1 解説

JRR-3原子炉本体の撤去工事の概要

(日本原子力研究所) 大 西 信 秋

JRR-3は1962年に臨界に達した熱出力10 MWの研究用原子炉である。この炉は、燃料と減速・冷却材の重水を除いて、その設計・製作・据付等のすべてを国内の技術によって行なったもので、別名を「国産1号炉」と呼ばれている。最近、研究炉の利用状況の変化や利用面での質の向上等により、JRR-3は利用者のニーズに十分対応できなくなっていた。

JRR-3の改造計画は、このような状況のもとに考えられたもので、原子炉建屋を再利用するために原子炉本体を撤去し、その跡に全く新しい高性能汎用炉を建設しようというものである。

本稿では、JRR-3原子炉本体の撤去工事について、工法、設計および施行等について概説する。

1. はじめに

JRR-3は、燃料と減速・冷却材である重水を除いてすべてを国内の技術で設計・製作・据付等を行なったわが国で最初の研究炉である(写真1)。JRR-3は昭和37年9月に初臨界に到達したのち、58年3月に改造のために原子炉を停止するまでの約21年間、研究用原子炉の大型利用施設として日本原子力研究所(原研)内外の利用者に広く活用されてきた。しかしながら最近、研究炉として利用者のニーズに十分こたえられず、利用性能の向上と利用拡充を図ることが重大な課題となっていた。このため、今後の利用拡大と利用技術の進展に対処するとともに、原研における各研究炉の長期的な位置づけを明確にするために、55年5月にJRR-3の改造計画を骨子とした「研究炉長期整備計画」が策定された。JRR-3の改造計画は、現在この長期整備計画に

写真1 JRR-3の原子炉本体

第1表 撤去する主要な設備

施 設	主要な設備
1. 原子炉本体	反射材(黒鉛) 原子炉容器 放射線遮蔽体 垂直実験孔 水平実験孔
2. 核燃料物質の取扱施設および貯蔵施設	燃料取扱キャスク 分離マニプレータ 未使用燃料運搬容器 未使用燃料貯蔵施設 使用済燃料貯槽No.1 (構造物の一部)
3. 原子炉冷却系統施設	1次冷却設備 2次冷却設備 非常用冷却設備 反射体炭酸ガス系 RI炭酸ガス系 熱遮蔽系
4. 計測制御系統施設	核計測設備 安全保護回路 制御設備 非常用制御設備
5. 放射性廃棄物の廃棄施設	気体廃棄物の廃棄設備 (排風機、フィルタ等) 液体廃棄物の廃棄設備 (排水ポンプ、排水貯槽等) 固体廃棄物の廃棄設備 (固体廃棄物廃棄容器)
6. 放射線管理施設	放射線監視設備(一部) スタックガスモニタ ダストモニタ 排水貯留水モニタ
7. 原子炉格納施設	原子炉建屋(構造物の一部) 制御室
8. その他原子炉の付属施設	非常用電源設備(一部) RI取扱い装置 セミホットケープ

One-Piece Removal of JRR-3 Reactor Block:
Nobuaki ONISHI.

(1987年 4月16日 受理)

基づいて進められているものである。

JRR-3の改造は原子炉建屋を残し、第1図に示すような原子炉本体を一括して撤去するとともに、これに付随する機器・配管類をすべて撤去し、その跡に全く新しい高性能汎用炉を建設するというものである。

原子炉施設の撤去工事は61年2月から開始し、第1表に示すような付属施設を順次撤去したのち、原子炉本体を「一括搬出工法」で取り除くための仮設備の設置、原子炉建屋円筒壁の仮開口工事および原子炉本体を収納するための大型廃棄物保管庫の建設等を行い、61年10月に原子炉本体の撤去工事に着手したものである。

61年10月14日より実際に原子炉本体の吊り上げ作業を開始し、引き続き水平移動を行なったのち同年11月7日に大型廃棄物保管庫に原子炉本体を収納してこれら一連の撤去工事を完了した。

本稿では、原子炉本体の一括搬出工法の概要、工事の手順と施行等について詳細に説明する。

Ⅱ. 原子炉本体の一括搬出工法

原子炉本体の撤去の方法は、第2表に示すように、

潜函工法、一括搬出工法、炉直下ジャッキダウン工法等種々考えられているが、JRR-3の撤去方法としては、以下の利点を有する「一括搬出工法」を採用した。すなわち、

- (1) 被曝や放射性物質の散逸の恐れがないように、炉心構造物には極力手をつけないで撤去できる。
- (2) 生体遮蔽体を被曝低減のため遮蔽体として積極的に利用できる。
- (3) 撤去に必要な技術は主として建設工事、土木工事で用いられている既存のものである。
- (4) 再利用する原子炉建屋に影響を及ぼさない。
- (5) 撤去に伴い発生する放射性廃棄物の量を少なくすることができる。
- (6) 工期を短縮でき、かつ経済的である。

等が挙げられる。

このような利点を有するこの原子炉本体の「一括搬出工法」は原研と清水建設が共同して開発した特許工法である。

原子炉本体の「一括搬出工法」とは、生体遮蔽体をつ

第1図 JRR-3の原子炉本体垂直断面図

第2表 各種解体工法の比較

工法説明図	1. 潜涵工法	2. 一括搬出工法	3. 炉直下ジャッキダウン工法	4. 機移動ジャッキダウン工法	5. 火薬解体工法	6. ジャイアントブレーカー工法

工法説明	炉心部と生体遮蔽体および炉体受容器を一体として建設技術でいう潜涵工法を用いて直下に沈め、周囲を注入封水する。	炉心部と生体遮蔽体を一括して建屋鋼骨から切離し、ジャッキアップ後コロリ移動させて炉室周囲外の廃炉保管庫へと搬送し格納する。	仮設のフレームを設け吊下し川ジャッキにより炉心部と生体遮蔽体を一括して炉直下の保管庫へ格納する。	コロリ移動装置を持つ仮設フレームを設け吊上下用ジャッキにより炉心部と生体遮蔽体を一括して地下の適当な場所へ格納する。	生体遮蔽コンクリートの放射化されていない部分を火薬またはジャイアントブレーカーにより取り置きを軽くした後、炉心部と生体遮蔽体とを一括に搬出する。比較的放射化の低い炉の処置に適している。	
工法の特徴	マリット <ul style="list-style-type: none"> 炉心部はそのまま一体として処理できるので設備のおそわがない。 建設外へ搬出を出さないで済む。 デマリット <ul style="list-style-type: none"> 地下へ直接沈めることの法的取付けにくい。 廃炉の管理がむづかしい。 	マリット <ul style="list-style-type: none"> 炉心部を細分割しないので廃棄物としての容積が小さい。 廃炉の保管管理が容易。 デマリット <ul style="list-style-type: none"> 保管場所の確保が必要。 	マリット <ul style="list-style-type: none"> 建設外へ搬出を出さないで済む。 吊下しによる格納が容易。 デマリット <ul style="list-style-type: none"> 炉直下につき廃炉の保管管理方法の工夫が必要。 地下工事の工費が大。 	マリット <ul style="list-style-type: none"> 同左 同左 廃炉の保管管理が容易。 デマリット <ul style="list-style-type: none"> 炉室地下の適当な場所が得にくいことが多い。 地下工事費が大。 	マリット <ul style="list-style-type: none"> 同左 同左 重量になるので遠距離の運搬が容易になる。 デマリット <ul style="list-style-type: none"> 遮蔽体の吊り取りの際の炉心に対する配重が必要。 放射化コンクリートの断切範囲の問題。 	マリット <ul style="list-style-type: none"> 同左 同左 デマリット <ul style="list-style-type: none"> 同左 同左
工期	約6ヵ月 (炉室内工事のクリティカルパスとする)	約6ヵ月 (同左)	約12ヵ月 (同左)	約9ヵ月 (同左)	約4ヵ月 (同左)	約6.5ヵ月 (同左)
工費	ラング 3. 中位 90 指数	ラング 4. 中位 100 指数	ラング 5. 高い 110 指数	ラング 6. 最も高い 120 指数	ラング 1. 最も安い 80 指数	ラング 2. 安い 85 指数
評価	地下施設に対する対外的理解が得にくい。	最も問題が少なく、最適。	工費が長く工費も高い。	工費が長く工期も長い。	工期・工費共最小だが、炉心に対する影響調査が必要。	工費は安い、炉心に対する影響調査が必要。
備考		JRR-3の至近距離に廃炉の保管場所が得られる条件。				

けたままの炉体をコアボーリングにより建屋躯体から切り離し、吊りフレーム上に取り付けしたセンターホールジャッキにより吊り上げ、引き続いて水平加力ジャッキを用いて鋼製レール上に敷き並べたコロにより吊

りフレームごと水平移動し、所定の位置まで移動した後、再びジャッキにより吊り下げて収納するといった一連のシステムの総称である(第2図)。

第2図 原子炉本体一括搬出工法の説明図

以下、本工法において用いた主要な設備、機器、工事法について説明する。

1. コアボーリング

原子炉本体を支持している原子炉建屋のコンクリート躯体から原子炉本体を切り離す際に用いた縁切りの工法で、穿孔径150mmの穴を連続して穿孔することにより切断するものである。本工法の特徴は精度よく、かつ確実に穿孔できることのほかに、騒音、振動がほとんどなく、原子炉建屋を再利用するという観点から、建屋構造に悪影響を与えないという条件に最適の工法である。

2. 吊り上げ下げ機構

縁切りした原子炉本体を吊り上げ下げするために、本工法ではセンターホールジャッキシステムを採用したが、本システムの特徴は、荷重制御方式が完備していること、セットロスが少なくストローク管理が容易であること、さらに超重量物の吊り上げ下げの実績が多いこと等が挙げられる。

設計においては、原子炉本体の荷重に対して3倍以上の安全率を確保するとともに、多数ジャッキの荷重バランスを図り、100tクラスのセンターホールジャ

ッキ36台をほぼ対称に設置した。また、フェールセーフの設計方針に基づき、これらを6系統の対称配置にグループ分けし、万一1系統が故障してもシステムの安全性が確保できるように設計した。

3. 吊りフレーム

センターホールジャッキの支持架台には鉄骨造の吊りフレームを採用した。吊りフレームの形状は、原子炉本体の荷重をバランスよく支持するとともに、円滑に下部の水平移動機構へ伝達させるため、格子梁を有するカゴ形状(約12mの正方形)とし、構造的には移動時の慣性力や地震力等の水平力に対して有利なように全面ブレース構造とした(第3図)。

4. 水平移動機構

吊りフレームで吊り上げた状態の原子炉本体を水平移動させるため、吊りフレーム両側の基礎梁の下にレール、コロ、緩衝ゴム等の水平移動機構を設置し、100tの油圧ジャッキ4台により水平加力を与えてコロを転動させる工法を採用した。コロを採用した理由は、耐荷重が大きく原子炉本体の荷重2,200tを確実に支持できること、方向修正がコロの向きを変えることによって容易にできること、使用実績が多く、かつ経済的

第3図 原子炉本体一括搬出工法に用いたシステムの説明図

であること、等である。なお、水平移動時の慣性力や地震時の揺れ防止として原子炉本体と吊りフレームの間に4箇所振れ止めバネを設置した。

本原子炉本体の撤去工事における主要事項を第3表に、また撤去工事に係る安全設計の主要項目を第4表に示す。

Ⅲ. 原子炉本体の撤去工事

1. コアボーリング

コアボーリング工事は、斜めの吊り上げ用貫通孔、原子炉本体の水平縁切り、垂直縁切りの3種類である。コアボーリングに用いた機器は、刃先のチップ(ダイヤモンドをメタルに溶かし込んだもの)を回転させ(250～1,000 rpm)でコンクリート、鉄筋を同時に削り

ながら穿孔していくものである。コアボーリングマシンは刃先の冷却およびコンクリート、鉄筋の切粉の押し出しに冷却水を必要とする。本工事は管理区域内の作業であり、工事に伴って発生するものはすべて放射性廃棄物となる。このため冷却水は回収して中のスラリーを沈殿させて上水を再利用することによって放射性廃棄物の発生量を低減させた。

コアボーリング工事にあたっては、原子炉本体の荷重が不均衡にならないように、3～7台のコアボーリングマシンを原子炉本体外周に対称的に設置して作業を行なった。原子炉本体の重量は地階の支持壁によって支えられていたが、先行斫り、水平縁切りによりその約70%が縁切れてしまうため、斫り、穿孔の前に地階に原子炉本体を下から支えるための仮受支柱(H-300

第3表 原子炉本体移動工事の主要事項

項目	実測値	設計値	備考
原子炉本体重量(t)	2,200	2,250	実測値は、ステップロッド軸力(約61 t)およびジャッキの油圧等から算出した値
吊り上げ距離(m)	3.73	3.73	1階床面とのクリアランス約150 mm
(61年10月14日)	(1日間)	(1日間)	
水平移動距離(m)	33.62	33.60	水平移動推進力は約80 t
(61年10月20～27日)	(7日間)	(7日間)	吊りフレーム進行精度
			水平移動中 最大 18 mm
			水平移動終了時 最大 2.5 mm
吊り下げ距離(m)	13.54	13.60	
(61年11月5～7日)	(3日間)	(3日間)	

計 設 全 安 関 連 工 事 撤 去 表 第 4 第

項目		関連法規基準等	詳細設計			検証試験		フィードバック事項	実施設計における設計条件等	備考
吊り上げ 下げ	仮受支柱	建築基準法 ・鋼構造設計規程 (日本建築学会)	使用仮設物及び工法 ・センターホールジャッキ (100トントクラス) システム ・フェニールーフシステムとする。	構造設計 ・吊り荷重は長期荷重とみなす。 ・船直方向の新断力を考慮する。	確認すべき事項 ・ステップロッドの耐力 ・フェニールーフ系統の有効性	試験項目 ・ステップロッドの引張試験 ・鋼構造設計規程試験上の安全係数を有する。 ・ステップロッドの耐力に最大1.6倍のばらつきが生じた。 ・腐蝕耐性試験時もシステムは安全であった。	試験結果 ・ステップロッドの破断荷重 280トンで3倍以上の安全係数を有する。 ・ステップロッドの耐力に最大1.6倍のばらつきが生じた。 ・腐蝕耐性試験時もシステムは安全であった。	・新断力が最大1.6倍の安全係数を確保する。 ・鋼構造設計規程試験上の安全係数を確保する。	・試験に用いたシステムは、家船と同一のものである。	
難手・定着金物	吊りフレーム	建築基準法 ・鋼構造設計規程 (日本建築学会)	・格子梁を有する箱型鉄骨フレームで全面フレーム構造とする。	・吊り荷重は長期荷重とみなす。 ・船直方向の新断力を考慮する。	・ステップロッドの耐力 ・フェニールーフ系統の有効性	・仮受支柱に作用する軸力の測定 ・仮受支柱に作用する軸力の測定 ・仮受支柱に作用する軸力の測定	・仮受支柱に作用する軸力は、ほぼ仮設の軸力に等しかった。 ・仮受支柱に作用する軸力は、ほぼ仮設の軸力に等しかった。 ・仮受支柱に作用する軸力は、ほぼ仮設の軸力に等しかった。	・鋼構造設計規程試験上の安全係数を確保する。 ・鋼構造設計規程試験上の安全係数を確保する。	・鋼構造設計後の仮受支柱を、仮受支柱を用いることにより決定。	
水平移動	移動吊橋強固	建築基準法 ・土質工学ハンドブック (土木学会編) ・港防支保固規程 (国土交通省) ・日本道路協会	・コロ転動方式とし、推進力は制圧ジャッキで加える。	・吊り荷重は長期荷重とみなす。 ・船直方向の新断力を考慮する。	・ステップロッドの耐力 ・フェニールーフ系統の有効性	・フレームの進行方向からのずれの測定 ・向かい側のずれの測定 ・揺れ止めはねに生じる軸力の測定	・移動方向からのずれは小さく、万が一でも容易に修正できることを確認。 ・移動時の揺れはほとんど生じなかった。	・設計荷重一吊りのフレームの耐力は、柱脚支反力、コロの移動時の揺れを考慮し、安全係数0.1で確認する。	・設計荷重一吊りのフレームの耐力は、柱脚支反力、コロの移動時の揺れを考慮し、安全係数0.1で確認する。	
移動吊橋強固	移動吊橋強固	建築基準法 ・鉄筋コンクリート構造計算規程、同解説 (日本建築学会)	・移動吊橋床下部に鉄筋コンクリート製補強を設ける。	・設計荷重 ・吊りフレームの柱脚支反力 ・水平移動移動自重、既存構架の移動中の健全性を確認する。	・ステップロッドの耐力 ・フェニールーフ系統の有効性	・フレームの進行方向からのずれの測定 ・向かい側のずれの測定 ・揺れ止めはねに生じる軸力の測定	・移動方向からのずれは小さく、万が一でも容易に修正できることを確認。 ・移動時の揺れはほとんど生じなかった。	・設計荷重一吊りのフレームの耐力は、柱脚支反力、コロの移動時の揺れを考慮し、安全係数0.1で確認する。	・設計荷重一吊りのフレームの耐力は、柱脚支反力、コロの移動時の揺れを考慮し、安全係数0.1で確認する。	
移動吊橋強固	移動吊橋強固	建築基準法 ・鉄筋コンクリート構造計算規程、同解説 (日本建築学会)	・移動吊橋床下部に鉄筋コンクリート製補強を設ける。	・設計荷重 ・吊りフレームの柱脚支反力 ・水平移動移動自重、既存構架の移動中の健全性を確認する。	・ステップロッドの耐力 ・フェニールーフ系統の有効性	・フレームの進行方向からのずれの測定 ・向かい側のずれの測定 ・揺れ止めはねに生じる軸力の測定	・移動方向からのずれは小さく、万が一でも容易に修正できることを確認。 ・移動時の揺れはほとんど生じなかった。	・設計荷重一吊りのフレームの耐力は、柱脚支反力、コロの移動時の揺れを考慮し、安全係数0.1で確認する。	・設計荷重一吊りのフレームの耐力は、柱脚支反力、コロの移動時の揺れを考慮し、安全係数0.1で確認する。	
移動吊橋強固	移動吊橋強固	建築基準法 ・鉄筋コンクリート構造計算規程、同解説 (日本建築学会)	・移動吊橋床下部に鉄筋コンクリート製補強を設ける。	・設計荷重 ・吊りフレームの柱脚支反力 ・水平移動移動自重、既存構架の移動中の健全性を確認する。	・ステップロッドの耐力 ・フェニールーフ系統の有効性	・フレームの進行方向からのずれの測定 ・向かい側のずれの測定 ・揺れ止めはねに生じる軸力の測定	・移動方向からのずれは小さく、万が一でも容易に修正できることを確認。 ・移動時の揺れはほとんど生じなかった。	・設計荷重一吊りのフレームの耐力は、柱脚支反力、コロの移動時の揺れを考慮し、安全係数0.1で確認する。	・設計荷重一吊りのフレームの耐力は、柱脚支反力、コロの移動時の揺れを考慮し、安全係数0.1で確認する。	
移動吊橋強固	移動吊橋強固	建築基準法 ・鉄筋コンクリート構造計算規程、同解説 (日本建築学会)	・移動吊橋床下部に鉄筋コンクリート製補強を設ける。	・設計荷重 ・吊りフレームの柱脚支反力 ・水平移動移動自重、既存構架の移動中の健全性を確認する。	・ステップロッドの耐力 ・フェニールーフ系統の有効性	・フレームの進行方向からのずれの測定 ・向かい側のずれの測定 ・揺れ止めはねに生じる軸力の測定	・移動方向からのずれは小さく、万が一でも容易に修正できることを確認。 ・移動時の揺れはほとんど生じなかった。	・設計荷重一吊りのフレームの耐力は、柱脚支反力、コロの移動時の揺れを考慮し、安全係数0.1で確認する。	・設計荷重一吊りのフレームの耐力は、柱脚支反力、コロの移動時の揺れを考慮し、安全係数0.1で確認する。	
移動吊橋強固	移動吊橋強固	建築基準法 ・鉄筋コンクリート構造計算規程、同解説 (日本建築学会)	・移動吊橋床下部に鉄筋コンクリート製補強を設ける。	・設計荷重 ・吊りフレームの柱脚支反力 ・水平移動移動自重、既存構架の移動中の健全性を確認する。	・ステップロッドの耐力 ・フェニールーフ系統の有効性	・フレームの進行方向からのずれの測定 ・向かい側のずれの測定 ・揺れ止めはねに生じる軸力の測定	・移動方向からのずれは小さく、万が一でも容易に修正できることを確認。 ・移動時の揺れはほとんど生じなかった。	・設計荷重一吊りのフレームの耐力は、柱脚支反力、コロの移動時の揺れを考慮し、安全係数0.1で確認する。	・設計荷重一吊りのフレームの耐力は、柱脚支反力、コロの移動時の揺れを考慮し、安全係数0.1で確認する。	
移動吊橋強固	移動吊橋強固	建築基準法 ・鉄筋コンクリート構造計算規程、同解説 (日本建築学会)	・移動吊橋床下部に鉄筋コンクリート製補強を設ける。	・設計荷重 ・吊りフレームの柱脚支反力 ・水平移動移動自重、既存構架の移動中の健全性を確認する。	・ステップロッドの耐力 ・フェニールーフ系統の有効性	・フレームの進行方向からのずれの測定 ・向かい側のずれの測定 ・揺れ止めはねに生じる軸力の測定	・移動方向からのずれは小さく、万が一でも容易に修正できることを確認。 ・移動時の揺れはほとんど生じなかった。	・設計荷重一吊りのフレームの耐力は、柱脚支反力、コロの移動時の揺れを考慮し、安全係数0.1で確認する。	・設計荷重一吊りのフレームの耐力は、柱脚支反力、コロの移動時の揺れを考慮し、安全係数0.1で確認する。	
移動吊橋強固	移動吊橋強固	建築基準法 ・鉄筋コンクリート構造計算規程、同解説 (日本建築学会)	・移動吊橋床下部に鉄筋コンクリート製補強を設ける。	・設計荷重 ・吊りフレームの柱脚支反力 ・水平移動移動自重、既存構架の移動中の健全性を確認する。	・ステップロッドの耐力 ・フェニールーフ系統の有効性	・フレームの進行方向からのずれの測定 ・向かい側のずれの測定 ・揺れ止めはねに生じる軸力の測定	・移動方向からのずれは小さく、万が一でも容易に修正できることを確認。 ・移動時の揺れはほとんど生じなかった。	・設計荷重一吊りのフレームの耐力は、柱脚支反力、コロの移動時の揺れを考慮し、安全係数0.1で確認する。	・設計荷重一吊りのフレームの耐力は、柱脚支反力、コロの移動時の揺れを考慮し、安全係数0.1で確認する。	
移動吊橋強固	移動吊橋強固	建築基準法 ・鉄筋コンクリート構造計算規程、同解説 (日本建築学会)	・移動吊橋床下部に鉄筋コンクリート製補強を設ける。	・設計荷重 ・吊りフレームの柱脚支反力 ・水平移動移動自重、既存構架の移動中の健全性を確認する。	・ステップロッドの耐力 ・フェニールーフ系統の有効性	・フレームの進行方向からのずれの測定 ・向かい側のずれの測定 ・揺れ止めはねに生じる軸力の測定	・移動方向からのずれは小さく、万が一でも容易に修正できることを確認。 ・移動時の揺れはほとんど生じなかった。	・設計荷重一吊りのフレームの耐力は、柱脚支反力、コロの移動時の揺れを考慮し、安全係数0.1で確認する。	・設計荷重一吊りのフレームの耐力は、柱脚支反力、コロの移動時の揺れを考慮し、安全係数0.1で確認する。	
移動吊橋強固	移動吊橋強固	建築基準法 ・鉄筋コンクリート構造計算規程、同解説 (日本建築学会)	・移動吊橋床下部に鉄筋コンクリート製補強を設ける。	・設計荷重 ・吊りフレームの柱脚支反力 ・水平移動移動自重、既存構架の移動中の健全性を確認する。	・ステップロッドの耐力 ・フェニールーフ系統の有効性	・フレームの進行方向からのずれの測定 ・向かい側のずれの測定 ・揺れ止めはねに生じる軸力の測定	・移動方向からのずれは小さく、万が一でも容易に修正できることを確認。 ・移動時の揺れはほとんど生じなかった。	・設計荷重一吊りのフレームの耐力は、柱脚支反力、コロの移動時の揺れを考慮し、安全係数0.1で確認する。	・設計荷重一吊りのフレームの耐力は、柱脚支反力、コロの移動時の揺れを考慮し、安全係数0.1で確認する。	
移動吊橋強固	移動吊橋強固	建築基準法 ・鉄筋コンクリート構造計算規程、同解説 (日本建築学会)	・移動吊橋床下部に鉄筋コンクリート製補強を設ける。	・設計荷重 ・吊りフレームの柱脚支反力 ・水平移動移動自重、既存構架の移動中の健全性を確認する。	・ステップロッドの耐力 ・フェニールーフ系統の有効性	・フレームの進行方向からのずれの測定 ・向かい側のずれの測定 ・揺れ止めはねに生じる軸力の測定	・移動方向からのずれは小さく、万が一でも容易に修正できることを確認。 ・移動時の揺れはほとんど生じなかった。	・設計荷重一吊りのフレームの耐力は、柱脚支反力、コロの移動時の揺れを考慮し、安全係数0.1で確認する。	・設計荷重一吊りのフレームの耐力は、柱脚支反力、コロの移動時の揺れを考慮し、安全係数0.1で確認する。	
移動吊橋強固	移動吊橋強固	建築基準法 ・鉄筋コンクリート構造計算規程、同解説 (日本建築学会)	・移動吊橋床下部に鉄筋コンクリート製補強を設ける。	・設計荷重 ・吊りフレームの柱脚支反力 ・水平移動移動自重、既存構架の移動中の健全性を確認する。	・ステップロッドの耐力 ・フェニールーフ系統の有効性	・フレームの進行方向からのずれの測定 ・向かい側のずれの測定 ・揺れ止めはねに生じる軸力の測定	・移動方向からのずれは小さく、万が一でも容易に修正できることを確認。 ・移動時の揺れはほとんど生じなかった。	・設計荷重一吊りのフレームの耐力は、柱脚支反力、コロの移動時の揺れを考慮し、安全係数0.1で確認する。	・設計荷重一吊りのフレームの耐力は、柱脚支反力、コロの移動時の揺れを考慮し、安全係数0.1で確認する。	
移動吊橋強固	移動吊橋強固	建築基準法 ・鉄筋コンクリート構造計算規程、同解説 (日本建築学会)	・移動吊橋床下部に鉄筋コンクリート製補強を設ける。	・設計荷重 ・吊りフレームの柱脚支反力 ・水平移動移動自重、既存構架の移動中の健全性を確認する。	・ステップロッドの耐力 ・フェニールーフ系統の有効性	・フレームの進行方向からのずれの測定 ・向かい側のずれの測定 ・揺れ止めはねに生じる軸力の測定	・移動方向からのずれは小さく、万が一でも容易に修正できることを確認。 ・移動時の揺れはほとんど生じなかった。	・設計荷重一吊りのフレームの耐力は、柱脚支反力、コロの移動時の揺れを考慮し、安全係数0.1で確認する。	・設計荷重一吊りのフレームの耐力は、柱脚支反力、コロの移動時の揺れを考慮し、安全係数0.1で確認する。	
移動吊橋強固	移動吊橋強固	建築基準法 ・鉄筋コンクリート構造計算規程、同解説 (日本建築学会)	・移動吊橋床下部に鉄筋コンクリート製補強を設ける。	・設計荷重 ・吊りフレームの柱脚支反力 ・水平移動移動自重、既存構架の移動中の健全性を確認する。	・ステップロッドの耐力 ・フェニールーフ系統の有効性	・フレームの進行方向からのずれの測定 ・向かい側のずれの測定 ・揺れ止めはねに生じる軸力の測定	・移動方向からのずれは小さく、万が一でも容易に修正できることを確認。 ・移動時の揺れはほとんど生じなかった。	・設計荷重一吊りのフレームの耐力は、柱脚支反力、コロの移動時の揺れを考慮し、安全係数0.1で確認する。	・設計荷重一吊りのフレームの耐力は、柱脚支反力、コロの移動時の揺れを考慮し、安全係数0.1で確認する。	
移動吊橋強固	移動吊橋強固	建築基準法 ・鉄筋コンクリート構造計算規程、同解説 (日本建築学会)	・移動吊橋床下部に鉄筋コンクリート製補強を設ける。	・設計荷重 ・吊りフレームの柱脚支反力 ・水平移動移動自重、既存構架の移動中の健全性を確認する。	・ステップロッドの耐力 ・フェニールーフ系統の有効性	・フレームの進行方向からのずれの測定 ・向かい側のずれの測定 ・揺れ止めはねに生じる軸力の測定	・移動方向からのずれは小さく、万が一でも容易に修正できることを確認。 ・移動時の揺れはほとんど生じなかった。	・設計荷重一吊りのフレームの耐力は、柱脚支反力、コロの移動時の揺れを考慮し、安全係数0.1で確認する。	・設計荷重一吊りのフレームの耐力は、柱脚支反力、コロの移動時の揺れを考慮し、安全係数0.1で確認する。	
移動吊橋強固	移動吊橋強固	建築基準法 ・鉄筋コンクリート構造計算規程、同解説 (日本建築学会)	・移動吊橋床下部に鉄筋コンクリート製補強を設ける。	・設計荷重 ・吊りフレームの柱脚支反力 ・水平移動移動自重、既存構架の移動中の健全性を確認する。	・ステップロッドの耐力 ・フェニールーフ系統の有効性	・フレームの進行方向からのずれの測定 ・向かい側のずれの測定 ・揺れ止めはねに生じる軸力の測定	・移動方向からのずれは小さく、万が一でも容易に修正できることを確認。 ・移動時の揺れはほとんど生じなかった。	・設計荷重一吊りのフレームの耐力は、柱脚支反力、コロの移動時の揺れを考慮し、安全係数0.1で確認する。	・設計荷重一吊りのフレームの耐力は、柱脚支反力、コロの移動時の揺れを考慮し、安全係数0.1で確認する。	
移動吊橋強固	移動吊橋強固	建築基準法 ・鉄筋コンクリート構造計算規程、同解説 (日本建築学会)	・移動吊橋床下部に鉄筋コンクリート製補強を設ける。	・設計荷重 ・吊りフレームの柱脚支反力 ・水平移動移動自重、既存構架の移動中の健全性を確認する。	・ステップロッドの耐力 ・フェニールーフ系統の有効性	・フレームの進行方向からのずれの測定 ・向かい側のずれの測定 ・揺れ止めはねに生じる軸力の測定	・移動方向からのずれは小さく、万が一でも容易に修正できることを確認。 ・移動時の揺れはほとんど生じなかった。	・設計荷重一吊りのフレームの耐力は、柱脚支反力、コロの移動時の揺れを考慮し、安全係数0.1で確認する。	・設計荷重一吊りのフレームの耐力は、柱脚支反力、コロの移動時の揺れを考慮し、安全係数0.1で確認する。	
移動吊橋強固	移動吊橋強固	建築基準法 ・鉄筋コンクリート構造計算規程、同解説 (日本建築学会)	・移動吊橋床下部に鉄筋コンクリート製補強を設ける。	・設計荷重 ・吊りフレームの柱脚支反力 ・水平移動移動自重、既存構架の移動中の健全性を確認する。	・ステップロッドの耐力 ・フェニールーフ系統の有効性	・フレームの進行方向からのずれの測定 ・向かい側のずれの測定 ・揺れ止めはねに生じる軸力の測定	・移動方向からのずれは小さく、万が一でも容易に修正できることを確認。 ・移動時の揺れはほとんど生じなかった。	・設計荷重一吊りのフレームの耐力は、柱脚支反力、コロの移動時の揺れを考慮し、安全係数0.1で確認する。	・設計荷重一吊りのフレームの耐力は、柱脚支反力、コロの移動時の揺れを考慮し、安全係数0.1で確認する。	
移動吊橋強固	移動吊橋強固	建築基準法 ・鉄筋コンクリート構造計算規程、同解説 (日本建築学会)	・移動吊橋床下部に鉄筋コンクリート製補強を設ける。	・設計荷重 ・吊りフレームの柱脚支反力 ・水平移動移動自重、既存構架の移動中の健全性を確認する。	・ステップロッドの耐力 ・フェニールーフ系統の有効性	・フレームの進行方向からのずれの測定 ・向かい側のずれの測定 ・揺れ止めはねに生じる軸力の測定	・移動方向からのずれは小さく、万が一でも容易に修正できることを確認。 ・移動時の揺れはほとんど生じなかった。	・設計荷重一吊りのフレームの耐力は、柱脚支反力、コロの移動時の揺れを考慮し、安全係数0.1で確認する。	・設計荷重一吊りのフレームの耐力は、柱脚支反力、コロの移動時の揺れを考慮し、安全係数0.1で確認する。	
移動吊橋強固	移動吊橋強固	建築基準法 ・鉄筋コンクリート構造計算規程、同解説 (日本建築学会)	・移動吊橋床下部に鉄筋コンクリート製補強を設ける。	・設計荷重 ・吊りフレームの柱脚支反力 ・水平移動移動自重、既存構架の移動中の健全性を確認する。	・ステップロッドの耐力 ・フェニールーフ系統の有効性	・フレームの進行方向からのずれの測定 ・向かい側のずれの測定 ・揺れ止めはねに生じる軸力の測定	・移動方向からのずれは小さく、万が一でも容易に修正できることを確認。 ・移動時の揺れはほとんど生じなかった。	・設計荷重一吊りのフレームの耐力は、柱脚支反力、コロの移動時の揺れを考慮し、安全係数0.1で確認する。	・設計荷重一吊りのフレームの耐力は、柱脚支反力、コロの移動時の揺れを考慮し、安全係数0.1で確認する。	
移動吊橋強固	移動吊橋強固	建築基準法 ・鉄筋コンクリート構造計算規程、同解説 (日本建築学会)	・移動吊橋床下部に鉄筋コンクリート製補強を設ける。	・設計荷重 ・吊りフレームの柱脚支反力 ・水平移動移動自重、既存構架の移動中の健全性を確認する。	・ステップロッドの耐力 ・フェニールーフ系統の有効性	・フレームの進行方向からのずれの測定 ・向かい側のずれの測定 ・揺れ止めはねに生じる軸力の測定	・移動方向からのずれは小さく、万が一でも容易に修正できることを確認。 ・移動時の揺れはほとんど生じなかった。	・設計荷重一吊りのフレームの耐力は、柱脚支反力、コロの移動時の揺れを考慮し、安全係数0.1で確認する。	・設計荷重一吊りのフレームの耐力は、柱脚支反力、コロの移動時の揺れを考慮し、安全係数0.1で確認する。	
移動吊橋強固	移動吊橋強固	建築基準法 ・鉄筋コンクリート構造計算規程、同解説 (日本建築学会)	・移動吊橋床下部に鉄筋コンクリート製補強を設ける。	・設計荷重 ・吊りフレームの柱脚支反力 ・水平移動移動自重、既存構架の移動中の健全性を確認する。	・ステップロッドの耐力 ・フェニールーフ系統の有効性	・フレームの進行方向からのずれの測定 ・向かい側のずれの測定 ・揺れ止めはねに生じる軸力の測定	・移動方向からのずれは小さく、万が一でも容易に修正できることを確認。 ・移動時の揺れはほとんど生じなかった。	・設計荷重一吊りのフレームの耐力は、柱脚支反力、コロの移動時の揺れを考慮し、安全係数0.1で確認する。	・設計荷重一吊りのフレームの耐力は、柱脚支反力、コロの移動時の揺れを考慮し、安全係数0.1で確認する。	
移動吊橋強固	移動吊橋強固	建築基準法 ・鉄筋コンクリート構造計算規程、同解説 (日本建築学会)	・移動吊橋床下部に鉄筋コンクリート製補強を設ける。	・設計荷重 ・吊りフレームの柱脚支反力 ・水平移動移動自重、既存構架の移動中の健全性を確認する。	・ステップロッドの耐力 ・フェニールーフ系統の有効性	・フレームの進行方向からのずれの測定 ・向かい側のずれの測定 ・揺れ止めはねに生じる軸力の測定	・移動方向からのずれは小さく、万が一でも容易に修正できることを確認。 ・移動時の揺れはほとんど生じなかった。	・設計荷重一吊りのフレームの耐力は、柱脚支反力、コロの移動時の揺れを考慮し、安全係数0.1で確認する。	・設計荷重一吊りのフレームの耐力は、柱脚支反力、コロの移動時の揺れを考慮し、安全係数0.1で確認する。	
移動吊橋強固	移動吊橋強固	建築基準法 ・鉄筋コンクリート構造計算規程、同解説 (日本建築学会)	・移動吊橋床下部に鉄筋コンクリート製補強を設ける。	・設計荷重 ・吊りフレームの柱脚支反力 ・水平移動移動自重、既存構架の移動中の健全性を確認する。	・ステップロッドの耐力 ・フェニールーフ系統の有効性	・フレームの進行方向からのずれの測定 ・向かい側のずれの測定 ・揺れ止めはねに生じる軸力の測定	・移動方向からのずれは小さく、万が一でも容易に修正できることを確認。 ・移動時の揺れはほとんど生じなかった。	・設計荷重一吊りのフレームの耐力は、柱脚支反力、コロの移動時の揺れを考慮し、安全係数0.1で確認する。	・設計荷重一吊りのフレームの耐力は、柱脚支反力、コロの移動時の揺れを考慮し、安全係数0.1で確認する。	
移動吊橋強固	移動吊橋強固	建築基準法 ・鉄筋コンクリート構造計算規程、同解説 (日本建築学会)	・移動吊橋床下部に鉄筋コンクリート製補強を設ける。	・設計荷重 ・吊りフレームの柱脚支反力 ・水平移動移動自重、既存構架の移動中の健全性を確認する。	・ステップロッドの耐力 ・フェニールーフ系統の有効性	・フレームの進行方向からのずれの測定 ・向かい側のずれの測定 ・揺れ止めはねに生じる軸力の測定	・移動方向からのずれは小さく、万が一でも容易に修正できることを確認。 ・移動時の揺れはほとんど生じなかった。	・設計荷重一吊りのフレームの耐力は、柱脚支反力、コロの移動時の揺れを考慮し、安全係数0.1で確認する。	・設計荷重一吊りのフレームの耐力は、柱脚支反力、コロの移動時の揺れを考慮し、安全係数0.1で確認する。	
移動吊橋強固	移動吊橋強固	建築基準法 ・鉄筋コンクリート構造計算規程、同解説 (日本建築学会)	・移動吊橋床下部に鉄筋コンクリート製補強を設ける。	・設計荷重 ・吊りフレームの柱脚支反力 ・水平移動移動自重、既存構架の移動中の健全性を確認する。	・ステップロッドの耐力 ・フェニールーフ系統の有効性	・フレームの進行方向からのずれの測定 ・向かい側のずれの測定 ・揺れ止めはねに生じる軸力の測定	・移動方向からのずれは小さく、万が一でも容易に修正できることを確認。 ・移動時の揺れはほとんど生じなかった。	・設計荷重一吊りのフレームの耐力は、柱脚支反力、コロの移動時の揺れを考慮し、安全係数0.1で確認する。	・設計荷重一吊りのフレームの耐力は、柱脚支反力、コロの移動時の揺れを考慮し、安全係数0.1で確認する。	
移動吊橋強固	移動吊橋強固	建築基準法 ・鉄筋コンクリート構造計算規程、同解説 (日本建築学会)	・移動吊橋床下部に鉄筋コンクリート製補強を設ける。	・設計荷重 ・吊りフレームの柱脚支反力 ・水平移動移動自重、既存構架の移動中の健全性を確認する。	・ステップロッドの耐力 ・フェニールーフ系統の有効性	・フレームの進行方向からのずれの測定 ・向かい側のずれの測定 ・揺れ止めはねに生じる軸力の測定	・移動方向からのずれは小さく、万が一でも容易に修正できることを確認。 ・移動時の揺れはほとんど生じなかった。	・設計荷重一吊りのフレームの耐力は、柱脚支反力、コロの移動時の揺れを考慮し、安全係数0.1で確認する。	・設計荷重一吊りのフレームの耐力は、柱脚支反力、コロの移動時の揺れを考慮し、安全係数0.1で確認する。	
移動吊橋強固	移動吊橋強固	建築基準法 ・鉄筋コンクリート構造計算規程、同解説 (日本建築学会)	・移動吊橋床下部に鉄筋コンクリート製補強を設ける。	・設計荷重 ・吊りフレームの柱脚支反力 ・水平移動移動自重、既存構架の移動中の健全性を確認する。	・ステップロッドの耐力 ・フェニールーフ系統の有効性	・フレームの進行方向からのずれの測定 ・向かい側のずれの測定 ・揺れ止めはねに生じる軸力の測定	・移動方向からのずれは小さく、万が一でも容易に修正できることを確認。 ・移動時の揺れはほとんど生じなかった。	・設計荷重一吊りのフレームの耐力は、柱脚支反力、コロの移動時の揺れを考慮し、安全係数0.1で確認する。	・設計荷重一吊りのフレームの耐力は、柱脚支反力、コロの移動時の揺れを考慮し、安全係数0.1で確認する。	
移動吊橋強固	移動吊橋強固	建築基準法 ・鉄筋コンクリート構造計算規程、同解説 (日本建築学会)	・移動吊橋床下部に鉄筋コンクリート製補強を設ける。	・設計荷重 ・吊りフレームの柱脚支反力 ・水平移動移動自重、既存構架の移動中の健全性を確認する。	・ステップロッドの耐力 ・フェニールーフ系統の有効性	・フレームの進行方向からのずれの測定 ・向かい側のずれの測定 ・揺れ止めはねに生じる軸力の測定	・移動方向からのずれは小さく、万が一でも容易に修正できることを確認。 ・移動時の揺れはほとんど生じなかった。	・設計荷重一吊りのフレームの耐力は、柱脚支反力、コロの移動時の揺れを考慮し、安全係数0.1で確認する。	・設計荷重一吊りのフレームの耐力は、柱脚支反力、コロの移動時の揺れを考慮し、安全係数0.1で確認する。	
移動吊橋強固	移動吊橋強固	建築基準法 ・鉄筋コンクリート構造計算規程、同解説 (日本建築学会)	・移動吊橋床下部に鉄筋コンクリート製補強を設ける。	・設計荷重 ・吊りフレームの柱脚支反力 ・水平移動移動自重、既存構架の移動中の健全性を確認する。	・ステップロッドの耐力 ・フェニールーフ系統の有効性	・フレームの進行方向からのずれの測定 ・向かい側のずれの測定 ・揺れ止めはねに生じる軸力の測定	・移動方向からのずれは小さく、万が一でも容易に修正できることを確認。 ・移動時の揺れはほとんど生じなかった。	・設計荷重一吊りのフレームの耐力は、柱脚支反力、コロの移動時の揺れを考慮し、安全係数0.1で確認する。	・設計荷重一吊りのフレームの耐力は、柱脚支反力、コロの移動時の揺れを考慮し、安全係数0.1で確認する。	
移動吊橋強固	移動吊橋強固	建築基準法 ・鉄筋コンクリート構造計算規程、同解説 (日本建築学会)	・移動吊橋床下部に鉄筋コンクリート製補強を設ける。	・設計荷重 ・吊りフレームの柱脚支反力 ・水平移動移動自重、既存構架の移動中の健全性を確認する。	・ステップロッドの耐力 ・フェニールーフ系統の有効性	・フレームの進行方向からのずれの測定 ・向かい側のずれの測定 ・揺れ止めはねに生じる軸力の測定	・移動方向からのずれは小さく、万が一でも容易に修正できることを確認。 ・移動時の揺れはほとんど生じなかった。	・設計荷重一吊りのフレームの耐力は、柱脚支反力、コロの移動時の揺れを考慮し、安全係数0.1で確認する。	・設計荷重一吊りのフレームの耐力は、柱脚支反力、コロの移動時の揺れを考慮し、安全係数0.1で確認する。	
移動吊橋強固	移動吊橋強固	建築基準法 ・鉄筋コンクリート構造計算規程、同解説 (日本建築学会)	・移動吊橋床下部に鉄筋コンクリート製補強を設ける。	・設計荷重 ・吊りフレームの柱脚支反力 ・水平移動移動自重、既存構架の移動中の健全性を確認する。	・ステップロッドの耐力 ・フェニールーフ系統の有効性	・フレームの進行方向からのずれの測定 ・向かい側のずれの測定 ・揺れ止めはねに生じる軸力の測定	・移動方向からのずれは小さく、万が一でも容易に修正できることを確認。 ・移動時の揺れはほとんど生じなかった。	・設計荷重一吊りのフレームの耐力は、柱脚支反力、コロの移動時の揺れを考慮し、安全係数0.1で確認する。	・設計荷重一吊りのフレームの耐力は、柱脚支反力、コロの移動時の揺れを考慮し、安全係数0.1で確認する。	
移動吊橋強固	移動吊橋強固	建築基準法 ・鉄筋コンクリート構造計算規程、同解説 (日本建築学会)	・移動吊橋床下部に鉄筋コンクリート製補強を設ける。	・設計荷重 ・吊りフレームの柱脚支反力 ・水平移動移動自重、既存構架の移動中の健全性を確認する。	・ステップロッドの耐力 ・フェニールーフ系統の有効性	・フレームの進行方向からのずれの測定 ・向かい側のずれの測定 ・揺れ止めはねに生じる軸力の測定	・移動方向からのずれは小さく、万が一でも容易に修正できることを確認。 ・移動時の揺れはほとんど生じなかった。	・設計荷重一吊りのフレームの耐力は、柱脚支反力、コロの移動時の揺れを考慮し、安全係数0.1で確認する。	・設計荷重一吊りのフレームの耐力は、柱脚支反力、コロの移動時の揺れを考慮し、安全係数0.1で確認する。	
移動吊橋強固	移動吊橋強固	建築基準法 ・鉄筋コンクリート構造計算規程、同解説 (日本建築学会)	・移動吊橋床下部に鉄筋コンクリート製補強を設ける。	・設計荷重 ・吊りフレームの柱脚支反力 ・水平移動移動自重、既存構架の移動中の健全性を確認する。	・ステップロッドの耐力 ・フェニールーフ系統の有効性	・フレームの進行方向からのずれの測定 ・向かい側のずれの測定 ・揺れ止めはねに生じる軸力の測定	・移動方向からのずれは小さく、万が一でも容易に修正できることを確認。 ・移動時の揺れはほとんど生じなかった。	・設計荷重一吊りのフレームの耐力は、柱脚支反力、コロの移動時の揺れを考慮し、安全係数0.1で確認する。	・設計荷重一吊りのフレームの耐力は、柱脚支反力、コロの移動時の揺れを考慮し、安全係数0.1で確認する。	
移動吊橋強固	移動吊橋強固	建築基準法 ・鉄筋コンクリート構造計算規程、同解説 (日本建築学会)	・移動吊橋床下部に鉄筋コンクリート製補強を設ける。	・設計荷重 ・吊りフレームの柱脚支反力 ・水平移動移動自重、既存構架の移動中の健全性を確認する。	・ステップロッドの耐力 ・フェニールーフ系統の有効性	・フレームの進行方向からのずれの測定 ・向かい側のずれの測定 ・揺れ止めはねに生じる軸力の測定	・移動方向からのずれは小さく、万が一でも容易に修正できることを確認。 ・移動時の揺れはほとんど生じなかった。	・設計荷重一吊りのフレームの耐力は、柱脚支反力、コロの移動時の揺れを考慮し、安全係数0.1で確認する。	・設計荷重一吊りのフレームの耐力は、柱脚支反力、コロの移動時の揺れを考慮し、安全係数0.1で確認する。	
移動吊橋強固	移動吊橋強固	建築基準法 ・鉄筋								

×300×10×15)を16本設置した。

水平縁切りコアボーリングは、第3図に示したように、原子炉本体を吊り上げるための定着金物を据付ける空間をつくるための穿孔工事である。一方、垂直縁切りコアボーリングは、原子炉建屋躯体から原子炉本体を切り離すための穿孔工事である。この工事については、原子炉本体を吊り上げるためのフレーム等仮設備の組立てをすべて完了した後、径150mmのビットを用いて深さ2,000～3,350mmで合計259本(延べ818m)の穿孔を行なった。なお、穿孔する個所のコンクリートに埋め込まれている配管には、工事に先立ってモルタルをグラウトしておきコアボーリングマシンの刃先の損傷保護および冷却水の流れ出しを防止した。

2. 吊り上げ下げ

原子炉本体の吊り上げ下げ用のセンターホールジャッキは6台1組にして対称的に6個所に合計36台取り付け付けた。原子炉本体下部には炉体荷重を受けるためのリング状定着金物を取り付け、さらに1階床の炉体回りに継手金物固定して両者を吊り鋼棒で接続した。センターホールジャッキと継手金物をステップロッドで接続し、ステップロッドをセンターホールジャッキで引き上げるにより炉体を吊り上げるようにした。36台のセンターホールジャッキの作動は、操作盤とレベル制御盤により集中制御できるようにした。

センターホールジャッキは上下のコレット(爪)によって機械的に荷重を支持し、尺取原理で重量物を確実に上下させる仕組みになっている。ステップロッドには150mmごとにステップが刻んであり、センターホールジャッキ作動が1工程完了するごとに原子炉本体を150mm上昇あるいは下降させることができる。

各ジャッキの負担荷重を均等化して原子炉本体の荷重が偏らないようにすることが吊り上げ下げ機構の最も重要な課題である。このため各ジャッキの荷重を均等化するためにセンターホールジャッキ下部にイコライザを設置した。イコライザの配管は、フェールセーフの思想に基づき6系統に分割し対角配管とした。さらに、この6系統間の荷重を均等化するために、サブシリンダを6台用いた。イコライザシステムの概要を第4図に示す。

吊り上げ下げ機構の各種機器は、万一の故障時にも荷重のバランスを崩すことなく安定した状態で停止し、故障機器を交換できるよう設計した。例えば、イコライザ配管系統のうち1系統の配管が破断した場合、その1系統の6台のジャッキが無負荷になり、残りの30台のジャッキでバランスよく原子炉本体の荷重を支持できるようになっている。そのほか、センターホールジャッキ、イコライザ等が故障した場合でも、全ジャッキの作動を一時停止させ、交換後、作業を継

第4図 吊り上げ下げ機構

続できるように考慮した。

原子炉本体の吊り上げ下げの所要時間は、ジャッキの実作動時間とステップロッド取り外し、取り付け等に要する時間を加えた時間である。本工事で用いたジャッキの1ステップ(150mm)の実作動時間は、吊り上げが約3分30秒、吊り下げが約6分50秒でほぼ設計通りであった。

吊り上げ下げ時のジャッキ停止時におけるステップロッドの平均軸力は約61.1tで、ジャッキ作動時には最大68.0t、最小55.5tであった。このように軸力がいずれも平均値 $\pm 10\%$ 以内でバラツキが小さかったことは、原子炉本体の荷重がステップロッドに均等にかかり非常に安定していたことを示すものである。

3. 水平移動

水平移動は、吊り上げ作業によって鉄骨吊りフレーム内部に吊り込まれた原子炉本体を、吊りフレームごと大型廃棄物保管庫上へ約33.6m水平移動する工事である(写真2, 3)。移動は、等間隔に敷き並べたコロ上の鉄骨フレームをオイルジャッキ4台で押し進める方法で行なった。以下に、水平移動機構のシステムおよび工事の結果について説明する。

水平移動機構は、駆動機構およびコロ転動機構から

構成されている。そのほか水平移動直進性の計測機構、移動経路に沿った地下の移動補強壁がある。

このうち駆動機構は、鉄骨吊りフレーム基礎梁の前後に設置された計4台の油圧ジャッキと油圧によってレールへの固定、開放を行う計8台のレールクランプで構成されている。これの動作原理は、前後のレールクランプの開閉とジャッキの伸縮を順次行なって、1ステップ約50cmずつ鉄骨フレームを押し進めて行くものである。また、水平移動中は前方および後方いずれかのレールクランプが必ず閉鎖されており、地震等の水平力に対しても安全であるよう設計されている(写真4)。以上の操作はすべて操作盤において集中的に制御した。また、左右のジャッキストロークをロータリーエンコーダにより検出し、ストロークが均一になるように自動制御した。

コロ転動機構は、鉄骨フレーム基礎梁と移動路盤の間に軌条床(枕木)、レール、コロ、鉄板および硬質ゴムを敷いたもので、硬質ゴムは原子炉本体の荷重が均一にレール上にかかるようにするために用いた。

次に、水平移動の直進性をレーザーセオドライトを用いて監視したが、この測定はレーザーセオドライトからレーザー光線を吊りフレーム前後の柱に取り付けた衝立に当て、レーザー光線のスポットの照準点からのズレを監視することにより行なった。水平移動中の進行方向に対する横ズレは、最大18mmではばまっすぐに、かつ最終目標位置に対して数mm以内に収まり極めて精度よく水平移動させることができた。

原子炉本体と吊りフレーム等を含めた総重量約

写真2 原子炉本体の撤去工事
(吊り上げ工事開始前)

写真3 原子炉本体の撤去工事
(原子炉建屋開口部を出た原子炉本体)

写真4 水平移動機構
(水平加力ジャッキ, クランプ等)

2,500 t の重量物を水平移動させるために必要な推進力は約 80 t で, 移動物重量の約 3.2% であった。設計では移動物重量の約 5% と算定していたが, 設計用の必要推進力としてはほぼ妥当であったことが実測から裏付けられた。一方, コロの転り摩擦係数 λ は以下の通りである。

$$\lambda = P \times r / W$$

$$= 80 \times 4.0 / 2,500 = 0.128 \text{ cm}$$

ここで, λ : コロの転り摩擦係数 (cm)

P : 所要推進力 (t)

r : コロの半径 (cm)

W : 移動物重量 (t)

水平移動において, 1 ステップ (50 cm) の所要時間は, ジャッキのストローク制御によるジャッキ停止回数により若干異なるが平均約 25 min であった。この所要時間には, 水平移動の 1 工程である固定用レールクランプ開放, 推進ジャッキ押し出し, 固定用レールクランプ開放, 推進用レールクランプ開放, 推進ジャッキ戻しおよび推進用レールクランプ閉鎖に要する時間が含まれている。水平移動工事における 1 日の移動距離は約 5 m (10 ステップ) で, 7 日間かけて約 33.6 m を移動させた。

Ⅳ. 撤去工事における放射線管理

JRR-3 原子炉本体撤去工事は, 放射線管理区域内で

の作業であり, 作業はすべて放射線管理の下で行わねばならない。放射線管理の目的は, いうまでもなく, ①作業員および公衆の被曝を極力少なくすること, ②汚染拡大を招かないことである。以下に, 本工事で行なった放射線管理の方針および結果について説明する。

放射線管理は, 施設の固有性および工事方法によって管理条件, 管理方針が異なる。本工事における放射線管理の条件は以下の通りである。

- (1) JRR-3 は研究炉であり, これまでに施設管理が十分なされてきたので放射線のレベル, 汚染の程度や範囲が商業炉に比べて小さい。
- (2) 放射エネルギーのほぼ 100% は炉心およびその近傍に局在し, かつ厚い生体遮蔽体によって囲まれている。加えて, 原子炉一括搬出工法はその外側で作業することから本質的に危険性が低い。
- (3) 重水炉であるため, コンクリートの表層にはトリチウムが若干浸透している。
- (4) 原子炉本体以外に, 少なからぬ量のコンクリートの解体撤去があり, トリチウム濃度に応じた処理, 処分をする必要がある。

これらの条件から放射線管理上, 以下の点を重点管理項目とした。

- (1) 汚染拡大の防止, 特に接触汚染 (cross-contamination) の防止を図る。
- (2) 外部被曝よりはむしろ内部被曝の防止に注意する。
- (3) 廃棄物の処理, 処分をする。

以上の条件, 重点管理項目等を踏まえ実際の放射線管理は以下の方針で行なった。

- (1) 事前モニタリングを詳細に行い, その結果を踏まえ作業手順, 要領を関係者と十分検討し, かつ作業員に徹底させる。
- (2) 工事工程, 工事内容および作業場所の放射線状況を常に把握し, 起こりうる事象を事前に予知し, 放射線管理上問題がないかどうか先取りする。
- (3) 接触汚染の防止については, 新規搬入材, クリーンな既設構造物に対して汚染の可能性のある物質が直接接しないように必要な養生, バリアの設置, 靴の履き替え等を行う。
- (4) 内部被曝防止では, 開口部シール工事においてトリチウムの吸込みの可能性があるため, クリーンハウスの設置, 局所排気の実施, エアライン装備およびトリチウムの連続モニタリングを行うことを基本とする。ただし, モニタリング

の結果により装備は軽減する。

- (5) 汚染拡大防止では、汚染環境下作業において汚染を閉じ込めることが第一義となる。汚染の程度、工事方法に応じてクリーンハウス、バリヤ、養生等の汚染拡大防止措置を行う。
- (6) 廃棄物の処理、処分は放射能レベル、性状、形状に応じて区分すること、およびその発生量を極力少なくすることが重要となる。したがって、廃棄物の発生時期、量、形状、性状、レベルを早期に予知し、処理上の調整を行なった上で処理および運搬方法を早めに決定する。また、区分した廃棄物は接触汚染しないように識別、保管する。

原子炉本体の撤去工事における放射線管理の結果を総合的に評価すると、以下の通りである。

- (1) 内部被曝および外部被曝とも無視できる程度であった。
- (2) 汚染拡大等のトラブルはなかった。

なお、第5,6表に原子炉本体の撤去工事に先立って行われた原子炉冷却系統施設の撤去工事に伴う被曝線量と、撤去工事に伴う放射性固体廃棄物の発生量につ

第5表 原子炉冷却系統施設の撤去工事に伴う被曝線量

項 目	実 績	予 測 値
個人最大被曝線量 (mrem)	890	1,300
平均被曝線量 (mrem)	160	400
総被曝線量 (man-mrem)	10,000	20,000

○原研 RI・原子炉研修所○ 研 修 生 募 集

○第213回基礎課程

目 的 RI・放射線の利用あるいは安全管理に従事しようとする研究者、技術者を主な対象とし、RI・放射線に関する一般知識、安全取扱方法および利用のための基礎技術を講義・実習を通して習得させる。

期 間 10月5日(月)～28日(木)

受講料 75,000円(定員各32名)、締切 8月22日(土)

○第169回専門課程放射線化学コース(大阪研開催)

目 的 放射線化学の応用に関連した研究者・技術者を対象とし、放射線の化学的作用および放射線による高分子加工の基礎と応用に関する知識と技術を、講義と実習を通して習得することを目的とする。

期 間 10月22日(木)～30日(金)

受講料 55,000円(定員16名)、締切 9月19日(土)

申込先 (〒113)東京都文京区本駒込2-28-49

原研 RI・原子炉研修所 (03-944-4311)

第6表 撤去工事に伴う放射性固体
廃棄物の発生量 (t)

(昭和61年11月末現在)

項 目	実 績	推 定 値†
極低レベル		
金 属 類	49	200
コンクリート類	394	3,298
低レベル		
金 属 類	230	340
コンクリート類	5	52
付随発生廃棄物	29	110
原子炉本体	2,200	2,250

† 推定値は全工事についてのものを含む。

いて示す。これらの表に見られるように、いずれについても実績は予想値を下回っている。

V. お わ り に

JRR-3 原子炉本体の撤去工事は、清水建設を初め原研内外の多くの関係者の協力と助言により無事完了することができた。原子炉本体の移動時には関係者に公開し、延べ3,600人を超える見学者を得たことは、本工事に対する関心の高さを示すものといえる。本稿では、原子炉本体の撤去工事を行う前に実施した冷却系統機器の撤去工事については述べることができなかったが、今後機会を得て報告したいと考えている。

最後に、JRR-3 の撤去工事に関してご支援、ご協力を賜った関係各位に深甚の謝意を表わします。

○第12回原子炉工学専門課程

内 容 大学理工系卒業程度の学力を有する者を対象として、原子炉工学の教育を講義、実験、演習等により系統的に実施し、基本的知識を短期間に習得させる。

期 間 10月5日(月)～12月24日(木)

受講料 250,000円(定員24名)、締切 9月4日(金)

授業レベル 短期間で原子炉工学の基本的事項を習得させるため、大学理工系における教養課程程度の数学、物理、化学の十分な基礎知識を必要とし、また、原子力専門外の理工系卒業生が通常理解できる程度の原子力解説書、入門書等に含まれる程度の予備知識を必要とする。

申込先 (〒319-11)茨城県東海村

原研 RI・原子炉研修所 (0292-82-5667)