

ジャッキアップ工法による改修工事の施工報告

The construction report of the repair work by a jack up construction method

大熊 智也*

Tomoya Ookuma

要 約

本工事は、平成 23 年 3 月 11 日午後 2 時 46 分発生 of 東北地方太平洋沖地震により被災し、建屋全体が斜めに傾いた出光興産(株)塩釜油槽所の事務所棟を水平に沈下修正する工事である。

震災直後、塩釜油槽所は電力の復旧とともにいち早くガソリンの出荷を再開しており、ガソリンの供給管理を担うモニタリングシステムがある事務所棟は機能を停止させることができなかった。そのため沈下修正工事は事務所を使用しながら進める必要があった。本稿はその施工報告である。

目 次

- § 1. はじめに
- § 2. 工事概要
- § 3. 被災状況と人への影響
- § 4. ジャッキアップ工事
- § 5. おわりに

§ 1. はじめに

塩釜油槽所は 3 月 11 日の本震 (14:46 M9.0) と 4 月 7 日の余震 (23:32 M7.4) で、震度 6 強の揺れを 2 回受け損傷した。本震に伴う津波は周辺と比べると低く 1m 程度であったため、被害は地震によるものが大きく、津波の被害は少なかった。

事務所棟は A 棟 (RC 造) と増築 B 棟 (S 造) で構成されており、いずれの棟も外側が沈みこんでいる状況であった。そのため杭頭部分が部分的に損傷していると想定された。(写真-1)

建物の沈下に伴いエキスパンションジョイント部の内外装とエントランス風除室のサッシに損傷があったが、その他の部分は大きなひび割れ等の被害がなく健全であると判断できた。

復旧方法を検討するなかで建替案もあがったが、震災直後ということもありコストと工期に優位性のあるジャッキアップ工法による沈下修正工事が採用された。

§ 2. 工事概要

工事件名：出光興産(株)塩釜油槽所事務所棟沈下修正工事

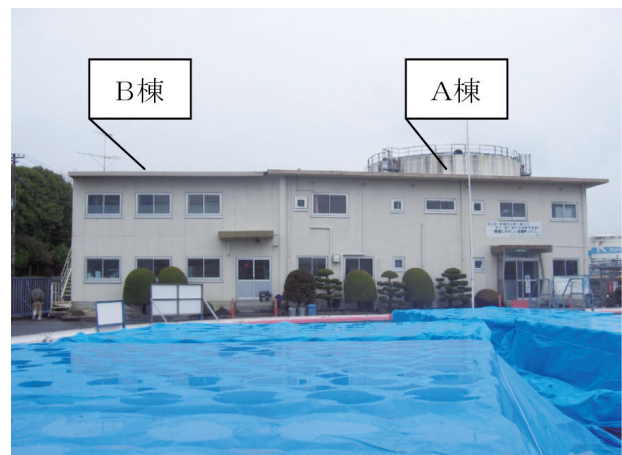


写真-1 出光興産(株)塩釜油槽所事務所棟

発注者：出光興産株式会社

工事場所：宮城県塩釜市貞山通 3 丁目 1 - 11

工期：平成 23 年 6 月 7 日～平成 23 年 11 月 30 日

建物規模：建築面積：181.84 m²、延床面積：360.98m²

構造種別：A 棟=RC 造 B 棟=S 造、階数：地上 2 階

建物用途：油槽所 事務所棟

備考：新築 A 棟 昭和 47 年 竣工

増築 B 棟 昭和 52 年 竣工

§ 3. 被災状況と人への影響

3-1 建物の被害状況

事務所棟の沈下状況を以下に示す。(表-1)

4 月 8 日の時点で A 棟は⑧ (南東側) で最大 40 cm 程度、B 棟は① (北東側) で最大 8 cm 程度沈み込んでいる状況であった。(写真-1)

エントランス風除室は下部で建物とは基礎が異なる外

* 北日本 (支) 東北 (支)

構の階段とつながっていたため、建物の沈み込みにより縦に圧縮されていた。(写真-2)

表-1 A棟B棟の連結部分③を基準とした相対沈下量

| 測定位置 | 3月20日測定 | | 4月8日測定 | |
|------|---------|------|--------|------|
| | BM=0 | ③=0 | BM=0 | ③=0 |
| ① | 577 | -38 | 537 | -80 |
| ② | 599 | -16 | 594 | -23 |
| ③ | 615 | 0 | 617 | 0 |
| ④ | 630 | 15 | 611 | -6 |
| ⑤ | 544 | -71 | 521 | -96 |
| ⑥ | 470 | -145 | 521 | -189 |
| ⑦ | 399 | -216 | 334 | -283 |
| ⑧ | 318 | -297 | 213 | -404 |

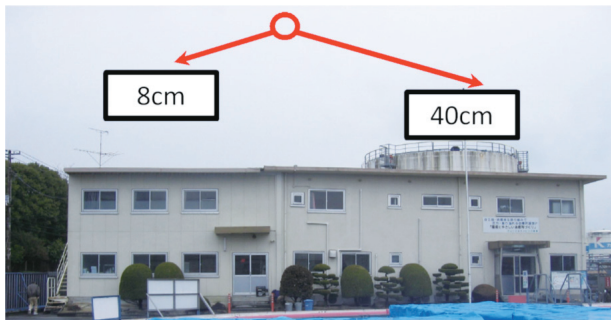
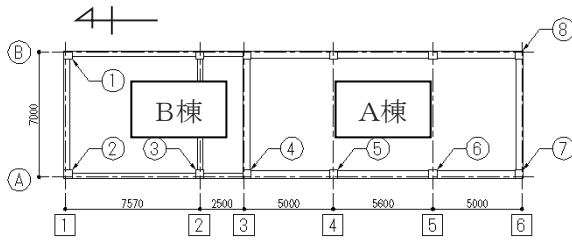


写真-2 事務所棟の沈下状況

3-2 傾斜した床による人への影響

塩釜油槽所は震災直後すみやかに営業を再開しており、従業員の方は傾斜したままの事務所棟で執務されている状態であったため、人の平衡感覚に関する影響が懸念された。

このことから時間のかかる沈下修正工事に先立ち、室内に勾配を調整した仮床を作成しフラットな執務空間を確保した。(写真-2)

人の平衡感覚に関する影響を検討する際に参考とした文献を以下に示す。

日本建築学会「人の平衡感覚に関する研究¹⁾

①：床勾配 1.5 度 (1/38 : $i=2.6\%$) になると 6 割程度の人が違和感を感じる。

②：床が傾斜することによる随伴症状

- ・勾配 1.3 度 (1/46 : $i=2.2\%$) 程度「牽引感」「ふらふら感」「浮動感」の自覚症状。

- ・勾配 2.0 度 (1/29 : $i=3.4\%$) 以上「頭痛」「目まい」といった症状。

- ・机上作業従事者では、勾配 1/200 : $i=0.5\%$ で「頭痛」の症状が現れた事例もある。

ここで A 棟では最大 2.24% の勾配が発生しており、人

に影響が出る可能性が高いと考えられたため対策を講じている。



写真-3 エントランス風除室の損傷

§ 4. ジャッキアップ工事

4-1 改修工事概要

おもな工事内容は、沈下修正、杭頭補強、内外装修復である。

沈下修正工事については、阪神淡路大震災や新潟中越地震などの震災復旧で採用実績の多いジャッキアップ工法を選定した。

以下に工程表と基本計画図を示す。(図-1, 2, 3)

4-2 外構・植栽・設備盛替

建物外周から基礎下部分を掘削するため、外構・植

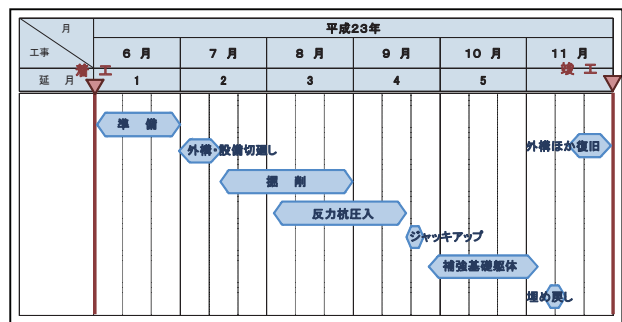


図-1 工程表

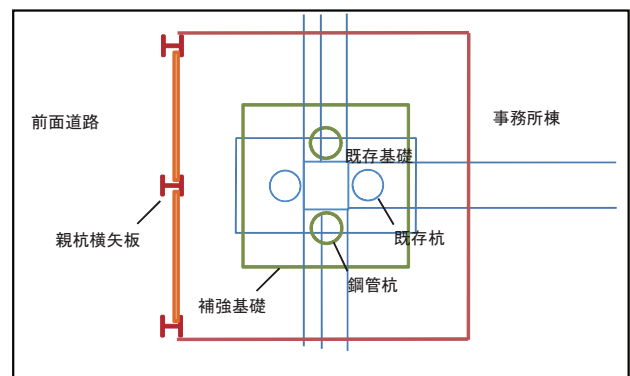
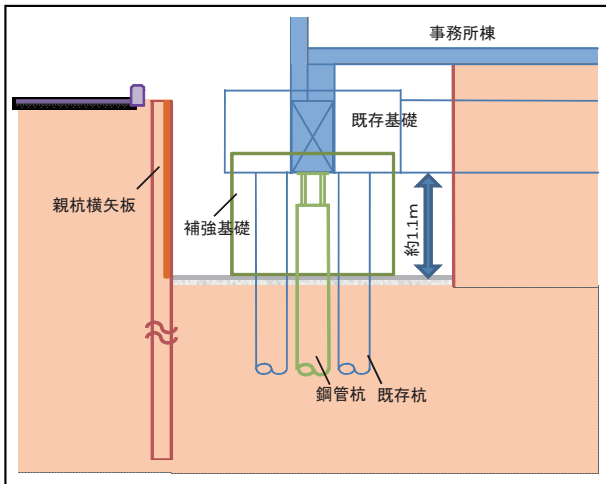


図-2 基本計画図(平面図)



図一三 基本計画図(断面図)

栽・設備の盛替えを行った。後にジャッキアップする際に支障が出ないように配管類にはゆとりをもたせ、空調室外機は壁付とした。(写真一三)



写真一三 空調室外機盛替

4-3 山留め親杭打設

事務所の正面側はローリー車が走行するため上乗荷重を考慮した山留めとし、H200 (L=5m @ 1.5m) をバックホウタイプの圧入機械 (SPO-12) を用い圧入した。(写真一四)

裏側は隣地境界に接しており非常に狭いため人力で掘削しながら軽量鋼材と横矢板を設置した。



写真一四 山留め親杭打設

4-4 基礎まわり掘削工事

既存基礎まわりを基礎下約 1.1 m (GL から約 1.4~1.8 m) まで約 170 m³ 掘削した。

基礎下から床付けまでの深さ (約 1.1 m) は、0.5 m の長さに切断した反力用鋼管杭を接続していく溶接の作業性を考慮して定めた。

掘削は、事務所正面側をミニバックホウ及び人力にて行い、裏側を人力のみで行った。(写真一五)

掘削土の運搬は、2t ダンプ及びベルトコンベアーを用いて行った。



写真一五 事務所裏側の人力掘削

4-5 鋼管杭圧入工事

ジャッキアップ時の反力用の鋼管杭を、既存基礎から反力をとりながら 50 t 油圧ジャッキとサポートジャッキを用い圧入した。(写真一六~一八)

鋼管杭 (STK400, $\Phi=318.5$, $t=7.9$ mm, $A=77.09$ cm²) は、基礎下でのハンドリングを考慮し長さは 0.5 m (重量は約 30 kg) ごとに分割した。

ボーリングデータから GL-12 m を支持層と想定していたが、実際には支持層が深く、支持力を得られたのが平均で -17.44 m 付近であった。(表一三)

そのため、圧入工事のボリュームが大幅に増えたが、圧入施工班を 2 班に増やし溶接工を増員することで、計画した工程どおり進めることができた。

反力用の鋼管杭は 1 柱につき 2 本ずつとしており、ジャッキアップ時には鋼管杭 2 本で 1 柱の負担する建物重量を支えることとなる。

鋼管杭の支持力は、圧入完了時にジャッキアップ時の負担荷重の 2 倍まで載荷し確認した。

柱あたりの建物重量と鋼管杭に必要な支持力を以下に示す。

| | |
|------------|--------------------|
| A 棟 (RC 造) | |
| 角柱 : | 40.01t ⇒ 20.01t/ 本 |
| 側柱 : | 54.39t ⇒ 27.20t/ 本 |
| B 棟 (S 造) | |
| 角柱 : | 26.19t ⇒ 13.10 t/本 |
| 側柱 : | 34.59t ⇒ 17.30 t/本 |



写真一六 圧入状況



写真一七 鋼管杭継ぎ手溶接



写真一八 鋼管杭圧入完了

4-6 既存杭 杭頭切断整形

鋼管杭で仮受したのち、既存杭頭を切断整形しパイルキャップを設置した。(写真一9, 10)

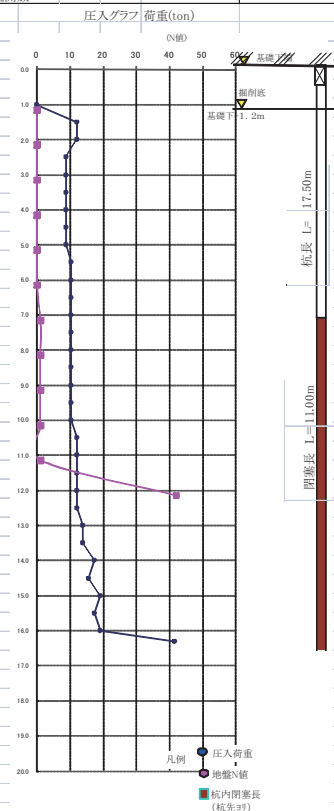
4-7 ジャッキアップ

ジャッキアップ作業はA棟B棟を別々に行い、各々東西方向を戻してから南北方向を戻す手順とした。

東西方向をジャッキアップする際は、A通りを支点としB通りの鋼管杭8本(4柱)の杭頭に50t油圧ジャック

表一三 圧入記録

| 圧入記録 | | 圧入年月 | | 開始 | 終了 |
|-------------------|---------------------|------------|------------|---------|----------------|
| | | 平成23年8月29日 | | | |
| | | 平成23年8月31日 | | | |
| 工事名 | 出光興産株式会社油槽事務所沈下修正工事 | | | | |
| 杭番号 | 17 | 杭径 | φ318.5×7.9 | 先端形状 | 先端開放 |
| 圧入機材 分離式 50ton×1台 | | | | | |
| 圧入深度 (m) | 圧入荷重(t) | 圧入時間(h) | 開始 | 終了 | |
| 0.00 | | | | | |
| 0.50 | | | | | |
| 1.00 | 10.3 | 14:47 | | | |
| 1.50 | 10.3 | 12.1 | 15:38 | 14:49 | |
| 2.00 | 10.3 | 12.1 | 16:02 | 15:40 | |
| 2.50 | 8.6 | 8.6 | 16:15 | 16:04 | |
| 3.00 | 8.6 | 8.6 | 16:32 | 16:18 | |
| 3.50 | 8.6 | 8.6 | 16:50 | 16:35 | |
| 4.00 | 8.6 | 8.6 | 8:03 | 16:52 | |
| 4.50 | 8.6 | 8.6 | 8:28 | 8:05 | |
| 5.00 | 8.6 | 8.6 | 8:48 | 8:30 | |
| 5.50 | 10.3 | 10.3 | 9:05 | 8:50 | |
| 6.00 | 10.3 | 10.3 | 9:58 | 9:10 | |
| 6.50 | 10.3 | 10.3 | 10:38 | 10:00 | |
| 7.00 | 10.3 | 10.3 | 10:58 | 10:40 | |
| 7.50 | 10.3 | 10.3 | 11:12 | 11:00 | |
| 8.00 | 10.3 | 10.3 | 11:33 | 11:15 | |
| 8.50 | 10.3 | 10.3 | 11:55 | 11:36 | |
| 9.00 | 10.3 | 10.3 | 13:00 | 11:57 | |
| 9.50 | 10.3 | 10.3 | 13:22 | 13:05 | |
| 10.00 | 10.3 | 10.3 | 13:38 | 13:24 | |
| 10.50 | 12.1 | 12.1 | 13:51 | 13:40 | |
| 11.00 | 12.1 | 12.1 | 14:08 | 13:54 | |
| 11.50 | 12.1 | 12.1 | 14:35 | 14:10 | |
| 12.00 | 12.1 | 12.1 | 14:48 | 14:37 | |
| 12.50 | 12.1 | 12.1 | 15:38 | 14:50 | |
| 13.00 | 13.8 | 13.8 | 16:13 | 15:40 | |
| 13.50 | 19.0 | 13.8 | 8:15 | 16:15 | |
| 14.00 | 17.3 | 17.3 | 8:32 | 8:17 | |
| 14.50 | 15.5 | 15.5 | 8:57 | 8:35 | |
| 15.00 | 19.0 | 19.0 | 9:12 | 8:59 | |
| 15.50 | 17.3 | 17.3 | 9:43 | 9:15 | |
| 16.00 | 41.5 | 19.0 | 10:05 | 9:45 | |
| 16.30 | | 41.5 | | 10:22 | |
| 17.00 | | | | | |
| 17.50 | | | | | |
| 18.00 | | | | | |
| 18.50 | | | | | |
| 19.00 | | | | | |
| 備考 | 最大圧入荷重 | P= | 41.50t | バックホウ荷重 | P= |
| | 杭長 | 基礎下より | L= | 17.50m | 杭内閉塞長 |
| | | | | | L= |
| | | | | | 11.00m (杭先端より) |



写真一九 杭頭破壊状況



写真一十 杭頭切断整形

キを設置し、1ステップを50mmとしてジャッキアップした。同様に、南北方向を戻す際は、3通りを支点とし4~6通りにジャッキをセットした。

ジャッキアップは、各柱を均等に上昇させるため油圧系統を同期させ、電位式変位計により変位量を確認しながら行った。(写真-11~14)

ジャッキアップ中に柱間の相対変位が30mmを超えた場合はバルブ調整にて変位量を修正した。

サポートジャッキのストローク幅が200mmのため、ジャッキアップ高さが200mmを超える部分は受替用のコマ材を挟み対応した。受替用の要領は、油圧ジャッキで受けている段階で両側にコマ材を挟み、サポートジャッキで受替えた際に中央のコマ材を入れる手順とした。(写真-15)

建物を水平に戻し、あらためて内外装にひび割れなどが発生していないことを確認したうえでジャッキアップ作業を完了とした。

4-8 補強基礎躯体工事

既存基礎と既存杭を再度一体化させるため基礎の増し打ちを行った。



写真-11 油圧ポンプユニット



写真-13 変位モニタリング



写真-14 ジャッキアップ状況



写真-15 受替え用コマ



写真-12 油圧配線

既存基礎との接続部分は十分に清掃し、目荒らしのうえケミカルアンカー(D13@300)を施工した。配筋は構造検討の結果からSD295A、D13@300とし、コンクリート発注強度は24N/mm²とした。

既存基礎下部には予めフックホースを設置しておき、脱型後、無収縮グラウト材を充填した。(写真-16)

4-9 埋戻し工事

補強基礎周りの埋戻しは仮置きした掘削土を利用し、



写真-16 グラウト用フックコーホース

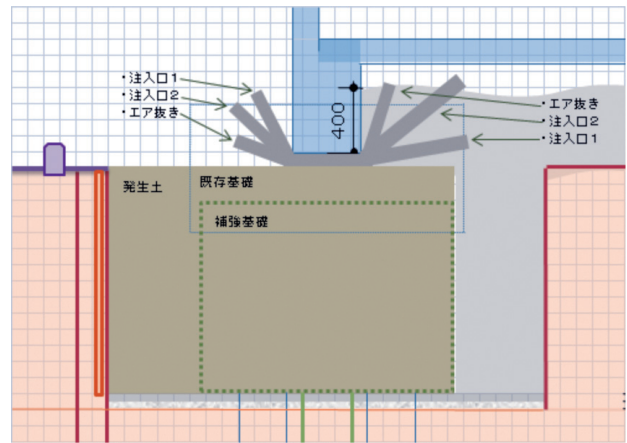


図-5 注入用パイプ設置要領

土砂を投入できない建物下部はエアモルタルを充填した。以下に本工事で使用したエアモルタルの特長を記す。

- ①フロー値が 200 ± 20 mm と非常に流動性が良く、ポンプ圧送性に優れている。
- ②ブリーディングが極めて少ないため、上部に空隙ができない。
- ③強度が高すぎず、将来再掘削する場合にも容易に掘削できる。
- ④生モルタルを積んだアジテーター車に気泡を投入するだけなので、大規模なプラントを必要としない。
- ⑤流動化処理土等と比較しても経済的である。

建物下への充填要領を以下に示す。

建物周辺を埋戻した後、注入用パイプ2本とエア抜き用パイプ1本を外周の基礎梁下に ≈ 3 m間隔で設置する。

注入用パイプに2B 高压ホースを連結し、注入圧力に注意しながらエアモルタルを充填していく。エア抜きから材料があふれ出てきた段階で完了とする。(図-4, 5)

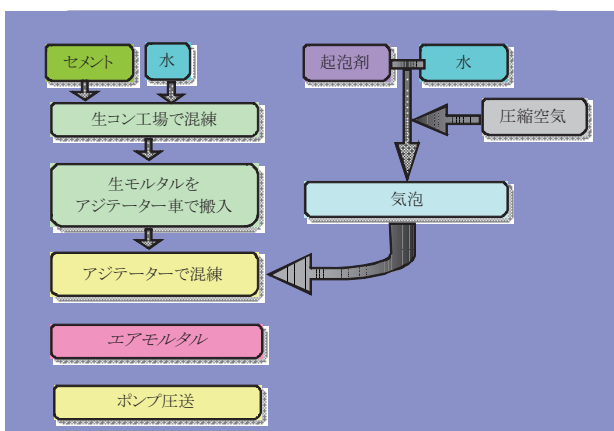


図-4 エアモルタル作成フローチャート

4-10 仕上・外構復旧工事

エキスパンションジョイント部の内外装とエントランス風除室のサッシを復旧し、外構には花壇を設け工事を完了した。

§5. おわりに

本油槽所は被災地復興のためにとても重要な施設です。今回、関係者の方々のご協力でその機能を止めることなく無事工事を完了することができました。

今後震災等により同様のケースが生じた場合において本報告書が参考になれば幸いです。

最後に、工事にご協力・ご指導くださいました皆様へ深く感謝を申し上げ、本報告を終えさせていただきます。

参考文献

- 1) 宇野英隆, 遠藤佳宏, 日本建築学会計画系論文集 (490), pp. 119-125, 1996.



写真-17 完成写真