

Ⅲ-727

液状化対策を目的とした超微粒子セメント懸濁液注入による浸透性について(その4)

一浸透性、耐久性、強度発現一

小野田ケミコ(株) 正会員 ○佐野 昌明
建設省土木研究所 正会員 松尾 修
東京大学生産技術研究所 正会員 古関 潤一

1. まえがき

既設の地中構造物や基礎構造物を対象にした液状化対策として、軽量小型の施工機械を用いて注入材を地盤の間隙へ圧入し固結させる注入工法の適用が考えられる。既設の地中構造物下の緩い砂地盤への注入を行うに当たっては、構造物の変位が生じないよう地盤の動きを最小限に抑えること、および構造物側方の注入孔から構造物直下までの距離を注入できることが必要とされる。また、液状化対策工としては改良部の耐久性も必須条件である。

本研究は、以上の要件を満たせる可能性を有する注入材である超微粒子セメントに関し、前報¹⁾に引き続き室内一次元注入試験を行い、最適分散剤としての可能性が高い¹⁾二つの分散剤(β-ナフレン系、ナフレン系)を混入した懸濁液の浸透特性およびその固結体の長期耐久性及び強度遅延効果について調べた。

2. 試料及び試験方法

注入材は超微粒子セメント(比重3.0, 平均粒径4 μ m, $G_{ss}=8\mu$ m, 7 ϕ レン比表面積9000cm²/g以上)を用い、試料砂は、超微粒子セメント懸濁液の注入限界に近いとされる²⁾粒度分布を有する東北珪砂7号(細粒分 $F_c=2\sim 5\%$, $D_{50}=0.1\sim 0.2$ mm, $D_{15}=0.11$ mm, $GR=D_{15}/G_{ss}=14$, $GR<11$:注入不可²⁾)を用いた。

一次元浸透注入実験(モールド長2m, 内径50mmのアクリルパイプ、供試体長192cm, フィルター材4cm+4cm)及び長期耐久性実験(モールド長25cm, 内径50mmのアクリルパイプ、供試体長23cm, フィルター材1cm+1cm)の実験方法は前報¹⁾、実験装置の詳細は文献³⁾を参照されたい。

注入条件を表-1, 2に示す。表-1に示す実験は二つの分散剤の浸透特性を求めることを目的とし、一定圧力のもと、注入流量が十分小さくなり供試体の色調の変化が見られなくなるまで注入(以後、限界注入と呼ぶ)を行った。表-2に示す実験は分散剤混入率をB/C=1~15%の範囲で変化させた場合の長期強度及び強度遅延を確認するために行った。

3. 実験結果と考察

3.1 浸透特性

表-1の注入条件のもとで行った実験の結果を図-1, 2に示す。β-ナフレン系分散剤は混入率が1, 2%の場合、ナフレン系よりも浸透性が良いが、混入率を3%にした場合、二つの分散剤の懸濁液が2mモールドを通過した。図-2に混入率が4%以上の場合の2mモールド通過時点ま

での注入時間と注入量の関係を示す。二つの分散剤の懸濁液は同じ注入経路をたどり、分散剤を増やすほどより少ない注入量で通過し、浸透効率が良くなることが判る。また、二つの分散剤の浸透効率を検討するに

表-1 一次元浸透注入の条件

注入方法	分散剤	分散剤混入率(%)	注入圧力(kgf/cm ²)	水セメント比(%)
限界注入	β-ナフレン系 ナフレン系	1, 2, 3 4, 8, 12	1.0	1000

表-2 長期強度確認のための短尺注入の条件

注入量(定量注入) (ml)	分散剤	分散剤混入率(%)	注入圧力(kgf/cm ²)	水セメント比(%)
間隙体積×1.2倍	β-ナフレン系 ナフレン系	1, 4, 5, 6, 8, 10, 12	2.0	1000

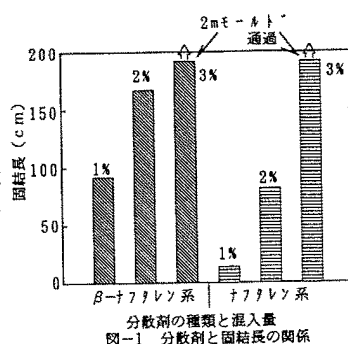


図-1 分散剤の種類と貫入長さの関係

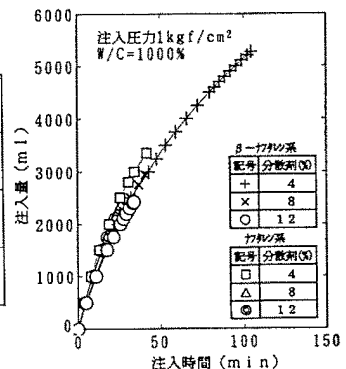


図-2 2mモールド通過時の注入時間と注入量の関係(B/C=1000%)

あたり充填比（注入量を固結長の注入前空隙体積で除したもので、充填比が1に近いほど浸透効率は良い）を用いて整理した結果を図-3に示す。分散剤の混入率を増やすほど充填比は下がり、10%付近で頭打ちとなることが判る。

注入材の粘度の経時変化を測定した結果を図-4に示す。この図から超微粒子セメント単体の懸濁液に比べ、分散剤を混入した懸濁液は分散剤の混入率を増やすとともに粘度が低下し、混入率10、12%では約3～4cpとなる。この値は水ガラス系薬液（一般的主

剤濃度25%）の初期粘度約2.5cpに比べかなり近い値になっており、この懸濁液の浸透性の良い要因の一つであると考えられる。

以上より、分散剤混入率が1、2%の場合は、 β -ナフタレン系の方が浸透性が良く、3%以上の場合は、双方とも同等の浸透性を有し、10%付近で最適混入量となることが判る。

3. 2 長期強度及び強度遅延

表-2に示す注入条件のもとで行った実験結果を図-5に示す。分散剤混入率1%に比べ混入率4%以上のピーク強度は6割程度低下し q_u ≈約6～8kgf/cm²となるが、養生6カ月後においても強度劣化は見られなかった。

長期強度確認実験用のモールド脱型に必要な養生期間を図-6に示す。分散剤の混入率を増やすほど強度発現時期が遅れ、特に β -ナフタレン系はナフタレン系に比べ約2倍の養生期間が必要であることが判る。

上記の浸透効率及び強度発現遅延による品質管理上の観点から、分散剤混入率2%以下の場合は β -ナフタレン系、3%以上の場合はナフタレン系を使用し、試料砂のような粒度分布をもつ砂質土に対しては混入率を10%程度にすることが適切であると言える。

4. まとめ

本報告では、超微粒子セメント懸濁液の注入限界に近いとされる東北珪砂7号を用いて、最適分散剤と言える二つの分散剤（ β -ナフタレン系、ナフタレン系）の使用法を明確にした。また、分散剤混入率を増やしても長期耐久性に支障がないことがわかった。今後は、さらに細粒分の多い試料を用いて超微粒子セメント懸濁液の浸透限界の把握、三次元的浸透特性の検討及び実用化に向けて設計・施工法の確立が必要であると考えられる。

なお、本研究は、建設省土木研究所において第一筆者が部外研究員として在籍中に行ったものである。

参考文献 1) 佐野ら、：液状化対策を目的とした超微粒子セメント懸濁液注入による浸透性について（その3）、第30回土質工学研究発表会投稿、1995 2) 土質工学会：薬液注入工法の調査・設計から施工まで、p128 3) 有間ら、：液状化対策を目的とした超微粒子セメント懸濁液注入による浸透性について、土木学会第48回年次学術講演会Ⅲ部、pp. 692～693、1993

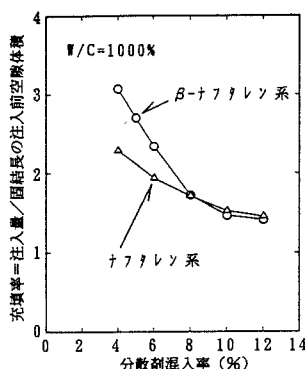


図-3 分散剤混入率と充填率の関係（W/C=1000%の場合）

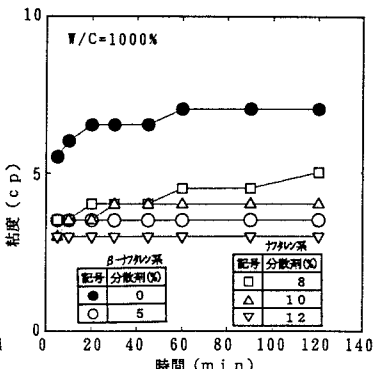


図-4 超微粒子セメント懸濁液の粘度の経時変化（W/C=1000%）

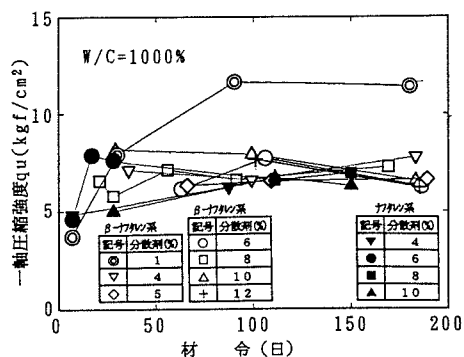


図-5 分散剤混入率の変化に伴う強度発現の差

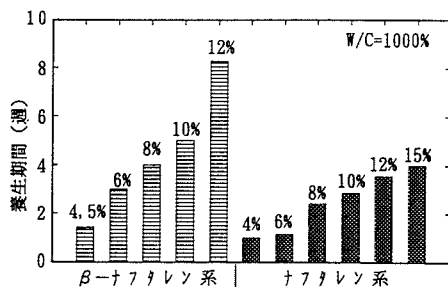


図-6 分散剤の種類と混入率の変化に伴う脱型までの養生期間