

1. 研究の背景・目的

セメント固化材による固化処理技術は軟弱地盤対策として現在広く用いられている。しかし、長期間海水環境下で曝されると、固化材の種類によっては劣化することが確認されている。そのため、高い耐久性、耐海水性を有するセメントの開発が求められる。本研究では固化材として用いられる従来のセメントと比較して、高炉スラグを高含有するセメントを新たに開発し、強度や耐久性の観点から、従来セメントを用いた改良土との比較を行った。海水接触や潮位変動の影響を受ける現場と室内環境下に所定期間供試体を養生し、針貫入試験の結果を用いて、劣化挙動や強度について比較を行った。

2. 実験内容

2-1. 供試体の作製手順

実験に用いたセメントの性状および供試体の作製条件を表-1、表-2に示す。セメントには普通ポルトランドセメント、高炉スラグ、無水石膏の配合割合を変えた2種類（BB、試作）を選定した。表-2に示す所定のセメントと水を混ぜ合わせ、スラリー状にしたセメントペーストを母材に加え、10分間攪拌機で練る。次に2種類のプラスチック容器（ $\phi 115 \times h114\text{mm}$ および $\phi 50 \times h100\text{mm}$ ）に充填した供試体を約2週間気中養生した後、各養生環境下で養生を開始する。

2-2. 養生条件

作製した $\phi 115 \times h114\text{mm}$ の供試体を室内気中養生、室内海水養生、室内海水加圧養生、現場土中養生、現場海水養生の5つの条件に分けて養生する。室内海水養生については、25℃一定の室内で供試体を海水に水浸させ設置した。室内海水加圧養生については、容器内に供試体を設置し、潮の干満を想定して海水で満たした容器内に6時間周期で30kPaの水圧を負荷し、載荷・除荷を繰り返した。養生水には海水を使用し28日ごとに養生水の交換を行った。また、福岡市内において、供試体を現場にて養生した。現場土中養生については、現場の潮位変動で浅の土中に、供試体を開放面が上向きになるように設置し、実地盤に埋没した。現場海水養生については、潮位変動する海域で、土のう内に砂質土で開放面を接触させた状態で供試体を設置し、養生を開始した。表-2に示す養生日数が経過した供試体に対して実験を行う。また、所定期間気中養生した供試体（ $\phi 50 \times h100\text{mm}$ ）に対しても一軸圧縮試験を実施する。

2-3. 針貫入試験方法

供試体（ $\phi 115 \times h114\text{mm}$ ）を半割にし、供試体上端面からの深さ方向の強度変化を把握するため、半割面に対して水平方向に針を貫入する。供試体上端面から30mmまで2.5mmピッチ、それ以降は15mmピッチごとに試験を行い、貫入勾配を求める。貫入勾配とは貫入量が10mm時の貫入力、または貫入力が100N時の貫入量を読み取り、貫入量で貫入力を除した値を意味する。

表-1 セメントの性状

セメント種類	略記	普通ポルトランドセメント(%)	高炉スラグ(%)	無水石膏(%)
高炉セメントB種	BB	55~60	40~45	0
高炉スラグ高含有セメント	試作	30	60~70	0~10

表-2 供試体の作製条件

CASE名	CASE1	CASE2	CASE3	CASE4
母材（質量比）	豊浦砂：ガイロメ粘土＝9：1			
練り混ぜ水	精製水			
養生日数	28日・90日・150日・365日			
気中養生温度	20±5℃			
供試体寸法	$\phi 115\text{mm} \times h114\text{mm}$		$\phi 50\text{mm} \times h100\text{mm}$	
セメント	BB	試作	BB	試作
セメント添加量 (kg/m ³)	70		265	
w/c(%)	100		80	

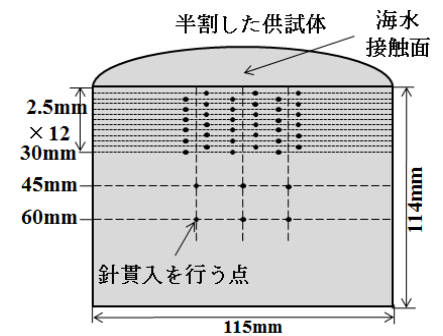


図-1 針貫入試験の計測位置

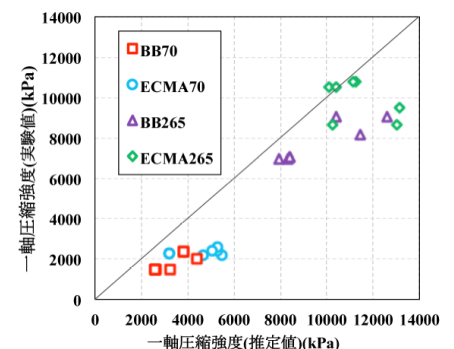


図-2 一軸圧縮強度の実験値と推定値

また、貫入勾配から供試体の一軸圧縮強度を予測できる。

2-4. 針貫入試験結果と考察

図-2 にこれまでに実験を行った供試体の一軸圧縮強度の実験値と針貫入試験から得られた一軸圧縮強度の推定値の比較を示す。推定値の方がやや大きいですが、一軸圧縮強度の実験値と推定値には相関がある。

図-3 に現地養生した供試体の針貫入勾配の平均値の深度分布を示す。同一養生環境下においては、試作セメント改良体の方が BB セメント改良体と比較して、全体的に針貫入勾配が大きくなっており、強度が大きくなっていることが推察される。図-4 に、現地養生した供試体における針貫入強度比の平均値の深度分布を示す。針貫入強度比とは、各供試体の養生環境の影響を受けないと考えられる健全部(開放面からの深さが 30mm および 45mm)での平均貫入勾配を求め、各供試体の深さ方向の貫入勾配を除した値を意味する。現場海水養生下の供試体を比較すると、試作セメント改良体の方が BB セメント改良体よりも、健全部と比較して、強度が低下している深さが大きくなっている。図-5 に各養生条件で 150 日養生された供試体における針貫入強度比の平均値の深度分布を示す。現場土中養生した供試体と比較して、海水養生した供試体の針貫入強度比の方が、開放面付近での値が全体的に小さくなっている。図-6 に現場養生した供試体の養生日数と劣化深度の関係を示す。開放面から針貫入強度比が増加しない範囲と急激に増加する範囲を直線で近似し、その 2 直線の交点を針貫入試験によって得られる劣化深度と定義した。現場海水養生した供試体は劣化深度が 6~8mm 程度だったのに対し、現場地下水以浅で土中養生した供試体に劣化は見られなかった。また、養生期間の増加に伴い、劣化深度がやや増加している。ただし、セメントの種類が劣化深度に与える大きな違いは見られなかった。耐海水性に対する検討を行うため、長期間養生した供試体での継続した検討が必要となる。

3.まとめ

本研究では、性状の異なるセメントで作製したセメント改良砂を所定の養生条件で養生させ一軸圧縮試験および針貫入試験を行った。

- 1) 試作セメントで作製した供試体のほうが BB セメントで作製した供試体よりも養生条件によらず、強度は大きくなる。
- 2) 海水環境下で養生された供試体はセメントの種類に依らず劣化している傾向が見られたが、土中で養生された供試体においては劣化は見られなかった。
- 3) 現場海水養生下においては、セメントの種類に依らず、養生 150 日目では、供試体の劣化深度が大きくなっている。

現場海水環境下においては、セメントの種類の違いにおける劣化深度の明確な違いがみられなかった。長期間養生した供試体での継続した検討を実施する予定である。

【参考文献】

- 1)黒川諒一：海水環境に着目したセメント改良砂の短期劣化特性，九州大学工学部卒業論文，pp.19-34,2014 2)原弘行，末次大輔，林重徳，松田博：海水環境下におけるセメント処理した有明粘土の劣化の進行に関する検討，材料 Vol63,No1,pp49-54,Jan.2014

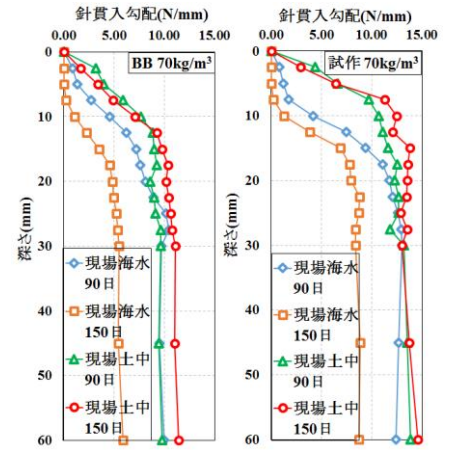


図-3 針貫入勾配分布

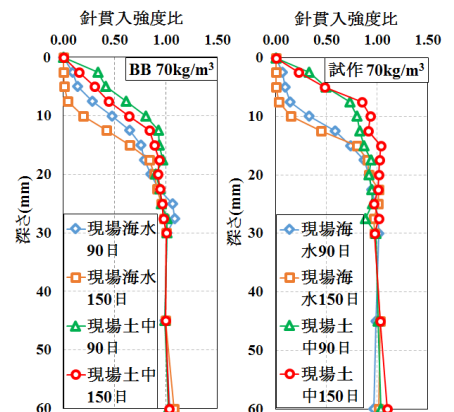


図-4 針貫入強度比分布(現場養生)

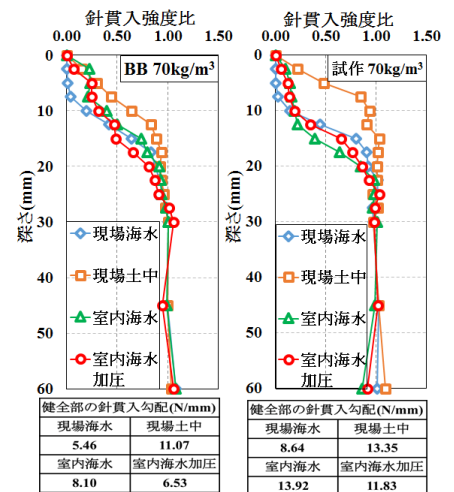


図-5 針貫入強度比分布(150日養生)

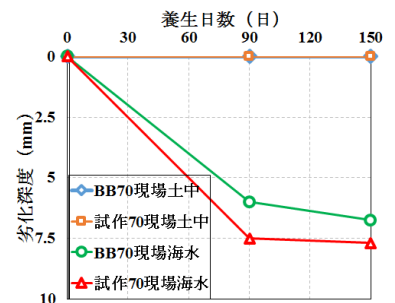


図-6 養生日数と劣化深度の関係