軟弱粘土地盤における地震に強い壁状基礎の提案

東北工業大学　フェロー　○今西 肇、　正会員　金澤 泉
NTT ファシリティーズ　齋藤 堅二郎、柏井 康彦

１．はじめに

塩竈市新浜地区は40年前に海面を埋め立てた場所であり、軟弱な粘土が厚く堆積している。この地域は埋立造成時に地盤改良がされていないため、30年から40年周期で巨大地震の揺れによってその構造を乱され、練り返し沈下が進んでいる場所でもある。このような粘土が堆積する場所に、水産加工場を建築する場合には、基礎杭によって支えられるのが一般的であるが、リアス式海岸では基盤岩深度の不陸が大きく、打ち止め位置の確認が困難であり、また、埋立地ゆえに岩塊等が不規則に混入している恐れもあり、杭による支持層への支持を確保することが難しい。さらに、東日本大震災では長時間の揺れによる杭基礎の頭部付近での座屈現象も見られたため、杭基礎の適用には課題が残っている。

本報告では、杭基礎に代わる高品質な地盤改良工法を用いた壁状基礎を提案するものである。

２．対象地区の地形と地質

当該地域は、図-1にも示すように、敷地北西側が丘陵部の切土箇所に、南東側は湾入部を人工的に埋め立てた箇所である。切土の部分は新第三紀中新世松島湾層群網尻層である。網尻層は固結度の高いシルト岩や凝灰岩からなる。また、埋立部の海底には粘性土が堆積しており、液性限界が150%、自然含水比が180%と軟弱地盤が存在し、その上に主に砂質土（山砂）を主体とした埋立が行われた。

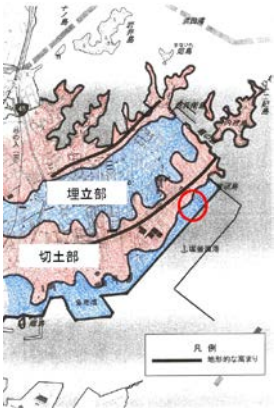


図-1　工場敷地周辺の地形

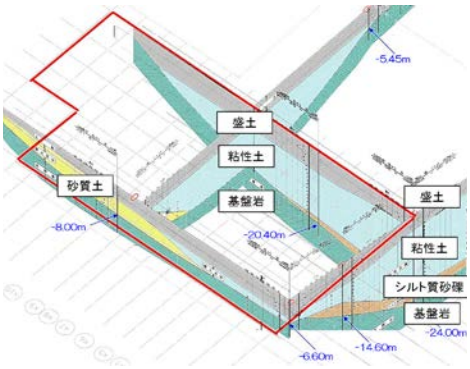


図-２　工場敷地の地盤

埋立土の中には凝灰岩類の岩屑、岩片、岩塊が不規則に存在している。なお、軟弱粘土の特性についての詳しい地盤特性は文献１）を参照されたい。

３．地震による杭の被害

写真-1は東日本大震災で被害を受けた基礎杭の杭頭の写真である。コンクリート杭では杭頭に亀裂が入り、破壊していることがわかる。また、鋼管杭では杭頭部の座屈が観測された。これより、水平地震力が構造物基礎に与える影響は重度であり、新規工場などの基礎選定においては耐震対策としての杭頭部の補強が必要不可欠であることを示している。

写真-1　杭頭部の被害

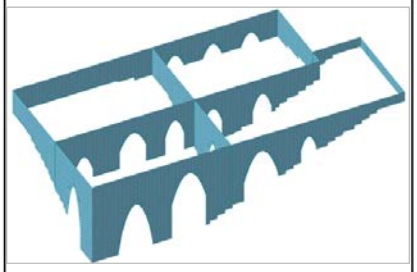
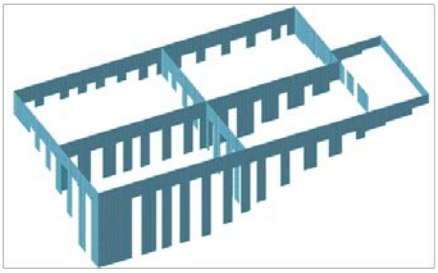
４．壁状基礎の採用

表-1は地震時変形性能を考慮したアーチ案および櫛状案の比較表である。当初、地盤改良は壁全体に採用する予定であったが、工期および工費ならびに地震時の変位などを考慮すると、一部を割愛することでも十分に性能を確保できると考え、最終的に櫛状案を選定した。

今回採用した壁状基礎の特徴は上部を壁状に改良することにより基礎の全体剛性を高めることができ、なおかつ基礎先端部が基盤がんに着底することから不等沈下の抑制ができる点である。

キーワード　壁状基礎、軟弱地盤、地盤改良、埋立地、耐震、
連絡先　〒982-8577　仙台市太白区八木山香澄町35-1　東北工業大学　都市マネジメント学科

表-１　地震時変形性能を考慮したアーチ案および櫛状案

CASE	杭	①アーチ案	②櫛状案
モデル図			
変位(mm)	10程度	3.0程度	6.5程度
工期	3ヶ月 （制作含む）	6週間	5週間
傾斜地盤への適用性	△	○	○

また、地盤調査結果をみると、基盤岩上面は不陸に富んでおり、また、岸壁構築時の埋立土中に岩屑、岩片、岩塊等が不規則に混じっていることが想定されたこと、ならびに地盤改良の形跡も確認できたことから、杭基礎工法ではなく地盤改良工法による基礎設計とした。

５．壁状基礎の施工方法

壁状基礎として施工する地盤改良工法は、深層を対象とした水平混合撹拌方式のCDM工法、DJM工法、テノコラム工法などと、垂直撹拌混合方式のTRD工法やCCC工法などが対象となる。今回は構造物の基礎として採用するため、品質のばらつきが少ない工法でなければならないと考えた。水平混合撹拌方式は撹拌翼を水平に回転させセメントと混合する方式のため、原地盤が均質な地盤であれば効果を発揮するが、軟弱な粘土層を挟む変化の大きな地盤では、堆積土の性質に改良体の強度が左右されることを考えると、チェーンソーのように深度方向を一体として切削混合できる垂直撹拌混合方式が望ましいと判断した。

また、TRD工法では横引きでの施工となるため、工期が延びる可能性が指摘され、最終的にはCCC工法を採用した。

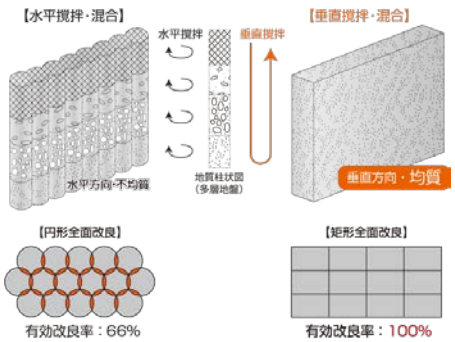


図-3　水平混合撹拌方式と垂直撹拌混合方式

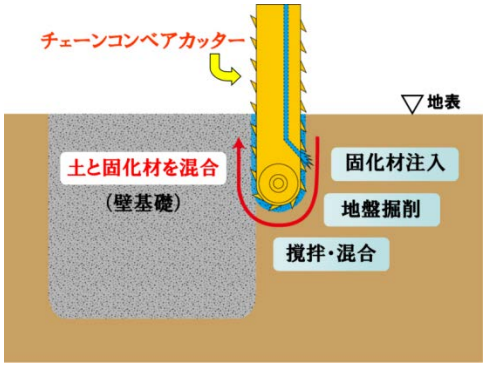


図-4　今回採用した垂直撹拌混合方式地盤改良工法

６．おわりに

今回の設計に当たっては、地盤改良体を基礎構造として考えるため、品質管理が重要なポイントとなる。施工にあたっては、調査ボーリングで採取できた土を用いて事前の室内配合試験を行い、また、現地での改良体の全層からコア採取による強度確認を3か所実施する予定である。さらに、地震時の安定性を評価するために上部構造物と下部構造物の挙動も追跡することができるように地震計の設置、GPSによる変状の測定を計画している。最後に、本設計にご協力いただいた生田静夫氏、増田好重氏（ﾗﾝﾄﾞｸﾘｴｲﾃｨﾌﾞ社）に感謝する。

参考文献：１）月舘優太・今西肇、圧密沈下が進行する塩竈市新浜地区の軟弱地盤特性、平成25年度土木学会東北支部技術研究発表会、2014.3