	\dot{x}_2		○	
	$\dot{y}_1 + \dot{y}_2$		$\otimes = \alpha_2 \times \circ$	$\otimes = \alpha_2 \times \circ$
	\dot{y}_2		○	
X 軸サーボ	V_{ax}			○
	I_{ax}			○
Y 軸サーボ	V_{ay}			○
	I_{ay}			○

(f) 切断条件を一定にするために、酸素、ガス等の圧力、火口と切断材の間隔を定量化し再現性が得られるよう計画した。

(g) 切断状態はなるべく撮影して記録に残した。

(h) 切断方法の最好的な条件は先行の火口として開先切りか、直切りか、の問題を明確にするよう配慮した。

(i) 開先切り、直切りの夫々の単独の切断状態と両者同時の切断とを比較して、その相関性を明らかにするよう計画した。

(2) 自動倣いの試験結果

(a) 表 3.4.1 は差動変圧器 T の信号が各種レゾルバ信号に作用しどんな運動をするか、旧材を前進方向に倣わした模様を電磁オッショロに記録させたもので、走行速度 480 mm/min 、補正信号 70 % で走行中の試験データである。



これは、図 3.4.11 のような状態で運転している状態を示している。

図 3.4.11 倣いの進行方向

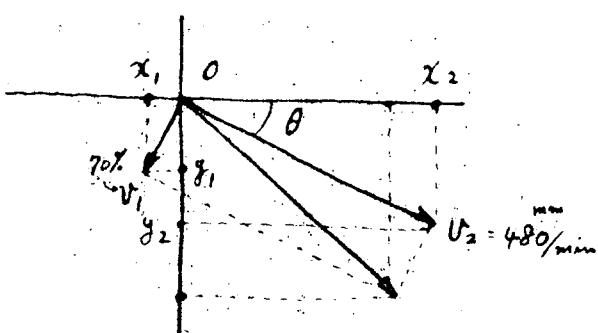


図 3.4.12 信号ベクトル合成

y_2 の変化が大となる。

図 3.4.11 の通り x_1, y_1, x_2, y_2 の関係をベクトルで表わすと y_1 は補正信号 v_1 の y 方向分電圧で第 3 象限内 $225^\circ \sim 270^\circ$ の間で変化する時は y_1 の信号は $\frac{v_1}{\sqrt{2}} \sim v_1$ まで変化し、 x_1 は $\frac{v_1}{\sqrt{2}} \sim 0$ まで変化するので変化の割合は x_1 の方が遙かに大となる。その模様は x_1, y_1 の記録で明白である。同様に v_2 の要素は第 4 象限内を v_1 と 90° の位相角を保って変化するので、 $315^\circ \sim 360^\circ$ の間の変化は y_2 は $\frac{v_2}{\sqrt{2}} \sim 0$ まで、 x_2 は $\frac{v_2}{\sqrt{2}} \sim v_2$ までとなり、図に示すごとく

これらの信号が重畠されて $x_1 + x_2$, $y_1 + y_2$ の数値を決めているのがわかる。

中央の木ノ葉状の記録は差動変圧器の電圧を記録させたものであり、この起伏がセンサーの伸縮を示して居り、正常倣い中は最大 0.56 mm 程度の変化を示して居り、途中の凹みはセンサーの倣いの滑らかさを示しているものと考えられる。これは ON, OFF 制御のためにスムーズな倣いが困難なことを物語っている。また、1 秒間に 2 値の信号が出ていることがよくわかる。

これを直線的に平滑してやることがこれからの課題でもある。

(b) 表 3.4.2 は、差動変圧器と x , y 合成信号とサーボ出力との関係を新材を使用し走行速度 400 mm/min , 補正信号 36% の状態で前進方向に倣わした時の記録であるが $x_1 + x_2$, $y_1 + y_2$, および y 軸の電流、電圧の数値を確認することが困難であった。

x 軸サーボに関しては入力電流 2 A , 電圧 6.95 V が確認され 100 W のサーボモーターとして適当な数値であることも確認された。

一方、 y 軸のサーボ系の電圧、電流の信号は間の連続で、そのインターバルも 1 秒に 2 回から 1.5 秒に 1 回程度に変化しており、この関係は差動トランスの信号のフクラミと同期している傾向が見え、倣いの滑らかさをここでも要求していると言えよう。

(c) 表 3.4.3 は、記録紙の送り速度を 100 cm/sec に早めて表 3.4.2 の現象をクローズアップしたものであるが、Iay の実体は依然としてつかむことができない。

しかし V_{ay} はかなりハッキリしてきた。 $9/100$ 秒間は \ominus の電圧が掛り、次の $3/100$ 秒間は \oplus 電圧が掛っている、これが何を意味するのかさらに解明する必要がある。

(3) ガス切断の試験方法

切断条件を一定にして曲率の変化している面を倣い切断し、任意の点における切断品質を判定する。

(a) 試験内容

切断トーチ 2 本でそれぞれ直切りおよび開先切りをして断面形状 Y の切断を行なった。切断は幅 30 mm ごとに開先切断を行なってから直切りを入れた。図 3.4.13 は開先形状を示す。

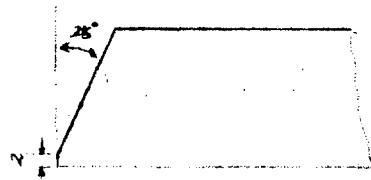


図 3.4.13 開先形状

(b) 使用切断材料

材質 SM 41

表面処理 ショットブラスト後ウォッシュプライマー塗布

寸法 $18 \times 1,200 \times 2,000$

曲率 対角線方向に 5 m

(c) 計測方法及び計測位置

(i) 粗度

(ii) 上縁の溶け

(iii) スラグの剥離性

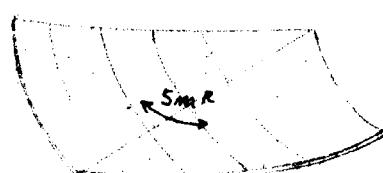
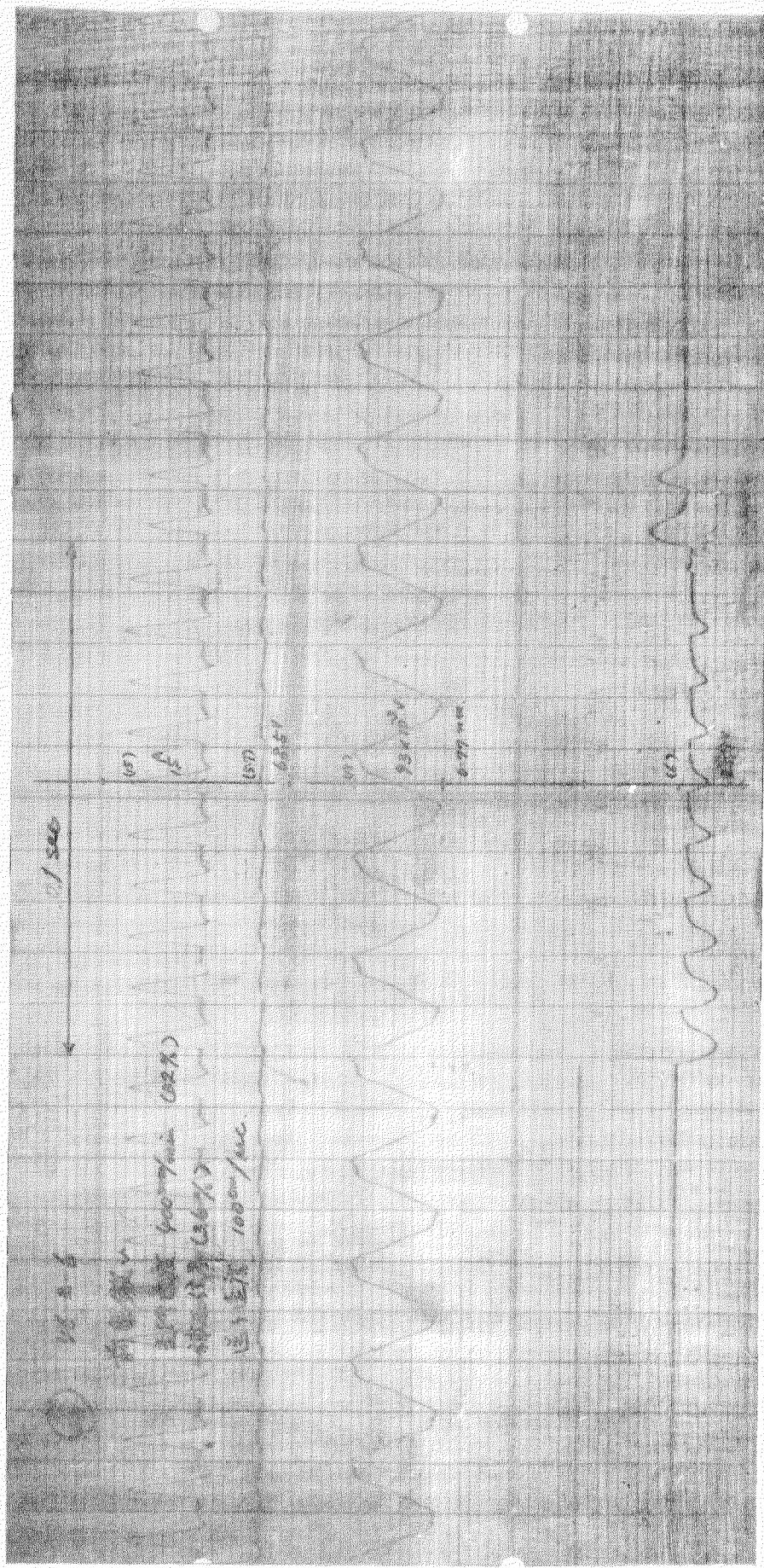


図 3.4.14 外板の曲げ方向

卷三

表 3.4.2

表 3.4.3



- (iv) 開先角度
- (v) ルートフェース
- (vi) 真直度

以上の計測項目を下記の計測器をもって測定する。

i ~ iii は WES 118-1963 ガス切断標準片による目視判定, iv, v は角度ゲージ(図 3.4.15 参照)

vi はオプティカルマイクロメーターを利用する。(図 3.4.16 参照)

尚、真直度は水冷後計測。

(d) 計測位置

前記 i ~ vi の 5 項目については、図 3.4.17 の一切断線上 A, B, C, D の 4 点を計測し、vi(真直度)については A, D を基準点とし、その間の点を 200 mm ピッチで計測する。

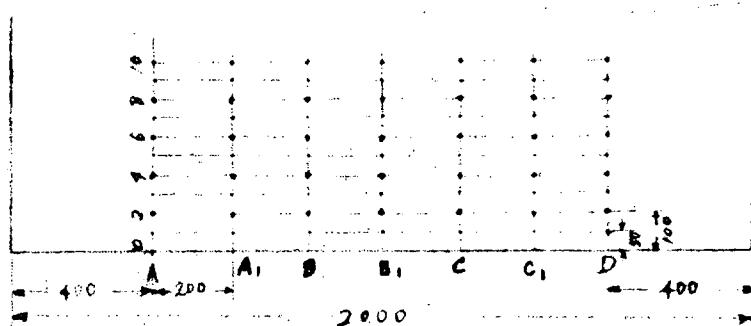


図 3.4.17 計測位置

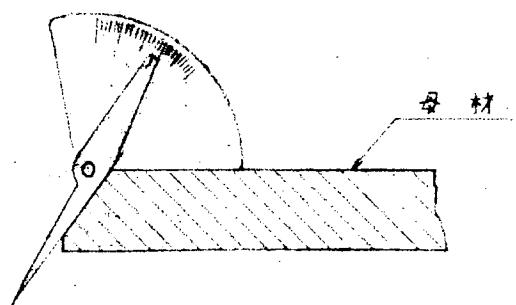


図 3.4.15 角度ゲージ

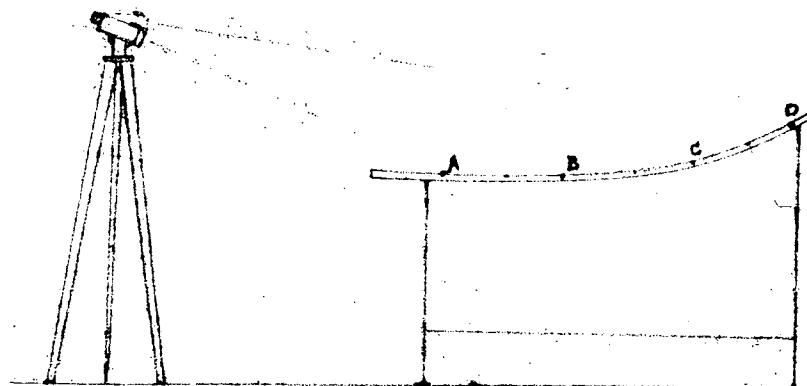


図 3.4.16 真直度計測方法

(e) 被切断材の曲率の変化

図 3.4.18 は、正面線図を示す。

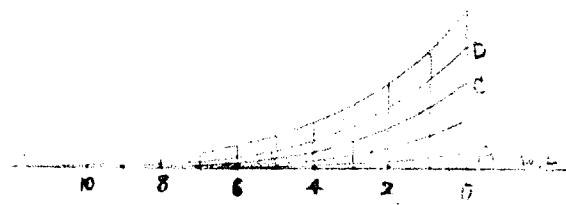


図 3.4.18 正面線図

0～10までの線上のA, B, C, Dの点がW.Lに対してどの位傾斜しているかは、A, B, C, Dの点の接線を延長しW.Lと交わった位置でW.Lとの角度を読む。(図3.4.19参照)

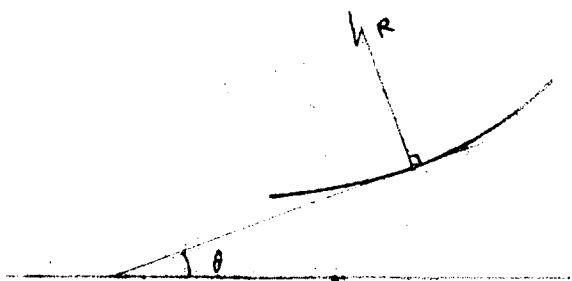


図 3.4.19 傾斜角の計測

以上により被切断材上の計測点の角度を表3.4.4に示す。

	0	2	4	6	8	10
A	1	0	0	0	0	0
B	1	1	1	0	0	0
C	2	2	2	1	1	1
D	5	5	5	5	4	4

表 3.4.4 θ の変化

(f) 切断方法

酸素、プロパン切断

火口 PC 1 (精密溶断KK製プロパン用ストレート火口)

PC 3 (")

圧力 酸素 5.2 Kg/cm^2

プロパン 0.38 Kg/cm^2

切断速度 400 mm/min

速度計測は、曲面を倣い走行させて移動した距離の測定を行なった。

(g) 切断面判定基準 (WES 118 モデルピース)

粗度 1 級 50μ

2 級 100μ

3 級 200μ

上縁の溶け	1 級	(溶解した状態は認められないがわずかに丸みを帯びている。)
	2 級	(連続的に丸みが発生し溶融性のスッパーがある。)
	3 級	(比較的大きな丸みと同時にコーナー部に溶融鉄が付着しスッパーも連續的に発生している。)
スラグの剥離性	1 級	(粗状のスラグが点々と付着するが、こん跡を残さないでほとんど自然に剥離する。)
	2 級	(ハンマーで軽く叩くかあるいは少し力を入れて引っ欠ければこん跡を残さないで剥離する。)
	3 級	(棒状に付着しタガネを使用しないとはく離が困難であって多少のこん跡を残す。)
	級 外	(遊離鉄を含有してはく離性が極めて悪く除去したのちにもこん跡を残す。)

真直度 (P)mm

溶接開先のすき間および自由縁の直線性を保持するに必要な数値を考慮して等級が定められており、長さに対する割合をとらず1つの切断縁の全長にわたる最大値をとっている。

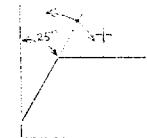
1 級	$P \leq 0.4$
2 級	$P \leq 0.8$
3 級	$P \leq 1.5$
4 級	$P \leq 4.0$

以上のような判定基準があるが、真直度の計測はオプティカルマイクロメーターで読み取った値を表に記入した。

(4) ガス切断の試験結果

(a) 角変化による切断品質

θ	粗 度 (級)		上縁の溶け (級)	スラグの剥離性(級)		開先角度 ($25 \pm \alpha$)	ルート フェース ($2 \pm \beta$)
	上	下		上	下		
A	1 ~ 0	2	1	1	1	+1	-1
		2	1	1	2	0	0
	0	2	1	1	1	0	-0.5
		2	1	1	3	-0.5	-1
	0	2	1	1	2	-1	-1
		2	1	1	3	0	-0.5
	0	2	1	1	1	0	-1
		2	1	1	2	0	0
	0	2	1	1	1	+0.5	0
		2	1	1	2	0	0
B	1	2	1	1	1	-0.5	-1
		2	1	1	2	0	0
	1	2	1	1	3	0	0
		2	1	1	3	-0.5	0
	1 ~ 0	2	1	1	2	-0.5	0
		2	1	1	3	+0.5	0
	0	2	1	1	1	0	-1
		2	1	1	2	0	0
	0	2	1	1	1	-0.5	-0.5
		2	1	1	2	0	-0.5
C	2	2	1	1	1	0	0
		2	1	1	1	0	0
	2	2	1	1	3	+0.5	0
		2	1	1	3	-1	-1
	2 ~ 1	2	1	1	2	0	0
		2	1	1	3	0	+0.5
	1	2	1	1	1	0	0
		2	1	1	2	0	+0.5
	1	2	1	1	1	-0.5	+0.5
		2	1	1	2	0	0
D	5	2	1	1	1	2	0
		2	1	1	1	1	0
	5	2	1	1	1	3	0
		2	1	1	1	3	0
	5	2	1	1	2	3	0
		2	1	1	1	3	0
	5 ~ 4	2	1	1	1	1	0
		2	1	1	2	3	0
	4	2	1	1	1	2	-0.5
		2	1	1	1	1	0
		2	1	1	1	1	-0.5



開先角度

表 3.4.5 角変化による切断品質

(b) 真直度 (P)

N 位置	1	2	3	4	5	6	7	8
A	0	0	0	0	0	0	0	0
A ₁	+0.2	-0.1	+0.2	+0.1	0	0	+0.1	+0.1
B	+0.2	-0.2	+0.3	0	+0.1	-0.2	+0.1	+0.1
B ₁	+0.1	-0.3	+0.3	-0.1	+0.2	-0.2	+0.2	+0.1
C	+0.1	-0.1	+0.2	-0.2	+0.3	-0.1	+0.1	+0.1
C ₁	+0.1	0	0	-0.1	+0.1	-0.1	-0.1	+0.2
D	0	0	0	0	0	0	0	0

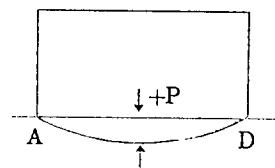
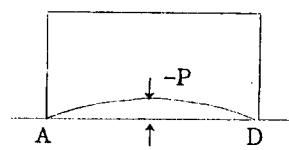
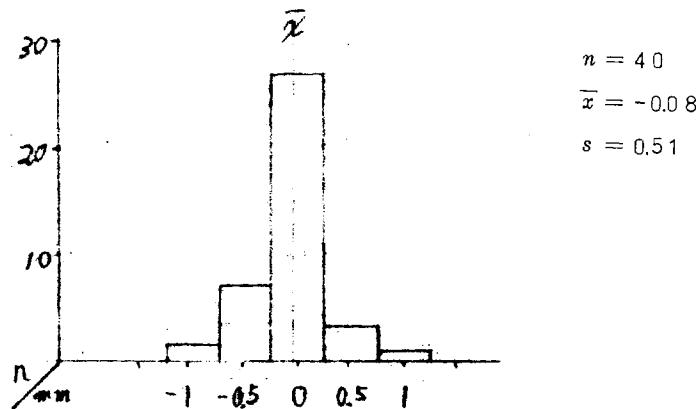


表 3.4.6 真直度

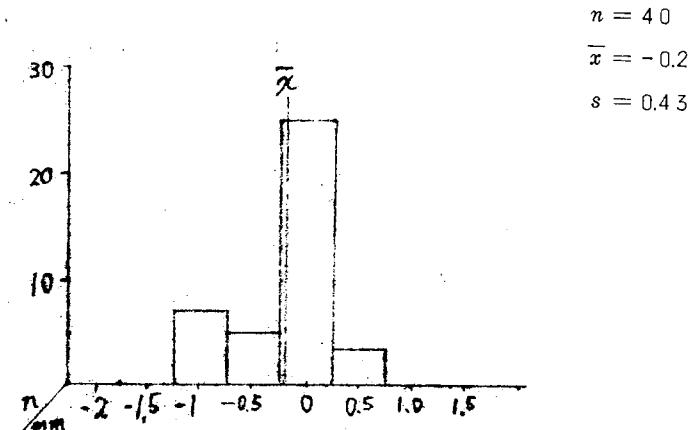
(c) 度数表

開先角度, ルートフェース, 真直度についての度数分布を示す。

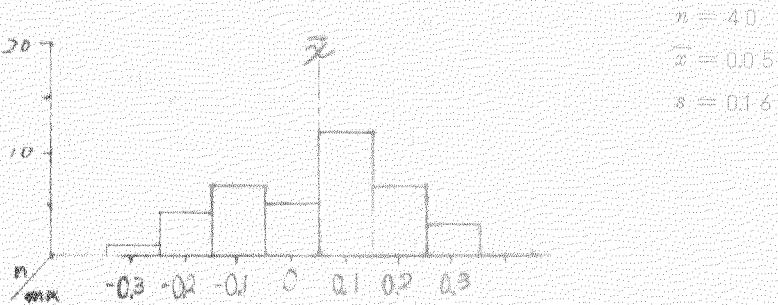
開先角度



ルートフェース



真直度



- (d) 粗度は写真(1)～(5)に切断線2, 4, 6, 8のA, B, C点(前述)付近の状態を示す。右上の矢印は切断方向を示す。切断条件は全て一定とした。
- (e) ②④はスラグを剥離させた後で⑥のA, B, C, ⑧のCに付着の状態を撮影した。開先面はWES-2級でルートフェースは1級である。
- (f) 上縁の溶けは全て1級で普通の小型自動切断機と同程度である。
- (g) スラグの剥離性は板上面に付着したものは指で引っ欠ければ容易に取れる(WES-2級)がルートフェース上面に付着したスラグはタガネで小突がなければ取れない。
- (h) 開先角度は曲率の変化に伴い著しい差ができるものと見ていたが、度数表のことく良い結果が得られた。
- (i) 真直度はオプティカルマイクロメーターを利用してかなり良好な結果が得られた。

写真 1

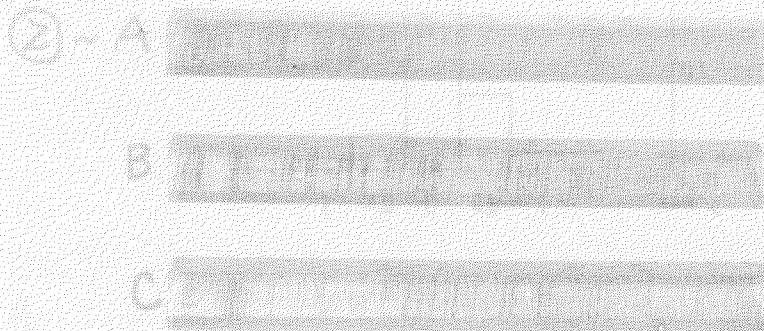


写真 2

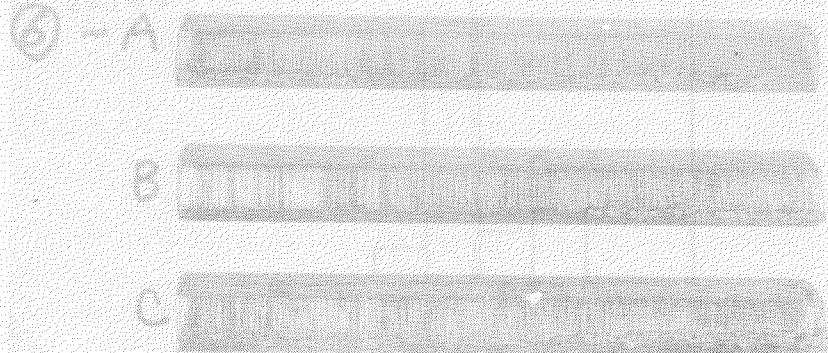


写真 3

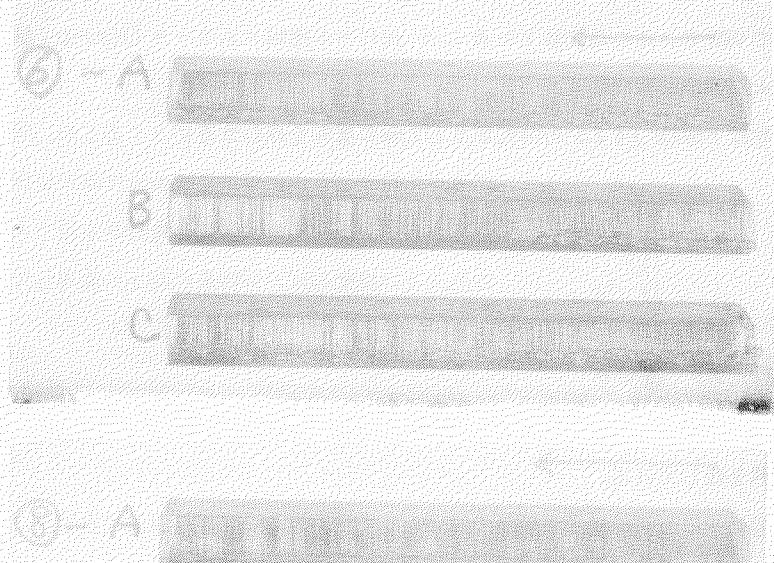
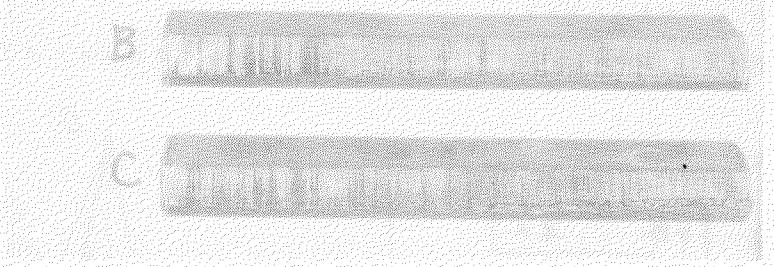


写真 4

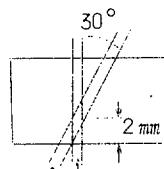


3. 4. 6 考 察

- (1) 切断精度は、全体として1級は無理であった。時として好結果が得られることもあったが、その再現性が困難であり、切断精度の良否の決め手となるものが何であるか、現段階では不明である。
さらにガス切断の基礎実験を継行する必要性がある。
総じて言えることは、2方向同時切断を行なっても2級程度の切断精度は確保できることが確認された。
- (2) 切断精度と切れ味は不可分の関係であり、切れ味はガスと酸素の状態により大きく変化し、ある条件下で素晴らしい切れ味を示していることが観察できた。
ガス切断の切れ味は、ノロの抜け方、燃焼温度、切断方向、火口形状、酸素、ガスの純度等に影響されることは分っているが、これを数量的に意味付けることは極めてむづかしい。
しかしながら、これらの問題と関連性を確かめなければ本機の性能はハッキリしないであろう。
- (3) 切断後のノロの剥離性の良否は附着するノロの冷却状態が決め手となるものようで、切断後の温度を急冷することが剥離性を良くする1つの方法でもあることも分った。そのためには火口と切断材との相対間隔を微調整できるような装置が必要であろうし、先行火口の種類、余熱の必要性等が新たな問題として検討されるべきであろう。
- (4) 現装置の電気的な扱い運動の粗さが切断精度を左右するものかどうか今直ぐに結論を出すことは早計であるが、ガスと酸素の条件を数量化し、切断の条件をよりはっきりしてから扱い装置の微妙な補正信号の変化に対するガス切断の仕上り精度の問題を見究めるようにすべきであると信ずる。
何となれば双方の現象を比較して考えた時に再現性、動作の安定性においてガス切断の条件が極めて劣るからである。
- (5) 使用ガスはアセチレン、プロパン何れでも良い設計であるが、切断ポイントの位置決めから切り込みへの銳さが要求される点からプロパンよりアセチレンが優位性がありそうで次回はアセチレンを使用する必要がある。

(6) 下からの切断でノロの飛来落下が著しく火口への連結ゴムホース(ガスおよび酸素)を焼損しないよう、さらに有効な防火対策が必要である。

(7) 切断形状は下図のごとく 25° の開先切りと2mmの肩先を残した直切りであるが、開先切りを先行すべきか、直



開先切り 直切り

切りを先行すべきかについては条件次第で定説がないと言えそうである。上方からの切断の場合は直切り先行が定説であり、これはシャープエッジの尻上りの温度勾配が切断条件向上へ寄与しているものと推測される。

(8) 今の倣い装置がねらう切断点(肩先2mm)は、切断部の曲率によって幾何学的に誤差を生じ、切断精度に宿命的な限界を残している。

この誤差は火口と切断箇所の間隔の違いとして現われるので燃焼温度に影響することは疑う余地はないが、その誤差と切断精度の関係を数量化し、その相関性を確かめることは困難な事ではあるが、何らかの方法で是非確認しておく必要があると考える。

(9) 現行の倣い部のセンサーは、図3.4.20のごとくL形の金具にマイクロスイッチと差動変圧器を取りつけた

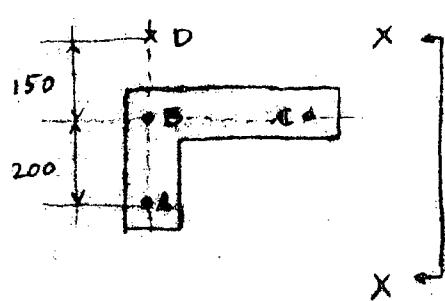


図3.4.20 センサー平面図

A, Bはマイクロスイッチ

Cは差動変圧器

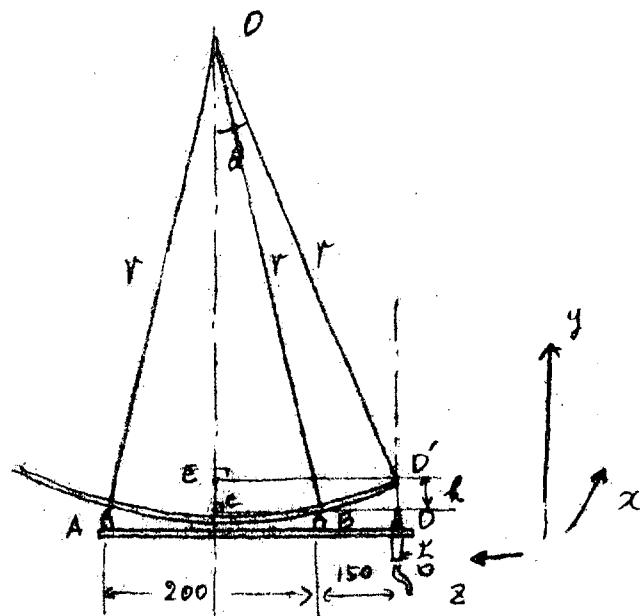


図3.4.21 y, z面と火口の関係

ものであり、図3.4.21はy z平面に現われる極端な、曲りブロックの一部を示したものであるが、この状態で任意の曲面を倣う時に必然的に生ずる部材と火口Dとの偏差は、次式によって与えられる。

$$\text{偏差 } h = OC - OE = \sqrt{r^2 - AC^2} - \sqrt{r^2 - CD^2}$$

rはブロックの曲率半径

$$AC = 0.1 m$$

$$CD = 0.1 m + 0.15 m = 0.25 m$$

これより曲率半径と偏差hとの関係を明らかにしこのセンサーを使用するとして実用上支障のない精度加工の可能な限界を探ることも意味のないことではないが、基本的にはこの偏差を0とするようなセンサーを研究開発する必要がある。

⑩ 新しいセンサーとして現在のA, B 2点のON, OFF制御はどうしても段階的な運動となってしまうので倣い装置としては余り面白くない。

図 3.4.22 のセンサーのC, Aをともに差動変圧器とし, B点を支点として矢印方向に運動させることによつて, C, Aからそれぞれx, y, z方向の信号を発信することができるはずである。

この信号を各サーボ増幅器で増幅しサーボモーターを動かすことによって段階的な倣いが平滑されると考えられ、新センサーの設計、試作を推進する予定である。

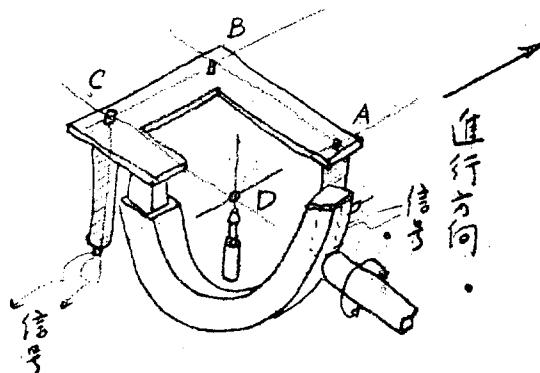


図 3.4.22 新センサー概略図

⑪ また、新しいセンサーは現在のL形センサーで生ずる偏差 h を除去する必要があり、このためには(9)項平面図のA, B, D直線上、BDの距離を0に近付けることであるが、L形のままでは不可能であり、どうしてもL形と火口の関係位置を変更する必要がある。

今1つの考え方として⑩項のようなものが考えられる。すなわち、A, B両点とC点とを入れ換えてA検出点をD点の進行先に持つて行けばある曲率半径の範囲では誤差ほとんど考えなくてよい切断点が得られるはずである。

⑫ 5 KHzの電気信号が干渉して制御系を乱し、正常な倣い運転ができなかつたので、盤内配線を整え、レゾルバからの電線を全線シールド線に新替した。高周波電源を使用するに当つての電線相互の誘導について配慮が足りず、この影響の確認と排除に意外に手間が掛つた。まだ完全と言えない状態であるのでさらにノイズの分布状態を探究する必要がある。

⑬ 初期の信号重畠回路は、主、補両レゾルバの外部インピーダンスの整合がまづく、信号入力が重畠点で干渉し合い、サーボアンプへの入力信号が減衰してしまう現象が見られたのでインピーダンスの大きな演算増幅器を新たに挿入しその影響を遮断した。(図 3.4.23 参照)

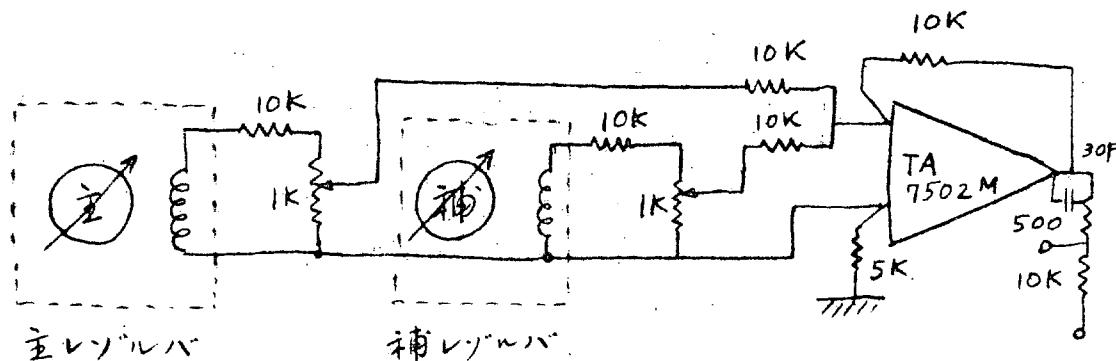


図 3.4.23 演算増幅器回路

3.4.7 むすび

以上のように本試作研究により、複雑な曲面の三次元自動倣いは、ほほ期待する信頼度のかつ運用しやすい実

用機の開発を進める資料を得ることができた。

今後の問題として

- I) 開先精度の粗さは $50 \sim 70 \mu$ を目標としており、嵌い装置の電気回路に改良の余地がありそうである。
 - II) 曲率によって生ずる誤差が精度に影響しており、新しいセンサーを開発せねばならない。
- 以上の点をさらに研究し、解明して行きたい。

3.5 曲りブロック自動組立方式

3.5.1 まえがき

最近の深刻な労働力不足と賃金の急上昇の時期において、この事態に対処するために 船体の組立工程の機械化、自動化による省力化は、現在の造船業に課せられた重要な課題のひとつである。

船体組立工程の機械化。自動化は従来から行なわれてきたが、これらはいずれも船体中央部の平坦ブロック部のみに限定されていたといつてもよいであろう。しかしながら、船体構造を眺めてみると 流体中を推進する運動体なるがゆえ、流線型をとらざるを得ず、その前後部には、かならず曲り部が存在している。この曲り部の側外板を構成する曲りブロックは、三次元的な曲面を有する複雑な構造であり、しかも形状や部材の配置がブロックごとに異なっていること、さらに組立の基準となる適切な部材がないことなどのために 船体平行部の平坦ブロックにくらべて、組立の機械化、自動化が非常に困難であり、一品製品生産に近い手作りの生産形態をとっている。したがって、船体曲りブロックの組立作業については、もっぱら作業者の経験と勘とに頼る結果となっている。

このように船体曲りブロックの組立作業において 組立方法に絶対的な決め手を欠くことが、平坦ブロックに比べて熟練度の高い作業者を必要とするとともに ブロックの組立作業に直接必要な工数を増加せしめ、さらにブロック組立精度のバラツキを大きくしている。また、このブロックの組立精度のバラツキが後続の船台工程において船体の隣接ブロックとの取合せの手直しに 間接的に多くの工数を必要としており、自動組立方式の開発による精度の向上、ならびに省力化が要望されている。

以上のような観点から 一連の曲り外板ブロックの地上組立工程の自動化に関する研究を行なっており、昭和44年度に曲りブロック内部構造部材の組立方法についての検討を行なったが、その結果にもとづき、昭和45年度は内部構造部材の配材、枠組の実験装置の設計、試作を行なったので、その概要を報告する。

3.5.2 曲りブロック内部構造部材・枠組方式の概要

曲りブロック内部構造部材の配材・枠組方式の概要を図3.5.2.1に示す。

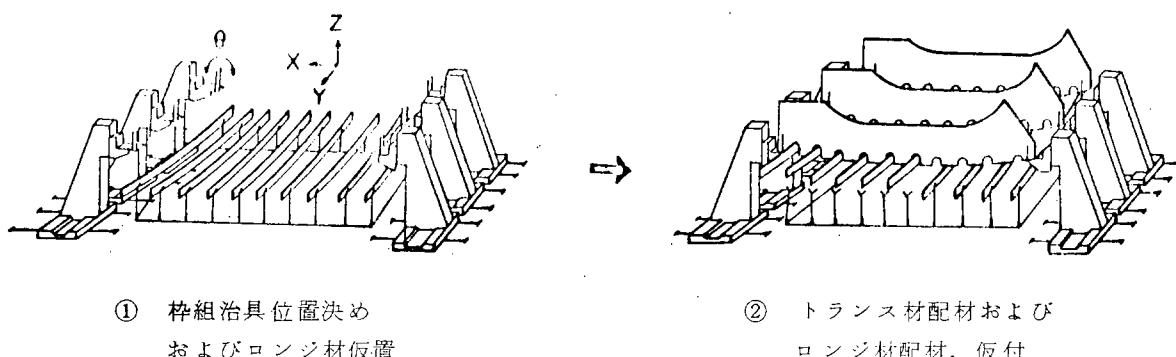


図3.5.2.1 曲りブロック自動組立方式の概要

2本または3本のトランス材と10本ないし15本程度のロンジ材の組み合せによる井桁状構造をした曲りブロックの内部構造材の組立は、一般には、外板を板継ぎ後、その板上に部材立て用のピースをたて ロンジ材およびトランス材を配材後、両部材相互の位置をぎめを行なっているが、位置ぎめのベースが不規則な曲面となるため正確な位置の出し方がむづかしく、組立精度面および工数面から問題となるが、本方式では、曲りブロックの組立

精度に大きく影響する内部構造部材を外板とは別の工程にて 精度の基準となるべき治具装置を用いて組立てる
枠組方式で、平坦ブロックで一般に行なわれている枠組方式と異なるところは、まず、トランス材を配材・位置ぎ
めし、しかる後にトランス材のスロットにロンジ材を下から差し込み配材、仮付けする方式をとり、不規則な枠
構造の配材、組立を容易にしている点である。

3.5.3 装置の設計、試作

本装置はトランス材枠組装置、ロンジ材配材装置およびロンジ仮置台により構成されており、その主な仕様
は表3.5.3.1に示すとおりである。

表3.5.3.1 実験用曲りブロック自動組立装置の主な仕様

項目			仕様
トランス材枠組装置	組立治具数	3組	
	トランス長さ方向(X)位置決め範囲	500mm(各治具ともに)	
	" スペース(Y)" "	500mm(" ")	
	" 上下 "(Z) "	2,000~2,500mm(" ")	
	" 倒れ角度(θ)" "	±30°(" ")	
	" 保持能力	1.5t/組	
	X, Y, Z 方向位置決め速度	100mm/min	
	θ "	20°/min	
	X, Y, θ 方向駆動モータ	減速機付ブレーキ・モータ 0.75kW	
	Z "	" " " 1.5 kW	
ロンジ材配材装置	トランス材のクランプ機構	4トン油圧シリンダー使用(各治具とも)	
	位置決め制御(№1治具)	数値制御によるON-OFF制御方式	
	" "(№2,3")	リミットスイッチによる押ボタン式ON-OFF方式	
	数値制御		
	入力指令	8単位紙テープ(標準EIAコード)	
	座標方式	絶対座標	
	位置検出方式	2進化10進出力、エンコーダによる絶対値	
	演算制御方式	ディジタル・フィードバック方式	
	駆動方式	時分割演算閉ループ絶対値制御方式	
	X, Y, Z 最小指令値	ON-OFF制御方式	
ロジンジ材操作装置	θ "	1mm	
	本体	1°	
	エンジン(定格出力)	フォーク・リフト(アタッチメント部改造) 1台	
	前後方向(X)移動調整	60/2,000 P.S./rpm	
	左右 "	本体の車輪駆動	
	(Y) "	油圧シリンダー使用のサイドシフトアタッチメント 120mm	
	上下 "	本体リフト部(油圧シリンダー使用)一部改造 2,000~2,700mm	
	(Z) "	本体傾斜機構(" ") " ±30°	
	前後傾斜 "	全回転フォーク・アタッチメント取付(油圧シリンダーとスペーギヤーの組合せ) ±30°	
	左右 "	本体の後輪による回転および微調整は油圧シリンダー使用による回転機構の取付 ±10°	
ロジンジ材操作装置	水平面内回転	1t(前方傾斜30°、揚高2,700mmの場合)	
	持上能力	油圧シリンダーによるクランプ方式、2点支持クランプ、支持間距離 2,000mm	
	ロンジ材のクランプ機構	本体運転台からの手動操作	
	操作		
ロジンジ治具	支持治具数	4組(8個)	
	ロンジ材保持能力	1.5t/1組	

試作した実験用組立装置を図3.5.3.1に示す。

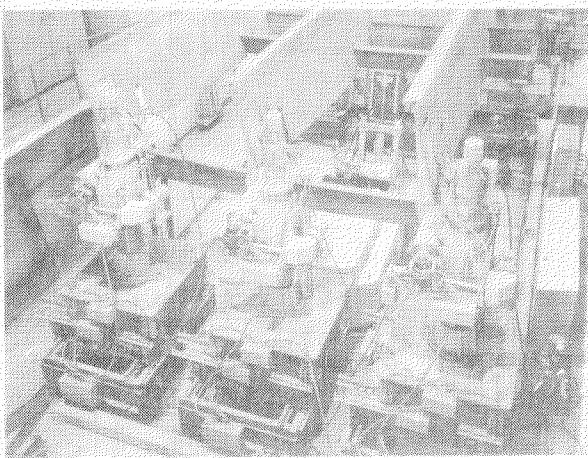


図3.5.3.1 実験用組立装置

(1) トランス材枠組装置

内部構造部材の組立にあたって、トランス材、ロング材の相互の位置ぎめは、従来の手作業方式では前にも述べたように作業者の熟練に頼っていることが多い、これが組立精度のバラツキともなり、後続の工程でも問題となっているが、これらの問題は後述する枠組装置を使用することにより解決されると考えられる。曲りブロックの組立精度がロング材に比べて剛性の大きいトランス材の位置ぎめ精度によってきまると言えられるので、これらのトランス材を正確な

治具により位置ぎめして組立てようとするもので、設計にあたり留意した点は次のとおりである。なお、本研究においては制御機構確認のため、1組の治具についてのみ数値制御を行なっている。

- (a) トランス材の位置ぎめのためのX, Y, Z軸方向および角度 θ が自由に調整できるようにしている。
- (b) X, Y, Z軸方向の駆動機構には、慣性を考慮して台形ネジ方式を採用している。
- (c) 安全上からZ軸方向と角度 θ が特に問題となるが、万一停電などの事故で電源が切れた場合にでもZ軸方向はネジ方式、角度 θ はウォーム・ホイル方式の採用により、トランス受台の落下、トランス材の転落事故がないように考慮している。
- (d) トランス材を配材した際の枠組治具転倒防止用にX, Y軸方向の台車に転倒防止金具を取付けている。
- (e) トランス長手方向の位置ぎめは、トランス材クランプ板の固定板のほうを位置ぎめ“当り”用に使用するようにしている。
- (f) 数値制御には時分割方式を採用し、各治具とも同時制御（多軸制御）を行ない治具準備時間の短縮をはかっている。
- (g) 現在位置の検出にはエンコーダを用い絶対座標値をフィード・バックする閉ループ制御方式を採用することにより、誤差の累積および電気的雑音による誤動作を防止しているなどである。

本治具の位置決め機構を図3.5.3.2および図3.5.3.3で説明すると定盤上にX方向のレール②を設置し、これに車輪③を有した台車③を走らせ、台形ネジ⑩を駆動用モータで回転させることにより、X方向の移動を行なわせている。Y方向はX方向移動用台車の上にY方向にレール④を設置し、これにX方向の場合の台車と同様に台車⑩を走らせている。Z方向はY方向移動用台車にシリンダー⑫を立て、このシリンダに沿って上下移動台⑪を上下にスライドさせ、台形ネジ⑩を回転させることによりZ方向の移動を行なわせている。さらにトランス材の倒れ角度 θ は上記の上下移動台にトランス材クランプ台⑫を取り付け、ウォームおよびホイル⑨, ⑩を介してクランプ台と一体のクランプ受け軸⑭を回転させることにより調整している。

トランス材のクランプ機構は図3.5.3.4に示すようにクランプ台（クランプ受け軸⑭）にクランプ用固定板⑮を立て、これをビンショイント⑯を介してクランプ板⑭を取付けこの間にトランス材をはさみクランプ板を油圧シリンダでクランプ用固定板側に押当てることにより、クランプさせる。なお、トランス材の板厚が変ってもクランプ板がトランス材に面接触するようトランス材板厚調整法としてビンショイント⑯の軸受け板⑭の孔を小判型にあけている。図3.5.3.2, 3, 4はトランス材枠組治具1個分のみ示しているが、他の5個もまったく同一機構である。それらの装置の写真は図3.5.3.5, (a), (b)および図3.5.3.6に示すものである。

図 3.5.3.2 トランス材枠装置構図(その1)

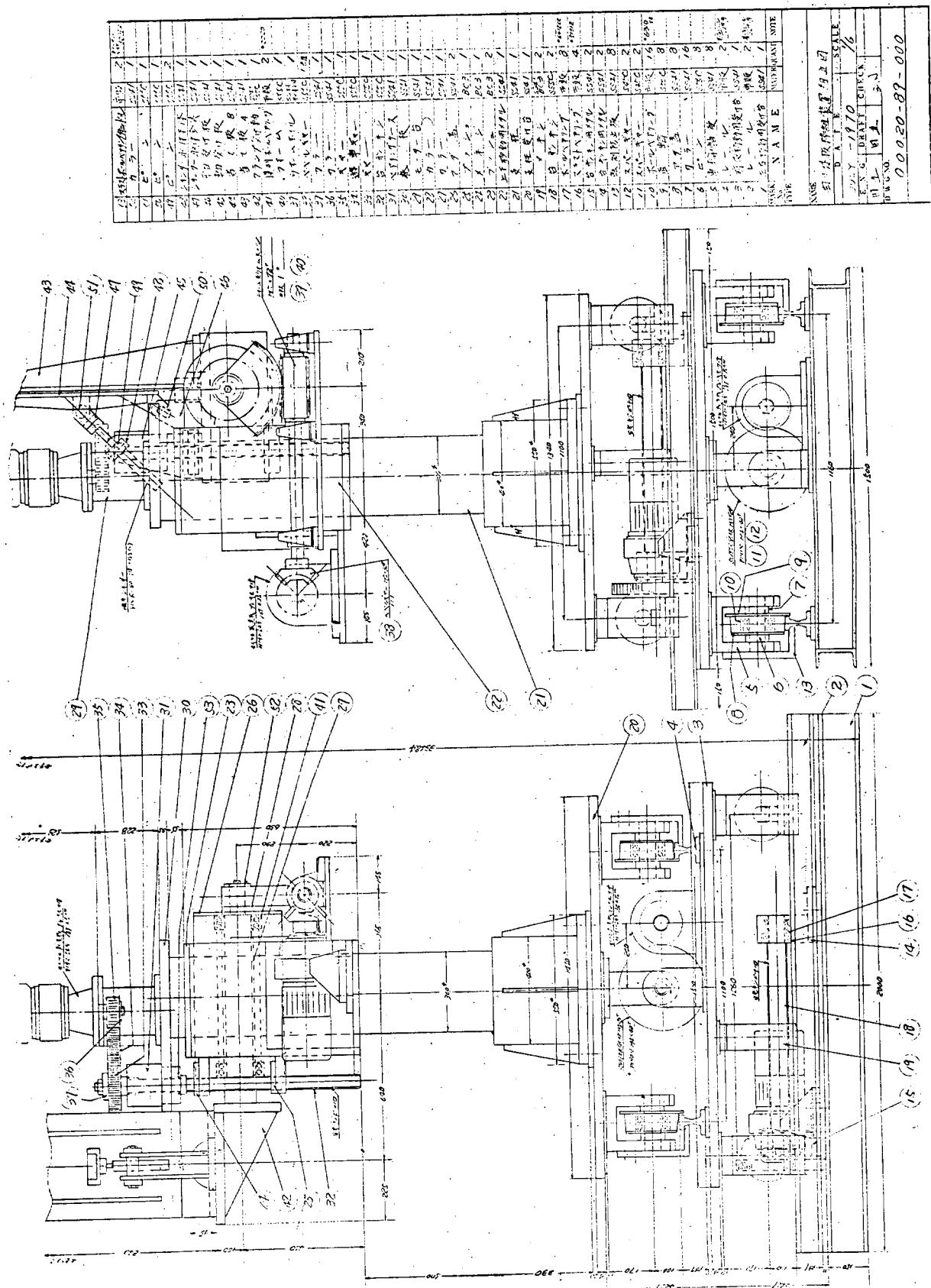
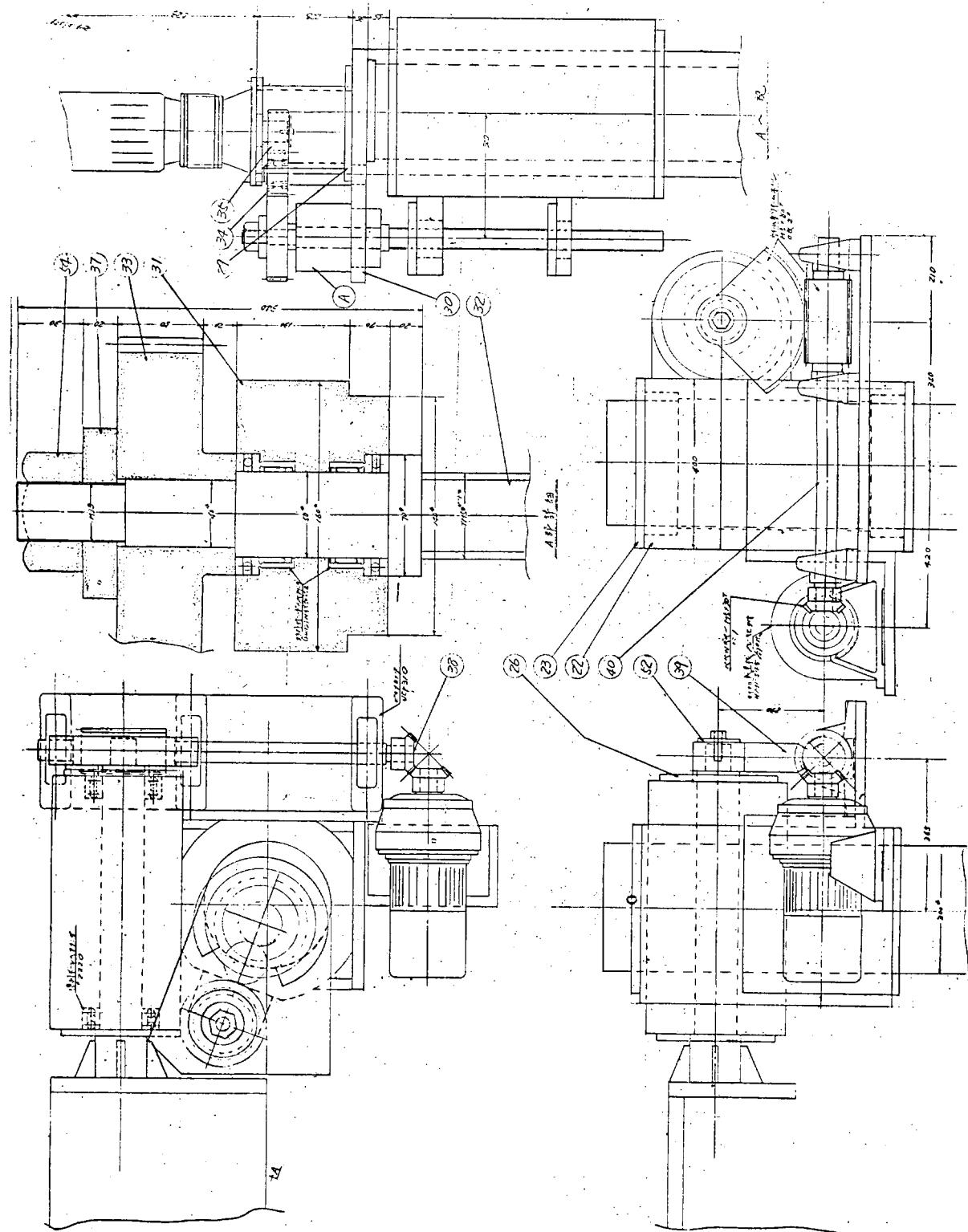


図 3.5.3.3 トランス材枠組装置機構図(その2)



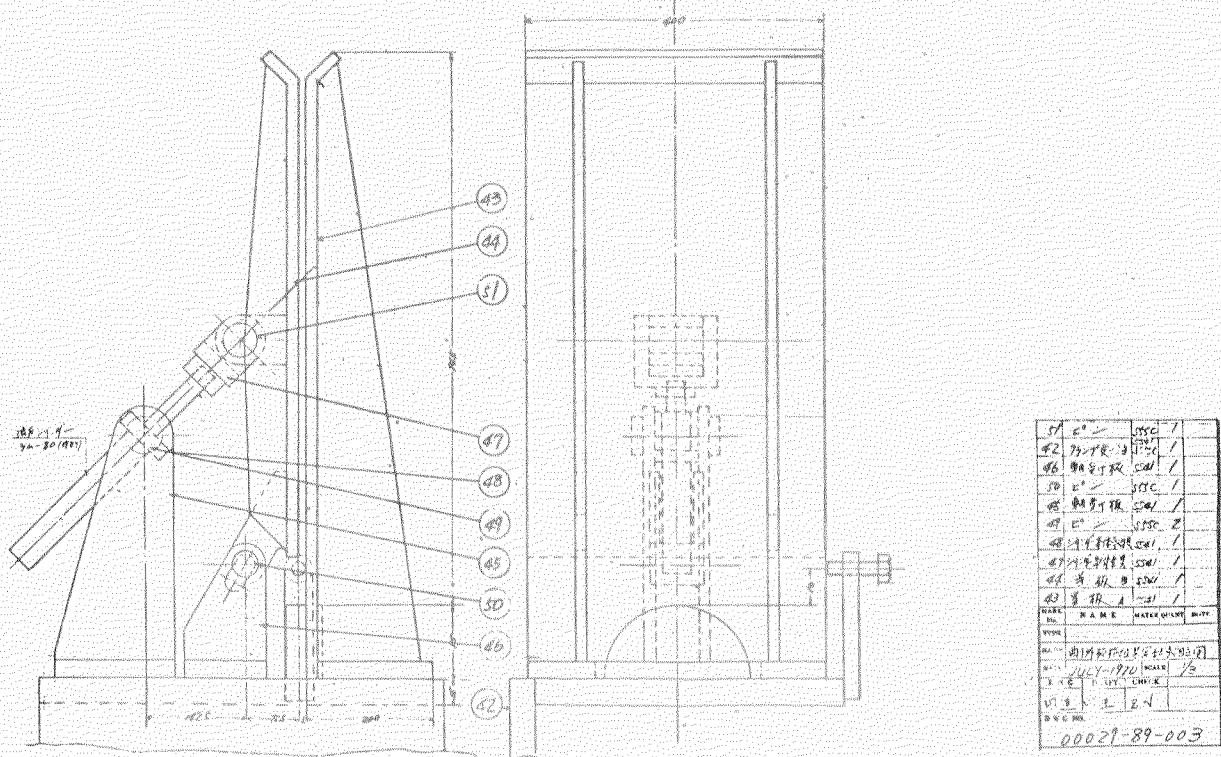
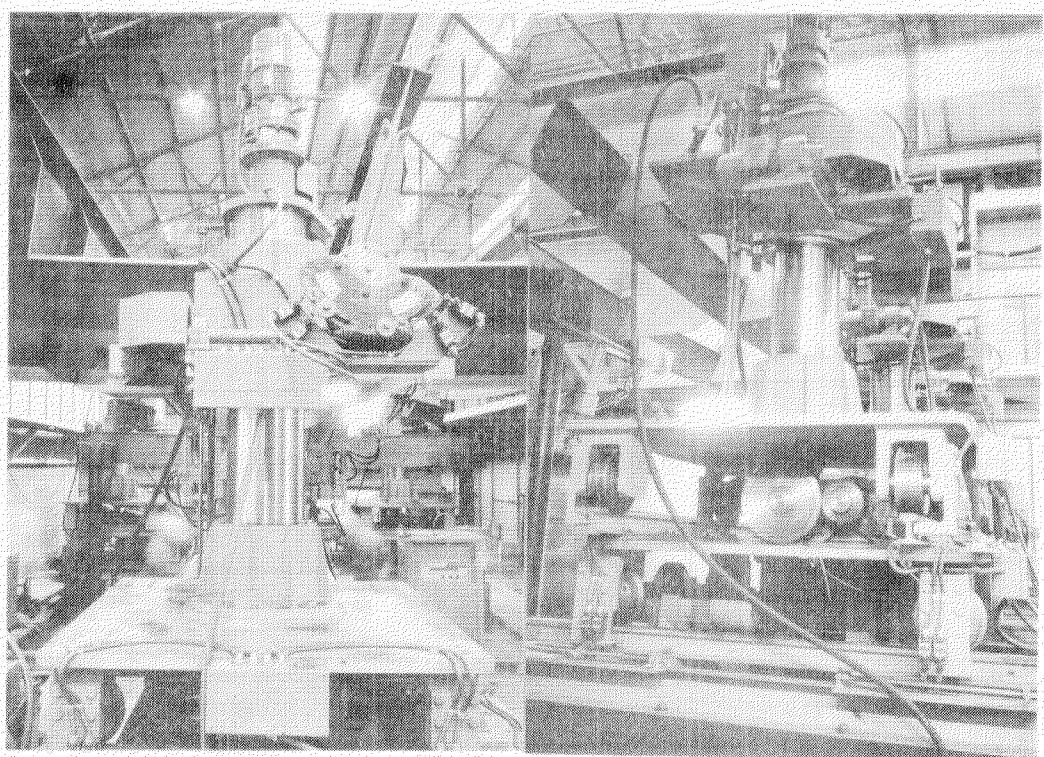


図 3.5, 3.4 トランスクランプ機構図



(a) 図 3-5-3-5 トランス材枠組装置 (b)

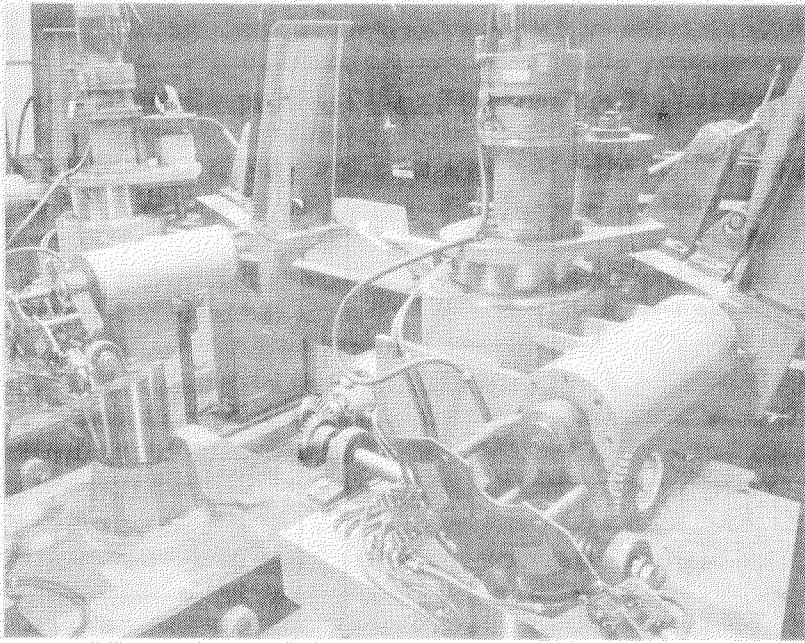


図 3.5.3.6 クランプ機構

つぎに、多軸数値制御系の構成図ならびにその動作原理について図3.5.3.7により簡単に説明する。なお、その操作盤の写真は、図3.5.3.8に示すものである。

各枠組治具のX, Y, Z(θ)軸にそれぞれ番地をつけ指令テーブル図3.5.3.7の順序でパンチされており、テーブリーダで読み取られたテーブの信号は、デコーダ、軸番地レジスター、数値シフトレジスタに送られる。デコーダはテーブ信号がX, Y, Z, A, N, C Rあるいは数値のいずれであるかを判別し、X, Y, Z, A, N信号によってそれぞれ対応するレジスターに数値を一時記憶させ、C R信号によって指定された軸の指令記憶回路に数値シフトレジスタの内容を記憶させる。各軸の指令値とエンコーダからの帰還値とはスキャナーにより時間的に分割選択されてデジタル減算回路に加えられ、駆動信号発生回路を介して得られた駆動信号はスキャナーと同一の走査信号によって制御される駆動信号分配回路は各軸の指令値と帰還値との差の正負に応じて正転、逆転、移動、停止などの信号を発生するもので、制動位置は調整可能である。走査信号の周期を十分短くとっておけば、各軸に専用のデジタル減算回路および駆動信号発生回路を設けた場合と同様の効果を有することになる。

(2) ロンジ材配材装置

ロンジ材を配材する方法には、トランス材のスロット孔を上向きにしてクレーンにてロンジ材を上側から配材する方法とスロット孔を下向きにしてロンジ材を下側から差し入れて配材する方法と考えられるが、前者にくらべて後者の場合は、枠組後の外板との結合時に反転操作がいらないこと、さらに取付作業が低い位置で行なえるという点などを考慮して本装置のロンジ材の配材に関しては、スロット孔が下向きになるようにトランス材を配置し、下側からロンジ材を差し入れる方法を採用した。

ロンジ材配材装置の外観を図3.5.3.9(a), (b)(c)に示す。その諸元は図3.5.3.10に示す。本装置は、フォークリフトのアタッチメント部を改造したもので、ロンジ材を油圧ラムでクランプし、運搬し、空間でトランス材のスロット孔に対して位置きめができるようにしており、次の機能をもたせている。

(a) 前後(X軸)方向運動は、フォークリフト本体の車輪駆動により移動するようしている。また、走行速度は前進、後進とも0~22km/hrであり、そのあいだ無段変速ができるので、ある程度までの微調整は車輪

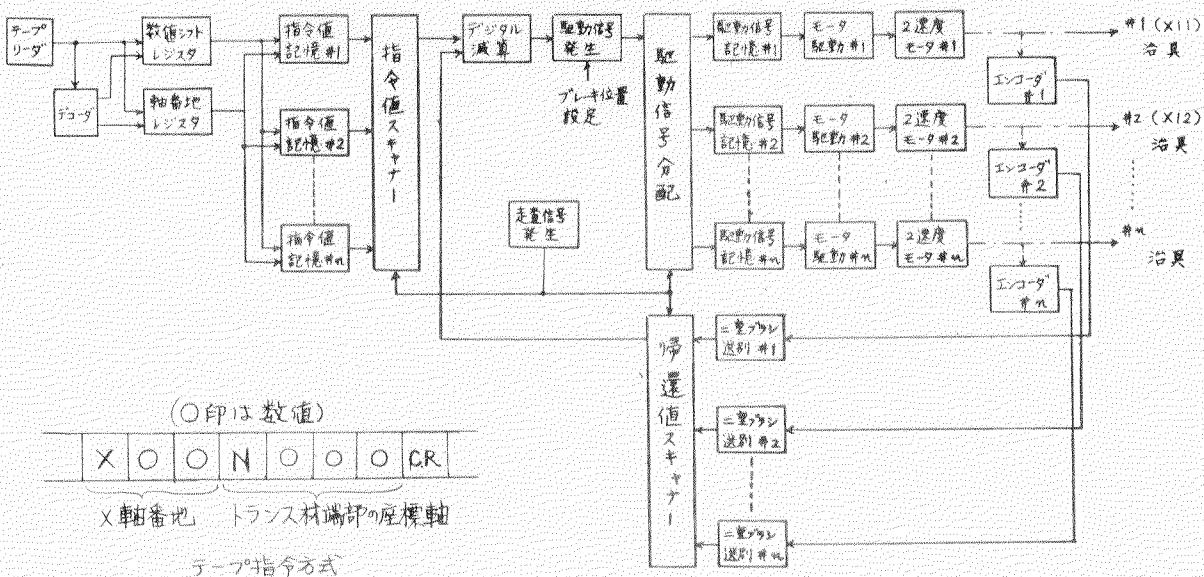


図 3.5.3.7 多軸数値制御系統図

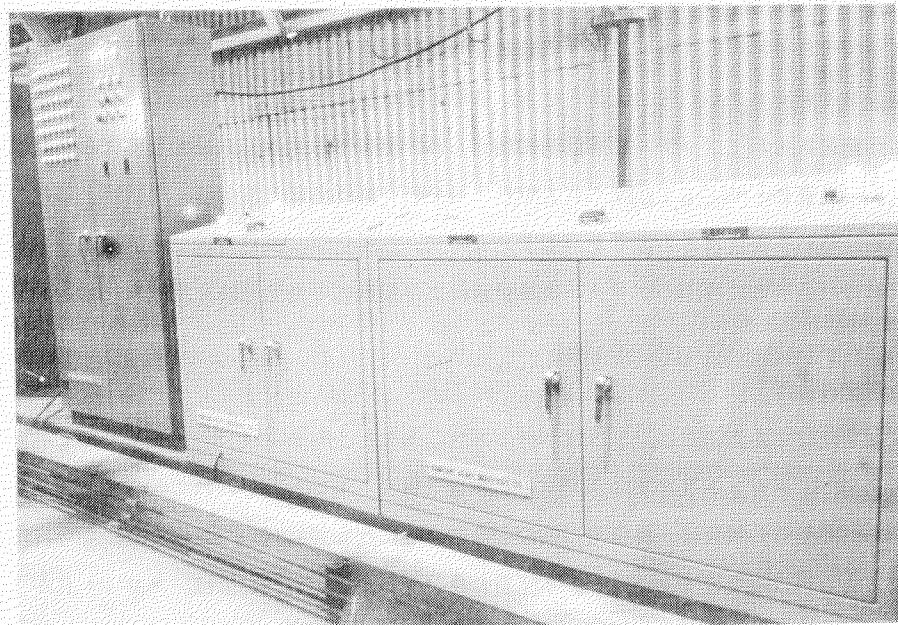


図 3.5.3.8 操 作 盤

駆動にて行なわしめている。

- (b) 左右(Y 軸)方向運動は、フォークリフトのマスト部に左右方向に移動する台を取付けて油圧シリンダーにて移動させている。ロンジ材は、予めロンジ材長手方向に位置決めしてトランス材の近くに仮置するようしているので、左右移動は 120 mm 程度の小さい範囲内で調整を行なわせるようしている。
- (c) 上下(Z 軸)方向運動は、上記の左右移動台を油圧シリンダーを使用してマストに沿わせて上下移動させている。
- (d) 前後方向倒れ角度の調整は、油圧シリンダーを使ってマストの傾斜を行なわせている。改造前の傾斜範囲は前方 3 度、後方 5 度であったものを実際の曲りプロックの内部構造の傾斜角が、前・後約 30 度であるので、それに合せうるようにしている。
- (e) 左右倒れ角度の調整は、上記の左右移動台に左右方向の回転軸(軸の先端にロンジ材クランプ台を取付けている)を取付け、この軸を油圧シリンダー駆動により回転を行なわせるようにしている。
- (f) 水平面内での旋回は、大きな旋回の調整は、本体の車輪の移動により行なわせており、さらに小さい旋回の調整は、上記回転軸の先端にピニンジョイントを介して取付けられたロンジ材クランプ台自体を油圧シリンダーにより回転させるようにしている。

以上 6 つの運動機能とロンジ材のクランプ機能とのコントロールは、フォークリフト本体の運転台から作業者がトランス材とロンジ材相互の位置を確認しながら手動操作により行なうようにしている。また、部材の仮付は、ロンジ材位置ぎめと同時に別の仮付作業者が仮付を行なうようにしている。

(3) ロンジ材仮置台

トランス材仮置治具の配材に先だってロンジ材を面材側を上側に向けて並べて仮置しておくための台で、ロンジ材 1 本を 2 点とするようにしている(図 3.5.3.11 参照)。

3.5.4 曲りプロック内部構造部材の配材・枠組試験

(1) 装置仕様の確認

(a) トランス材枠組装置

まず、各治具について基準点(X, Y, Z 座標の原点および角度 θ の原点)について調整を行ない各治具の X, Y, Z, θ に目盛板(X, Y, Z : 1 mm 単位, θ : 1 度単位)を取付けた。各治具の基準点の調整後、No.1 治具については数値制御ならびに押ボタン操作、他の 2 組の治具については押ボタン操作により、位置決め試験を行なった。その結果、数値制御方式では、指令値に対して X, Y, Z 軸方向では 0 ~ 0.5 mm 程度、 θ 角度では 0 ~ 0.3 度程度の誤差内にて位置ぎめができ、また、押ボタン方式でも目盛板上に設置した当りにリミット。スイッチがあたり、これが働くまでの遅れを予め修正して“当り”を設置することにより、数値制御の場合と同様に比較的精度よく位置ぎめを行なうことができた。位置ぎめ速度についても、X, Y, Z 軸方向および θ 方向とも仕様どおりであることを確認した。治具の位置ぎめ後、トランス材を配置しクランプしたが、トランス材を十分に固定することができ、トランス材を前後に 30 度傾けて配置しても転倒しないことを確認した。

(b) ロンジ材配材装置

フォークリフトを改造し、前述した各種機能の追加ならびに性能の向上をはかった本装置にてロンジ材のクランプ、保持、前後方向、上下方向、左右方向の運動および前後方向、左右方向の傾斜さらに水平面内での回転について試験を行ない、各機能が仕様どおりに十分動きうることを確認した。

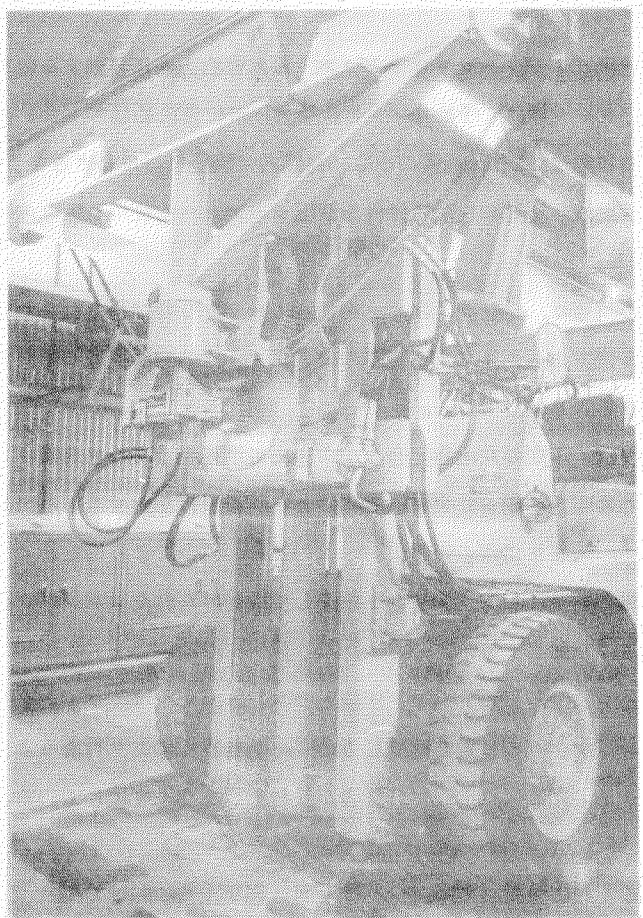


図 3.5.3.9 (a) ロンジ材配材装置



図 3.5.3.9 (b) ロンジ材配材装置

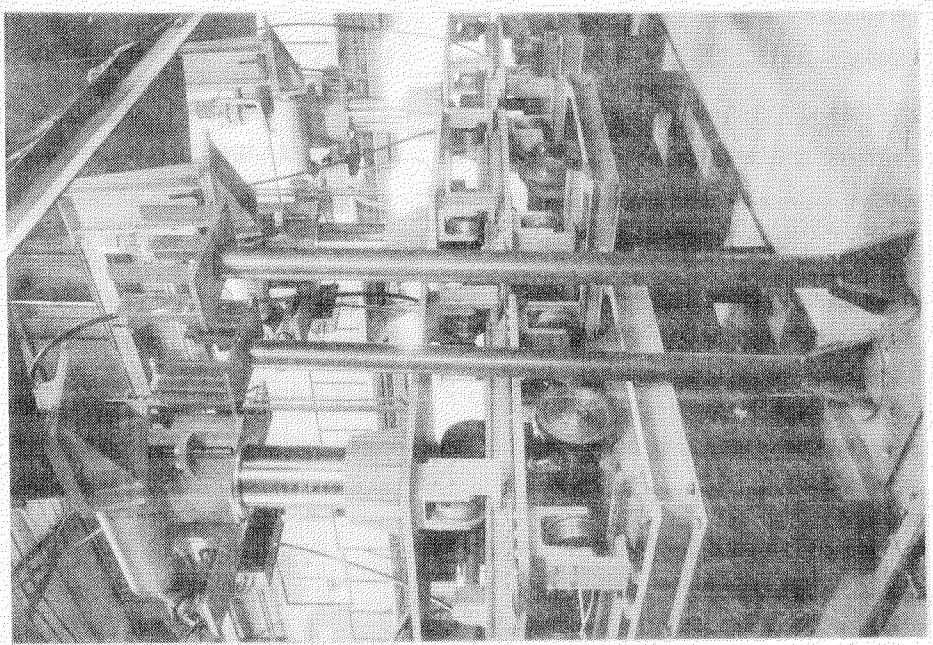


図 3.5.3.11 ロンジ材仮置台

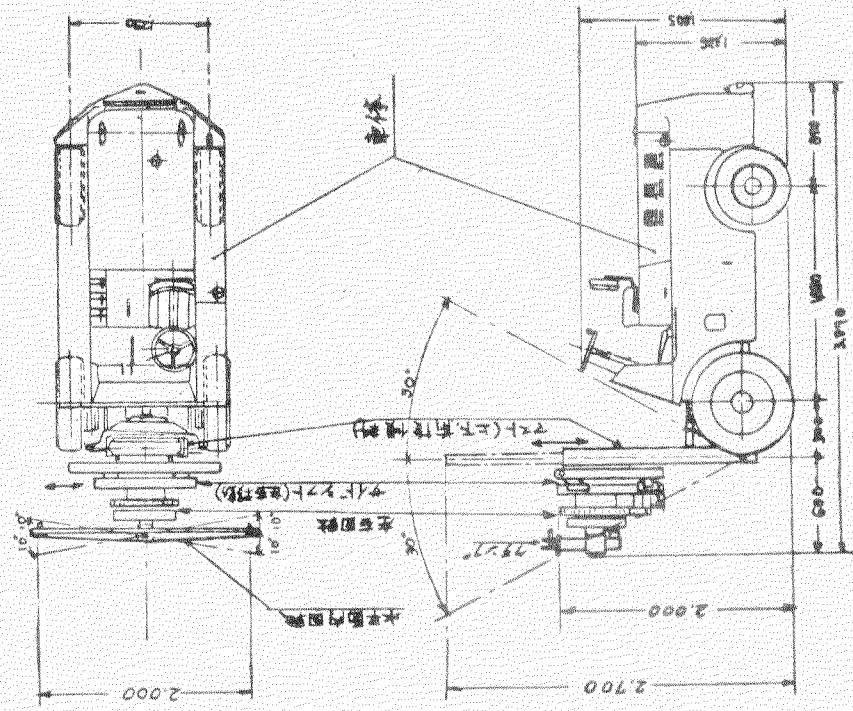


図 3.5.3.10 ロンジ材配材装置板構図

(2) 試験結果

使用した試験用内構材模型は長さ約7m, 深さ1m～1.5mのランス材(面材付き)3本と長さ約6m, 深さ0.4mのロンジ材(面材付き)4本である。

(a) ランス材位置ぎめ試験

ランス材枠組治具のX, Y, Z, θ 軸について位置ぎめを行なってから、ランス材を天井クレーンで吊り、治具に配置し、ランス材長さ方向の位置ぎめを行なった。その結果、ランス材のクランプ板はクランプをしていないときには約15°開くようになっているので、30度傾く場合にも比較的容易に部材の配置ができた。また、ランス材の長さ方向の位置ぎめは、ランス材の一方の板耳端より400mmのところに予め位置ぎめ用ピースをとりつけておいて、枠組治具のクランプ固定板の内側板耳を“当り”として位置ぎめする方法を採用することにより比較的容易に位置ぎめを行なうことができた。また、ランス材の両端をクランプしてクレーンを外すとランス材にたわみを生じるが、試験用模型の場合は断面寸法に対して長さが小さいのでたわみ量は小さく問題なかったが、実際のブロックの場合には、30度程度傾いた場合試算によると100mm以上のたわみを生ずるので、たとえば、ランス材の倒れ角度およびランス材の寸法に応じてランス材にたわみ防止用の補強部材をつけるか、またはランスの中央近くにもう1箇所たわみ防止用の支持治具をふやすなどの考慮が必要にならうと考えられる。

(b) ロンジ材配材・位置決め試験

ロンジ材配材装置にてランス材のスロット孔の板耳とスティフナー下端板耳およびロンジ材に墨書きいたランス材位置を基準にして配材位置ぎめを行なった。ロンジ材配材装置の操作は、フォークリフト運転台上で行なったが、ロンジ材をスロット孔に配材する方向によってロンジ材の墨書き線と板耳との正確な位置が見えにくくなり、その個所に関しては別の作業者(仮付作業者)からの指示により運転を行なった。

ランス材およびロンジ材をそれぞれ0, 15, 30度と種々の角度について、①予めロンジ材の前後方向の倒れ角度と水平面内での回転角度を保持させておく場合と、②ロンジ材をまったく任意の角度保持の状態から配材を始めた場合について試験を行なった。①, ②いずれの場合でも位置制御については装置本体だけの制御にてそのまま仮付できる程度に位置ぎめ可能であり、本装置の有効性が確認できた。

配材、位置ぎめ所要時間は1)の場合のほうが2)の場合にくらべて約1/2程度の時間で作業ができる。したがって予めロンジ材の倒れ角度、水平面内での回転角度を計算しておき、その角度で保持させておくほうがはるかに有利といえる。また、ランス材およびロンジ材自体の倒れ角度の大小によっても多少の作業時間の差はあるが、それほど大差なかった。したがって、実際の場合には、ロンジ材配材装置にてロンジ材の角度を計算値に合せて設定できるようにロンジ配材装置はレール軌条上を走行する方式、しかも操作はリモート・コントロールにて行なえるほうがのぞましいと考えられる。

さらに、本装置では前後方向の移動以外は、各位置ぎめ速度はそれぞれ一定の速度で行なったが、粗い位置ぎめは時間短縮のため速い速度で行ない、最終的な位置の調整は比較的遅い速度で微調整が行なえるように、それぞれ変速ができるほうがのぞましい。

3.5.5 あとがき

以上、船体曲りブロックの内部構造部材の自動組立を目的とした内部構造部材枠組治具ならびにロンジ材配材装置を開発し、試作した実験用装置を用いて船体曲りブロック内部構造部材に模似した模型により配材・枠組試験を行ない、次のような成果が得られた。

(a) 内部構造部材の組立方式については、曲りブロックの組立精度に大きな影響をおよぼす内部構造部材の組立

を外板とは別個に精度の基準となる治具を使用して組立てる枠組方式の採用により、部材の位置ぎめ作業が単純化され、しかもブロック組立精度の向上が期待しうる。

- (b) 枠組装置については、三次元座標系において枠組治具の位置ぎめが自動的に行なえる機構の開発により、曲りブロックのように内部構造部材の配置、形状がブロックごとに異なっても精度のよい治具を容易に準備できる。
- (c) トランス材を先に位置ぎめ、固定する枠組方式の採用により、従来一般に行なわれているロンジ材先配置方式にくらべて配材が容易に行なえる。
- (d) さらに、固定したトランス材にロンジ材を配材する方法ならびに装置の開発により、ロンジ材の位置ぎめが配材と同時に行なえる見通しが得られた。
- (e) また、本装置の実用化にあたっては、(イ)トランス材のたわみの防止法、(ロ)ロンジ材の角度保持方法、(ハ)ロンジ材配材装置のリモート・コントロール、(エ)本枠組方式に適した内部構造部材形状ならびに枠構造などについて、さらに種々の考慮を払う必要があると考えられる。

3.6 平行ブロック組立方式の検討

平行部ブロックの組立といつても平板ブロックに限らず、対象とする船によって準立体、立体あるいは曲面ブロック等も含まれることになる。然しながらアンマンド化を志向するにあたっては、まず、最も単純な平板ブロックの組立から検討を加えることが適当である。したがって、ここでは一次骨(ロンチ)、二次骨(トランス)から成る平面パネル構造のブロック組立のアンマンド化についての検討結果を取まとめる。

3.6.1 平面パネル構造ブロックの組立における現状と将来

(1) 板 繼 (片面自動溶接装置の状況)

工程 時期	コンベヤー		
	板配材	板仮付	板溶接
現状	クレーン+リフマグ	板旁せ: レバーブロック 目違い直し: ポータブル・マグネット, ピース, 金矢, ハンマー	片面自動溶接
近い将来	機械化による板継装置 板搬入より板旁せ装置と板目違い直し装置の組合せ		片面自動溶接の高能率化
将来	仮付工程のない自動板継機(片面自動溶接)		

(2) 各種組立方法 (部材肌付の自動化、溶接の自動化、半自動化)

(a) パラ配工法

工程 時期	配材	取付	溶接
現状	クレーンにて配材用受ピース治具へ配材	ピース, 治具, 金矢, ハンマー, レバーブロック, 油圧ジャッキ	TV×LGは下進手溶接板と骨とは手溶接またはグラビティ溶接
近い将来	配材受用ピース, 治具の改良による	治, 工具の改良による (小型軽量化)	TV×LGは自動溶接(ただし枠組方式ほど容易ではない) 骨と板とは自動溶接(ライヌルダーには及ばない)と一部手溶接
将来	取付と溶接の重点のおき方(取付と溶接の技術開発進捗状態)により枠組方式あるいはライヌルド方式に進む。		

(b) ラインウェルド工法

工程 時期	一次骨配材	一次骨取付	一次骨溶接	二次骨配材	二次骨取付	二次骨溶接
現 状	クレーン	簡易取付機	ラインウェルダー, サブマージアーク溶接	クレーン	ピース, 治具, 金矢, ハンマーとレバーブロッタ, 油圧ジャッキ	TV×LGは下進手溶接 TV×板は手溶接またはグラビティ一溶接
近い将来	クレーン	ラインウェルダー (取付工程を機械化してラインウェルダーに組込む)		クレーン	治工具の改良による(小型軽量化)	TV×LGは自動溶接(ただし枠組方式ほど容易ではない) TV×板は半自動溶接(自動溶接とする程の工事量はない)
将 来	完全自動ラインウェルダーによるワンマンコントロール			高能率機の開発は困難か		

(c) 枠組工法

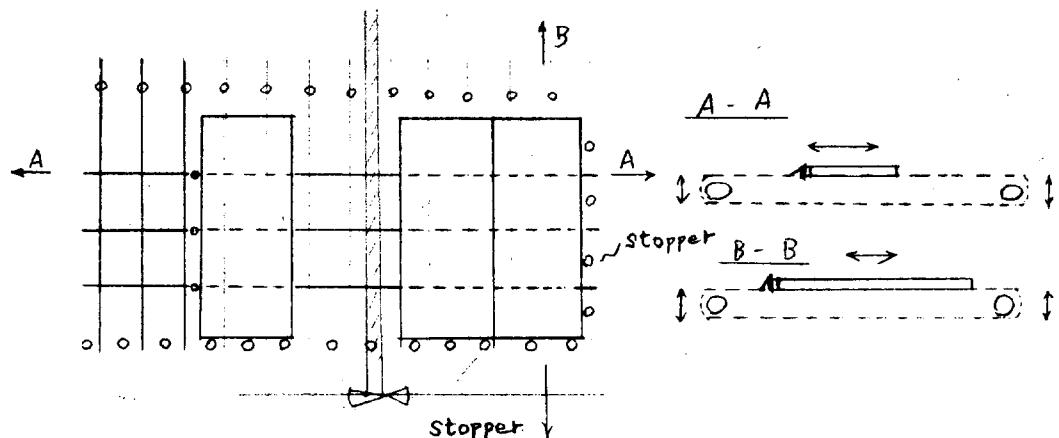
工程 時期	骨配材	枠取付	枠溶接	板枠結成	板枠取付	板枠溶接
現 状	クレーン	枠組機	TV×LGは下進手溶接	クレーンまたは枠押上板引込方式	肌付機	板と枠とはグラビティーと手溶接
近い将来	枠組機の高能率化		TV×LGは自動溶接(容易)	肌付機の高能率化		骨と板とは自動溶接(ラインウェルダーには及ばないが)と一部手溶接
将 来	枠組機と肌付機の一体化による高能率機(枠組機から枠を外さないでそのまま結成, 肌付を行なう)					

3.6.2 近い将来に対する若干の考察(工作法および精度保持の検討)

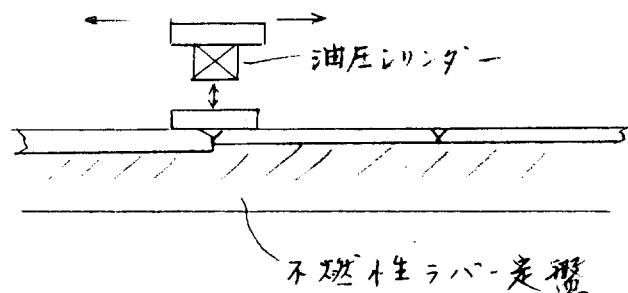
(1) 板 繼

(a) 仮付工程

(i) 板寄せ自動化案の一例



(ii) 目違い合せ自動化案の一例



(b) 片面自動溶接

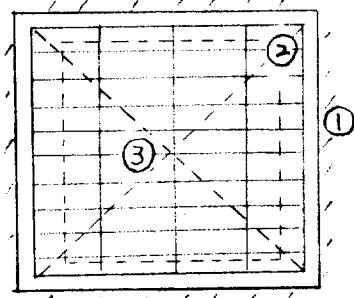
高速溶接を計る場合 F.C.B 法 有利

板厚差のある汎用溶接 R.F 法 有利

(2) 各種組立法

(a) バラ配工法

骨部材の配材時の支持法として次のものが考えられる。



① 四周支持法

..... 枠組四周支持法と関連し期待できる。

② 内部支持法

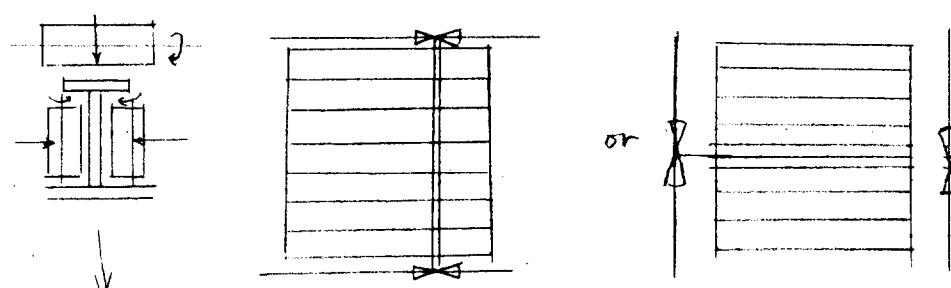
..... 機械化を計り難い。

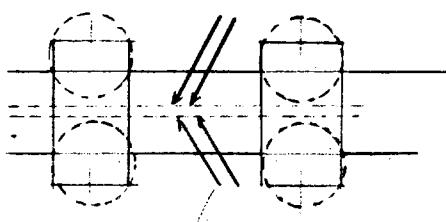
③ 上部支持法

..... 構造が複雑で困難

(b) ラインウェルド工法

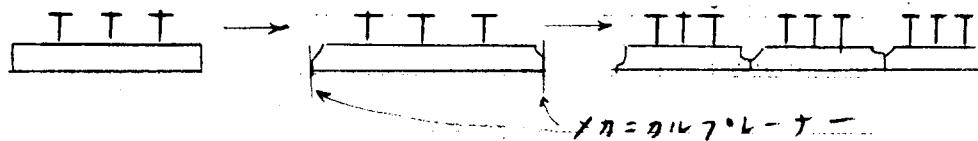
(i) Roller Press 法



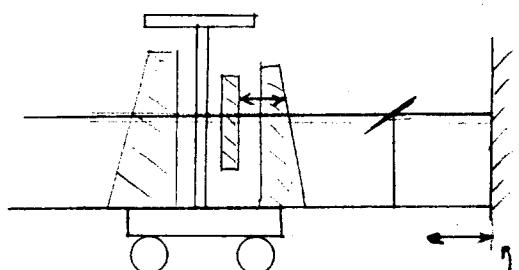


ガブマージアーグ接続

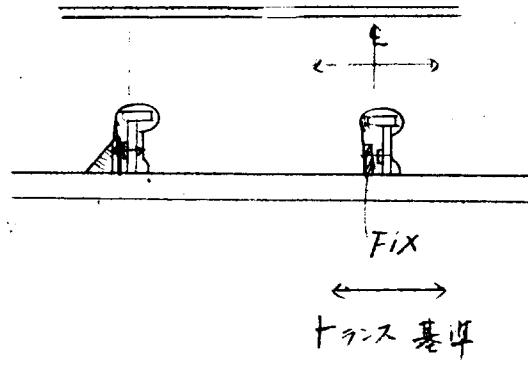
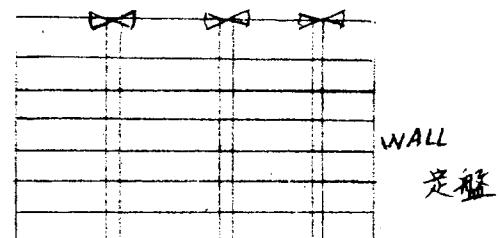
(ii) マスプロ法 (製鉄所レベル)



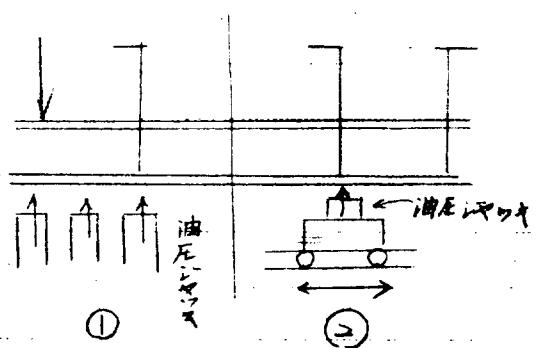
(c) 枠組工法



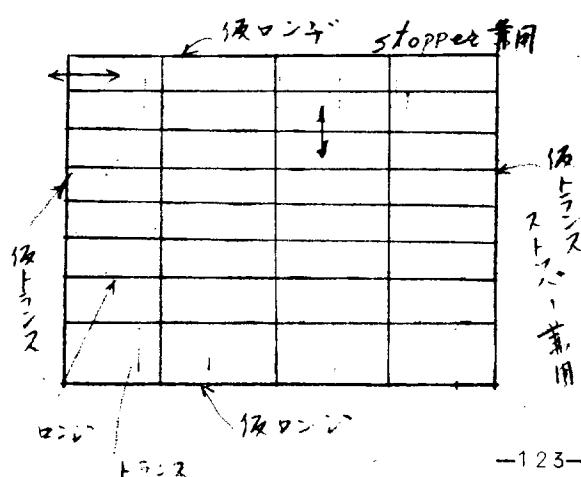
WALL走盤



FIX
ランプ基準

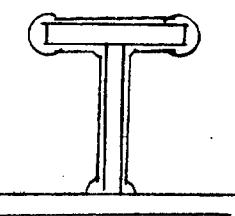


四周支持法 枠組結具のまま結成に対する試案



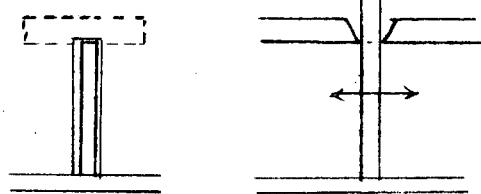
(d) 溶接量減少案

ロンチ 置通法



----- 部実施中

tongue Face cut 法



---- FACE cut は 強度上の
検討が必要

5.6. まとめ

以上、平板パネルの組立法について板継および各種組立法の現状と将来について若干の考察を試みたが、技術革新がますます激しくなりつつある現在、各種組立法の良否の判断を下すことは勿論できない。

ただここでいえることは、取付技術(組立)と溶接技術の進歩に大きく左右されることである。技術には条件範囲は狭くともより前進しようとするものと 前進はさておき条件範囲を拡大して汎用性を推進するものがあり、仮に前者を専用化技術、後者を汎用化技術と呼ぶならば、あたかも取付、溶接の各技術を四輪とする自動車のごとく、時には蛇行しながらアンマンドに向って進むであろう。

3.7 巨大ブロック組立方式

概要

昭和44年度研究結果“ブロック巨大化は作業のアンマンド化上、立体巨大化の方向がより効果的である”にもとづき中央船体部のブロックについて立体巨大化をとりあげ、その巨大化によるスケールエフェクトが如何に影響するか、工作法および設備上の立場から調査実験を行なった。

1) 船殻構造に永久変形を与えない巨大ブロックの安全支持条件を設定算出し、これをもって組立盤強度の目安を得た。

2) 総組工程の連続性と総組専用設備の有効活用の点を考察し、総組工程のコンベヤー化の1方法として滑面材を使用した巨大ブロックの移動可否を検討した。

その結果、供試ブロック重量460tにて移動実験を行ない、滑面材（テフロン）の摩擦係数を実測し、 $\mu = 0.07$ を得、十分実用性のあることを実証した。

3) 治具を使用した総組実験を実施し、巨大ブロックのポジショニングの難易を調査した。治具は回転治具を使用し、巨大重量物の回転速度の適否、保持力等を検討した。その結果、立体巨大ブロック船体は十分剛であり、特に補強の必要なく、治具内の保持、締付け、位置出し、固め、回転ポジショニングの全作業に対し、従来の組立定盤による総組工事と比較して作業上の制約は何等生じないことが判明した。

4) 立体巨大ブロックの精度は要素ブロックの精度に左右され、搭載取合相手個所との相対精度の向上が重要である。このため高精度トランシットによる寸法計測方法を開発し、±1mmの精度確認を実用に供した。

5) 搭載用治具を実船実験で検討したが精度さえあれば従来のブロックより搭載が容易となり、特に治工具を必要としない結論を得た。

以上、1～5の各結論より、巨大ブロック組立方式における基本仕様を得ることができ、本研究工事は完了した。

3.7.1 研究方針および研究経過

造船作業の特色をなす渠内船内作業は高所足場上危険作業を伴い、一般に作業環境が悪く、作業効率も低下しがちである。

これが作業の安全と機械化導入による省力の確保は労働事情急迫の今日、特に解決を要する重要な課題であり、その1策として渠中工事を作業環境良好かつ、機械化導入容易な地上または屋内作業に移行するため、搭載ブロックの効果的な巨大化を本研究においてとりあげた。

本年度は研究最終年度に当たり、昭和44年度の継続研究工事である。したがって、“ブロック巨大化は、作業のアンマンド化上、立体巨大化の方向がより効果的である”という前年度研究成果をもとに中央船体部のブロックについてその立体巨大化をとりあげ、組立方法および治具ならびに搭載位置決めに関する研究を実施した。

本研究では、ブロック巨大化の限界を現有搭載クレーン能力におき供試ブロックの重量を約600tに過ぎず、その巨大化によるスケールエフェクトが如何に影響するか、工作法および設備上の立場から調査実験を行なった。

供試ブロックの構造および形状は図3.7.1の通りである。ブロックの巨大化組立作業、以降これを総組と称する。供試ブロックの総組要領は図3.7.2および図3.7.3の通りである。

3.7.2 研究結果の概要

(1) 定盤強度

図 3.7.4 は総組時における供試ブロックの支持要領である。船殻構造に永久変形等をおこさせず安全に支持する定盤反力は構造様式によって当然異なるが、比較的軽構造となる縦隔壁、外板等の安全支持反力をもってブロック支持許容反力とすれば安全と考えられる。その目安値を示すと図 3.7.5 のごとくである。したがって、総組定盤の強度は最低限この目安値のものが要求される。

(2) 総組工程

ブロックの立体巨大化の総組工程は従来のブロック組立作業に比し、高所空間作業が増加する。

総組作業中のブロック精度のチェックおよび計測、取合個所の取付および溶接作業がこれにあたる。

マニプレーター式の空間移動作業台、ホイストタイプの工器具移動装置が便利である。

巨大ブロックの種類に適した諸設備を備えた専門の総組工場がアンマンド化をより進展させ得る。

このようなアンマンド化諸設備は総組ブロックごとに架設解体を要する方式では不便であり、その固定化が望まれる。したがって、総組工程中では総組ブロックは工程中の作業ステップに応じて専門設備のもとに順次流れる工程構成が効果的である。

この観点から 600 t 口における巨大ブロックの移動に巨大クレーンを使用しない方法の 1 つとして滑面材を使用して巨大重量物を移動する方法を実験調査した。

図 3.7.6 は供試ブロック移動実験の要領である。

表 3.7.1 は供試滑面材の諸元を示し、表 3.7.2 は実験結果を示す。

この結果、現在市販の滑面材を利用して従来のコンベヤー方式に代る巨大重量物の移動が実用に供しうることが判明した。

以上は、立体巨大ブロック総組の基本仕様となるが、さらに治具を使用して総組施工の信頼性と作業効率向上のための下向作業化の研究も併せて実施した。

下向作業のためのポジショニングの方法はすでに昭和 44 年度報告で実用中のものも含めて例をあげた。今年度は回転治具を利用した供試ブロックの施工実験の結果を要約する。

供試治具の概要は図 3.7.7 の通りである。

また、供試巨大ブロックのポジショニング回転中の状況は図 3.7.8 に示す。

本治具は治具本体上部 1/4 リング部が開閉し、供試ブロックの総組固め作業（図 3.7.2 参照）は容易である。

本実験結果から見て 船体ブロックは治具内での保持、締付け、位置出し、固め、回転ポジショニングの全作業に対し、十分、剛であり、組立定盤による従来の総組工事と比較して作業上の制約に差異はなく治具内作業は容易であった。また、治具仕様として立体巨大ブロックの慣性から判断して回転速度は 90°/30 分が適切であり、既述の定盤強度に相当したブロック保持枠を有し、回転時ブロックを締付け保持することが必要である。ブロックを押上げ締付ける締付力は締付装置の各点において ブロック重量の 1/2 以上を要求される。

(3) 精度管理

1) 船形精度の維持

供試巨大ブロックの総組中の形状維持のため計測した諸点は図 3.7.9 の通りである。巨大ブロック仕上り精度は、これを構成する要素ブロックの精度によって左右され、搭載取付作業の難易は搭載取合相手個所との相対精度如何によってきまる。

したがって、建造法に適した精度管理が重要であり、供試巨大ブロックにおける精度調査の結果を総合して精度管理のパターン例を示すと図 3.7.10 のごとくである。

2) 精度計測

mm 単位まで計測できる赤外線距離計測装置が実用に供されているが、価格的な面で問題があり、高精度ト

ランシットを用いた実用的な寸法計測方法を検討した。

図 3.7.11はその要領を示し、実長と計測値の比較を示すと表 3.7.3の通りとなり、実用上十分である。

本計測値は予め形式を定めた表に計測者が記入した各値をもって小型コンピュータ（この場合 IBM 1130）で計算させるが、5秒程度の短時間で結果が得られるため現場作業上支障は生じない。

(4) 搭載

立体巨大ブロックの搭載作業の機械化を検討したが供試ブロックの場合、上述の精度管理を行なうことによって特殊な搭載用治工具の補助を要しないことが判明した。

3.7.3 総括

供試ブロックをサンプルにして巨大ブロックの組立、搭載に関する諸調査を行なった。

巨大ブロックの構造様式によって多少の差異はあるが、巨大ブロック方式においては、定盤強度、精度管理、組立方法の3点に工作上、設備上の鍵があり、上述各項に示した諸数値は巨大ブロック方式におけるその仕様に関する諸元となる。

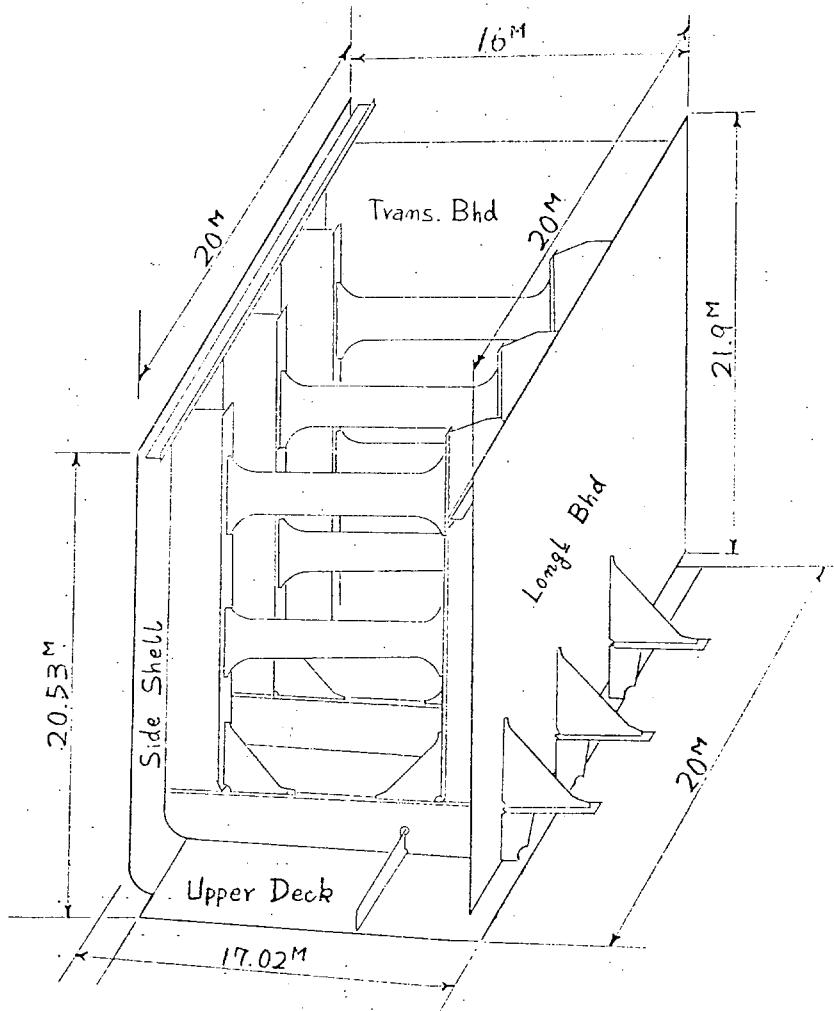
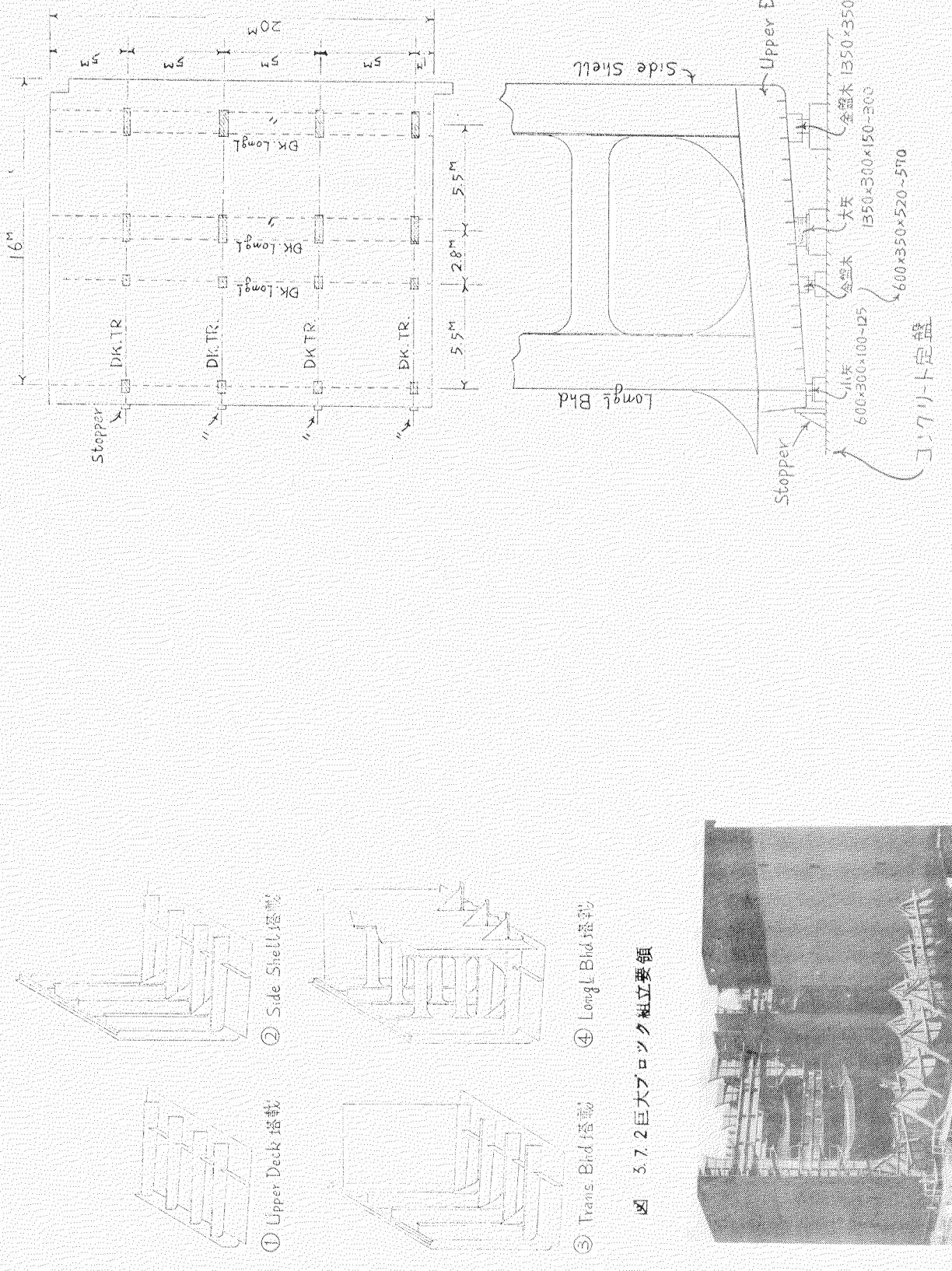
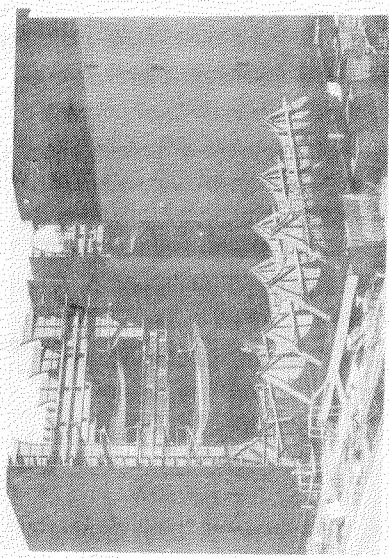


図 3.7.1 巨大ブロックの構造および形状

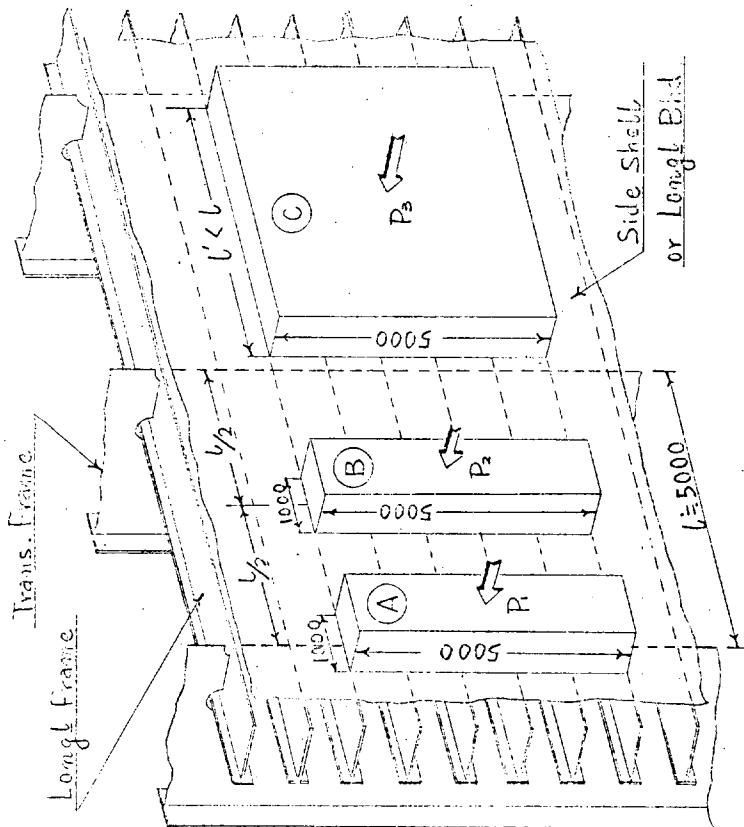


3.7.2 巨大プロジェクト組立要領



3.7.3 仕試プロツク組状況

図 3-7-4 総組時刻配置



最大支擣力	
(A)	トラス71-L4~5メートル含む。 7L4~5メートル含む。
(B)	トラス71-L4~5メートル含む。 7L4~5メートル含む。
(C)	トラス固定でロジ71-L4~5メートル含む。 4~5メートル含む。

$P_1 = 1000\tau$
 $P_2 = 600\tau$
 $P_3 = 800\tau$

図 3.7.5 ブロック支持許容反力

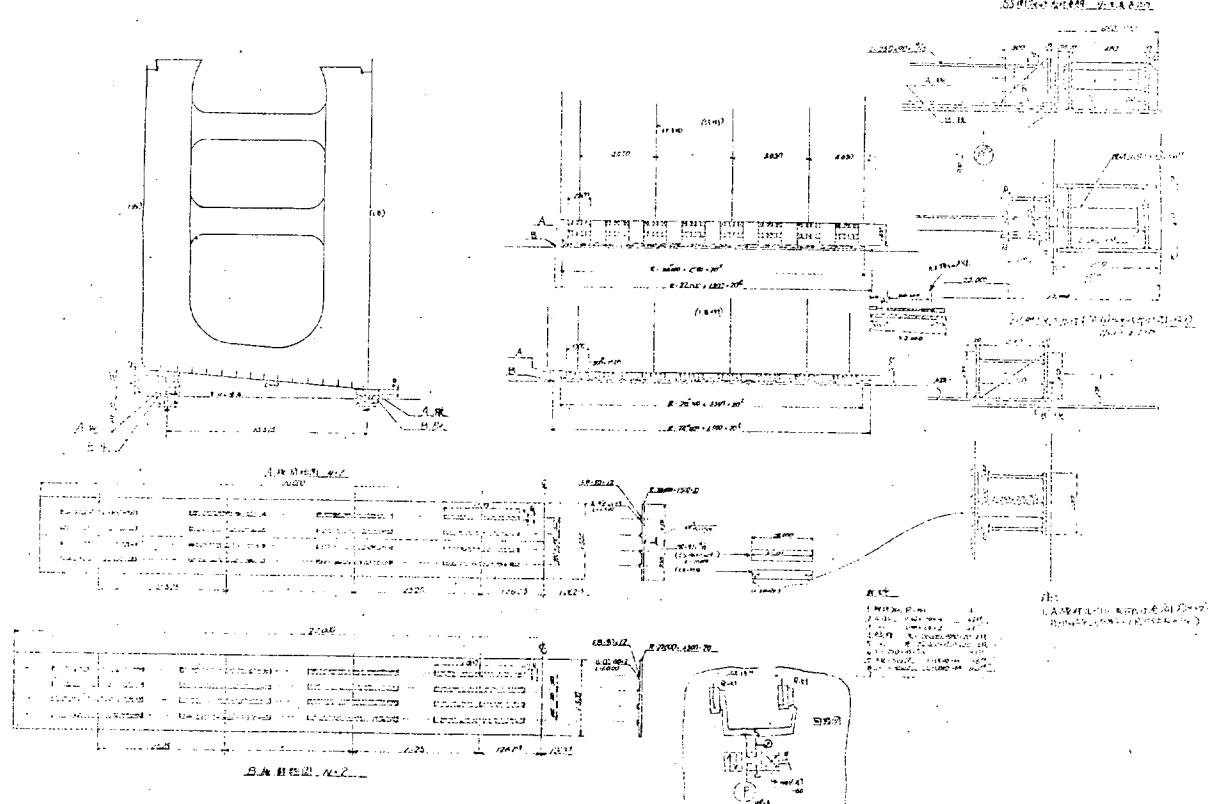


図 3.7.6 巨大ブロック移動実験要領

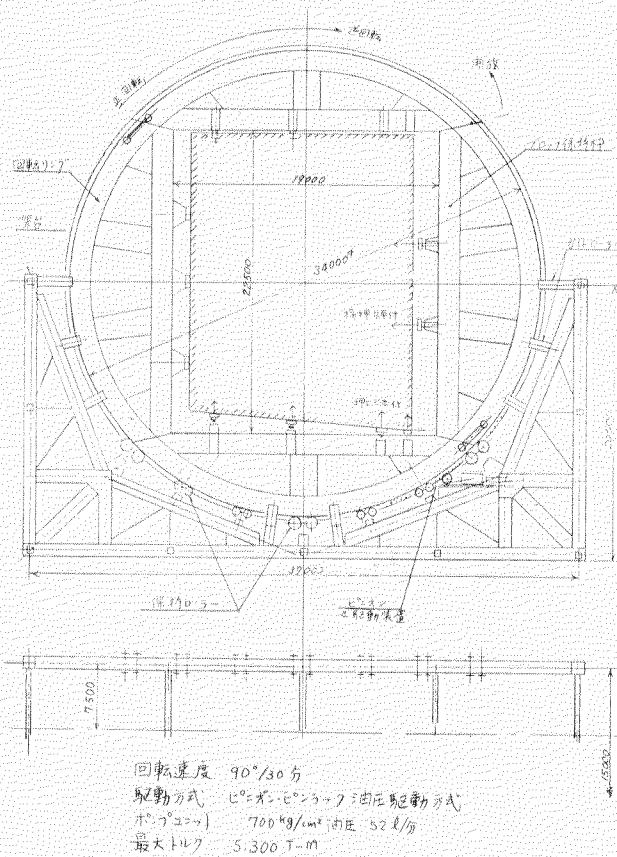


図 3.7.7 回転台概略図

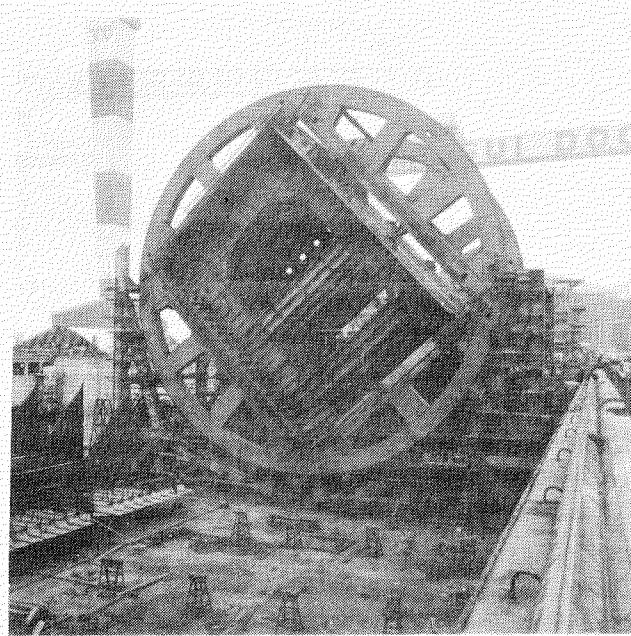
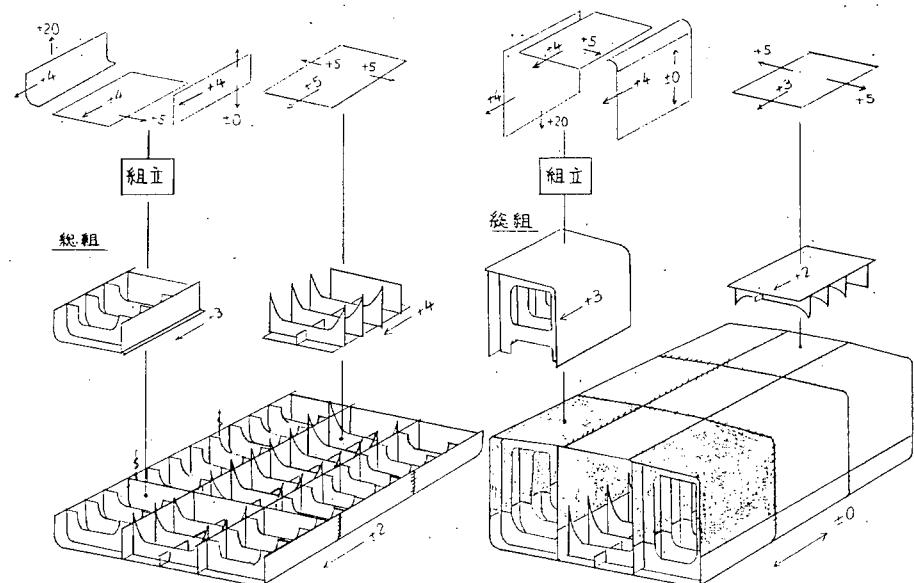
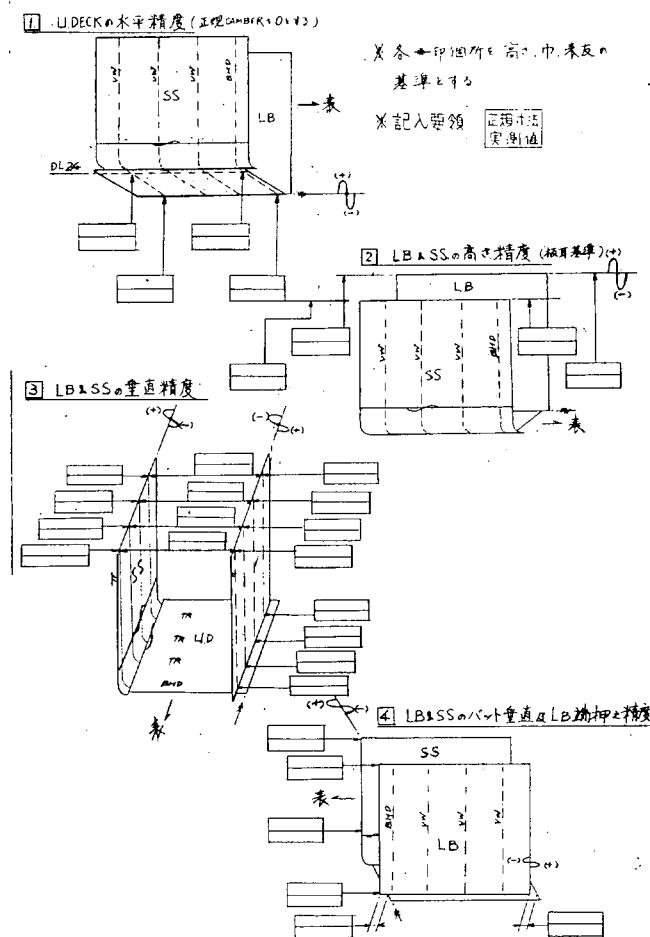


図 3.7.8 巨大ブロック回転状況



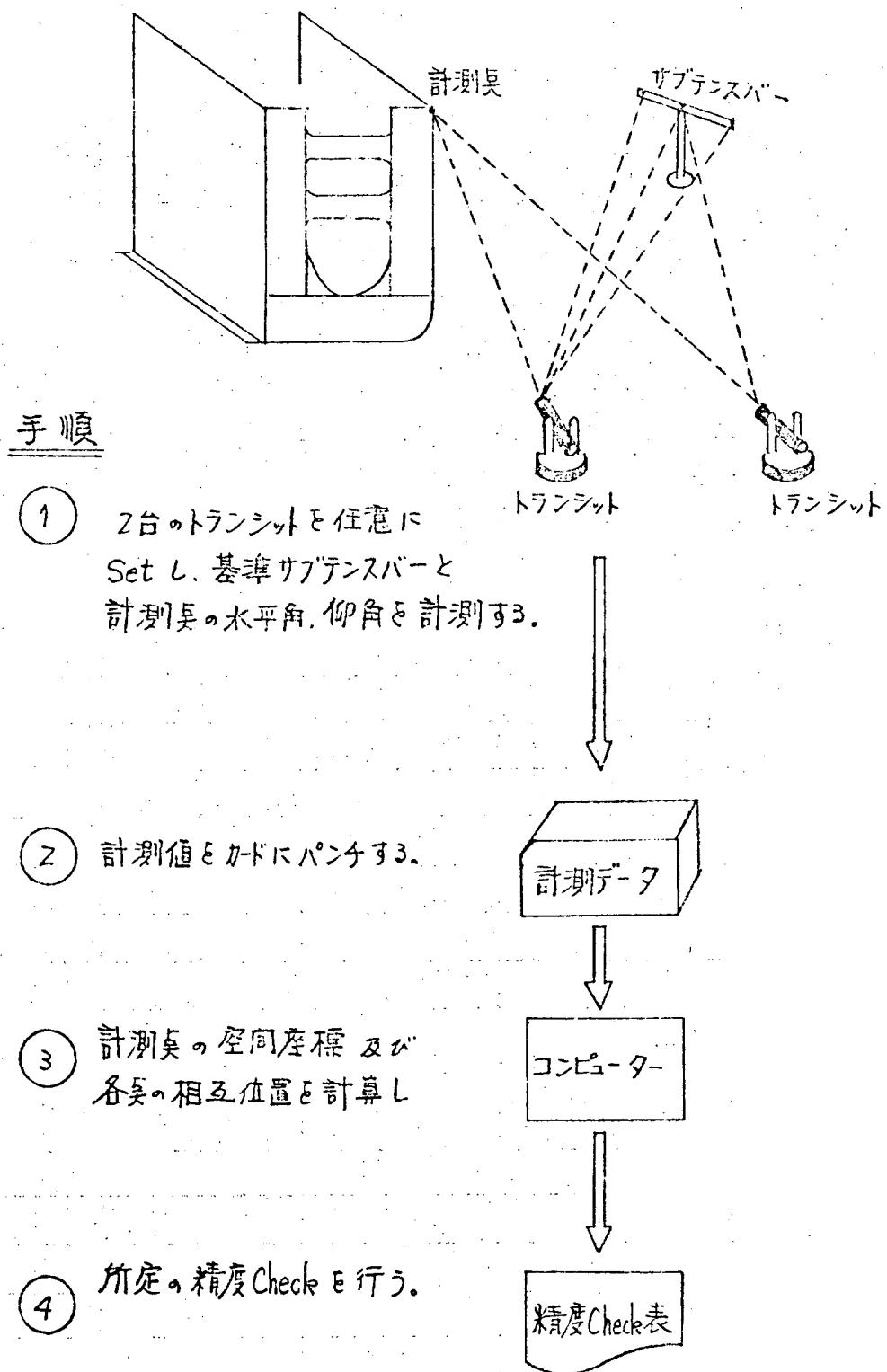


図 3.7.11 光学機器とコンピュータによる精度計測要領

表 3.7.1 滑面材(テフロン製)諸元

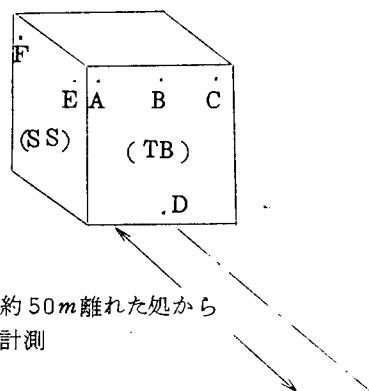
滑面材の機械的性質	値	備考
圧縮クリープ%	7	25°C, 140 Kg/cm ² , 24H
	10.5	260°C, 42 Kg/cm ² , 24H
かたさ, ロックウェルR	27~29	
衝撃強さ, アイソット	6.0	23°C, ft.lb/in, ノッチ
曲げ弾性係数	5,300~7,000	23°C, Kg/cm ²
引張強さ, 檜	98~105	"
伸び%	50~300	23°C
圧縮応力 Kg/cm ²	84	" , 1%歪
摩擦係数 乾燥静	0.04~0.16	
	0.12~0.19	
	0.04~0.06	
摩耗係数	500	K × 10 ⁻¹⁰ × cm ³ / Rg · m · h
運転温度範囲°C	-240~+260	
線膨張係数/°C	5.9 × 10 ⁻⁵	-30°Cから+30°C
引火性	引火せず	
比重	2.24~2.28	

表 3.7.2 巨大プロック移動実験結果

	P ₀ スタート時	P ₀ 移動中	摩擦力 F	荷重	摩擦係数 μ	備考
1	?	260 Kg/cm ²	37.14 T	460 T	0.08	移動方向(表→友)
2	300 Kg/cm ²	220 "	31.43	"	0.07	" (友→表)
3	"	240 "	34.29	"	"	" (表→友)
4	280 Kg/cm ²	230 "	32.86	"	"	" (友→表)
5	300 "	240 "	34.29	"	"	2日間放置後移動テスト

* P₀ = 油圧シリンダー圧力 (Kg/cm²) , 管内圧損無視。摩擦力は移動中 P₀ で算出した。

表 3.7.3 光学機器による計測精度の一例

計測例		巻尺による値	コンピュータの結果	差
 約50m離れた処から 計測	A - B	9, 6 8 9.0 mm	9, 6 8 9.4 mm	+ 0.4 mm
	B - C	9, 7 0 5.0	9, 7 0 4.2	- 0.8
	A - C	1 9, 3 9 3.0	1 9, 3 9 3.6	+ 0.6
	B - D	1 5, 6 8 7.0	1 5, 6 8 6.9	- 0.1
	E - F	1 9, 5 8 3.0	1 9, 5 8 2.1	- 0.9