

海成粘土及び石炭灰の水浸養生固化における圧縮強度特性

長崎大学工学部 正会員 後藤恵之輔 長崎大学工学部 正会員 山中 稔
 長崎大学大学院 学生員 ○富永 恵介 長崎県工業技術センター 田中 稔

1. はじめに

長崎県大村湾の海底に堆積する海成粘土の有効利用を目的として、これまでに著者らは、大村湾海成粘土のセメント固化実験を行ってきた^{1)・2)}。その結果として、海成粘土のみをセメント固化した場合は、高い固化強度を得られないことが明らかとなった。そこで、強度増加のために、自硬性、軽量性を有する石炭灰の添加を試みた。

石炭灰は、1970年代の2度の石油危機から石油代替エネルギーとして石炭火力発電が見直され、それ以降、電力事業から発生量する石炭灰は、年々増加傾向にあり、現在では年間500万t以上³⁾とされている。

本研究では、大村湾の水質改善と石炭灰の資源としての有効利用を目的として、セメントを用いた混合固化実験を行うことにより、得られた圧縮強度から、例えば、あまり強度を必要としない人工漁礁への適用を検討したものである。

2. 試料及び物理試験結果

1) 海成粘土

実験に用いた海成粘土の採取位置は、大村湾最奥部の津水湾（水深約5m）であり、船上よりエクスマンバージ採泥器を用いて、海成粘土を採取した。海成粘土試料は、自然含水比120.3%、pHは9.4であり、若干高いアルカリ性を示し、強熱減量値14.3%と有機物を多く含んでいることが明らかとなった。また、日本統一分類法によれば、CL（低液性限界の粘土）に分類される。

一般的に海成粘土は黒色を呈し、異臭を発する。その原因として、有機物の分解が進み腐食したものが挙げられる。その中でも腐植酸の一種であるフミン酸は、その含有量と固化強度において負の相関がある⁴⁾とされており、本研究の固化実験においてフミン酸による影響が懸念されたため、その含有量を測定した。本海成粘土試料のフミン酸含有量は0.3%であり、この程度のフミン酸含有量では、固化強度に対する影響は無いと考えられる。

2) 石炭灰

石炭灰は、火力発電所においてマルチサイクロンで収集したものをを用いた。石炭灰試料は粒度試験の結果、最大粒径2mm、平均粒径0.04mmが得られた。また、化学分析結果からは、石炭灰の成分中SiO₂が62.1%と最も多く含まれていることが分かった。この内のシリカ分Siは、セメントとの反応においてポゾラン反応を生じさせ、後述する圧縮試験に対する固化強度を上昇させる働きを有しており、固化強度促進材料としての有効性を示していると言える。また、石炭灰中のカルシウム含有率が高ければ自己硬化性も高くなり、一軸圧縮強さも増加する⁵⁾とされている。本石炭灰試料のCaOは1.80%であり、一般的な石炭灰の中では若干少ないと言える。

その他の利点として、混和材として石炭灰を用いたコンクリートは気密性、水密性が高く、塩分の浸透を抑制する効果が認められるので、海水の作用を受けるコンクリートに適している⁶⁾ことが言われており、本研究の研究目的である、固化体の漁礁への適用を検討する観点から、石炭灰使用の優位性が大きいと考えられる。

3. 固化実験

1) 実験方法

表-1に、配合条件を示す。混練りの順序としては、まず石炭灰、固化材（普通ポルトランドセメント）を均一に混合した後、海成粘土及び海水を加えて充分に攪拌した。混練り後、直径10cm、高さ20cmのプラスチック製のモールドに入れ、バイブレーターにより、振動を加えながら気泡を充分に除去しながら成型を行った。供試体の養生方法は、成型から1週間を室内気中養生で、その後は水温20℃一定の水槽で所要期間水浸養生（人工海水）とした。

また、石炭灰混入の効果を見るために、海成粘土のみの固化供試体（海成粘土：固化材=85：15、水セメント比W/C=6.80）も作成した。

表-1 固化供試体配合条件

固化材	普通ポルトランドセメント
配合比 (重量比)	海成粘土：石炭灰：固化材 = 35:45:20
水セメント比	W/C=1.95
養生期間	7日（気中養生） 28、49日（水浸養生）

2) 結果及び考察

図-1に、海成粘土、石炭灰の混合固化供試体（以下、石炭灰混入供試体と称す。）及び海成粘土のみの固化供試体（以下、海成粘土のみ供試体と称す。）の所要期間養生後における一軸圧縮試験結果を示す。

海成粘土のみ供試体では、材令7日の初期固化強度は1MPaであり、その後材令を延ばしてもほとんど固化強度の増加は期待できないことが明らかとなった。

一方、石炭灰混入供試体は、材令7日の初期固化強度で7.6MPaと、海成粘土のみ供試体の7倍強の固化強度を示し、その後も材令の延びに伴い固化強度は増加し、石炭灰混入供試体と比較しても材令49日の固化強度では材令7日の2倍の15.2MPaを示した。これらは海成粘土のみの固化実験では得られない現象であり、石炭灰を混入することによる初期固化強度の増加、さらには長期養生におけるボゾラン反応の発現を促したものと考えられる。

また、一軸圧縮試験後の石炭灰混入供試体破断面の破片を用いてpH測定を行った結果、材令7日の11.4から材令49日の9.9とpHは材令に伴い低下しており、環境への負荷は少ないと考えられる。

4. 人工漁礁への適用性

上記で得られた圧縮試験の結果から、石炭灰混入固化供試体における人工漁礁への適用性について検討する。人工漁礁とは、人工的に構造物を海中に設置し、水産生物の保護培養を目的とした漁場施設である。その設計においての検討項目は、施工時の運搬、積み重ねによる自重、着底時において海底面との接触時に発生する衝撃力等に耐え得る強度が必要、さらには環境へ与える影響も充分に考慮する必要がある⁷⁾とされている。

本研究では、着水時における漁礁を吊り上げた状態で、部材に生じる引張強度から漁礁自体耐え得るかの検討を行った。図-2に、人工漁礁のモデル図を示している。部材幅を部材長の2割とした格子状の立方体漁礁を検討した。石炭灰混入供試体の供試体密度から漁礁重量を算定し、漁礁上部のピン4箇所を均等にワイヤーで吊り上げた場合に部材に働く引張強度を計算した。一軸圧縮試験により得られた圧縮強度を引張強度へ換算（引張強度=圧縮強度÷13）することにより適用可能な寸法を算出した。

49日養生後の石炭灰混入固化供試体における供試体密度は1.68g/cm³、圧縮強度は15.2MPaであり、上記の計算から、部材長さ5mまでの立方体漁礁ならば、部材に働く引張に対して充分耐え得ることが明らかとなった。

5. まとめ

本研究では、海成粘土をセメントにより固化する場合、得られる圧縮強度は、石炭灰を混入することにより材令初期で大きく上昇することが明らかとなった。また、長期養生の結果、石炭灰混入供試体の圧縮強度から、部材長さ5mの人工漁礁への適用も可能であることも明らかとなった。今後は、圧縮強度の面のみからではなく、あらゆる方向から人工漁礁への適用性を検討していく予定である。

参考文献

- 1) K.Gotoh and M.Yamanaka and M.Tanaka : Marine Sludge and Volcanic Debris Flow Deposits Utilization from Environmental Point of View, Proc. of Japan-China Joint Symposium on Recent Developments of Theory & Practice in Geotechnology, pp.63-68, 1997.10.
- 2) 後藤・山中・富永・小川：海成粘土のセメント固化における養生温度とフミン酸の影響，長崎大学工学部研究報告，Vol. 28, No.50, pp. 69-75, 1998. 1.
- 3) 嘉門・勝見・太田：石炭灰の防塵処理と地盤改良への適用，京都大学防災研究所年報，第37号，B-2，pp. 35-46, 1994.4.
- 4) 久楽・三木・岡田：土中のフミン酸が土質改良効果に及ぼす影響，土木技術資料，Vol.26, No.8, pp.405-410, 1984.
- 5) 地盤工学会：廃棄物と建設発生土の地盤工学的有効利用，pp. 34-37, 1998. 9.
- 6) 日本建築学会：フライアッシュセメントを使用するコンクリートの調合設計・施工指針・同解説，pp.82-86, 1978.2.
- 7) (社) 全国沿岸漁場振興開発協会：沿岸漁場整備開発事業施設設計指針，pp. 142-143, 1993. 3.

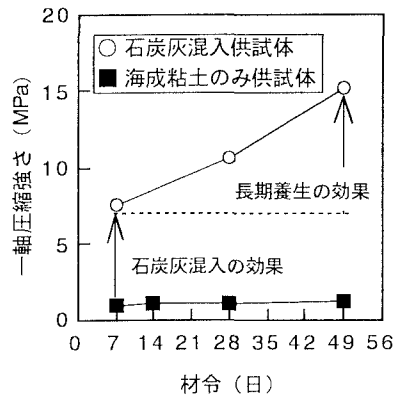


図-1 石炭灰混入及び海成粘土のみの固化供試体における圧縮強度特性

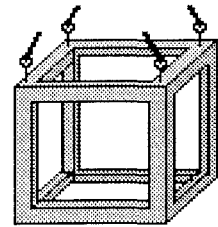


図-2 人工漁礁モデル