

広島湾岸埋立地の長期変形調査

広島工業大学 正会員○ 熊本 直樹
 広島大学大学院 正会員 土田 孝
 復建調査設計（株） 正会員 来山 尚義
 中電技術コンサルタント（株） 正会員 福原 和顕
 （株）荒谷建設コンサルタント 前野 仁
 東洋建設（株） 石田 忠義*
 あおみ建設（株） 森 勝平*
 （*：研究当時は広島工業大学の学生）

1. はじめに

広島湾岸には多くの埋立地が存在し、それらの施工方法は無処理のまま埋め立てたもの、バーチカルドレーンを打設したもの、プレロードを行ったものなど、多様である。

これらの埋立地は施工後 20 年～30 年経過し、顕著な不同沈下が生じている埋立地がある一方で、残留沈下による問題が生じていない埋立地があるなど、長期的な変形挙動に差が生じている。

地盤工学会中国支部地盤工学セミナー（広島地域）（旧土質工学セミナー）では広島湾岸埋立地の実態調査、長期変形計測データ収集及び収集したデータの検討などを行っており、以下にその活動状況を報告する。

2. 広島湾岸の埋立地とその調査

(1) 広島湾岸の埋立地

図 1 に、第二次世界大戦後に施工された広島湾岸の主要な埋立地を示す。江波及び観音の海岸部も大戦中に埋め立てられているので、海田から廿日市木材港までの海岸線のほとんどが埋立地から成っている。

これらの海岸線には軟弱な粘性土が厚く堆積しており、埋め立て時あるいは護岸建設時にはサンドコンパクションパイル（SCP）、サンドドレーン（SD）、砂置換など、何らかの軟弱地盤対策工法が採用されている。

(2) 地盤工学セミナーでの調査内容

これらの埋立地に関し、地盤工学セミナー（広島地域）では、以下に示す項目の調査を行ってきた。

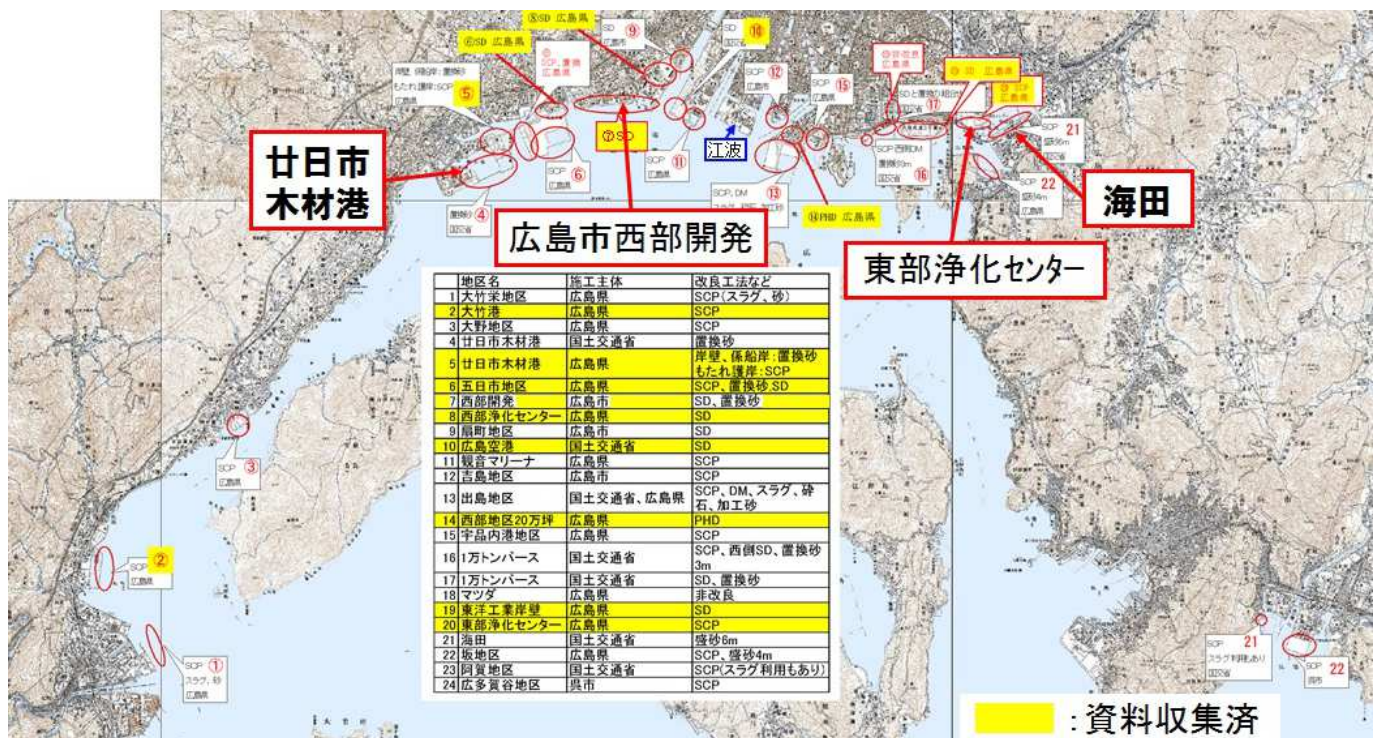


図 1 広島湾岸埋立地

- ①広島湾沿岸開発における既存資料調査
- ②広島市西部開発及び五日市地区の現地調査
- ③東部浄化センター護岸の沈下実測値の検討および現地調査
- ④広島市西部開発事業等の長期沈下実測値の収集

3. 広島湾沿岸開発における既存資料調査

広島湾における埋め立ては戦後の工業化の進展に伴って活発化し、さらには環境改善や都市基盤整備などに資することを目的として行われてきた^{1), 2)}。これらの工事においては、浚渫粘土で埋め立てた超軟弱地盤に世界で初めてペーパードレーンを大規模に適用したり、プレロード工法を用いて軟弱地盤上に浮き基礎の下水処理場を建設したり、あるいは情報化施工を取り入れるなどの、当時としては先進的な施工方法が用いられている。

このような先進的な工法を実際の現場に適用して、我が国の軟弱地盤対策技術を開拓してきた諸先輩の努力と勇気に対して、敬意を表する次第である。

これらの工事の全てが計画どおりに推移したわけでは無く、中には技術上の教訓を残したものや、建設後年を経るに従って改良すべき点が明らかになってきた現場もある。

そこで地盤工学セミナー（広島地域）では、瀬戸内海沿岸（主に広島周辺）における埋立地について、既存の報告書などをもとに護岸構造や地盤条件などを収集・整理し、当時の設計思想をまとめ、さらに現状を調査して、現時点で考えられる課題について議論を行っている。

既存の報告書などの資料を収集した事業を、図1に黄色の網掛けをして示す。これら収集した資料は以下の項目に着目して整理した。

- ①地盤条件（成層状態、土質定数）
- ②設計条件（許容残留沈下量、圧密度、安全率など）
- ③標準断面
- ④計測結果（沈下量、側方変位量など）
- ⑤解析結果（残留沈下量など）
- ⑥現在の状況（写真も添付）
- ⑦想定される課題

- ⑧長期観測結果
- ⑨課題に対する対策案

4. 広島市西部開発及び五日市地区の現地調査

広島市西部開発事業は、広島市西部の庚午・草津・井口地区の地先海面を埋め立て、約 328ha の土地を造成するとともに、埋立用の土砂を採取した埋立地背後の鈴が峰山麓に宅地を造成した開発事業である。

本事業は、昭和 41 年から本格的に着手したもので、17 年間の期間をかけて、昭和 57 年に竣工した^{3), 4)}。

図 2 に示すように、この埋立地はサンドドレーン (SD) を打設した区域と無処理区域が混在し、SD のピッチは将来の利用計画に応じて 1.9m から 4.5m まで大幅に異なっている。さらに砂置換部や SCP が打設された区域もあり、軟弱沖積粘土上に土地を造成する工法の展示場の様相を呈している。

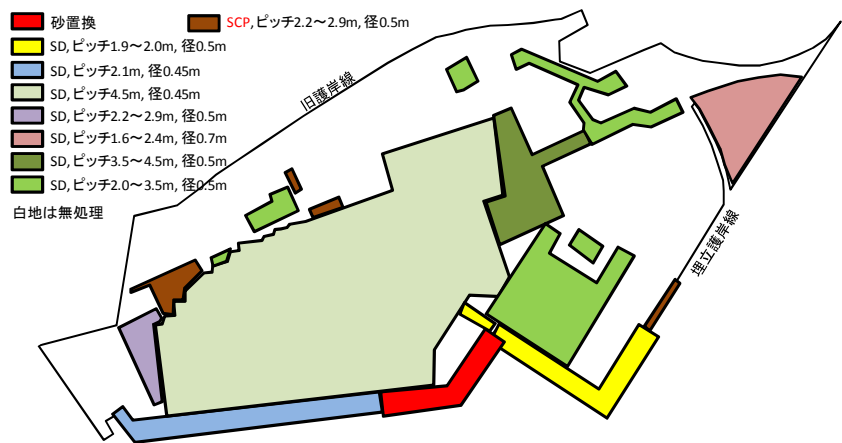


図 2 西部開発の地盤改良区域³⁾

この埋立地において事業後期に実測された沈下量及びその実測値を用いて推定した残留沈下量を表 1 に示す³⁾。この時点で 1m を超える残留沈下量が予想されており、事業完了後 30 年以上経過した現在も沈下は継続している。

表 1 沈下量実測値と推定残留沈下量³⁾

位 置	実 測 値	実測値から推定した残留沈下量
南側防波護岸	1980 年 9 月時点 6.23 m	二 次 圧 密
埋 立 地 内	1976 年 2 月時点 0.95～5.90 m	1976 年 2 月以降 0.80～1.55 m

この埋立地の現状を確認するために、平成 25 年 6 月に現地調査を行った。埋立地のいたるところで不同沈下が観測された。写真 1 及び写真 2 にその例を示す。

写真 1 は杭で支持された橋の近傍の道路の沈下状況である。杭支持構造物の近くとそこから離れた場所の間に大きな不同沈下が生じている。写真 2 では、杭で支持された建物の周囲の地盤が沈下して基礎が露出しており、配管のサポートを追加した様子が見て取れる。

竣工後 32 年経過しているが沈下はまだ続行しており、また、沈下計測も継続して行われている。この長期沈下実測値については後述する。



写真 1 橋と道路の不同沈下



写真 2 不同沈下で基礎が露出した建物

五日市地区土地造成事業は広島県企業局が昭和 60 年～平成 12 年に、広島市佐伯区五日市地先の八幡川河口右岸に行ったもので、住宅用地、教育施設用地などを造成している⁵⁾。

この土地造成事業の残留沈下量計画値は 10cm 以下である。

地盤改良工法としては SD を採用し、残留沈下目標値を達成するために、プレロード工法を併用している。

実際の施工に際しては、情報化施工を採用して、計測値をフィードバックしながら残留沈下量 10cm 以下となる余盛り高を決定し、慎重に施工されている。載荷盛土は場内で転用して最終的には載荷盛土を撤去し、隣接する港湾振興局の事業に有効利用している。

調査をおこなったときは竣工後 13 年経過していたが、写真 3 に示すように路面の凹凸などはなく、竣工直後の景観を保っていた。

前述の西部開発事業に隣接する埋立地であるが、設計思想及び施工方法の違いでかくも結果が異なるのか、とあらためて痛感した次第である。



写真 3 五日市地区（平成 25 年 6 月撮影）

5. 東部浄化センター護岸の沈下実測値の検討および現地調査

向洋地区土地造成事業は、広島都市圏東部の下水処理場（東部浄化センター）を建設することを目的として、昭和 55 年 8 月から埋立土の搬入を開始し、昭和 59 年 10 月に竣工した^{6), 7)}。

この埋立地の護岸部は低置換 SCP（改良率 27%）が打設されており、また護岸の沈下計測が約 20 年間継続して実施されている。この計測された沈下量の大部分は、二次圧密と考えられる。

SCP 工法慣用設計法の課題のひとつとして、二次圧密沈下の取り扱い方法が確立されていないことが指摘されている⁸⁾。SCP 打設地盤の二次圧密の取り扱い方法を検討していく上で、この東部浄化センター護岸部で得られた二次圧密の長期計測値は極めて貴重なデータであると我々は考えている。

SCP 打設地盤の二次圧縮係数 $C_{\alpha\alpha}$ をどのように考えたら良いか現在検討中であるが、広島湾岸粘土の標準圧密試験結果から $C_{\alpha\alpha}=0.06$ とし、沈下低減係数 β は慣

用設計法に従って 0.65 として実測値と比較すると、図 3 のようになる。今後さらに検討して、低置換 SCP 打設地盤の二次圧密の取り扱い方法について提言していきたい。

写真 4 は平成 26 年 1 月に現地調査に行ったとき撮影した護岸の写真である。パラペットに比較的長期間で発生したと思われる沈下への対応の跡が残っている。

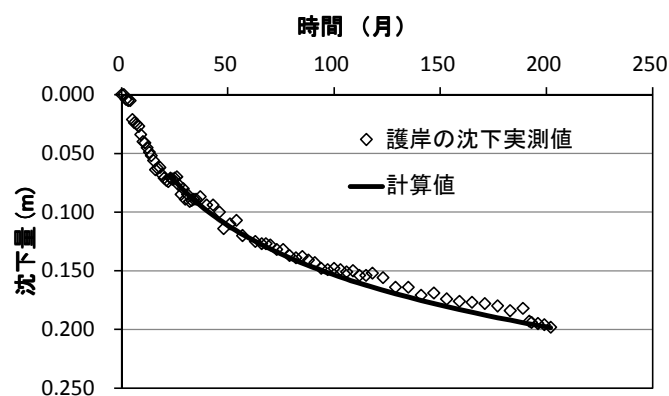


図 3 東部浄化センター護岸の沈下



写真 4 東部浄化センター護岸 (平成 26 年 1 月撮影)

6. おわりに

以上のとおり本報では地盤工学会中国支部地盤工学セミナー（広島地域）の活動状況を紹介した。

コスト低減の観点から最近では低置換 SCP の採用が増加しているが、性能設計を進めていくためには二次圧密、すなわち長期変形問題の取り扱い方法を確立する必要がある。

バーチカルドレーン打設地盤についても同じ課題が指摘されている⁸⁾。西部開発事業埋立地では 30 年を超える観測データが蓄積されており、我々はこのデータについても検討を加えていく予定である。

最後に、データや資料を提供して下さった各機関や

各位に対して、また地盤工学セミナーで討議に参加した各位に謝意を表します。

参考文献

- 1) 網干壽夫：広島湾の埋立史，土と基礎，Vol. 39，No. 1，pp. 46-50，1991.
- 2) 富士岡務，土田孝，佐々木康，畠山和憲：広島県沿岸の 14 箇所の埋立地における地盤造成の特徴と推移，土木学会第 60 回年次学術講演会，pp. 41-42，2005.
- 3) 西部開発事業工事報告書，広島市西部開発局，1982.
- 4) 網干壽夫：軟弱地盤の圧密沈下と地盤改良，土と基礎，Vol. 38，No. 10，pp. 7-14，1990.
- 5) 五日市地区土地造成事業工事報告書，広島県広島総合開発事務所，2000.
- 6) 富士岡務：広島県沿岸 14 埋立地における地盤造成技術の変遷，広島大学修士論文，2005.
- 7) 向洋地区土地造成工事報告書，広島県広島開発事業局，1985.
- 8) 土田孝：港湾・空港施設を対象とした統一様式による地盤性能報告書の作成方法に関する研究，平成 20 年度（財）港湾空港建設技術サービスセンター研究開発助成報告書，pp. 6-11，2010.