

## 相馬 LNG 基地構内に敷設した表層礫置換による液状化被害の低減効果

清水建設（株） 正会員 ○石川明 眞野英之 橋本三智雄 若林雅樹  
石油資源開発（株） 非会員 水谷和敬

## 1. 目的

著者らは、道路や設備基礎などの工作物を対象として、表層付近に碎石を敷設して液状化被害を軽減する工法を開発してきた<sup>1)</sup>。この工法は、噴砂が生じると予測される箇所に小粒形の碎石を用いて地表面への排水経路を確保し、地震時に液状化が生じた際、水のみを地表面に排水させることで液状化による噴砂や基礎の傾斜を軽減することを目的としている(図-1)。今回、相馬 LNG 基地では、福島県沖を震源とする M7 を超える地震が 2021 年に発生し、噴砂や基礎の傾斜が生じた箇所の強化復旧にこの表層礫置換を採用した。その施工が完了する前に同等以上の地震動であった 2022 年の地震が発生した。本論文では表層礫置換による液状化被害の低減効果に関する現地調査結果について記す<sup>2)</sup>。

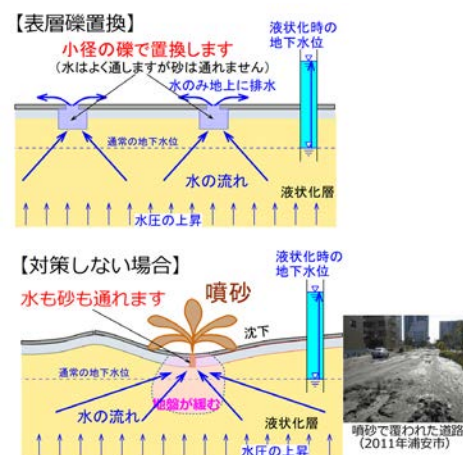


図-1 表層礫置換の概念図

## 2. 埋立地盤と 2021 年、2022 年の福島沖地震で生じた地震動

図-2 に相馬 LNG 基地が主に位置している旧埋立て地盤の南北方向の断面図を示した。液状化は埋立て地盤の表層付近に堆積する  $F_s$  層で生じたと考えられる。図-3 は  $F_s$  層の粒度分布を示したものである。細粒分含有率  $F_c$  が 35% 付近の試料が多かった。対策前の 2021 年の地震では、噴砂は敷地全体ではなくいくつかの地点で生じた。K-NET 相馬で観測された地震波による震度階は 2021 年が 6 弱、2022 年が 6 強であり、2022 年の地震のほうがやや大きかった。地下水位は D.L.+2.7~3.2m 付近であったと考えられる。

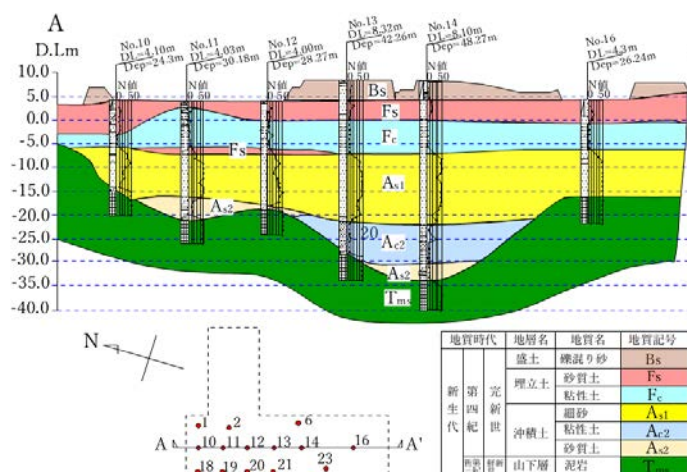
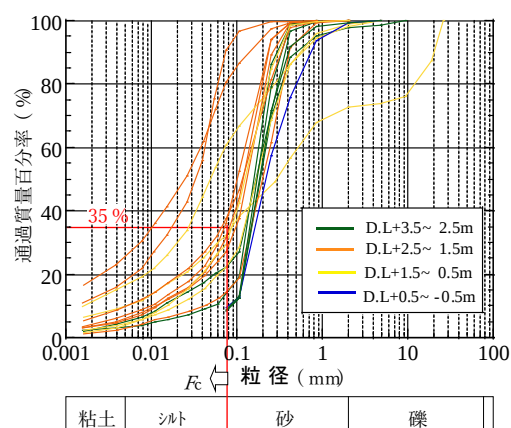


図-2 旧埋立て地盤の断面図

図-3  $F_s$  層の粒度分布

## 3. 調査結果

**構内道路:** 液状化対策を行っていなかった 2021 年の地震では写真-1(a)のように車道と側溝の間もしくは側溝と背面の地盤との間で噴砂を生じた。図-4 はこうした状況から想定した噴砂の発生状況について示したものである。液状化により上昇してきた地下水は、再生碎石からなる路盤とアスファルト舗装を避けて路盤が薄くなる部分で上昇し、道路端部から噴いたものと考えられる。

キーワード 液状化, 小規模構造物, 噴砂, グラベルドレーン

連絡先 〒135-8530 東京都江東区越中島 3-4-17 清水建設（株） TEL 090-2560-0687

噴砂を生じた地点は、噴砂に対し弱部となっていた箇所であり、固化等で地盤改良すると他の地点で噴砂を生じる可能性があった。このため、図-5 に示した対策により 7 号砕石を敷設し、水だけを地表に排水して噴砂を防ぐことにした。写真-1 (b) は 2022 年の地震後の構内道路の状況を示したものである。L 形側溝や路盤の凹凸や界面からの噴砂は生じなかった。このような対策前後の被害状況の違いは構内道路全般に見られた。また、対策前の 2021 年の地震では、写真-2 (a) で見られたアスファルト舗装面の横断方向の大きな亀裂が構内道路のいくつかの地点で生じたが、これらの発生箇所は全て液状化後の沈下が大きい箇所の近傍であった。この状況から亀裂の原因は液状化発生箇所とその周辺地盤の揺れの違いによるものと推定したが、2022 年の地震ではこうした亀裂も生じなかった。

**配管基礎群：**2021 年の地震では、写真-2 (a) に示したように構内に設置された各種配管基礎（直接基礎）の近傍から噴砂が生じ、その影響で基礎が傾いた箇所があった。図-6 に示したように応答の異なる地盤と基礎の界面から噴砂が生じ、すべり線をともしう基礎底面地盤の進行性破壊が生じたと想定し、図-7 に示すように基礎底面外周に砕石を敷き、上昇してきた間隙水を VP 管内に砕石を詰めたドレーンを通じて地表に排水させる対策を行った。

写真-2 (b) は 2022 年の地震後の状況を示したものである。2022 年の地震では基礎周りの噴砂や目立った基礎の傾斜は生じず、立ち上がり管内部に充填した 7 号砕石の一部が管の外に散らばっている現象が見られた。管内から水が排水された際、表面に近い砕石の一部が水の勢いで周囲に押し流されたものと推測した。ドレーンによる地震時の過剰間隙水圧の消散が有効に機能した痕跡であると考えている。

**4. 結論** 大地震における外構や設備基礎の液状化被害に対する表層礫置換の有効性を確認した。

参考文献：1) 眞野英之，社本康広，石川明，吉成勝美：“構造物外周直下の礫置換による小規模構造物の液状化被害低減対策”，日本地震工学会論文集，Vol.16，No.1，pp.59-69，2016，2) 2022 年福島県沖地震における相馬 LNG 基地構内に敷設したグラベルサポートの液状化被害低減効果，清水建設研究報告 Vol.100，2022.12.

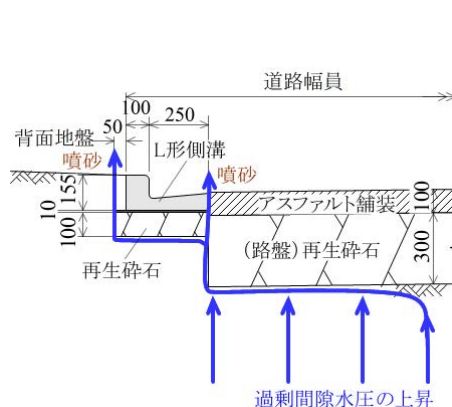


図-4 構内道路噴砂の発生原因

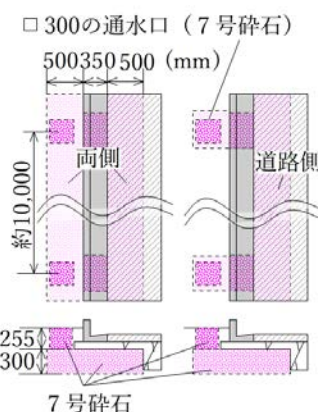
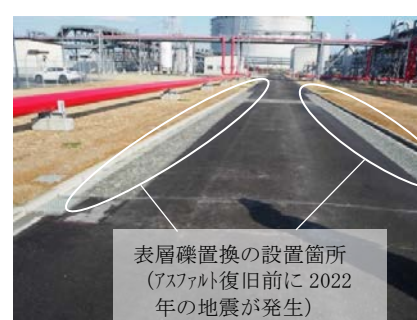


図-5 構内道路の対策例



(a) 2021 年地震後（対策前）



(b) 2022 年地震後（対策後）

写真-1 対策前後の構内道路の状況

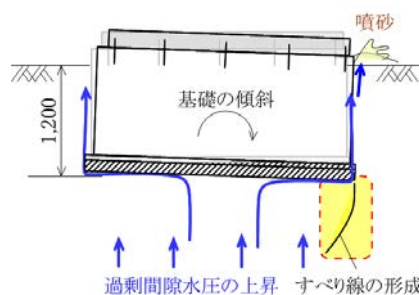


図-6 配管基礎傾斜の原因

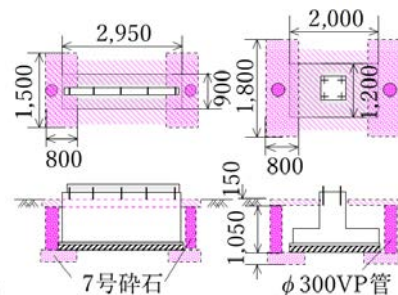


図-7 配管基礎の対策例



(a) 2021 年地震後（対策前）



(b) 2022 年地震後（対策後）

写真-2 対策前後の配管基礎の状況