

平成 30 年 6 月 8 日現在

機関番号：16101

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2016～2017

課題番号：16K14293

研究課題名(和文) アミノ酸を添加した高耐久エココンクリートの開発

研究課題名(英文) Development of high durability eco concrete containing amino acid

研究代表者

上田 隆雄 (Ueda, Takao)

徳島大学・大学院社会産業理工学研究部(理工学域)・教授

研究者番号：20284309

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,800,000円

研究成果の概要(和文)：アミノ酸の一種であるアルギニンを含むコンクリートは、海洋環境における魚類等の生物生息環境が改善できることや、コンクリート中の鉄筋腐食環境を改善することが報告されている。本研究では生態系への配慮も必要となる海洋環境で適用される断面修復材にアルギニンを添加した場合の補修効果を実験的に検討した。さらに、この断面修復材にフライアッシュと石膏を添加することによる自己治癒性能についても併せて検討した。この結果、特にアルギニンとフライアッシュを併用した断面修復材は、一般の補修材を用いた場合と比較して、打継部界面付近の鉄筋腐食速度が抑制されるとともに、自己治癒によるひび割れの閉塞が促進される傾向を示した。

研究成果の概要(英文)：It has been reported that concrete containing alginine, a kind of amino acid, could promote the growth of microalga on concrete surface during the setting in marine environment, which would improve the habitat for fishes in the sea. Considering this background, in this study, the influence of alginine dosage into the patch repair materials applied for the concrete structures located in marine environment on the repair effect against the chloride-induced steel corrosion in concrete was investigated. Moreover, self-healing performance of repair materials containing not only alginine but also fly ash and gypsum was investigated. As a result, the dosage of alginine improved the protection performance of repair materials against chloride-induced corrosion including the cases of the crack-introduced specimens. The closing rate of introduced cracks in the repair materials was promoted by the combination of fly ash mixing and the dosage of alginine due to the immersion into the heated water.

研究分野：コンクリート工学

キーワード：アミノ酸 コンクリート 塩害劣化 フライアッシュ 断面修復効果 自己治癒 ひび割れ閉塞

1. 研究開始当初の背景

我が国では高度経済成長期以降、沿岸域において防波堤や護岸などの多くのコンクリート港湾構造物が整備されてきた。このようなコンクリート港湾構造物が沿岸域の生物生息機能の低下や、それに伴う水環境の悪化などの一因となることから、コンクリートと海洋環境の調和が課題となってきた。さらに、東日本大震災後の復興事業で整備される港湾構造物では、強度・耐久性と環境調和性との両立が強く求められている。

これに対して近年、港湾構造物に環境調和機能を持たせるための新しいコンクリートの一つとして、アミノ酸の一種であるアルギニンを追加したコンクリートが注目されている[1],[2]。アルギニンを混入したコンクリートはその表面上における微細藻類の生長促進効果と海洋生態系の形成が確認[1]されている。しかし、アルギニンの添加がコンクリートの基礎物性や耐久性に与える影響については未解明の部分が多いのが現状である。

2. 研究の目的

本研究では、火力発電所からの産出増加が見込まれるフライアッシュを混和したコンクリートを中心として、アルギニンの添加がコンクリートの基礎物性に与える影響を確認するとともに、鉄筋コンクリート(以下RCとする)供試体を作製し、塩水噴霧試験および海洋暴露試験によって塩害抵抗性能と藻類成長促進効果を確認する。また、微細ひび割れが生じた場合の自己治癒効果についても検討を加える。さらに、モルタル供試体から抽出した細孔溶液の分析および熱分析を行うことで、アルギニンの添加が細孔溶液中のイオンバランスとアミノ酸溶出、およびフライアッシュのポゾラン反応に与える影響を明らかにする。

3. 研究の方法

(1) コンクリートと補修材の配合および使用材料

本実験で用いたコンクリートの水セメント比(W/C)は60%とし、塩害劣化構造物を想定して初期混入Cl⁻量は8.0kg/m³となるように、あらかじめNaClを練混ぜ水に溶解させて混入した。断面修復を模擬した打継供試体作製に用いた補修材は5配合とした。配合名のPは断面修復用のPCMで、ドライモルタルの形で市販されているものである。セメント:ポリマー:細骨材の質量割合を13:1:30として各材料のW/Bが45%となるように補修材の配合設計をした。PArはPにアルギニンを添加した配合で、添加量はセメント質量の3%をドライモルタル代替で混和している。PFArはPArにFAを混和したモルタルで、JIS A 6201で規定された種FAをセメント質量の20%(ドライモルタル質量の5.7%)混和している。PGはPにセメント質量の5%

の無水石膏をドライモルタル代替で混和している。PGArはPFArにセメント質量の5%の無水石膏をドライモルタル代替で混和した。

(2) 供試体の作製および養生

本研究で作製した供試体は、図1(a)に示すように、コンクリートと補修材の打継面に長さ450mmの丸鋼鉄筋9(SR235)を水平に配置するように作製した。母材コンクリート打設翌日に、打継部分表層のペースト部分をワイヤーブラシで除去し、打設表面の骨材の凹凸部分を露出させた後、補修材を打ち継いだ。これらの供試体は補修材打設翌日に脱型し、20℃の恒温室中で14日間の封緘養生を行った。図1(b)は、曲げ載荷によって補修材側に導入したひび割れの自己治癒促進試験状況を示す。

ひび割れを導入していない打継供試体は40℃湿空環境に保管しながら電気化学的鉄筋腐食モニタリングを実施した。ひび割れを導入した打継供試体は、図1(b)に示すように40℃温水浸漬を行いながら、電気化学的モニタリングとマイクロスコープを使用した、ひび割れの閉塞状況の観察を行った。また、浸漬した温水中のアミノ酸濃度の経時変化測定も行った。

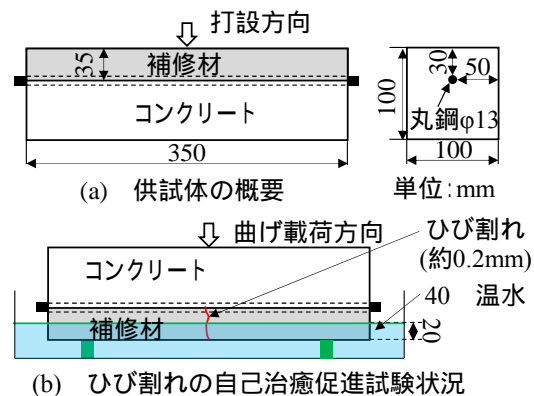


図1 打継供試体の概要

4. 研究成果

(1) フロー値と圧縮強度

本研究で用いた材齢56日における各種補修材の圧縮強度とフロー値の関係を図2に示す。アルギニンを添加することによる強度の減少が見られるが、W/Bを40%に減少させることによって、高い流動性を保ったままで、アルギニンを添加していないP配合と同程度の強度を確保できている。

(2) 電気化学的鉄筋腐食評価

打継供試体のコンクリート側に照合電極を設置して測定した分極抵抗と補修材側から測定した電気抵抗の経時変化を図3に示す。これらの図によると、ひび割れ導入の有無に関わらず、PG配合供試体の分極抵抗は小さく、アルギニンを添加した配合の供試体は比較的高い値を示している。PGは、石膏を添加す

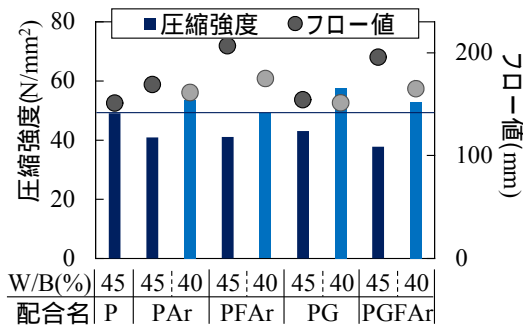


図2 各種補修材の圧縮強度およびフロー値

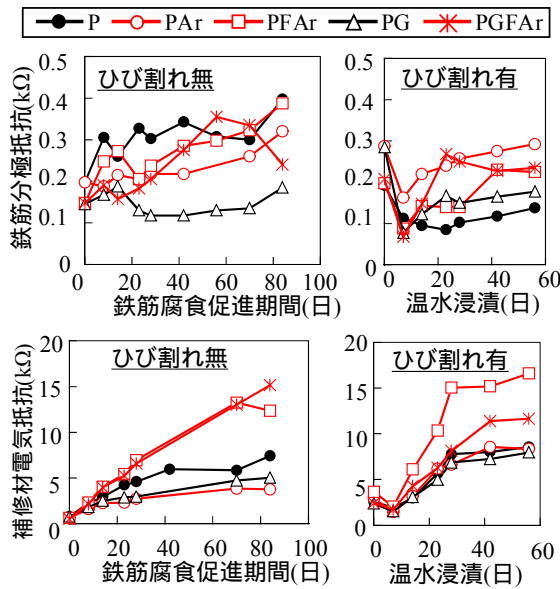


図3 促進保管中の分極抵抗および電気抵抗の経時変化

ることで、PCMの水和反応が阻害され、腐食が促進された可能性がある。一方、アルギニンを添加した場合には、ひび割れが入った場合でもアルギニンによる高塩基性環境が腐食抵抗性を持続させたものと考えられ、P配合の場合には、そのような作用がないために、ひび割れの影響で分極抵抗が低下したものと考えられる。

FAとアルギニンを併用したPFArとPGFAr配合の電気抵抗は、他の補修材と比較して経時的な増進が大きく、FAのポゾラン反応による細孔組織の緻密化が進行したものと考えられ、アルギニンが反応を促進した可能性もある。このような傾向はひび割れの有無に関わらず見られるが、石膏を添加したPGFArはひび割れ有りの場合に無しの場合より抵抗値の増進が抑制されている。

(3) ひび割れの自己治癒状況

温水浸漬による自己治癒促進を行ったひび割れ導入供試体のひび割れ自己治癒状況の例を図4に示す。ここで例として示したのは、比較的良好な自己治癒状況が見られたPFArの一部であるが、同じ供試体でも、ここに示したようにほぼ完全にひび割れが閉塞



図4 ひび割れを導入した補修材の自己治癒状況

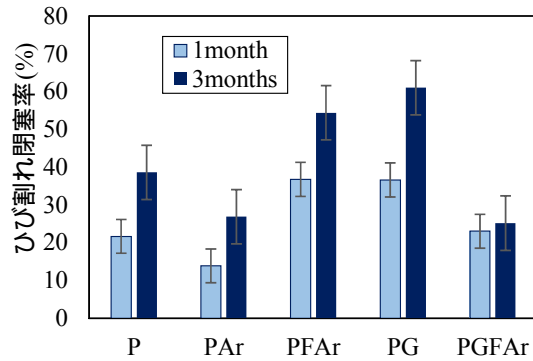


図5 各種補修材のひび割れ閉塞率

している部分と、ひび割れとして残っている部分があるため、ここでは、定量的に自己治癒状況を評価するために、ひび割れ閉塞率を指標とした。

ひび割れ閉塞率の経時変化を図5に示す。これによると、一般的にセメント硬化体のひび割れ自己治癒に有利と考えられる、40℃温水浸漬条件により、すべての補修材配合において、ひび割れの閉塞が進んでいるが、一般的なPCMであるP配合に比べて、PFArとPGは閉塞率が大きくなっている。既往の検討では、FA混和コンクリートにアルギニンを添加した場合に、無添加の場合よりも自己治癒によるひび割れ閉塞が促進された。本研究でも、補修材に混和したFAの反応がアルギニンによって促進されることで、閉塞率の向上に寄与した可能性がある。ただし、PFAr配合に石膏を加えたPGFArでは、ひび割れ閉塞率の向上は見られない。一方で、P配合に石膏のみを添加したPGは高いひび割れ閉塞率となっている。この原因として、添加した石膏により生成したエトリンガイトのひび割れ部分への析出したものと推察されるが、この点については、今後析出物の分析を行って明らかにしたい。

<引用文献>

- [1] 庄司隆行：魚類化学感覚器のアミノ酸に対する応答、日本味と匂学会誌、Vol.6、No.2、pp.169-178、1999。
- [2] 上月康則ほか：アミノ酸混和コンクリート表面上での付着微細藻類の生長特性に関する研究、土木学会論文集B3(海洋開発)、Vol.26、pp.111-116、2010。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計 3 件)

谷口沙耶佳、上田隆雄、飯干富広、江里口玲：アミノ酸を添加した断面修復材による補修効果に関する検討、コンクリート工学年次論文集、査読有、Vol. 39、No. 1、pp. 1615-1620 (2017)

上田隆雄、河野惇平、飯干富広、江里口玲：アミノ酸の添加がコンクリートの自己治癒性能に与える影響、セメント・コンクリート論文集、査読有、Vol. 70、pp. 321-326 (2017)

上田隆雄、河野惇平、飯干富広、江里口玲：アミノ酸の添加がフライアッシュコンクリートの塩害抵抗性に与える影響、コンクリート工学年次論文集、査読有、Vol. 38、No. 1、pp. 1221-1226 (2016)

〔学会発表〕(計 3 件)

谷口沙耶佳、上田隆雄、飯干富広、江里口玲：アルギニンを添加した断面修復材による補修効果と自己治癒効果に関する検討、平成 30 年度土木学会四国支部技術研究発表会、2018 年

谷口沙耶佳、上田隆雄、飯干富広、江里口玲：アミノ酸を添加した断面修復材の補修効果および自己治癒効果に関する検討、第 72 回セメント技術大会、2018 年

谷口沙耶佳、上田隆雄、飯干富広、江里口玲：アミノ酸の添加が断面修復材の物性と補修効果に与える影響、平成 29 年度土木学会四国支部技術研究発表会、2017 年

〔図書〕(計 0 件)

〔産業財産権〕

出願状況 (計 0 件)

取得状況 (計 0 件)

〔その他〕

ホームページ等 特になし。

6. 研究組織

(1) 研究代表者

上田 隆雄 (UEDA, Takao)

徳島大学・大学院社会産業理工学研究部 (理工学域)・教授

研究者番号：20284309