

旧栃木県庁舎移築保存の為の曳家工事の施工

黒田 隆 司

歴史的建物の保存や土地活用のための建物移動の工法として、「曳家」と呼ばれる工法がある。今回の施工報告は、県庁の新庁舎建設に伴い、旧庁舎の一部を移動させ、築65年となる建物を安全に活用するために、既存建物を免震構造とするものである。その移動に際して、保存建物に悪影響を与えないように、移動工法を検討し、許容範囲内での移動施工計画と結果の報告である。

キーワード：建物移築保存

1. はじめに

当工事は新庁舎の建設に伴い、旧栃木県庁舎の一部を保存・活用するために、「曳家」と呼ばれる工法で建物の一部を移転し、移転先で耐震補強（免震レトロフィット工法）によって既存建物の免震化を図る工事である。

旧栃木県庁舎は1938年（昭和13年）に建設され、65年間にわたって第4代県庁舎として、県民に親しまれてきた建物である。今回、旧庁舎の位置での新庁舎建設予定に伴い、旧庁舎の本館正面部分をそっくりそのまま、同敷地内において中央部分から南東部分に建物の向きを90度変えて、約61mの水平移動を曳家移動させ、移転先において免震構造とし、建物の保全を行う工事である。以下にその施工報告をする。

2. 工事概要

工事名称：栃木県庁本館一部曳家工事

工事場所：栃木県宇都宮市塙田1-1-20

発注者：栃木県

設計者：株式会社 日本設計

施工者：西松・日豊・丸山特定建設工事共同企業体

工期：2003年10月10日～2005年5月31日

解体工事：保存建物両側の既存本館解体

（解体延床面積：約1,843m²）

曳家工事：間口約43.2m、高さ18.8m、延床面積約2,467m²、総重量約6,000tの建物移転45度回転移動を2回、約61mの水平移動を行い、約1.2mのジャッキダウンを行う。

改修工事：新設部基礎（杭基礎+マットスラブt=800）免震部材の設置、両妻部躯体の新設外壁・防水等の改修

3. 曳家工事とは

敷地の別活用などで既存建物をそっくりそのまま移設する工事である。既存建物を同用途、他用途で活用したり、歴史的価値のある建物の保存等の目的で別の場所に移動するもので、建物の外観・内部を損なわずに、場合によっては建物を使用しながら行うこともある。その原理は古代エジプトのピラミッド建設等で巨大な石材を棒状の物の上に乗せ運んだところから来ている。

4. 曳家工事について

(1) 今回の曳家工事における要求事項

- ①保存建物に悪影響を与えない工法にて解体工事及び曳家工事を行う。それらの工法については提案型とされ、協議の上決定とする。
- ②曳家工事中の建物変形量は柱スパン間の1/2000以下を許容値とする。
- ③曳家工事中の安全を確保するために、水平震度を0.2とした水平力に対応する対応をする。

(2) 事前調査及び解体工事

(a) 事前調査

解体・曳家工事を着工するにあたり、既存建物の状態、亀裂や破損部を事前調査し、曳家工事完了後に再

度調査したものと比較するようにした。

(b) 解体工事

解体は、保存建物に振動を与えないためにワイヤーソーイング工法にて保存建物と解体建物を切断し解体した。

ワイヤーソーイング工法とは、ダイヤモンドビーズを数珠状に配したワイヤーを高速回転させ、コンクリート・鉄筋を切断する工法である。

(3) 補強工事

(a) 掘削及び地盤改良

既設1階土間を解体し、建物下部・周囲を既存基礎下まで約5m掘削し、建物を仮受けする仮設耐圧版を打設する。耐圧版下は荷重に耐えられる耐力確保のため地盤改良を行う。今回は碎石置換工法を採用し、その使用碎石は本館解体のガラを現場でクラッシングしたものを使用し、地盤耐力は載荷試験を行い確認した。

(b) 新設補強梁工事

基礎補強で既存地中梁下に新設の補強梁を新設(W2000・H1200)した。既存との接合は既存基礎柱にD19樹脂系後施工アンカーを約3000本打設した。

(c) 既設梁補強工事

既存地中梁は増し打ち補強し、1階床スラブを新設した。

(d) 耐震補強壁工事

1階～3階の内部に一部耐震補強壁を新設し、上階の剛性を図った。

(e) 水平力による安全確保

補強工事中の水平力に対する対策は四方より、鋼材にて切梁を架設し対応する。その際に6000tに対する水平震度0.2に対応するために、 $6000 \times 0.2 = 1200$ tの水平力に耐えうる物とした。

(4) 移動路盤工事

(a) 移動用路盤の検討

建物の移動ルートとなる路盤は仮設耐圧版と構台によるものを検討した。

耐圧版工法は地盤強度確保のため、地盤改良を行う必要があり、曳家後の改良土、耐圧版の解体・搬出及び現状復旧の埋戻しで作業量・費用の増大と周辺交通への影響、産廃の増加等が見込まれたので、構台による路盤を採用した。構台計画は耐荷重計算と載荷試験にて移動・盛替え時に生じる 60 t/m^2 に耐えうることを確認した。

〔構台概要〕

構台面積	2,940 m ²
支持杭	H - 400 × 400 × 13 × 21 L = 10 m 9.5 m 根入れ 根固め工法 打設間隔@2 m 774 本
大引・根太	H - 400 × 400 × 13 × 21
覆工板	DK-1000 × 2000 1470 枚

(5) 仮受け工事

(a) 仮受けサンドル設置工事

補強梁下部を仮受けサンドルにて、全111箇所て保存建物を仮受けする。仮受けサンドルは既存建物柱軸力に充分耐えられるもので、建物に変形が生じた場合、即座に対応可能で狭いスペースでの作業であるので人力で対応できる鋼材をバランスよく配置した(写真-1, 図-1)。

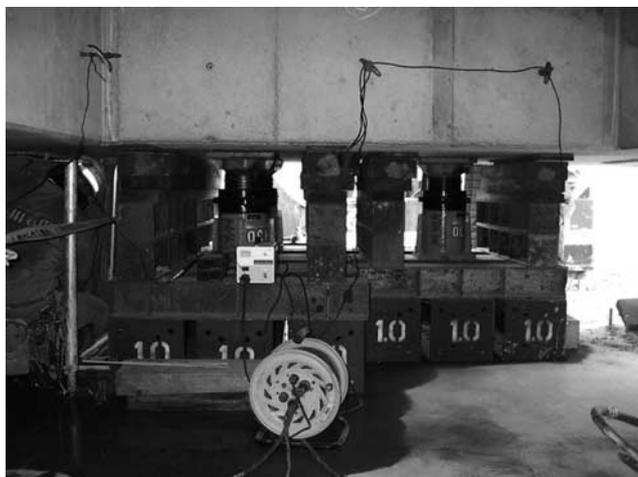


写真-1 仮受けサンドル設置状況

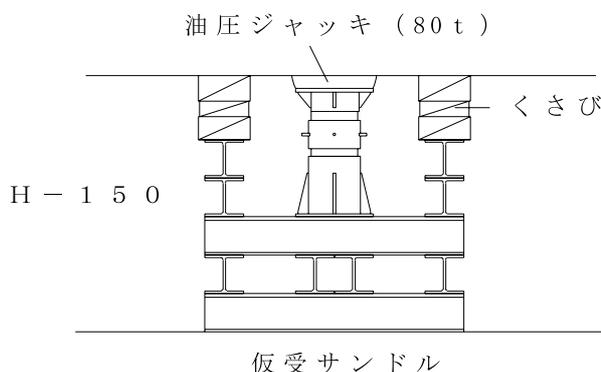


図-1 仮受けサンドル設置状況

(b) 変位の測定

初期プレロード時と柱切断時の建物挙動を確認するために変位計測器を設置する(写真-2, 3)。



写真一2 変位計測計



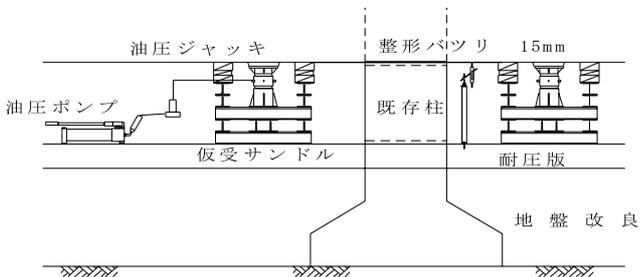
写真一3 変位表示計

(c) プレロード（荷重導入）と柱切断工事

仮受けプレロードは、荷重導入のステップを40%、60%、80%、100%の4段階に分けて行い、その都度建物変位を測定します。ここで建物の変位量がスパン間の1/2000を超えないように確認する（図一2）。

また、既存柱切断前、後で変位計測し、許容値を超えないように確認する。

ワイヤーソー切断



図一2 プレロード・柱切断要領図

(6) 移動装置・推進装置設置工事

(a) 移動装置設置工事

建物下部の耐圧版、構台覆工板上に、調整板で天端レベルを調整し30 k/m レールを敷設する。レール上にコロ棒（60 Φ鋼棒）を@180で配置し、舟座鉄板（t = 9,900 * 1800）を設置する。その上にH鋼を井桁状に組み上げ油圧ジャッキをセットし、荷重導入を行う。導入荷重は80 t/台で全86台の移動装置を設置する（図一3）。

(b) 変位測定管理

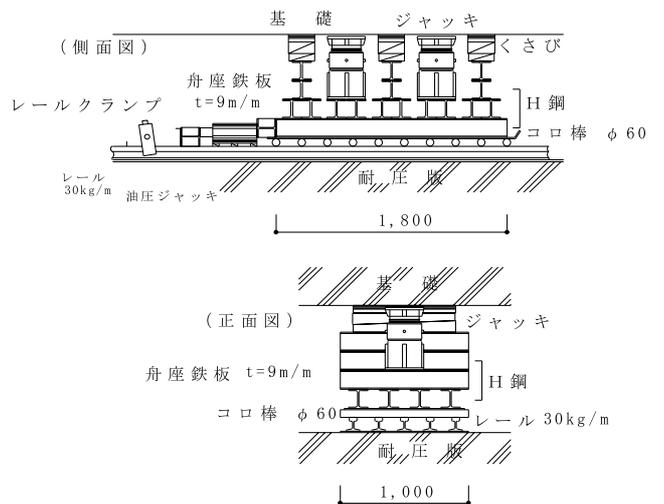
移動装置に荷重導入を行ったら、仮受けサンドルを撤去し、この盛替えを繰り返して、建物の荷重を移動装置に移行する。

このとき移動装置荷重導入時、仮受けサンドル撤去時にレベル測定器にて、建物変位を測定し、柱スパン間の変位の確認を行う。

(c) 推進装置設置

移動装置の後方に推進用油圧ジャッキ（100 t）を6箇所設置し、レールクランプにて固定し、油圧ホースにて連結する。

油圧ポンプを作動させると一斉に推進ジャッキが作動し、移動が開始する。



図一3 移動装置詳細図

(7) 移動工事

(a) 移動速度

移動は推進ジャッキが一斉に作動することで移動装置が押され、建物が移動する。移動ステップはジャッキストロークが18センチに到達したら、油圧ポンプを止め、ジャッキシリンダを戻して、レールクランプを盛替える。建物の移動速度は、1 mm/秒程度である。移動方向の調整はコロ棒の方向を調整しながら行う。

(b) 移動手順

建物の移動は一次移動が45度回転、二次移動が34m移動、三次移動が45度回転、四次移動が27m水平移動を行います。各移動完了後、仮受けサンドル組を行い、移動装置及びレールの盛替えを行う。

(c) 回転移動について

一次、三次の回転移動は、回転支点より同心円状にレールを敷き、移動装置のコロ棒を回転支点から放射状に配置する(図-4)。推進ジャッキの位置は、建物重心とジャッキ重心を回転支点からのモーメントにて算定し、決定する。一斉操作で同じ油圧で押された推進ジャッキはモーメントの原理により、支点からの距離でストロークが変わってきて、建物は支点を中心に回転移動する(写真-4, 5)。

1次移動 約44度回転

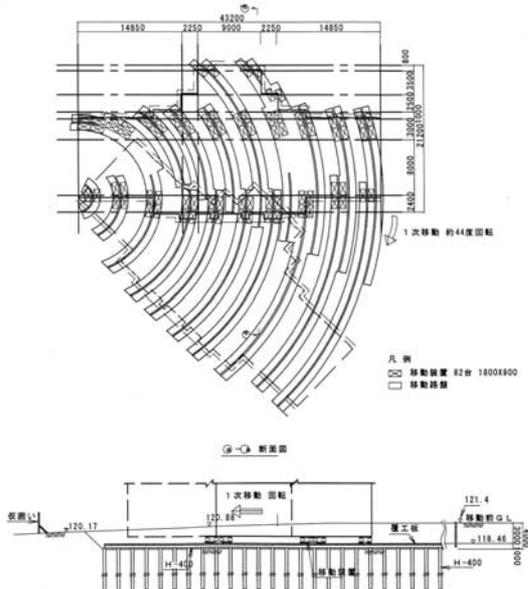


図-4 移動ステップ図



写真-4 一次移動路盤



写真-5 一次移動状況

(d) 移動中の計測監視

移動中は移動ステップ毎に、建物変位を各柱毎にレベル測定器にて計測し、スパン間の許容値を超えないように確認を行う。今回の移動中に許容値を超えるものは全くなかった。

(e) 移動中の水平力による安全確保

建物の移動中はコロ棒の上に建物がある状態で、コロ棒が動く方向への水平力は簡易的な免震装置上とし、それにより建物の地震水平力は低減され影響はないと考えた。コロ棒が動く直交方向への水平力は、レールとコロ棒の鉄の摩擦力を考慮し、通常摩擦率0.4に安全率1.5を考え、0.25の摩擦力を予想し、地震水平力の0.2に対応すると考えた。実際に移動中に2回程震度2~3程度の地震があったが、建物は全く動かなかった。

但し、不安定な状態であったために、移動している期間の短縮に努め、移動工作業時間の延長、推進ジャッキの直列3連使用による移動距離の増大、使用油圧ポンプ能力のアップによる移動ステップ所要時間の

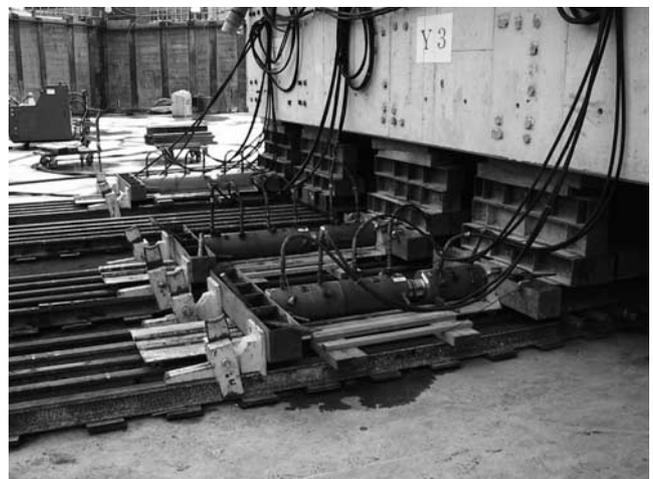


写真-6 推進ジャッキ(3連)

短縮等で移動期間を約1ヶ月短縮することに成功した(写真-6)。

(8) ジャッキダウン

(a) ジャッキダウン手順

建物が四次移動を終え、定着位置まで移動が完了した時点でジャッキダウン用のサンドル組を行う。ジャッキダウンサンドルは全98台の100tジャッキにて建物荷重を支え、移動装置、移動路盤レール等を撤去します。この時点で建物荷重はジャッキダウン用油圧ジャッキにかかる。98台の油圧ジャッキは一斉操作するために、油圧ホースで連結する。油圧ポンプを作動し一斉ジャッキダウンは1ステップ3センチで行う(図-5)。

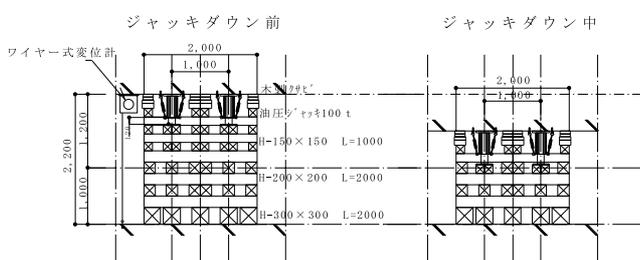


図-5 ジャッキダウンサンドル図

ジャッキストロークがなくなったら、仮受け楔にて受替え、ジャッキ下の鋼材を撤去し、再度ジャッキを伸ばしジャッキにて荷重を受け、ジャッキダウンを行う。これを繰り返し建物を1.2mダウンさせる。

(b) ジャッキダウン中の計測管理

免震柱部にワイヤー式変位計を免震柱の数全23箇所設置し、建物のダウン量を計測する(写真-7)。計測値はデジタル表示され、パソコン上で常時計測値



写真-7 ワイヤー式変位計



写真-8 変位管理器具

の確認、スパン間の1/2000を超えないかを確認しながら、ジャッキダウンを行う。スパン間の数値が許容値を超える前に警告が表示されるので、その時点ですぐにダウンを中止し、ダウンの差のある部分のジャッキのみ作動し変位の調整を行えるようにした(写真-8)。

(c) ジャッキダウン中の水平力による安全確保

ジャッキダウン時の地震対策として、建物の四方向より免震ピット土圧壁・構台部を反力にし、鋼材により補強を行った。補強材は建物と固定せずに5~10mmの隙間を設け、その間を建物がジャッキダウンするようにした。この際にも1200tの水平力に耐えうる補強とした(写真-9)。

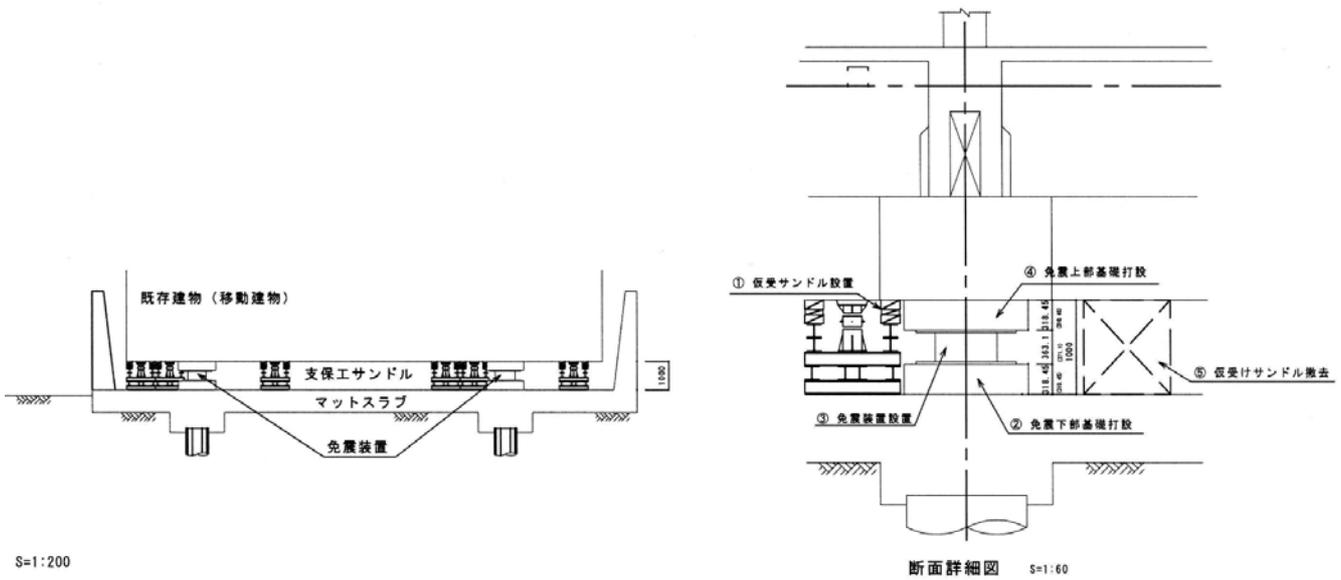


写真-9 水平補強状況

(9) 免震工事

(a) 免震レトロフィット工法

ジャッキダウン完了後に再度仮受けを行い、その状態で免震部材を建物補強梁と新設マットスラブの間に設置する。それから免震下部、上部の基礎を打設し、空隙処理を行い、基礎強度確認後に仮受けを撤去し、



図—6 定着位置仮受けサンドル配置図



写真—10 免震部材・基礎設置



写真—11 免震ピット状況

除荷を行い、建物の全重量を免震部材に移行させる。ここで建物は免震化される（図—6、写真—10）。

免震部材の最大変位量は500mmに対応し、地震による地盤の揺れを建物に伝えにくくするもので、通常の耐震設計より建物に影響する地震力を半減させる。極めて稀に起きる地震時にも建物の固有周期は2.7秒となり、地震の揺れを緩やかに替えるものである（写真—11）。

5. 曳家工事をおえて

平成15年12月に事前調査より着手し、平成16年1月から5月まで5ヶ月を補強工事に費やし、6月中旬から移動開始し、8月中旬にジャッキダウンを完了した。

設計条件であった保存建物への悪影響もなく、移動

中の計測においても、許容値を超える建物の挙動もなかった。また、数回の弱地震による影響もなく、無事に約10ヶ月の曳家工事が完了し、保存建物が免震化され、再び安定した状態になった。

全国的にも稀な大型の曳家工事に対して、工事前の施工検討、工事中の施工管理は貴重な経験と検討ができた。

緊張感の連続で苦勞の多い工事ではあったが、工事に関わった全ての人の支援、協力、熱意により曳家工事が無事完了した。

JICMA

【筆者紹介】

黒田 隆司（くろだ たかし）
西松建設株式会社

