

## 雨水ポンプ場における耐震補強及び不同沈下対策設計事例

オリジナル設計株式会社

施設本部東日本施設部施設 2 課 田村 孝太

I 市にある Y ポンプ場は、昭和 50 年度に供用開始した雨水ポンプ場である。Y ポンプ場は、新耐震基準（昭和 56 年）以前に設計された施設であることから耐震性能が不足していた。また、東日本大震災等により地盤沈下が発生しており、場内施設についても不同沈下が発生し、建屋が傾斜したため天井クレーンの動作不良等の不具合が生じた。そのため、Y ポンプ場内のポンプ棟に必要とされる耐震性能を満足させるために鉄骨造建屋の柱脚部の根巻補強及びブレース部材の交換による補強設計と、不同沈下対策として根がらみ工法を用いた対策の設計を行った。

*Key Words* : 雨水ポンプ場、鉄骨造、耐震補強、不同沈下対策、既存活用

### 1. はじめに

I 市 Y ポンプ場は、昭和 50 年 4 月に供用を開始した雨水ポンプ場である。本市は東日本大震災により震度 6 弱を記録しており、Y ポンプ場も場内道路の沈下等の被害を受けた。Y ポンプ場内の施設は震災以降も徐々に不同沈下が進行した結果、建屋の傾斜により天井クレーンの動作不良が発生した。また、Y ポンプ場は新耐震基準以前に設計された施設であることから、平成 27 年度に耐震診断を実施した。結果として現行の耐震基準に対して耐震性能が不足することが確認され、耐震補強が必要と診断された。

一方、近年では令和元年東日本台風や令和 2 年 7 月豪雨といった記録的な大雨が全国各地で観測されており、雨水排水機能の確保は都市機能を守るためにその重要性を増している。このような状況から、Y ポンプ場においても必要とされる雨水排水機能を確保するために、老朽化した設備の更新と合わせて施設の耐震化及び不同沈下対策の設計を行うこととなった。

本稿では、Y ポンプ場内にあるポンプ棟において耐震補強及び不同沈下対策として検討を行った事例を報告する。

### 2. 施設の概要

#### 2.1 ポンプ場の概要

I 市 Y ポンプ場の概要を以下に示す。

- ① ポンプ場の形式：分流式雨水ポンプ場
- ② 構造形式  
(ポンプ棟建屋)：鉄骨造平屋建て (X 方向ラーメン、Y 方向ブレース構造)

(地下ポンプ井、沈砂池)：鉄筋コンクリート造

- ③ 基礎形式：杭基礎 (RC 杭、 $\phi$  250~300、長さ 4~7m)
- ④ 供用開始：昭和 50 年 4 月 (経過年数 45 年)
- ⑤ 流入渠： $\sqcup$  3, 100 $\times$ 1, 000mm
- ⑥ 放流渠： $\square$  3, 100 $\times$ 1, 700mm
- ⑦ 沈砂池：12. 0m $\times$ 5. 0m $\times$ 2 池
- ⑧ 除塵設備：自動除塵機 2 基、ベルトコンベヤ 1 台
- ⑨ ポンプ設備：横軸斜流ポンプ 3 台 (既設 2 台)

$\phi$  1, 000mm $\times$ 3. 3m $\times$ 152m<sup>3</sup>/min $\times$ 37kW

- ⑩ 計画雨水排水量：7. 587m<sup>3</sup>/秒

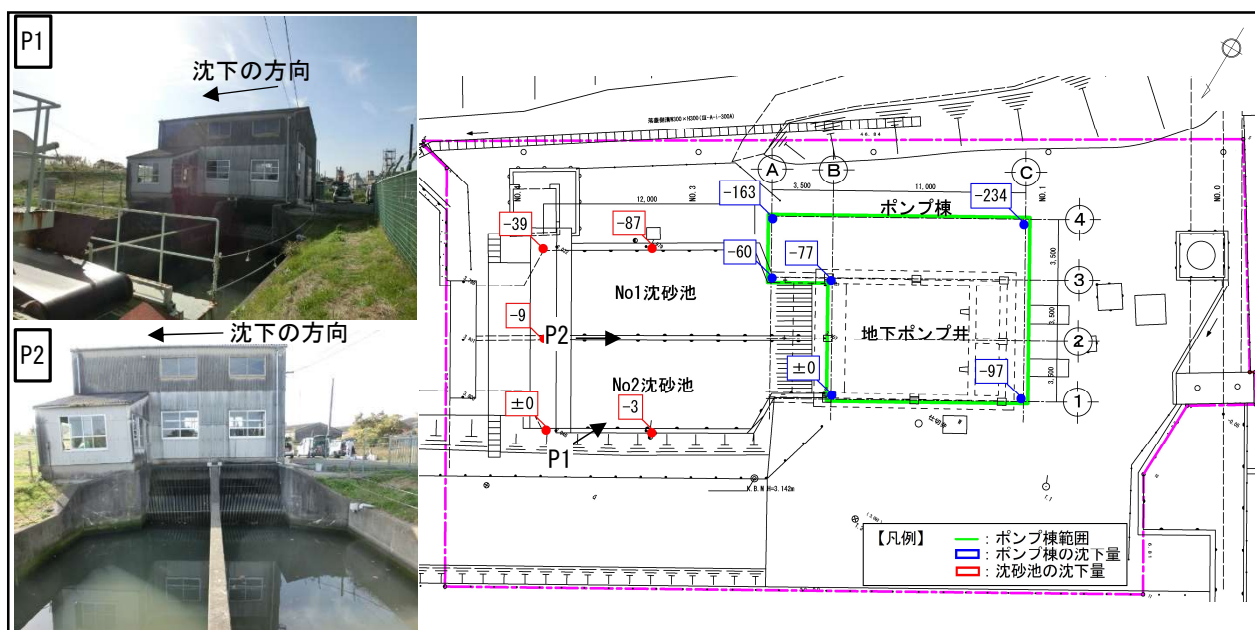


図-1 Yポンプ場敷地配置図及び施設沈下状況

## 2.2 沈下の原因と状況<sup>1)</sup>

Yポンプ場は東日本大震災により、不同沈下が発生した(図-1)。施設が沈下した原因は図-2に示すように、杭先端以深に液状化の可能性のある土層が存在しており、この土層が地震により液状化したことで支持力を失い沈下が生じた可能性が考えられた。また、震災発生当初は沈下による不具合は確認されていなかったが、しばらくしてポンプ棟内に設置されている天井クレーンの動作不良が発生した。これより、補強設計時には沈下が終息している必要があるため、ポンプ棟の沈下状況について数年に渡り調査を実施した(図-

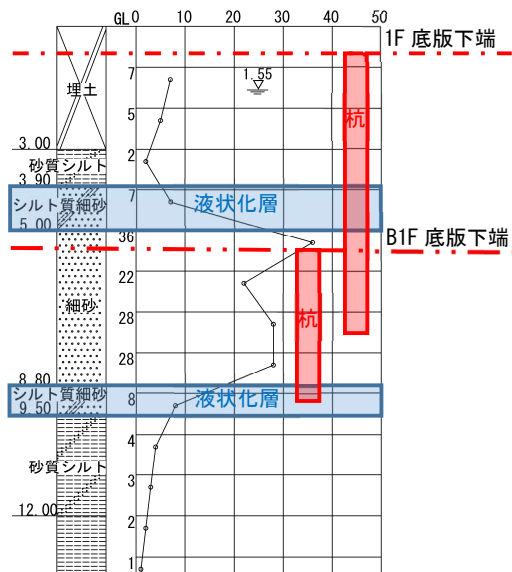


図-2 Yポンプ場の地質状況

3)。調査結果より、調査年月ごとに若干の誤差は見られるが、調査を行った 4 年間における沈下量には大きな変化が見られなかったことから、現在の地盤は安定していることを確認した。

### 3. 検討内容

#### 3.1 ポンプ棟の改修方針

##### (1) ポンプ棟の改修方針について

ポンプ棟の耐震性能確保及び不同沈下対策の方針として、以下の 3 つの改修方針にて検討を行った (図-4)。

case-1 は、既存の鉄骨建屋を撤去し、基礎を含めて建屋を新築する案である。現行の耐震基準及び地盤状況を考慮した基礎及び建屋を新築するため、耐震補強や不同沈下対策は不要となる。

case-2 は、耐震性能の不足に対しては、耐震補強により必要な性能の確保を行い、不同沈下対策としては、建屋を一度別の場所に移動させて新たに基礎を構築し、構築した基礎の上に再度建屋を戻す案である。現在のポンプ棟は一部を地下ポンプ井の上に建設しているため、新たに基礎を打設するには地下ポンプ井を外して打設する必要がある。そのため、新設する基礎に合わせて、建屋の増築が必要となる。

case-3 は、耐震性能の不足に対しては、耐震補強により必要な性能の確保を行い、不同沈下対策としては、建屋の建て起こしと一部地盤改良を行う案である。既存建屋の改造や基礎工事が不要であり、既存施設を可能な限り活用して改修が可能である。

##### (2) ポンプ棟の改修方針の比較検討結果

case-1~case-3 の比較評価結果を表-1 に示す。

表-1 ポンプ棟改修方針評価結果一覧

改修方針	case-1 鉄骨造上屋新築	case-2 鉄骨造上屋曳家+耐震補強	case-3 鉄骨造上屋建て起こし+耐震補強
施工性	◎ 既存建屋を撤去し建屋を新築するため、既存施設や設備との干渉等を考慮する必要がなく、施工性において問題はない。	× 建屋の移動には、建屋を一度ジャッキアップする必要がある。場内敷地に余裕がないため、移動先の詳細検討を要する。	○ 既存建屋を可能な限り活用するため、既存設備との取り合いを考慮する必要があるが、設備に関しては同時に更新を計画しているため、施工性に問題はない。
経済性	×	△	◎
概算工事費	51,000千円 【内訳】 1. 既存建屋撤去：2,000千円 2. 鉄骨造建屋新設：39,000千円 3. 基礎工事：10,000千円	37,000千円 【内訳】 1. 耐震補強：2,000千円 2. ジャッキアップ+曳家：17,000千円 3. 鉄骨造建屋増築：8,000千円 4. 基礎工事：10,000千円	17,000千円 【内訳】 1. 耐震補強：2,000千円 2. ジャッキアップ：9,000千円 3. 地盤改良費：6,000千円
総合評価	△ 建屋が新築され、震災での損傷が全面的に改善出来るが、三つの案の中では最も経済性に劣る。	× 曳家は最終的に別位置に建屋を配置する場合に優位性のある工法であるが、本ポンプ場においては現位置に復旧することを前提としているため、その優位性がなくなる。また場内敷地は余裕がなく、施工スペースの確保が困難である。	◎ 建て起こし工事費は建て替えにおける建屋の撤去・新築工事費より安価であり、経済性に優れる。施工時に処理機能を阻害することもなく施工性も問題はない。

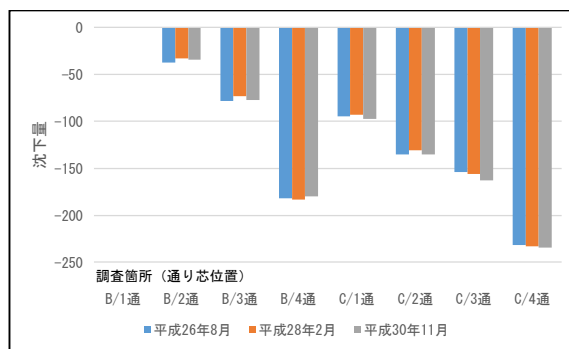


図-3 ポンプ棟における沈下量測定結果

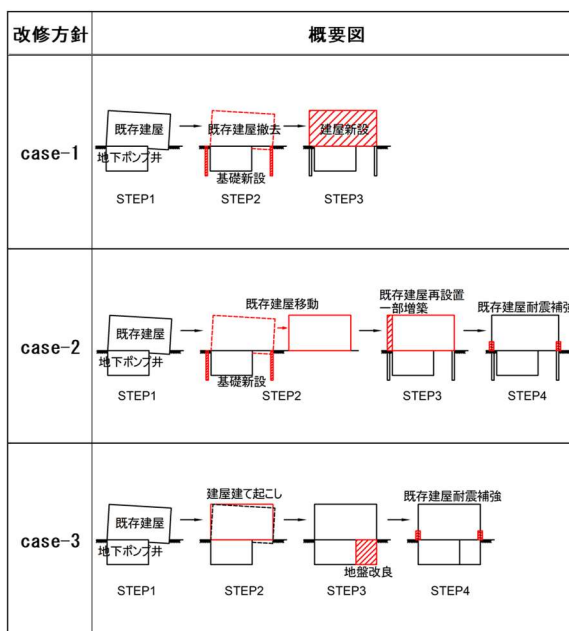


図-4 ポンプ棟改修方針比較概要図



- ①鉄骨柱の柱脚に根巻補強を行うことで柱脚の固定度を大きくし、耐力を向上させる（図-5）。
- ②既存ブレースをより強度の大きな材料に取り換えることにより、耐力を向上させるとともに偏心率・剛性率を改善させる（図-5、図-6）。

### 3.3 不同沈下対策方法の検討

ポンプ棟は不同沈下により、南東方向に最大 0.982 度の傾斜が発生している（図-7）。この傾斜により、施設内にあるクレーンガーターが正常に稼働できない等の不具合が発生しており、施設が正常に機能していない。そのため、不同沈下対策が必要であった。

#### (1) ポンプ棟の不同沈下対策方法について

不同沈下対策については、建て起こしの方法として case-A、B の 2 つの方法について検討を行った（図-8）。

case-A は、建物周囲を掘削し、基礎下に建物荷重を反力にして鋼管杭を圧入することで、この鋼管杭を反力点として油圧ジャッキで全体をかさ上げ修復する案である。支持地盤に到達するまで鋼管を継ぎ足すため、安定した地盤まで鋼管杭が設置され、建屋の再沈下を防ぐことが可能である。ただし、現在の地盤は安定しているため、再沈下が生じる可能性は低い。

case-B は、土台と建屋を切り離し、H 型鋼などの根がらみ鋼材を建屋の鉄骨柱を挟み込むようにして組み、根がらみ鋼材と鉄骨柱を接合し、油圧ジャッキでかさ上げ修復する案である。既存建屋の沈下を修復した後に土台とのレベル差が発生するため、別途レベル調整等の作業が必要である。

#### (2) 不同沈下対策方法の比較検討結果

case-A と case-B の比較評価結果を表-2 に示す。

case-A は基礎下に反力点を設けることによるため、地下にポンプ井のある範囲ではポンプ井の基礎まで掘削が必要となり、経済性と施工性に劣る。また、この掘削の際に建屋の沈下が一時的に進行する可能性が懸念される。

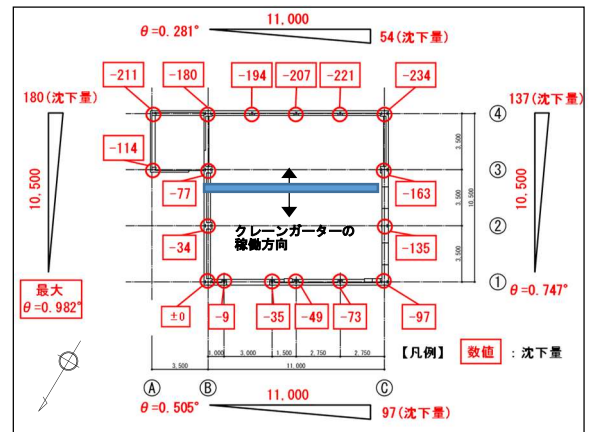


図-7 ポンプ棟の傾斜状況図

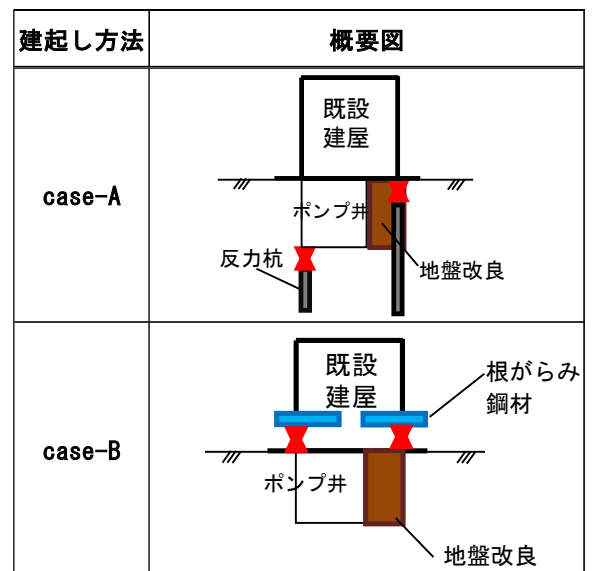


図-8 不同沈下対策方法比較概要図

表-2 不同沈下対策方法の比較検討結果

工法	case-A 鋼管杭圧入工法	case-B 根がらみ工法
施工性	× 基礎レベルまで掘削が必要な上、重機が入れない基礎下等では、人力で掘削を行う必要がある。また、基礎下の掘削により、一時的に建屋の沈下が進行する恐れがある。掘削後に基礎下にて鋼管杭を貫入する作業を行うため、難工事となる。	○ 施工範囲は地上部の建屋のみであるため、すべての作業が地上で可能である。また、建屋内の設備機器に関しては同時に更新を行うため、支障物は発生しない。
経済性	× 【合計】66,000千円 掘削・埋め戻し：49,000千円 建て起こし工事：11,000千円 地盤改良：6,000千円 底版下に反力点を設けるため、地下のポンプ井下まで掘削及び埋め戻しの費用が必要となる。また、地下部を含めて修正を行うため、隣接する沈砂地についても工事範囲となってしまう。	◎ 【合計】15,000千円 建て起こし工事：9,000千円 土台復旧工事：1,000千円 地盤改良：6,000千円 土台のレベル調整等の復旧工事が必要であるが、経済的である。
総合評価	× 地下躯体を含めた工事となってしまうため、施工性・経済性の面で劣る。	◎ 地上部のみで完結しているため、経済的であり、施工性も良い。



case-B は、建屋を持ち上げるために根がらみ鋼材を建屋内部に配置する必要があるが、根がらみ鋼材と既存の設備機器が干渉してしまうため、一般的には採用は困難である(図-9)。ただし、本設計の場合は設備更新を同時に行うことにより、建屋内の設備を一度撤去し仮設のポンプにより揚水機能が維持されるため、根がらみ工法の採用に支障はない。また、case-A と異なり地上部のみで工事が完結しており、施工性、経済性共に優れている。したがって、本設計では case-B が最適であると判断した。

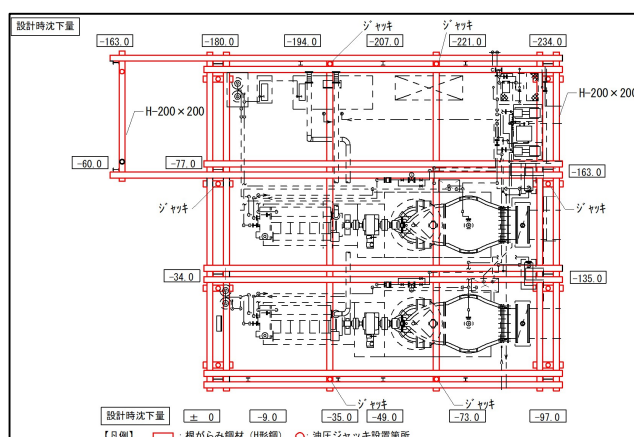


図-9 根がらみ鋼材と既存設備の配置関係図

### 3.4 施工手順

建屋改修工事の施工手順を図-10に示す。初めに建屋内の既存設備を撤去するとともに、施工可能な範囲から順次地盤改良を行う。設備の撤去及び地盤改良が完了した後、根がらみ鋼材を設置し、鉄骨造建屋のジャッキアップにより不同沈下対策を行う。ジャッキアップにより既存躯体との間に発生するレベル差については、無収縮モルタルを充填することで調整する。不同沈下対策が完了した後、耐震補強として柱の根巻補強及びブレースの交換を行い、最終的に補強された建屋内に更新する設備機器を設置して完了となる。

項目	1カ月	2カ月	3カ月	4カ月	5カ月	6カ月～
設備撤去	■					
地盤改良		■				
ジャッキアップ			■			
耐震補強				■		
設備据付						■(5カ月)

図-10 鉄骨建屋改修の概略工程



図-11 根がらみ工法を用いた工事事例

### 4. おわりに

今回設計では、設備更新と耐震補強設計と不同沈下対策を合わせた設計であったため、互いの影響を考慮しながら検討を行う必要があった。

下水道施設は整備の進展に伴い、維持管理の時代であると言われて久しく、今後も耐震補強や設備更新といった改修業務が主流になると考えられる。既存施設の改修を行う際には、施設機能の維持を前提としなければならないため、様々な制約が発生する。そのため、効率や経済性のみでは計りきれないところが多々ある。今後は自身の職種に限らず、各職種への影響や発生する問題点を見通せる視点と、それらを総合的に判断する能力がさらに必要とされるだろう。

### 【参考文献】

- 1) 建築基礎構造設計指針（第3版） 一般社団法人 日本建築学会
- 2) 官庁施設の総合耐震診断・改修基準及び同解説 平成8年版 財団法人 建築保全センター