

神戸地方合同庁舎耐震改修工事について ～既存建物地下空間からの地盤改良～

湯川 文哉

ケミカルグラウト株式会社 関西支店 技術営業部 (〒540-0001大阪府大阪市中央区城見2-2-22)

わが国では、近い将来に南海トラフ巨大地震の発生が予想されており、被害を最小限に抑える為にも建築物の地震対策が急務となっている。しかしながら、地震対策の目的で大規模な建て替え工事を行った場合、莫大な金額や工期が必要となる上に、一時的な拠点の移転によって業務に支障をきたすリスクがある。そこで神戸地方合同庁舎では、供用中の建物の機能を生かしつつ来庁者の動線及び執務空間を確保しながら免震化工事を実施し、建て替えに必要な費用や工期、移転等のコストを削減している。本論文では、免震化工事において【居ながら施工】を達成するために、既存建屋地下空間から高圧噴射攪拌工を実施した事例として報告する。

キーワード 既存建築物の免震化、居ながら施工、地下空間からの施工、JETCRETE工法

1. はじめに

国土交通省は1996年10月、阪神・淡路大震災による官公庁施設被害の分析をふまえて「官庁施設の総合耐震計画基準」を制定している。当工事は、神戸地方合同庁舎を災害時の防災対策指揮、支援活動及び情報伝達の拠点とするために、国交省基準を満たす官庁施設としての耐震性能確保を目的としたものである。

当工事の特徴として、次の2点が挙げられる。

- ① 建物の機能を生かしつつ、来庁者動線及び執務空間を確保しながらの施工。
- ② 建物の外観や内装を変更することなく、耐震安全性を向上させる。

外観や内装を変更しない免震レトロフィットを採用し【居ながら施工】を実現している。(写真-1)

2. 工事概要

工事名称：神戸地方合同庁舎耐震改修工事

工事場所：兵庫県神戸市中央区海岸通29番地

敷地面積： 6,756㎡

延床面積： 15,978㎡

構造種別：鉄骨鉄筋コンクリート造

階数：地下1階、地上9階、塔屋2階

軒高さ： 34.35m

基準階高さ： 3.55m

主用途：庁舎（事務所）

地盤改良工工期：2013年2月～2014年3月

地盤改良工数量：φ2.5m・218本 φ3.2m・28本

濃茶のタイルで全面を覆われており、地震時に剥落の危険性のある箇所は張替工事を行っている。(写真-2)



写真-1 神戸地方合同庁舎 工事状況



写真-2 神戸地方合同庁舎 外観

3. 工事内容

国土交通省の総合耐震計画基準により、構造体の耐震安全性をⅠ類とする必要がある。Ⅰ類では、大地震動後も構造体の補修を行うことなく建築物を使用でき、人命の安全確保に加えて十分な機能確保が図れることを目標としている。これらの条件を満たすために、庁舎の免震化工事を実施した。

(1) 免震化工事

庁舎の地下に免震ピットを構築し、免震装置を設置することで、地下駐車場を含む建物全体を基礎免震構造とした。(図-1)

免震化の利点としては、次の3点が挙げられる。

- ① 地震による激しい揺れをゆっくりした揺れに変えることで建物の変形を抑えることができる。
- ② ゆっくりと揺れることで、外壁や天井材など非構造物の脱落や破損を防ぐことができる。
- ③ 地震後も建物の継続使用が可能となる。

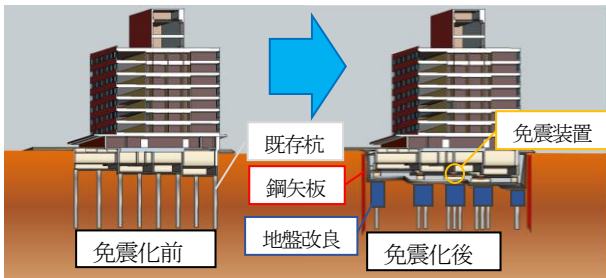


図-1 免震化イメージ図

(2) 免震化工事の手順

免震化工事について、次の①～⑨の手順で施工を行った。

- ① 庁舎外周を鋼矢板土留め壁で締切り、遮水を実施する。
- ② 庁舎と鋼矢板の間にディープウェルを設置し、締切り内部の地下水位を低下させる。
- ③ 鋼製切梁・火打ちを併用して、庁舎直下を掘削する。
- ④ 既存杭を診断・補強し、地下空間を確保する。
- ⑤ 地盤改良工事により、庁舎の直接基礎を築造する。
- ⑥ 新基礎耐圧版を築造する。
- ⑦ 油圧ジャッキにより、庁舎を仮受けする。
- ⑧ 既存杭を解体し、免震装置を設置する。
- ⑨ 免震装置設置後、仮受けを撤去する。

この中で③～⑦の期間では、既存杭のみで庁舎を支える状況となる。この期間中に地震が発生した場合、上部構造に支障をきたす恐れがあったため、既存杭の健全性を診断し、問題があった際には対策を取る必要があった。

(3) 既存杭の補強

庁舎直下掘削後に既存杭の診断を行ったところ、阪神淡路大震災の影響で一部が破損しており、支持杭としての機能を果たしていない状態であった。(写真-3)

そのため、破損箇所の補強を行い設計軸力の負担が可能な状態とした。

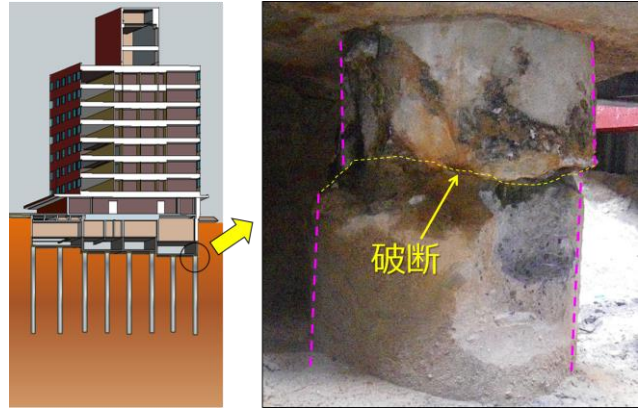


写真-3 破損した杭基礎

a) 高強度モルタル打設工

既存杭は、油圧ジャッキにより庁舎を仮受けした後に解体する手順となっていた。掘削時に露出する箇所については、破損状況を確認した上で短時間に施工可能かつ解体しやすい方法が必要であった。

そのため、破損箇所に高強度モルタルを打設して仮補強を行った。(写真-4)



写真-4 杭基礎仮補強

b) 高圧噴射攪拌工

免震ピット構築のために確保した庁舎直下の地下空間
以深の既存杭については、露出させて補強することが出来な
かったため、杭を残したまま周囲に高圧噴射攪拌工を
実施して巻き込み補強を行い、本設基礎とした。この
時、既存杭は基礎部材としては無視し、地盤改良の有効
面積のみを直接基礎として設計されている。(図-2)

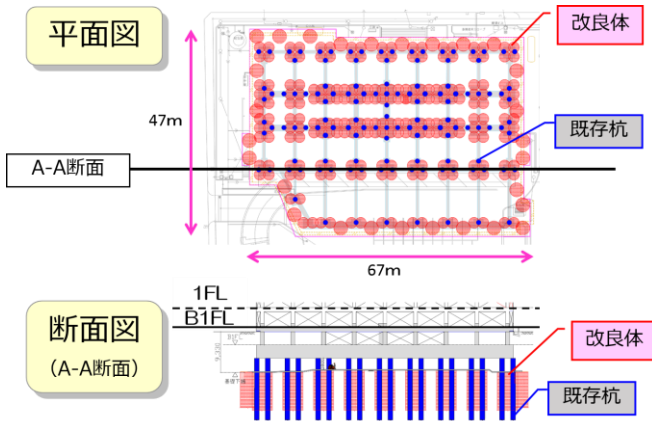
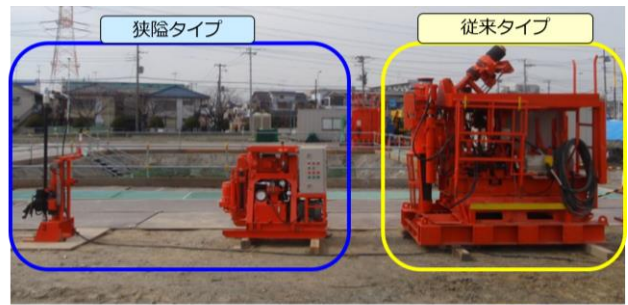


図-2 地盤改良工 平断面図



超小型機械	小型機械	標準機械
・本体重量 0.18 t	・本体重量 0.8 t	・本体重量 3.6 t
・本体L×W×H 500×550×1,200	・本体L×W×H 1,500×900×1,200	・本体L×W×H 2,500×1,700×1,600

写真-6 地盤改良施工機 比較

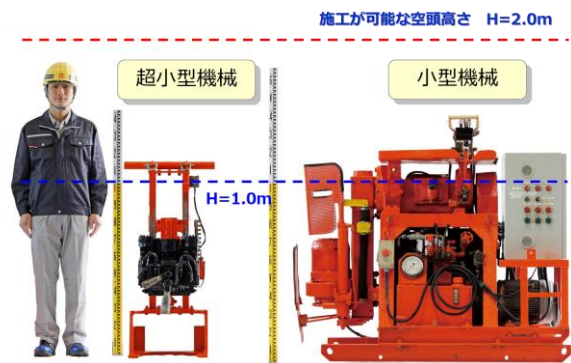


写真-7 小型施工機 大きさ比較

4. JETCRETE工法の採用

既設杭の補強工として高圧噴射攪拌工法を実施するに
あたり、現場の特殊な条件によって在来工法では対応で
きない状況であった。そこで、様々な条件に対応可能な
JETCRETE工法を採用した。

(1) 地下空間内での施工

地下空間内では空頭制限がありクレーンを使用できな
い為、従来の施工機では重量や大きさの関係で人力移動
が出来ず、ロッドの接続も困難であった。(写真-5)

そこで、人力でも移動可能で、内空2m以下の条件で
も施工可能な小型施工機を採用した。(写真-6・7)



写真-5 地下空間内 状況写真

(2) 品質の確保

当工事は仮設工事ではないため、高圧噴射攪拌工法の
建築物本設仕様が適応される。改良対象範囲に粘性土が
混じっていたものの、設計基準強度は $F_c=1900\text{kN/m}^2$ 以上
必要であり、従来工法の配合では要求品質を満たせない
状況であった。(図-3)

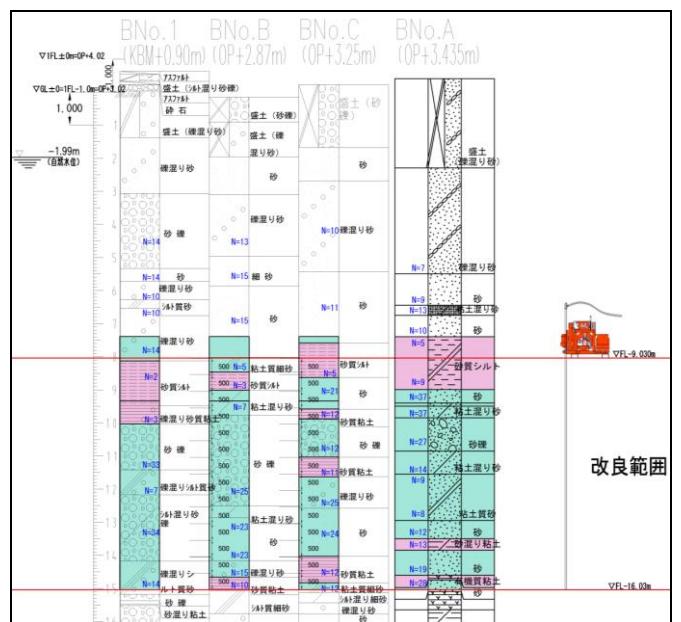


図-3 改良土質概要

そこで、要求品質を満たす為に、事前に配合試験や試験施工を実施し、施工仕様の決定を行った。(写真-8)



写真-8 試験施工実施状況

「建築物のための改良地盤の設計及び品質管理指針」(日本建築センター)によれば、建築物基礎としての地盤改良では、品質検査におけるボーリングコア採取率が全長に対して粘性土で90%、砂質土で95%、深さ1m毎に粘性土で85%、砂質土で90%以上必要とされている。2回にわたる試験施工の結果、上記のコア採取率を満足し、一軸圧縮試験において不良率10%強度が設計基準強度を上回る施工仕様を決定し、本施工に適応した。

(写真-9・10)



写真-9 ボーリングコア採取状況



写真-10 フェノールフタレイン液散布状況

5. 本施工での取り組み

本施工では、地下空間からの施工にて生じる様々な課題の解決に取り組んだ。

(1) プラントの配置

JETCRETE工法のプラントは機械が大型であり、地下に配置することが出来ない状態であった。そのため、地上にプラントを配置して地下まで配管を行い、施工の際は無線を使用して連絡を取り合った。また、一般歩道に隣接する箇所に配置したため、周囲の環境に配慮し防音・防塵対策を徹底した。(写真-11)



写真-11 プラント全景

(2) 排泥の処理

庁舎地下での施工において、地盤改良工後に耐圧版を築造する関係から、排泥ピットを掘って施工中の排泥を溜めることが出来ない状況であった。そのため、飛散防止箱や閉塞管にてクローズドシステムを組み、周囲に排泥が飛散しないようにした。(写真-12)



写真-12 排泥クローズドシステム

飛散防止箱に溜まった排泥については、スーパーバキューマーによって、地下から地上まで立ち上げた閉塞管を通して地上プラントの排泥貯蔵タンクまで送られ、最終的にはバキューム車で処理を行った。(写真-13)



写真-13 排泥処理状況

(3) 施工機械の移動

地下空間内でも特に狭い箇所においては、天井にケミカルアンカーを打設してウインチを設置し、施工機を吊り上げて移動を行った。(写真-14・15)



写真-14 施工機移動状況



写真-15 狭隘部施工状況

(4) ディープウェルへの対策

地下水水位低下用のディープウェルについて、JETCRETE工法の排泥で詰まり、揚水不能になる恐れがあった。そこで、改良体が干渉する深度のスリット部を鉄板で閉塞し、半径8m以内でJETCRETE工法を施工する際は揚水を停止するようにした。また、揚水停止中に施工基面が水没しないよう簡易ウェルを設置した。

(写真-16)



写真-16 ディープウェル対策状況

6. まとめ

既存建屋の免震化において、地下空間から既存杭を巻き込む形で高圧噴射攪拌工を実施し、本設の直接基礎として利用するという事例を紹介した。

近年、熊本地震や阪神淡路大震災、東日本大震災をはじめとする地震災害によって、貴重な人命と財産が失われていることに加え、インフラ・ライフラインの損傷や公共サービスの低下など、甚大な経済損失が発生している。さらに近い将来、東海地震や東南海・南海地震、これが連動した南海トラフ巨大地震や首都直下地震が発生するといわれており、建築物の地震対策がこれまでも増して重要になると考えられる。今回の事例は、建築物を建て替えることなく免震化工事を実施したものとして、今後の計画の参考となれば幸いである。

参考文献

- 1) 国土交通省：官庁施設の総合耐震計画基準(1996年10月)
- 2) 日本建築センター：建築物のための改良地盤の設計及び品質管理指針