

液状化防止対策としての砕石ドレーン工法の開発

Development of Gravel Drain System as a Countermeasure for Soil Liquefaction

斎藤 彰*・伊藤克彦**・大石 博***

By Akira SAITO, Katsuhiko ITO and Hiroshi OISHI

1. はじめに

砕石ドレーン工法は、地震時に液状化が予測される砂質地盤中に砕石の柱を造成し、液状化の原因となる過剰間隙水圧の上昇を抑えるほか、またこれを早期に消散させて、地盤を安定な状態に保つことを狙った工法である(図-1)。

この工法は、液状化対策工法として一般によく用いられる地盤締固め工法とは異なり、低振動で、しかも周辺地盤に影響をほとんど与えない施工上の特徴を有していることから、市街地および既設構造物近傍の施工に適した工法といえる。

この工法は、昭和51年にカリフォルニア大学のSeed教授らによりはじめて理論の紹介がなされ、昭和53年NKKの扇島京浜製鉄所建設の鉄石原料荷揚バースの耐震補強工事にわが国で初めて採用された。その後、本工法にかかわる実用化のための一連の本格的な研究開発に取りかかり、昭和60年度に土木学会技術開発賞を受賞した。受賞以後、この工法は日本各地で実施され、これ

までに適用された砕石ドレーン杭の総延長は約110万mに及んでいる。

2. 施工実績

突棒方式の砕石ドレーン杭専用施工機による年度別の施工実績を図-2に示す。図より明らかなように本工法は、昭和58年に発生した日本海中部地震を契機とした、昭和59年から適用工事は増加傾向をたどり、最近の3年間では年平均22万m程度となっている。図-3に施工場所を示したが、そのほとんどが東京湾周辺の首都圏に集中しているが、地域的には一応北海道より九州までの施工実績を有している。なお、実績での砕石ドレーン杭の杭径は、400mmまたは500mmで、杭長は一般に10~15mのものが多く採用されている。しかし、なかには最大杭長が23.5mに及ぶものもある。

また、耐震対策としての構造物への適用例としては、都市部におけるビル等の建築物、下水処理場、サイロ、岸壁およびパイプラインなどが、その主なるものとなっている。

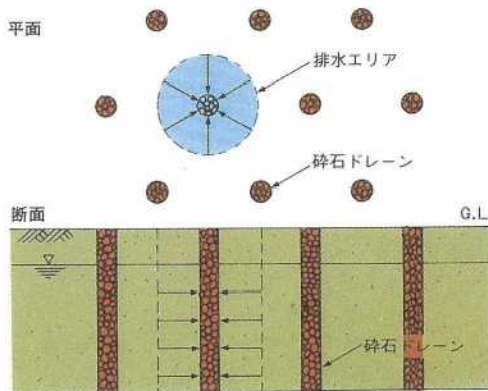


図-1 砕石ドレーン工法の概念図

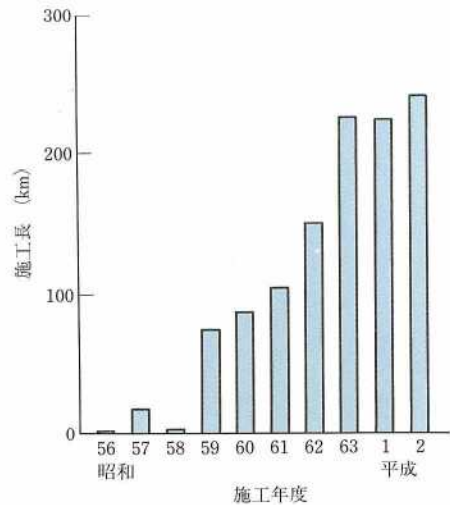


図-2 年度別施工実績

* 正会員 工博 鋼管建設(株)代表取締役社長(兼)NKK 参与 (〒101 千代田区岩本町2-8-12)

** 正会員 (株)鴻池組東京技術部部长

*** 正会員 工博 NKK シビルエンジニアリング部長



図-3 施工位置図

その代表的な実施例を以下に示す。

(1) 下水処理場の地盤改良例

日本下水道事業団の江戸川第二終末処理場では、既設プラントが一部稼働中であること、また、建設地点に近



写真-1 江戸川第二終末処理場での施工状況

接して集合住宅があることなどの理由により、液状化対策工法として砕石ドレーン工法が採用された(写真-1)。ここでは、杭長9.4~13.6mのドレーン杭が、総延長40万m以上施工されており、単一の建設場所としては最大規模である。

(2) 建築物基礎の地盤改良例

都市部のビル等の建築物への適用では、これまでの実績では9地域となっている。その代表例として写真-2



写真-2 コーシャハイムでの施工状況

に、東京都住宅公社のコーシャハイム（集合住宅）における施工状況を示す。本地点は市街地における施工であるため、低振動・低騒音施工が可能な本工法が採用された。

（3）岸壁の耐震補強工事例

既設岸壁の耐震補強工事では、周辺地盤に与える地盤変状が非常に少ない本工法が、しばしば採用されており、これまでに11地点における施工実績を有している。写真—3は、東京港晴海埠頭Lパースにおける実施例を示す。本パースは鋼矢板岸壁であるが、岸壁に対してほとんど影響なく施工することができた。打設された砕石ドレーン杭の状況を写真—4に示す。



写真—3 晴海埠頭Lパースでの施工状況



写真—4 打設後の砕石ドレーン杭

3. 工法の改良

この工法に用いられる砕石ドレーン杭専用施工機には、図—4に示すようにケーシング内に突棒が設置されており、打設にあたっては毎分100回程度、本突棒を上下運動をさせ、地盤内に打設させる砕石の柱の連続性と柱の密実性を保つようになっている。開発当初は、上記の目的のみを対象とした突棒形式としたが、ドレーン効果とあわせ周辺地盤の締固め効果も同時に狙うことにより、ドレーン間のピッチ拡大による経済性ととも耐震安全性の増大をはかるため、突棒を含めた突固め装置の改良に努めた。改良にあたっては、大型土槽を用いた模型実験および実地盤における野外実証実験を実施した。

大型土槽を用いた模型実験は、写真—5に示す実験装置で、実施工機と同一のものを用いて各種実験を実施した。土槽は直径2.0m・高さ1.8mの円筒形で、実験では周辺地盤の締固めに影響すると考えられる①単位打設長当たりの突棒の突固め回数、②突棒径、③突固めストローク、④突棒先端形状、⑤突棒先端位置をパラメーターとして、20数回の実験を繰り返した。その結果、周辺地盤の締固め効果をあげるための突棒の先端形状としては、コーン型が最適であること、また突固め回数と突固めストロークの積が、周辺地盤の締固めに密接な関係があることなどが判明した。

そこで、これを実施工で確認するため、突棒の先端形状をコーンにした場合の現場実証実験を実施した。この結果、図—5に示すように、打設後のドレーン間中央のN値は、土質の差異により性状は異なるが、打設前のN値と比較して明確に増加しており、ドレーン間の地



写真—5 実験装置全体図

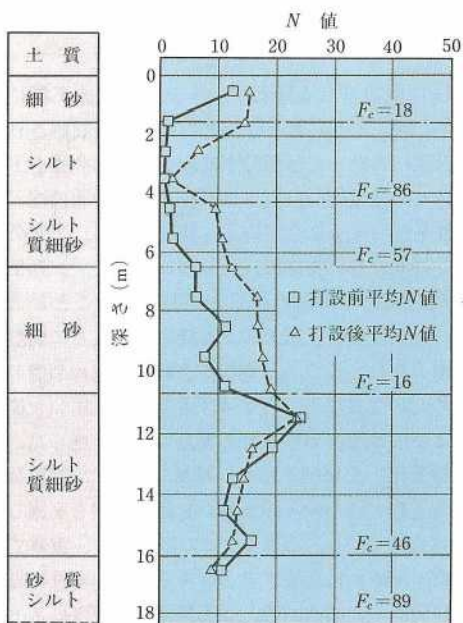
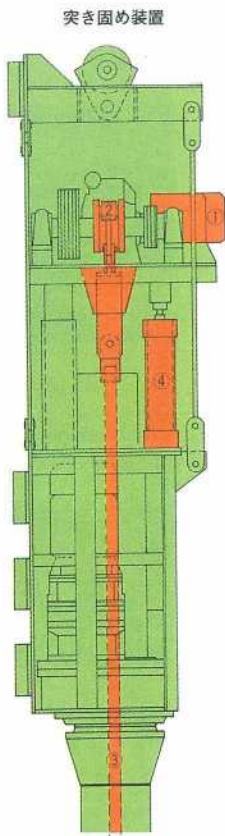
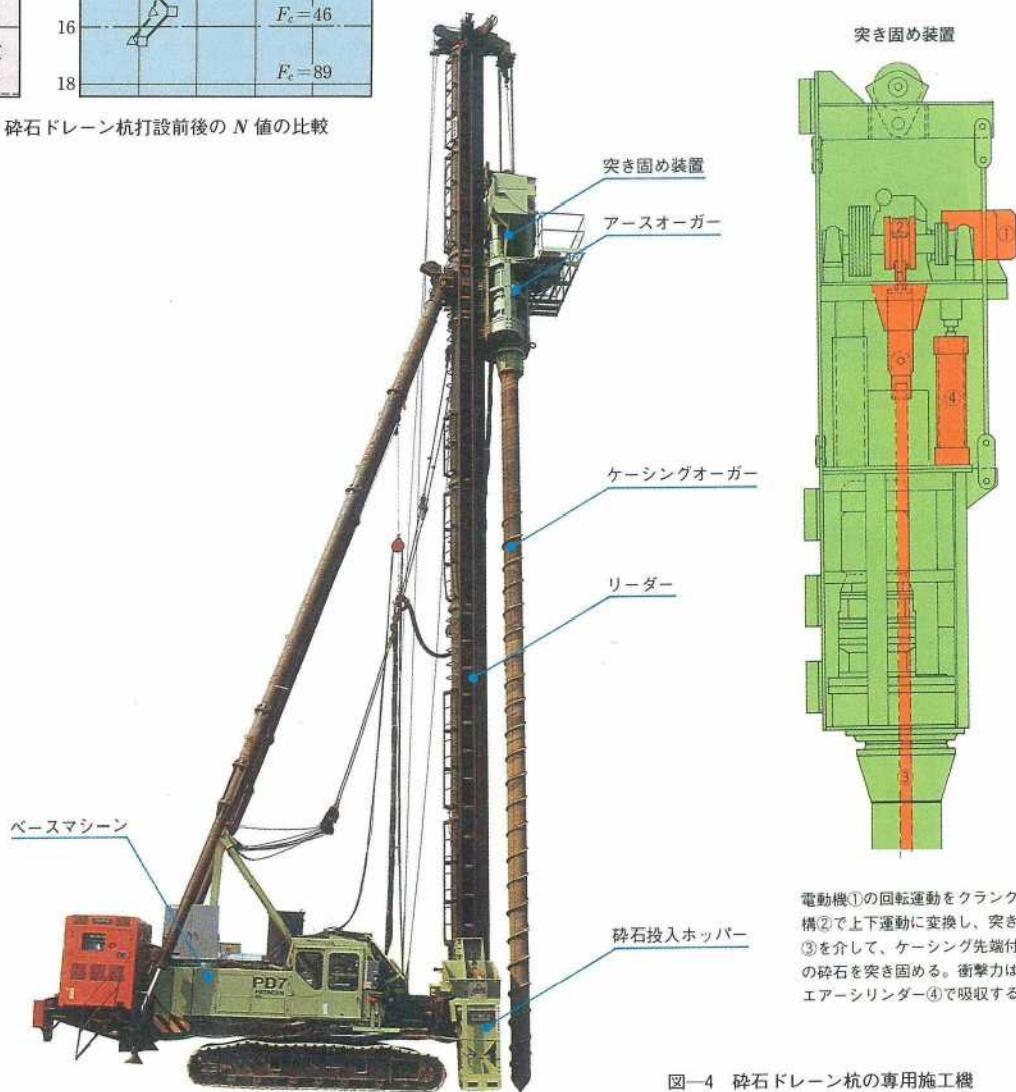


図-5 砕石ドレーン杭打設前後の N 値の比較



電動機①の回転運動をクランク機構②で上下運動に変換し、突き棒③を介して、ケーシング先端付近の砕石を突き固める。衝撃力は、エアシリンダー④で吸収する。

図-4 砕石ドレーン杭の専用施工機

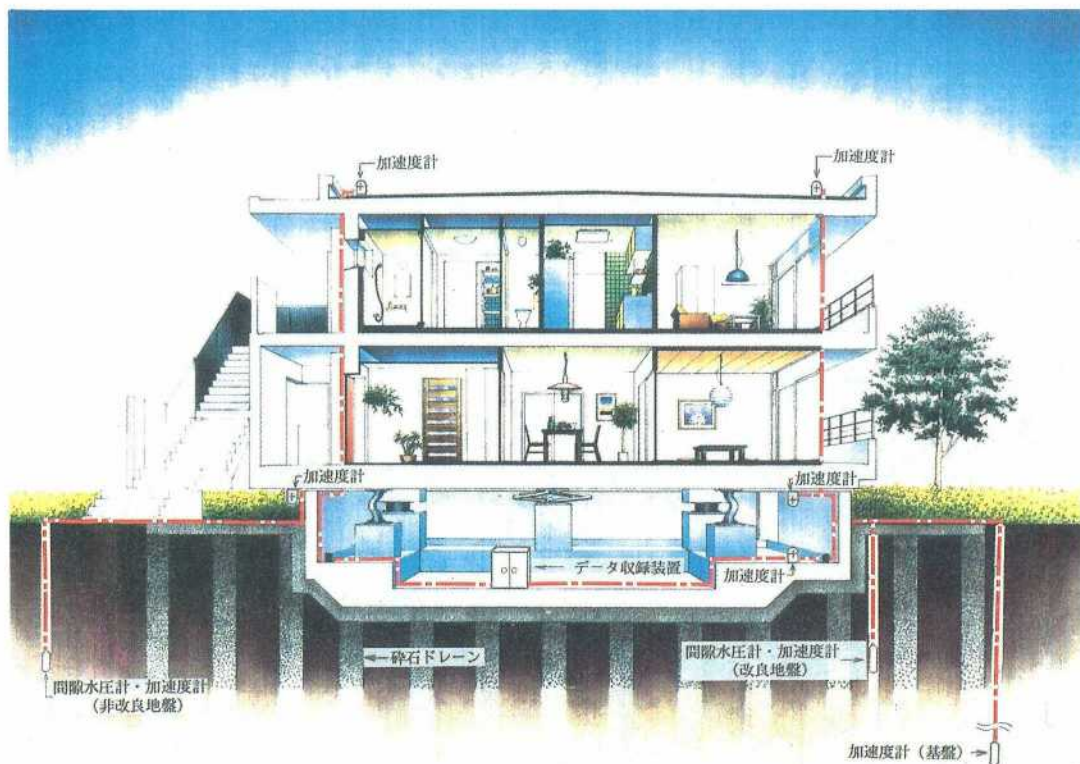


図-6 観測計器の配置図

盤が確実に締め固まっている。

4. あとがき

砕石ドレーン工法は、室内振動実験・現場加振実験を通じ、その有効性が確認されている。しかし、液状化対策工法としての歴史が新しく、既往の工事実施地域で大規模な地震の洗礼を受けていないため、砕石ドレーンが打設された実地盤における地震時の挙動が、完全に明確になっているわけではない。そこで、実際の砕石ドレーン打設地盤での地震時挙動をより明確にし、その耐震安全性をより確実なものにするため、現在、千葉県市川市にある免震社宅において、地震観測を実施している。

図-6に示すように、砕石ドレーン打設地盤と未改良地盤に、間隙水圧計および加速度計を設置し、地震時に発生する過剰間隙水圧と地盤加速度との関係を実測して

いる。

この工法の開発当初は、砕石のもつ高い透水性による排水効果のみに依存する工法であったが、現在では、砕石のもつ排水効果だけでなく、低振動・低騒音状態で周辺地盤の締め固めをも考慮できる、より付加価値をもった工法へと変革しようとしている。突棒による周辺地盤の締め固め効果に関しては、現場での測定例がそれほど多くないものの、前記のようにいい結果を得ており、この工法の高度化のためにも、鋭意継続して今後とも開発を進めていきたいと考えている。

最後に、この工法に関する一連の開発では、昭和53年以来終始多大なご指導を、東京大学工学部 石原教授から賜っており、ここに改めて深甚なる感謝の意を表します。

(1991. 2. 20・受付)