

## 7. 免震レトロフィット掘削工事への直動式遠隔操作の適用

清水建設(株)：\*佐藤 成美  
西尾レントオール(株)：市側 義治

### 1. はじめに

既存建物の耐震性向上の施工事例が、1995年1月の阪神・淡路大震災の発生を契機に増加しており、これに伴い、耐震性向上のための構造計画や施工技術も多数提案されている。

国立西洋美術館本館の耐震改修工事では、歴史的・文化的価値が極めて高い建物の外観・内観などを保存する目的もあり、各種耐震改修工法の検討の結果、既存建物の基礎下に免震装置を置く基礎免震(免震レトロフィット)を採用している。基礎免震化は、既存直接基礎の下部を掘削して、躯体(免震ピット)を構築し、既存基礎柱芯直下に免震装置を設置する工事となる。

既存建物基礎下での狭くかつ低空頭の空間で実施される掘削工事に、作業環境・施工効率・安全性の向上を図るため、直動式遠隔操作システム(ALDシステム)を開発採用し、機械化施工を実施した。

### 2. 国立西洋美術館本館耐震改修工事の概要

既存建物の基礎形式は、関東ローム層を支持地盤とする直接基礎である。本工事は、既存建物に地下のない部分、地下1階の部分があり、さらに地下階を増築する部分が生じるため、複雑な掘削断面形状(図-1参照)を持つことが施工上の特徴である。既存建物に有害な変位を与えることのないように、建物のレベルを保持したままでの掘削を行う必要があるため、基礎下面以深の掘削を実施する前に、建物を仮に支える「仮受け」を行う。その「仮受け」完了後に所定のレベルまでの掘削を行い、新設の基礎、免震ピットの構築、免震装置の設置という施工手順となる。

表-1 国立西洋美術館本館工事概要

工事名	国立西洋美術館本館(1959年竣工) 免震レトロフィット工事
建築主	建設省関東地方建設局
所在地	東京都台東区上野公園7-7
建築面積	1,692.61m <sup>2</sup>
延べ面積	3,995.67m <sup>2</sup>
階数	地上3階、地下1階、塔屋1階
構造	鉄筋コンクリート造
設計監理	関東地方建設局営繕部、(株)前川建築設計事務所 (株)横山建築構造設計事務所、清水建設(設計協力)
工期	平成8年5月～平成10年3月

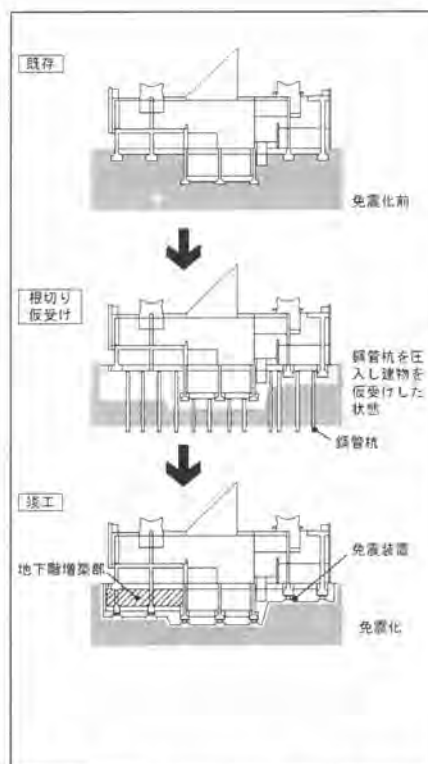


図-1 国立西洋美術館本館工事概要図

おおまかに工程を表現すれば、「仮受け」～「掘削」～「構築」の手順である。

「仮受け」は支持地盤の条件、対象建物の構造条件、掘削形状、施工性を考慮し、建物の重量を反力とする鋼管杭圧入工法を用いた杭基礎形式を計画した。鋼管杭は、施工性を考慮して、フーチングを避けたスパン中間部に柱1本当り4本配置した。建物がスパン中間部の梁底で支持される状況となるため、杭施工の前工程で既存梁の構造補強を実施した。

また、工事中、特に「仮受け」期間中には、既存建物への有害な変位を与えないことと、工事そのものの安全を確保することが必須の条件であり、工事期間中に既存建物の沈下と傾斜および振動に対する計測管理も実施して工事を進めた。

図-2に、免震化工事の施工手順を示す。

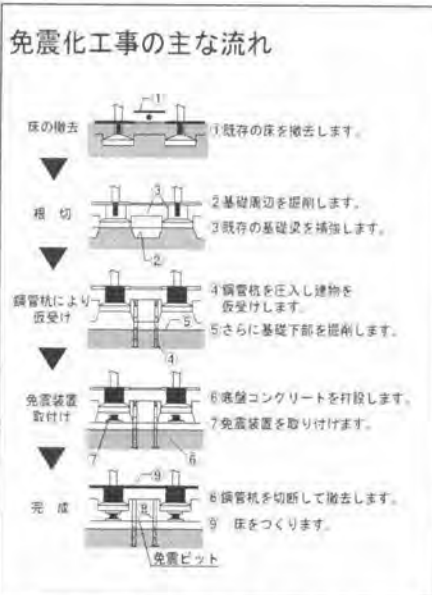


図-2 免震化工事施工手順図

### 3. 掘削工事の施工計画

本掘削工事は仮受け施工を途中に実施しながら、1階基礎直下の1次・2次根切り、および地下1階基礎下部の3次・4次根切りの4工程に分け施工することとなる。各基礎下部の掘削深度は1.5m程度であり、当初はスコップによる人力作業により掘削することを計画したが、鋼管杭の乱立する狭大な空間での作業であり、掘削時におけるフーチング直下のラップルコンクリート落下、床スラブ・梁下部の均しコンクリートの剥落、土砂崩落等の危険性を考慮し、作業環境・施工効率・安全性の向上を目的として、機械化施工に計画を変更することとした。(図-3参照) しかしながら、既存のミニショベルでは、①梁下での移動・作業ができない。②屋根を外すとオペレーターが危険である。③オペレーターは前後左右を確認しながら運転しなければならない。等の問題があり、屋根・運転席を外し、機械高さを低くし、オペレータの搭乗運転を止め、安全な場所から無線による遠隔操縦により運転できるように改良した。

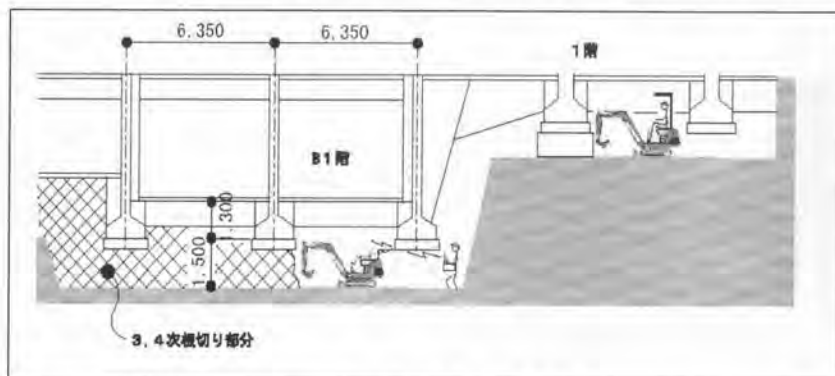


図-3 掘削工事概要図

#### 4. 遠隔操作システム

従来では既存の油圧式掘削機械に遠隔操作システムを組み込むためには、重機本体の油圧制御弁、油圧配管類、コントロールボックス等の脱着乗せ替え等の改造工事に高額な費用と、改造期間がかかる。しかも、部品が特注品であるため、納期が2～3か月かかることも考慮しなければならない。

このような状況から、汎用型で機種を選ばない方法で、しかも出来るだけ低廉でリースも可能なことを基本コンセプトとし、操作性を損なわないために機械本体内部の各油圧機器を現状のまま維持し、すべて関連装置を後付けする方式である『操作レバー直動システム』(Active Lever Drive Control System)を開発し、0.02m<sup>2</sup>ミニショベルに搭載した。(図-4参照)



図-4 ALD-SYSTEM構成図

オペレーターの腕にあたる、本装置の心臓部は、応答性の良いリニアステッピングモータを採用し、この推力がプッシュプルケーブルを介し、レバーを作動させる簡易なシステムである。

遠隔操縦装置のジョイスティックレバーを操作すると、送信されたアナログ信号は無線を通じ無人のミニショベルに設置されたコントローラに入力される。信号はコントローラ内でデジタル信号に変換された後、リニアステッピングモーターが作動し、プッシュプルケーブルを介し、ミニショベル本体のマニュアル操作レバーを直接作動させ、オペレーターが搭乗して直接運転しているのと同じように動く。

遠隔操縦装置の非常停止ボタンを押すと、ミニショベル本体の全てのレバーをニュートラルに戻し、全ての作動を停止させるとともにエンジン停止信号を送り続けるような安全対策を取っている。

遠隔操作とミニショベル本体での手動操作との切替もスイッチの切替で容易にできる。

使用した無線機の仕様を表-2に示す。

表-2 無線機定格

インチング	10～16/秒
送受信周波数	特定小電力帯の40波
伝送距離	送受信アンテナ見通しにて約200m
通信方式	単向または単信
通信内容	テレメータ・テレコントロール用のための信号伝送
電波型式	F1D
チャンネル間隔	12.5kHz
無線回線制御方式	固定・手動・外部制御によるチャンネル切替
呼出名称信号方式	郵政省告示による
電源	DC5V±10%以内
非常停止時間	約20msec



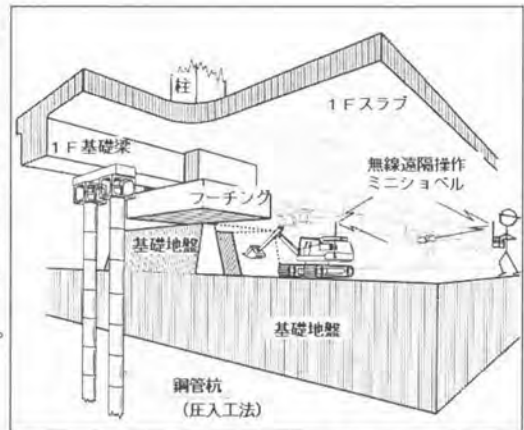
遠隔操縦装置

## 5. まとめ

直動式遠隔操作システム（ADLシステム）を搭載したミニショベルを平成9年5月～10月の期間掘削工事に適用した。

既存基礎部の直下で、作業高さが1.5mに過ぎない狭隘なスペースの中、約600m<sup>3</sup>の掘削を行い優れた作業性が確保できた。特に地下1階スラブ下の掘削においては、スラブ下均しコンクリートの剥落等の状況においても安全性を確保することができた。

本システムの特徴を挙げると以下ようになる。



図一5 ミニショベル遠隔操作概要図

- ① 従来の油圧装置系をそのまま使用するため、スピード、パワー、微調整、複合操作等のフィーリングを損なわない。
- ② 面倒な油圧系の改造が不要でシステムの取り付けが比較的容易であり、改造にかかる期間、コストの低減が可能。
- ③ プッシュプルケーブルを介して作動させるためリニアステッピングモーターやコントローラ本体の設置場所が選べる。
- ④ 車輛系だけではなく、油圧レバー操作型のどのような建設機械への取り付けも可能である。
- ⑤ 手動運転も遠隔操作装置を搭載したままできる。

今回採用した直接基礎建物での免震レトロフィット掘削工事における直動式遠隔操作システムは、類似の工事でも適用できることが確信された。現在では油圧ブレーカ・ブルドーザ等に搭載したモデルにも水平展開されその有効性が実証されている。今後、緊急災害復旧・悪作業環境下等の様々な工事への展開が期待される。



写真一 1 ミニショベルによる掘削状況①



写真一 2 ミニショベルによる掘削状況②