

1. 碎石ドレーン工法

地震時における飽和砂地盤の液状化問題は、近年土質工学上の重要な問題として取り上げられているが、その防止対策としてはこれまでは地盤の締固め工法以外その対応策はあまり見当たらない。しかし、締固め工法は振動や騒音の公害発生源になりやすいこと、また締固め杭の押し込み中に生ずる地盤変状を伴うこと、さらに既設構造物直下の地盤の安定処理が不可能であることなど、その適用に制約を受けることが多い。

本工法は、こうした問題点を解決する目的で開発されたもので、緩い砂地盤中に透水性のすぐれた碎石または礫等の材料を、地盤中にパイラ状に打設し地震時に生ずる過剰間隙水圧をいち早く逸散させて、液状化による地盤、構造物の被害を防止する工法で従来の締固め工法とは全く原理の異なった工法である。以下にその概要を紹介する。

2. 技術開発に至るまでの試験・実験の概要

碎石ドレーン工法は、1976年カリフォルニア大学のシード教授らによって理論の紹介がなされた工法で、この工法が実際に適用されたのは1978年で、日本鋼管(株)の自社扇島工場の鉱石原料荷揚ベースの耐震補強工事に初めて採用された(図-1参照)。

爾來、本工法にかかわる研究開発をさらに継続して実施してきたが、その後の1981年には運輸省の研究補助金を得て、大がかりな現位置での実証実験を扇島にて実施し、間隙水圧逸散のメカニズムを含む本工法の作動原理とその有効性について研究するとともに、使用碎石の目詰り防止を目的とした粒度選定基準に関する室内実験も併せ行い本工法の実用化のための設計手法を確立した。前者の現位置での実証の実験では碎石ドレーンの排水効果に着目し、パイプ

液状化防止対策としての碎石ドレーン工法の開発

齋藤 彰

技術開発賞受賞の紹介

ロコンポーザー施工機(回転数560rpm)4基を用いて、短時間で強制的に過剰間隙水圧を上昇させ、地盤内に発生した水圧が碎石ドレーン柱を通じてどのような消散過程を経るかを把握することを目的とした。

その結果、碎石ドレーンは早期消散に有効であること、特に地震時にはドレーン柱が排水孔となって周辺地盤の早期安定化を促進することが期待できることが判明した。

また、砂層内に発生した過剰間隙水圧の消散傾向は、その砂自身の透水係数のオーダーの影響を大きく受け、振動終了後の

過剰間隙水圧の消散過程は、圧密理論による解析法と比較した結果良好な一致を示した。

その他、実験における土質条件、加振条件下でのドレーン効果の影響範囲についての排水量と地盤沈下量の関係から排水に有効な範囲が推定された。

後者の模型実験では、直接目視できるアクリルのシリンダー装置(図-2参照)を使用して砂層から碎石層へ通水しながら、拘束圧を加え目詰りに関する実験を行っ

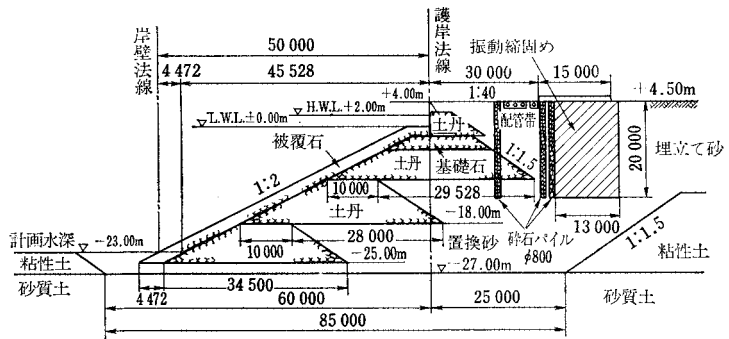


図-1 護岸背面改良工断面図

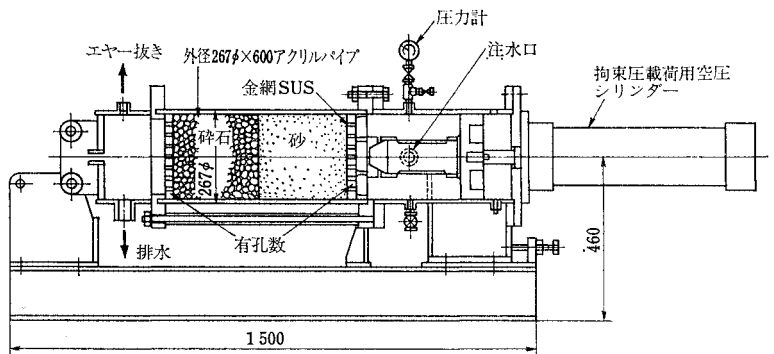


図-2 短期目詰り実験装置

た。

この結果、ドレーンとしての必要なフィルター効果をもち、かつ目詰りを起こさない砕石の粒度選定基準が明らかとなり、本工法実用化にあたっての合理的な設計法提案の目途を得た。

その後、施工方法に関する研究も行い図-3に示すようなケーシングタイプに新たに突き固め装置を内蔵した砕

石ドレーン杭施工の専用機械を開発するとともに、施工管理についても地中の打設状況をコンピューターで処理し、砕石ドレーンの径形状、長さおよび連続性をリアルタイムで管理するシステム(図-4参照)を確立して、砕石パイルの信頼性と品質向上に努めた。

3. 工事実績

先にも述べたが、砕石ドレーン工法が世界的にも本格的に採用されたのは、日本鋼管(株)の扇島が最初のものであったが、以後この専用施工機による工事は東京電力(株)の扇島埋設ガス導管の液状化対策工事で、パイプラインの浮上り防止を目的として施工された。この地盤はN値5~15の中砂で構成された地区であったが、工事中における周辺地盤の変状はほとんど認められず、騒音は50ホン、振動は30dBで低公害の施工法であることが確認された。

その後、日本海中部地震で被害を受けた秋田港岸壁の耐震補強工事、新潟県立ガンセンター棟、江戸川第二終

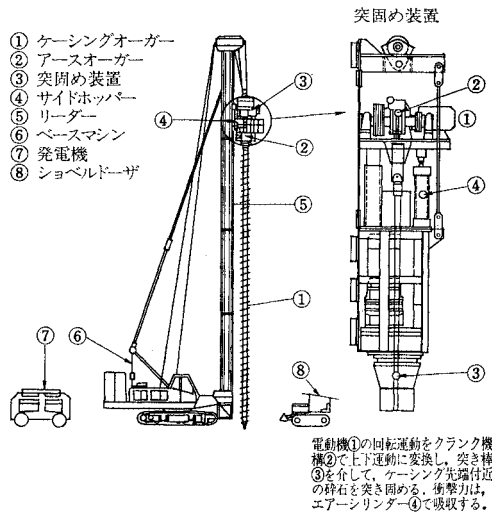


図-3 砕石ドレーン施工機

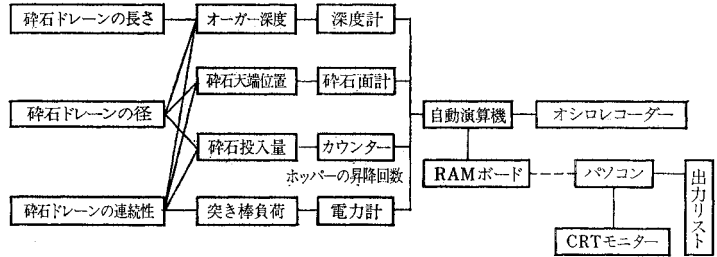


図-4 施工管理システム

末処理場などでも採用され、現在までに総延長約15万mの施工実績となっている。

4. 今後の課題

砕石ドレーン工法は液状化対策工法として新しく開発されてから日も浅く、工事実施地域での大規模な実際の地震の洗礼を受けていない。そのため、この工法の効果がいま1つ実証されていないのが現状である。しかしながら、飽和砂地盤の液状化対策としては解析的にも、実験的にもその効果は十分に確認されているといっている。

本工法は設計的には、砂地盤中の過剰間隙水圧の早期逸散を期待した工法であるが、実際のドレーンパイル打設後の地盤での調査結果では、二次的にも地盤自体のN値も増加することが認められており、その点についても、さらに定量的な検討をする必要が残されている。

また工事費は、これまでが既設構造物周辺への適用か、あるいは振動を嫌う地点等に限定された小規模のものが多く、そのために建設費も在来の締固め工法に比べて割高となるきらいがあり、この工法普及のためにはこれについても検討の必要があろう。さらに現状のパイル打設機についても今後斜め杭が打設できるような機械改善も研究課題となろう。

5. あとがき

本工法の開発に至る理論的解析や室内・現場実験では、東京大学の石原教授ならびに東京工業大学吉見教授には終始多大なご指導を賜りました。ここに改めて深甚なる謝意を表します。

また、今回の技術開発賞受賞にあたっては関係の諸先生方からご懇篤なご助言、ご指導を賜りました。受賞者一同を代表して誌上を借りて心から謝意を表します。

筆者・Akira SAITO, 正会員 工博 日本鋼管(株) 参与
 (〒100/千代田区丸の内 1-1-2)