亜熱帯沿岸環境に適した新規モルタルの開発
～機械的性質および実環境における適応性評価～

琉球大学大学院　学生会員　○照屋　将司
琉球大学　正会員　松原　仁
琉球大学　正会員　宇座　俊吉

1. はじめに

サンゴ礁は，浅い海域に生息する海洋生物に安定した生息の場を与え，豊富な生態系を支えている．我が国で唯一の亜熱帯海洋性気候に属する沖縄県には，元来 300 種類以上の造礁サンゴが生息しており，その種の多様性は世界有数である。特に，緻密な蜂窩状組織を有するハマサンゴは，穿孔性貝類等の棲み処として，あるいは海藻類の生息基盤として最適である．一方で，密実かつ珪酸三カルシウムを多く含んでいるコンクリート材料は，護岸や消波ブロック等に代表される沿岸構造物に多く適用されており，この付近に生息している海洋生物にとっては厳しい環境となっていることが考えられる．

そこで本研究では，サンゴ礁域に生息する小動物の生息環境を修復することを指向し，亜熱帯沿岸環境に適した，ハマサンゴの蜂窩構造を有する新規モルタルの開発を目的とする．本論文では，本モルタルの微細構造，機械的性質および実環境における適応性を定量的に評価し，その妥当性を検討した．

2. 使用材料

本研究では，普通ポルトランドセメント（以下セメントと称す）と Mg-Ca 系材料（写真-1）を固化材として用いた．ここで，Mg-Ca 系材料は，地盤改良材料として開発されたマグネシウム･カルシウムを主成分とする非セメント系固化材であり，従来のセメント系材料では不溶化が難しかった鉛，フッ素，六価クロムやその他の重金属類に対しても優れた不溶化効果を有している．

また，サンゴの材料組成を模倣するために，細骨材に炭酸カルシウムペレット（写真-2，以下ペレットと称す），蜂窩構造を模倣するためにアルキエーテル系の起泡剤用いた．ここで，本ペレットは，沖縄県の地下水を水道水として利用する際に排出される産業副産物で，

写真-1 Mg-Ca 系固化材

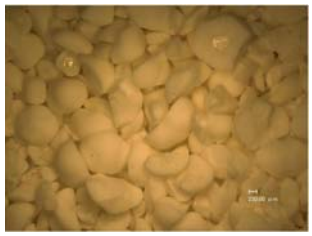


写真-2 ペレット（粉砕）

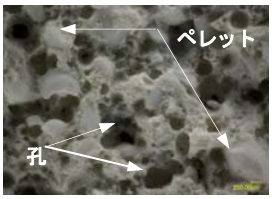
沖縄県内の浄水場から年間約 2,500 トン生成され，その主成分は，99%以上が炭酸カルシウムでありサンゴの主成分と合致している．

3. 新規モルタルの配合と微細構造

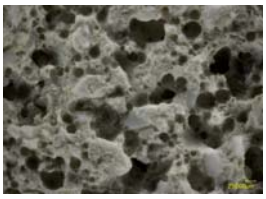
新規モルタルの配合を決定するにあたり，セメントと非セメント系固化材の配合率や細骨材率，多孔質度など，多変量を総合的に考える必要があるが，これらの影響を全て考慮することは膨大な時間と労力が必要である．そこで本研究では，水セメント比は 55%，高性能 AE 減水剤は 3%，起泡剤は 2%で固定し，セメントと非セメント系固化材の配合率を 3:7, 4:6, 5:5, 6:4, 10:0 とした場合を検討することにした．以下では，これらを「セメント置換率」と呼び，それぞれの配合率に対して，c/d:30%, c/d:40%, c/d:50%, c/d:60%, c/d:100%と表記することにする．

写真-3 には，セメント置換率の変化に伴う微細構造の変化を示す．参考までに，同スケールにおけるサンゴ岩（ハマサンゴの死骸）の蜂窩構造と普通モルタルの断面も示した．写真-3 より，セメント置換率の違いに関わらず空隙が見られた．よって，起泡剤を入れて空隙を増やすことで，ある程度サンゴの蜂窩構造を模倣することができたと思われる．しかしながら，これらの孔径の大きさは約 180 μ m であり，サンゴ岩の蜂窩構造の 135.6 μ m よりも大きいことが分かる．なお，普通モルタルの断面には新規モルタルのような空隙は全く見られないことに注意されたい．

キーワード　亜熱帯沿岸環境，蜂窩構造，$CaCO_3$
起泡剤，海洋生物
連絡先　〒902-0213　沖縄県中頭郡西原町千原 1 番地
TEL(098)-895-8652



(a) c/d:30%
(孔径：202.2μm)



(b) c/d:60%
(孔径：170.2μm)

(c) サンゴの蜂窩構造
(孔径：135.6μm)

(d) 普通モルタル

写真-3 微細構造変化

4. 強度試験

ここでは，微細な構造を持つ新規モルタルの強度試験を行い，圧縮強度，ポアソン比等の機械的性質を詳査する．図-1 に，各セメント置換率の応力-ひずみ曲線を示す．図-1 よりセメント置換率が大きくなるにつれて，それらの強度が増加していることが分かる．なお，別途試験にて，サンゴ岩の強度を測定したところ，約 8～15（N/mm^2）程度であったことから，強度に関しては c/d:60%が最もサンゴ岩に近いことが分かった．また，同じ配合の試験体でも強度に少しのバラツキが生じたが，これは多数の孔が不規則的に配列されているためだと考えられる．なお，セメント置換率の変化に伴うポアソン比の変化は見られず，0.25 程度であった．

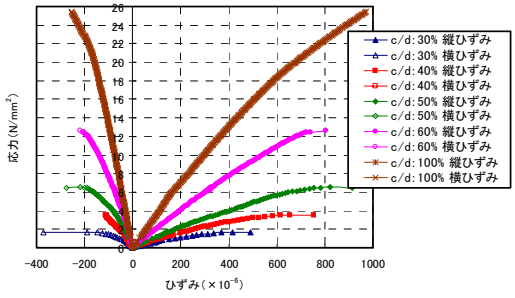


図-1 各セメント置換率の応力-ひずみ曲線

5. 実環境評価試験

新規モルタルの実環境への適応性を評価するために，琉球大学熱帯生物圏研究センター瀬底実験所の陸上水槽（海水濾過）にて亜熱帯海洋生物のひとつであるシャコガイの本モルタルへの付着，成長記録を観察した．本モルタルは，護岸や消波ブロック等の既存構造物への上面に厚めの上塗モルタルとしての利用が想定されるため本実験においては，図-2 のような二層構造の試験体を作製した．また，比較対照にサンゴ岩 2 体にもシャコガイを設置した．図-3 にシャコガイの成長グラフを示す．図-3 より，成長率はサンゴ岩の場合に最も高く，c/d:30%および c/d:100%のとき最も低い．平成 22 年 4 月現在，サンゴ岩を除いて新規モルタルにおいては，c/d:60%の成長率が最もよいと考えられる．前節で述べたように，c/d:60%の強度はサンゴ岩に最も近いという結果が既に得られており，本調査によって，シャコガイの成長とモルタルの強度との間に何らかの関係があるものと考えられた．

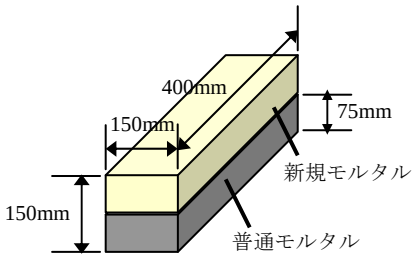


図-2 実環境評価用試験体

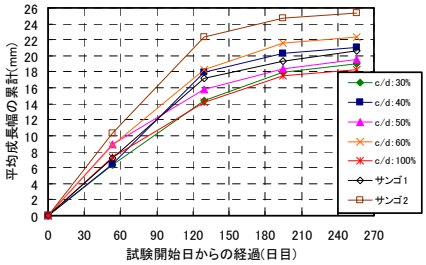


図-3 シャコガイの成長グラフ

6. まとめ

本研究では，サンゴの蜂窩構造を模倣した新規モルタルを開発し，その微細構造，機械的性質および実環境における適応性を検討した．本研究で得られた知見を以下に示す．

(1) 新規モルタルとサンゴ岩の平均孔径はそれぞれ約 180μm，135.6μm であり，サンゴ岩は，極めて微細な構造を有していることが分かった．

(2) 強度試験を行った結果，c/d:60%でサンゴ岩の圧縮強度と同程度であることが分かった．

(3) 実環境評価試験より平成 22 年 4 月現在，新規モルタルにおいては，c/d:60%の成長率が最もよいと考えられた．

なお，実環境においての評価は，海洋生物を対象としているため，多くの時間を必要とする．従って，今後，継続した検討が必要である．

参考文献

1) 宇座俊吉，松原仁，伊良波繁雄：非セメント系固化材を用いた亜熱帯海洋生物の生息基盤に関する研究，土木学会第 64 回年次学術講演概要集，V-350，pp.697～698，2009.