

## 供用中岸壁の大規模地盤改良工事について (その2 品質管理)

株式会社大林組 正会員 山本慎一郎 正会員 辻中 孝信  
 日本基礎技術株式会社 野島 昌男 ○正会員 岡田 和成  
 国土交通省近畿地方整備局 大阪港湾・空港整備事務所 大西 正夫

### 1. はじめに

供用中岸壁直下の地盤改良工事においては、その制約条件などにより適用可能な工法が薬液注入工法などに限定される。溶液型特殊シリカグラウト（以下、溶液型恒久グラウト）を用いた薬液注入工法による地盤改良の品質管理は、サンプリングコアの力学試験および化学分析による改良効果の評価が一般的である。しかしながら、対象地盤が高透水性の玉石混じり砂礫である場合においては、薬液が固化する前に対象範囲外へ散逸するなどして、所定の改良効果が得られない懸念があった。さらに、改良後の効果確認においては、不攪乱試料採取が困難であり、定量評価が難しいといった課題があった。本稿では、大阪港北港南地区岸壁（-15m）（C-11）改良工事（第二工区）の地盤改良工事において実施した、(1)適切なゲルタイム設定および所定の改良効果が得られることの確認を目的とした試験施工、(2)薬液の浸透状況の段階確認によるフィードバック施工、(3)施工後の効果確認結果について報告する。

### 2. 試験施工

対象地盤は、φ10～20cm 径の玉石とこれらのマトリックスとして砂・粘土混じり礫質土層からなる玉石混じり砂礫であり、地下水の流速は7.6E-3～2.4E-2cm/s 程度、透水係数は1.2E-3～1.8E-2cm/s 程度と、潮汐の影響下にある。対象地盤上部には、透水係数が1.0E-0 cm/s 以上の捨石層があり、薬液が散逸する懸念がある。このような条件下においては、薬液のゲルタイムが改良体の出来型に影響を与えることが知られている<sup>1)</sup>。そこで、表-1 に示すように、薬液ゲルタイムを10時間および4時間以内と、2ケースにて試験施工を実施した。薬液注入工法には、超多点注入工法を採用した。本工法は、ユニット化された32連の専用システムを使用し1ポンプ当りの注入速度は低速ながら多点同時注入による高速施工が可能である。

溶液型恒久グラウトには、パーマロック ASF-II αを用いた。注入に先立ち、上部層境部に設置した注入ノズルにより速硬性低アルカリ性懸濁型グラウト<sup>2)</sup>（ジオパックグラウト）を注入し、上部への逸走防止効果を高めた。注入順序は2ケースともに、上部からのステップダウン方式とした。約10日間養生後に、効果確認調査として一軸圧縮試験を実施した。いずれのケースも強度にばらつきがみられた。潮汐の影響を受けやすい上部では、ゲルタイムの短い1.5ショット方式のほうが一軸圧縮強度（qu）が高く、ゲルタイムを短くすることによる歩留まり効果が期待できる結果となった。

図-1 に不攪乱試料のX線写真を示す。大径礫を所々に含有しており、強度がばらつく要因となっている。

表-1 注入仕様（試験施工）

パターン	case1	case2
シリカ濃度	シリカ濃度 7%	
ゲルタイム	10時間	4時間以内
注入速度	最大6L/min	最大8L/min
注入方式	1ショット	1.5ショット
注入孔数	4孔	4孔

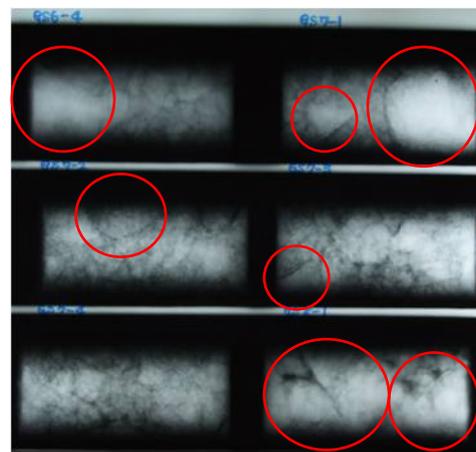


図-1 試料のX線写真（試験施工）

### 3. 本施工

試験施工の効果確認結果に基づき、本施工における方針を、(a)上部層境にはジオパックグラウトを注入、(b)最上部およびマウンド前面部改良体の注入は、ゲルタイムの短い1.5ショット方式とする、(c)注入順序は、海側から陸側へ、かつ上部から下部へステップダウン方式、とした。図-2 に改良体配置断面を示す。施工箇所には傾斜計を設置し、変状を常時監視して注入圧力・注入速度の管理にフィードバックしながら情報化施工を実施した<sup>3)</sup>。ま

キーワード 薬液注入工法, 既設構造物近接, 原位置試験, 比抵抗, 耐震補強, 液状化対策

連絡先 〒540-8584 大阪府大阪市中央区北浜東4番33号 株式会社大林組大阪本店土木事業部 TEL06-6946-4445

た、施工途中において薬液の浸透状況を確認すべく改良土のサンプリングを行い、施工管理にフィードバックしながら注入を行った。既注入域の段階確認では、薬液成分の分析結果から関係式を用いて一軸圧縮強度に換算すると、設計強度を満足し、かつ薬液が十分に浸透している結果となった。したがって、既注入域はほぼ 100%改良がなされており、工期短縮および経済性の観点から、改良率を 90%に減じて、注入を継続した。

**4. 効果確認**

改良率を 90%に再設定した後の注入において、栈橋杭の変位は確認されなかった。養生期間を経て、不攪乱試料採取、およびボーリング孔を利用した原位置試験として電気検層・PS 検層・孔内水平載荷試験(LLT)・流向流速試験、さらには一軸圧縮試験、シリカ含有量試験等を実施した。電気検層の結果から比抵抗の深度分布を図示すると、事後の比抵抗値は相対的に低下しており、改良効果の連続性が確認出来た。

PS 検層による S 波速度、および LLT による破壊圧 PL についても改良後においては相対的に増加しており、強度増加を示している。図-3 に qu の深度分布を示す。平均強度は 111 kN/m<sup>2</sup>であり、設計強度 100 kN/m<sup>2</sup>を満足したものの、バラツキが非常に大きく、突出したデータに平均強度が引き上げられている。写真-1 に、一軸圧縮試験後の試料内部の状況を示す。大径礫の周囲など間隙の大きい箇所には、薬液がホモゲル状態で存在していた。力学試験に供した試料の ICP 発光分光分析により、薬液成分である SiO<sub>2</sub>(シリカ)含有量を確認したところ、すべての試料において薬液成分の含有が認められた。また、事前に得られた関係式により、シリカ含有量を一軸圧縮強度に換算した結果、平均強度 179 kN/m<sup>2</sup>、中央値 131 kN/m<sup>2</sup>であり、ともに設計強度を十分に満足した。(図-4)

**5. まとめ**

溶液型恒久グラウトを用いた薬液注入を、施工途中において薬液の浸透状況の段階確認を行い施工管理にフィードバックさせながら実施した結果、薬液が十分に浸透し、耐震補強として十分な改良効果が得られた。また、逸走防止注入および適切なゲルタイムの設定により、不攪乱試料をほぼ 100%採取でき、力学試験に供すことが出来た。

本工事においては、礫質土の不攪乱試料を採取し、サンプリング試料による力学試験結果から改良効果の評価を行ったが、大径礫の影響やサンプリング時の乱れを排除出来ず、やはり地盤全体の力学特性を評価することは難しいため、今後は、力学試験によらない評価方法を検討する必要がある。

**参考文献**

- 1) 岡田和成, 水野健太, 佐々木隆光, 末政直晃: 超微粒子複合シリカグラウトによる緩い砂礫地盤の液状化対策 (その 2 : 大型土槽実験), 第 45 回地盤工学研究発表会 (松山), No. 797, 2010. 8
- 2) 地盤注入開発機構 液状化防止注入協会: 超多点注入工法技術マニュアル, p79, 2011. 3
- 3) 善田好信, 上月健司, 栗原保弘, 岡田和成, 坂克人: 供用中岸壁の大規模地盤改良工事について (その 1 設計・施工管理), 第 66 回土木学会年次学術講演会, 2011

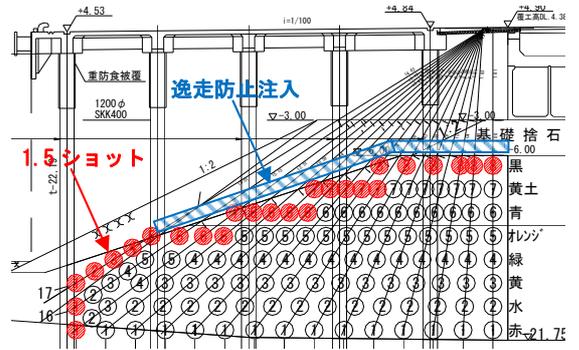


図-2 改良体配置断面

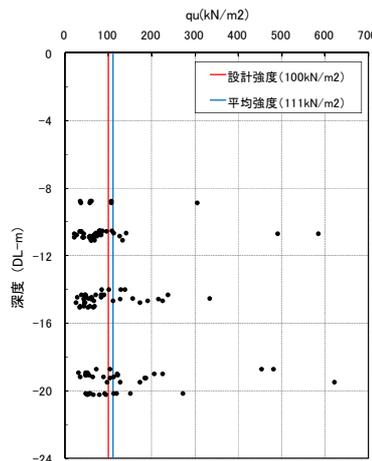


図-3 qu の深度分布

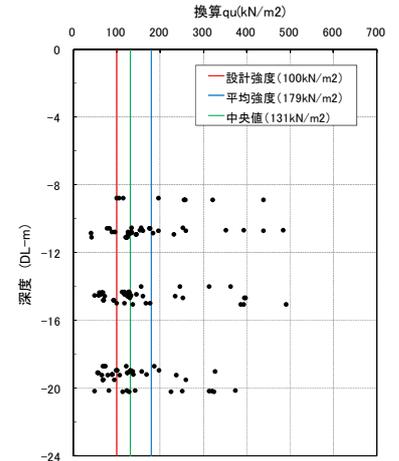


図-4 換算 qu の深度分布



写真-1 qu 試験後の試料内部