

ウレタン系充填材と土質材料との混合物に関する力学挙動の評価

ウレタン系充填材, 土質材料, 力学挙動

京都大学 (国) 稲積真哉
日本化学塗料 (正) 小林賢勝日本化学塗料 ○(正) 加藤研二
日本化学塗料 (正) 川端秀雄

1. はじめに

近年, 地盤改良を目的とした種々の工法が開発されており, その1つが地盤注入工法である。地盤注入材(充填材)には薬液系もしくは非薬液系に大別することができ, 現場状況に適合した選択が必要である。ここで, 非薬液系充填材としてはセメント系, 粘土系ならびにモルタル系があり, 薬液充填材としては水ガラス系ならびにウレタン系等の材料を使用した工法が既に実用化されている¹⁾。今回, ウレタン系(膨潤性)充填材に着目したが, この材料は流動性があり, 注入することで地盤中の土質材料と混じりながら空隙を充填することができる。ここで, ウレタン系充填材と土質材料が混じり合うことでどのような特性を有するのか, 実用化に向けて基礎的な諸特性の把握が必要である。本報告では, 土質材料にウレタン系充填材を混合した模擬混合硬化体に対して, 膨潤率ならびに塗膜強度等を評価・検証した。

2. ウレタン系充填材

地盤改良には, 地盤状態および工法により種々の材料が改良材として使用されている。地盤空隙(空洞)の充填改良を考えた場合, 充填材に求められる特性は, ①充填時に空隙(空洞)の隅々まで充填できる流動性を有する, ②一定時間後に硬化体を形成し必要な強度を発揮・維持する, ③地下水がある場合でも硬化体形成する等が必要である。

空隙(空洞)の充填材としてウレタン系樹脂は既に知られており, 実用化されている²⁾。本研究においてはウレタン系充填材に着目し検討した。ウレタン系充填材は流動性があり, かつ水分に触れると水分を吸収し膨潤する特性を有している。よって, ウレタン系充填材は膨潤によって空隙の隅々まで充填されやすく, 充填率の向上が期待できる。

当該ウレタン系充填材は, 以下の特徴を持っている。

- ① 湿気硬化型ウレタン樹脂系の一液型である。
- ② 組成中に揮発性の有機溶剤を含まない。
- ③ 湿気反応で膜硬化する。
- ④ 流動性がある。(粘度特性: 2,000~6,000mPa.s)
- ⑤ 硬化膜を浸漬した抽出水は水道法水質基準に適合する。
- ⑥ 膨潤率は淡水にて5倍前後, 塩水にて4倍前後である。

表1 膨潤特性および膜強度試験に用いた土質材料

土質材料		粒径(mm)	含水量(%)
A	隙質土	2~6	0.5
B	豊浦砂	0.5~2	0.1
C	深草粘土	0.004~ 0.006	4.7

充填材の実用化を想定した場合, ウレタン系充填材注入時における地盤環境(土質環境)により, ウレタン系充填材の硬化体や膨潤体の強度が一定の幅を持つことが考えられる。従って, 粒径と含水量の分かっている土質材料を混ぜ, その混合硬化体や膨潤体の強度測定を評価検討した。

3. 膨潤特性および混合硬化体(膨潤体)強度試験

実験に使用する土質材料は, 履歴が明確である材料を選び検討した。使用した土質材料を表1に示す。

土質材料にウレタン系充填材を50, 70, 90%添加し, (1)膨潤率特性,

(2)混合硬化体(膨潤体)強度を調べた。

(1)膨潤率特性は以下の手順でサンプル作成し評価した。

- ① ウレタン系膨潤性充填材と所定量の土質材料を混合した後, 一定量乾燥させて30mm厚のブロック状にし, 直径40mmの円柱試験片を準備する。
- ② 試験片の初期重量を測定し, 種々の水質・水温に調整された水槽内に浸漬する。
- ③ 所定の浸漬時間毎に試験片を取り出して浸漬後の重量を測定する。
- ④ 重量膨潤率(=浸漬後重量/初期重量)を求める。

(2)混合硬化体(膨潤体)強度は以下の手順でサンプル作成し評価した。

- ① 土質材料へ, ウレタン系充填材を各50, 70, 90%の組成で攪拌混合する。
- ② 作成したウレタン系充填材硬化体(3日間乾燥後)を, 図1に示す進入弾性装置にて圧縮し硬化体強度を測定する。なお, ウレタン系充填材硬化体, 膨潤体を圧縮する治具下端は, 直径20mmの亚克力板を使用する。

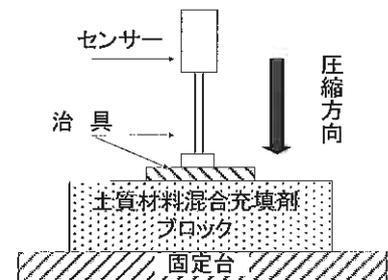


図1 進入弾性装置

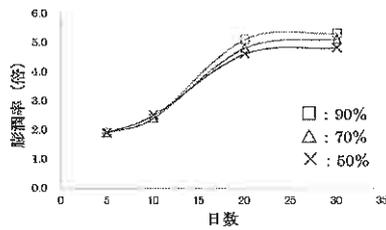


図2 膨潤率（礫質土；淡水）

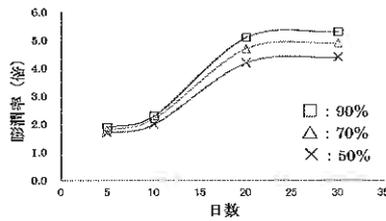


図3 膨潤率（豊浦砂；淡水）

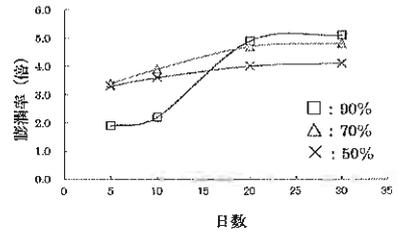


図4 膨潤率（深草粘土；淡水）

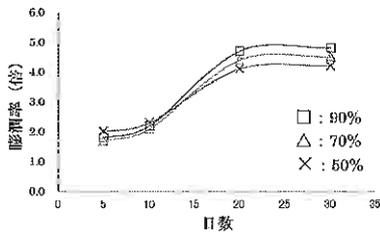


図5 膨潤率（礫質土；人工海水）

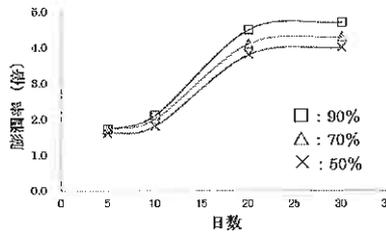


図6 膨潤率（豊浦砂；人工海水）

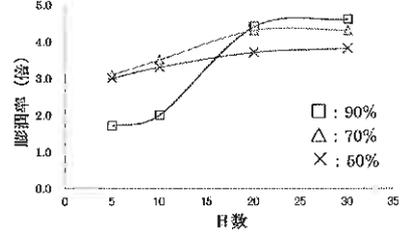


図7 膨潤率（深草粘土；人工海水）

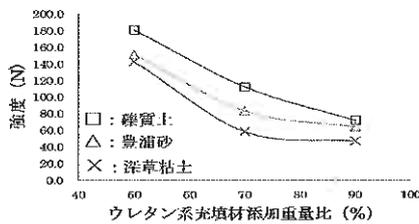


図8 硬化体強度

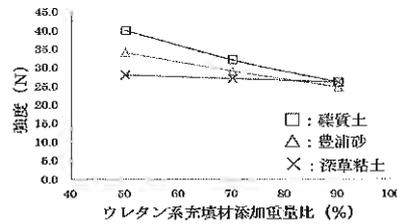


図9 膨潤体強度（淡水）

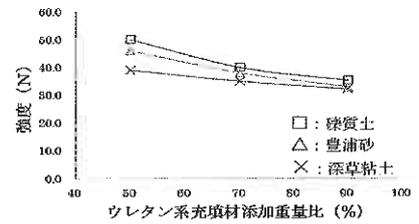


図10 膨潤体強度（人工海水）

③ 乾燥硬化体強度を測定後、所定の水温・水質に調整された水槽内に浸漬し、7日浸漬後に取出し膨潤体強度を測定する。

4. 結果と考察

図2～4は、礫質土（A）、豊浦砂（B）深草粘土（C）のそれぞれにウレタン系充填材を50、70、90%混ぜた混合硬化体の淡水環境下における膨潤率特性を示す。淡水、人工海水環境下のいずれも土質材料に関係なく、ウレタン系充填材量が多くなるほど、膨潤率は大きくなる傾向である。なお、図4、7よりウレタン系充填材量に比べ深草粘土量が多くなると（30、50%）膨潤率特性は礫質土、豊浦砂、に比べ特異な傾向を示す。これは、深草粘土が表1に示すように含水量が多いため、ウレタン系充填材がこの水分を取り込み、既に膨潤が始まっているために淡水環境下の短い浸漬日数で膨潤率の大きな値となっている。

図8は各種土質材料にウレタン系充填材を混合した混合硬化体の強度を示す。この図より、土質材料の粒径（表1参照）が大きくなるほど、強度が強くなる傾向である。図9、10は混合硬化体を淡水、人工海水環境下で浸漬させた場合の膨潤体強度を示す。淡水、人工海水のいずれにおいても、土質材料の混合量が少ない場合には、各土質材料の粒径の大きさと強度差を示し、多くなるとその差が殆どなくなる傾向であると考えられる。

また、混合硬化体の膨潤強度特性（図9、10）より、ウレタン系充填材の量が少ないと土質材料特性が強調され、強度は土質材料特性、すなわち粒径の違いによる強度特性の傾向となる。逆に、ウレタン系充填材の量が多くなると、土質材料特性の影響は非常に少なくなり、ウレタン系充填材の特性となる。よって図9、10に示すように、ウレタン系充填材量が多い（90%）場合、淡水、人工海水環境下のどれにおいてもほとんど強度差がない傾向を示す。

ウレタン系充填材は、今後更に詳細に検討する必要がある。また、この充填材は膨潤を有するため、地盤等の隆起等が懸念されるが、これはウレタン系充填材組成の見直し、さらには注入量のコントロールにて十分に管理することが可能であり、地盤充填材として十分に適用できると考える。

5. おわりに

本研究は、地盤改良の注入充填材への適用を目的にウレタン系充填材に着目し、このウレタン系充填材と土質材料を組合せた模擬混合硬化体による基礎特性評価試験を実施した。その結果、ウレタン系充填材の注入時に必要な基礎特性が把握でき、十分にウレタン系充填材は地盤充填材として適用が可能であると考えられる。実用化に向けてはさらに検討の必要がある。

【参考文献】

- 1) 北野 他：薬液注入工法について、開発土木研究所、月報522号、11/20、1996。
- 2) 青山 他：ウレタン系薬液注入工法の利用、建築技術、253号、9月、1972。