

# 照射燃料集合体試験施設 増設施設 セル内クレーン設備の製作

1995年11月



動力炉・核燃料開発事業団  
大洗工学センター

複製又はこの資料の入手については、下記にお問い合わせ下さい。

〒311-13 茨城県東茨城郡大洗町成田町4002

動力炉・核燃料開発事業団

大洗工学センター

システム開発推進部・技術管理室

Inquiries about copyright and reproduction should be addressed to : Technology Management Section, O-arai Engineering Center, Power Reactor and Nuclear Fuel Development Corporation 4002 Narita-machi, O-arai-machi, Higashi-Ibaraki, Ibaraki-Ken 311-13, Japan.

動力炉・核燃料開発事業団 (Power Reactor and Nuclear Fuel Development Corporation) 1995

公開資料  
PNC TN9470 96-001  
1995年 11月

## 照射燃料集合体試験施設 増設施設 セル内クレーン設備の製作

小高 英男\*, 中村 保雄\*

### 要 旨

照射燃料集合体試験室ではセル内クレーン設備について、平成元年から平成2年3月にかけて基本設計を実施し、装置の概要等を検討した。この基本設計を基に平成3年までに詳細設計を実施し、各部の仕様、機能、構造等の実機設計製作に必要な詳細仕様を決定した。セル内クレーン設備は、この詳細設計を基にして製作設計及び製作を実施し、平成6年に照射燃料集合体試験施設増設施設に設置した。セル内クレーン設備は、照射後試験に用いる様々な燃料集合体のセル内移送あるいは、セル内に設置してある設備機器のメンテナンスを行うものであり、インセルクレーン、パワーマニプレータ、リペアホイストにより構成する。また、第2試験セルに設置したパワーマニプレータにあっては、作業の省力化、正確かつ迅速化に加え安全性を図るために、試料の自動搬送機能を持たした。

以下にセル内クレーン設備の概要を述べる。

- (1) インセルクレーンは、セル内で燃料集合体又はセル内設置機器等の重量物の移送作業を中心に行うための機器である。クレーンの機能、構造は、放射性物質を取り扱うホットラボに設置するという特殊な事象を除けば、通常の天井走行型クレーンと大きく違わない。しかし、故障等の異常が発生した場合は、作業者による直接保守がセル内設置であるため不可能となってしまうことから、インセルクレーン自体にセル外からの遠隔操作による分解・組立が可能な機構を有する構造とした。
- (2) パワーマニプレータは、ロボットタイプのマニプレータアームを用いることにより、試験用試料あるいは数十kg程度までの軽量物のセル内移送、セル内設置機器による照射後試験の助勢及び設置機器の保守など、多岐にわたるセル内作業を行う機器である。なお、第2試験セルに設置したパワーマニプレータについては、計算機による制御とマニプレータアームを取り外して専用特殊治具を組み合わせることにより、試験用燃料ピンを収納したピンラックをセル内で自動搬送できる機能を有している。また、インセルクレーンと同様に故障等が発生した場合に備えて、セル内の据付け場所で遠隔操作による分解・組立が可能な構造を有するものである。
- (3) リペアホイストは、第2試験セルの天井を通して3階サービスエリアに設置し、セル内のパワーマニプレータ及びインセルクレーンの遠隔保守時に、セル天井付近に設置されたこれらの機器のブリッジ、キャリッジ、トロリーなどをセル床上へ吊

り降ろし、修理後再度天井レールに設置するための吊り上げに用いる装置である。このリペアホイストを設置することで、パワーマニプレータ及びインセルクレーンの完全なる遠隔による分解組立がはじめて可能となるものである。

## Fuel Monitoring Facility Extension Manufacturing of the In-Cell Crane Equipment

Hideo Kodaka \* Yasuo Nakamura\*

### SUMMARY

Three different kinds of In-Cell Crane Equipment were designed from 1989 to March 1990, manufactured, and installed in the Fuel Monitoring Facility (FMF) Extension in 1994. These equipments consists of an in cell crane, a power manipulator, and a repair hoist. Their outline is shown as follows.

- (1) The in cell crane was designed to handle and transfer the reactor components such as irradiated fuel subassemblies, and/or heavy equipments in the examination cell. Its basic function and structure is similar to an industrial ceiling run way crane, except for its design for hot lab. use. Namely, this is also designed specially to permit their remote dismantling and assembling in the cell, because workers have impossible access to the crane due to high radioactivity and nitrogen atmosphere in the cell, when a trouble occurs on the in cell crane itself.
- (2) The power manipulator has various function such as transferring specimens lighter than a few ten kilograms within the cell, and/or helping operation and maintenance of other equipments. This manipulator is operated by a computer, so that it is able to transfer a rack filled with irradiated fuel pins automatically by changing its manipulator arm to specially designed tool. It has remote dismantling and assembling capability as same as the in cell crane.
- (3) The repair hoist was designed to hoist a bridge, a carriage and trolley of the in cell crane and the power manipulator up and down, in case of their maintenance. It was installed in the third floor of the FMF Extension and reach the crane and the manipulator through ceil of the examination cell. This enable complete remote maintenance of these equipments.

---

\* PNC Oarai Engineering Center Fuels and Materials Division Fuel Monitoring Section

## 目 次

1 まえがき -----	1
2 施設の概要 -----	1
3 セル内クレーン設備の概要 -----	1
3.1 構成 -----	1
3.2 インセルクレーン -----	4
3.3 パワーマニプレータ -----	6
3.4 リペアホイスト -----	6
4 セル内クレーン設備の仕様 -----	6
4.1 インセルクレーン -----	6
4.2 パワーマニプレータ -----	6
4.3 リペアホイスト -----	6
5 設計条件 -----	8
5.1 環境性 -----	8
5.1.1 第2試験セル -----	8
5.1.2 第2除染セル -----	8
5.1.3 サービスエリア -----	8
5.2 耐放射線性 -----	8
6 セル内クレーン設備の機構 -----	9
6.1 各部構造 -----	9
6.1.1 ブリッジ -----	9
6.1.2 クレーントロリー -----	19
6.1.3 パワーマニプレータキャリッジ -----	25
6.1.4 リペアホイスト -----	34
6.2 自動搬送位置決め機構 -----	36
6.2.1 機能概要 -----	36
6.2.2 設計条件 -----	36
6.2.3 位置決め機構 -----	37
6.3 遠隔保守用特殊治具 -----	42

6.3.1	デュアルフックモジュール -----	43
6.3.2	キャリッジトロリー着脱治具 -----	45
6.3.3	リペアホイスト吊具アダプタ -----	45
6.3.4	照明着脱治具 -----	45
6.3.5	車輪着脱治具 -----	45
6.3.6	ブリッジドライブシャフト着脱治具 -----	45
6.3.7	ブリッジ吊り具 -----	47
6.3.8	ケーブルトラック着脱治具 -----	47
6.3.9	Zツール -----	50
7	制御システム -----	52
7.1	インセルクレーン -----	52
7.1.1	システム概要 -----	52
7.1.2	ポータブルコントローラ機能 -----	52
7.2	パワーマニプレータ -----	53
7.2.1	システム概要 -----	53
7.2.2	ポータブルコントローラ機能 -----	54
7.2.3	ロボットペンダントコントローラ -----	56
7.3	リペアホイスト -----	56
7.3.1	システム概要 -----	56
7.3.2	ポータブルコントローラ機能 -----	57
7.4	ネットワークシステム -----	57
8	制御システム -----	59
8.1	機能概要 -----	59
8.2	システム機構 -----	59
8.2.1	制御用コンピュータ -----	59
8.2.2	上位計算機とのインターフェイス -----	60
8.2.3	無停電電源 -----	60
8.2.4	自動搬送経路（リーガルコリダー）-----	62
8.2.5	ポータブルコントローラとネットワーク -----	62
8.2.6	位置情報 -----	62
8.3	自動搬送操作 -----	62
8.3.1	操作概要 -----	62
8.3.2	リモート操作 -----	63
8.3.3	ローカル操作 -----	64

9 遠隔分解組立機能 -----	6 5
9.1 ブリッジの遠隔分解 -----	6 5
9.1.1 ブリッジ本体の遠隔分解 -----	6 5
9.1.2 走行モーターの着脱 -----	6 5
9.1.3 ブリッジリミットスイッチの着脱 -----	6 5
9.1.4 ブリッジ照明の着脱 -----	6 8
9.1.5 ブリッジレゾルバの着脱 -----	6 8
9.2 トロリー及びキャリッジの着脱 -----	6 8
9.2.1 トロリーの着脱 -----	6 8
9.2.2 キャリッジの着脱 -----	6 8
9.3 ケーブルトラックの着脱 -----	6 8
9.3.1 インセルクレーン用ケーブルトラックの着脱 -----	6 8
9.3.2 パワーマニプレータ用ケーブルトラックの着脱 -----	7 4
9.4 電気コネクター関係の着脱 -----	7 4
10 まとめ -----	7 8

## Figure List

Fig. 2 - 1	大型照射後試験施設鳥瞰図	-----	2
Fig. 3 - 1	セル内クレーン設備全体配置図	-----	2
Fig. 3 - 2	パワーマニプレータとインセルクレーン	-----	3
Fig. 3 - 3	試験セルセル内クレーン設備	-----	4
Fig. 3 - 4	除染セルセル内クレーン設備	-----	5
Fig. 3 - 5	パワーマニプレータ概略図	-----	5
Fig. 3 - 6	リペアホイスト概略図	-----	7
Fig. 6 - 1	試験セルパワーマニプレータ用ブリッジ（1）	-----	10
Fig. 6 - 2	試験セルパワーマニプレータ用ブリッジ（2）	-----	10
Fig. 6 - 3	除染セルインセルクレーン用ブリッジ	-----	11
Fig. 6 - 4	ブリッジ走行機構	-----	12
Fig. 6 - 5	ブリッジけん引機構	-----	12
Fig. 6 - 6	除染セルブリッジ走行機構着脱概念図	-----	13
Fig. 6 - 7	ブリッジ走行用車輪機構	-----	14
Fig. 6 - 8	ブリッジ取付け用ケーブルトラック概念図	-----	15
Fig. 6 - 9	ブリッジ取付け用ケーブルトラック外観図	-----	15
Fig. 6 - 10	壁取付け用ケーブルトラック概略図	-----	16
Fig. 6 - 11	サポートローラ	-----	16
Fig. 6 - 12	ブリッジ走行用リミットスイッチ	-----	17
Fig. 6 - 13	ブリッジ走行用バンパー	-----	18
Fig. 6 - 14	ブリッジ走行用バンパー外観図	-----	18
Fig. 6 - 15	試験セルパワーマニプレータ用照明	-----	19
Fig. 6 - 16	試験セルパワーマニプレータ用レゾルバ機構	-----	20
Fig. 6 - 17	試験セルパワーマニプレータ用レゾルバ機構取外し外観図	--	20
Fig. 6 - 18	試験セル用インセルクレーントロリー（1）	-----	21
Fig. 6 - 19	試験セル用インセルクレーントロリー（2）	-----	21
Fig. 6 - 20	試験セル用インセルクレーントロリー外観図	-----	22
Fig. 6 - 21	除染セル用インセルクレーントロリー	-----	22
Fig. 6 - 22	試験セルクレーントロリー駆動機構	-----	24
Fig. 6 - 23	トロリー駆動モーター概略図	-----	24
Fig. 6 - 24	パワーマニプレータキャリッジ概略図	-----	26
Fig. 6 - 25	設置後のパワーマニプレータキャリッジ	-----	27
Fig. 6 - 26	キャリッジけん引機構	-----	27
Fig. 6 - 27	パワーマニプレータ取扱モジュール	-----	28

Fig. 6-2 8	テレスコピックチューブ概略構造図	29
Fig. 6-2 9	テレスコピックチューブ	30
Fig. 6-3 0	マニプレーターム	30
Fig. 6-3 1	マニプレーターム外観図	31
Fig. 6-3 2	ダブルフック取付け状態図	32
Fig. 6-3 3	ダブルフック専用架台設置図	33
Fig. 6-3 4	ピンラック把持状態図	33
Fig. 6-3 5	リペアホイスト開口部	35
Fig. 6-3 6	リペアホイスト内部構造図	35
Fig. 6-3 7	パワーマニプレータ位置決め機構	36
Fig. 6-3 8	レゾルバ概略図	37
Fig. 6-3 9	テレスコピックチューブ上下駆動方法	39
Fig. 6-4 0	テレスコピックチューブワイヤーケーブルシステム	40
Fig. 6-4 1	ケーブルワイヤー固定詳細図	41
Fig. 6-4 2	位置検出センサー	42
Fig. 6-4 3	ラインケーブルの動作	43
Fig. 6-4 4	デュアルフックモジュール	44
Fig. 6-4 5	デュアルフックモジュール接続状態	44
Fig. 6-4 6	キャリッジ吊り具	45
Fig. 6-4 7	吊り具アダプター	46
Fig. 6-4 8	ブリッジ照明	46
Fig. 6-4 9	車輪着脱治具	47
Fig. 6-5 0	ブリッジ吊り具	48
Fig. 6-5 1	ブリッジ着脱治具使用外観	49
Fig. 6-5 2	壁ケーブルトラック着脱治具（クレーン用）	49
Fig. 6-5 3	壁ケーブルトラック着脱治具使用状態	50
Fig. 6-5 4	Zツール使用状態	50
Fig. 6-5 5	Zツール構造図	51
Fig. 7-1	インセルクレーン制御システム	53
Fig. 7-2	パワーマニプレータ制御システム	55
Fig. 7-3	パワーマニプレータポータブルコントローラ	55
Fig. 7-4	パワーマニプレータ自動搬送用ペンダントコントローラ	57
Fig. 7-5	リペアホイスト制御システム	58
Fig. 8-1	ピンラック自動搬送状態図	60
Fig. 8-2	パワーマニプレータ制御用コンピュータ	61
Fig. 8-3	制御用コンピュータによる制御状況	61
Fig. 9-1	ブリッジの着脱	66

Fig. 9-2	ロックピン取付け状態図	-----	6 6
Fig. 9-3	ブリッジの回転	-----	6 7
Fig. 9-4	走行モーター着脱治具	-----	6 7
Fig. 9-5	ブリッジリミットスイッチの着脱	-----	6 9
Fig. 9-6	パワーマニプレータブリッジ照明の着脱（1）	-----	6 9
Fig. 9-7	パワーマニプレータブリッジ照明の着脱（2）	-----	7 0
Fig. 9-8	レゾルバの着脱（1）	-----	7 0
Fig. 9-9	レゾルバの着脱（2）	-----	7 1
Fig. 9-10	トロリーの着脱	-----	7 1
Fig. 9-11	キャリッジの着脱	-----	7 2
Fig. 9-12	キャリッジの回転	-----	7 2
Fig. 9-13	キャリッジ着脱全体概略図	-----	7 3
Fig. 9-14	インセルクレーン用ケーブルトラック着脱治具	-----	7 4
Fig. 9-15	ケーブルトラック着脱治具装着状態	-----	7 4
Fig. 9-16	インセルクレーンケーブルトラックの着脱	-----	7 5
Fig. 9-17	パワーマニプレータ用ケーブルトラックの着脱	-----	7 5
Fig. 9-18	インセルクレーン電気コネクターの着脱	-----	7 6
Fig. 9-19	電気コネクター（壁）の着脱	-----	7 6
Fig. 9-20	電気コネクターの着脱（インパクトレンチ使用）	-----	7 7
Fig. 9-21	電気コネクターの着脱	-----	7 7

## 1 まえがき

照射燃料集合体試験室では、現在の施設に隣接して大型照射後試験施設（以下、F M F 増設施設と言う。）の建設を進めている。このF M F 増設施設で照射後試験の対象となる試料は、主に高速増殖原型炉「もんじゅ」で照射された燃料集合体であり、その他にも新型転換炉「ふげん」での照射済燃料集合体あるいは「軽水炉」等で照射されたPuサーマル燃料集合体を取扱対象試料としている。それぞれの燃料集合体は、缶詰缶やバスケット等の収納容器に収納され、輸送容器（PIE-SA型キャスク）により、F M F 増設施設に搬入する計画である。

これらの試料の照射後試験を効率よく、また確実に実施するために、F M F 増設施設に内装設備を設置した。その内装設備のうちセル内において、照射済燃料集合体あるいは燃料ピンなどの試料の移送や設置機器の保守に用いるための設備としてセル内クレーン設備を設置した。このセル内クレーン設備は、重量物の移送を中心としたインセルクレーン、試料の搬送、試験機などの機器の操作を中心としたパワーマニプレータ及びこれらのインセルクレーン、パワーマニプレータの保守時に用いるリペアホイストから構成するものである。

本報告書は、セル内クレーン設備の詳細設計の結果に基づいて製作した各装置における構造及び仕様等について報告するものである。

## 2 施設の概要

セル内クレーン設備を設置する場所は、F M F 増設施設の中枢となる壁厚1.2mで囲まれた第2試験セルと第2除染セルである。

第2試験セルは、縦9m、横18m、高さ8.5mの大型セルであり、照射済燃料集合体の各種照射後試験及び集合体の解体、そして燃料ピンの照射後試験を実施することを目的としている。

第2除染セルは、縦9m、横8m、高さ8.5mで第2試験セルよりも長さが短くなっている。第2除染セルでは、第2試験セルで照射後試験を行う各種集合体の洗浄や搬出入、あるいは第2試験セルから搬出された機器の除染や廃棄物の搬出作業などを実施するセルである。

また、両セルは内部雰囲気にも違いがある。第2試験セルは、照射後試験用試料の酸化防止あるいはF B R集合体に付着しているナトリウムの酸化反応を防止するために高純度窒素による不活性な雰囲気にしてある。

第2除染セルは、照射後試験は実施せず、また集合体や試料等の洗浄のために洗浄水も使用することなどから、内部は通常の空気雰囲気となっている。

セル内クレーン設備の設置場所となる施設の鳥瞰図をFig. 2-1に示す。

## 3 セル内クレーン設備の概要

### 3.1 構 成

セル内クレーン設備とは、主に重量物の移送に用いるインセルクレーン、試料の取扱い、機器の保守等に用いるパワーマニプレータ及びインセルクレーンとパワーマニプレータのメンテナンスに用いるリペアホイストの3種類の機器によって構成するものである。F M F 増設施設におけるそれらの機器全体の配置をFig. 3-1に示す。また、Fig. 3-2に設置後の試験セルパワーマ

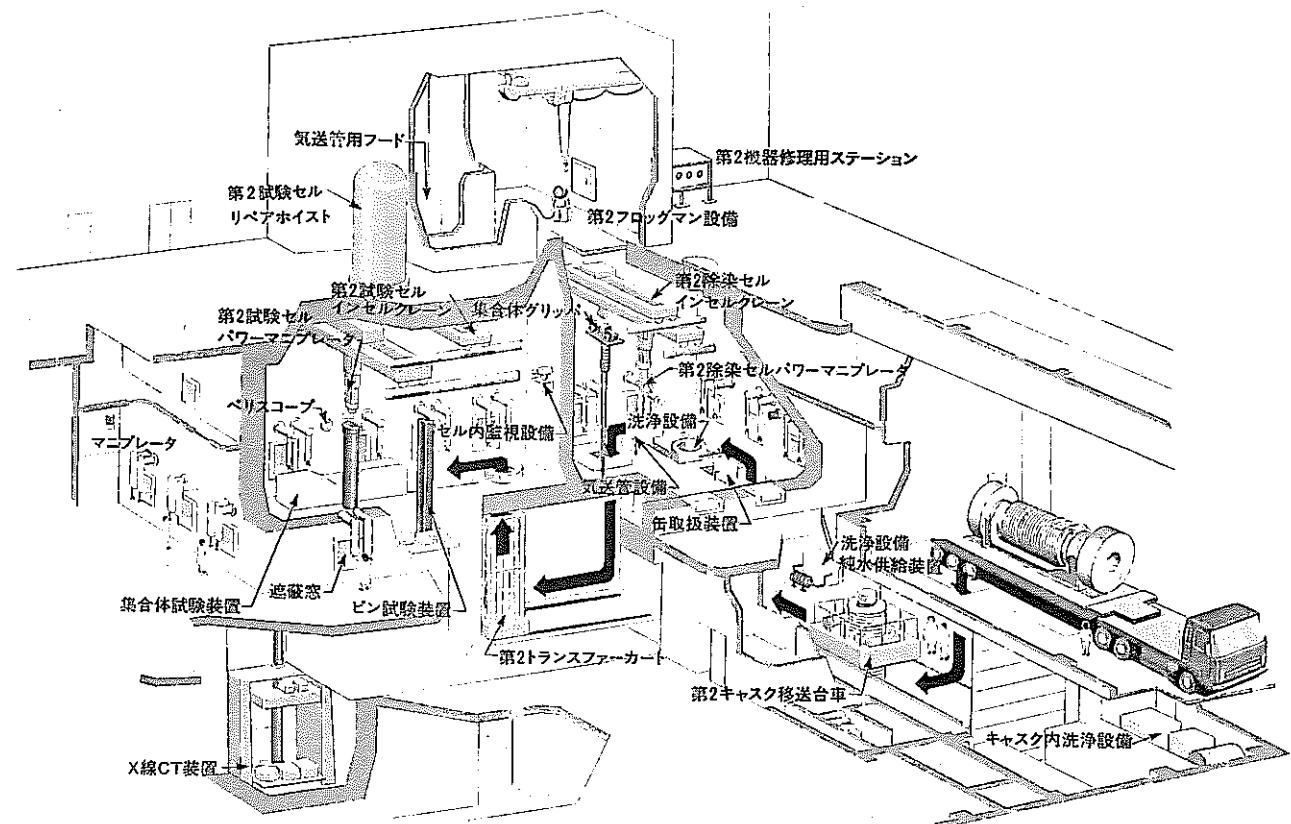


Fig. 2 - 1 大型照射後試験施設鳥瞰図

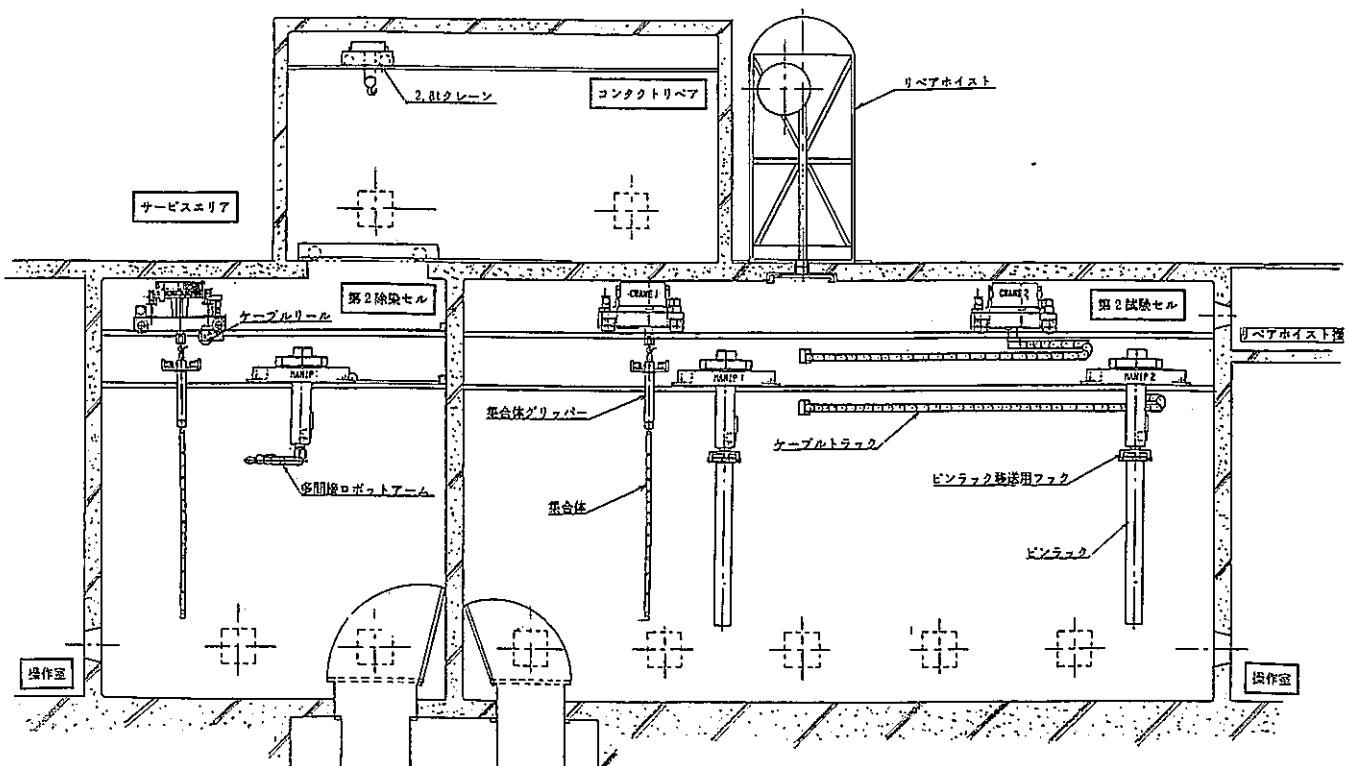


Fig. 3 - 1 セル内クレーン設備全体配置図

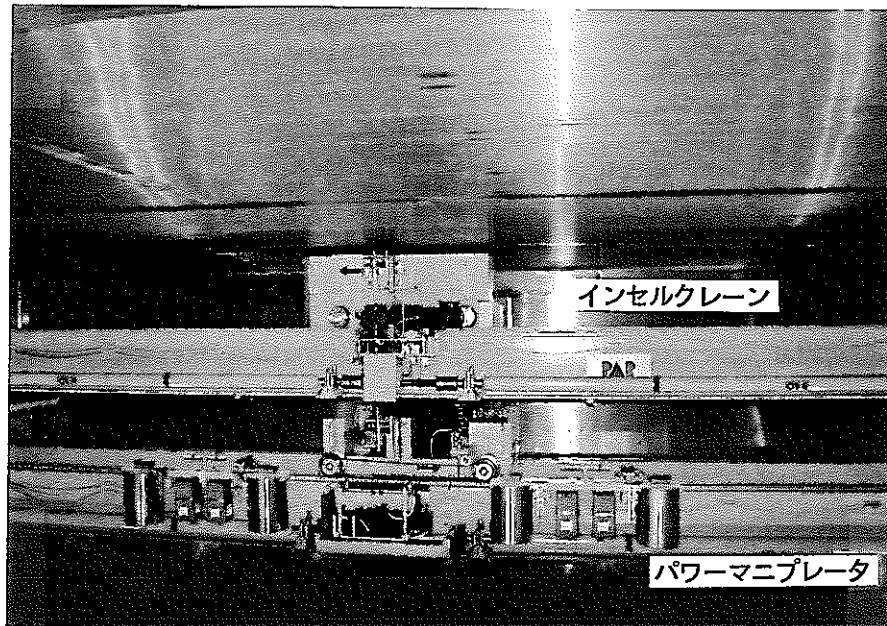


Fig. 3-2 パワーマニプレータとインセルクレーン（設置後）

ニプレータとインセルクレーンを示す。

2台のインセルクレーン及びパワーマニプレータ、そして1台のリペアホイストを第2試験セルに配置し、1台のインセルクレーンとパワーマニプレータを第2除染セルに配置した。Fig. 3-3に第2試験セルの配置図を、またFig. 3-4に第2除染セルの配置図を示す。これらの機器は、セル内が高い放射能を有していることから、種々の特殊な治工具を用いることでセル内において遠隔による分解組立ができる構造を有しており、異常時の保守、修理が容易にできる機能を備えている。この治工具については、「6.3 遠隔保守用特殊治工具」に記述する。

各機器の操作は、基本的にセル周囲に設置されている放射線遮蔽窓からセル内を監視しながら専用のポータブルコントローラ

により実施する。ポータブルコントローラは、それぞれの遮蔽窓の近くにレセプタクルボックスを設けプラグを差し込むことにより操作を可能とする。

また、第2試験セルの機器は必要に応じてセル外で修理を実施するために、トランスマートンネルを通して第2試験セルから第2除染セルへ移送し、第2除染セル上部に配置されるコンタクトリペアルームに搬出ができるように、各部をユニット化とし最小単位で着脱ができる構造としている。

制御システムは、第2試験セル及び第2除染セルの各機器毎にネットワークシステムで結合してある。制御システムについては、後で詳しく述べることとする。また、第2試験セルのパワーマニプレータについては、試料の自動搬送機能を有しているた

め、制御システムの構成の中には計算機システムも含まれる。

以下に各設備機器について、その概要を記す。

### 3.2 インセルクレーン

インセルクレーンは、一般的に使用されている天井走行クレーンと同様な構造を有した機器である。主な機構としては、セルの天井近くを走行するブリッジ、そして昇降装置を有しブリッジ上で横行を行うトロリーから構成する。

インセルクレーンの主な用途は、照射済燃料集合体、セル内設置の試験機及び内装

設備機器、セル内で発生した廃棄物等の重量物の移送を行うものであり、第2除染セルより長い第2試験セルでは2台のクレーンで全域をカバーする。

第2試験セルに設置するインセルクレーンは、ブリッジ及び走行レールを除く全てのコンポーネントを遠隔によりセル内で分解・組立てを可能とし、かつセル外に搬出できる構造とした。また、第2除染セルのインセルクレーンは、第2除染セルの上部階に設置されている第2コントラクトリペアルームの床ポートからフロッグマン作業者が直接アクセスすることにより、トロリーの遠隔着脱を可能としている。トロリーは、コントラクトリペアルーム内に搬出され

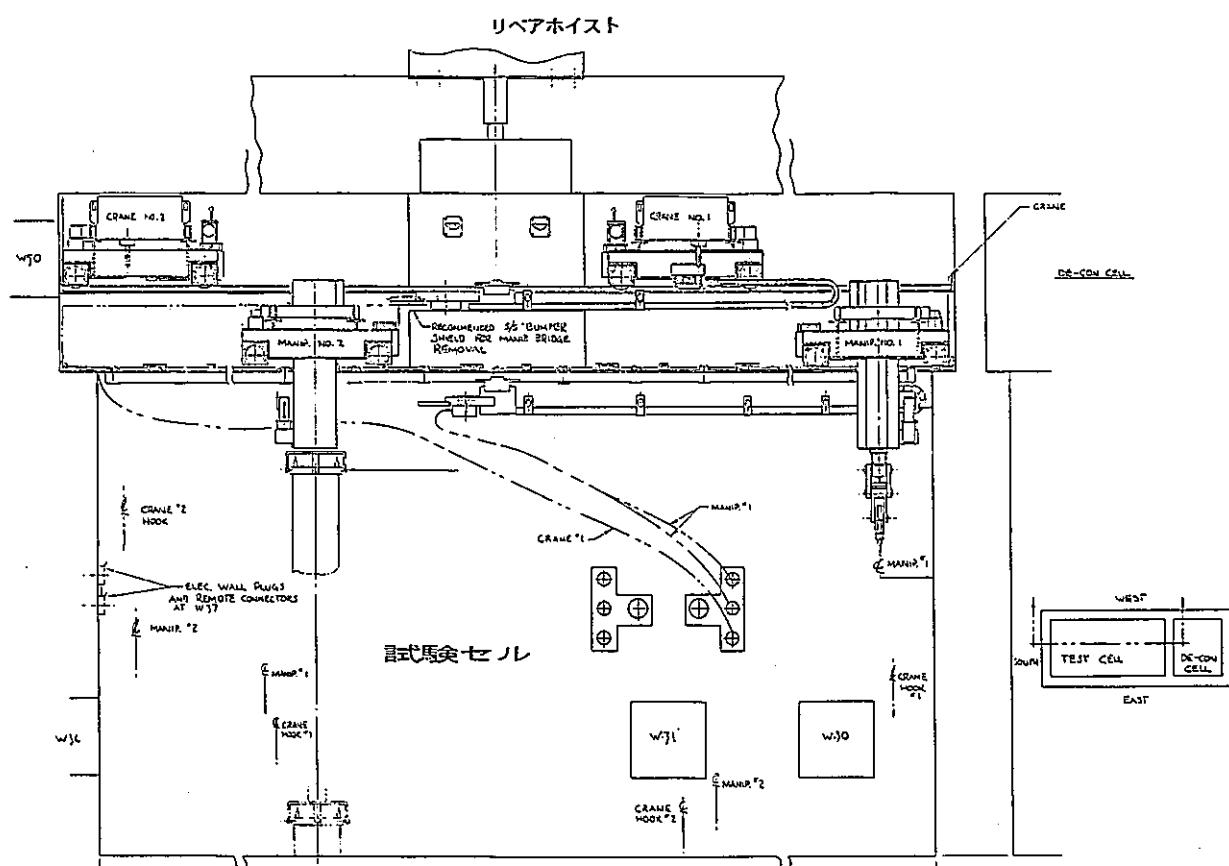


Fig. 3 - 3 試験セル セル内クレーン設備

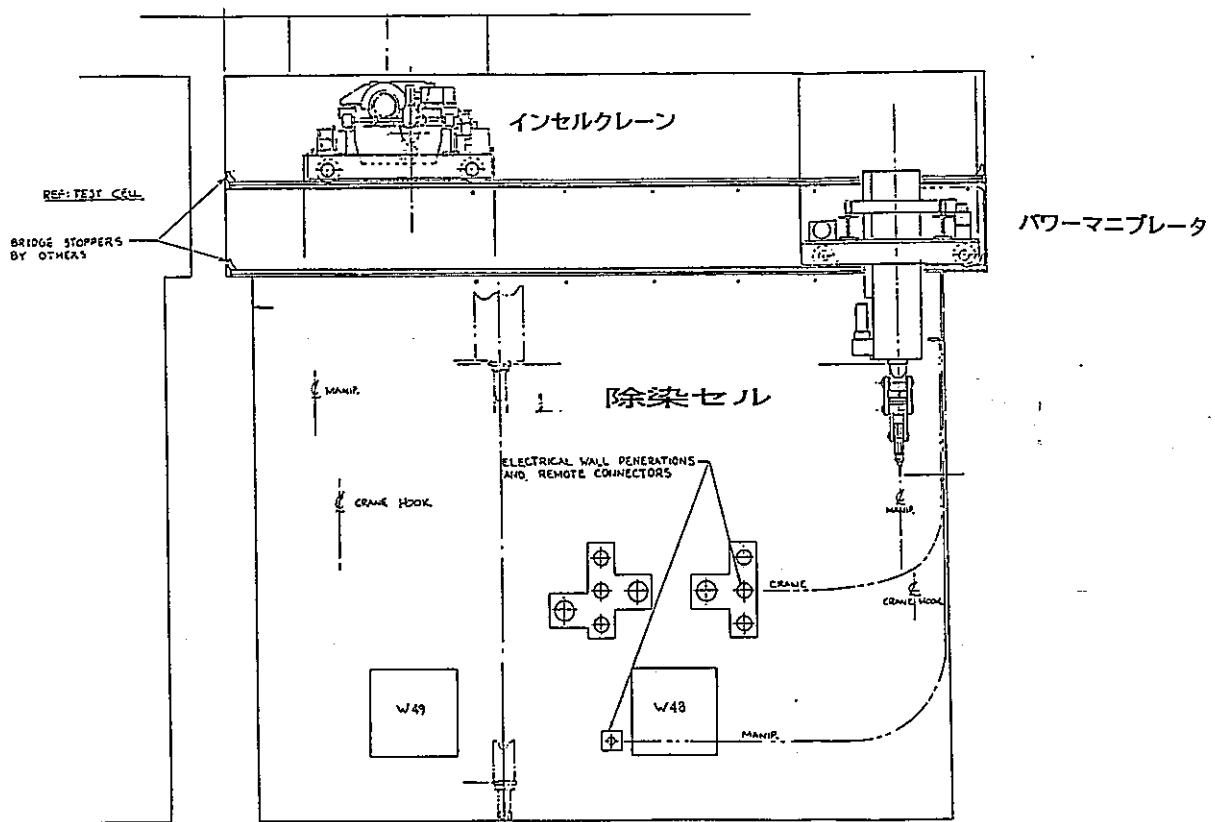


Fig. 3-4 除染セル セル内クレーン設備

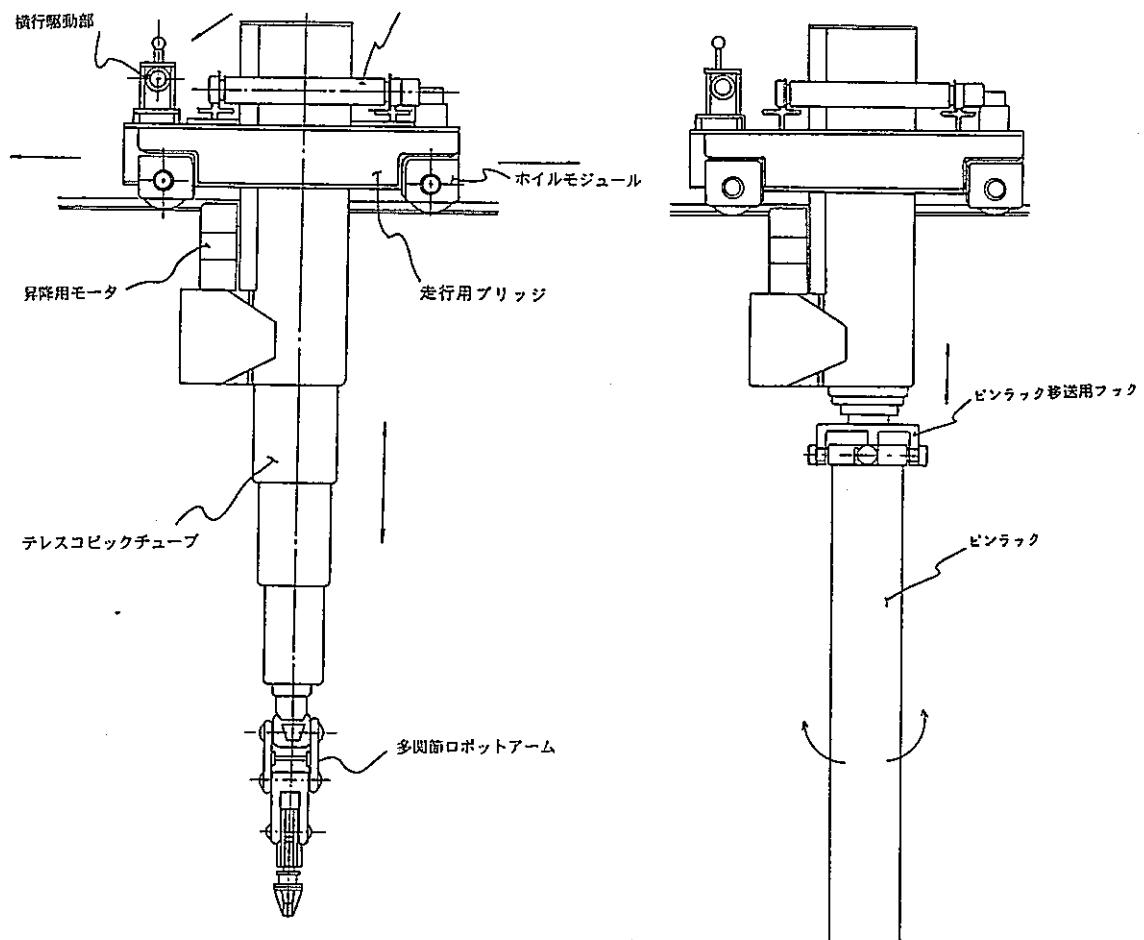


Fig. 3-5 パワーマニプレータ概略図

フロッグマン作業者により直接保守を行う方式とした。

### 3.3 パワーマニプレータ

パワーマニプレータは、インセルクレーンと同様に天井付近の走行を行うブリッジとブリッジ上を横行するキャリッジから構成する。概略図をFig. 3-5 に示す。キャリッジには上下駆動を行うテレスコピックチューブを取り付け、その先端には遠隔で着脱を可能とした多関節型のロボットアームを取付けることができる機械である。このロボットアームは、セル内に設置される試験機、内装設備機器等の操作補助あるいは重量物の搬送、セル内設置機器等の保守を行うなど、セル内において作業者の手のかわりを勤める機器である。

第2試験セルに設置するパワーマニプレータについては、インセルクレーンと同様に2台でセル全域をカバーする。また、照射後試験の効率化を図るため自動運転による試料の搬送を可能とした。インセルクレーンと同様に故障した場合に照射後試験への影響を最小限にするため、セル内において全てのコンポーネントを遠隔操作による分解・組立を可能な構造とした。

第2除染セルに設置するパワーマニプレータは、インセルクレーンと同様に第2コンタクトリペア室から直接アクセスすることで、キャリッジ及びブリッジドライブモーターをフロッグマン作業における遠隔操作により第2コンタクトリペアルームへ搬出可能な構造とした。

### 3.4 リペアホイスト

リペアホイストは、昇降装置及び回転装置と昇降用のガイドチューブ・チェーンから構成する機器であり、第2試験セルの中

心位置でセルの天井にあたるサービスエリアに設置された気密容器内に収納する。

このリペアホイストは、第2試験セル内に設置するインセルクレーン及びパワーマニプレータのメンテナンス時において、遠隔操作により分解・組立を行う場合に、ブリッジ、トロリー、キャリッジなどをセルの天井部分から床まで吊り降ろしたり、修理後に再び天井部まで吊り上げる場合に使用する。

リペアホイスト概略図をFig. 3-6 に示す。

## 4 セル内クレーン設備の仕様

セル内クレーン設備の各機器毎の仕様について、以下に記載する。

### 4.1 インセルクレーン

- ・ブリッジ走行速度 : 0 ~ 7 m/min
- ・トロリー横行速度 : 0 ~ 7 m/min
- ・ホイスト上下速度 : 0 ~ 2.5 m/min
- ・吊り上げ能力 : 2.8 ton
- ・吊り上げ揚程 : 1 3.4 m

### 4.2 パワーマニプレータ

- ・ブリッジ走行速度 : 0 ~ 7 m/min
- ・キャリッジ走行速度 : 0 ~ 7 m/min
- ・テレスコピックチューブ  
    上下速度 : 0 ~ 4.5 m/min  
    上下ストローク : 4 8 8 0 mm  
    吊り上げ機能 : 6 0 0 kg

ロボットアームの仕様及びテレスコピックチューブに取付ける特殊治具の仕様については、後述する。

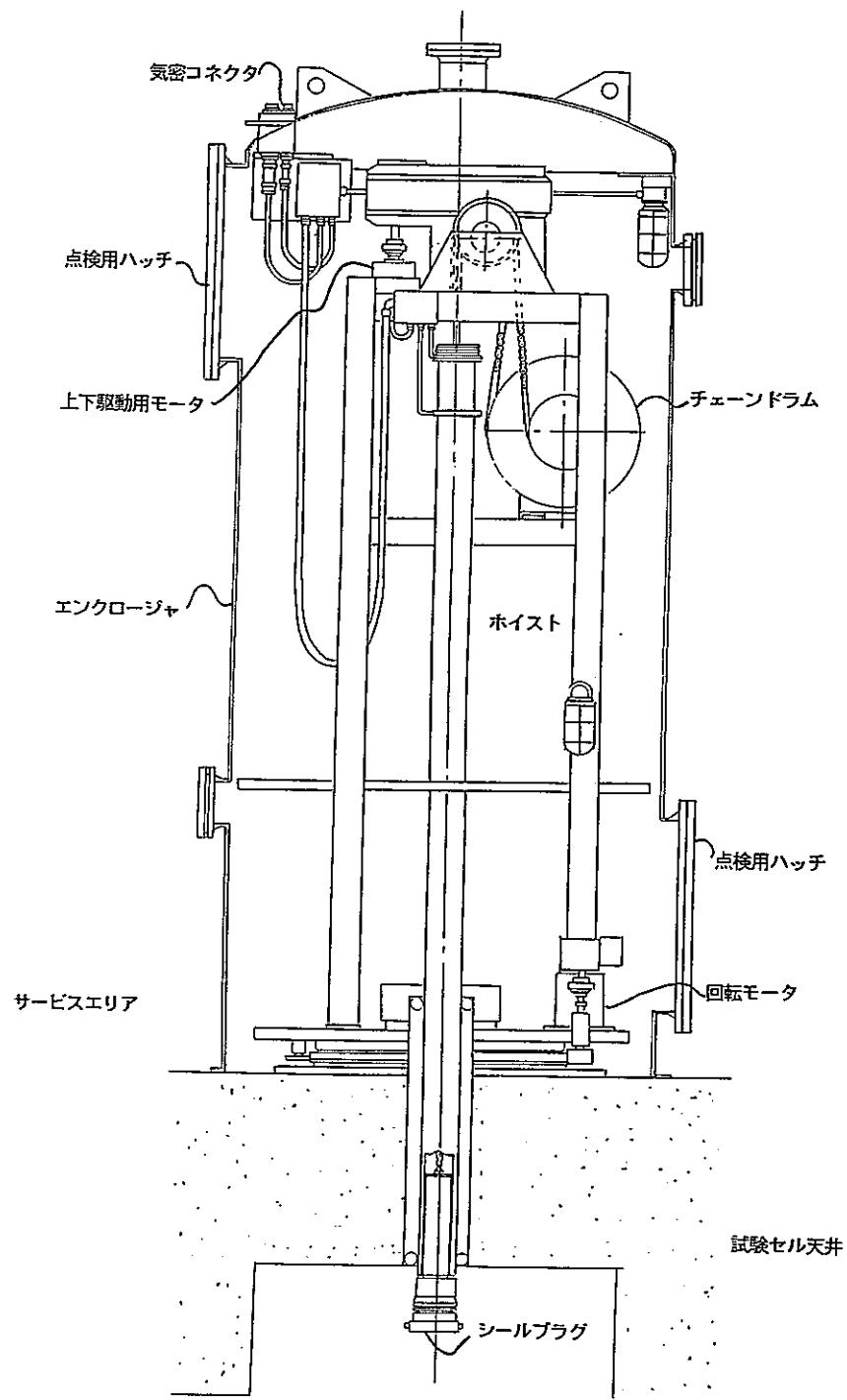


Fig. 3 - 6 リペアホイスト概略図

### 4.3 リペアホイスト

・回転範囲	: ± 190°
・回転速度	: 0.05 rpm
・回転トルク	: 1000 Pt/1b
・伸縮ストローク	: 9.2 m
・伸縮速度	: 1 m/min
・吊り上げ能力	: 5450 kg

- (3)セル内温度 : 最大40°C  
 (4)セル内圧力 : -30 Aq ~ 50 Aq

#### 5.1.3 サービスエリア

サービスエリアは、作業者が働く環境であるため、放射能を有する線現は存在しない。ここに設置するリペアホイストはセル内より環境的には良い条件といえる。以下に設置場所の環境を示す。

- (1) 霧 囲 気 : 空気霧囲気  
 (2) 温 度 : 最大40°C  
 (3) 圧 力 : 大気圧

## 5 設 計 条 件

セル内クレーン設備の、設計製作のための条件を以下に示す。

### 5.1 環境性

セル内クレーン設備は、以下に記す環境において使用する。

#### 5.1.1 第2試験セル

第2試験セルは、セル内の放射能強度が高くかつ高純度の窒素霧囲気であるため、次に示すセル内環境に適合した装置としている。

(1)最大放射能強度 :

$$4.44 \times 10^{16} \text{ Bq} (\gamma\text{線}) \\ 4.77 \times 10^9 \text{n/s (中性子線)}$$

(2)セル内霧囲気 : 窒素霧囲気

(酸素濃度及び水分濃度100PPM以下)

(3)セル内温度 : 最大40°C

(4)セル内圧力 : -30 Aq ~ 80 Aq

### 5.2 耐放射線性

セル内クレーン設備は、長期間セル内で使用することになるため、その間放射線を受けることになる。したがって、この放射線ダメージに耐えられる条件を設定した。

既設試験セルでのセル内積算量分布測定結果を参考に考えると、約10年間で  $1 \text{E} 5 \text{ Gy}$  程度の集積線量が記録されている。従つて増設施設では、20年以上の使用及び取扱放射能強度が高いことなどから、第2試験セル内及び第2除染セル内に設置する各機器の耐放射線性は、 $1\text{E}+06 \text{ Gy}$  ( $1\text{E}+08 \text{ R}$ ) 以上と設定する。

#### 5.1.2 第2除染セル

第2除染セルの環境も第2試験セルと同様であるが、セル内は空気霧囲気となっていいる。セル内環境を以下に示す。

(1)最大放射能強度 :  $4.44\text{E}+16 \text{Bq} \cdot \gamma$

$$4.77\text{E}+09 \text{n/s} \cdot n$$

(2)セル内霧囲気 : 空気霧囲気

## 6 セル内クレーン設備の機構

### 6.1 各部構造

#### 6.1.1 ブリッジ

ブリッジは、パワーマニプレータブリッジとインセルクレーンブリッジの2種類がある。Fig. 6-1 及びFig. 6-2 に試験セル用パワーマニプレータブリッジ、Fig. 6-3 に除染セル用インセルクレーンブリッジの構造図を示す。

##### (1)パワーマニプレータブリッジ

試験セル用のパワーマニプレータのブリッジには、下記の遠隔交換が可能なアッセンブリーを取付けてある。

- ・ホイールモジュール（車輪）
- ・走行用ドライブシャフト
- ・走行用モーター
- ・バンパー及び走行リミットスイッチ
- ・けん引機構
- ・ブリッジ／トロリーケーブルキャリア
- ・ブリッジジャンクションボックス
- ・ブリッジ／壁電気コネクター
- ・レゾルバーアッセンブリ
- ・照明アッセンブリ

ブリッジに取付けてある照明アッセンブリは、試料等の取扱いを行うパワーマニプレータだけに取付けてあり、細かな作業時の照明とするものである。

試験セルに設置する2台のパワーマニプレータブリッジは、計算機制御に必要となる位置情報を与えるレゾルバユニットを設けた。これにより正確な位置決めを行う。

ブリッジ構造物とレールを除いた全てのアッセンブリは、遠隔操作により分解組立が可能である。

走行モータユニット、照明ユニットそしてブリッジの走行用リミットスイッチについては、ブリッジがレール上にある状態

で、遠隔操作による分解組立ができる構造とした。その他の全てのユニットは、ブリッジをセル床に降ろした時に遠隔による分解組立を実施することができる。

また、除染セルのブリッジには、遠隔着脱機能を設けていない。これは、試験セルに比べてセルの形状、寸法が小さいこと、使用頻度が少ないため異常の発生割合が少なくなることからである。しかし、全く外部からのアクセスを無しにすることは、メンテナンスが不可能となってしまうため、コンタクトリペアルームから天井ポートを介して作業者が走行モーター及びケーブルリールを着脱できる構造とした。

##### (2)インセルクレーンブリッジ

試験セル用のインセルクレーンブリッジは、次の点を除いてパワーマニプレータブリッジと同じ特徴を備えている。

- ・レゾルバを使用していない。
- ・ブリッジ照明が付いていない。
- ・使用走行モーターの形式が異なる。

また、試験セルのブリッジには、異常時にブリッジが任意の位置に停止しても、リペアホイストの真下に移動可能な救援機構として、けん引装置を2台のブリッジに設けた。

除染セル用のインセルクレーンブリッジは、パワーマニプレータと同様な機能を持つている。

##### (3) ブリッジ構造

基本的なブリッジ構造は、SS製の2本のトラックビームに溶接とボルトで固定されたブリッジガーダから構成している。全ての荷重は、このトラックビームにより支えられることになる。ブリッジガーダの上部には、クレントロリーあるいはマニプレータキャリッジに適応したレールを設置してある。

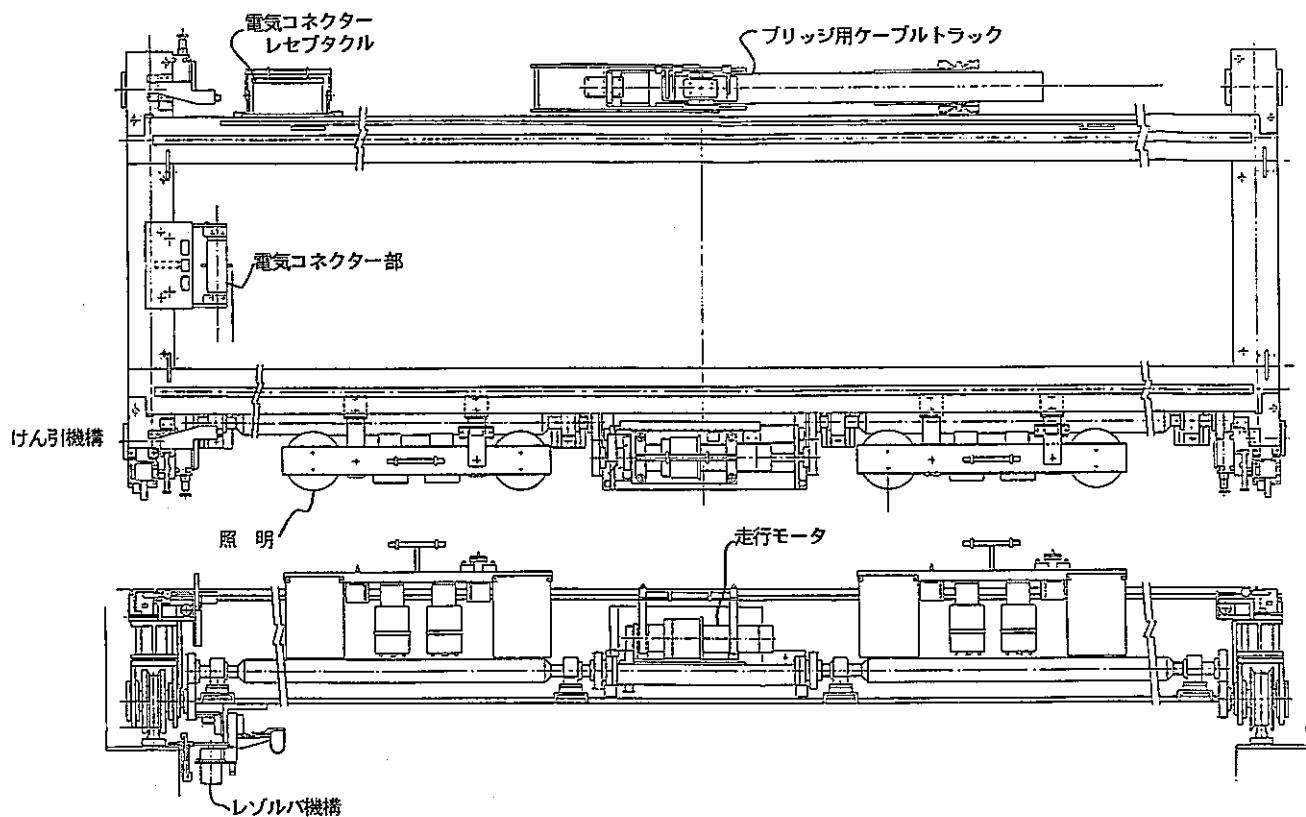


Fig. 6-1 試験セルパワーマニピレータ用ブリッジ (1)

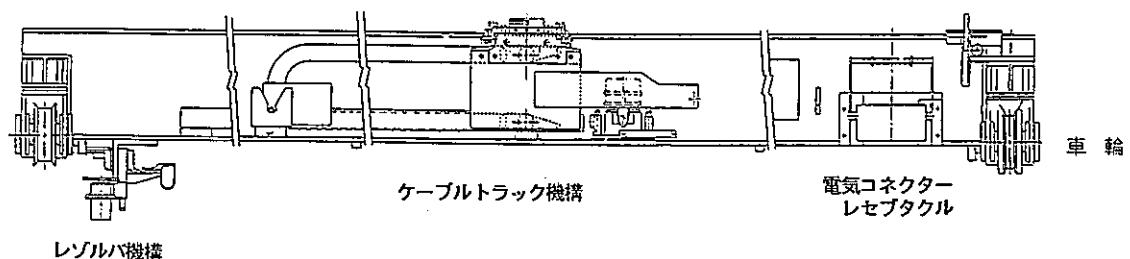
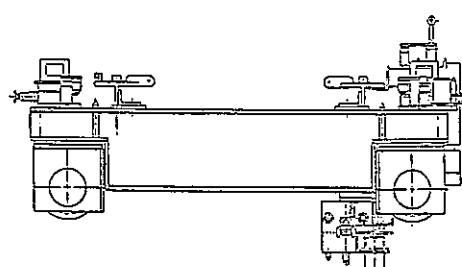


Fig. 6-2 試験セルパワーマニピレータ用ブリッジ (2)

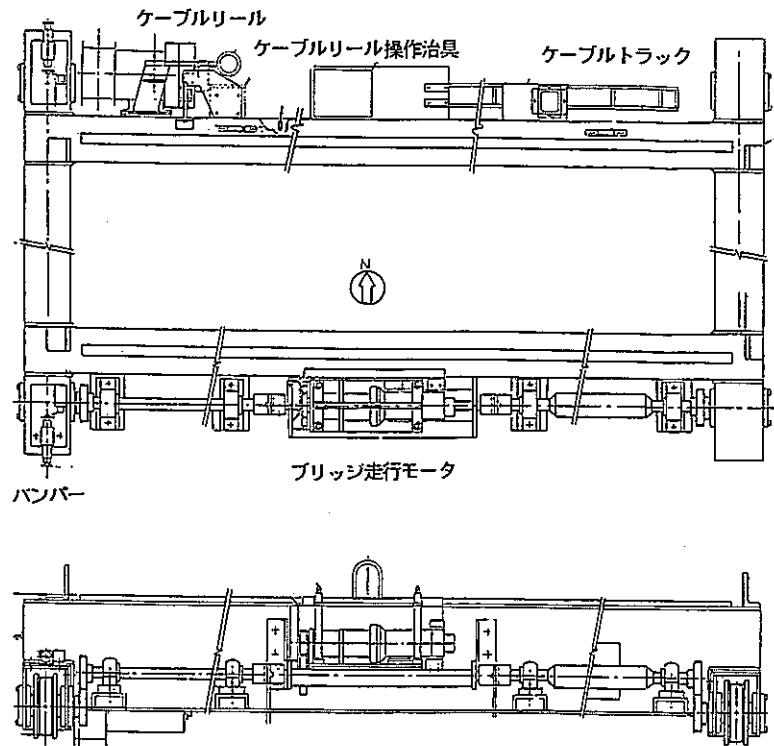


Fig. 6-3 除染セルインセルクレーン用ブリッジ

試験セルのパワーマニプレータブリッジ用レールは、自動運転における動作制御のために必要となる正確なトラッキングを行うため、特別な機械加工を行ったカムフオロワーを設置した。

### (3) ブリッジ走行機構

試験セルのブリッジ走行機構は、ブレーキモーター、ギヤボックス、クラッチ、ベースプレート、電気コネクター及び駆動ギヤから構成される。Fig. 6-4にブリッジ走行機構を示す。

これらは、全て遠隔による分解・組立が可能である。この遠隔分解組立の可能なユニットは、単純な上下動作により取り付け、取り外しができる構造である。この方

法は、T型バーをパワーマニプレータのロボットアームに取付けたダブルフックを用いて、各々のベースプレートにガイドされながら取付けることにより着脱を行う。

試験セル用パワーマニプレータの走行モーターは、直流サーボモーターでこれには、スプリングセットブレーキ、低バックラッシュギア、レデューサ、電磁クラッチ等が付いている。また、試験セル用インセルクレーンの走行モーターは、直流のギアモーターでモーターの出力シャフトには、ソレノイド作動クラッチを設けてある。

ブレーキモーターのクラッチは、モーター電源をOFFにすることでソレノイドとそのスプリング機構により、モーターの駆動用ギヤと離れてフリーとなる構造とし

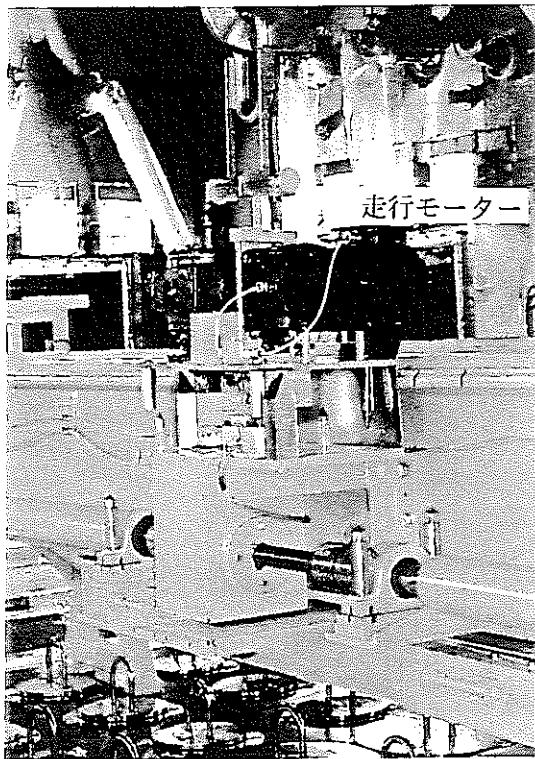


Fig. 6-4 ブリッジ走行機構

た。このことにより、異常が発生した走行モーターを交換する場合に、けん引機構によりブリッジを任意の場所に移動することが可能となる。ブリッジのけん引機構を Fig. 6-5 に示す。

また、走行モーターの着脱は、ベースプレートに取り付けられたガイドピンによって正確に位置決めを行うことができる。電気コネクタも同様にガイドピン及びガイドブッシュによって接続時の衝撃をなくし、確実に接続ができる設計である。電気コネクタの接続は、走行モータを着脱するだけで、自動的に接続あるいは解放されることになる。

除染セルのブリッジ走行機構は、走行モータ、ギヤボックス、クラッチ及びブレーキから構成する。これらの走行機構

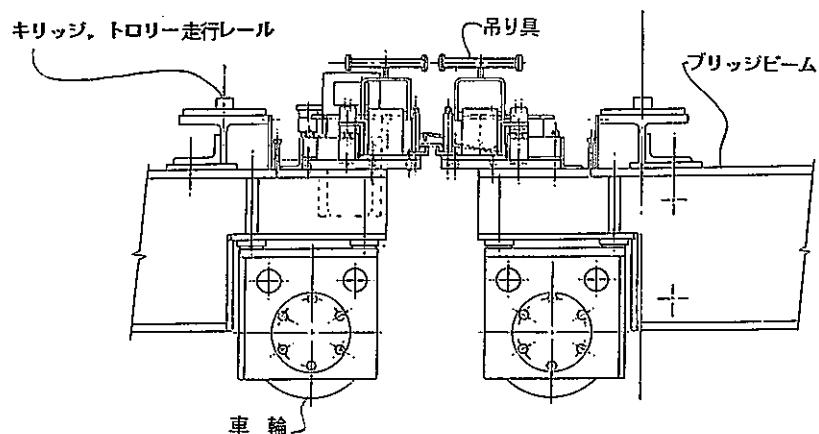
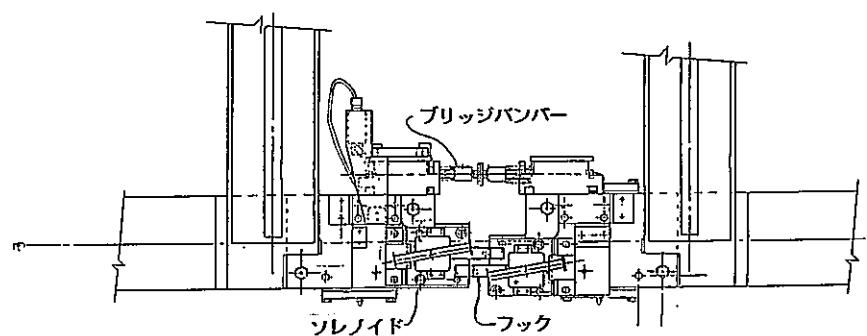


Fig. 6-5 ブリッジけん引機構

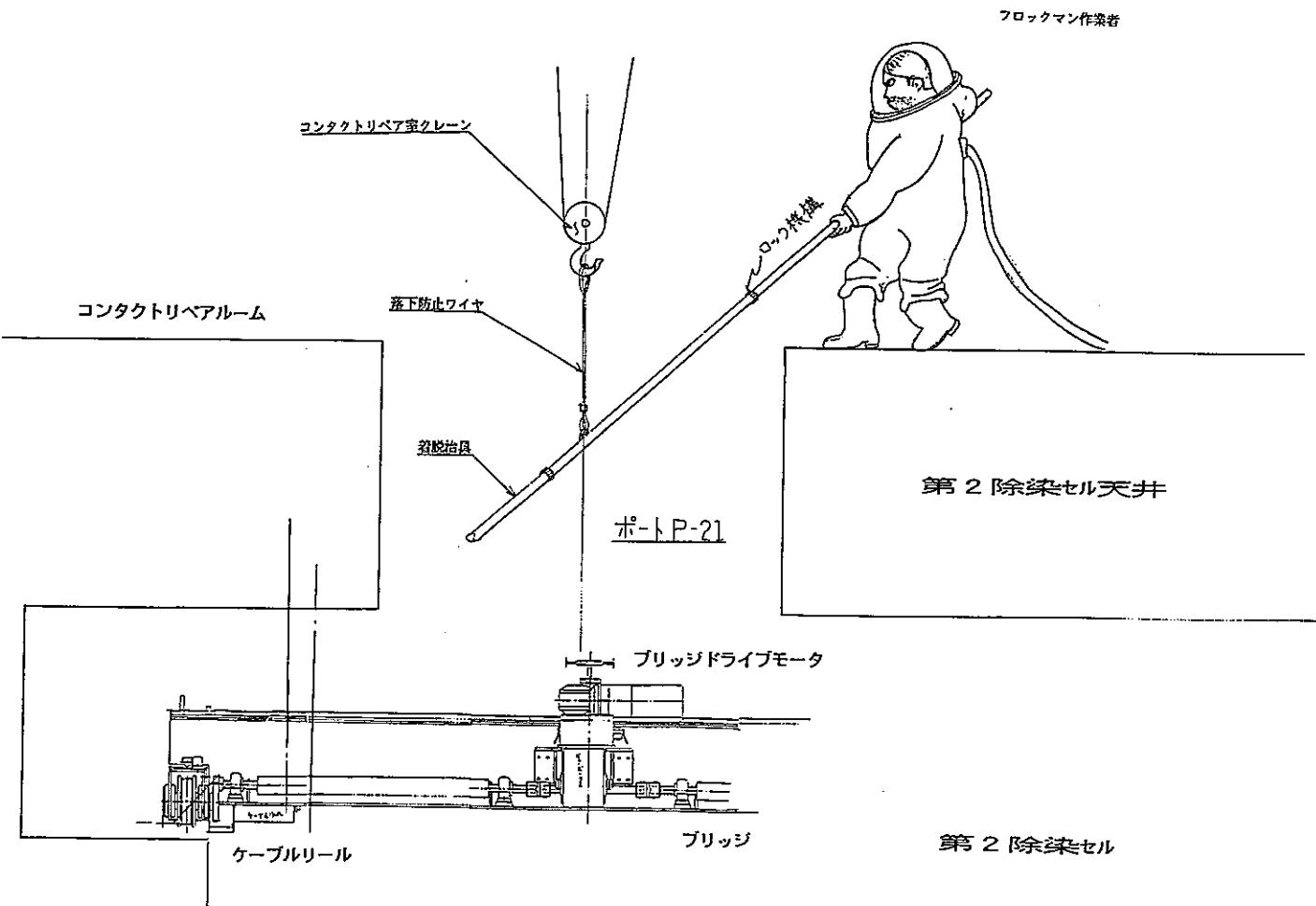


Fig. 6 - 6 除染セルブリッジ走行機構着脱概念図

は、除染セルの天井部に設置されているコンタクトリペアルームのポートP-21を通して、コンタクトリペアクレーン及びフロッグマン作業者により着脱できる構造である。着脱概念図をFig. 6-6に示す。

試験セルのブリッジの駆動は、走行モーターからクロスシャフトを通してブリッジホイールに伝達する。

このクロスシャフトは、走行モーターを中心に対称に1対で構成され、両端のベアリングブロックのボルトを取り外すことで、専用の治具により持ち上げるだけで容

易に着脱が可能である。ただし、この作業はブリッジをセル床に降ろした状態で行う必要がある。なお、除染セルで用いるブリッジのクロスシャフトは、着脱を考慮した設計ではない。

#### (4) ホイールモジュール（車輪機構）

試験セルのインセルクレーン、パワーマニプレータのブリッジ車輪の構造は、全て同様な構造を有している。但し、駆動輪については、駆動用ギヤを取り付けている。また、ブリッジをセル床に降ろした状態で、

遠隔により分解着脱が可能な構造としてある。それぞれの車輪は、トラックビームの端に2対のガイドピンと2本の遠隔ボルトで固定してある。車輪への給油は、ホイールペアリングに遠隔でグリースアップできるようにし、そのうえ潤滑保護とホコリの混入を防ぐために全体カバーを施した。

試験セル用パワーマニプレータの車輪は、自動搬送機能の精度を確保するために、セルの西側の車輪が東側の車輪と比べてレール上を確実にガイドするようなトレッドとなっている。

Fig. 6-7 に車輪の構造図を示す。

#### (5) ケーブルトラック

試験セルのブリッジとトロリー、キャリッジあるいは壁とブリッジ間のケーブルの取扱いは、自在なチェーン形式のケーブルトラックをセルの東西方向に各機器に一式づつ設けてある。

Fig. 6-8 にブリッジ取付用のケーブルトラックを、Fig. 6-9 にその外観を示す。また、Fig. 6-10 に壁取付用のケーブルトラックの構造を示す。

ケーブルトラックの一端は、動作する機器側（ブリッジに対するトロリーやキャリッジ）に取付け、もう一端は、動作する

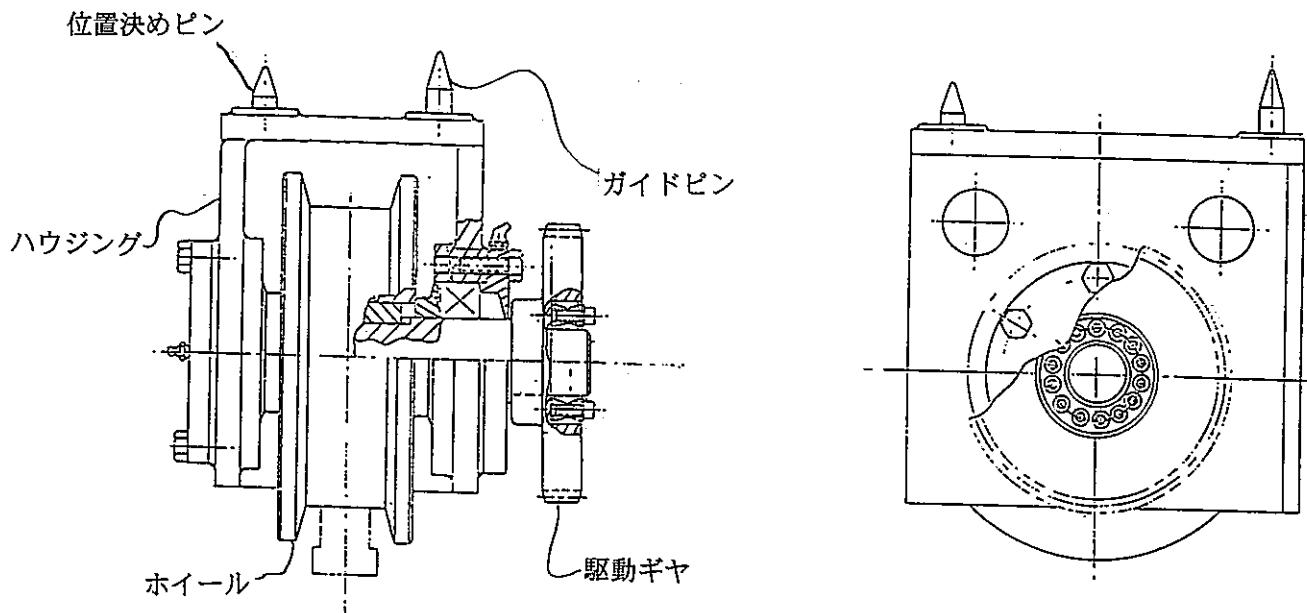


Fig. 6-7 ブリッジ走行用車輪機構

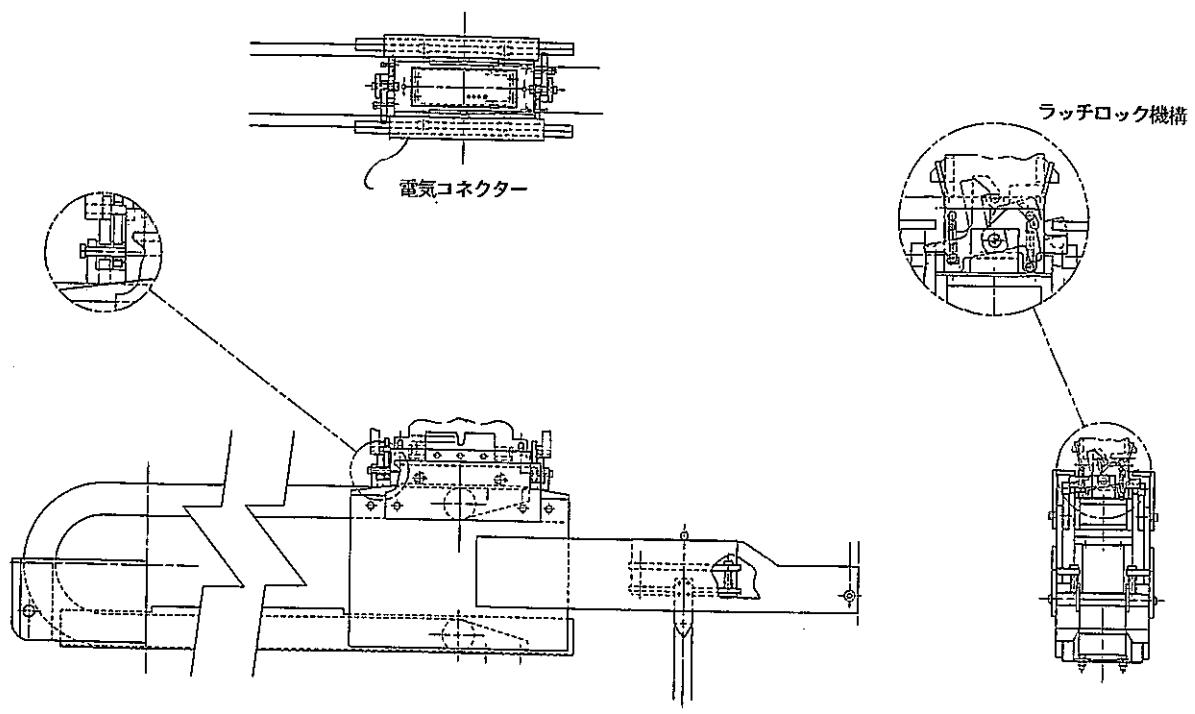


Fig. 6 - 8 ブリッジ取付け用ケーブルトラック概略図

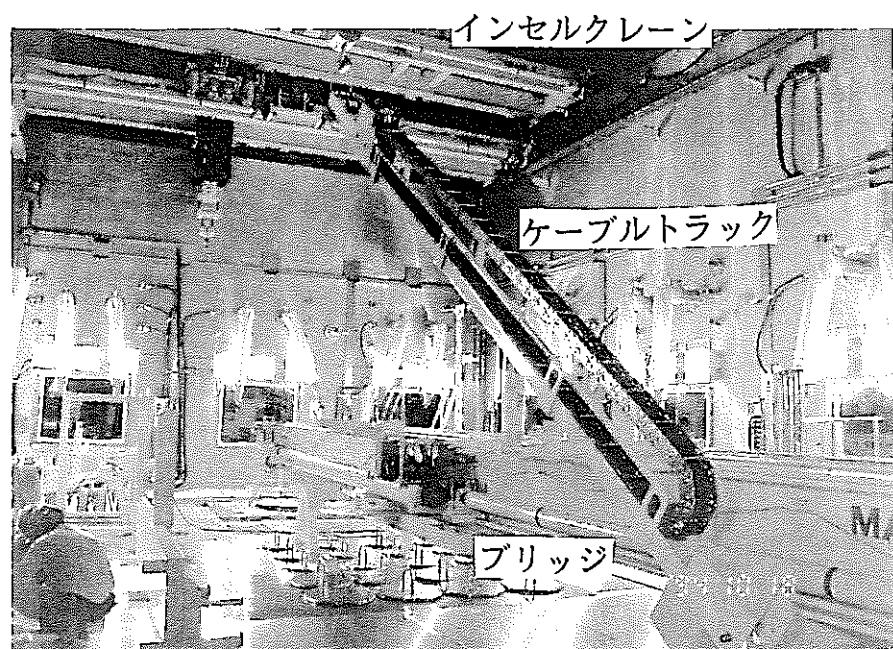


Fig. 6 - 9 ブリッジ取付け用ケーブルトラック外観図

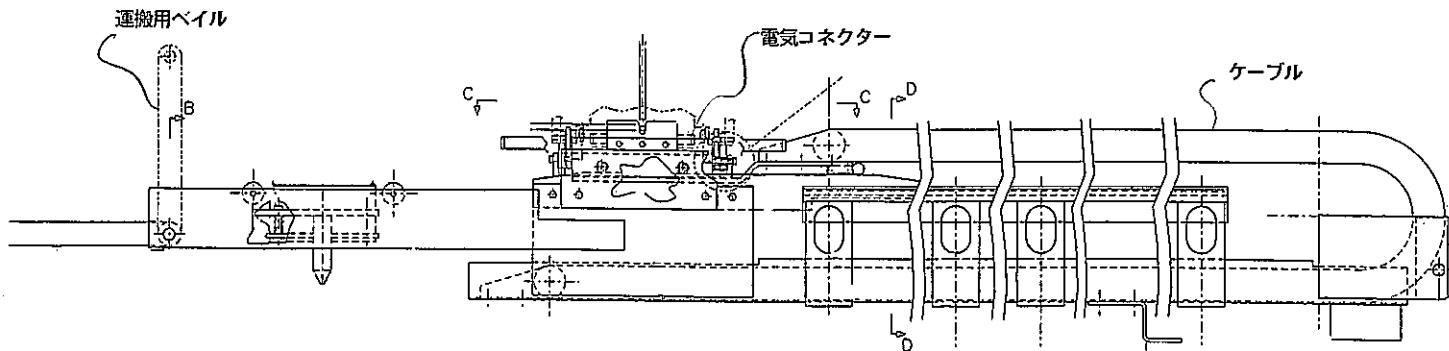


Fig. 6 - 1 0 壁取付け用ケーブルトラック概略図

機器に対して静止している部分（トロリー、キャリッジに対するブリッジ）に固定する。

ケーブルトラックの下部をガイド及びサポートするために、サポートフレームを取付けてある。また、着脱性を向上させるために、先端に棒状の取手を設けた。

ケーブルトラックの移動する上部部分をサポートするために、必要な箇所にサポートローラを取り付けた。このサポートローラはセル壁に取付け、スムースなケーブルトラックの動きを実現させるものである。

サポートローラをFig. 6 - 1 1 に示す。

移動部の端末には、上部、下部給電コネクターを保持するための機構を取り付け、ブリッジあるいはトロリー着脱時に、自動的にコネクターの分離、接続ができる構造とした。

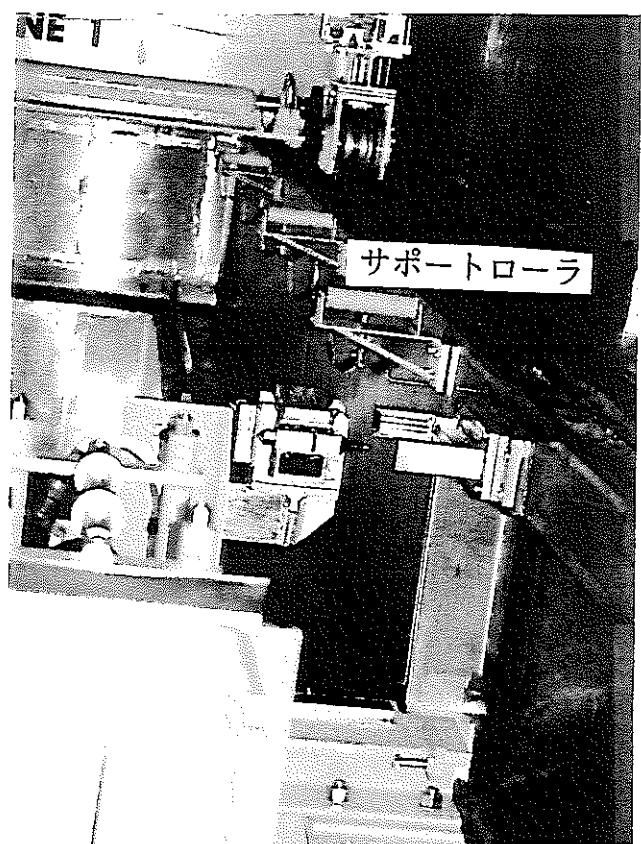


Fig. 6 - 1 1 サポートローラ

ブリッジに取り付けてあるトロリー用のケーブルトラックは、ブリッジをセル床上に吊り降ろした後でなければ取り外すことはできない。

セルの側壁に取り付けてあるケーブルトラックは、ブリッジを取り外した後に、遠隔操作により取り外すことができる。ケーブルは、遠隔操作で壁の遠隔コネクターから着脱することができる機構である。

除染セルのブリッジとトロリー、キャリッジとのケーブル取扱いのシステムは、試験セルと同様にケーブルトラックタイプを用いた。但し、トロリー、キャリッジの電気コネクターは、二分割タイプであるが、ハウジングの固定方法を変更している。

また、除染セルブリッジに電源を供給するシステムは、試験セルのケーブルトラックとは異なり、ケーブルリール方式を用いている。このケーブルリールは、3階コンタクトリペアルームからフロッグマン作業者が専用治具を用いることで取外しできる

機構とした。

#### (6) リミットスイッチ、衝突バンパー

試験セルのブリッジは、遠隔分解により着脱可能なリミットスイッチを取り付けている。ブリッジの走行端で働き、ブリッジ走行モータの電源を切断する。リミットスイッチをFig. 6-1 2に示す。

リミットスイッチの遠隔着脱は、専用治具を用いることにより、ブリッジを床に降ろすことなく、走行レールに設置してある状態で可能である。他の全てのコンポーネントは、電気的な接続、ケーブルリング、ハンドリングの関係から、ブリッジをセル床に降ろした状態で着脱することになる。

衝突スイッチとブリッジバンパーは、試験セルのブリッジに取り付けてある。

この目的は、二台のブリッジが接触した時に、危険回避のためブリッジの走行を停止させる目的のリミットスイッチとバンパーにより衝撃力を吸収させるためのもの

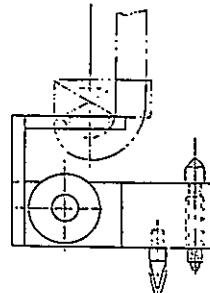
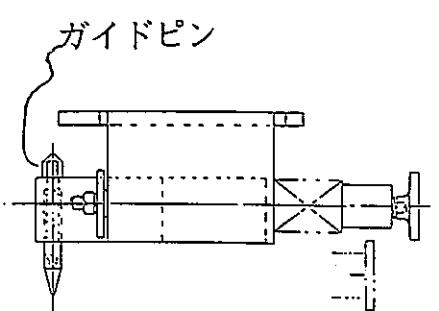
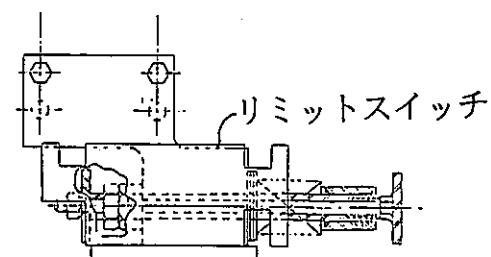


Fig. 6-1 2 ブリッジ走行用リミットスイッチ

である。これらは、ケーブルが接続されているため、ブリッジをセル床に降ろした状態でなければ遠隔着脱が不可能である。除染セルブリッジの衝突スイッチ及びバンパーに異常が生じた場合は、直接保守が必要となる。

除染セルでは、ブリッジが1台であるため、ブリッジ走行端において、リミットス

イッチ及びバンパーが機能する。ブリッジバンパーは、二台のブリッジが最大スピードで衝突した場合の衝撃荷重約700kgを上回るスプリング強度とした。Fig. 6-13にブリッジバンパーの概略図を示す。また、Fig. 6-14にその外観図を示す。

#### (7) ブリッジライト

試験セルのパワーマニプレータ用ブリッ

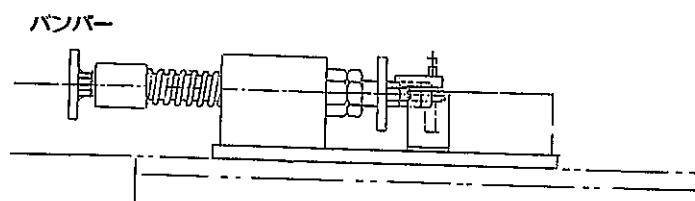


Fig. 6-13 ブリッジ走行用バンパー

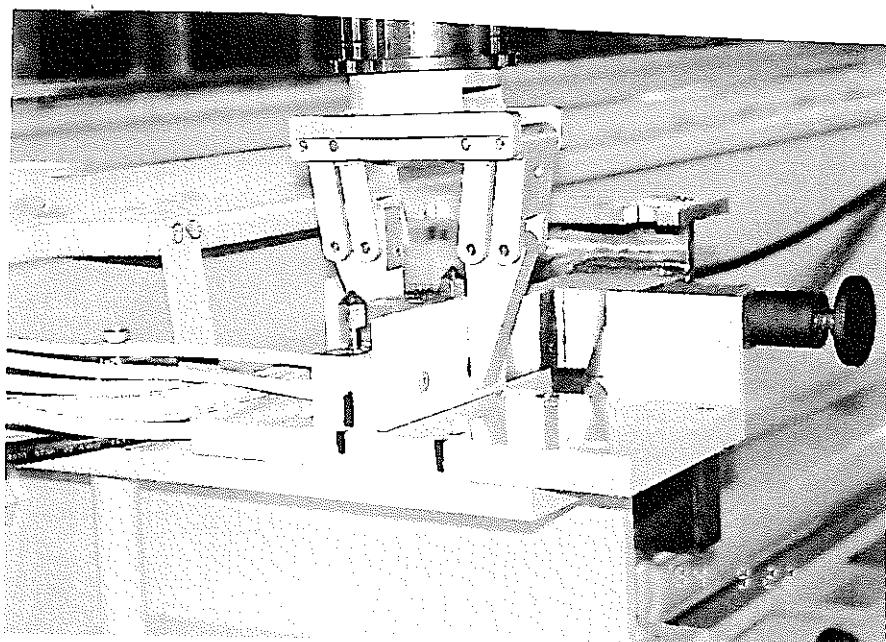


Fig. 6-14 ブリッジ走行用バンパー外観図

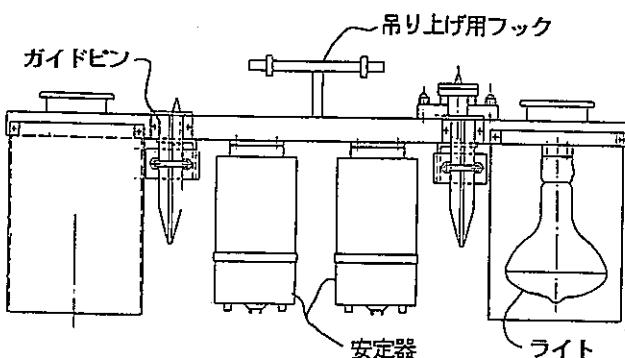
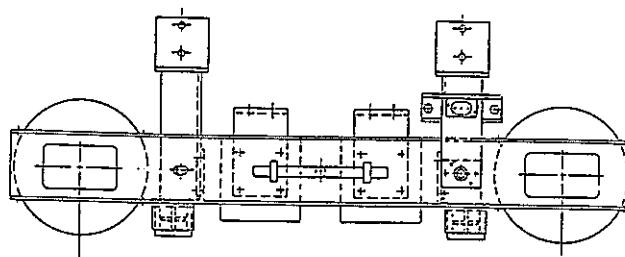


Fig. 6-15 試験セルパワーマニプレータ用照明

ジには、1基2台の照明を取付けた2基のライトを取り付けてある。Fig. 6-15にブリッジ照明機構を示す。また、このライトは、後述するロボットアームを用いて、機器等の取扱作業を実施する場合の局所照明の役割を果たすものである。

このライトは、1基400ワットの水銀照明である。照明交換の必要が生じた場合は、ブリッジがレール上にあっても、専用治具により照明をセル床に降ろすことが可能である。但し、水銀ライトそのものの交換は、コンタクトリペアルームに移送した後に、作業者により交換しなければならない。

除染セルのパワーマニプレータ用ブリッジは、試験セル作業より細かな作業が軽減されるため、照明は取り付けていない。

#### (8) ブリッジレゾルバ

試験セル用パワーマニプレータのブリッジは、自動搬送時の位置制御を行うのに必要なレゾルバを備えてある。このレゾルバは、ブリッジ下部に取付けてありレゾルバシステムとピニオンギアで構成してある。このピニオンギアと壁に取付けてあるラックギアにより、走行時の位置制御を正確に行うものである。Fig. 6-16にレゾルバの概略を示す。また、Fig. 6-17に取り外した状態を示す。

#### 6.1.2 クレーントロリー

##### (1) 概要

クレーントロリーの概略図をFig. 6-18及びFig. 6-19に記載する。また、その外形をFig. 6-20に示す。そして除染セル用インセルクレーンのトロリーをFig. 6-21

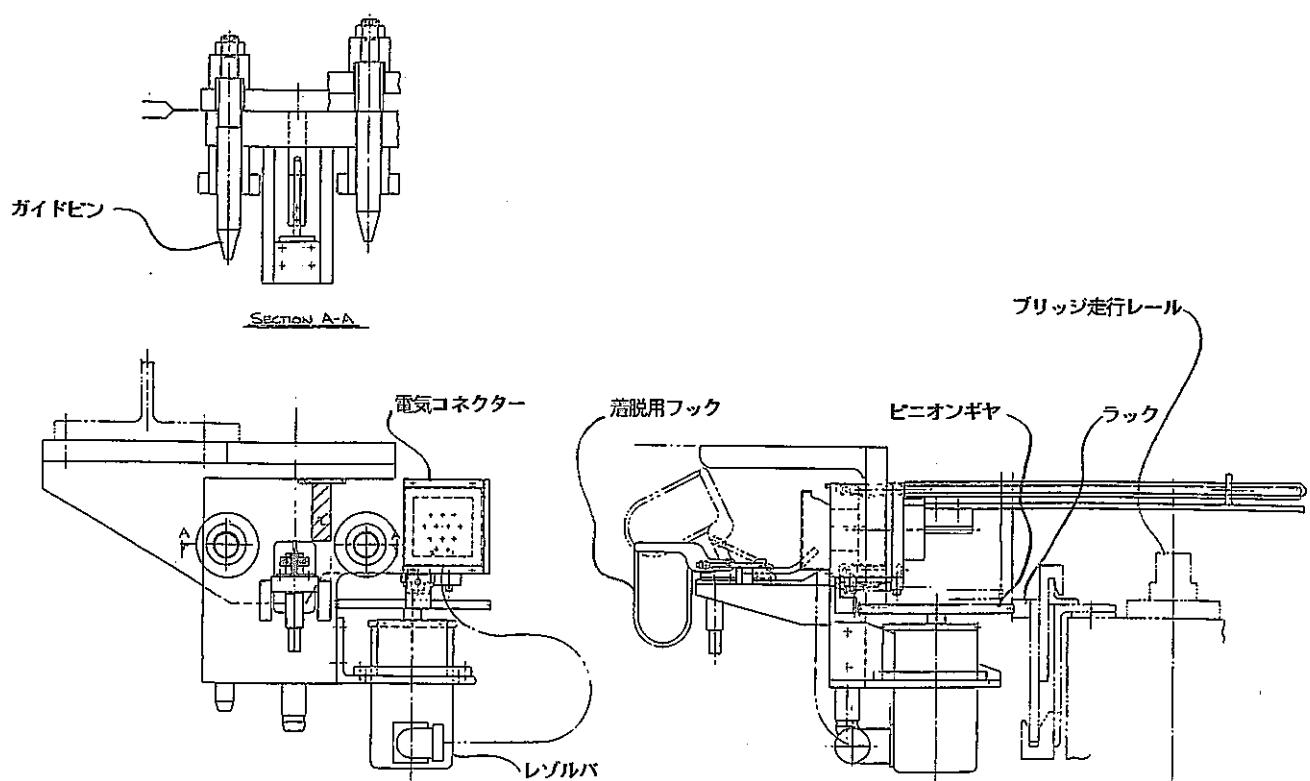


Fig. 6 - 1 6 試験セルパワーマニプレータ用レゾルバ機構

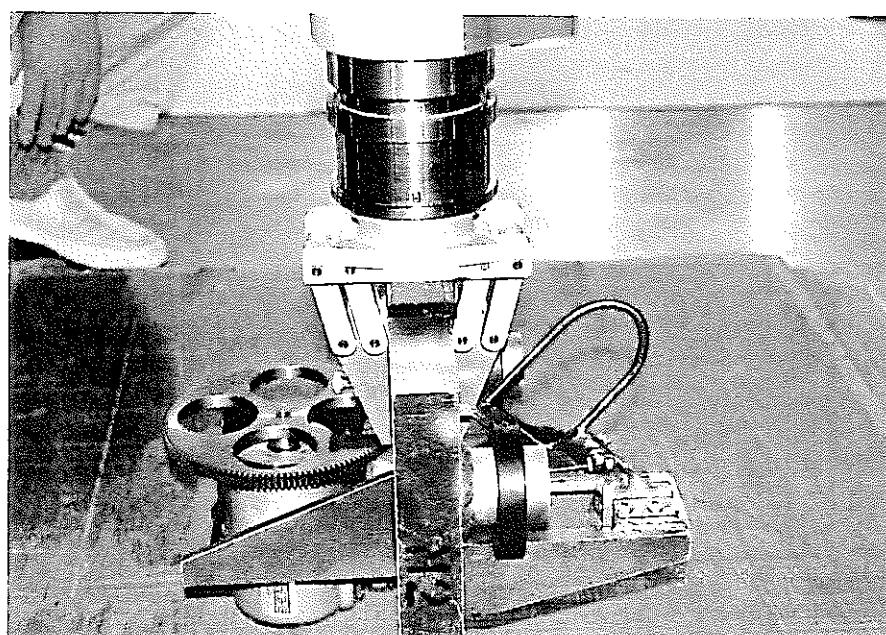


Fig. 6 - 1 7 試験セルパワーマニプレータ用レゾルバ機構取り外し外観図

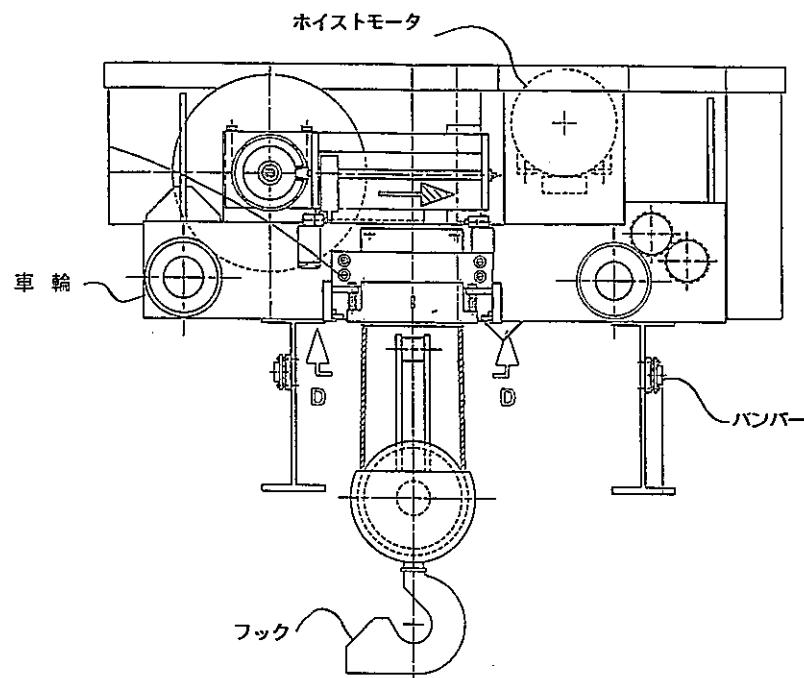


Fig. 6-18 試験セル用インセルクレーントロリー（1）

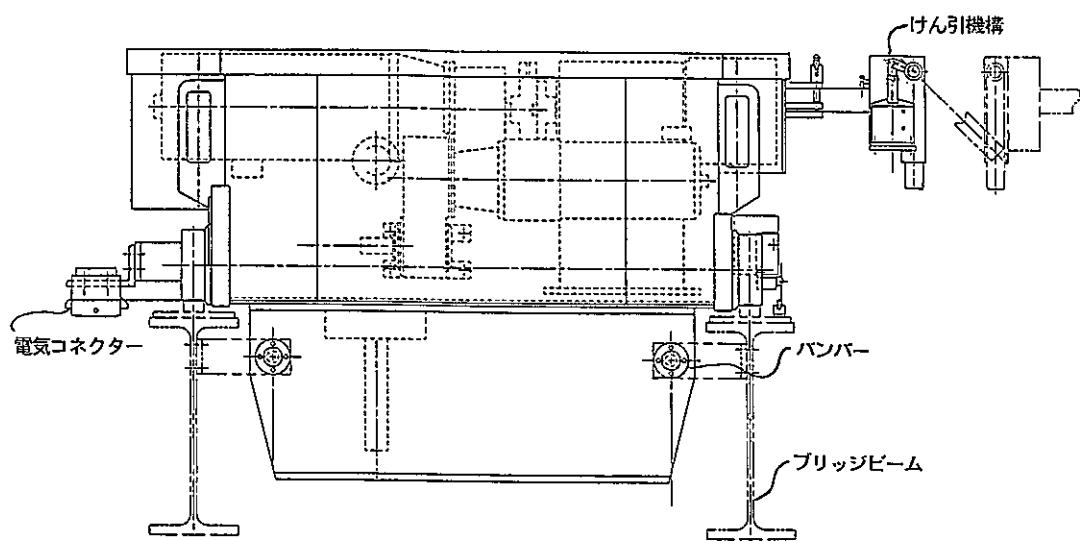


Fig. 6-19 試験セル用インセルクレーントロリー（2）

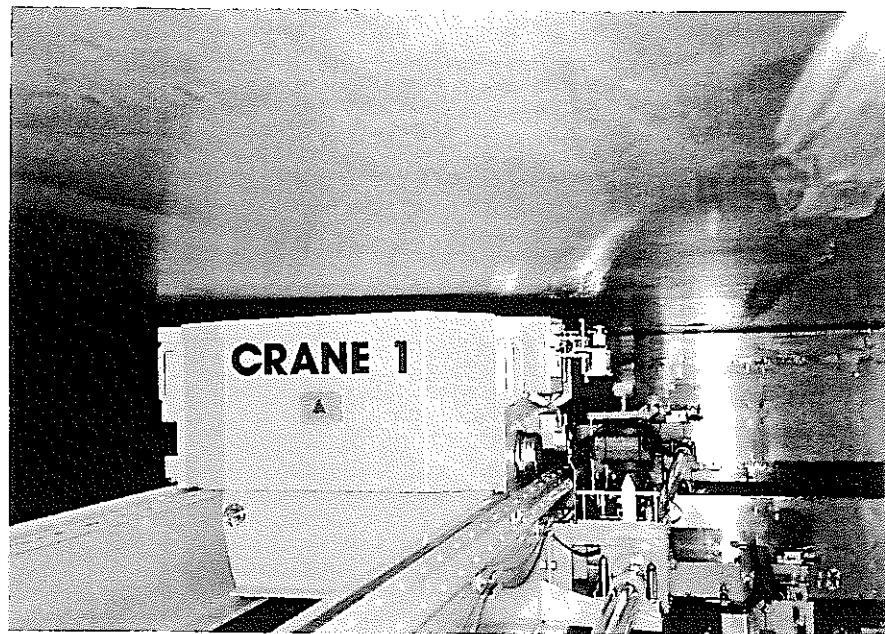


Fig. 6 - 2 0 試験セル用インセルクレーントロリー外観図

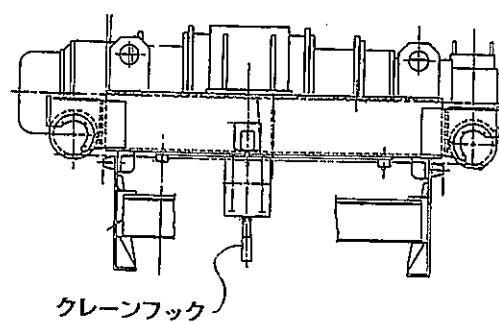
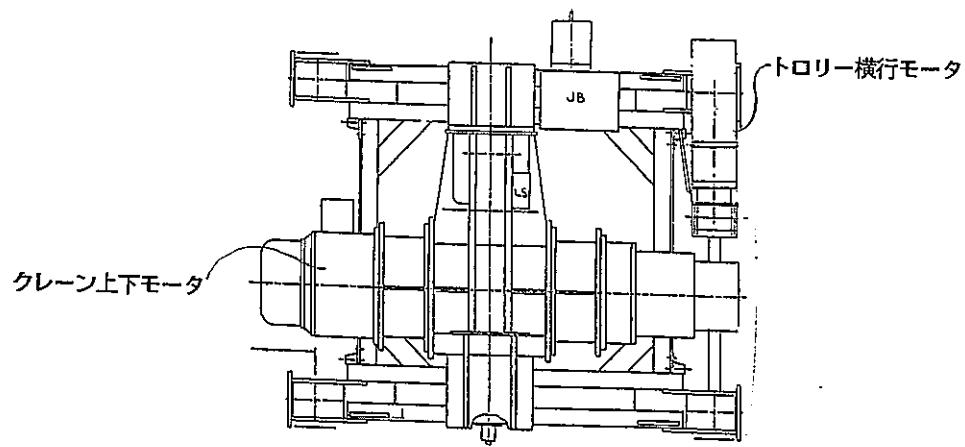


Fig. 6 - 2 1 除染セル用インセルクレーントロリー

に示す。

クレーントロリーは、吊り上げ許容荷重を2.8トンとした。また、ホイストの昇降スピードは、最大2.5m／分（可変）である。フック揚程は、最大13.4mである。トロリーの横行スピードは最大7m／分（可変）であり、安全対策としてメカニカルブレーキ及び電磁ブレーキを取り付けた。

試験セルトロリーは、専用のリフティング治具を用いてリペアホイストにより、ブリッジ上からセル床下に遠隔操作で着脱が可能である。床に降ろしたトロリーのドライブユニット、リミットスイッチ、カバーはパワーマニプレータを用いて、全て遠隔操作での分解・組立が可能である。このトロリーは、セルの床に直接置くことが可能である。

除染セルトロリーは、コンタクトリペアルームからポートP-21を通してリペアルーム内クレーンと専用治具を用いてコンタクトリペアルームに吊り上げることができるようにした。したがってメンテナンスは、トロリーごとフロッグマン作業者による直接保守となる。

除染セル用トロリーは、工業用のトロリーにセル内使用のため、次の点を改良した。

- ・クレーンフックを試験セル用と同じにした。
- ・トロリー横行モーターとギアレデューサの間に電動クラッチをいれて、電源オフの時に車輪が自由に回るようにした。
- ・トロリーアーム下部のフレームは、保守用のスタンド及び着脱時のガイドとなるようにした。
- ・着脱時の吊り具、リミットスイッチ、トロリー／ブリッジのジャンクションボックスを取付けた。

試験セルトロリーには、ブリッジと同様に異常時の救援としてけん引機構を取り付けた。この機構により、一台のトロリーに故障が発生した場合であっても、リペアホイストの真下にトロリーを移動することができ、セル床へトロリーを吊り下げることが可能となる。

## (2) ホイスト駆動機構

試験セル用のホイスト駆動機構は、スリップクラッチとラッチが付いている直流ギヤモーター、それにモーターから出ている駆動シャフトとカップリングで接続されている減速機で構成する。Fig. 6-2 2に駆動機構を示す。ギヤモーターは、トロリーのベースプレートに取付けており、遠隔による着脱のため、ペイルとガイドプレートを取付けてある。Fig. 6-2 3にギヤモーターの概略図を示す。

電気コネクターは、ホイスト駆動機構の各モーターを所定の位置にセットするだけで、自動的に電気プラグを接続できるレセプタクルとした。このことにより電気コネクター接続時のわずらわしさを解消するものである。

ラフな案内から正確な位置決めプラグがホイストの上下用モーター、減速機の正しい位置調整ができるように保証している。また、ロックピンによりトロリー本体に確実に固定する。これらのガイドにより、ホイスト駆動機構の遠隔着脱時における傾きなどによる着脱時のミスを防止することができる。

減速機はホイルケース内に封入されたロードブレーキを有している。

除染セル用のトロリーは、故障時などにはトロリーをコンタクトリペアルームに搬入して、修理を行う。このことから、試験セルのような完全な遠隔分解性能を有しておらず、一般的な産業界で使用しているク

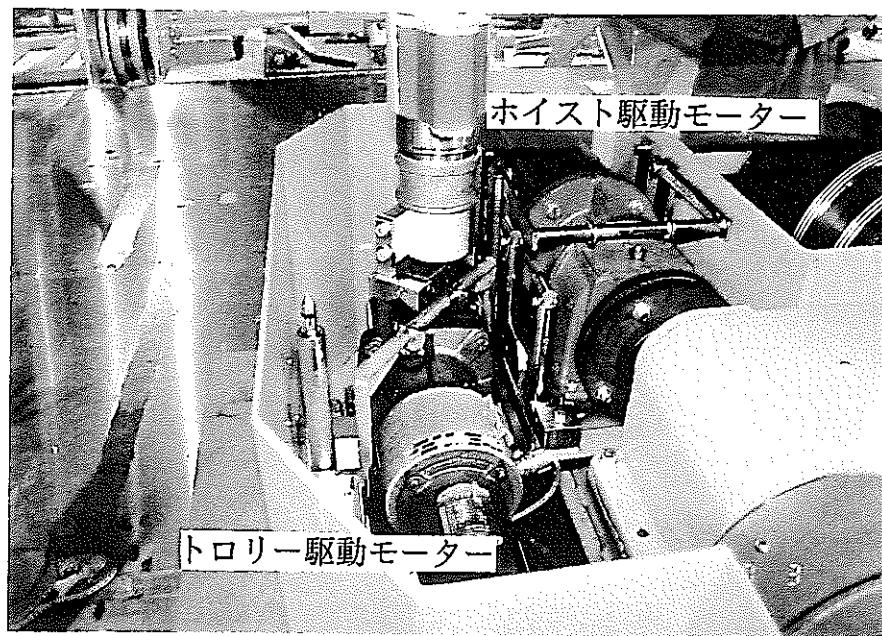


Fig. 6 - 2 2 試験セルクレーントロリー駆動機構

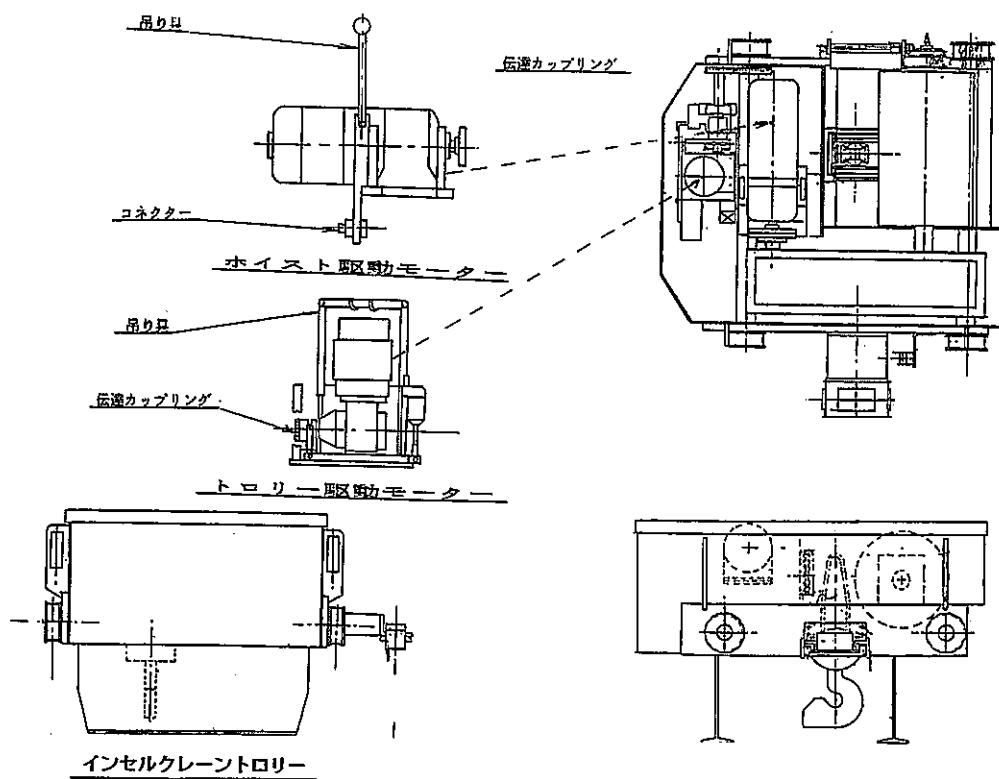


Fig. 6 - 2 3 トロリー駆動モーター概略図

レントロリーをベースに改良を加えたものを使用した。但し、その能力は試験セル用と同じである。

### (3) トロリーの駆動機構

試験セル用トロリーの駆動ユニットは、ブレーキ付きギヤモータ、ソレノイド、ラッチ付クラッチとアクチュエータ機構から構成する。これらの各ユニットは、ベースプレートに遠隔分解組立用のペールを用いることで取付けられている。

電気コネクターは、ホイスト駆動機構と同様な仕様とした。また、ユニットの固定方法も同様である。

ソレノイドとその動作機構は、ドライブモータのドライブシャフトと接続してある。ソレノイドへの電力がオフのとき、クラッチがモータシャフトから離れ、ホイールがフリーに回転することになる。

除染セル用トロリーの駆動は、一般産業界で用いられている標準的な機能を有している。ブレーキのオン-オフで車輪が自由になる。

### (4) リミットスイッチ

クレントロリーに用いられるリミットスイッチは、次の位置によって働くものである。

- ・ホイストアップリミット
- ・ホイストダウントリミット
- ・トロリー走行リミット

なお、トロリー走行リミットは、クレンブリッジに取付けてあるラグによりトロリーのリミットが働く構造とした。

## 6.1.3 パワーマニプレータキャリッジ

### (1) 概要

パワーマニプレータキャリッジは、4輪駆動ユニットとしている。この4輪駆動

は、後に述べる自動運転時の精度確保のため、各車輪に直接動力を与えることで、駆動時のタイムラグをなくし、より精密に駆動させるためである。また、ブリッジレールに沿って移動させるために、シールペアリング構造のカムフォロワーを取付けた。

4輪駆動のうち一つの軸は、ドライブモータからの駆動と同じ回転により動き、もう一つの軸はスプロケットとチェーンにより接続されて駆動する。テレスコピックチューブがキャリッジのフレーム内に取り付け吊るされており、垂直動作の機能をキャリッジで与えている。

試験セル用のキャリッジと除染セル用キャリッジの構造は、ほぼ同一である。

Fig. 6-24に試験セル用キャリッジの概略を、またFig. 6-25にその外形を示す。

試験セル用キャリッジは、テレスコピックチューブ先端からロボットアーム等を取り外した状態であれば、1回の操作でキャリッジをセル床面まで遠隔で取り外すことが可能である。

自動運転を制御するために、キャリッジの位置情報を制御システムへ提供するためのレゾルバ機構を試験セル用のキャリッジに取付けてある。

除染セル用のキャリッジは、除染セルのクレントロリーと同様に、専用治具により3階コンタクトリペアルームに搬出する。このためキャリッジの横行モータは、コンタクトリペアルーム内においてフロッギングマン作業者による直接保守作業となる。

試験セル用のキャリッジは、1台のキャリッジが故障した場合に備えて、ブリッジ同様の救援機構を設けた。この機構により、セル内のどの位置で異常が発生しても、セル床へ着脱ができ、リペアホイストの位置まで移動させることができる。

Fig. 6-26に救援のためのけん引機構を示す。

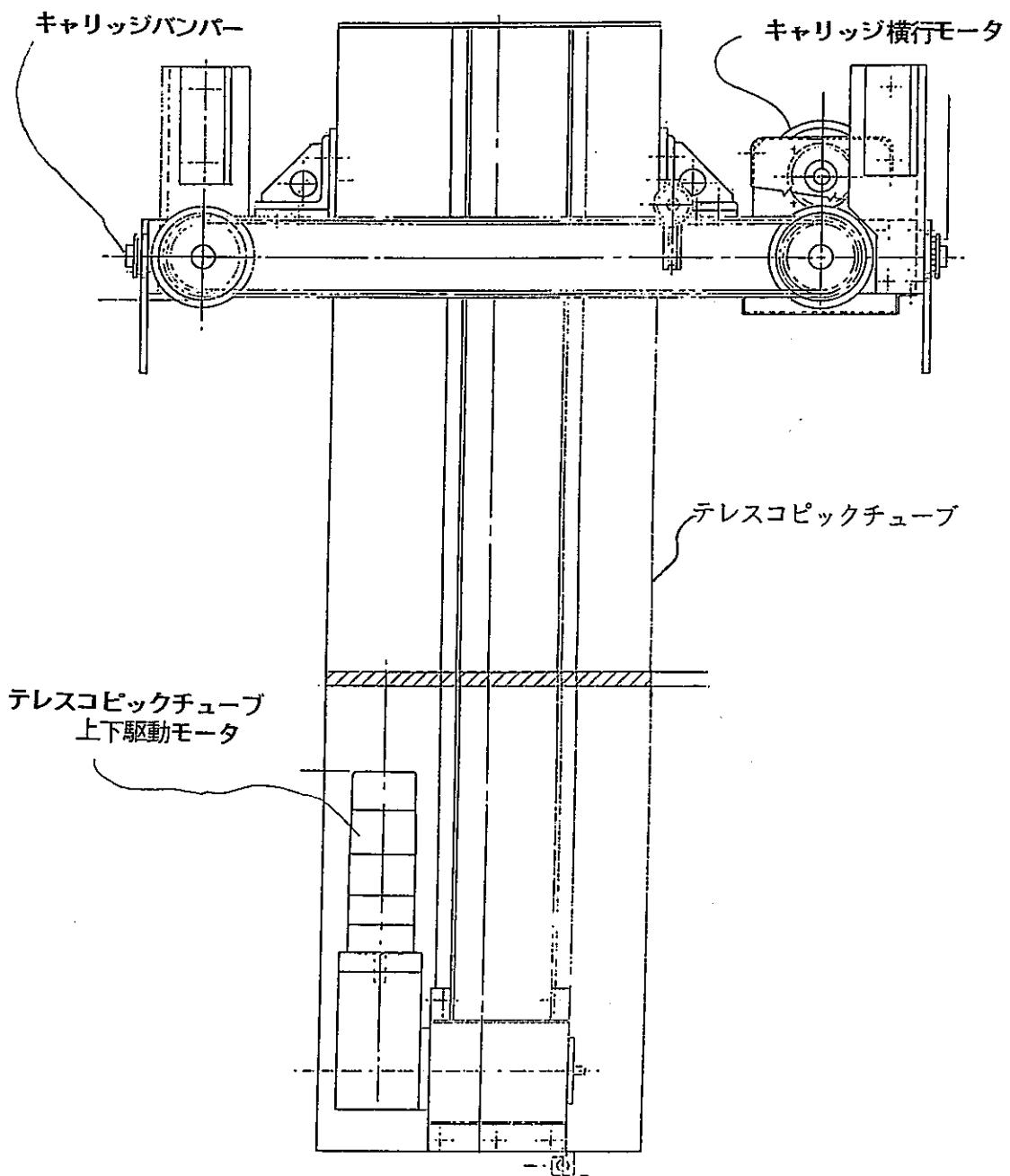


Fig. 6-24 パワーマニプレータキャリッジ概略図

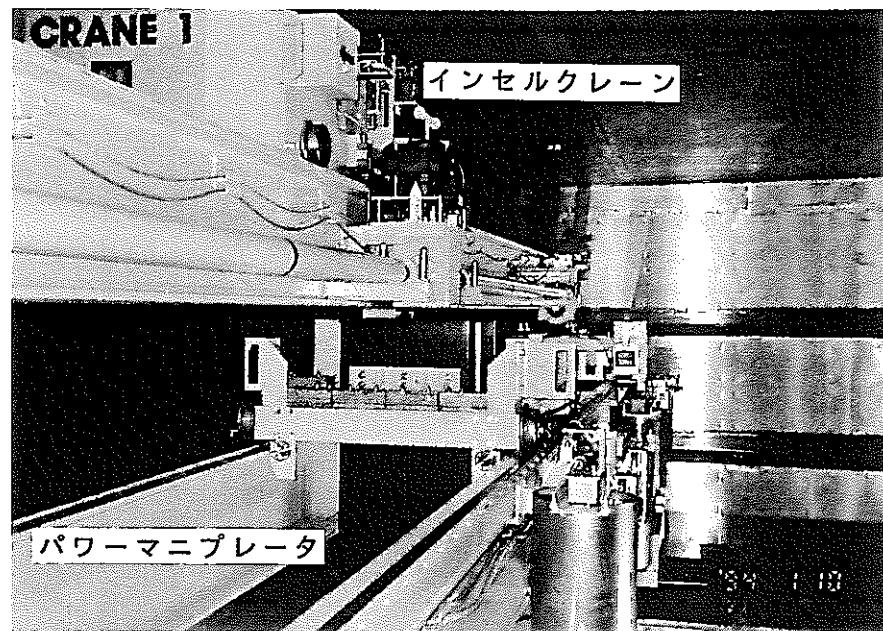


Fig. 6 - 2 5 設置後のパワーマニプレータキャリッジ（下段）

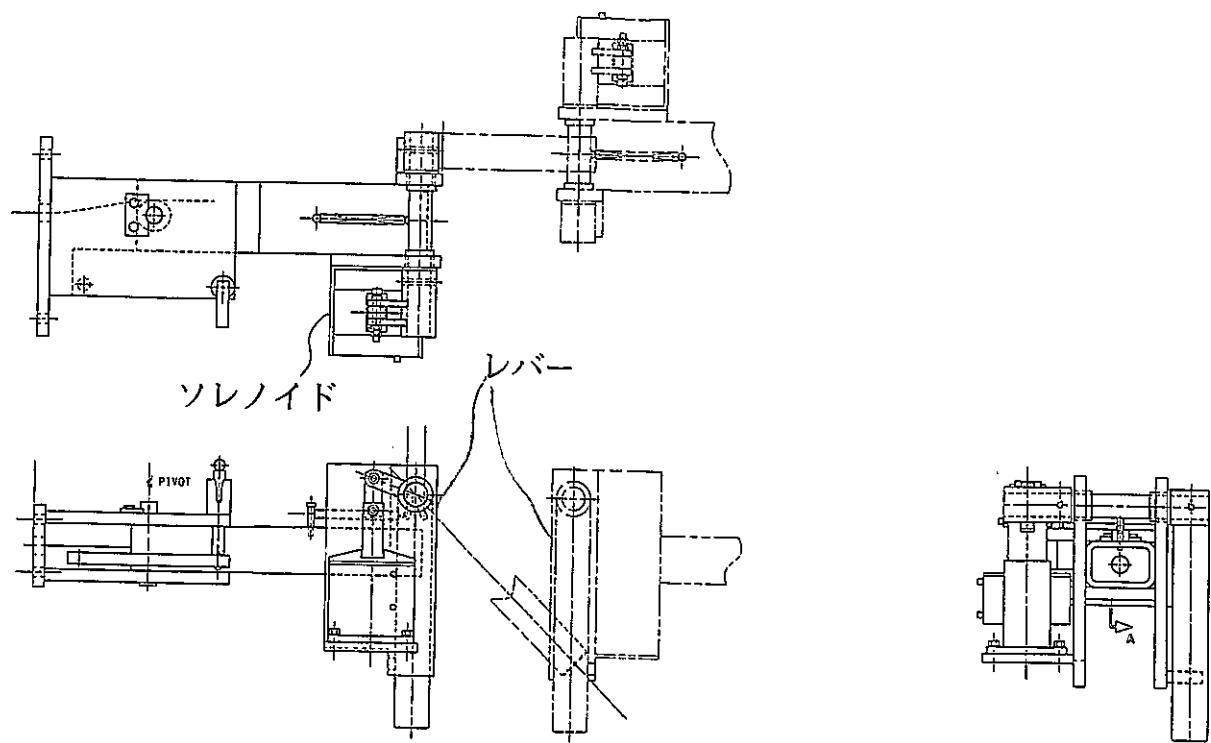


Fig. 6 - 2 6 キャリッジけん引機構

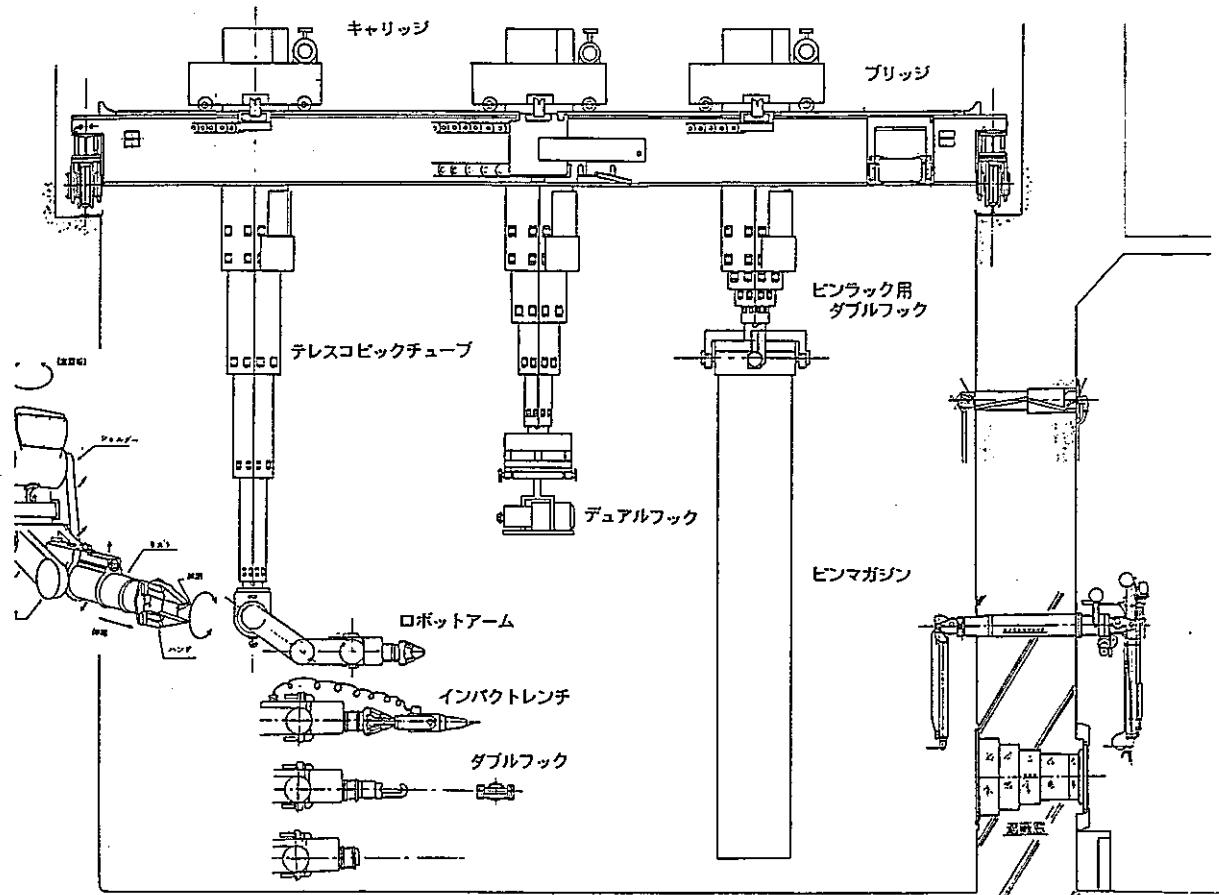


Fig. 6-27 パワーマニプレータ取扱モジュール

## (2) テレスコピックチューブホイスト

テレスコピックチューブホイストは、キャリッジから真下に動作するシステムである。このホイストは、4段の伸縮タイプの垂直テレスコピックチューブ、ホイストドライブ機構、そしてチューブ先端にマニプレータアーム等を取り付ける機構が組み込まれている。Fig. 6-27 にテレスコピックチューブ先端に取付ける種々のモジュールの取付け状態を示す。

二つのリミットスイッチがテレスコピックチューブの外筒の上部に取付けてある。一つのリミットスイッチは、チューブが上限まで来たときに作動するもので、他のリミットスイッチは、チューブを最長にした

場合に生じる動作用のケーブルのゆるみによって動作する下限のリミットスイッチである。上限のリミットスイッチが故障した場合、テレスコピックチューブはリミットスイッチ以上に上昇し、メカニカルラッチが働き最上端の位置でチューブをロックする。そして、ホイストケーブルが切断されたとしても、チューブが落ちることのないようにしている。

Fig. 6-28 にテレスコピックチューブの概略構造を示す。また、Fig. 6-29 に引き伸ばした状態のテレスコピックチューブを示す。

## (3) マニプレータアーム

マニプレータアームは、ショルダーの部

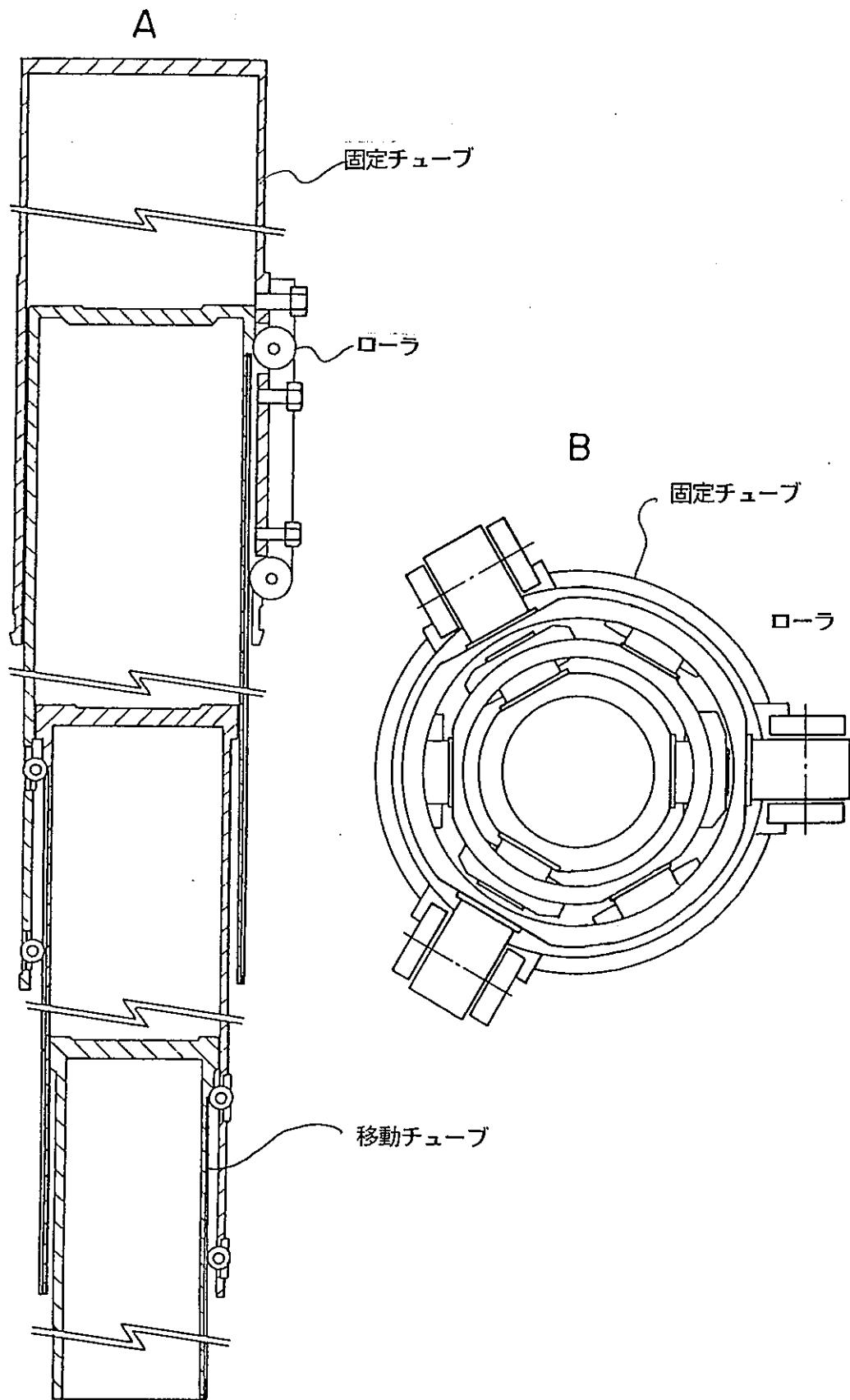


Fig. 6-28 テレスコピックチューブ概略構造図

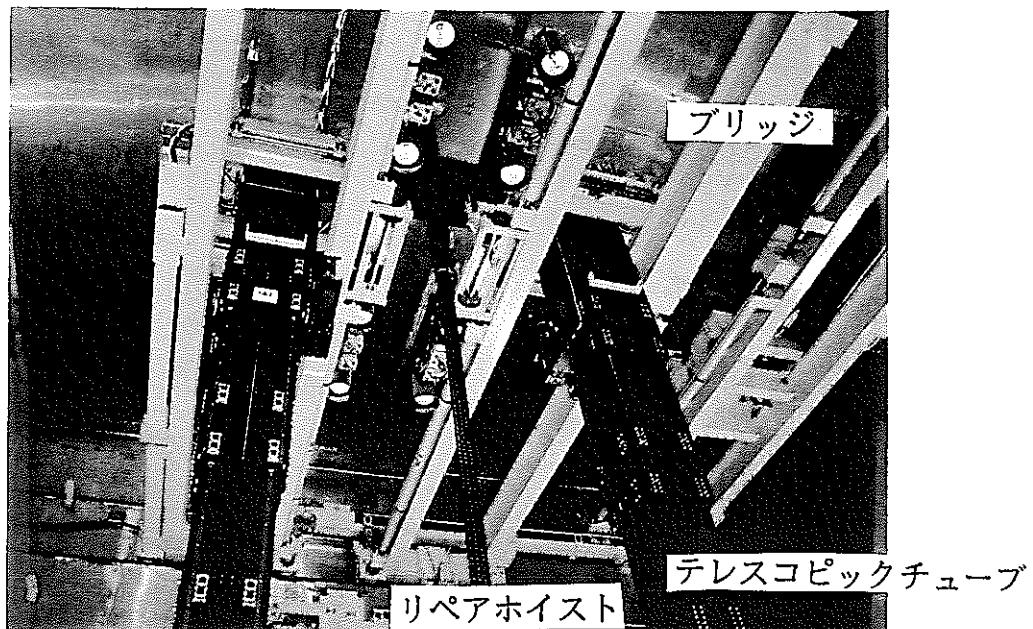


Fig. 6 - 2 9 テレスコピックチューブ

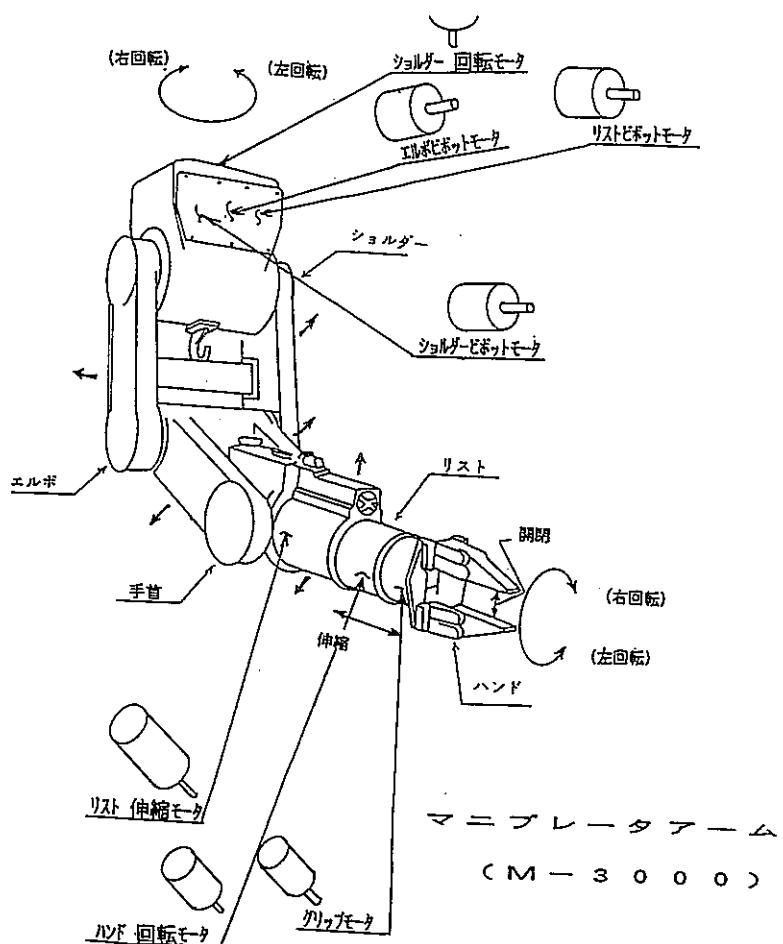


Fig. 6 - 3 0 マニプレーターム

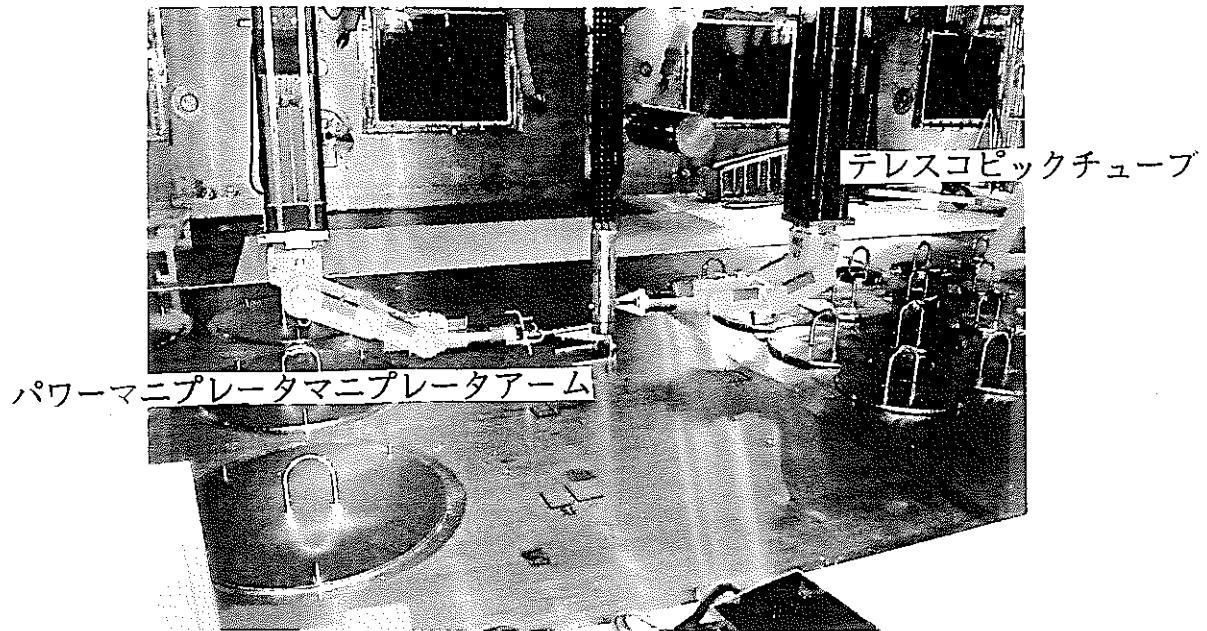


Fig. 6-31 マニプレータアーム外観図

分がテレスコピックチューブの下端部に挿入されることにより、キャリッジ本体にテレスコピックチューブを通して接続される。マニプレータアームの接続は、一本のピンをテレスコピックチューブ先端とマニプレータに付いている各々合致するリブに差し込むだけで、簡単に結合できる。

これにより、テレスコピックチューブからマニプレータアームがフリーになって落下することを防げる。

Fig. 6-30 にマニプレータアームの概略図を示す。また、2台のマニプレータアームをFig. 6-31 に示す。

マニプレータアームは、ショルダーの回転機構、エルボ機構、リスト機構を備えている。ショルダー部は、吊り上げ用フックを取り付け、450 kgの荷重の昇降が可能で

ある。リスト機構は、回転、先端の伸縮機構及び先端に取付けることができるハンドとフックの爪先開閉動作機構を有している。これらのハンドとフックは、手動でも遠隔でも容易に交換することが可能である。

以下にマニプレータアームの概略仕様を記載する。

- ・最大取扱荷重 : 68 kg

- ・ショルダー

- 回転角度：正逆無制限

- 回転力 : 2286 kg-Cm

- 屈折角度 : 250°

- 屈折速度 : 0 ~ 1.0 rpm(可変)

- 回転速度 : 0 ~ 3.5 rpm(可変)

- ・エルボー

- 屈折角度 : 260°

屈折速度：0～1.0 rpm(可変)

・リスト

回転角度：正逆無制限

回転力：480 kg-Cm(最大)

回転速度：7 rpm

伸縮距離：100 mm

伸縮力：68 kg

伸縮速度：380 mm/min

屈折角度：310°

屈折速度：0～1.0 rpm(可変)

リスト機構部には、機器の遠隔着脱時に行うボルトの開閉のために用いるインパクトレンチ用の電源アダプターを準備している。

次にハンドについて説明する。

ハンドは、マニプレータアームのリスト先端に挿入するもので、専用治具を用いて遠隔着脱できる構造としている。ハンドは、2本の爪を有し、ポータブルコントローラからの操作により、開閉を行う。ハ

ンドの概略仕様は次のとおりである。

開閉距離：125 mm

開閉速度：約380 mm/分

握力：0～90 kg

(4) ダブルフックモジュール

ダブルフックモジュールは、燃料ピンの収納されたピンラックを搬送するために必要となる回転可能なフックであり、試験セル内のマニプレータのみに用いるものである。このモジュールは、機械的にも電気的にも遠隔での着脱を可能とした。取付けは、テレスコピックチューブからマニプレータアームを取り外した状態で、テレスコピックチューブの下端に取付ける。

Fig. 6-3 2 に取付け状態を示す。

この場合の取付け方法は、マニプレータアームと同じでテレスコピックチューブ内にモジュールを挿入した後、一本の保持用ピンで固定する。この固定は、マスタース

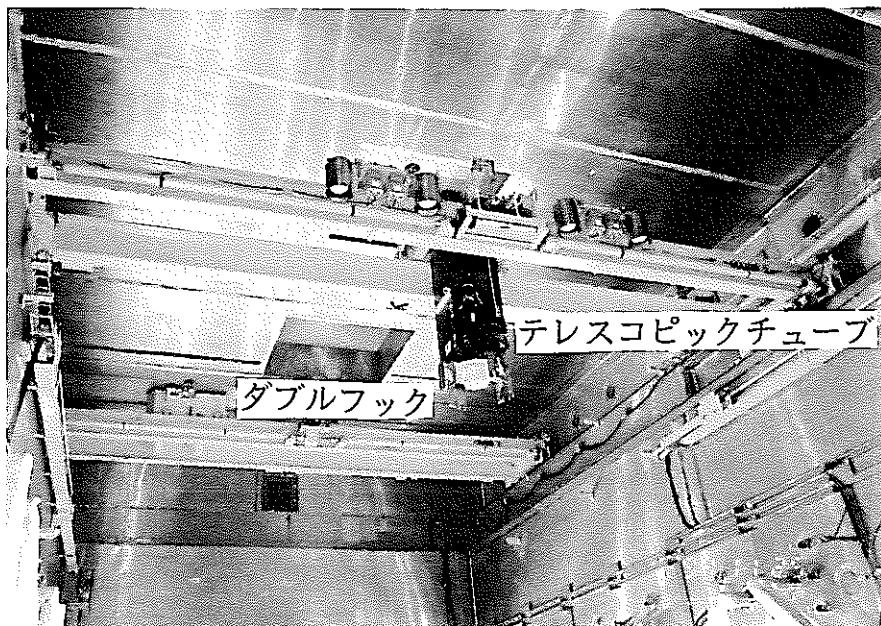


Fig. 6-3 2 ダブルフック取付け状態図

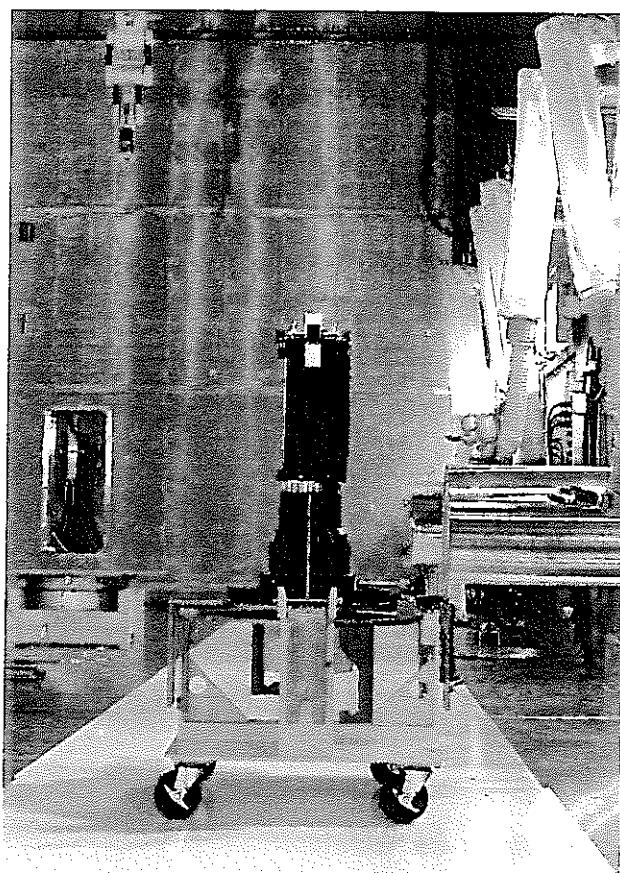


Fig. 6 - 3 3 ダブルフック専用架台設置図

レープマニプレータにより容易に操作できる構造としている。このモジュールは、使用時には専用の保管架台に設置してある。Fig. 6 - 3 3 に架台設置状態のダブルフックモジュールを示す。

電気コネクターは、モジュールの先端に取付けてあり、チューブ内にモジュールを挿入するだけでテレスコピックチューブ内のコネクターと接続できる構造である。

ダブルフックモジュールの構造は、ピンラックの4つのトラニオン部をモジュールのガイドが合せ、その周囲を回転する爪により、トラニオンを把持するものである。したがって、フックがガイド部と爪部と二重構造となっており、爪部は、約100mm程度の回転ストロークを有すればよい。

Fig. 6 - 3 4 にピンラックをつかんだ状態を示す。また、モジュールとテレスコピックチューブの接続位置は、ピン固定が合う

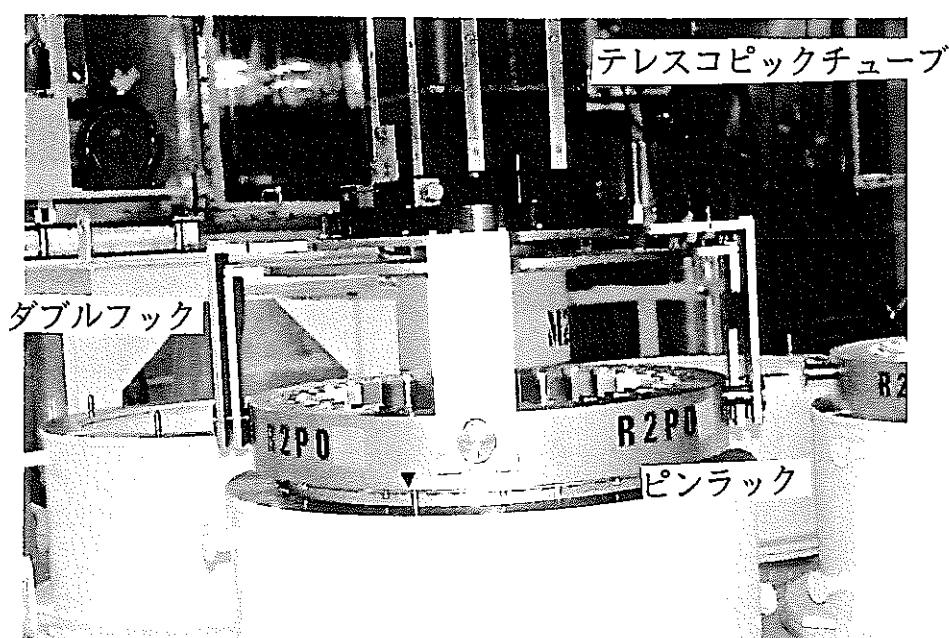


Fig. 6 - 3 4 ピンラック把持状態図

一箇所のみとなることから、爪の位置は東西南北の方向を常に向くことになる。ピンラックのトラニオンの位置をこの方向に合わせておくことでダブルフックモジュールの回転を最小限とすることができます。但し、位置調整のための回転が必要となるため、約100度の回転角度を設けた。回転はキャリッジからの駆動によるものではなく、ダブルフック自体に小型モータを取り付け、回転ができるようにした。このことは、キャリッジの負荷を少なくするものである。この角度は、ダブルフックの構造上からも限界に近いものである。

#### 6.1.4 リペアホイスト

##### (1) 概要

リペアホイストは3階サービスエリアに本体を設置し、試験セルの天井の貫通部を通してセル内へ伸縮する回転可能な昇降部を有する固定式のホイスト装置である。

サービスエリアでの設置状態は、本体が気密保持可能なエンクロージャ内部に収納された状態で床に固定されている。

リペアホイストは、以下に示す内容の遠隔による分解組立のアシストに用いるものである。

- ・クレーントロリーを着脱治具を用いて、ブリッジから着脱する。
- ・パワーマニプレータキャリッジを着脱治具を用いて、ブリッジから着脱する。
- ・ブリッジを着脱治具を用いて、走行レールから着脱する。
- ・ブリッジの走行モータを着脱治具を用いて、ブリッジから着脱する。

##### (2) 機器構造

リペアホイストは、密封されたエンクロージャ内に設置され、ホイストのチューブが試験セルの天井に設けられた貫通部を

通してアクセスできるように3階サービスエリアに取付けた。エンクロージャ内の雰囲気は、セル貫通部により試験セル内と同じく、窒素雰囲気である。そのために、全長約5m、外径約2.1mの大きな容器であるが、気密保持を可能とした $\alpha$ タイトのエンクロージャである。エンクロージャの気密確認は、Oリングを2本使用したダブルシール方式を用いた。これにより、全ての気密部の確認がフローメータの動きにより一目で分かる構造とした。

内部の機器に対して軽微な修理あるいはメンテナンスを行う場合に、内部雰囲気により汚れを飛散させずに、かつ、気密状態を保持したまま実施できる構造にしてある。これは、エンクロージャに設けた2ヶ所の閉口部を用いて、PVCバッグあるいはトンネルスーツにより、工具、作業者のバッグインーバッグアウト方式で作業を実施する。閉口部をFig. 6-35に示す。また、Fig. 6-36に内部構造を示す。

作業の必要に応じて、セル内部からホイストを用いてシールプラグを貫通部に挿入して、試験セル内の雰囲気のエンクロージャ内への侵入防止、セル内の放射線遮蔽を行うこともできる。内部には、上昇、下降、上限、回転のリミットスイッチを設けてある。上限リミットは、上昇リミットが働いた後にさらに動かした場合に働く。このリミットは、シールプラグを挿入する場合などに作動させる。リミットスイッチが故障した場合に備えて、機械的ストップバーを設けてあり、ホイストが落下しない構造とした。内部を観察するためのアクリル製の小窓をエンクロージャの上部と下部に各々1ヶ所づつ設けている。下部の小窓からは、リペアホイストの回転角度がわかるように角度表示計を取付けた。また、エンクロージャ内部には2ヶ所に照明を設け、使用中でも内部確認を容易にしてある。

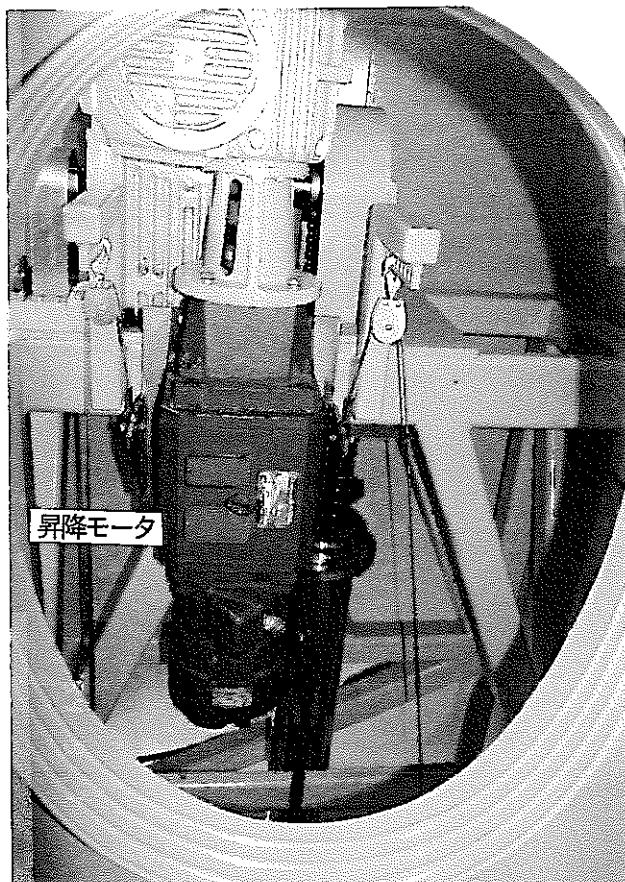


Fig. 6-35 リペアホイスト開口部

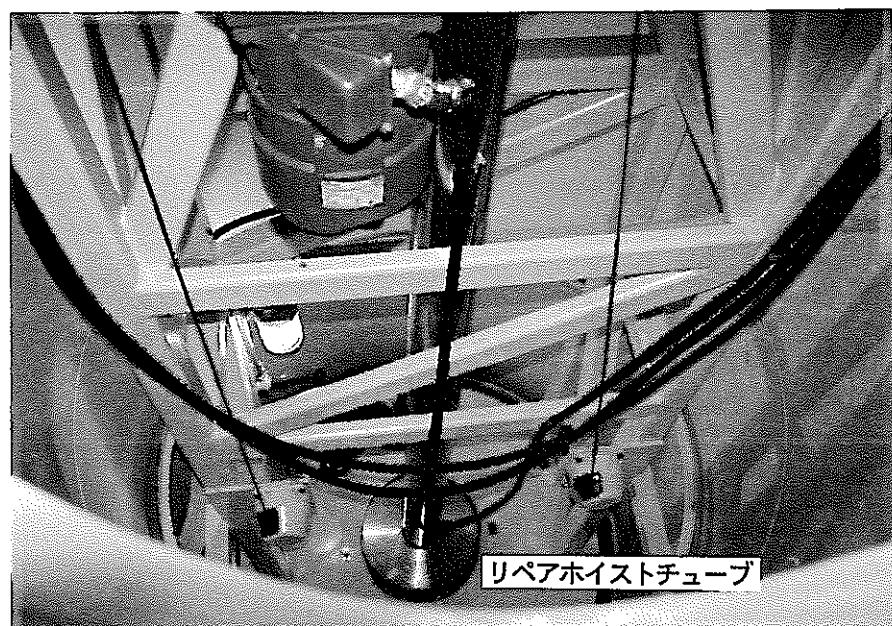


Fig. 6-36 リペアホイスト内部構造

## 6.2 自動搬送位置決め機構

### 6.2.1 機能概要

パワーマニプレータは、燃料ピンが収納されたピンラックを自動で所定の位置から所定の位置へ搬送する機能を備えている。この自動搬送は、ブリッジの走行（X軸）、キャリッジの横行（Y軸）、テレスコピックチューブの上下（Z軸）そしてダブルフックの回転（θ軸）の4軸の位置決めを精度よくコントロールする必要がある。Fig. 6-37にパワーマニプレータの位置決め機構の概略を示す。

この位置決め機構のうち、X軸とY軸の機器構造は、単純な直線運動であり、またθ軸についても回転のみの機構で、機器は複雑な機構となっていない。

しかし、Z軸については、テレスコピッ

クチューブが5段となっておりかつ全伸長も5m近くあり、位置決め精度向上には問題が多い。各軸の位置決め用の位置センサーには、前述したレゾルバを用いている。以下に各軸の位置決め機構について説明する。

### 6.2.2 設計条件

パワーマニプレータの自動搬送に必要となる設計条件を以下に記載する。

#### (1) ピンラック

自動搬送に使用するピンラックは、以下の形状寸法である。

- ・全長 : 4380mm
- ・重量 : 500kg
- ・最大外径 : 700mm

#### (2) 位置決め精度

ピンラックを搬送する場合の所定の場所

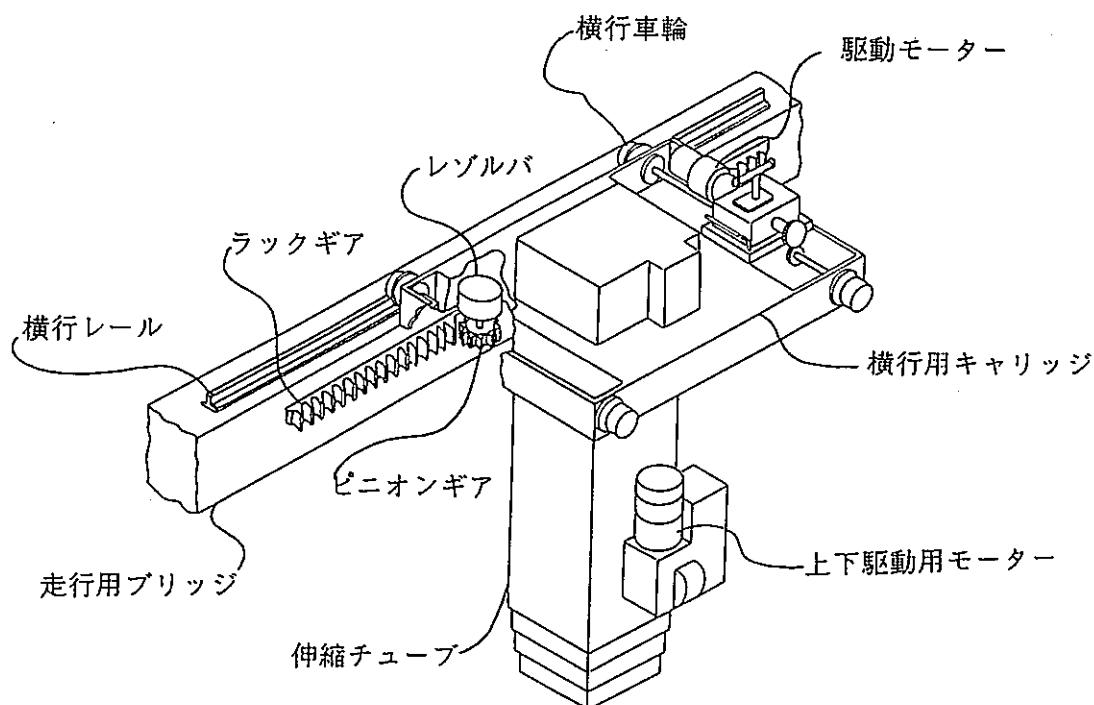


Fig. 6-37 パワーマニプレータ位置決め機構

での位置決め精度は、X軸、Y軸、Z軸、 $\theta$ 軸の4軸の合計において、±3mmを目標とする。なお、位置決め精度の算出式は、以下の通りである。

$$\text{精度} = \sqrt{(X^2 + Y^2 + Z^2) + \theta}$$

この位置決め精度は、次の条件に基づくものである。

- ・セル内の任意の位置であること。
- ・ $\theta$ の値については、ダブルフックの半径  $r$  を考慮して、回転角  $\theta$  の複合で  $r \times \theta$  とすること。
- ・テレスコピックチューブは、最長に伸ばした状態であること。
- ・搬送時の重量は、ピンラック重量 500kg + ダブルフック重量であること。

以上の条件で、パワーマニプレータを動作させたときに、ピンラックの揺れ等を考慮しながら位置決め精度を確保するものである。

### 6.2.3 位置決め機構

#### (1) X軸、Y軸

X軸であるブリッジの走行、Y軸であるキャリッジの横行の位置決め機構は、レゾルバ、タコメータ、ラックアンドピニオンギアを用いている。いずれの軸も、単純な直線運動による位置の変位量を機器側に取付けたピニオンギアと壁側に取付けたラックギアにより、レゾルバ、タコメータで測定するものである。

レゾルバとタコメータは、1つのケース内に納っており、ピニオンギアによって接続されている。このピニオンギアの回転を直接1対1の割合でレゾルバで読み取る。

また、レゾルバとタコメータをケース内で、歯車のギア比を1対32としたタコメータでさらに詳細な位置表示を読み取る。この2つの情報を基に、X軸及びY軸に対してセル内基準点からの座標点を表示する。

この機構に使用するラックアンドピニオンギア及びケース内のギアは、全てノーバックラッシュタイプを用いるため、測定誤差を最小限に抑えることが可能となる。

Fig. 6-38 にX軸、Y軸の位置決め機構概略を示す。

#### (2) $\theta$ 軸

次に  $\theta$  軸であるが、 $\theta$  軸は、ダブルフックの回転機構となるものである。 $\theta$  軸の動作は、このダブルフックの機械的な回転によって表わされる。この回転は、DCサーボモーターによる回転であり、モーターの回転誤差は非常に少なく、回転の位置決め精度に影響を与えることはない。また、ダブルフック自体の構造も、強度的に十分でありガタ、ゆるみ等が発生しない構造となっている。したがって、ダブルフックの回転軸半径が既にわかっているため、容易に指定する座標点を示すことが可能である。

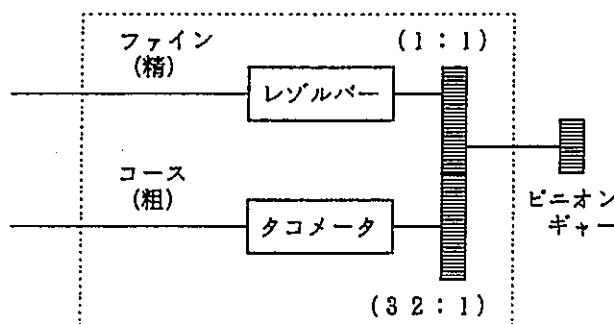


Fig. 6-38 レゾルバ概略図

## (3) Z 軸

このZ軸は、テレスコピックチューブの上下動作によるものである。このZ軸による位置決め精度が、最終的なパワーマニアレータの位置決め精度を左右するといつても過言ではない。このことは、X軸、Y軸、θ軸と比べて4段のチューブが上下することにあり、各段毎のガタの積算あるいは、上下駆動に用いるワイヤーの伸びなどが影響するためである。

以下にテレスコピックチューブの上下動作の位置決め方法について記載する。

①テレスコピックチューブ上下移動方法

テレスコピックチューブは、Fig. 6-39（本図は3段チューブ）に示しているように4段のチューブが上下する。この4段のチューブは、固定チューブ内を移動するものである。

この4段のチューブの伸縮は、移動するチューブの全てが同時に動作するワイヤーケーブルシステム方式とした。Fig. 6-40にその方式を示す。

この方式は、移動する4つのチューブと固定チューブが、有機的にワイヤーケーブルで接続されており、最内段のチューブが上下するとワイヤーケーブルにより、他の残っている各段のチューブは、最内段のチューブと同じ長さだけ移動する。

②テレスコピックチューブ上下駆動方法

Fig. 6-40にチューブの駆動方法の概略を示す。上下駆動の駆動源となるものは、従来から使用されている駆動モーターである。テレスコピックチューブの最下端となるチューブと駆動モーターを駆動用のワイヤーで接続する。このチューブを駆動モーターで巻上げると残った全てのチューブが、前述のワイヤーケーブルシステムにより、同時に上昇することになる。また、下

降時は、モーターを逆回転させ、チューブの自重により下降させる。停止時は、モーターのブレーキにより停止させる。この駆動モーターは、上下駆動のみすることで、従来のような計測用の位置センサーと接続することはしない。このため、移動チューブ間のガタはモーターを通して上下の位置決めに影響する心配はない。また、各チューブには、スライドレールとガイドローラを設置し、上下駆動時のガタを最小限とする機構とした。

③位置決め方法

次に上下方向の位置決め方法であるが、これには位置検出のための測定用ラインケーブルと巻取り用ケーブルを用いる。Fig. 6-40に示すように、この計測用と巻取り用ケーブルは、各々のケーブルドラムを通して位置制御用センサーと接続する。

計測用ラインケーブルは、ケーブルドラムで固定され、その一端は最下端のチューブの上端に固定する。Fig. 6-41にケーブルの固定方法を示す。また、Fig. 6-42に位置検出用センサーの概略を示す。

チューブが下降することにより、計測用ラインケーブルがそのケーブルドラムから送出され、ケーブルドラムと接続されたセンサーにより正確に下降量を測定することができる。この時、測定用ケーブルドラムと同軸上にある巻取り用ケーブルドラムが回転し、逆巻した巻取り用ケーブルを同じ量だけ巻取ることになる。

計測用ラインケーブルは、最下端のチューブと固定されているだけで、他のチューブとは一切干渉がないため、移動時のチューブのガタ等まったく問題にならず、真の移動量のみが測定でき、正確な位置決めが可能となる。

巻取り用ケーブルは、ケーブルドラムで固定され、その一端はケーブルの張力を一

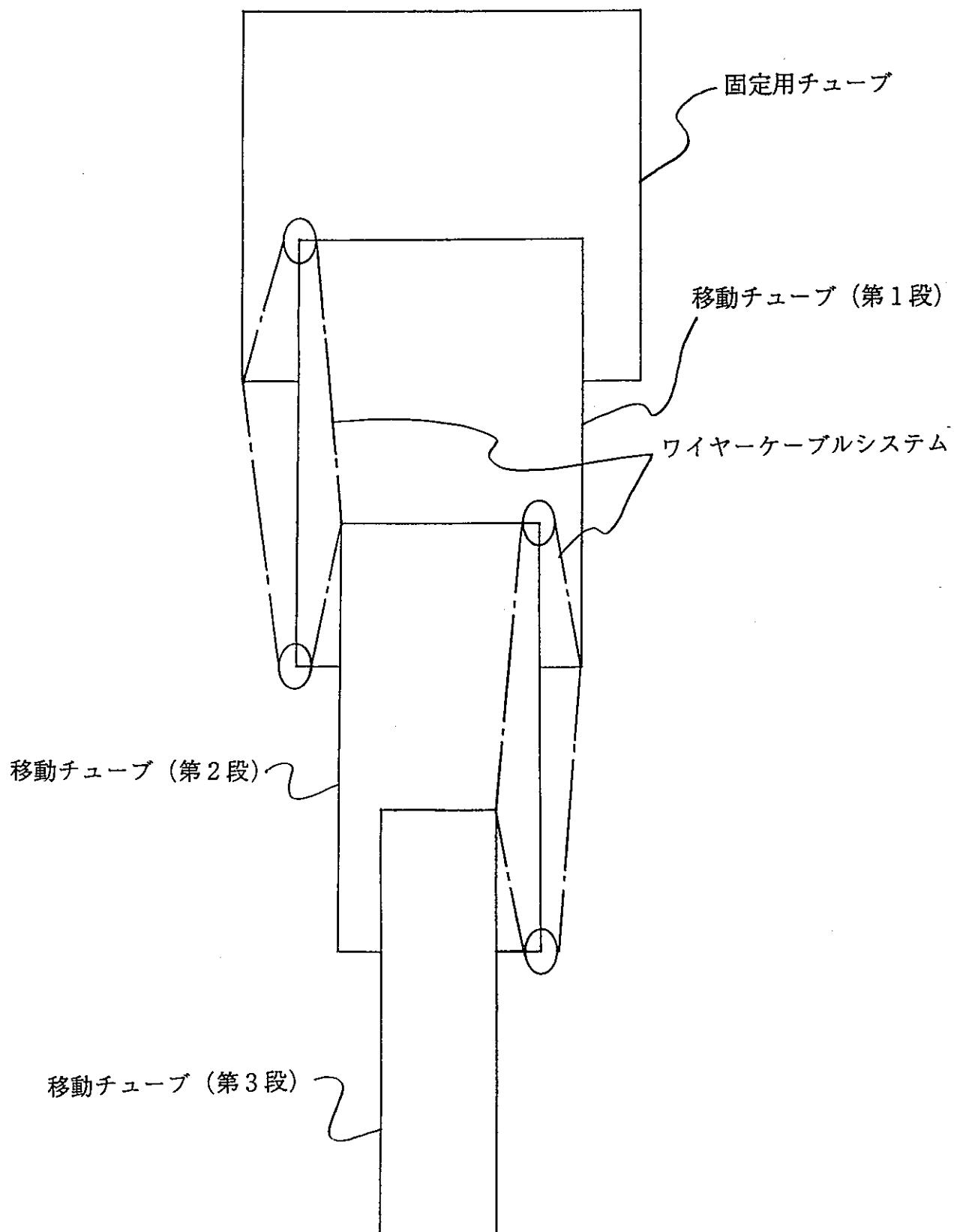


Fig. 6-3-9 テレスコピックチューブ上下駆動方法

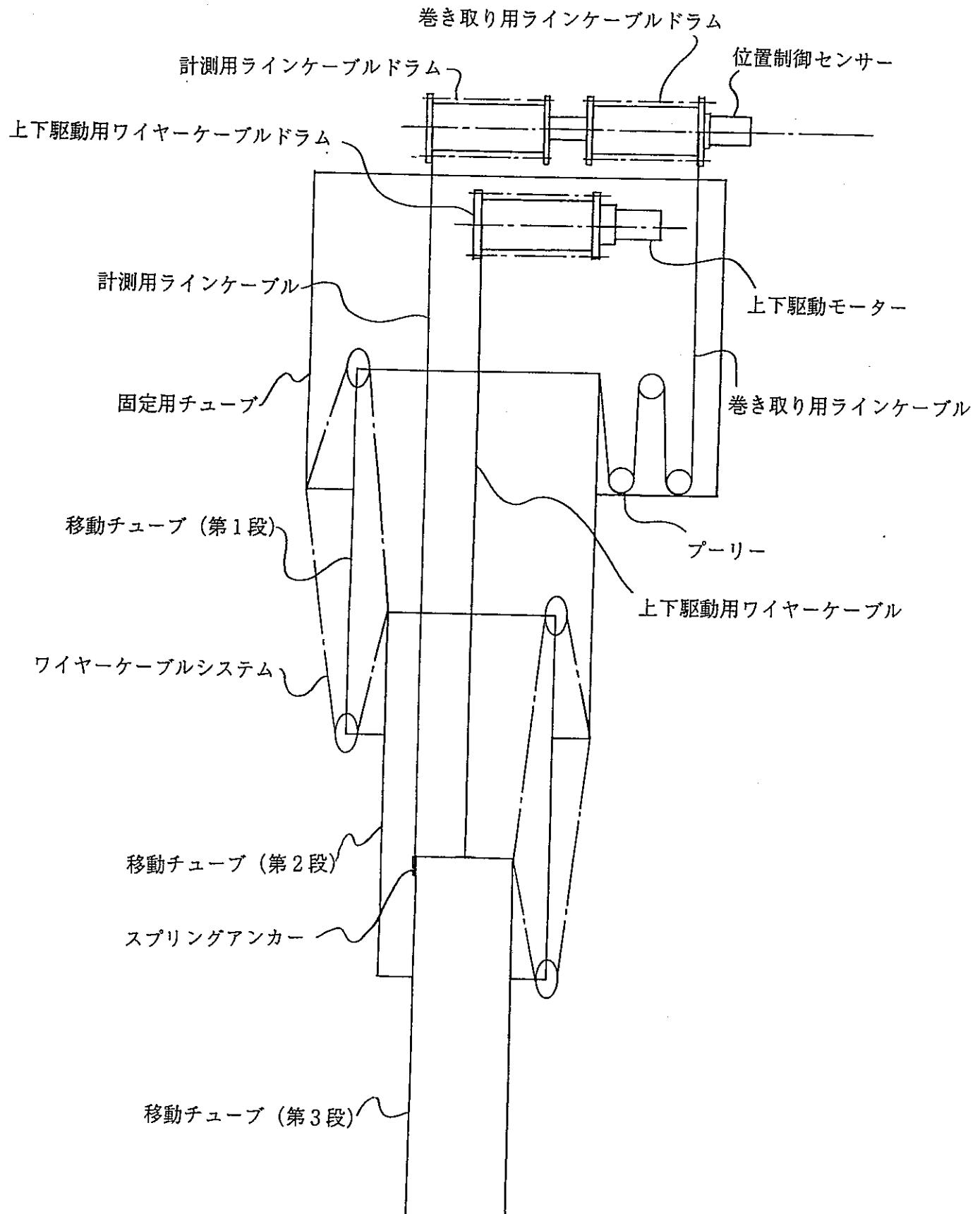


Fig. 6-40 テレスコピックチューブワイヤーケーブルシステム

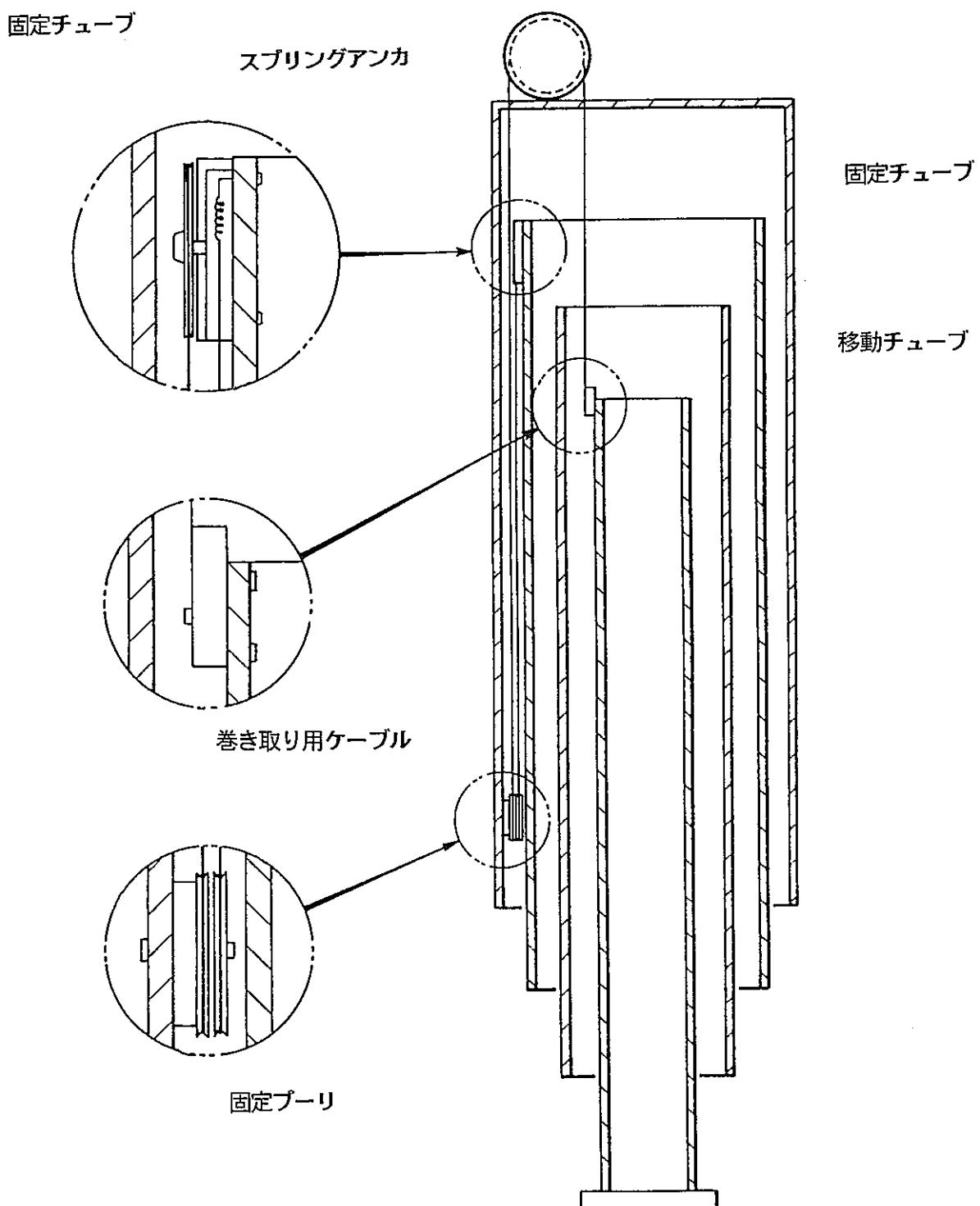


Fig. 6-4-1 ケーブルワイヤー固定詳細図

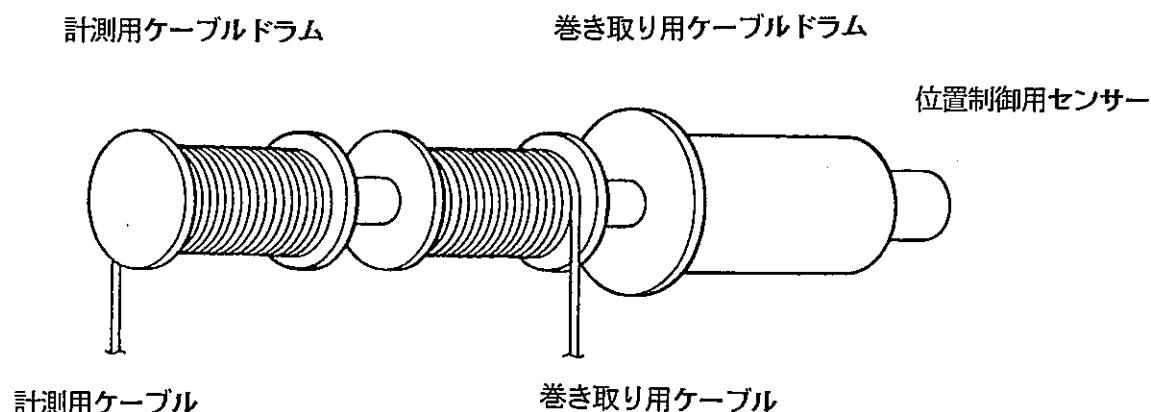


Fig. 6-4 2 位置検出用センサー

定に保ち、移動チューブの伸縮時にケーブルがゆるまないように調整するスプリングアンカーを通して最上端のチューブに固定する。

Fig. 6-4 3 に各々のケーブルの動作について示す。巻取り用ケーブルは、固定軸内でブーリを用いて、チューブの上下移動に合わせてケーブルドラムからのケーブルの送出しあるいは巻取りを行う。

計測用ラインケーブルと巻取り用ケーブルは、同じ長さ、同じ張力を有しているため、移動量がまったく同じとなり同軸上のケーブルドラムを通して計測用センサーで位置決めが行われる。

以上 の方法により、パワーマニプレータでピンラックの移送を行ったとき、上下方向は、十分に位置決め精度内納めることが可能となった。

### 6.3 遠隔保守用特殊治工具

ここでは、試験セル内においてインセルクレーンあるいはパワーマニプレータを用いて、セル内機器のメンテナンス、セル内クレーン設備の分解組立に必要となる遠隔保守のために用いる主な特殊治工具について説明する。

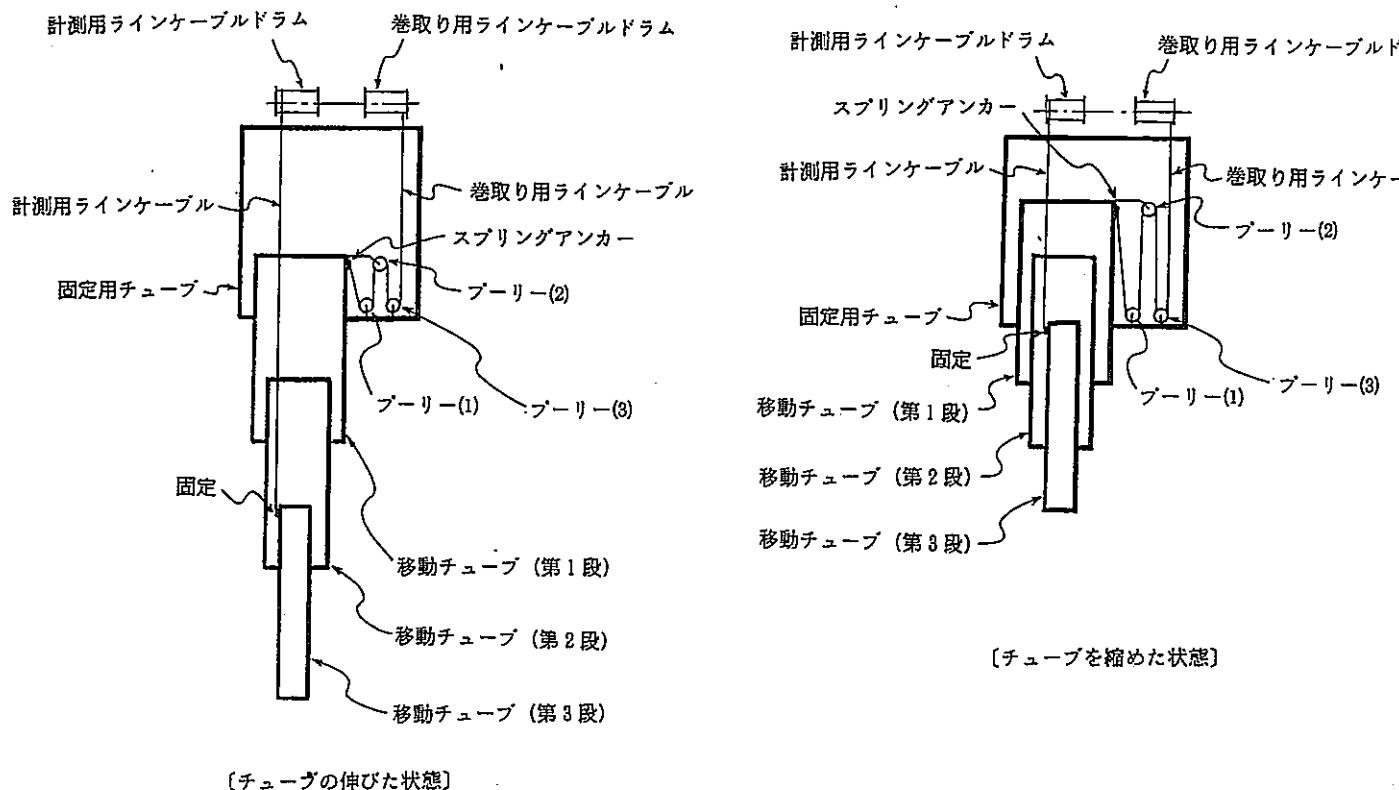


Fig. 6-4 3 ラインケーブルの動作

### 6.3.1 デュアルフック・モジュール

デュアルフックモジュールは、パワーマニプレータシステムにより使用されるメンテナンス用工具である。このモジュールは、キャリッジのテレスコピックチューブ先端にパワーマニプレータアームを取り外した状態で接続される。しかし、前述したダブルフックのように自動搬送に使用されることはない。

モジュールは、グリップ駆動機構、回転機構が組み合わせられていて、ダブルフックと同様な構造でテレスコピックチューブと取り合うことができ、ピン一本により固定される。Fig. 6-4 4 にデュアル・フック・モジュールを示す。

また、Fig. 6-4 5 にパワーマニプレータとの接続状態を示す。

デュアルフックそのものの交換は遠隔では不可能であるため、必要があれば作業者による直接保守による交換を行わなければならない。しかし、この作業はフック自体がシンプルな構造であるため、負荷のかかることが少ないとから頻度的にはかなり少ないと考えられる。

デュアル・フック・モジュールの仕様は以下の通りである。

握力	: 340 kg
回転トルク	: 12000 cm/kg
把持スピード	: 127 mm/分
吊り上荷重	: 340 kg

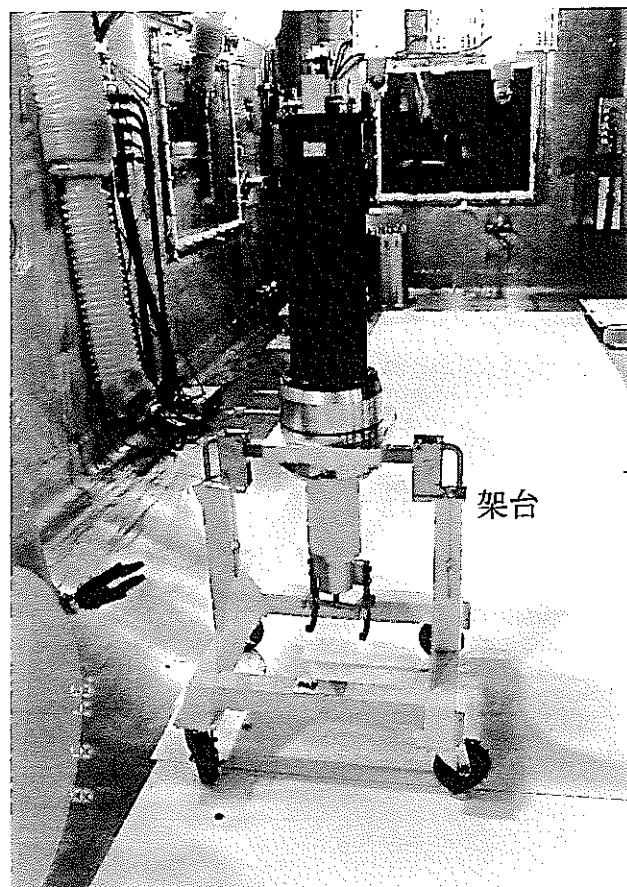


Fig. 6-4 4 デュアルフックモジュール

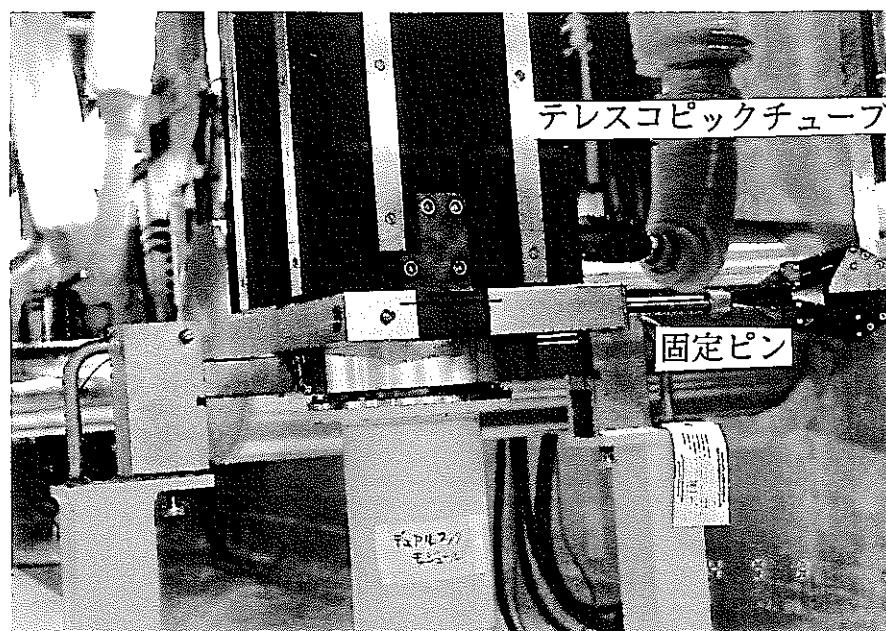


Fig. 6-4 5 デュアルフックモジュール接続状態

回転方向 : 無制限  
 回転スピード : 3.5 rpm  
 フックストローク : 70 mm以上

### 6.3.2 キャリッジトロリー着脱治具

本着脱治具は、試験セル用のキャリッジ及びトロリーとも兼用で、1台でどちらも吊れるものである。ブリッジからキャリッジ及びトロリーを取り外すときに用いる治具である。この治具は、試験セル内に搬入された後にインセルクレーンにより、セル床中央まで移動し、リペアホイストにより持ち上げてから、使用する。Fig. 6-4 6 にキャリッジを吊る状態の吊り具を示す。

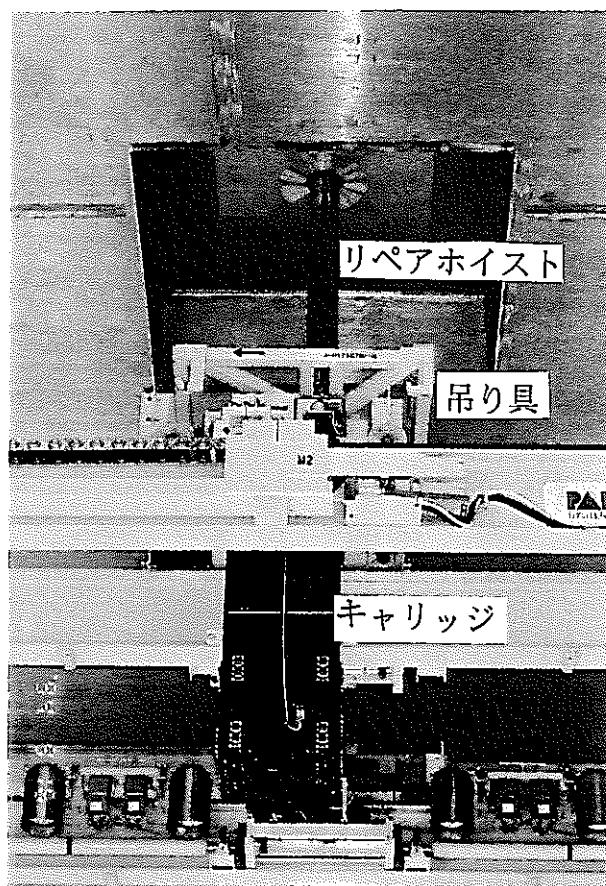


Fig. 6-4 6 キャリッジ吊り具

### 6.3.3 リペアホイスト吊具アダプタ

このアダプターは、リペアホイストによって取扱う治工具について、それをインセルクレーンあるいはパワーマニプレータのデュアルフックによって移動させるときに使用するためのアダプターである。前述のキャリッジ／トロリー吊り具をセル内で移送するときに使用するものである。Fig. 6-4 7 にアダプターの概略を示す。

### 6.3.4 照明着脱治具

照明の取外し治具は、マニプレータブリッジから照明ユニットを着脱するための特殊な吊り具である。この治具は、パワーマニプレータブリッジがレール上に設置してあるときに用いる場合は、インセルクレーンで使用し、ブリッジを床上に降ろした後では、パワーマニプレータのデュアルフックを用いて取扱うことができる。

Fig. 6-4 8 に本治具を用いた照明つり上げの状態を示す。

### 6.3.5 車輪着脱治具

車輪着脱治具は、ブリッジに取付けてある4つの車輪モジュールを取り外すために用いるもので、Fig. 6-4 9 にその外形図を示す。この治具は、ブリッジがセル床上に降ろされた状態で使用する。インパクトレンチを取付けたパワーマニプレータのマニプレータアームにより、治具の車輪受け部が上下する。上昇した状態で車輪モジュールの固定ボルトを外し、着脱を行う。この治具のセル内移動は、マニプレータアームのダブルバンドにより行うことが可能である。

### 6.3.6 ブリッジドライブシャフト着脱治具

この治具は、ブリッジのドライブシャフトの着脱に用いるものである。あらかじ

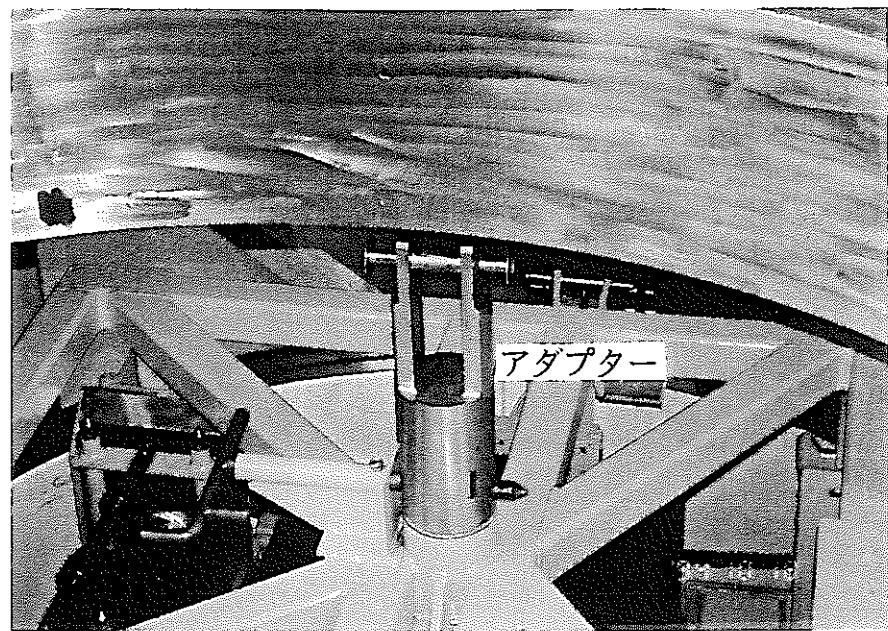


Fig. 6 - 4 7 吊り具アダプター

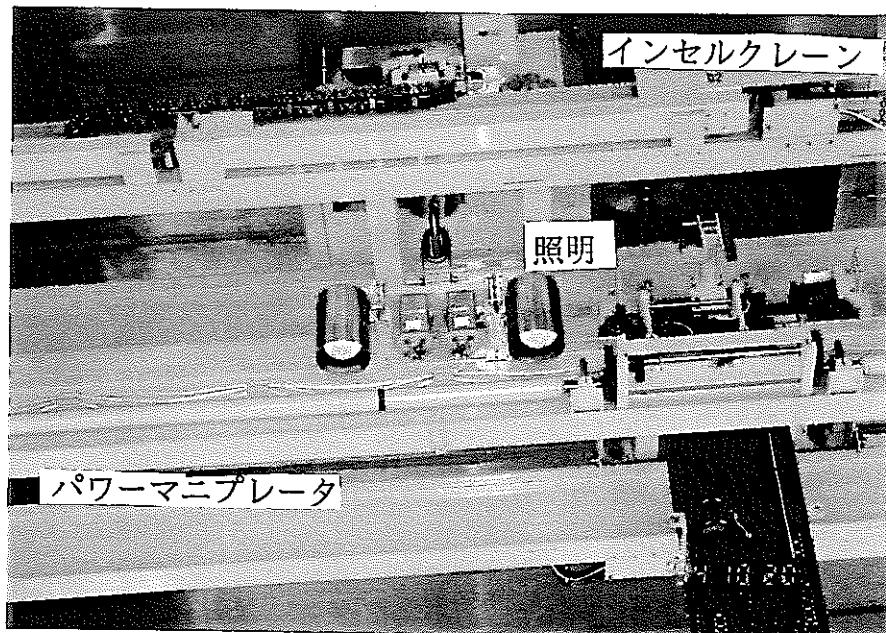


Fig. 6 - 4 8 ブリッジ照明

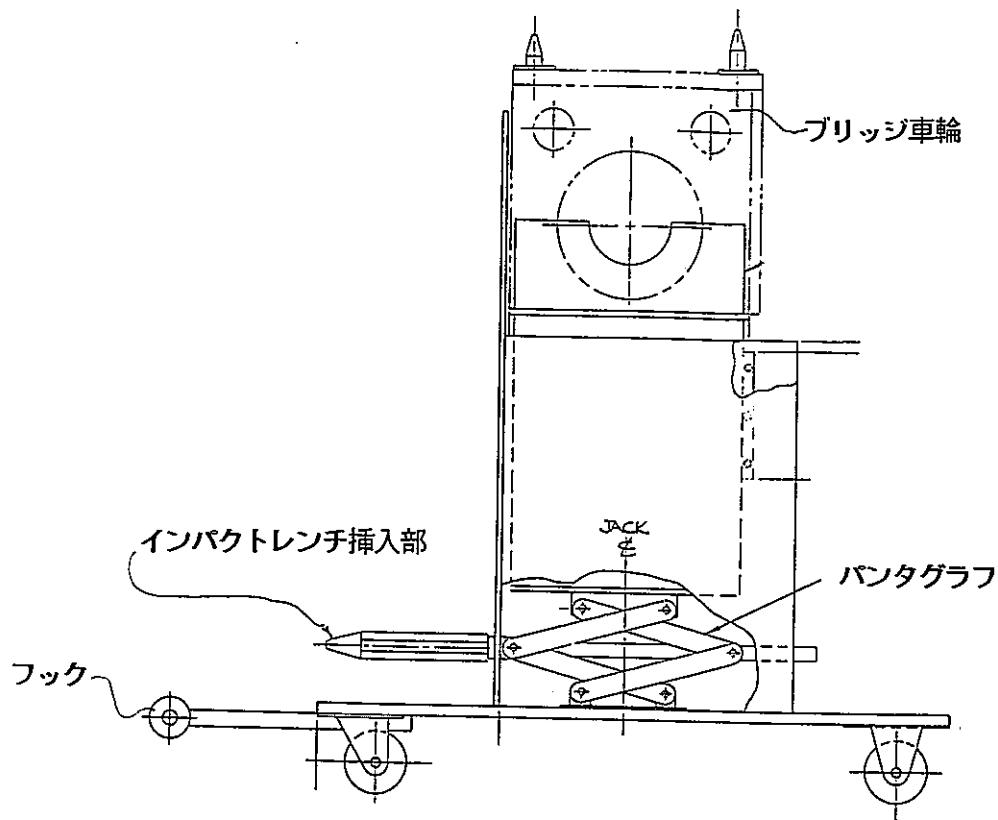


Fig. 6-49 車輪着脱時具

め遠隔操作により両端の軸受部の固定を取り外し、マニプレータアームのダブルハンドにより把持した治具を移動し、ドライブシャフトの取り外しを行う。

#### 6.3.7 ブリッジ吊り具

ブリッジ吊り具は、リペアホイストで吊り上げ、ブリッジをレールから取り外しセル床に吊り降ろすための治具である。また、セル床からレール上に戻すときにも同様に使用する。治具は、ブリッジをサポートするリフティングフレームとリペアホイストで吊り上げる部分のキングポストから構成する。Fig. 6-50 に概略図を示す。また、Fig. 6-51 にリペアホイストでつり上げた状態を示す。

キングポストの取付位置は、インセルクレーンブリッジを取り外す場合と、パワーマニピュータブリッジを取り外す場合で位置を変更する。これは、それぞれのブリッジによってバランスが違っているためである。また、このバランスをより細かく調整するために、バランスウェイトを合計で4個取付けられる構造となっている。

#### 6.3.8 ケーブルトラック着脱治具

インセルクレーンのケーブルトラック着脱治具をFig. 6-52 に示す。また、パワーマニピュータのケーブルトラック着脱治具をFig. 6-53 に示す。

インセルクレーン用の着脱治具は、パワーマニピュータのキャリッジにピンを挿

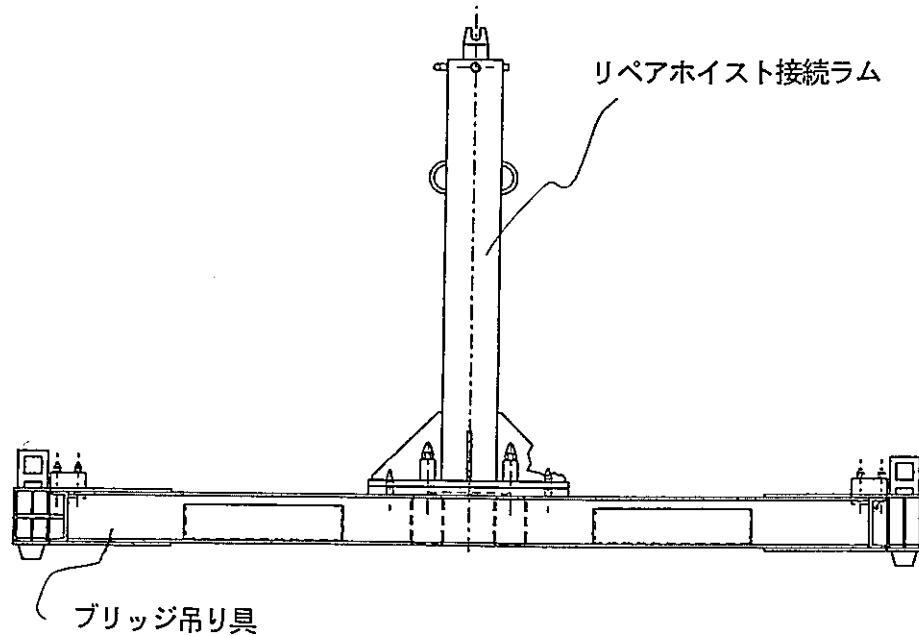
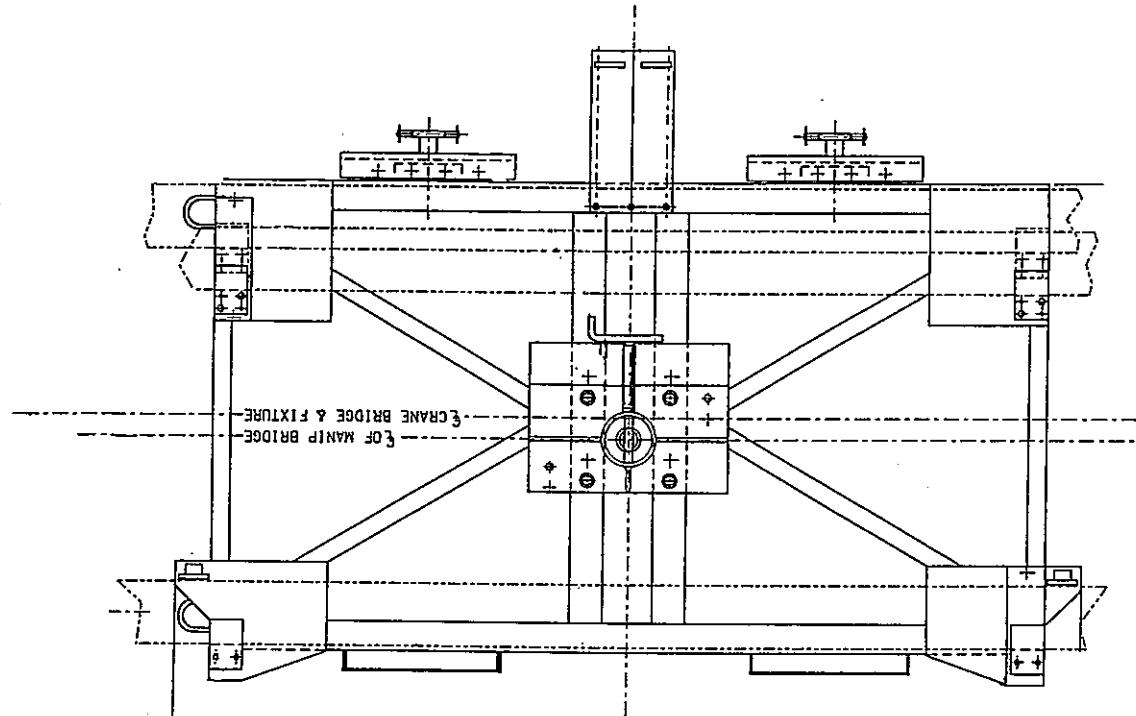


Fig. 6-50 ブリッジ吊り具

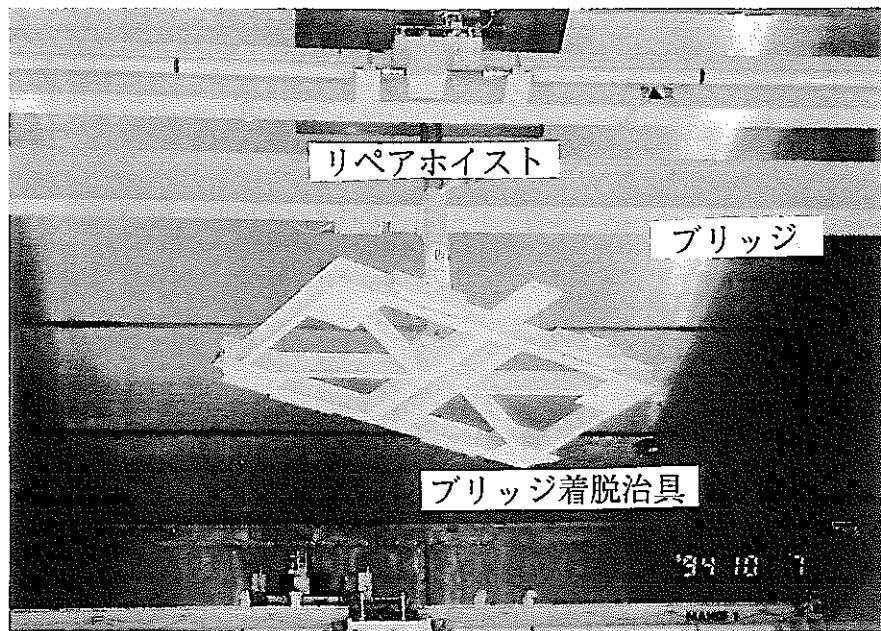


Fig. 6 - 5 1 ブリッジ着脱治具使用外観

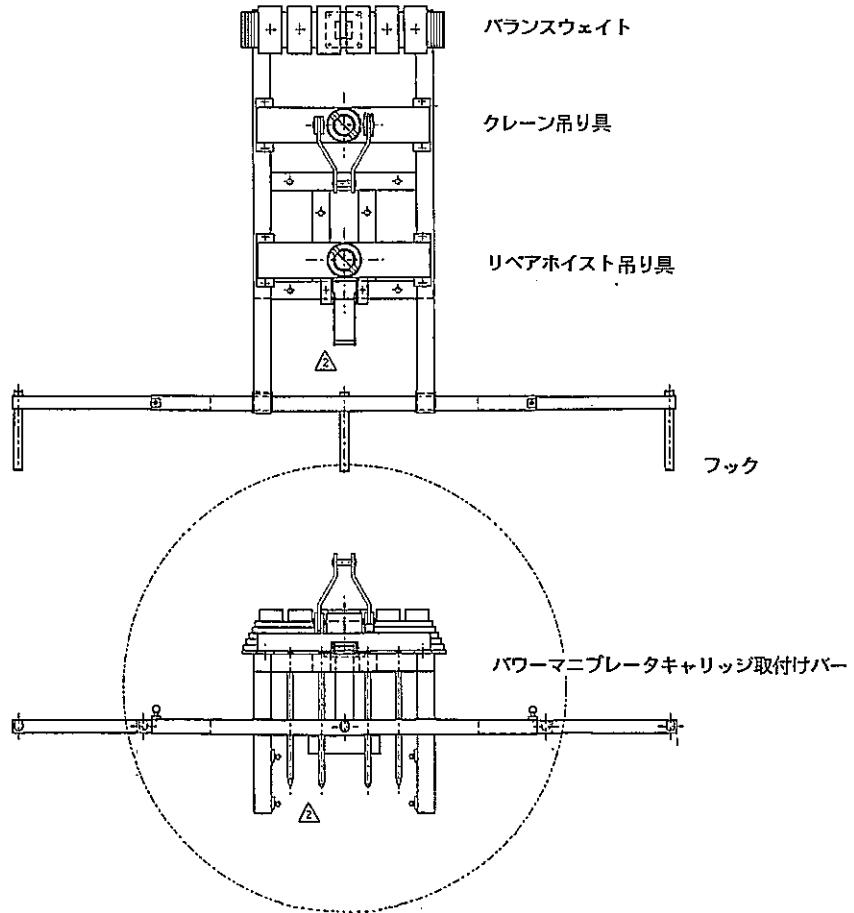


Fig. 6 - 5 2 壁ケーブルトラック着脱治具 (クレーン用)

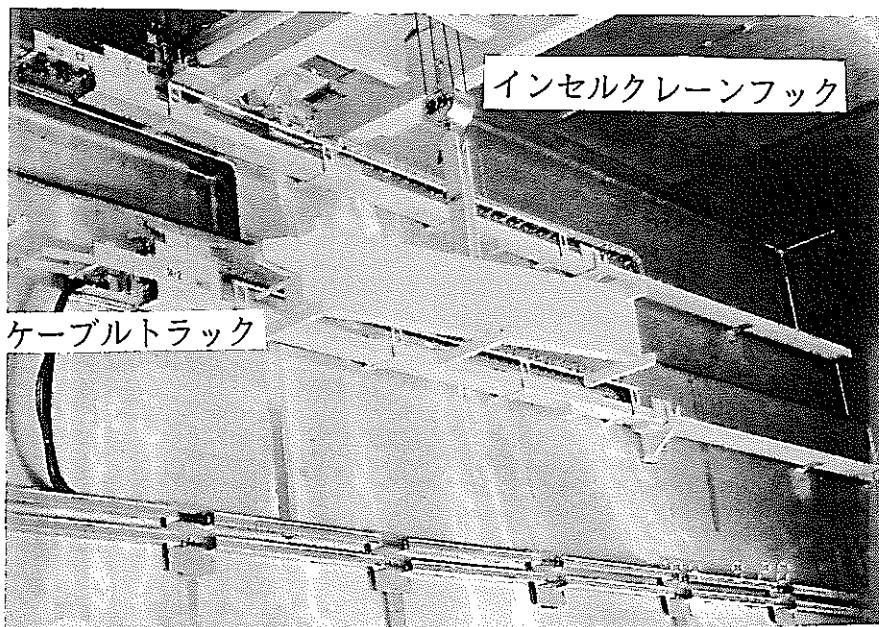


Fig. 6-5 3 壁ケーブルトラック着脱治具使用状態

入することで固定する。キャリッジとブリッジの移動によりケーブルトラックを取り外す。また、パワーマニプレータ用の着脱治具は、インセルクレーンで吊り上げケーブルトラックをトロリーの移動で着脱する。

### 6.3.9 Zツール

Zツールは、パワーマニプレータのテレスコピックチューブ先端に取付け、ブリッジがレール上にある場合のブリッジリミットスイッチ、照明、レゾルバあるいは電源コネクター関係の着脱、各種遠隔保守用治具の取扱のためのサポートなど広範囲に用いるための治具である。Fig. 6-5 4 にZツールを用いた遠隔保守作業の一例を示す。また、Fig. 6-5 5 にZツールの概略を示す。

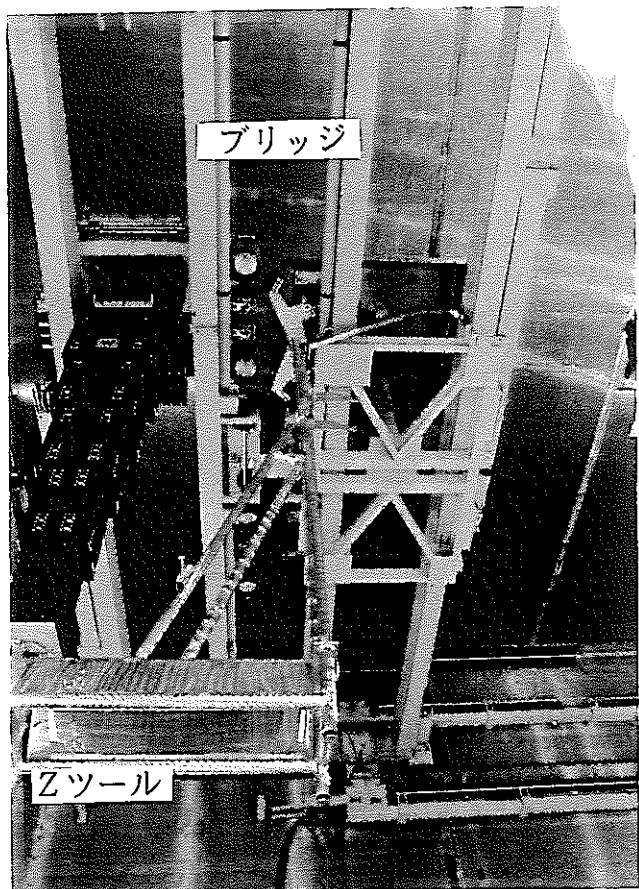


Fig. 6-5 4 Zツール使用状態

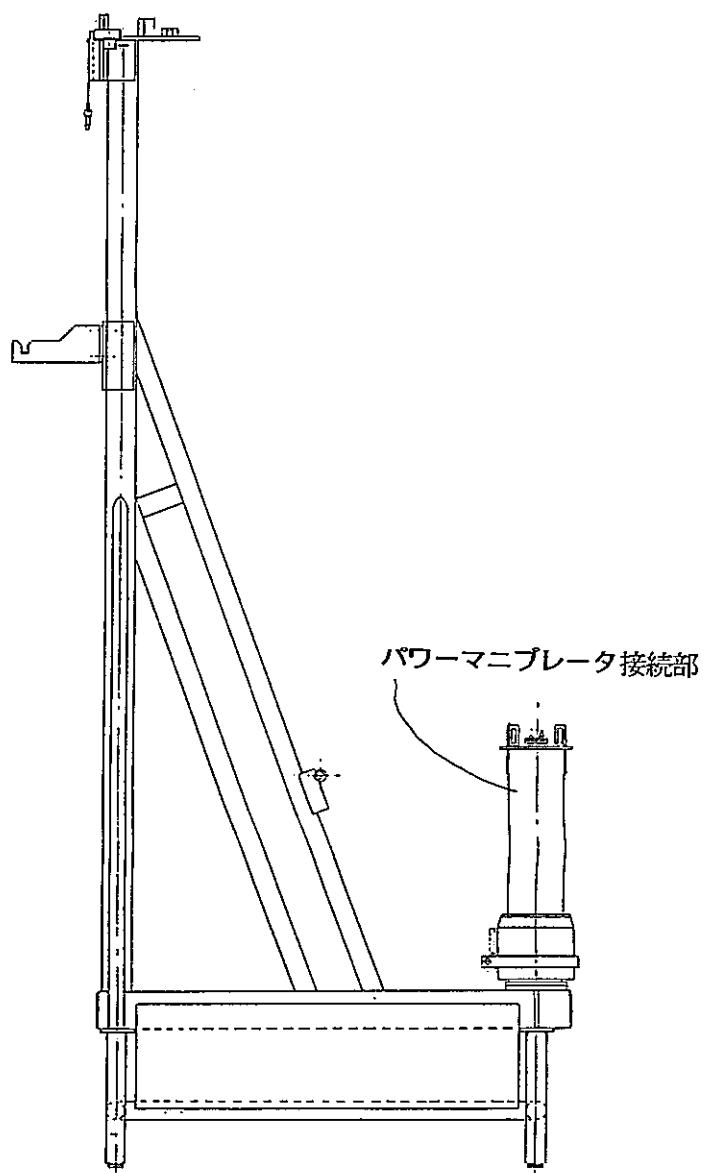
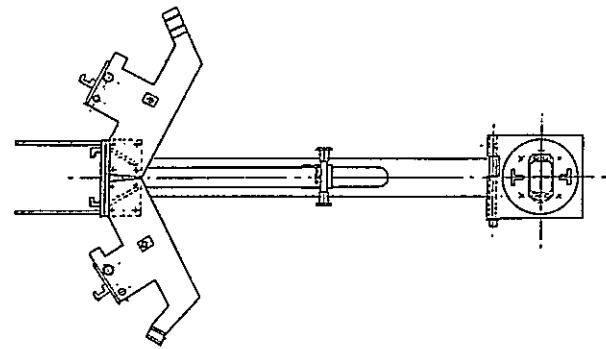


Fig. 6-55 Zツール構造図

## 7 制御システム

本章では、セル内クレーン設備を制御するうえで必要となる各装置のメカニカルと制御機構について記述する。

### 7.1 インセルクレーン

#### 7.1.1 システム概要

インセルクレーンのコントロールシステムは、自立型の制御盤及び手動操作に用いるポータブルコントローラを中心にクレーン本体に取りついているケーブル、モーター、リミットスイッチ、ブレーキ、ジャンクションボックスなどの機器を構成する設備から成っている。

このポータブルコントローラは、操作室の遮蔽窓の下部操作卓に設置してあるレセプタクルに接続することでクレーン操作を可能としている。

これは試験セル用インセルクレーン、除染セル用インセルクレーンとも同様な構造である。

Fig. 7-1 にインセルクレーンの制御システムの概略を示す。

試験セル用インセルクレーンの操作は、パワーマニプレータが自動搬送になってしまなければ、いつでも操作が可能である。インセルクレーンの個々の動作制御は、ポータブルコントローラ上のフィンガースイッチの偏角に比例した速度を指示することによって、全ての動作が行われる。

試験セルのクレーン制御システムは、パワーマニプレータシステムとインターロックがとられている。これは、パワーマニプレータとインセルクレーンの衝突を防ぐためのインターロックであり、試験セルの2台のクレーンのフックが、完全に引き上げられた状態になつてないと、パワーマニプレータが行う自動制御を不可能とした。

また、2台のパワーマニプレータのうち

1台でも自動制御運転を行っている場合、インセルクレーンの電源投入を不可能とした。

#### 7.1.2 ポータブルコントローラ機能

以下に試験セル用インセルクレーンのポータブルコントローラの持つ機能を記す。

- ・ブザーアラーム
- ・主電源オフ（押しボタン）
- ・主電源オン（照明付押しボタン）
- ・ホイスト上限リミット（表示）
- ・ホイスト下限リミット（表示）
- ・トロリー横行リミット（表示）
- ・ブリッジ走行リミット（表示）
- ・リミットオーバライド（押しボタン）  
このスイッチの機能は、ブリッジの走行及びトロリーの横行の通常の移動限界を超えて、機械的ストッパーまで走行を可能としたものである。
- ・キャリッジ救援機構（押しボタン）  
この機能は、他のクレーンに故障が生じた場合に、そのクレーンのけん引を行うためのものである。
- ・ブリッジ救援機構（押しボタン）  
この機能は、他のブリッジに故障が生じた場合に、そのブリッジのけん引を行うためのものである。
- ・機器選択（セレクトスイッチ）
- ・クレーン使用中（表示）
- ・アラームリセット（照明付押しボタン）
- ・ホイスト昇降（フィンガースイッチ）
- ・トロリー横行（フィンガースイッチ）
- ・ブリッジ走行（フィンガースイッチ）
- ・リペアホイスト使用中

これは、リペアホイストのホイストが完全に上限まで引き上げられていない場合に点灯するインジケータである。

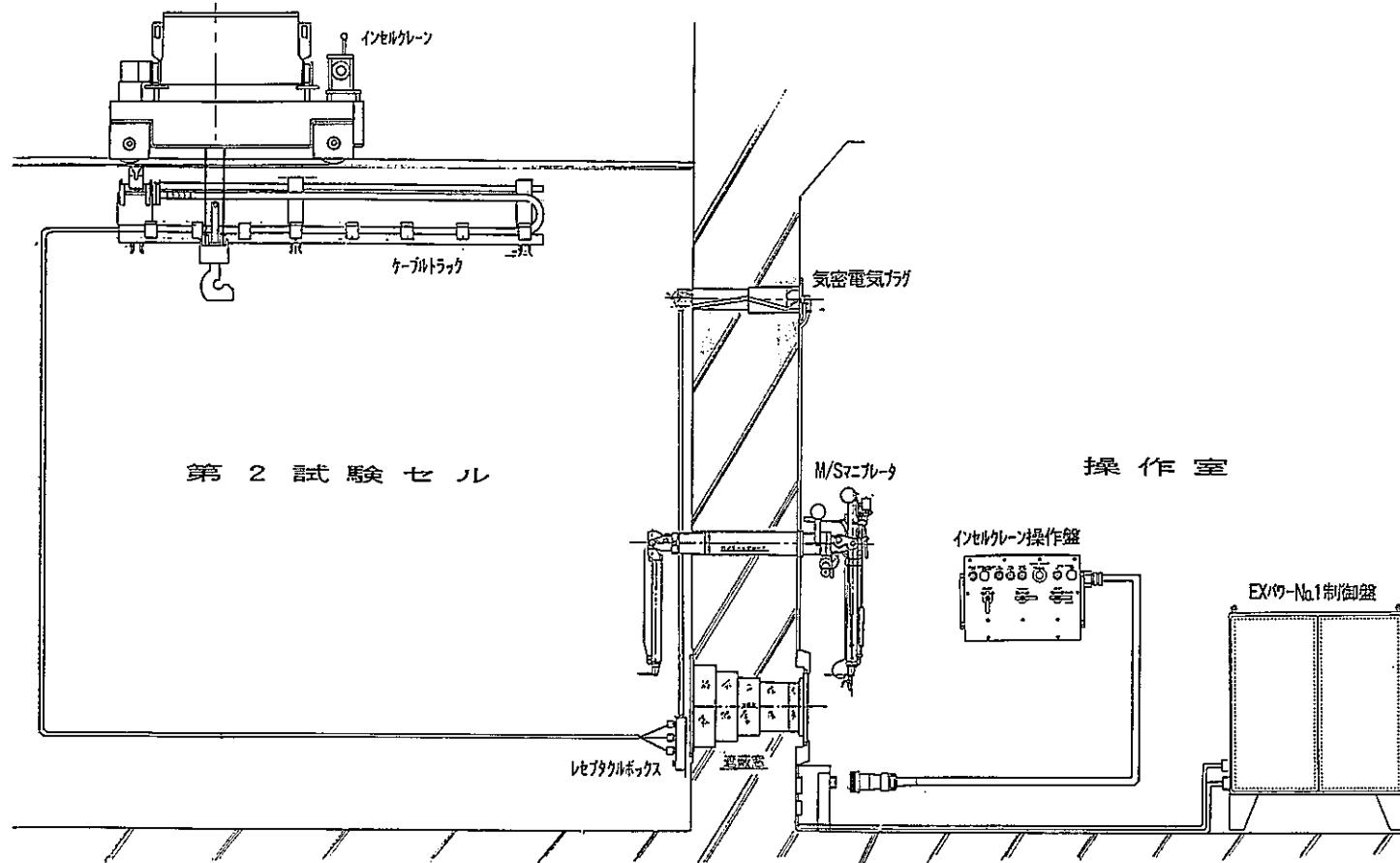


Fig. 7-1 インセルクレーン制御システム

ある。

除染セル用のインセルクレーンには、キャリッジ救援機構及びリペアホイスト使用中の機能を除けば、試験セル用のポータブルコントローラと同じ機能を持っている。

## 7.2 パワーマニプレータ

### 7.2.1 システム概要

試験セル用のパワーマニプレータの制御システムは、インセルクレーンの制御システムとほぼ同じである。しかし、パワーマニプレータは、インセルクレーン異なり自動搬送を行うため、それに必要な計算機システムが機能追加となる。この自動制御シ

ステムの詳細については、次章で述べることにする。

パワーマニプレータの操作は、ポータブルコントローラを用いた手動操作と自動制御システムを用いた自動操作の二通りの方法がある。また、この他に自動搬送の経路等を教示するときに使用するロボットペンダントによる動作方法がある。

手動制御時には、マニプレータアームを含んだパワーマニプレータの個々の動作は、インセルクレーンと同様にポータブルコントローラ上のフィンガースイッチの偏角に比例して動作速度を変化させる。

フィンガースイッチは、無段階の可変スイッチであり、モータのスピードレンジは

20 : 1 である。このスイッチは、操作者が指を離すことでスプリングにより中央に戻り動作が停止する。

ポータブルコントローラは、操作室の遮蔽窓下部にある操作卓に、インセルクレーンと並んで約二窓に1台の割合で設置してあるレセプタクルと接続して操作を行う。

自動制御は、除染セル用のパワーマニプレータでは行わず試験セル用のみの機能である。この場合、キャリッジのテレスコピックチューブ先端には、ロボットアームを取り外してピンラックを取り扱うためのダブルフックを取付けておく必要がある。自動搬送に必要な動作には、サーボドライバーを用いている。このサーボドライバーは、タコメータにより速度コントロールを、そしてレゾルバにより正確な位置情報をフィードバックして自動制御を行っている。自動運転の制御を行っているときは、パワーマニプレータの自動制御用計算機からの指示により、サーボドライバーのスピードコントロールを実施する。これは、制御プログラムから予め定められた指示による動作とロボットペンドントコントローラを用いて作業者がコマンド指示することにより作動する。

パワーマニプレータ本体及びマニプレータアームには、それぞれの動作において、その動作が限界位置に達する前にリミットスイッチにより停止する。自動運転制御にあっては、各々のロボット軸が限界位置に到達する前にソフトウェアのリミットにより停止させる。Fig. 7-2 にパワーマニプレータのシステム構成を示す。

### 7.2.2 ポータブルコントローラ機能

パワーマニプレータコントローラは、本体の制御とその表示を行うもので、試験セル、除染セルいずれにおいても手動操作を行う場合に用いるものである。Fig. 7.3 に

ポータブルコントローラの概略を示す。

試験セル用ポータブルコントローラは、以下に示す機能を有している。

- ・緊急停止（押しボタン）
- ・主電源オフ（押しボタン）
- ・主電源オン（押しボタン）
- ・ホイスト上限リミット（表示）
- ・ホイスト下限リミット（表示）
- ・キャリッジ横行リミット（表示）
- ・ブリッジ走行リミット（表示）
- ・リミットオーバライド（押しボタン）

このスイッチの機能は、ブリッジの走行及びトロリー横行の通常の動作移動限界を超えて、機械的ストップバーまで走行を可能としたものである。

- ・キャリッジ救援機構（押しボタン）  
この機能は、他のキャリッジに故障が生じた場合に、そのキャリッジのけん引を行うためのものである。
- ・ブリッジ救援機構（押しボタン）  
この機能は、他のブリッジに故障が生じた場合に、そのブリッジのけん引を行うためのものである。

- ・自動モード（表示）  
自動運転時の表示である。

- ・リーガルコリダー範囲（表示）  
自動運転時に予め定めた移動範囲（リーガルコリダー）であって、自動運転が開始可能な時に点灯するものである。

- ・機器選択（選択スイッチ）
- ・マニプレータ使用中（表示）
- ・リペアホイスト使用中（表示）  
これは、リペアホイストのホイストが完全に上限まで引き上げられていない場合に点灯するインジケーターである。
- ・アラームリセット  
(押しボタン照明付)

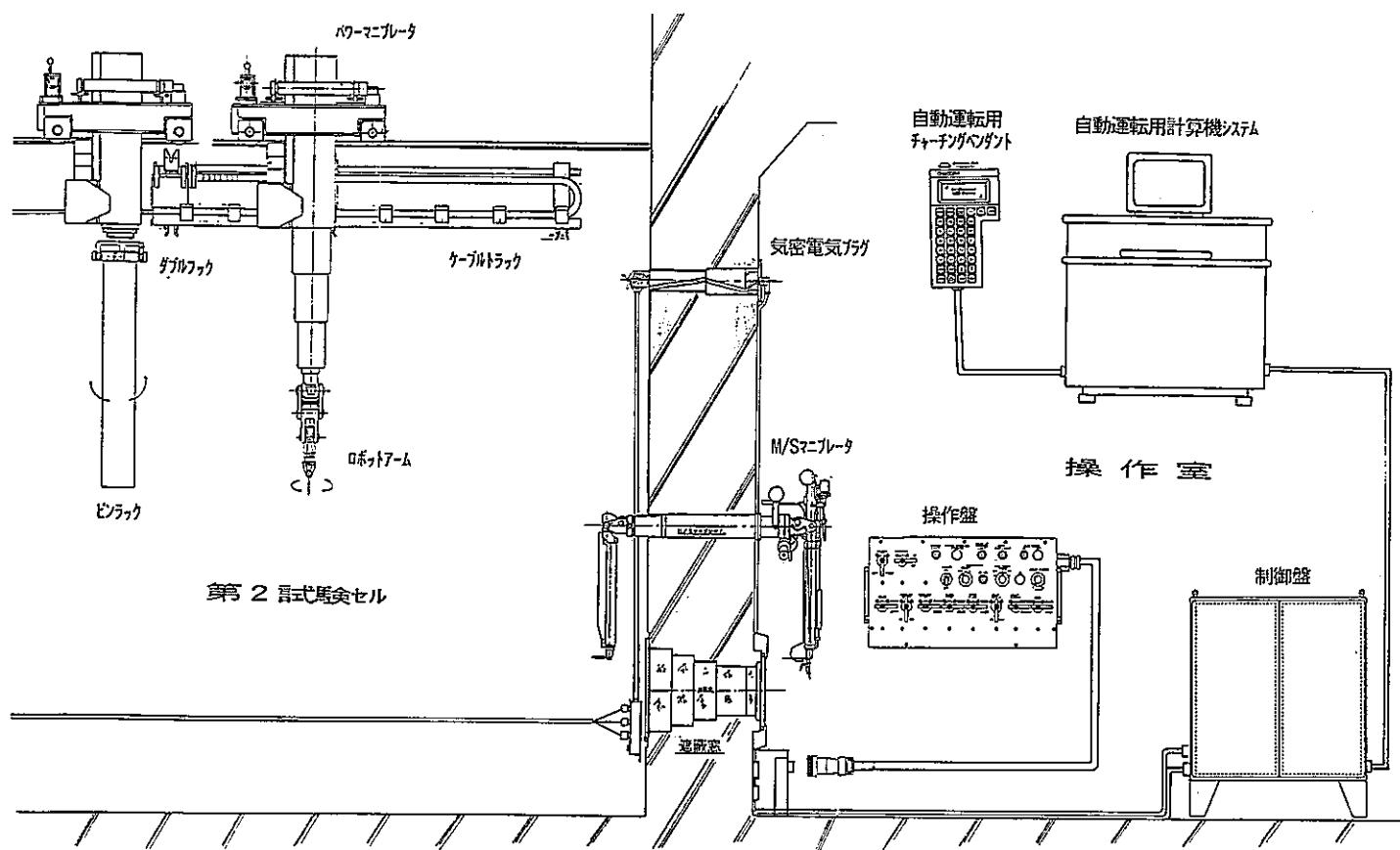


Fig. 7-2 パワーマニプレータ制御システム

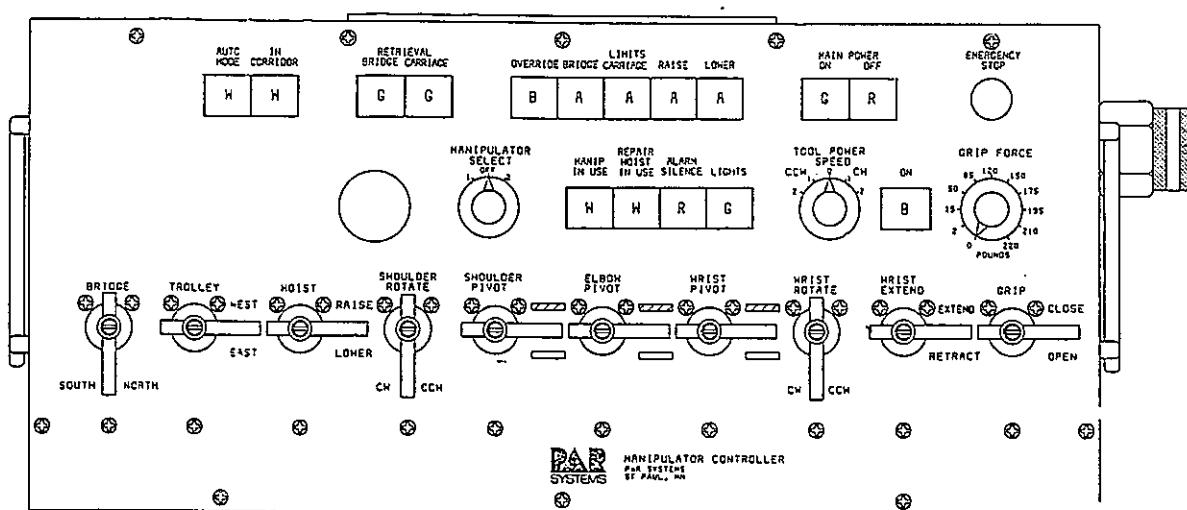


Fig. 7-3 パワーマニプレータポータブルコントローラ

- ・ 照明（押しボタン）
- ・ インパクトレンチスピード  
(選択スイッチ)
 

インパクトレンチの速度を2段階に設定するものである。また回転方向の選択にもなっている。
- ・ インパクトレンチ電源オン  
(押しボタン)
- ・ 握力制御（ポテンションメータ）
 

このスイッチは、ロボットアームのグリップドライブにより伝達されるトルクを制限するものである。
- ・ グリップコントロール  
(フィンガースイッチ)
- ・ リスト伸縮制御  
(フィンガースイッチ)
- ・ リスト回転制御  
(フィンガースイッチ)
- ・ リスト施回制御  
(フィンガースイッチ)
- ・ エルボ施回制御  
(フィンガースイッチ)
- ・ ショルダー制御  
(フィンガースイッチ)
- ・ ショルダー回転制御  
(フィンガースイッチ)
- ・ ホイスト昇降制御  
(フィンガースイッチ)
- ・ キャリッジ横行制御  
(フィンガースイッチ)
- ・ ブリッジ走行制御  
(フィンガースイッチ)
- ・ アラームブザー

除染セル用のパワーマニプレータでは、上記機能のうち自動搬送に関する機能及び救援機能については、その機能を有していない。

コントローラは、操作室の操作卓周りに設置してあるジャンクションボックスに接続することで直ちにセル内クレーン設備全体のネットワークシステムと接続されることになる。

パワーマニプレータの操作は、最初に電源を入れた機器に優先権を持たしている。この場合、他のコントローラには、マニプレータ使用中の表示が点灯する。

1つのジャンクションボックスには、パワーマニプレータ用とインセルクレーン用に2つのリセプタブルを配置してある。

### 7.2.3 ロボットペンダントコントローラ

自動搬送時の操作に用いるロボットペンドントコントローラは、パワーマニプレータの自動搬送を実施する場合に、その動作位置を教示するために使用するものである。コントローラは、以下の機能を実行するために必要となる押しボタンとディスプレイとにより構成されている。Fig. 7-4にペンドントコントローラの概略を示す。

- ・ X軸、Y軸、Z軸、θ軸の各動作のスピードコントロール
  - ・ アプリケーションプログラムによるティーチング
  - ・ ポイントの教示
  - ・ ロボットアームの装着、未装着の表示
- ペンドントコントローラは、自動制御用の計算機とRS-422のインターフェイスを介して接続する。

## 7.3 リペアホイスト

### 7.3.1 システム概要

リペアホイストの制御システムは、自立型の制御盤、リペアホイストを駆動させるためのポータブルコントローラ、そして3階サービスエリアの機器本体（エンクロージャ内）に取付けられているモーター、リミットスイッチ、ジャンクションボックス、内部照明等から構成する。

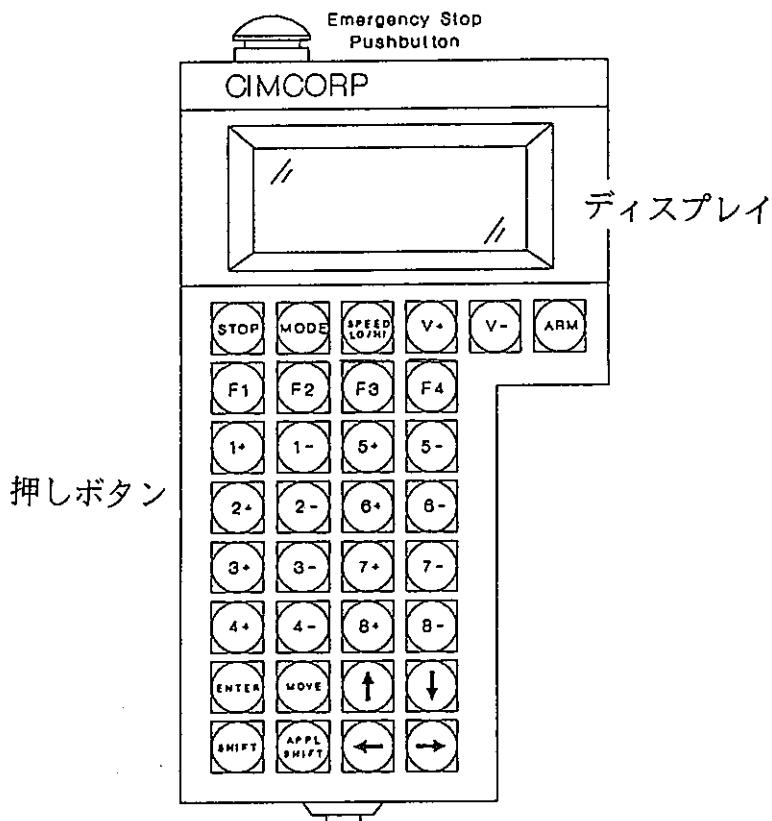


Fig. 7-4 パワーマニプレータ自動搬送用ペンダントコントローラ

#### ホイストの上下駆動及び回転の可変速度

制御は、フィンガースイッチによって行われ、速度はフィンガースイッチの偏角の量に比例する。上下、回転動作ともSCR式直流ドライブモーターを使用している。

リペアホイストの制御システムは、試験セル用のパワーマニプレータシステムとインターロックをとっている。これは、リペアホイストが完全に引き上げられた状態にない場合にパワーマニプレータの自動搬送を不可能にするものである。また、いずれかのパワーマニプレータが自動運転している場合は、リペアホイストの電源投入を不可能とするものである。Fig. 7-5 にリペアホイストの制御の概要を示す。

#### 7.3.2 ポータブルコントローラ機能

ポータブルコントローラは、リペアホイストの動作及び表示を全て管理するもので

あり、以下の機能を有している。

- ・主電源のオン、オフ
- ・エンクロージャ内の照明スイッチ
- ・左右回転
- ・ホイスト上下
- ・上・下限リミット
- ・ホイスト上、下動作リミット
- ・ホイストの使用表示
- ・回転の位置（角度）表示

回転位置の表示は、デジタルパネルメーターに10分の1度まで表示する。この位置は、ポテンショメーターによって位置測定を行っている。

#### 7.4 ネットワークシステム

ネットワークシステムは、パワーマニプレータ、インセルクレーン、リペアホイ

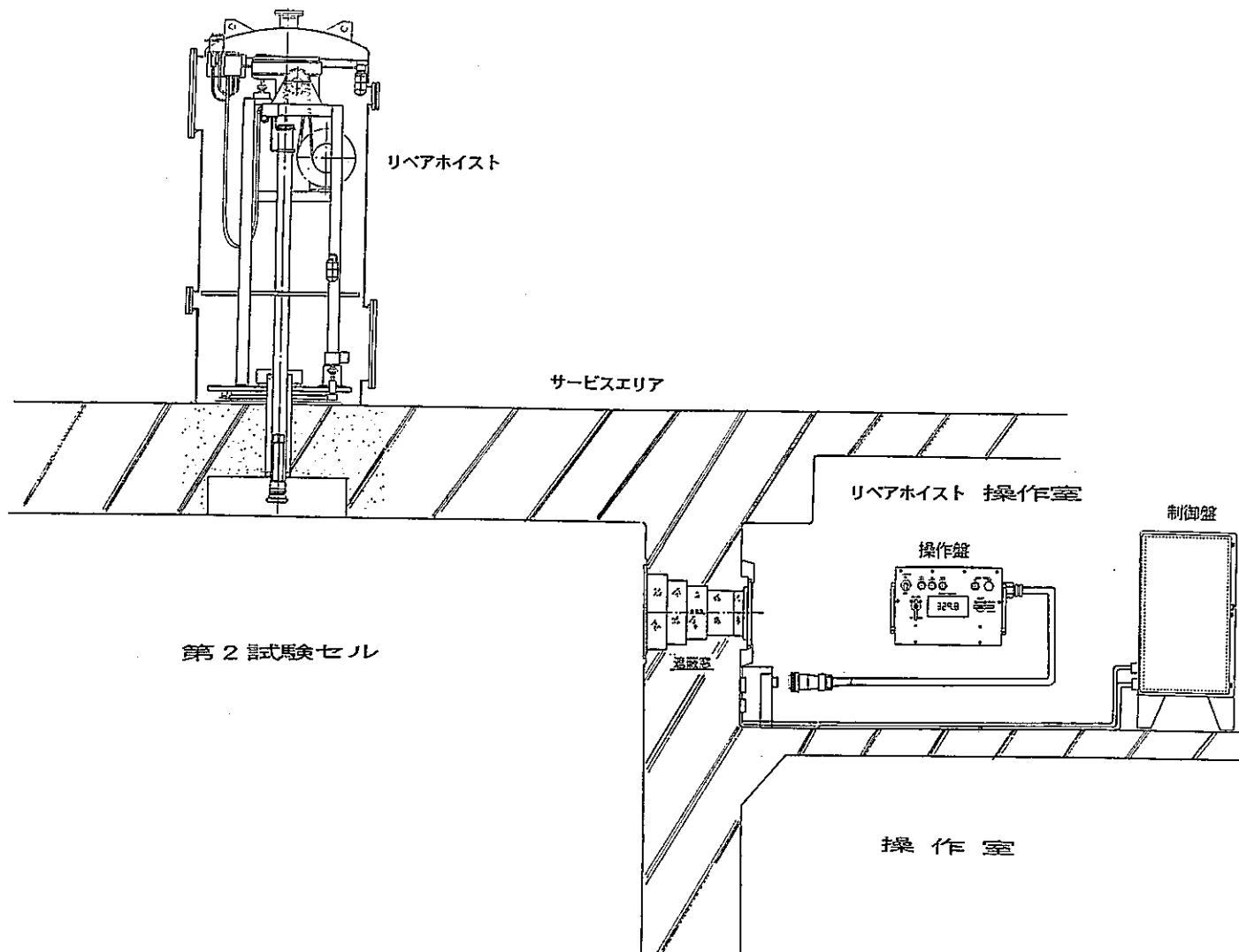


Fig. 7-5 リペアホイスト制御システム

レータ、インセルクレーン、リペアホイストの各制御盤、セル周辺に配置してあるレセプタクルボックス及び各々のポータブルコントローラを接続するものである。

このネットワークシステムは、全ての手動制御信号をポータブルコントローラから各々の機器に対応する制御盤に伝送するため、また、逆に制御盤から各々に対応するポータブルコントローラに伝送するため、そして全ての制御盤間で信号を伝送するために使用するものである。

このネットワークシステムによって、操作室の操作卓に取付けてあるレセプタクルボックスのどのプラグにも、パワーマニプレータ、インセルクレーンの区別なくコン

トローラを接続して機器を動かすことが可能である。つまり、レセプタクルは1箇所に2つあるが、操作者はインセルクレーン用、パワーマニプレータ用と意識することなく接続を可能とした。

ネットワークシステムは、RS-422インターフェイスを用いたトークリングとして、構成している。各ポータブルコントローラとレセプタクルボックスには、緊急停止用の押しボタンがあり、これを押すことで全ての制御盤からの電源が切断される。

このネットワークシステムは、試験セル用と除染セル用で各自独立したシステムを構築している。しかし、両者は、同じ機能

である。

## 8 自動制御システム

### 8.1 機能概要

試験セルで燃料集合体を解体した後の燃料ピンは、照射後試験を行うためにピンラックに収納する。このピンラックは、全長約4.4m、外径700mm、重量500kgと大型であり、試験機に設置するまでの移送経路が狭いため、インセルクレーンの移送ではピンラックの振動により周辺機器と接触する可能性がある。このため、パワーマニプレータにピンラック専用のダブルフックを取り付け、ピンラックのトラニオンをつかむことでピンラックの振動を防いで自動搬送できる機能を設けた。

この自動搬送は、燃料ピンの照射後試験計画によって、セル内の搬送場所が決定される。この計画は、全てFMF増設施設を一括管理する自動化運転システムによって行われる。したがって、パワーマニプレータの自動搬送も、この自動化運転システムの指示により実施することを基本としている。Fig. 8-1にピンラックの自動搬送時の状況を示す。以下にこの機能の概要を記載する。

- ・ X軸、Y軸、Z軸、θ軸の4軸の移送ポイントを予め教示しておくことで、ピンラックをセル内の任意の場所に移送することができる。
- ・ 自動搬送の実行は、自動化運転システムの計算機による指示とパワーマニプレータが所有する自動搬送用の計算機からの単独による指示との2通りの方法で実施する。
- ・ 自動搬送時は、セル内に自動搬送のための移送経路エリアを設定し、このエ

リア内においてのみ自動搬送を可能とする。このエリアは、移送に障害を与える機器等がない場所を選んで設定する。このことで移送時の機器との接触を防止する。

- ・ 自動搬送中は、インセルクレーン、リペアホイストの使用を禁止するインターロック機能を備えている。
- ・ 2台のパワーマニプレータは、同時に自動搬送することができる。この場合、自動搬送システム内で常に2台の位置を確認しており、衝突防止を図っている。
- ・ 移送ポイント、搬送エリア等は、変更、修正、追加を容易にできるようにフレキシビリティな機能としている。
- ・ 自動搬送時の操作状態、システムエラー、システム状態の記録を保持したり、自動化運転システムの計算機に伝送することが可能である。
- ・ 自動搬送システムの保守を助ける自己診断機能を持っている。

### 8.2 システム機構

自動搬送システムの制御は、ロボット制御コンピュータが中核をなして、周辺機器から構成している。この制御コンピュータが、ピンラックの自動搬送の実行に必要な操作者との対話及び位置制御、信号の受信、伝送等の制御機能の一切を行う。

#### 8.2.1 制御用コンピュータ

制御用コンピュータは、実行処理システムと動作制御システムに大きく分類している。

実行処理システムは、自動搬送に必要な情報の処理を行うもので、自動化運転システムとの取り合い、位置情報等のアップデートを実施する。このシステムではグラ

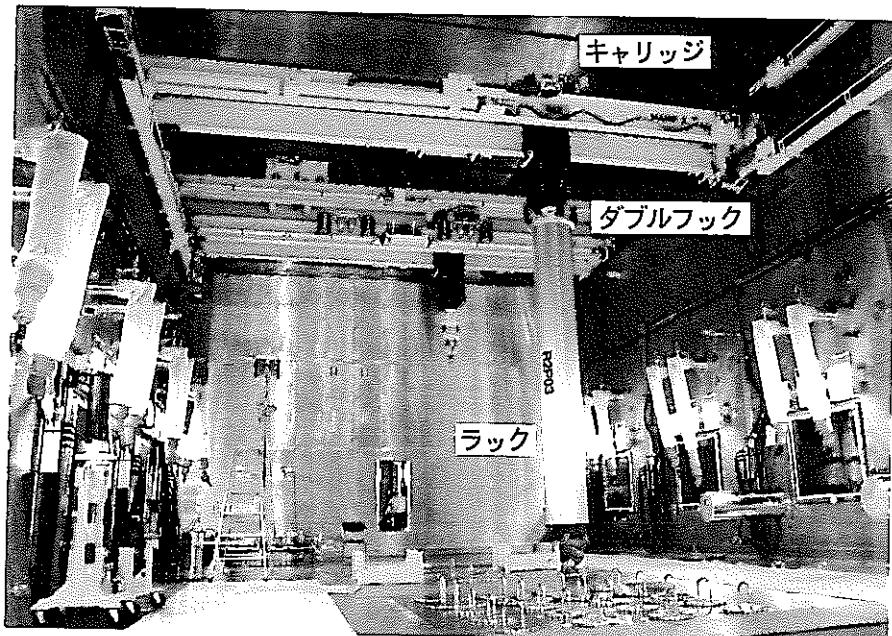


Fig. 8 - 1 ピンラック自動搬送状態図

フィックディスプレイ、ハードディスク及びフロッピーディスクドライブ等で構成している。

動作制御システムは、パワーマニプレータの各軸の動作のコントロールを行うものである。これらのシステムのアプリケーションプログラムは、「C」言語で作成されており、DOS環境で作動する。

Fig. 8 - 2 に制御コンピュータの概要を示す。また、Fig. 8 - 3 に制御コンピュータによる制御状況を示す。

#### 8.2.2 上位計算機とのインターフェイス

上位計算機となる自動化運転システムとパワーマニプレータの自動搬送システムを

接続するために、必要となる計算機の間のインターフェイスは、RS-422シリアルリンクとなっている。コマンドと操作状態の交換には、データと制御信号を用いて行う。

#### 8.2.3 無停電電源

自動搬送用の制御システムには、常に無停電電源を供給している。このことにより、システム状態は、電源喪失前の状態をハードディスク内に保持しておくことが可能となり、万が一電源喪失状態が発生した停電時でも、ピンラックの移送に支障をきたすことはない。また、電源が回復した後、操作を中断した位置から再開することが可能となる。

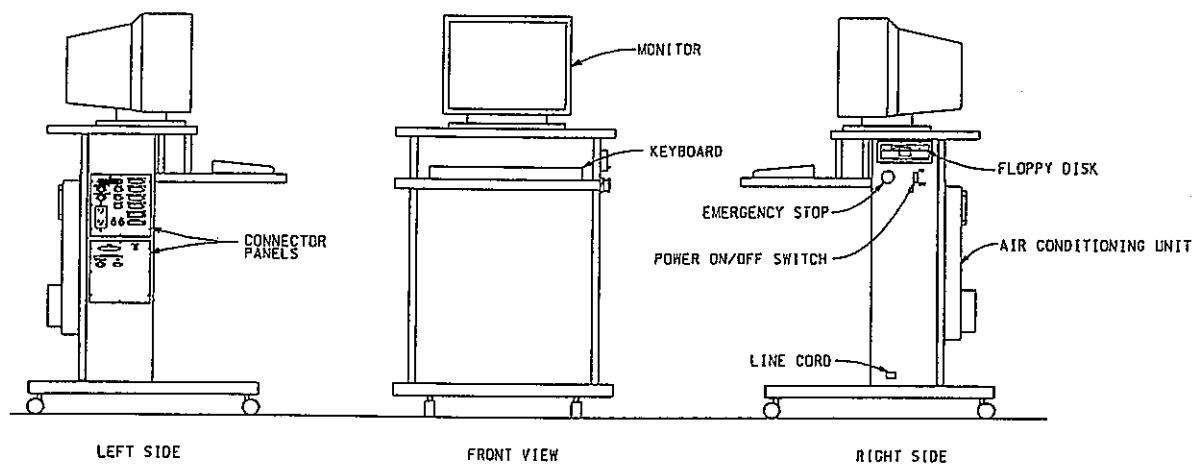


Fig. 8 - 2 パワーマニピレータ制御用コンピュータ



Fig. 8 - 3 制御用コンピュータによる制御状況

#### 8.2.4 自動搬送経路（リーガルコリダー）

自動搬送は、予め定めた移送経路のエリア内を通過することで行う。この移送経路のエリアをリーガルコリダーという。自動搬送中のパワーマニプレータは、このエリア内でのみ自動搬送が可能となる。

リーガルコリダーの設定方法は、ロボットペンダントコントローラ用いて動作位置を教示することにより設定する。

教示は、セル内においてX軸、Y軸、Z軸の原点位置を設定し、各軸毎の動作の座標位置を自動制御システムに登録することで行う。基本的にリーガルコリダーは、ピンラックの収納位置から各ピン試験機のピンラック置き場の間で設定する。

このリーガルコリダー内にあれば、いつでも自動搬送が可能となる。自動搬送の中に手動操作でリーガルコリダー外にパワーマニプレータを移動しても、自動搬送を中断した時点の位置ポイントを、位置センサーのレゾルバを通してシステム内で記憶しているため、再びリーガルコリダーにパワーマニプレータを戻すことで、その自動搬送を継続することが可能となるシステムとした。

#### 8.2.5 ポータブルコントローラとネットワーク

手動操作用のポータブルコントローラは、操作室の遮蔽窓下にある操作卓に設置したジャンクションボックスに接続する。

パワーマニプレータを自動搬送システムで制御していない状態であれば、操作者はポータブルコントローラを用いて、テレスコピックチューブに種々のフックあるいはマニプレータアームを用いて操作することができる。逆にいうとこれらのモジュールが取り付いた状態では、自動搬送システム

は動作しないことになる。

ポータブルコントローラは、自動運転モードと自動運転時にパワーマニプレータが予め定めた移送経路内（リーガルコリダー）内にあるか否かを確認するための状態表示インジケータを備えている。

また、ポータブルコントローラは、自動搬送モードであっても、操作卓のジャンクションボックスに接続した状態にしておくことができる。自動搬送システムが起動している場合は、ポータブルコントローラのその旨の表示がなされ、なおかつ、ポータブルコントローラからは、緊急停止以外のコマンドは受け付けないようなネットワークとなっている。

#### 8.2.6 位置情報

パワーマニプレータの走行、横行、上下駆動に用いるモーターは、パルス幅変調のサーボドライブを使用した。このサーボドライブにより、自動搬送時の精密なコントロールを可能としている。

また、走行、横行、上下のX軸、Y軸、Z軸には、それぞれ位置検出のために必要なセンサーとして、アブソリュートレゾルバを用いた。このレゾルバの位置信号が、計算機システムの動作制御用のコンバータモジュールに情報提供する。この提供された信号は、デジタル信号に変換され、セル内での正確な位置を把握することになる。

### 8.3 自動搬送操作

#### 8.3.1 操作概要

パワーマニプレータの自動搬送は、前述したように次の二通りの操作方法がある。

- ・自動化運転システムの上位計算機からの指示により搬送する方法、これをリモート操作という。
- ・パワーマニプレータの計算機システムによる独自で搬送する方法、これを

ローカル操作という。

F M Fにあっては、施設内の運転に関する管理を一括して行うことを目標としていることから、自動搬送における運転方法は、基本的に前者のリモート操作を採用する。

後者のローカル操作は、上位の計算機に異常が発生した場合など、単独で自動搬送するときに必要となる。

自動搬送を行うための最低条件を以下に示す。

- ・自動搬送システムの電源が投入されていること。
- ・パワーマニプレータにロボットアームが取り付いていないこと。
- ・パワーマニプレータが手動のポータブルコントローラで制御されていないこと。

以上の条件が満たされていれば、パワーマニプレータの制御が手動操作に移されるまで、自動搬送システムを稼働することが可能となる。

操作は、自動化運転システムからの指示によるリモート操作とパワーマニプレータの自動搬送システムで行うローカル操作があるが、いかなる場合でもパワーマニプレータの操作は、このいずれかの一方の操作しかシステムにアクセスすることはできない。リモート操作からシステムにアクセスしている場合、システムはスレーブとして働き、リモート操作からのコマンドを理解して実行する。この場合、キーボードからの入力は認識されることはない。ローカル操作では、操作者は自動制御システムのキーボードを操作して、必要なコマンド入力を行うことになる。

### 8.3.2 リモート操作

#### (1) リモートログオン

リモート操作を開始するには、自動化運転システムの上位計算機から、パスワード、ユーザIDとともにログオンコマンドが送信されて、これにあった入力を行うことで自動搬送に必要な画面が計算機のCRTに表示される。

#### (2) 搬送操作

上位の計算機システムがある自動化運転システムは、ピンラックを移送するために必要となる、照射後試験の情報を全て収納してある。したがって、この上位計算機から、照射後試験を実施するうえで最適なピンラック移送の開始時期を決定して、パワーマニプレータ自動搬送システムにコマンド情報を送信する。

送信コマンドは、ピンラックの移動先が他のピンラックによってふさがっていないか、あるいは、その移送範囲でもう一台のパワーマニプレータと衝突したりしないように全てシステムで確認した上で送信を行う。

移送が完了すると、自動搬送システムから上位計算機に完了信号を送信する。上位計算機システムは、その情報に基づいてピンラックの移送場所やラック内のピン位置などの状態の情報、その他の移送の実行に関する情報を保存する。

#### (3) リモートログオフ

上位計算機は、ログオフのコマンドを自動搬送システムに送信することでログオフを実施することができる。

#### (4) 異常時の操作

上位計算機は、自動搬送システムによりピンラックを自動搬送中にいつでも停止コマンドを送信することができる。また、停止後回復コマンドを送信することで、中断

した移送操作を再開することができる。A BORTコマンドの送信により、ピンラックの自動搬送を打ち切ることが可能となる。

自動搬送システムが問題を発見すると、自らピンラックの移送を停止して、上位計算機システムにその問題の情報を伝える。

問題を解決するためには、自動搬送を再開する前に、手動操作が必要となる場合がある。この手動操作で問題を解決した場合は、パワーマニプレータがリーガルコリダー内にあり、なおかつ、問題発生前の負荷状態になっていることで、自動搬送操作を再開することができる。

### (5) 衝突防止

ピンラックの自動搬送を実施する場合は、上位計算機から自動搬送システムに、ピンラックの移送を実行するように指示を行う。この場合に、上位計算機はもう1台のパワーマニプレータと作業が重複しないような指示を行うが、重複した場合の安全機能として、自動搬送システムは2台のパワーマニプレータが直接相互に通信し合って衝突の危機を探知する機能を有している。

このような状態が発生した場合は、両方のパワーマニプレータ制御用コンピュータが動作を停止して、上位計算機にその旨を報告するようになっている。衝突の可能性が探知されると、操作者による手動制御はできるが、自動搬送を再開できるのは、1台のパワーマニプレータが手動で他方のパワーマニプレータの自動搬送経路外に移動され、自動搬送の動作を継続しているパワーマニプレータの負荷状態が変わることなく、かつ、近くの搬送経路内にあれば自動搬送を継続することができる。

### 8.3.3 ローカル操作

ローカル操作は、パワーマニプレータの自動搬送用コンピュータを用いて、独自に自動搬送を実施するものであり、基本的にはリモート操作と同じである。両者の違いは、ローカル操作では、自動搬送におけるプログラム内容を修正したり変更あるいは追加を可能にしていることである。リモート操作はあくまでも、上位計算機から実施する照射後試験に対応した搬送指示をもらい、自動搬送用コンピュータを動かしてパワーマニプレータの自動搬送を行うものである。

ここでは、ローカル操作における主な機能を紹介する。

#### (1) コマンド入力による自動搬送

これは、ピンラックの把持、移送、設置などの一連の動作を指示して、自動搬送をパワーマニプレータに実施させる機能である。また、これらの動作コマンドの指示は、全てセル内の座標点の入力で行う。

#### (2) 動作位置の修正、変更、追加

自動搬送に必要となるX軸、Y軸、Z軸、θ軸の各軸について、その開始位置、停止位置を変更させたり新たに追加することが可能である。この変更あるいは追加にあたっては、ロボットペンドントコントローラによって、それぞれの座標位置を教示することにより行う。

#### (3) ロボットペンドントコントローラによる操作

自動搬送を行うメインコンピュータのオプションメニューから、ロボットコントローラに切り替えを行うことにより、このコントローラでパワーマニプレータを操作することができる。ロボットコントローラを使用するときは、前述したようにパワーマニプレータの4軸の位置を教示するとき

に用いるものである。コントローラでは、X軸、Y軸、Z軸、θ軸の4軸に対応した操作キーを押すことによって各軸が動作するため、パワーマニプレータを指定の位置まで移動し、位置の教示を行う。このスイッチは、キーを押している間だけパワーマニプレータの各軸が移動するものである。

## 9 遠隔分解組立機能

この章では、試験セルに設置したインセルクレーンとパワーマニプレータについて、主な機構の遠隔分解組立機能を説明する。この遠隔分解組立にあたっては、前述の専用治具を用いて実施するものである。

### 9.1 ブリッジの遠隔分解

ブリッジの遠隔分解は、ブリッジがレール上にある場合とセル床にある場合で行う。また、ブリッジを床に降ろす場合は、ブリッジ上に乗っているマニプレータキャリッジあるいはクレントロリーを先に外さなければならない。

#### 9.1.1 ブリッジ本体の遠隔分解

パワーマニプレータ、インセルクレーンのブリッジをメンテナンスする場合は、ブリッジをセル床面まで吊り降ろす必要がある。ブリッジは、次のステップによって天井走行レールから吊り降ろす。

- ・ブリッジ吊り具及びブリッジスタンドを予めセル床の所定の位置に設置する。
- ・ブリッジをリペアホイストの中心まで移動する。（ブリッジが故障している場合は、ブリッジけん引機構により移動する。）
- ・リペアホイストをブリッジの2本の

ビームの間から下げ、ブリッジ吊り具をつり上げブリッジビームの下に固定する。（Fig. 9-1 参照）

・ブリッジ吊り具の落下防止のために、Zツールを取付けたパワーマニプレータを用いて、ブリッジ吊り具にロックピンをとりつける。（Fig. 9-2 参照）

・ブリッジ吊り具をリペアホイストでさらに持ち上げ、遠隔電気コネクターが完全にケーブルトラックコネクターから外れるまで吊り上げる。そしてリペアホイストにより、ブリッジをセル床に降ろせるまで、南北方向に回転する。（Fig. 9-3 参照）

・ブリッジを90度回転させたら、セル床のブリッジスタンドまで降ろす。なお、ブリッジは、電気コネクターが設置されている側が重いため、反対側にバランスウェイトを取付けてバランスを得るようとした。

#### 9.1.2 走行モーターの着脱

インセルクレーンの走行モーターは、ブリッジ中央に配置しており、上下方向に移動させるだけで容易に着脱が可能である。パワーマニプレータ用は、自動搬送のため精度を要求するため、ボルト固定してある。このため、インセルクレーンの走行モーターは、Fig. 9-4 に示すドライブモーター着脱治具をリペアホイストに取付け、ブリッジレール上で着脱が可能である。

#### 9.1.3 ブリッジリミットスイッチの着脱

ブリッジに取付けてある走行用のリミットスイッチは、ブリッジがレール上であってもセル床上であっても着脱が可能である。ここでは、レール上の着脱方法について記載する。

パワーマニプレータにZツールをセット

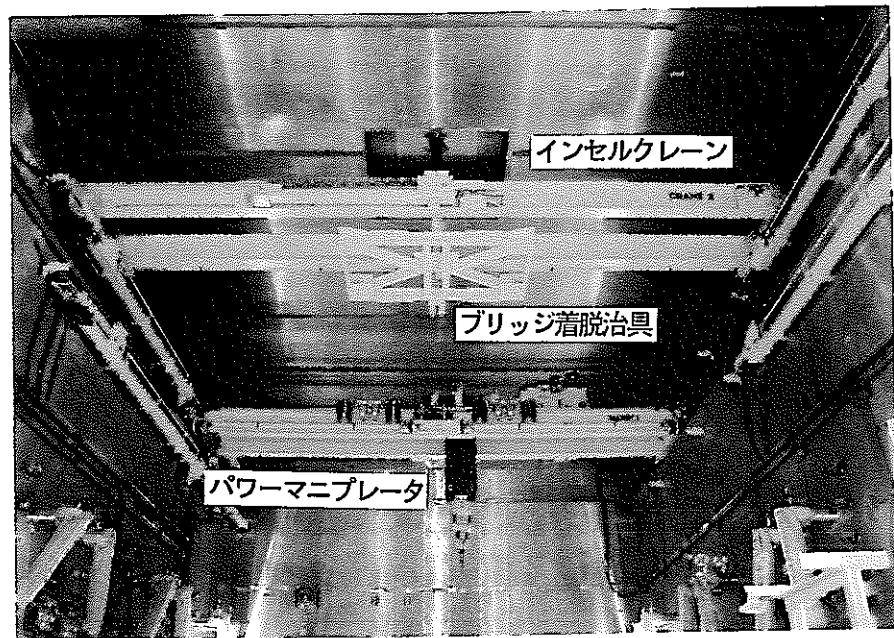


Fig. 9 - 1 ブリッジの着脱

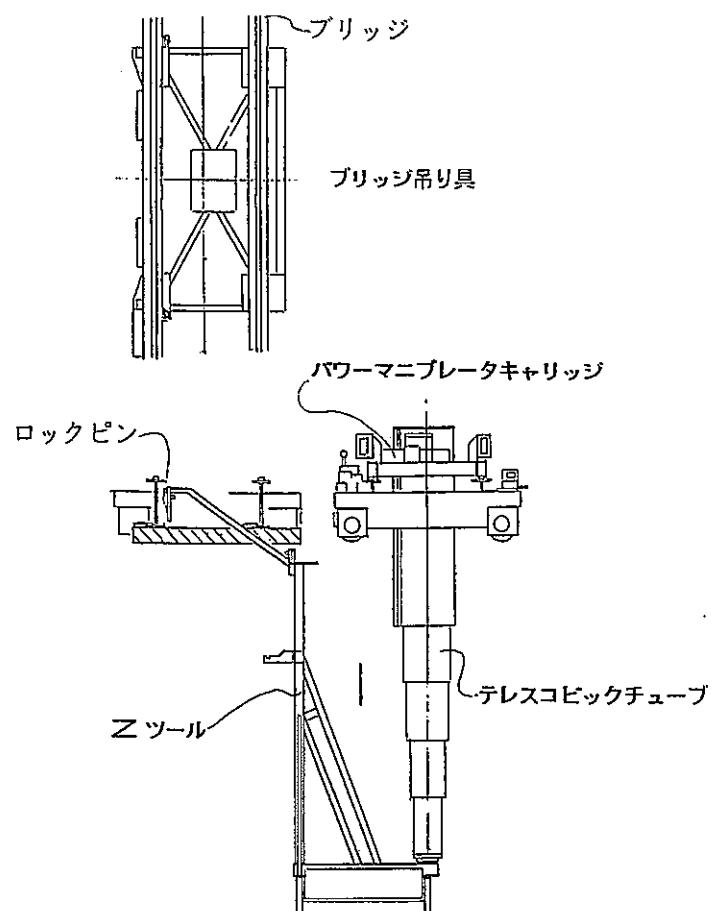


Fig. 9 - 2 ロックピンの取付け状態図

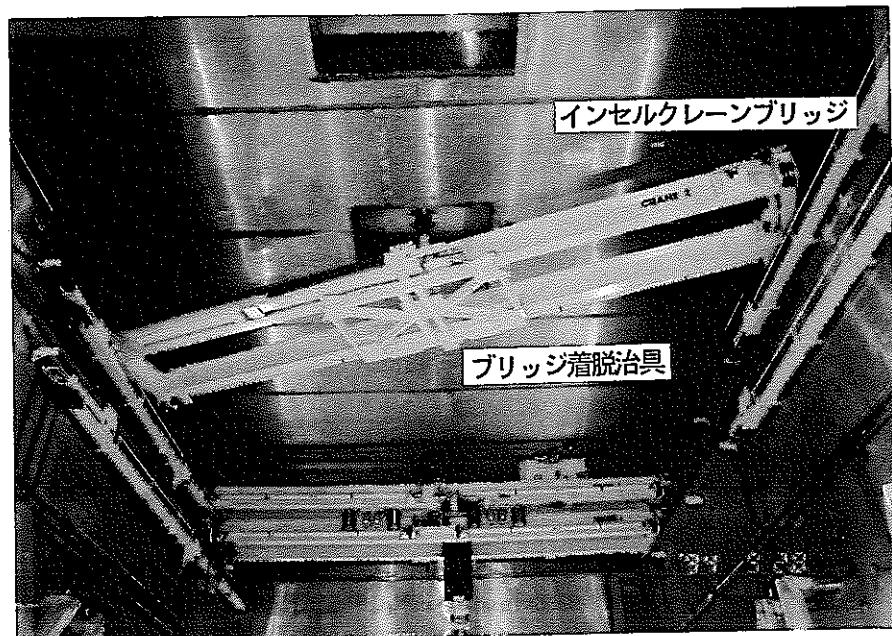


Fig. 9 - 3 ブリッジの回転

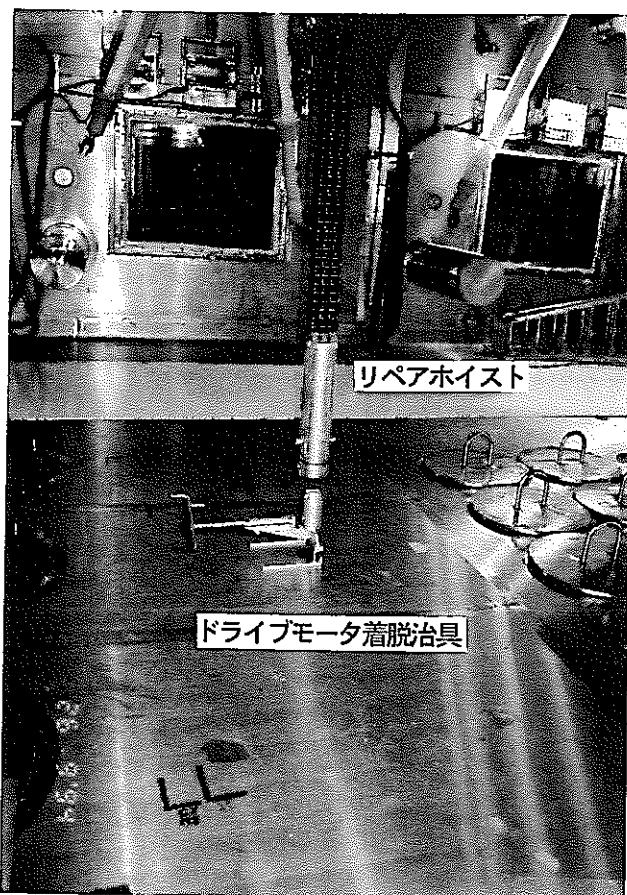


Fig. 9 - 4 走行モーター着脱治具

する。このZツールの先端には、リミットスイッチ着脱用のアダプターを取付け、ブリッジの走行端に付いているリミットスイッチを取り外す。Fig. 9-5に着脱の概要を示す。

#### 9.1.4 ブリッジ照明の着脱

ブリッジ照明は、パワーマニプレータブリッジのみに取付けてある。この照明は、ブリッジがレール上にあるときに着脱を行うものである。着脱方法には、2種類の方  
法があり、1つはZツールを用いる方法で、Zツールにあるフックを用いて照明の着脱を実施する。(Fig. 9-6 参照) また、もう1つの方法は、インセルクレーンで吊り具を吊り上げ、照明を着脱する方法である。(Fig. 9-7 参照) いずれの方法でも着脱は可能であるが、作業の容易性から考えると、インセルクレーンを用いた方が容易である。

#### 9.1.5 ブリッジレゾルバの着脱

ブリッジレゾルバを取付けてあるのは、パワーマニプレータだけで、これはブリッジがレール上にある場合に着脱可能である。着脱は、Zツールを用いて実施する。レゾルバの着脱は、Zツールで固定レバーを開放してから、全体を着脱する。

Fig. 9-8 及びFig. 9-9にレゾルバの着脱の概要を示す。

### 9.2 トロリー及びキャリッジの着脱

#### 9.2.1 トロリーの着脱

インセルクレーンのトロリーは、専用の着脱治具を用いて行う。Fig. 9-10にトロリーの着脱状態を示す。また、以下に着脱の手順を記載する。

- ・専用着脱治具を予めセル内に搬入し、リペアホイストの真下に設置する。
- ・リペアホイストで着脱治具を吊り上げ

る。

- ・トロリーをリペアホイストの真下まで、移動する。トロリーが故障等で動作不能であれば、けん引機構によりもう1台のトロリーで移動させる。
- ・着脱治具でトロリーを吊り、セル床に降ろす。トロリーは、自立するため、トロリーのスタンド 等は不要である。

#### 9.2.2 キャリッジの着脱

キャリッジの着脱方法は、トロリーの着脱と同じである。また、着脱に用いる吊り具は、トロリーの吊り具と共有している。Fig. 9-11にキャリッジの吊り上げ状態を示す。キャリッジは、テレスコピックチューブ駆動モーターがキャリッジの下部についており、このモーターがブリッジと接触するため、吊り上げ途中で90度回転させる必要がある。(Fig. 9-12 参照) また、キャリッジはこのままで自立しないため、専用のキャリッジスタンドを予めセルの中央に準備しておかなければならぬ。Fig. 9-13にキャリッジ着脱の全体概要を示す。

### 9.3 ケーブルトラックの着脱

ケーブルトラックは、試験セルの壁に取付けてありブリッジの給電コネクターと接続し、インセルクレーン及びパワーマニプレータに電源供給を行うものである。

#### 9.3.1 インセルクレーン用ケーブルトラックの着脱

インセルクレーンのケーブルトラック着脱用治具をFig. 9-14に示す。この治具は、リペアホイストで吊り上げパワーマニプレータキャリッジの上部に設置する。固定は、吊り具の中央のバーをキャリッジ

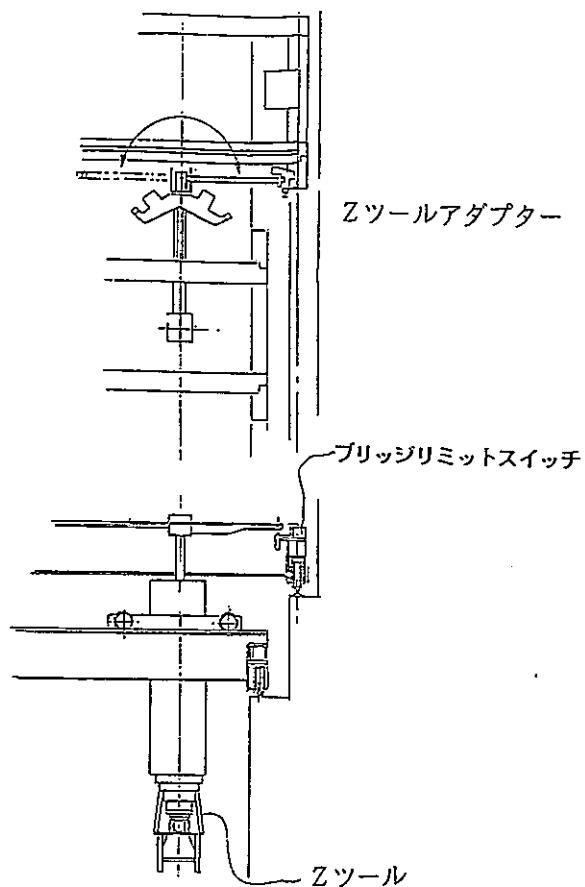


Fig. 9-5 ブリッジリミットスイッチの着脱

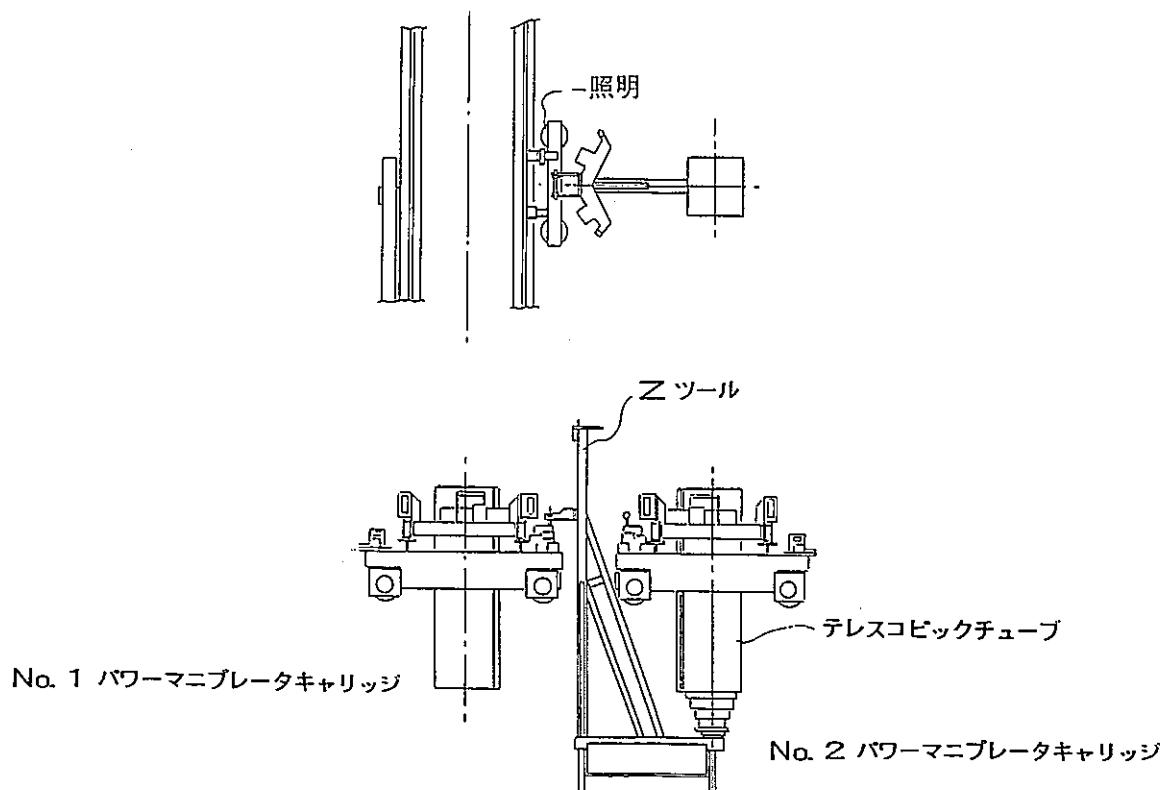


Fig. 9-6 パワーマニプレータブリッジ照明の着脱 (1)

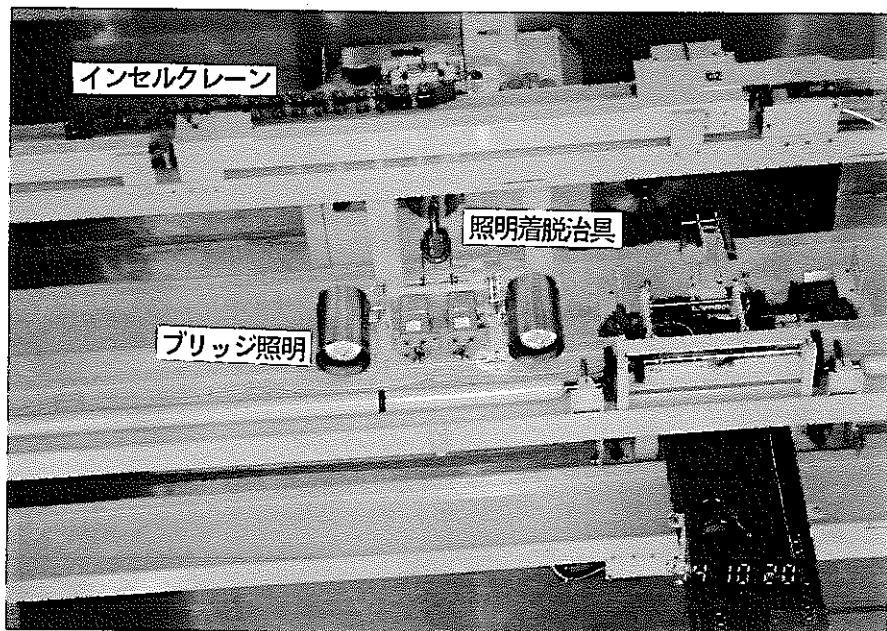


Fig. 9 - 7 パワーマニプレータブリッジ照明の着脱（2）

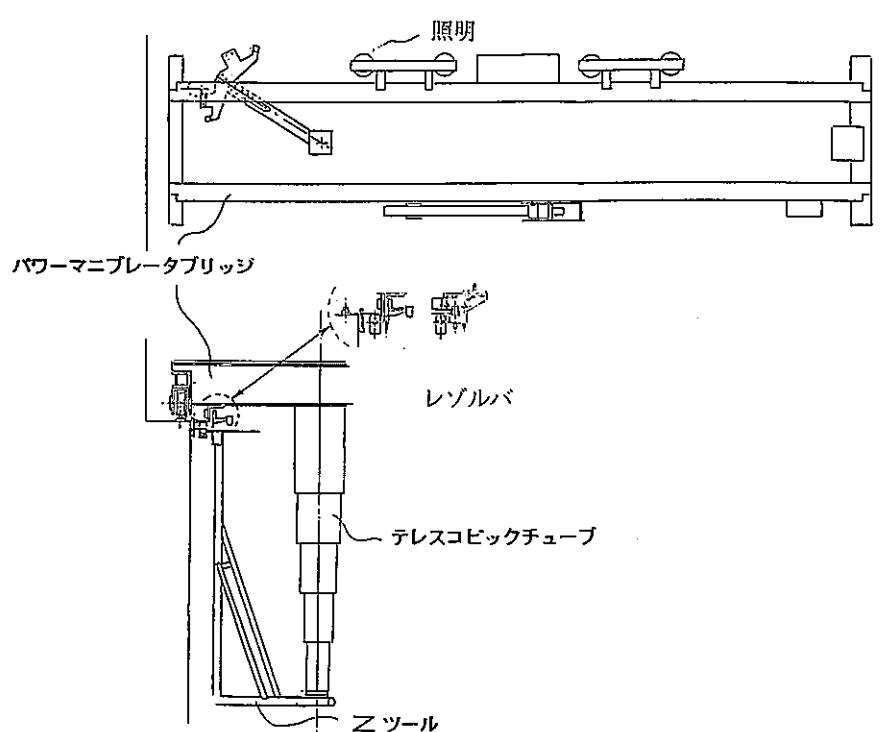


Fig. 9 - 8 レゾルバの着脱（1）

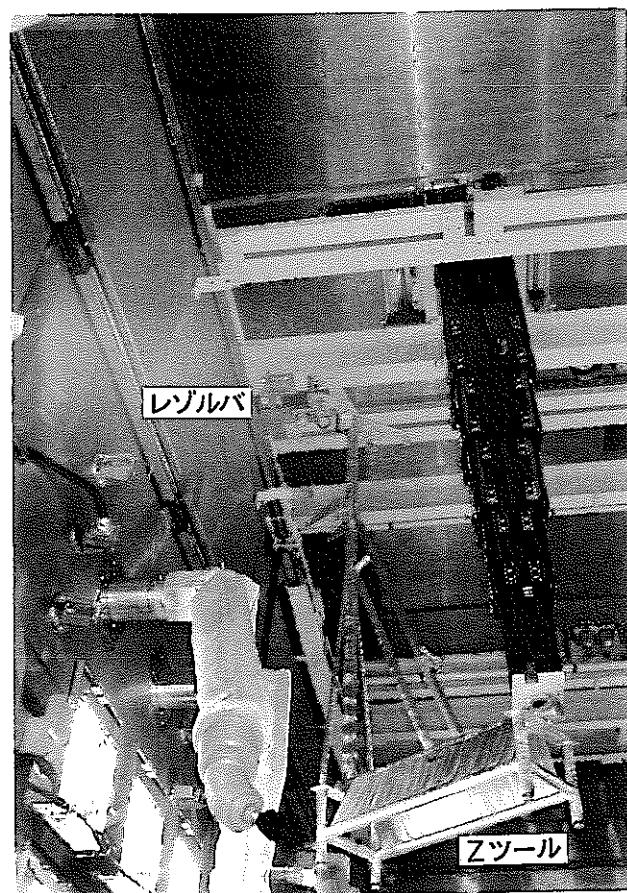


Fig. 9 - 9 レゾルバの着脱 (2)

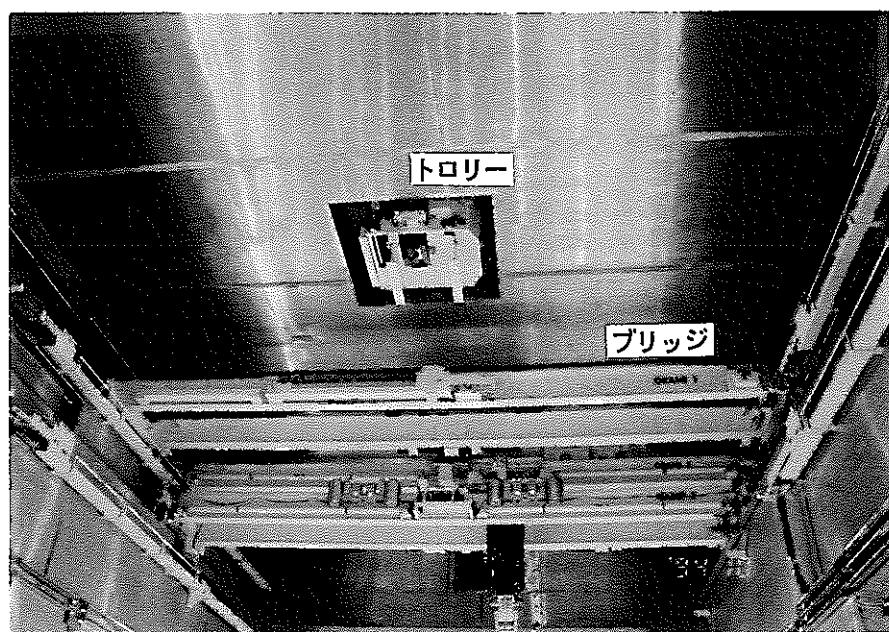


Fig. 9 - 10 トロリーの着脱

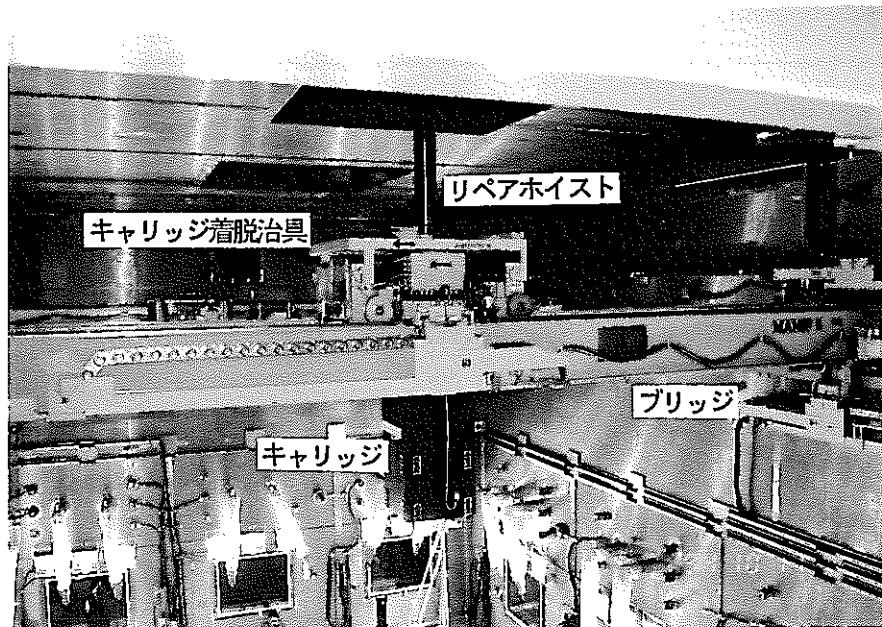


Fig. 9-1-1 キャリッジの着脱

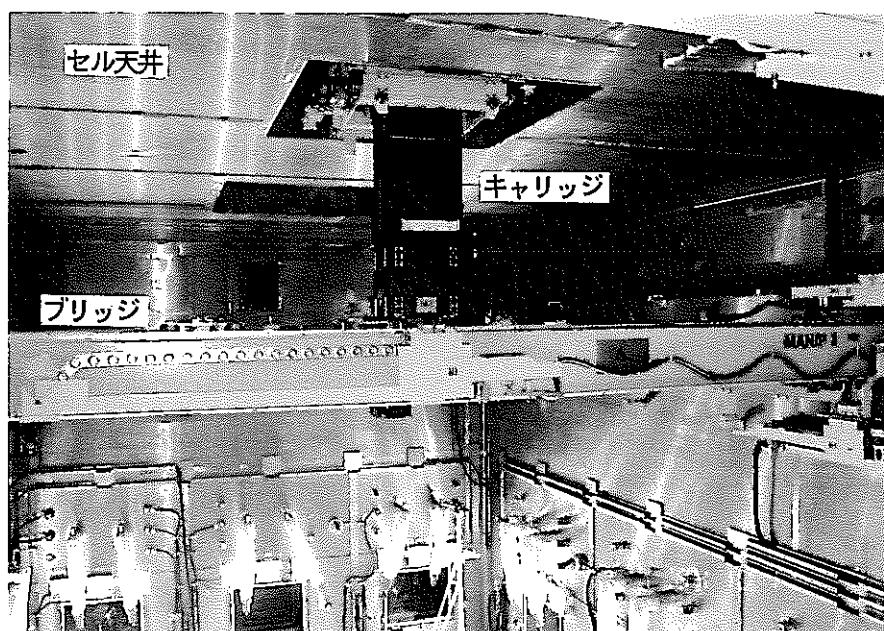


Fig. 9-1-2 キャリッジの回転

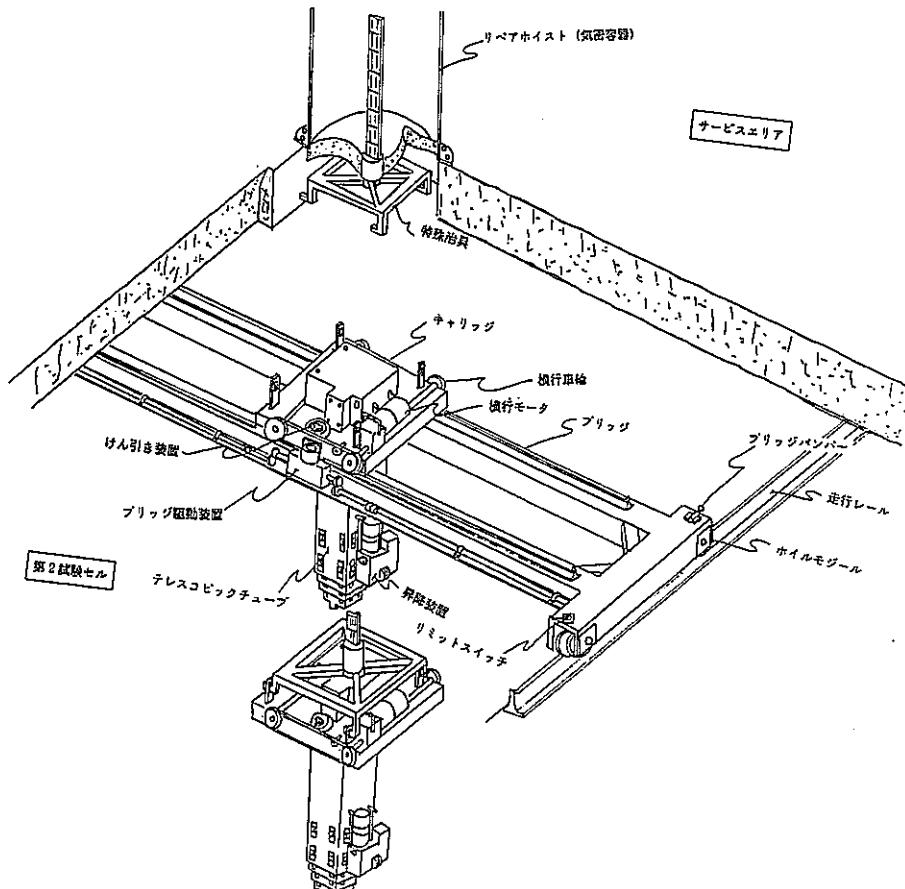


Fig. 9 - 1 3 キャリッジ着脱全体概略図

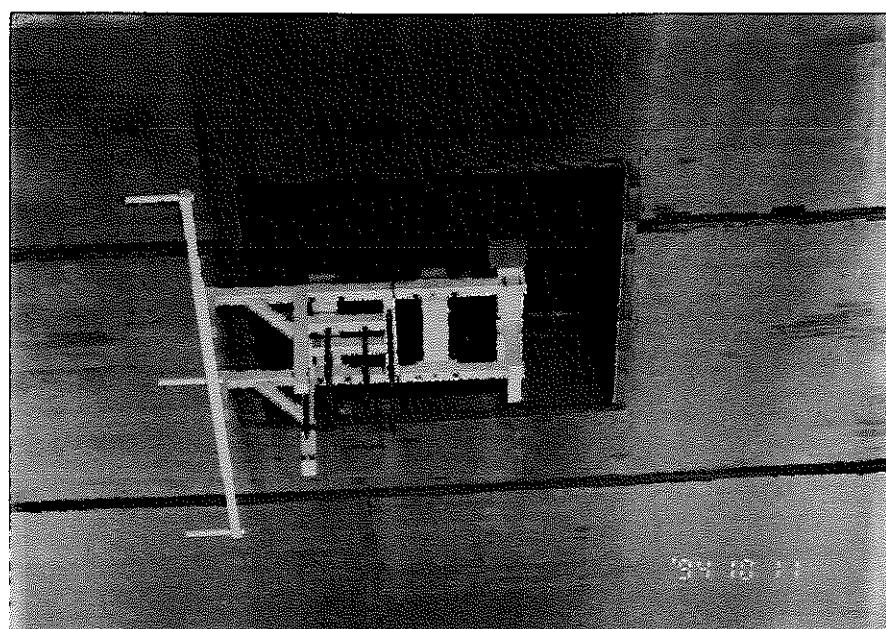


Fig. 9 - 1 4 インセルクレーン用ケーブルトラック着脱治具

## 9.4 電源コネクター関係の着脱

に挿入することで行う。Fig. 9-15 にパワーマニプレータキャリッジに取付けた治具を示す。治具先端の4本の爪を、ケーブルトラックの受け部に挿入し着脱を行う。取り外したケーブルトラックは、床に降ろしてあるブリッジのアダプターに移し変え、(Fig. 9-16 参照) インセルクレーンによりセル外に搬出する。

### 9.3.2 パワーマニプレータ用ケーブルトラックの着脱

パワーマニプレータのケーブルトラック着脱治具は、インセルクレーンで吊り上げて使用する。Fig. 9-17 に着脱の状態を示す。着脱の方法は、インセルクレーンの場合と同様に、着脱治具の先端の4本の爪をケーブルトラックの受け部に挿入し、上部に持ち上げて外す。外したケーブルトラックは、治具毎セル床に置きインセルクレーンでケーブルトラック単体を直立に縦起こし移送する。

壁電気コネクターは、ケーブルトラックと接続しインセルクレーン及びパワーマニプレータに電源を供給するためのコネクターであり、この位置で遠隔分解が実施される。

インセルクレーンの電気コネクターは、パワーマニプレータのロボットアームに専用のボルト着脱治具をセットし、電気コネクターを固定しているボルトを取り外す。この時、着脱治具の先には、ボルトを着脱するためのインパクトレンチを取付けて置く。(Fig. 9-18 及び Fig. 9-19 参照)

パワーマニプレータの場合は、ロボットアームの先にインパクトレンチを直接取付けて電気コネクターの固定ボルトの着脱を行う。(Fig. 9-20 参照)

固定ボルトをゆるめた電気コネクターは、パワーマニプレータに取付けたZツールでコネクター全体を着脱する。

(Fig. 9-21 参照)

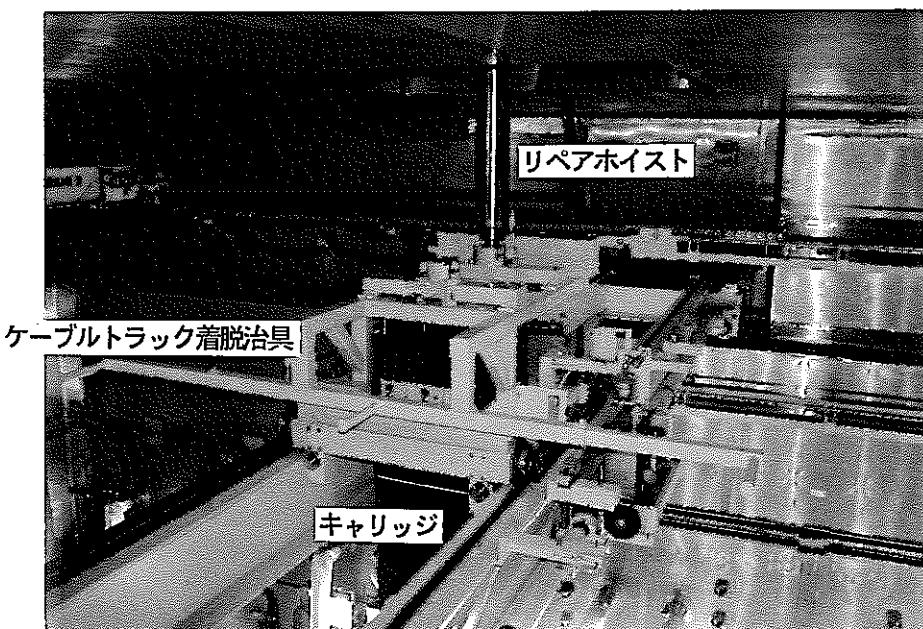


Fig. 9-15 ケーブルトラック着脱治具装着状態

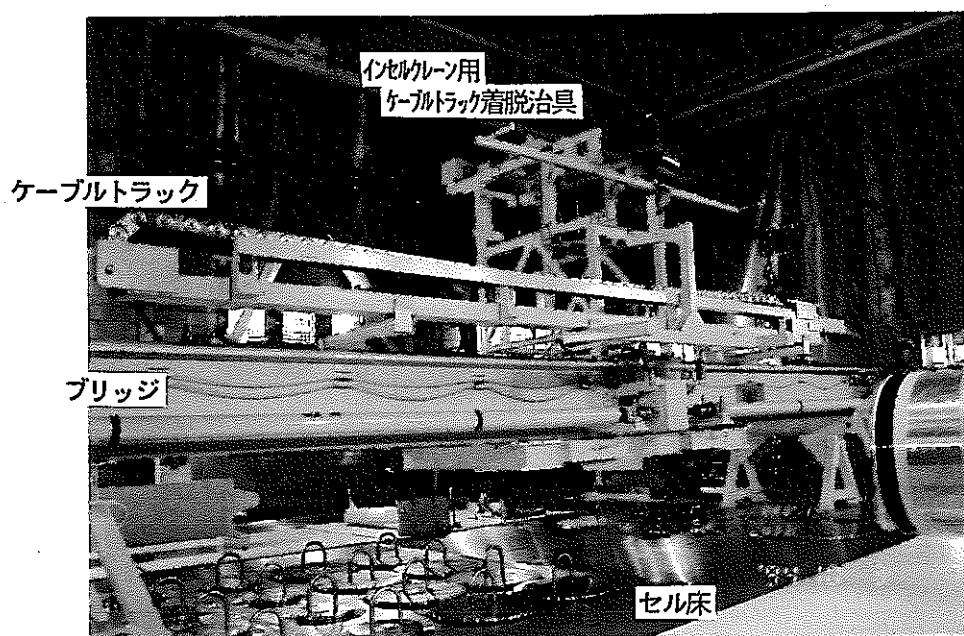


Fig. 9-1 6 インセルクレーンケーブルトラックの着脱

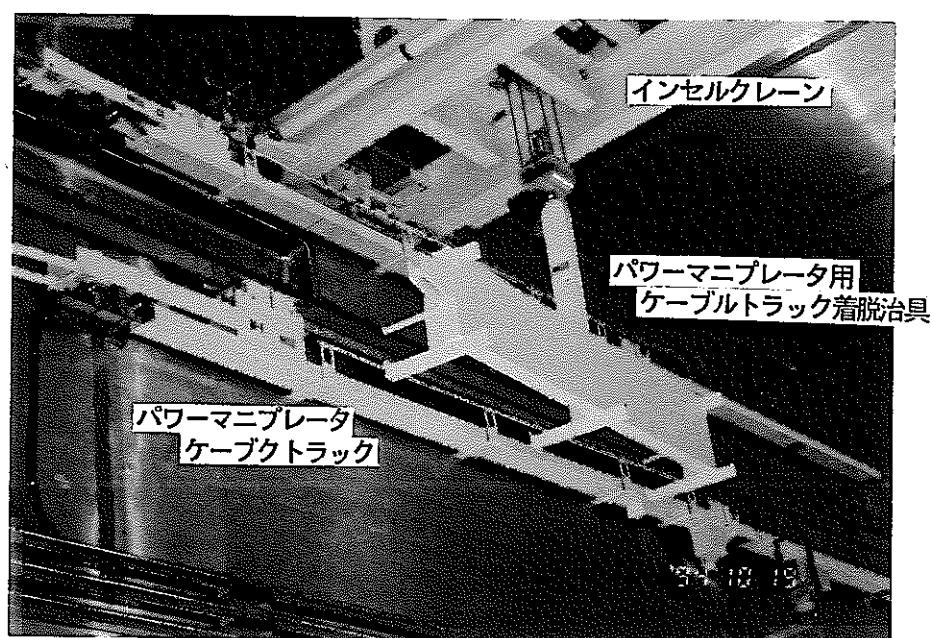


Fig. 9-1 7 パワーマニプレータケーブルトラックの着脱

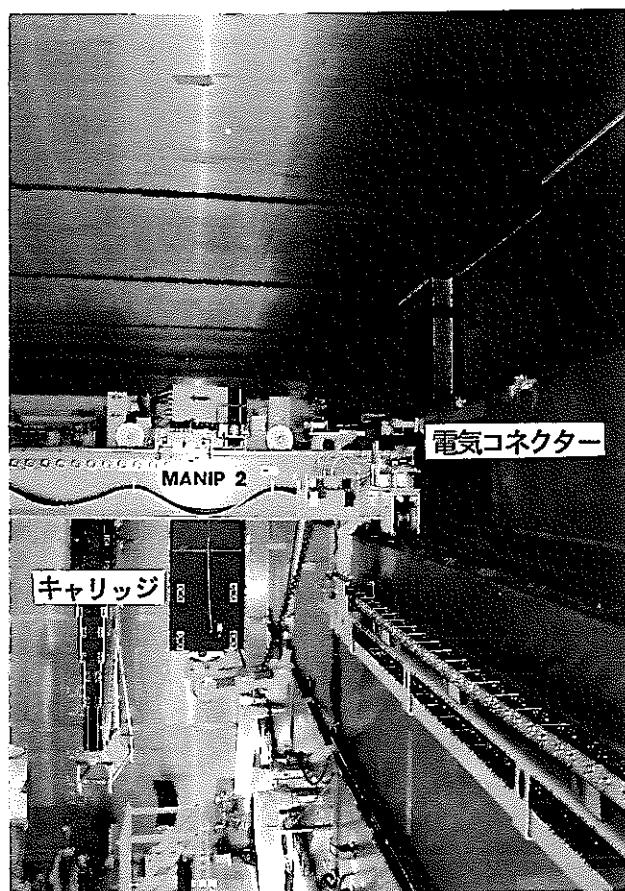


Fig. 9-18 インセルクレーン電気コネクターの着脱

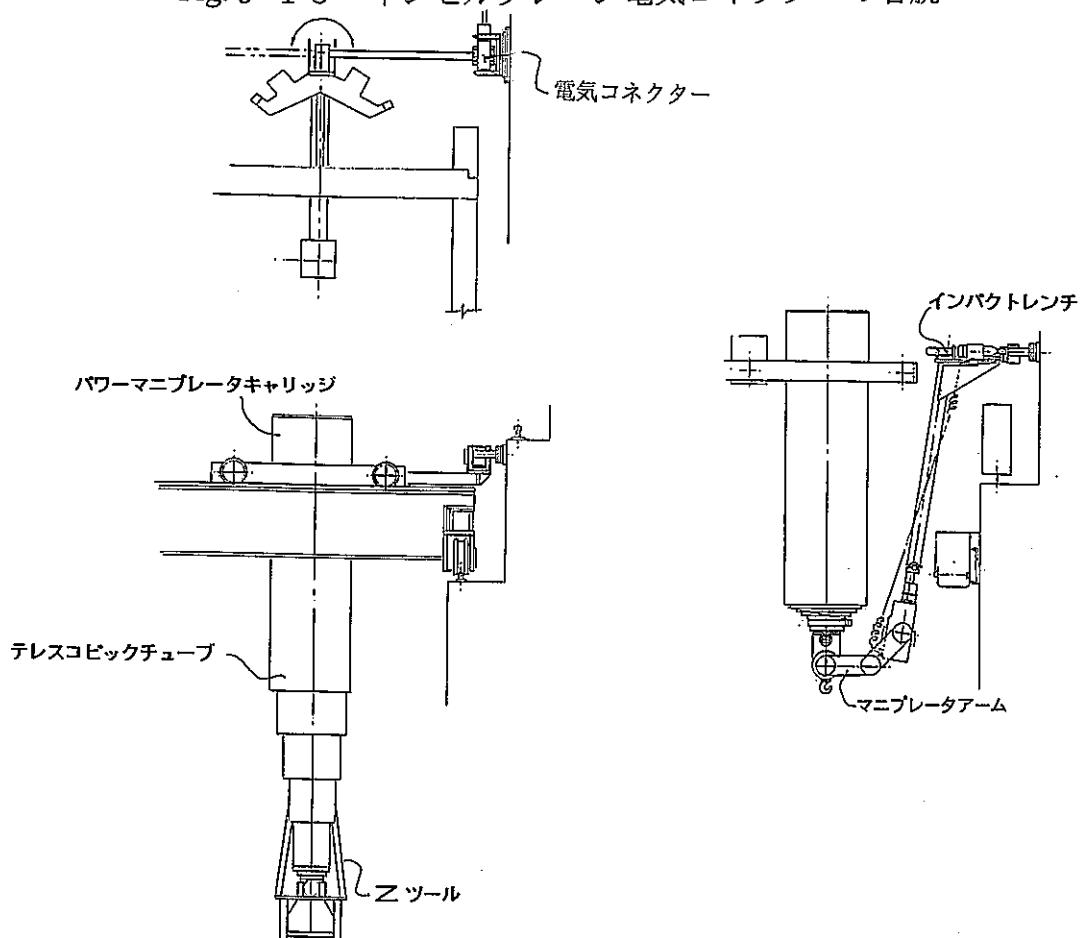


Fig. 9-19 電気コネクター（壁）の着脱

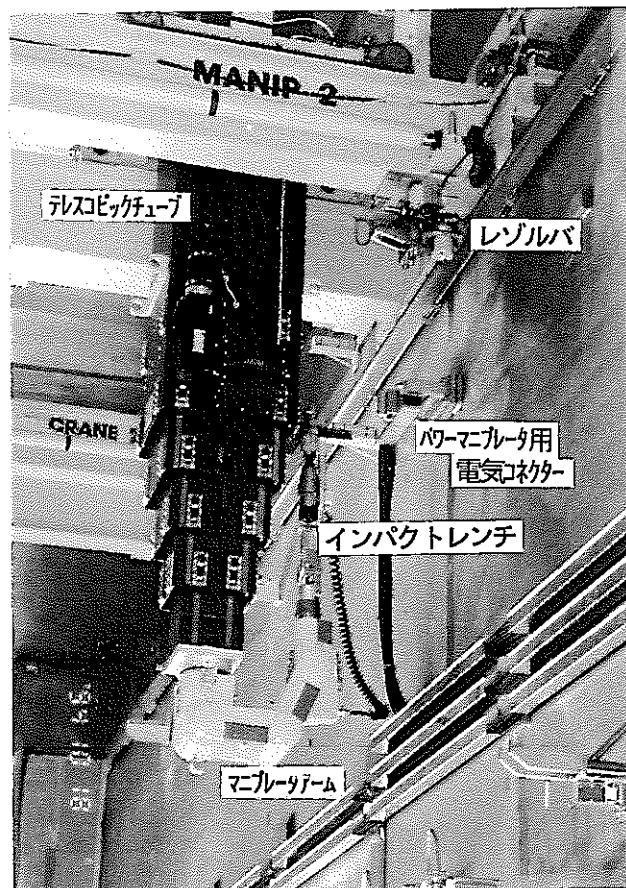


Fig. 9 - 2 0 電気コネクターの着脱 (インパクトレンチ使用)

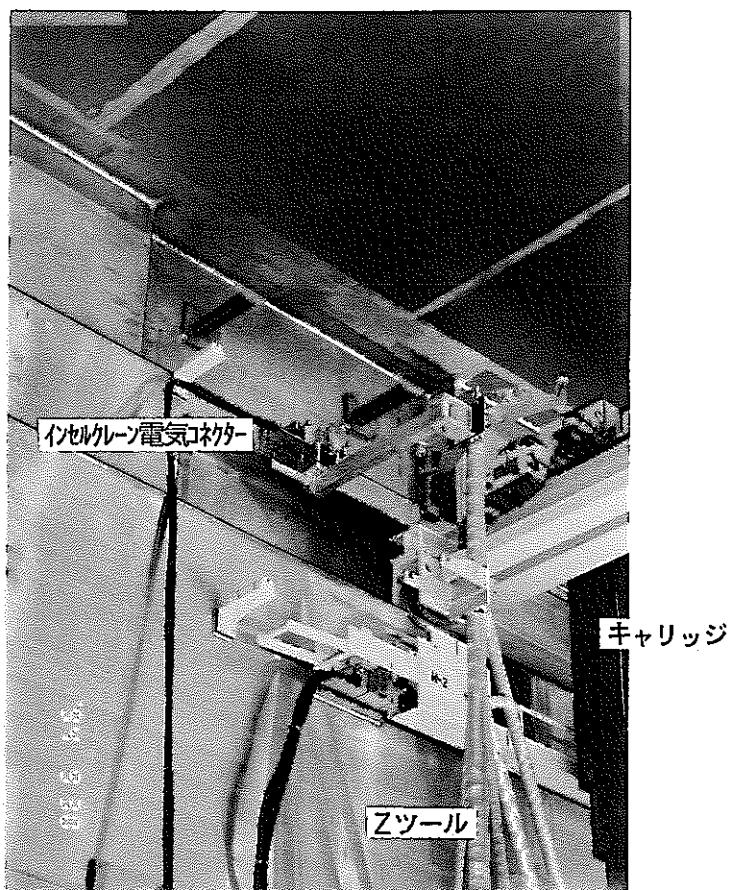


Fig. 9 - 2 1 電気コネクターの着脱

## 10　まとめ

セル内クレーン設備は、設計を開始してから4年間の時間を要してFMF増設施設に設置した。この間いかにFMF増設施設の特徴に合わせて必要機能を装備していくべきか、議論を重ねて設計を進めた。この結果、FMF増設施設の要求事項を満足できる、FMF特有のセル内クレーン設備を設計することができた。この設計を基に各機器を製作し、セル内に設置した。

ここでは、この特有の機能について、FMF増設施設を初め国内外で多数使用されているセル内クレーン設備との主な相違を述べることにする。

まず初めに自動搬送機能である。

FMF増設施設に設置する各種試験機は、1台の装置で複数の試験を実施する多機能な試験機であり、効率よく試験を実施するために、燃料ピンは一度に多数のピンの移送を行う。また、ピン試験機は、ピンの取り扱いから照射後試験までを全て自動運転で行う。このため燃料ピンを収納したラックは、正確に位置決めを行った場所に設置する必要がある。このことから、燃料ピンラックを自動搬送するための機能をパワーマニプレータに備えた。自動搬送機能の特徴は、以下のとおりである。

### ①位置決め精度

位置決め精度は、X軸、Y軸、Z軸、θ軸の4軸合計で±3 mmの精度である。パワーマニプレータは、重量約5 t、全長約9 mの大型移送機器であり、またセル内での遠隔分解を可能にしている。このような機器で高精度の位置決め能力を有しているものは、国内外のパワーマニプレータにあっては類を見ないものである。この位置決め精度を達成できたのは、次の機構によるものである。

- ・テレスコピックチューブを従来から使用している丸型から、動作時のガタをなくすために角型にした。
- ・ワイヤーケーブル方式による上下駆動方式及びラインケーブルによる上下位置検出方式の採用。
- ・ラック-ピニオン及びレゾルバ方式による走行、横行動作の位置検出方式の採用。

この他にもキャリッジの4輪駆動方式、キャリッジの横行におけるカムフォロワー機構なども位置決め精度を向上させるために寄与している。

### ②制御方法

パワーマニプレータの自動搬送における制御方法は、セル内にX、Y、Zの立体座標点を設定して、全ての動作をこの座標管理で実施することにした。この方法で、動作範囲（リーガルコリダー）を設定したり、パワーマニプレータの動作位置の常時監視等を実施するものである。

次に従来のセル内クレーン設備と異なる自動搬送機能以外の機能について記載する。

### ①電源供給と接続方式

電源供給について従来は、ブスバー方式を採用していた。この方式は、セルの壁あるいはブリッジに母線となるブスバーを取付けて、ブリッジあるいはキャリッジ、トロリーの集電子と接触させながら電源供給を行うものである。このため、ブスバーと集電子の摩耗あるいはゴミ等の付着物により、電源供給に支障をきたす場合が生じた。この問題を解決するために、今回はケーブルトラック方式を採用した。ケーブルトラックは、一般産業で使用されているものと同等で汎用性が高く信頼性の高いものである。

今回特に留意した点は、コネクターの接続である。このコネクターは、ブリッジあるいは、キャリッジ、トロリーの着脱時にこれらを上下させるだけで、ケーブルトラックの電源供給部と機器本体側のコネクターが簡単に分離、装着できる構造とした。また、走行中に外れることのないように、ロック方式を新たに取り入れ、着脱場所以外では外れることのないようにした。このことで安定した電源供給を可能にした。

## ②遠隔保守性

遠隔保守については、基本的に従来から採用されている方式を踏襲している。この遠隔性は国内外で高い評価を得ている方式である。

このなかでFMF増設施設に設置したセル内クレーン設備において、従来方式になく特に着目すべき点は、けん引機構である。この機構は、試験セルのブリッジあるいはキャリッジ、トロリーが故障で動作不能となつた場合の救援機構である。この機構により、セル内のいかなる場所で故障が生じても、リペアホイストでつり下げが可能な位置まで移送することができ、修理を行うことができる。

最後に特筆すべき点は、制御系に用いているネットワークシステムである。このネットワークシステムも従来からの機器の制御には装備されておらず、今回新規に製作したものである。従来は、各機器の操作用コントローラを、各々の機器の専用コネクターと接続しなければならなかった。このため、セル周辺に接続用コネクターを設けてあるため、配線が頻繁でメンテナンス性も悪く、誤った機器にコントローラを接続することが生じた。

今回採用したネットワークシステムは、全ての機器の制御をネットワーク化するこ

とにより、パワーマニプレータ、インセルクレーンの区別なく、どのコネクターにどの機器のコントローラを接続しても動作できるようにし、セレクトスイッチにより希望機器を選択するだけで、どこの場所からでも操作が可能である。このシステムにより、配線量がかなり少くなり、また選択ミスもなくなり、制御系の保守管理も合わせて容易になる。

以上のように、従来から使用されているインセルクレーンの長所はそのまま採用し、改良すべき点は改良し、またFMF増設施設にとって必要な機能を新たに設けたことで、より良いセル内クレーン設備を作設することができた。これからは、FMF増設施設の総合調整試運転を経て、施設の操業そして今後の照射後試験にその能力を十分に発揮していくものである。