

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6433013号
(P6433013)

(45) 発行日 平成30年12月5日 (2018. 12. 5)

(24) 登録日 平成30年11月16日 (2018. 11. 16)

(51) Int. Cl. F I
AO 1 K 61/77 (2017. 01) AO 1 K 61/77
AO 1 G 33/02 (2006. 01) AO 1 G 33/02

請求項の数 12 (全 14 頁)

(21) 出願番号	特願2014-148606 (P2014-148606)	(73) 特許権者	504160781
(22) 出願日	平成26年7月22日 (2014. 7. 22)		国立大学法人金沢大学
(65) 公開番号	特開2015-42168 (P2015-42168A)		石川県金沢市角間町ヌ7番地
(43) 公開日	平成27年3月5日 (2015. 3. 5)	(73) 特許権者	000242644
審査請求日	平成29年7月13日 (2017. 7. 13)		北陸電力株式会社
(31) 優先権主張番号	特願2013-151328 (P2013-151328)		富山県富山市牛島町15番1号
(32) 優先日	平成25年7月22日 (2013. 7. 22)	(73) 特許権者	000137074
(33) 優先権主張国	日本国 (JP)		株式会社ホクコン
			福井県越前市北府1丁目2番38号
		(74) 代理人	100154966
			弁理士 海野 徹
		(72) 発明者	三木 理
			石川県金沢市角間町ヌ7番地 国立大学法人金沢大学内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 フライアッシュ高含有ポーラスコンクリート及びこれを用いた藻場造成方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

セメント、混和材としてフライアッシュ及び粗骨材として比重が2.7～3.0の火山岩を含有するポーラスコンクリートを海藻の受精卵およびまたは遊走子の着床基質として用いて、

前記フライアッシュから溶出するシリカと前記セメント由来のアルカリ成分とが反応により固化することで、前記アルカリ成分と前記火山岩が含有するシリカ成分とのアルカリ骨材反応を抑制することを特徴とする藻場造成方法。

【請求項 2】

前記ポーラスコンクリートを板状に成形したポーラスコンクリート板を海底に敷設してあるコンクリート漁礁あるいはフライアッシュコンクリート漁礁あるいは岩礁に取り付け、藻場を造成することを特徴とする請求項 1 に記載の藻場造成方法。

【請求項 3】

前記ポーラスコンクリートを板状に成形したポーラスコンクリート板の表面に、海藻の受精卵およびまたは遊走子を播種し、着床・発芽・成長させた後、前記ポーラスコンクリート板を海底に敷設してあるコンクリート漁礁あるいはフライアッシュコンクリート漁礁あるいは岩礁に取り付け、藻場を造成することを特徴とする請求項 1 に記載の藻場造成方法。

【請求項 4】

混和材としての前記フライアッシュの添加量が前記セメント使用量に対して 15 質量%以上 40 質量%以下であることを特徴とする請求項 1～3 のいずれか 1 項に記載の藻場造成方法。

【請求項 5】

前記ポーラスコンクリートの圧縮強度が 10 N/mm²以上、および、空隙率が 25%以上であることを特徴とする請求項 1～4 のいずれか 1 項に記載の藻場造成方法。

10

【請求項 6】

前記海藻の受精卵がホンダワラ類の受精卵であることを特徴とする請求項 1～5 のいずれか 1 項に記載の藻場造成方法。

【請求項 7】

混和材としての前記フライアッシュが石炭火力発電所の副産物であることを特徴とする請求項 1～6 のいずれか 1 項に記載の藻場造成方法。

【請求項 8】

セメント、混和材としてフライアッシュ及び粗骨材として比重が2.7～3.0の火山岩を含有して成り、海藻の受精卵およびまたは遊走子の着床基質として用いられるものであり、前記フライアッシュから溶出するシリカと前記セメント由来のアルカリ成分とが反応により固化することで、前記アルカリ成分と前記火山岩が含有するシリカ成分とのアルカリ骨材反応を抑制することを特徴とするポーラスコンクリート。

20

【請求項 9】

板状に成形され、海底に敷設してあるコンクリート漁礁あるいはフライアッシュコンクリート漁礁あるいは岩礁に取り付けられることで藻場の一部を構成することを特徴とする請求項 8 に記載のポーラスコンクリート。

30

【請求項 10】

混和材としての前記フライアッシュの添加量が前記セメント使用量に対して 15 質量%以上 40 質量%以下であることを特徴とする請求項 8 又は 9 に記載のポーラスコンクリート。

【請求項 11】

圧縮強度が 10 N/mm²以上、および、空隙率が 25%以上であることを特徴とする請求項 8～10 のいずれか 1 項に記載のポーラスコンクリート。

【請求項 12】

混和材としての前記フライアッシュが石炭火力発電所の副産物であることを特徴とする請求項 8～11 のいずれか 1 項に記載のポーラスコンクリート。

40

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明はフライアッシュ高含有ポーラスコンクリート及びこれを用いた藻場造成、特に、ガラモ場を造成する方法に関する。

【背景技術】

【0002】

50

近年、日本沿岸において大型藻類が繁茂する藻場の消失（「磯焼け」とも呼ばれる）がさまざまな要因によって急速に進行しており、その対策が急務となっている。藻場の中でも、大型褐藻であるホンダワラ類によって構成された藻場は、特に「ガラモ場」と呼ばれている。「ガラモ場」は、有用水産生物の生息、摂餌、産卵等の場として水産産業の面から重要な役割を果たしている。また、ホンダワラ類は全長が数メートルにも大型化することから、溶存CO₂の吸収や窒素・リンなどの栄養塩摂取などの機能を有しており、水環境の維持にも大きな役割を果たしている。さらに、近年、ホンダワラ類を原料としてバイオエタノールなどの燃料化をはかる研究が進められており、食糧と競合しない新たなバイオマス原料としての活用も期待されている。

【0003】

ホンダワラ類とは、不等毛植物門（黄色植物門）、褐藻綱、ヒバマタ目、ホンダワラ科に属する海藻で、日本には60数種が知られており、ホンダワラ、アカモク、ジョロモク、ヤツマタモク、ヒジキ等に分類される。ホンダワラ類は、外見上、根・茎・葉の区別があり、上部に気泡をつけて直立するように海中に生育し、世代交代が見られず、通常観察されるのは複相世代（孢子体）だけである。孢子体には、雄株と雌株があり、それぞれの体に雄性和雌性の生殖器官が形成される。卵は「生殖器床」という生殖器官内の生卵器で形成され、放出されたあとも「生殖器床」上に保持されるが、受精後、胚発生を開始して幼胚になり、一定の発生段階に達すると落下し、海域底面に存在する基質（岩や岩盤など）に付着し、「仮根」を伸長させ着床・生育する。したがって、ホンダワラ類の生育には岩や岩盤など波に対して「安定した基質」があることが必須条件であり、砂地では生育不能で、岩礁域に主として生息している。ただし、ホンダワラ類の生育には波浪強度が強く関連しており、波の穏やかな海域ではカキ殻などの軽い基質上でも生育可能との報告もある。

【0004】

近年、人為的な要因（沿岸域の埋め立て工事、それによる海流の変化、ヘドロ化等）によって、ガラモ場は激減しており、沿岸域のガラモ場の復元が強く求められるようになっている。ガラモ場などの藻場を造成する場合、海藻の付着基質として海底に投石を行ったり、コンクリート・ブロックを設置することが多い。特に、我が国では波浪に対して安定な1t以上の石材の入手が困難なため、波浪の大きな外洋に面する海岸では海藻の基質としてコンクリート・ブロックが使用されることが少なくない。使用されるコンクリート・ブロックとしては、藻場造成用に開発された藻礁コンクリート・ブロック、テトラポッドに代表される波消ブロックなどがある（非特許文献1）。

コンクリートとは、セメントに、細骨材（砂など5mm以下のもの）、粗骨材（礫など5mm以上のもの）、水を適当な割合で配合、ねりまぜて型に流し込み、硬化させたものである。言い換えれば、コンクリートとは、砂や礫をセメントペースト（セメントを水でねったもの）によって、固着させたものである。コンクリートの全体積の65～80%は骨材（細骨材＋粗骨材）が占めている。この他に、コンクリートには各種性能の改善のためにさまざまな混和材料も添加される。混和材料は、使用量が比較的少ない「混和剤」と使用量が多くコンクリート容積に影響を与える「混和材（または、混合材）」に大別される。

【0005】

近年、海藻の付着基質としてのコンクリート・ブロックに用いるコンクリートとして、通常のコンクリートではなく、ポーラスコンクリートが注目されるようになってきている。通常のコンクリートが、粗骨材（砂利など）＋細骨材（砂）＋セメントを適切な配合で混合して製造するのに対し、ポーラスコンクリートは、粗骨材（砂利など）＋セメント、もしくは極少量の砂を加えて製造するものであり、粗骨材と粗骨材の間に発生する空隙を十分に埋めることなく成型される。このため、ポーラスコンクリートは、粗骨材と粗骨材との間に多孔質で連続した空隙（間隙）が存在するコンクリート・ブロックとなる。表面に凹凸が生じるため、海藻類が着床しやすいとされているが、ポーラスコンクリートは、空隙が大きいので、重量が軽く、強度や耐久性の面に課題がある。

加えて、海藻類の成長に必要な窒素、リンなどの肥料をポーラスコンクリート表面に被

10

20

30

40

50

覆したり、肥料を含浸させたポーラスコンクリートも開発されている。また、微量栄養源の供給のため、粗骨材として鉄鉱石や転炉スラグなどの鉄系の粗骨材を使用したポーラスコンクリートも開発されている（特許文献1、非特許文献2）。これは、窒素、リン、鉄などの栄養源を継続して供給し、着床した海藻の成長を促進する効果を狙ったものである。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0006】

【特許文献1】特開2000-335986号公報

【非特許文献】

10

【0007】

【非特許文献1】能登谷正浩、藻場の海藻と造成技術、成山堂、2003

【非特許文献2】米本龍史、沿岸海域に適用した鉄系骨材を含むポーラスコンクリートの性質、土木学会第56回年次学術講演会、平成13年10月

【非特許文献3】田中義人、オートクレーブ処理したフライアッシュ高含有ポーラスコンクリートの強度と水和反応性状、Cement Science and Concrete Technology、No.55、2001

【非特許文献4】鉄鋼スラグの特性と有用性、鉄鋼スラグ協会、平成7年

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

20

【0008】

しかし、これまでに提案・実施されてきた藻場造成方法は、以下のような課題を有している。

1)の手法（コンクリート・ブロック法）は、古くから藻場の造成手法として用いられている。コンクリートの設計圧縮強度は、消波ブロックの最低設計基準 $18 \sim 21 \text{ N/mm}^2$

（MPa）程度であり、波浪の強い海域で人工基質として用いても問題は少ないと考えられる。硬化が進んでいないコンクリートはアルカリ溶出（水酸化カルシウム起因）が多いが、標準養生期間（28日）以上養生したコンクリートはアルカリ溶出が少ないことが報告されており、実海域の場合にはコンクリート・ブロックに対して、海水容量も大きいこと、海水自体のpHが上昇することは見られない。また、徐々に炭酸化カルシウムが表面に生成されるため、アルカリ溶出もおさまるとされている。しかしながら、海中に設置した直後のコンクリートの表面の数mmの境界層は、周辺の海水よりもpHが上昇し、海藻の受精卵の着床や生育に影響が出る可能性が考えられる。また、コンクリート基質表面の起伏や凹凸が小さいことや空隙率がほとんどないため、海流速の影響を受けやすく、海藻の付着や仮根伸長に不利となる。

30

【0009】

2)の手法（ポーラスコンクリート法）は、その表面に凹凸があり、また、コンクリート内部の空隙率も高いことから、従来の平板型のコンクリートと比較すると海藻の付着や仮根伸長に好適である利点がある。しかし、ポーラスコンクリートであっても、通常の平板型コンクリートと同様に海水環境下に設置した場合、空隙内部までの海水の拡散は生じにくく、内部表面付近近傍でのアルカリ化（セメントに含まれる水酸化カルシウム起因）が継続して生じ、海藻の仮根の伸張阻害が生ずることが予想される。さらに、一般のポーラスコンクリートは、空隙率を上昇させると圧縮強度が低下する。消波ブロックの最低設計基準 18 N/mm^2 （MPa）を満足させるためには、通常の養生方法では、空隙率を25体積%未満（一般的に10～15体積%程度）とせねばならない。このように大型のコンクリート・ブロックとしてポーラスコンクリートを海洋に用いる場合には、空隙率に限界が生ずる（非特許文献3）。

40

【0010】

3)の手法（肥料含浸ポーラスコンクリート法）についても、2)の手法と同様、ポーラスコンクリートであるため、アルカリ化（水酸化カルシウム起因）が継続することが懸

50

念される。肥料を含浸させたとしても、窒素、リンが短期に溶出してしまうとその永続的な効果は期待できない。この制御は極めて難しい。また、鉄鋼スラグなどから微量栄養源である鉄の供給を継続するためには、アルカリ化を抑制することが必須である。アルカリ条件下では溶存鉄は、直ちに水酸化鉄となり、不溶化してしまうからである。また、大型コンクリート・ブロックとして海洋に用いる場合、強度と空隙率に関してポーラスコンクリートと同様の課題を有している。

【0011】

本発明は、従来技術で問題であった上記のような課題を解決して、海藻、特にホンダワラ類の着床と発芽、仮根の伸張に適したフライアッシュ高含有ポーラスコンクリートを提供すること及びこれを用いて、藻場を効率的に造成する方法を提供することを目的とする。

10

【課題を解決するための手段】

【0012】

本発明者らは、上記の課題を解決するため、フライアッシュを大量にポーラスコンクリートの混和材に用いることによって、ポーラスコンクリートに海藻の発芽及び成長に適した性状を有せさせるとともに同ポーラスコンクリートを小型化して海藻に適用することによって、同ポーラスコンクリートを用いた藻場を効率的に造成する方法を確立したものである。

本発明の要旨とするところは、次の(1)～(7)である。

(1) セメント、混和材としてフライアッシュ及び粗骨材として比重が2.7～3.0の火山岩を含有するポーラスコンクリートを海藻の受精卵およびまたは遊走子の着床基質として用いて、

20

前記フライアッシュから溶出するシリカと前記セメント由来のアルカリ成分とが反応により固化することで、前記アルカリ成分と前記火山岩が含有するシリカ成分とのアルカリ骨材反応を抑制することを特徴とする藻場造成方法。

(2) 前記ポーラスコンクリートを板状に成形したポーラスコンクリート板を海底に敷設してあるコンクリート漁礁あるいはフライアッシュコンクリート漁礁あるいは岩礁に取り付け、藻場を造成することを特徴とする請求項1に記載の藻場造成方法。

(3) 前記ポーラスコンクリートを板状に成形したポーラスコンクリート板の表面に、海藻の受精卵およびまたは遊走子を播種し、着床・発芽・成長させた後、前記ポーラスコンクリート板を海底に敷設してあるコンクリート漁礁あるいはフライアッシュコンクリート漁礁あるいは岩礁に取り付け、藻場を造成することを特徴とする請求項1に記載の藻場造成方法。

30

(4) 混和材としての前記フライアッシュの添加量が前記セメント使用量に対して15質量%以上40質量%以下であることを特徴とする請求項1～3のいずれか1項に記載の藻場造成方法。

(5) 前記ポーラスコンクリートの圧縮強度が10N/mm²以上、および、空隙率が25%以上であることを特徴とする請求項1～4のいずれか1項に記載の藻場造成方法。

(6) 前記海藻の受精卵がホンダワラ類の受精卵であることを特徴とする請求項1～5のいずれか1項に記載の藻場造成方法。

40

(7) 混和材としての前記フライアッシュが石炭火力発電所の副産物であることを特徴とする請求項1～6のいずれか1項に記載の藻場造成方法。

更に、本発明の要旨とするところは、次の(8)～(12)である。

(8) セメント、混和材としてフライアッシュ及び粗骨材として比重が2.7～3.0の火山岩を含有して成り、海藻の受精卵およびまたは遊走子の着床基質として用いられるものであり、

前記フライアッシュから溶出するシリカと前記セメント由来のアルカリ成分とが反応により固化することで、前記アルカリ成分と前記火山岩が含有するシリカ成分とのアルカリ骨材反応を抑制することを特徴とするポーラスコンクリート。

(9) 板状に成形され、海底に敷設してあるコンクリート漁礁あるいはフライアッシュ

50

コンクリート漁礁あるいは岩礁に取り付けられることで藻場の一部を構成することを特徴とする請求項8に記載のポーラスコンクリート。

(10) 混和材としての前記フライアッシュの添加量が前記セメント使用量に対して15質量%以上40質量%以下であることを特徴とする請求項8又は9に記載のポーラスコンクリート。

(11) 圧縮強度が10N/mm²以上、および、空隙率が25%以上であることを特徴とする請求項8～10のいずれか1項に記載のポーラスコンクリート。

(12) 混和材としての前記フライアッシュが石炭火力発電所の副産物であることを特徴とする請求項8～11のいずれか1項に記載のポーラスコンクリート。

【発明の効果】

10

【0013】

本発明のポーラスコンクリートはフライアッシュを混和材として添加するため、アルカリ溶出量が少なく、表面の起伏や凹凸に富み、適度な空隙率と圧縮強度を有する。したがって、海藻の受精卵や遊走子の着床・発芽基質として用いた場合にその成長を促進することができ、良質な藻場を造成することが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【0014】

【図1】本発明の効果を示す図である

【図2】平板コンクリートおよびフライアッシュ高含有ポーラスコンクリート板におけるホンダワラ類の受精卵の着床量を比較する図である。

20

【図3】平板コンクリートおよびフライアッシュ高含有ポーラスコンクリート板におけるホンダワラ類の成長を比較する図である。

【図4】フライアッシュ高含有ポーラスコンクリート板を用いた藻場造成材を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0015】

本発明は、フライアッシュを混和材として用いた小型のポーラスコンクリート板を製造し、この小型フライアッシュ高含有ポーラスコンクリート板を用いて藻場を効率的に造成する方法である。以下に本発明について説明する。

まず、フライアッシュ高含有ポーラスコンクリートについて説明する。

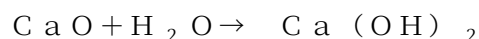
30

フライアッシュとは石炭火力発電所などの微粉炭ボイラの燃焼ガス中の灰分を電気集塵機で捕集したものであり、一般のコンクリート混和材に用いる場合、その品質がJIS A 6201（コンクリート用フライアッシュ）に規定されている。化学成分的には、非晶質の二酸化ケイ素（SiO₂）を45.0%以上含むものである。ガラス状の球状の微粒子であり、比表面積は2400cm²/g、比重は1.95以上である。また、粒径によって規格が細分化されており、45μmふるい残分が小さいほど（粒径が小さいほど）良質のフライアッシュの製品となる。本発明のポーラスコンクリートの混和材としてフライアッシュを用いる場合も、上述したコンクリート用フライアッシュ規格に準じ、化学的・物理的性状が安定している石炭火力発電所から発生するフライアッシュを用いることが望ましい。

40

【0016】

フライアッシュをポーラスコンクリートの混和材として用いた場合、以下のような利点がある。コンクリートのアルカリ性は、セメントに水を加えて練り混ぜると、セメントが含有するCaOが水と反応し、水酸化カルシウムCa(OH)₂を形成するために生じる。



しかし、フライアッシュをポーラスコンクリート製造時に混合すると、フライアッシュから溶出するシリカやアルミナが、セメントペースト（セメントと水をねり混ぜたもの）中の水酸化カルシウムと徐々に化合し、水に難溶性のカルシウムシリケート化合物（C-S-H化合物）（ポゾラン反応と呼ばれている）やカルシウムアルミネート化合物（C-A

50

-H化合物)を作る。フライアッシュの添加量が多いほど、より低C/SのC-S-Hが形成されると考えられ、この低アルカリ性のC-S-H化合物や残存するフライアッシュによって、セメントによるアルカリ化が緩和されることとなる。

【0017】

さらに、C-S-H化合物やC-A-H化合物は、粗骨材の付着・固化を促進し、ポーラスコンクリート組織を緻密にして、その水密性を増し、日時の経過とともに強度を発揮する。ポーラスコンクリートには、コンクリートと異なり砂などの細骨材が含まれていないため、ポーラスコンクリート混和材としてフライアッシュを添加することはその強度を高める点からも望ましいことである。

また、現在フライアッシュは相当量が埋め立て処理されており、埋立地確保や環境への悪影響という問題が指摘されていることから、本発明はフライアッシュを有効活用できるという利点も有する。

なお、ポーラスコンクリートに混和材として用いるフライアッシュの添加量は、セメント使用量に対して15質量%以上40質量%以下であることが望ましい。フライアッシュが15質量%未満ではセメント起因のアルカリ抑制効果が小さく、また、40質量%超になると、セメントペースト量が小さくなりすぎ、ポーラスコンクリートの強度を維持することが困難となるためである。

【0018】

フライアッシュ高含有ポーラスコンクリートの強度は、消波ブロックのような大型ブロックとして海域に適用する場合、消波ブロックの最低設計基準圧縮強度に準じて18N/mm²以上確保するとともに、海藻（ホンダワラ類など）の仮根の伸張促進の観点からポーラスコンクリートの空隙率も25体積%以上有することが望ましい。しかしながら、通常のコンクリート養生方法で両者をともに達成するのは難しく、通常の水中養生方法等とは異なり、オートクレーブなどを用いた高温・高圧の養生手段によって、18N/mm²以上の強度を確保することが必要となる（非特許文献3）。このオートクレーブを用いた養生方法は、ポーラスコンクリート強度向上に極めて効果的な手段ではあるが、製造コストが上昇する課題がある。

一方、本発明のような海藻受精卵の培養板として小型化したフライアッシュ高含有ポーラスコンクリートを用いる場合には、海洋投入時に破損が避けられる10N/mm²以上の強度が確保されれば十分であり、18N/mm²以上の強度は必要としない。したがって、本発明のポーラスコンクリートではオートクレーブが不要になり、製造コストを抑制できるという利点がある。また、この場合の小型化したフライアッシュ高含有ポーラスコンクリート板の大きさは、海域で潜水夫が単独で運搬・作業できる大きさ・重量程度を意味する。小型化したフライアッシュ高含有ポーラスコンクリート板は、すでに海域に投入されたコンクリート製やフライアッシュコンクリート製ブロックあるいは岩盤などにアンカーボルトや接着剤等でとりつけて使用する。

【0019】

フライアッシュ高含有ポーラスコンクリートに用いる粗骨材について説明する。フライアッシュの比重は前述したように1.95と砂(2.5~2.8)より小さいため、フライアッシュ高含有ポーラスコンクリートは、重量が小さくなりすぎる可能性がある。このため、粗骨材としては、比重が大きい鉄鋼スラグまたは火山岩を使用することが望ましい。

粗骨材として用いる鉄鋼スラグとしては、高炉から発生する高炉スラグ、転炉から発生する製鋼スラグ、電気炉から発生する電気炉酸化スラグ、電気炉でステンレスの原料となるフェロニッケル製造時に発生するフェロニッケルスラグなどがあり、いずれを用いてもかまわない。近年、良質の天然骨材の枯渇が進んでおり、天然骨材の代替としてもこれらの鉄鋼スラグを用いることはCO₂削減の観点からも望ましいことである。また、表1に示すように、鉄鋼スラグは、鉄の含有量が大きく、高炉から発生する高炉スラグ、転炉から発生する製鋼スラグ、電気炉から発生する電気炉酸化スラグの絶対比重は、それぞれ2.5~2.8、3.2~3.6、3.4~3.6と高く、海岸構造物として高含有ポーラ

10

20

30

40

50

スコンクリートを用いる場合、ある程度の重量をもたせる効果を期待することができる。

さらに、フライアッシュ高含有ポーラスコンクリートの粗骨材として火山岩を用いることもできる。火山岩としては、安山岩や流紋岩があるが、比重は2.7～3.0程度である。これらの火山岩は表1に示すようにシリカ分の多い酸性岩であり、アルカリ骨材反応による骨材の膨張を起こしやすい欠点がある。このため、天然骨材でありながらも、そのコンクリートへの使用には注意が必要とされてきた。しかしながら、混和材としてフライアッシュを大量に用いる今回の発明のケースでは、フライアッシュから溶出するシリカとセメント由来のアルカリ成分が反応して固化しているため、アルカリ成分と骨材の含有するシリカ成分の反応を抑制することが可能となる。

【表1】

組成例（単位：％）：非特許文献4

	鉄鋼スラグ （転炉スラグ）	鉄鋼スラグ （電気炉酸化スラグ）	安山岩	普通ポルトランド セメント
SiO ₂	13.8	17.7	59.6	22.0
CaO	44.3	26.2	5.8	64.2
Al ₂ O ₃	1.5	12.2	17.3	5.5
TFe	17.5	21.2	3.1*	3.0**
MgO	6.4	5.3	2.8	1.5
S	0.07	0.09	・	2.0***
MnO	5.3	7.9	0.2	・
TiO ₂	1.5	0.7	0.8	・

*FeOとして **Fe₂O₃として ***SO₃として

【0020】

次に、フライアッシュ高含有ポーラスコンクリートを用い、どのように藻場を造成するかを説明する。

本発明が造成の対象とする海藻は、褐藻類、紅藻類、緑藻類に属するいずれの海藻でもかまわないが、その中心は、海域の岩礁域に生育・繁殖するホンダワラ類（例えば、ホンダワラ、アカモク、ジョロモク、ヤツマタモク、ヒジキ）等の大型褐藻である。ホンダワラ類からなる藻場は、「ガラモ場」と呼ばれ、「ガラモ場」は、有用水産生物の生息、摂餌、産卵等の場として水産産業の面から重要な役割を果たしており、また、ホンダワラ類は全長が数メートルにも大型化することから、溶存CO₂の吸収や窒素・リンなどの栄養塩摂取などの機能も有している。ホンダワラ類以外の大型褐藻、例えばコンブ、アラメ、カジメ、ワカメ等の食用として広く栽培されている大型褐藻の培養にもフライアッシュ高含有ポーラスコンクリートの適用は可能である。このような海藻の場合は、ホンダワラ類とは異なり、受精卵ではなく遊走子によって成長することから、コンブ、アラメ、カジメ、ワカメ等の培養には遊走子を用いることになる。

小型化したフライアッシュ高含有ポーラスコンクリート板を製造し、この小型化したフライアッシュ高含有ポーラスコンクリート板を、すでに海域に投入されたコンクリート製やフライアッシュコンクリート製のブロックあるいは岩盤などにアンカーボルトや接着剤等でとりつければよい。大型のフライアッシュ高含有ポーラスコンクリート・ブロックを製造し、海藻の付着基質として、従来のコンクリート・ブロックにかえて海域にそのまま大型のブロックとして直接投入し、藻場を造成することも可能である。しかし、このような場合、前述したように強度の課題があり、前記で述べたように、通常の養生方法とは異なり、オートクレーブ養生などで18N/mm²以上の強度を確保する必要がある。

【0021】

磯焼け状態の海域で近辺にホンダワラ類がほぼ絶滅し、その存在量が極めて少ない場合には、小型化したフライアッシュ高含有ポーラスコンクリートを現場の海域に設置するだけでは効率的に藻場を造成することはできない。このような場合、小型化したフライアッシュ高含有ポーラスコンクリートを、陸上にある海水水槽内に設置して、その表面に、海藻類の受精卵およびまたは遊走子を人工的に播種し、着床・発芽・成長させた後、海藻類の発芽体が付着したポーラスコンクリートを海底に敷設してあるコンクリート漁礁あるい

はフライアッシュコンクリート漁礁あるいは岩礁にアンカーボルトや接着剤などで取り付け、藻場を造成する。また、海域に設置する海藻類の成長の目安は、最大主枝長が10cm以上となった時点が望ましい。最大主枝長が10cm未満の場合には、ヨコエビ等の動物性プランクトンに摂取されやすいため、ある程度まで成長させた後、海域に設置することが望ましい。なお、陸上の水槽でホンダワラ類を培養する条件については、実施例にて詳細に説明する。

【実施例】

【0022】

(実施例1) 海藻着生用小型フライアッシュ高含有ポーラスコンクリートの製造

海藻の受精卵および/または遊走子の着生用として、1種類の普通平板コンクリートと3種類の小型のフライアッシュ高含有ポーラスコンクリート板(100mm×200mm×30mm)を製作した。平板コンクリート(No. 1)とフライアッシュ高含有ポーラスコンクリート(No. 2～No. 4)の概要を表2に示す。また、平板コンクリートとフライアッシュ高含有ポーラスコンクリートの配合を表3、表4に示す。

No. 2～No. 4のフライアッシュの添加量は、No. 1の平板コンクリート中のセメント量244kg/m³の39質量%の96kg/m³とした。No. 2～No. 4のフライアッシュ高含有ポーラスコンクリートは、使用した粗骨材が異なっており、No. 2は、火山岩の一種である安山岩、No. 3およびNo. 4は鉄鋼スラグである。いずれも粒径は5～20mmである。

【0023】

製造方法は、以下の通りである。パン型強制練りミキサーで200～300秒程度練り混ぜ後、20～30分程度練り置いた。所定の大きさの型枠に2～3層ごとに投入し、タンパで締め固めた。養生は脱型後、6日間真水に静置した。その後、海水中で2週間静置し、その後、真水で洗浄した。

さらに、製造した平板コンクリート(No. 1)とフライアッシュ高含有ポーラスコンクリート(No. 2～No. 4)の圧縮強度は、別途、円柱供試体(φ10×20cm)を作成し測定した。フライアッシュ高含有ポーラスコンクリート(No. 2～No. 4)の海水養生、材齢28日後の圧縮強度は、10N/mm²を超えた。

ポーラスコンクリートの空隙率は、以下の方法で測定した。硬化したポーラスコンクリート試験体の容積(V)をノギスなどで正確に測定後、気中質量(W2、24時間屋内に自然放置し乾燥)と水中質量(W1、24時間水中浸漬後、試験体を水中で転がし、十分に空気を取り除く)から計算した。

$$\text{空隙率 } A = (1 - (W2 - W1) / V) \times 100 (\%)$$

フライアッシュ高含有ポーラスコンクリート(No. 2～No. 4)の空隙率は、25体積%を超えた。

【表2】

製造したコンクリートの概要				
No.	種類	フライアッシュ	細骨材	粗骨材
1	平板コンクリート	無	砂	火山岩(安山岩)
2	ポーラスコンクリート	有	無	火山岩(安山岩)
3	ポーラスコンクリート	有	無	鉄鋼スラグ(電気炉酸化スラグ)
4	ポーラスコンクリート	有	無	鉄鋼スラグ(フェロクロムスラグ)

【表 3】

平板コンクリート（N o . 1）の配合（kg/m ³ ）					
項目	セメント	水	細骨材 （珪砂）	粗骨材	減水剤
配合量	244	154	837	1069	2.44

【表 4】

フライアッシュ高含有ポーラスコンクリート（N o . 2～4）の配合（kg/m ³ ）						
項目	セメント	水	細骨材 （珪砂）	粗骨材	減水剤	フライアッシュ
配合量	144	60	—	1560	4.80	96

10

【0024】

（実施例 2）小型フライアッシュ高含有ポーラスコンクリート板を用いたホンダワラ類受精卵の着生

実施例 1 で作成した平板コンクリート（N o . 1）とフライアッシュ高含有ポーラスコンクリート（N o . 2～N o . 4）の 4 種類をホンダワラ類の着床基盤に用いた。各コンクリートは、100mm×50mm×30mm である。容量 10L の海水槽内に設置した各コンクリート上にホンダワラ類（ヤツマタモク）の受精卵を 1000 個散布後、水温が 15℃、光量が約 15 μmol/m²/s、光周期が 12h 明：12h 暗の条件で 5 週間培養した。海水には 1 体積%、PES（栄養塩強化培地、Enriched Seawater by Provasoli の略称）を添加した。5 週間後にホンダワラ類受精卵の着底・発芽状況を写真撮影し、着底・発芽状況を観測した。図 2 に 5 週間後、各コンクリート上に着床し発芽したヤツマタモク数の比較結果を示す。

20

N o . 1 の平板コンクリートの場合、実験初期から若干成長ムラが見られ、5 週間後、基質を手で少し動かすと葉体がゆらゆら揺れると同時に、発芽体が容易に基質からはずれてしまうなど、着定状況が良くなかった。また、成長ムラも認められ、双葉まで成長した数はフライアッシュ高含有ポーラスコンクリート系と比較して極めて少なかった。

一方、N o . 2～N o . 4 のフライアッシュ高含有ポーラスコンクリートでは、N o . 1 と比較し、受精卵の着底と成長状況はともによく、4～5 週間でかなりの数が 5mm 程度まで成長し、また、5 週間後、基質を手で動かしても発芽体が基質からはずれてしまうことは認められなかった。受精卵の着床率（図 2）を比較すると、N o . 2～N o . 4 のフライアッシュ高含有ポーラスコンクリート系は、平板コンクリートの 3～5 倍の結果となった。

30

N o . 2～N o . 4 のフライアッシュ高含有ポーラスコンクリート基質は、表面に 1～3cm 程度のかかなり大きい凹凸がある。これは受精卵（約 200～300 μm）よりもかなり大きい、このようなフライアッシュ高含有ポーラスコンクリートの物理的特徴が受精卵の着底の促進と安定性を促している可能性がある。また、ポーラスコンクリートにはフライアッシュが混合材として大量に添加されていることから、表面付近のアルカリ化が抑制されるとともに、着底を促進する物質の溶出（シリカまたは鉄）があることが影響していることなども推定される。

40

【0025】

（実施例 3）小型フライアッシュ高含有ポーラスコンクリート板を用いたホンダワラ類幼体の培養

実施例 2 で表面にホンダワラ類（ヤツマタモク）の受精卵を着生・発芽させた平板コンクリート（N o . 1）とフライアッシュ高含有ポーラスコンクリート（N o . 2～N o . 4）の 4 種類をホンダワラ類幼体の培養に用いた。表 5 にホンダワラ類（ヤツマタモク）の幼体の培養条件を示す。ホンダワラ類の発芽体が付着した 4 種類のコンクリートを、50L の海水水槽内に設置し、継時的に成長状況を確認した。

50

【表 5】

培養条件	
水槽	50L/水槽
海水	1μmフィルターでろ過後、冷暗所に保管。
水温	18℃以下
光量子量	約70μmol/m ² /s
光周期	12明:12暗
栄養塩	当初PES 0.1%（体積比）を海水に添加 1回/週、0.1%PESを追肥 1回/月、50Lの海水を全量交換
初期pH	8.15
曝気	連続空気供給

10

図3に各コンクリートでのヤツマタモク幼体の最大主枝長の経日変化を示す。

ヤツマタモクの幼体は、実験開始の時点ではいずれの基質でも双葉の最大長が5mm程度であった。いずれも、70日目には、20～25mm、112日目には25～30mm、146日目には40～50mmとなった。その後、いずれの基質も、急激に伸張し146日目には80～120mmとなった。いずれの基質でも主枝長の増大が顕著となった理由は、気温の低下とともに水温も15～17℃まで低下したことから、この水温の低下が成長の促進に影響した可能性が考えられる。いずれにせよ、すべての基質において、海域に設置する目安となる10cmを上回る結果が得られた。No. 1の平板型のコンクリートとNo. 2～No. 4のフライアッシュ高含有ポーラスコンクリートを同じ大型水槽に設置しているため、海水水質、光量、水温は同一条件であり、相違点はコンクリート表面の性状のみであったため、幼体の主枝長の成長については、大きな差異は認められなかったと考えられる。ただし、目視観察の結果ではあるが、繁茂量についてはNo. 2～No. 4のフライアッシュ高含有ポーラスコンクリート系が、No. 1の平板型のコンクリートよりもはるかに多い結果となった。

20

【0026】

（実施例4）フライアッシュ高含有ポーラスコンクリート板を用いた藻場造成材の実海域投入方法

図4にフライアッシュ高含有ポーラスコンクリート板を用いた藻場造成材1の実海域投入事例を示す。

30

まず、藻場造成の基盤材となる圧縮強度が18N/mm²以上のコンクリート・ブロック2（1m×1m×1m）を製造した。

続いて、フライアッシュ高含有ポーラスコンクリート板3（50cm×50cm×10cm）を製造した。

そして、1体のコンクリート・ブロック2について、フライアッシュ高含有ポーラスコンクリート板3を12枚（上面に4枚、側面に4枚×2面、計12枚）、アンカーボルト4（径19mm程度）を用いて各々の中央1箇所に固定した。なお、光照射がコンクリート・ブロック2の全ての側面に認められる場合には、全ての側面にフライアッシュ高含有ポーラスコンクリート板3を固定してもかまわない。

40

育成する海藻としてはカジメを選定した。カジメの胞子体は秋季に成熟すると葉体上に子嚢斑を形成し、子嚢斑から遊走子を放出する。海中に放出された遊走子は岩などに着底し、発芽して雌雄の配偶体となる。雌性配偶体は卵を形成し、受精後、受精卵は細胞分裂を繰り返し、カジメ胞子体の幼体に発育する。そこで11月に十分に成熟したカジメの胞子体5を海域から複数個体採取し、カジメ胞子体5の仮根部を各アンカーボルト4にひも等で1個体ずつ固定した。

固定後、直ちにコンクリート・ブロック2をフライアッシュ高含有ポーラスコンクリート板3およびカジメ胞子体5を結びつけた状態で吊り上げ設置用治具6を介してクレーンで吊り上げ、湾内の海底上に静かに設置し、カジメ胞子体5の子嚢斑から遊走子をフライアッシュ高含有ポーラスコンクリート板3上に放出、着底、成長させた。

50

【産業上の利用可能性】

【0027】

本発明は、フライアッシュ高含有ポーラスコンクリート板を用いた藻場造成方法等に関するものであり、産業上利用可能である。

【符号の説明】

【0028】

- 1 フライアッシュ高含有ポーラスコンクリート板を用いた藻場造成材
- 2 コンクリート・ブロック
- 3 フライアッシュ高含有ポーラスコンクリート板
- 4 アンカーボルト
- 5 カジメ
- 6 吊り上げ設置用治具

10

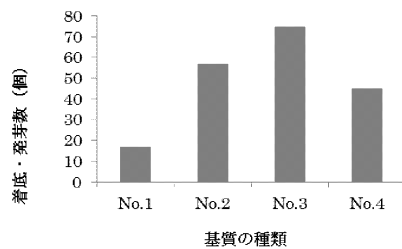
【図1】

小型化したフライアッシュ（F A）高含有ポーラスコンクリートの藻場造成材としての使用の利点

- (1) F A使用により、アルカリ化抑制 ⇒ 海藻受精卵の着生促進
(セメント使用量の削減とボゾラン反応による)
- (2) F A使用により、粗骨材の使用範囲が拡大
(火山岩のアルカシシカ反応による膨脹抑制 ⇒ 耐久性向上)
- (3) 小型化ポーラスコンクリートによる、強度と空隙の両立
(海藻幼体仮根の伸張に適した空隙率の確保と小型化による強度問題のクリア)
- (4) 潜水作業による作業が可
(海藻を着生させた条件でも容易に作業可能)

【図2】

フライアッシュ高含有ポーラスコンクリート板と平板コンクリートの海藻着床率の比較

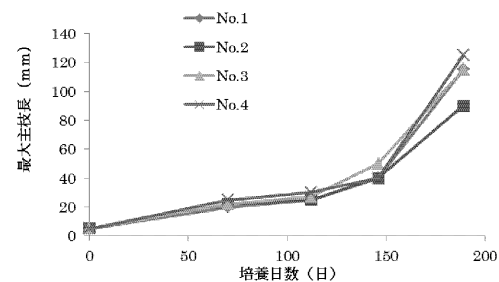


No. 1：平板コンクリート

No. 2～No. 4：フライアッシュ高含有ポーラスコンクリート

【図3】

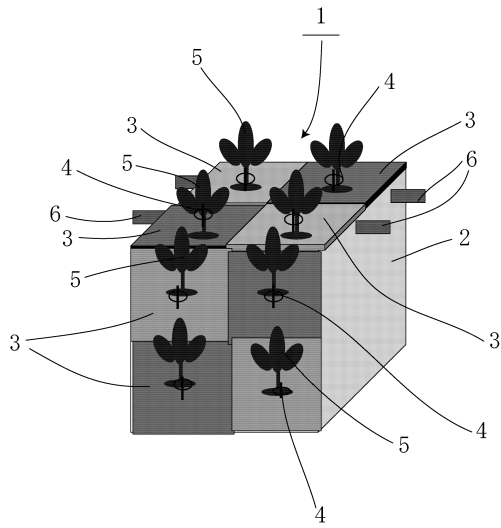
フライアッシュ高含有ポーラスコンクリートと平板コンクリートの海藻最大主枝長の比較



No. 1：平板コンクリート

No. 2～No. 4：フライアッシュ高含有ポーラスコンクリート

【図 4】



フロントページの続き

- (72)発明者 鳥居 和之
石川県金沢市角間町ヌ7番地 国立大学法人金沢大学内
- (72)発明者 参納 千夏男
富山県富山市牛島町15番1号北陸電力株式会社内
- (72)発明者 田中 義人
福井県越前市北府1丁目2番38号 株式会社ホクコン内
- (72)発明者 吉田 晴信
福井県越前市北府1丁目2番38号 株式会社ホクコン内

審査官 門 良成

- (56)参考文献 特開2002-281850 (JP, A)
特開2005-247627 (JP, A)
特開2005-341836 (JP, A)
特開2000-197426 (JP, A)
特開2004-298172 (JP, A)
特開2010-163359 (JP, A)
米国特許出願公開第2011/0250017 (US, A1)
特開2011-229489 (JP, A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
A01K 61/00
A01G 33/00