

**土木学会技術  
開発賞**

**—その後**

**SINCE WINNIG THE  
INNOVATIVE  
TECHNIQUE  
AWARD**

# 技術開発賞 その後

## 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

齋藤 彰<sup>1</sup>・伊藤克彦<sup>2</sup>・大楠文治<sup>3</sup>

Akira SAITO, Katsuhiko ITO and Bunji OKAKI

<sup>1</sup>正会員 工博 鋼管建設(株) 相談役

(〒101 東京都千代田区岩本町 2-8-12)

<sup>2</sup>正会員 工博 (株) 鴻池組 土木本部技術部長

<sup>3</sup>NKK シビルエンジニアリング部 土木設計室長

Key Words : gravel, drain, liquefaction

#### 1. はじめに

砕石ドレーン工法は、地震時に液状化の発生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とともに、これを早期に消散させて地盤を安定した状態に保つことを狙った工法である(図-1)。

この工法は、液状化対策工法でもっとも実績の多いサンドコンパクションパイル工法に代表される振動締固め工法と異なり、低騒音・低振動で、しかも周辺地盤に悪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での施工に適している。

この工法は、昭和60年度に土木学会技術開発賞を受賞した。著者らは、その後この工法をさらに経済性に優れた「締固め砕石ドレーン工法」として発展させ、平成4年度には「港湾に係わる民間技術の評価に関する規程に基づいた評価(運輸省)」を受け、現在全国各地で施工実績を伸ばしつつある。

#### 2. 「砕石ドレーン工法」から「締固め砕石ドレーン工法」へ

開発当初より、この工法に用いる砕石ドレーン専用施工機は、ケーシング内に鋼製の突棒を装備しており、砕石を地中に排出する際には、これを上下運動させることで、砕石柱の連続性と密実性を確保するようにしていた。その際、この方法により周辺地盤の締固め効果も得られることが判明した。著者らは、この締固め効果とドレーンによる排水効果とあわせることにより、ドレーン間隔の拡大を行い経済性の向上と工期の短縮を図った。その

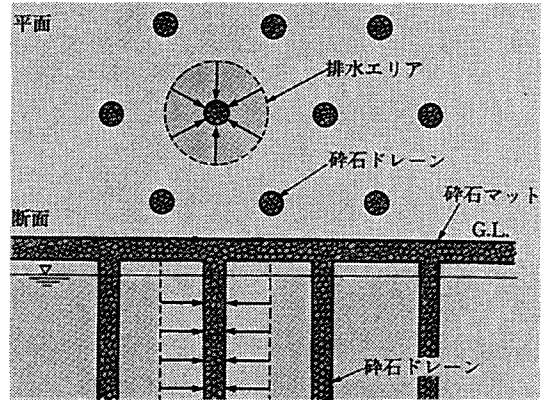


図-1 砕石ドレーン工法の概念図

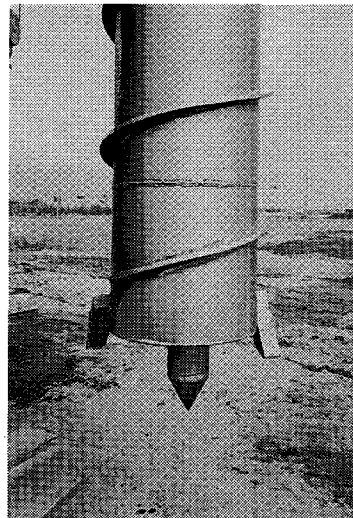


写真-1 ケーシング先端の突棒位置および形状

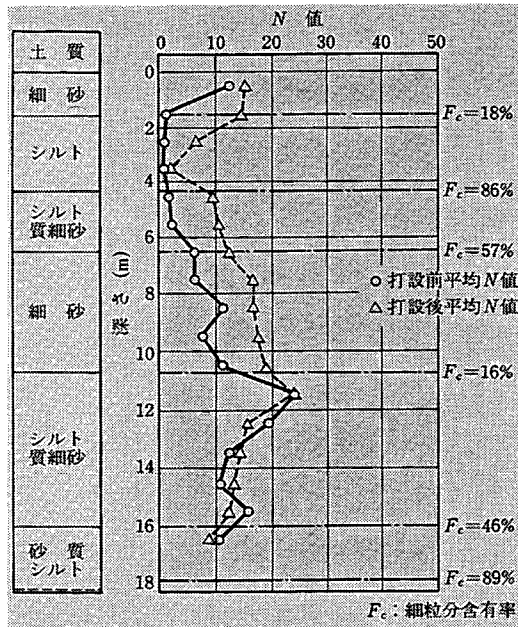


図-2 施工前後の  $N$  値分布の一例

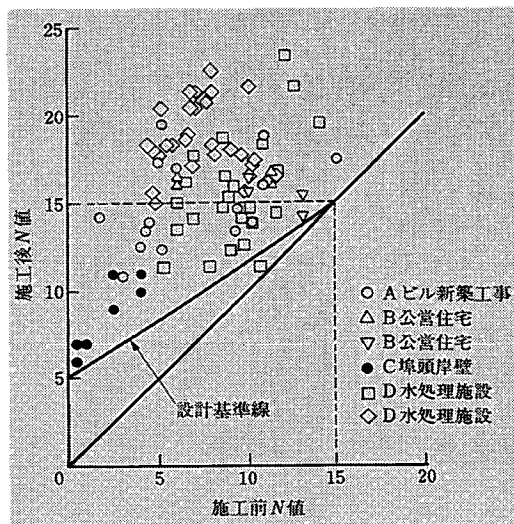


図-3 締固め効果 (施工前後の  $N$  値の比較)

開発は、突棒を含めた突固め装置の改良にあり、実物大の大型土槽実験により突棒の先端形状を円錐状にするなど(写真-1)、より大きな締固め効果を発揮する方法を開発した。また、周辺地盤を締固めることで地盤自体のねばり強さが増大され、これまでの砕石ドレーン工法に比べ液状化に対する安全性も改善されている。

図-2は、締固め砕石ドレーン工法で施工した現場におけるドレーン間中心の締固め効果(施工前後の  $N$  値)

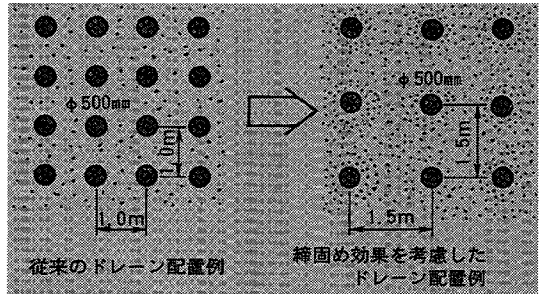
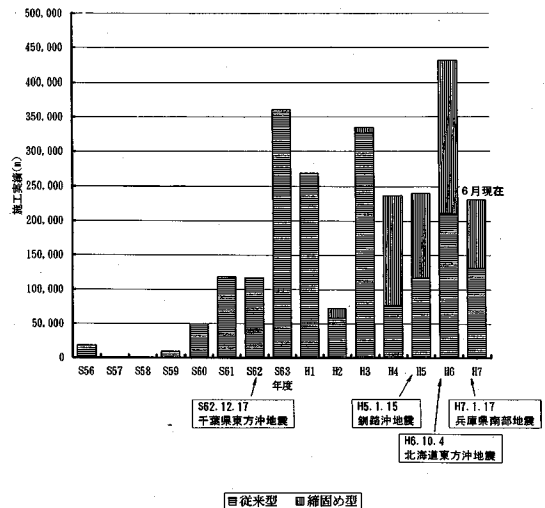


図-4 ドレーン打設間隔の拡大例



注) ここに示す年度とは前年10月~同年9月までをいう。  
(例えば平成4年度の場合、平成3年10月~平成4年9月の実績)

図-5 年度別施工実績

の一例を示したものである。施工後の  $N$  値の変化は土質の差異などの条件により多少異なるが、施工前の  $N$  値と比較して明確に増加しており確実に締固め効果が現れている。このような締固め効果(図-3)を設計段階で考慮することにより、ドレーンの打設間隔を拡大させて打設本数を減らし(図-4)、従来から施工してきた「砕石ドレーン工法」の特徴(低騒音・低振動で施工可能)を継承しつつ、より経済性に優れた「締固め砕石ドレーン工法」が誕生した。

図-5は、突棒方式の砕石ドレーン専用施工機による年度別の施工実績(打設延長)を示したものである。平成7年6月までの全打設延長は約2,500,000mになっている。その内、従来の砕石ドレーン工法によるものが75%、締固め砕石ドレーン工法によるものが25%の割合となっているが、最近の4年間では、「締固め型」による施工が過半数を占めるようになり「締固め型」へ移行し

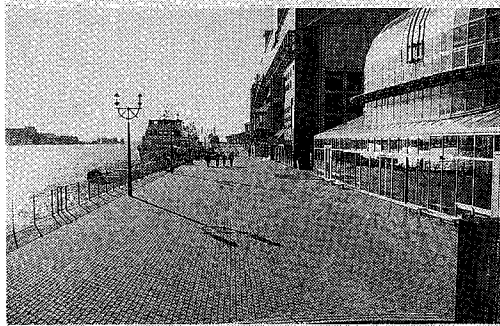


釧路沖地震後（平成5年1月）

ブロック舗装に変状はない



北海道東方沖地震後（平成6年10月）



釧路沖地震と同様ブロック舗装に変状はない

写真一 2 2度の巨大地震で液状化防止効果を実証

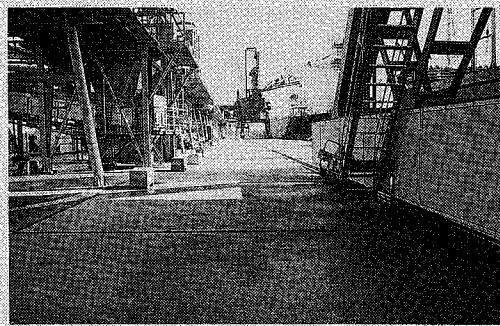


釧路沖地震後（平成5年1月:改良前）

ケーソン背後に約50cmの段差が発生



北海道東方沖地震後（平成6年10月:改良後）



岸壁・エプロンともに変状はなく荷役作業が継続

写真一 3 液状化防止効果を再確認

つつある。

### 3. 実地震での液状化防止効果

砕石ドレーン工法の液状化防止効果については、これまでも実験や解析を基にしたいくつかの研究が行われていたが、実地震の洗礼を受けたことがなく、実際の現象への適用性が懸念されていた。

ところが、釧路地方を襲った二つの巨大地震および兵庫県南部地震において、「砕石ドレーン工法」、「締固め砕石ドレーン工法」の液状化防止効果が実証されたので、その概要を以下に紹介する。

#### (1) 釧路沖地震・北海道東方沖地震での効果実証例

釧路港では、既設岸壁の液状化診断によりその危険度が高い岸壁に対して、平成元年から液状化対策工事が毎年実施されている。特に既設構造物に与える影響の少ない砕石ドレーン工法は、その有力な対策工法として数多くの既設岸壁に適用されている。

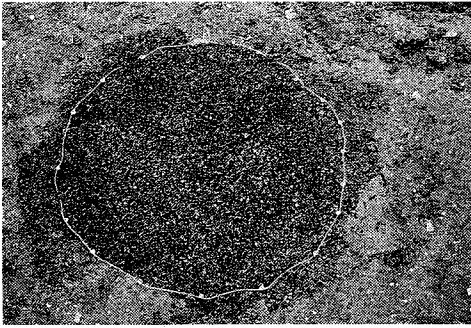
釧路沖地震（平成5年1月15日、M7.8）および北海道東方沖地震（平成6年10月4日、M8.1）において、釧路地方ではともに震度VIの烈震を記録し、釧路港を中心として液状化による大被害を被った。

しかしながら、砕石ドレーン工法による改良箇所では両地震とも無被害であり、2度の巨大地震に対しても液状化防止効果を発揮したことが実証された（写真一2）。また、釧路沖地震により被災した岸壁の復旧工事において砕石ドレーン工法で改良された箇所では、北海道東方沖地震の際には（写真一3）無被害であり、その液状化防止効果が再確認された。

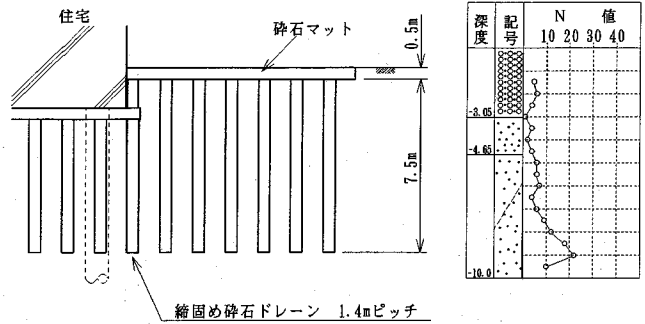
さらに、土木学会技術開発賞を受賞した際の項目の一つでもあった「目詰り現象」についても、発掘調査の結果、発生していないことも確認された（写真一4）。

#### (2) 兵庫県南部地震での効果実証例

大阪市の淀川左岸に建設中の住宅において、支持地盤の液状化対策として締固め砕石ドレーン工法が施工されていた（図一6）。



写真一4 掘り出したドレーン頭部



図一6 住宅建設現場の断面図

兵庫県南部地震（平成7年1月17日，M7.2）では，その淀川左岸の堤防が延長約2 kmにわたって液状化によって崩壊し，また近傍の住宅が傾くなどの大被害を被った。

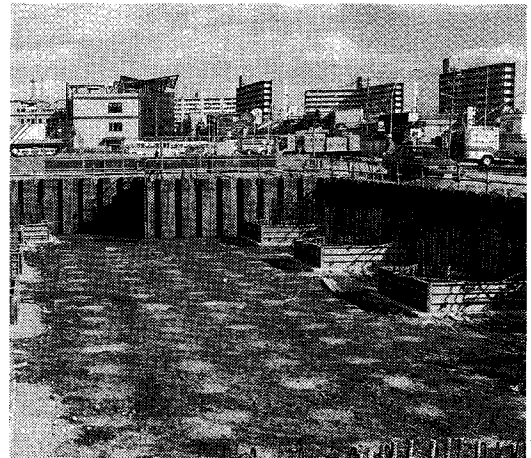
しかしながら，住宅建設現場では液状化の痕跡はなく無被害であり（写真一5），その後も順調に住宅の建設が進められた。

#### 4. あとがき

砕石ドレーン工法は，液状化対策工法としては歴史が比較的新しく，実験レベルでのみその有効性が確認されていた。しかし，最近の巨大地震における液状化防止効果も実証され，ようやく世の中に認知されたといえる。

さらに，縮固め砕石ドレーン工法は，低騒音・低振動での施工が可能で経済性に優れるという長所を合わせた工法で，今後はタンクや護岸，河川堤防など種々の構造物に対する液状化対策工法として適用することができると考えている。

今後は，専用施工機の小型化を実現して狭あい部での施工を可能にするなど，さらにその適用性を広げるための研究・開発を進めていきたいと考えている。



写真一5 改良箇所状況（兵庫県南部地震後）

#### 参考文献

- 1) 斉藤彰，伊藤克彦，大石博：液状化対策としての砕石ドレーン工法の開発，土木学会論文集 No. 427/VI-14，pp. 49-53，1991.3.
- 2) 伊藤克彦，大石博：液状化対策工法としての縮固め砕石ドレーン工法，土木学会誌，pp.14-17，1994.4.

(1995.6.28 受付)