

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 10 月 24 日現在

機関番号：17102

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2014～2015

課題番号：26630204

研究課題名(和文)磁気防食機構解明のためのセメント硬化体の透磁性と鋼材の腐食性状の関連性の検討

研究課題名(英文)A Study on Corrosion Prevention of Steel in Cement Hardened Matrix under magnetic Field

研究代表者

浜田 秀則 (Hamada, Hidenori)

九州大学・工学(系)研究科(研究院)・教授

研究者番号：70344314

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,700,000円

研究成果の概要(和文)：鉄筋コンクリート構造物の塩害は、塩化物イオンの侵入による内部鉄筋の腐食により引き起こされる。この塩害は鉄筋コンクリートの寿命を著しく低減する。塩害による鉄筋の腐食を抑制・防止する技術は多岐にわたるが、腐食反応そのものを防止する方法は現時点では電気防食に限られる。現在、一部の数少ない研究から、強い磁気が発生している状態では、金属の腐食反応が抑制されることが示されている。一方で、セメント硬化体中に鋼繊維などの金属が含まれている場合、内部の鉄筋の腐食が抑制されることも示されている。本研究は上記の2つの知見を結合して、磁気による防食の可能性およびメカニズムを検討するものである。

研究成果の概要(英文)：Chloride attack on reinforced concrete is caused by steel corrosion induced by chloride ingress into concrete. Due to the chloride attack, service life of reinforced concrete is largely decreased. There are many techniques which countermeasure the chloride attack. However, the method which can prevent or stop corrosion reaction itself is only cathodic protection. At present, a few researches show that under strong magnetic field, corrosion of some kind of metals can be prevented. On the other hand, steel bar in cement hardened matrix mixed with steel fiber is in protected condition against corrosion. This study aims to combine above two similar research results, and to investigate the possibility and mechanism of corrosion prevention by magnetic field.

研究分野：コンクリート工学および腐食防食工学

キーワード：コンクリート構造物 鋼材の腐食 鋼材の防食 構造物の耐久性向上 磁気防食 磁性材料 補修補強
維持管理

1. 研究開始当初の背景

コンクリートで造られた社会資本施設の早期劣化が社会問題となっている。10年以上前の新幹線の福岡トンネルにおけるコンクリート片落下事故、3年前の高速道路の笹子トンネルにおけるコンクリート天井版落下事故、大小を合わせると枚挙に暇がない。前者では幸いにも人身事故には至っていないが、後者では9名もの犠牲者を出している。コンクリート構造物の劣化を引き起こしている大きな原因の一つがコンクリート内部の鉄筋の腐食である。内部鉄筋が腐食するとコンクリートにひびわれを生じさせ、最終的には構造物の耐荷力の低減、安全性能の低下につながる。コンクリート構造物の長期耐久性を確保するために、内部鉄筋の腐食抑制技術の確立が必須である。本研究は上述の現状を背景として、磁気防食の確立を目指して実施したものである。

2. 研究の目的

本研究の発想は、鋼材を電気的に防食することができるのであれば、磁気的にも防食できるとの着想である。事実、これまでに、磁気の影響を受ける金属は腐食が抑制されることが報告されている。他方、コンクリート中に鉄粉が混入された場合など、磁性材料が存在するセメント硬化体中の鋼材は腐食が抑制されることも古くから報告されている。しかし、これらの腐食抑制現象の機構は明らかにはなっていない。本研究は、これらの異なる実験結果の背景に存在する共通のメカニズムを把握し、一見異なる二つの腐食抑制現象に共通する腐食抑制機構を見出すことを目的とする。本研究はその機構解明の第一歩として、セメント硬化体の透磁性と鋼材の腐食性状の関連性を定量的に把握する実験的検討を行うものである。

3. 研究の方法

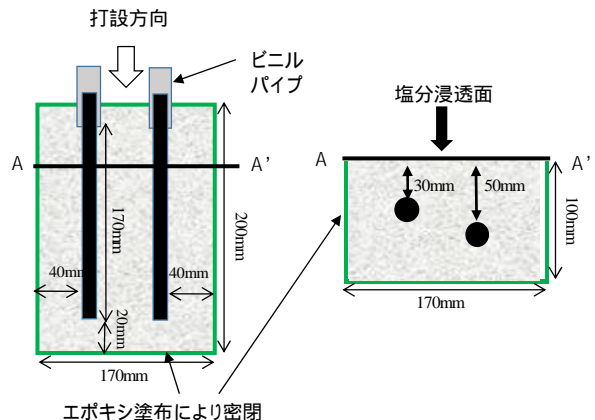
鋼繊維などの鋼片をコンクリート中に混入させることで内部の鋼材の腐食抑制メカニズムを考察するために、鉄筋の電気化学的特性について実験的に検討を行った。本研究では鋼繊維と砂鉄を採用し、モルタルへ添加した供試体を作製した。同時に鋼片無添加の供試体も作製した。

一方、コンクリートの劣化、特に鉄筋の腐食に関する研究では結果を得るために長い時間を要することが多い。さらに、供試体の大量の新設、運搬、廃棄などにも困難が伴うことも多い。そこで本研究の萌芽的研究テーマとして、コンクリートの代用となる材料を用いて鉄筋の腐食、特にマクロセル腐食を再現する基礎的実験を実施した。ここでコンクリートの代替材料として、人工軽量骨材、および生け花などの土台として用いられている吸水スポンジである。これらの材料がコン

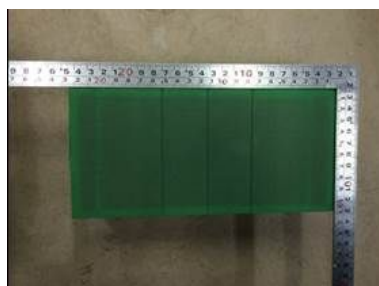
クリートの代用として、埋設鉄筋の腐食実験を行うことの可能性を検討した。

3.1 実験の概要

実験にはモルタル角柱供試体 (100mm × 170mm × 200mm) を用いた。供試体は、普通ポルトランドセメント (記号 C), 20 ± 2 の水道水 (記号 W), プリーディング改善のための石灰石微粉末 (記号 L, 密度 2.61g/cm³), 細骨材として海砂 (記号 S, 密度 2.58 g/cm³, F.M=2.77, 吸水率 1.42%) を用いて作製した。また、モルタル中に添加する鋼片として 0.5mm, 長さ 20mm の鋼繊維と密度 4.41 g/cm³ の砂鉄を用いた。鋼片は細骨材と体積置換して混合した。供試体は通常モルタル (以下 N), 鋼繊維添加モルタル (以下 Sf), 砂鉄添加モルタル (以下 SS) の三種類の供試体を作製した。Sf は添加率 1% の Sf1, 2% の Sf2 を、SS は添加率 4% の SS4 と 8% の SS8 を作製した。角柱供試体は丸鋼鉄筋 (13mm × 190mm) 2本を、かぶり 30mm (鉄筋) と 50mm (鉄筋) の位置に埋設した。鉄筋の片端にはビニルパイプを取り付け、エポキシ樹脂で密閉し外部からの影響を受けないようにした。鉄筋がモルタルに接する部分は 170mm である。



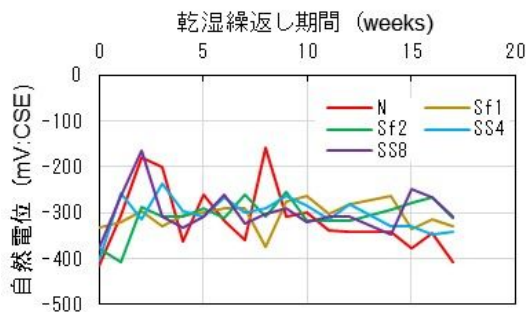
クリートを模擬した材料として生け花に用いるスポンジ (松村工業株式会社 アクアフォーム) と人工軽量骨材 (日本ケイソウ建材 FL1 号) を用いた。この人工軽量骨材は黒曜石を粉砕し、焼成加工した無機質粒状のものであり、独立気泡の集合体が強固なガラス質の被膜で覆われた軽量発泡体である。また本実験ではマクロセル腐食の観察を目的とするため吸水させる溶液として NaCl 溶液と NaOH 溶液を用いた。



4. 研究成果

鋼片（鋼繊維または砂鉄）を添加したモルタル中に埋設した鉄筋の電気化学的特性を調べ、鋼片の添加による防食効果について以下の知見を得た。

1) 鋼繊維添加モルタルにおいては表面に赤錆の発生が見られたため、少なくとも鋼片は腐食していた。2) 砂鉄添加モルタルではモルタルの外見上の変化は見られなかった。このことから、砂鉄の腐食は発生していないものと考えられる。3) 鋼片を添加したモルタル中の鉄筋の自然電極電位は、通常のモルタル中の鉄筋の自然電極電位と比べて、その変動が抑制され、かつ、電位が貴化する傾向が見られた。4) カソード分極曲線および電位ステップ法より求めた酸素拡散係数から判断すると、鋼繊維添加によって酸素拡散係数は増大する。一方、砂鉄混入の場合は混入量を増やす酸素拡散係数が低減される傾向が見られた。



自然電位の経時変化

また、コンクリートを模擬した腐食観察用の代替材料について検討した結果、以下の知見を得た。

1) 植栽用スポンジと人工軽量骨材の両者ともに、その内部に埋設した鉄筋において、1~3ヶ月という比較的短期間にマクロセル腐食を発生させることができたことから、腐食促進試験用の実験用代替材料となり得ることがわかった。2) 植栽用スポンジを用いた供試体においては、高温環境に設置することでさらに腐食が促進され、1ヶ月以内にマクロセル腐食の発生が確認された。



促進マクロセルを発生させた鉄筋

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0件)

〔学会発表〕(計0件)

〔図書〕(計2件)

寺島大樹著「鋼片添加モルタル中の鉄筋の防食に関する実験的検討」平成26年度・九州大学工学部地球環境工学科・建設都市工学コース卒業論文、平成27年3月

樋口貴哉著「磁性材料および犠牲陽極材料を含むコンクリート中の鉄筋の防食性能」平成27年度・九州大学工学部地球環境工学科・建設都市工学コース卒業論文、平成28年3月

〔産業財産権〕
出願状況(計0件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
出願年月日：
国内外の別：

取得状況(計0件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
取得年月日：
国内外の別：

〔その他〕
ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究代表者
濱田秀則 (HAMADA, Hidenori)
九州大学・大学院工学研究院・教授
研究者番号：70344314

(2) 研究分担者
佐川康貴 (SAGAWA, Yasutaka)
九州大学・大学院工学研究院・准教授
研究者番号：10325508

山本大介 (YAMAMOTO, Daisuke)
九州大学・大学院工学研究院・技術職員

研究者番号：40398095

(3)連携研究者

()

研究者番号：