

ジオポリマーモルタル中の鉄筋腐食性評価のための促進試験

大分工業高等専門学校 正会員 ○一宮 一夫
大分工業高等専門学校専攻科 非会員 山本 理得

1. はじめに

アルミナシリカ粉末とアルカリシリカ溶液で製造されるジオポリマー (GP) は縮重合反応により固化する。つまり、GP では従来のセメント固化体に比べて内部に微細な空隙が形成されやすいことから、塩化物イオンの透過性が高いことが予想される。一方で、金属イオンを核として固化する GP は、鉄筋との付着性が従来のセメント固化体よりも高く、両者の界面には密実な不動態層が形成される可能性もあり、塩化物イオンの透過性だけで GP 内部に配置した鉄筋の腐食性を推定できるかは不明である。

本研究は、GP 中の鉄筋腐食性を簡易評価するための促進試験方法の提案を目的に、モルタル円柱供試体の円断面中央にみがき鉄筋を配置した供試体を用いた塩水浸漬試験を実施し、GP の配合や前養生日数と鉄筋腐食状況の関係を調べた。また、乾湿繰返しで発生するひび割れの鉄筋腐食への影響についても言及した。

2. 実験概要

(1) 使用材料、配合、供試体、養生条件 粉体には、フラッシュ (FA) と高炉スラグ微粉末 (BS) を用いた。粉体容積に対する BS 容積の比率 (以下、BS 置換率とする) を 10%, 20%, 30% (以下、BS10, BS20, BS30 とする) した。アルカリ溶液にはナトリウム系の水ガラス、苛性ソーダ、水道水の混合液を使用した。アルカリ溶液濃度 (A/W) は 0.095, 0.126, 0.187 とした。細骨材には混合珪砂を用いた。

養生条件を図 1 に示す。前養生日数を 0 日または 2 日とし、プログラム式恒温恒湿装置 (最高温度 60°C, 湿度 90%RH) で蒸気養生し、材齢 1 日または 3 日で脱型後、さらに恒温室 (20°C, 60%RH) で 7 日間静置した。

(2) 圧縮強度試験 供試体形状 (4×4×16cm), 載荷方法などは JIS R 5201 に準拠した。

(3) 塩水浸漬試験 実験状況を図 2 に示す。供試体は直径 5cm, 高さ 10cm の円柱で、円断面中央にみがき鉄筋を配置した。蒸気養生終了後に供試体両端をエポキシ樹脂でシールした。塩水濃度は 0.5mol/l で、浸漬 3 日と乾燥 1 日の繰返しを 1 サイクルとして、20 サイクルまで行った。

(4) 乾湿繰返し試験 塩水浸漬試験において供試体表面に微細なひび割れが発生する場合があることが明らかになった。ひび割れの発生メカニズム解明の基礎データを得るために、乾湿繰返しに伴う GP モルタルの長さ変化ならびに質量変化を図 3 の方法で調べた。

3. 実験結果

(1) 圧縮強度試験 セメント固化体ではペーストの空隙率が小さいほど圧縮強度は高く、塩化物イオンなどの物質透過性は小さくなる傾向にある。本研究では GP においても塩化物イオン透過性と圧縮強度と密接な関係があると仮定して、配合ならびに前養生日数と圧縮強度の関係を調べた。材齢 7 日 (前養生 0 日) なら

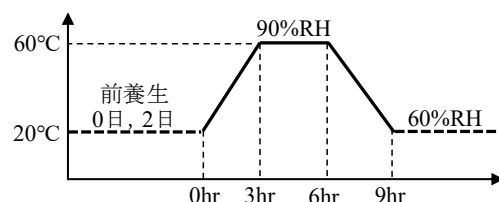


図 1 前養生と蒸気養生の条件

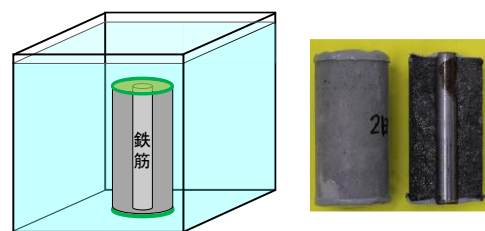


図 2 塩水浸漬試験

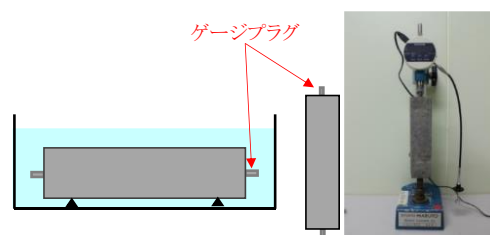


図 3 乾湿繰返し試験

連絡先 〒870-0152 大分県大分市牧 1666 番地 大分高専 都市・環境工学科 TEL 097-552-7664

びに材齢9日（前養生2日）における圧縮強度を図4に示す。前養生0日、2日ともにBS10ではA/Wが高いほど強度も高い。それに対してBS20とBS30はA/Wによる強度変化はほとんどない。なお、事前の実験で材齢7日と9日の強度は同水準であることを確認した。

(2) 塩水浸漬試験 鉄筋の腐食部分の二値化画像を表1に示す。全体的な傾向は次の通りである。1) BS置換率は高いほど腐食は少ない、2) A/Wは高いほど腐食は少なく、A/W=0.187では腐食はほとんどない、3) 前養生2日の方が前養生0日より腐食はわずかに少ないが、他の要因に比べて前養生日数の影響は小さい。

次に、鉄筋の腐食位置が一部に集中しており、ひび割れの存在が影響した可能性があったことから、供試体表面をデジタル実体顕微鏡で観察した。図5はBS20における鉄筋腐食ならびにひび割れの例である。A/W=0.095の場合、最大幅20 μ m程度のひび割れが認められた。ひび割れ位置と腐食範囲はほぼ一致することから、ひび割れが鉄筋腐食の原因であると考えられる。A/W=0.187の場合も供試体表面にひび割れは生じているが、幅10 μ m以下の微細ひび割れのため鉄筋腐食には至らなかった可能性がある。

(3) 乾湿繰返し試験 図6にA/W=0.126、BS20の場合の実験結果を示す。吸水により質量は約1.5%、ひずみは300~460 μ 増加している。また、3サイクル以降ではひずみの回復がないことから、ひび割れは乾湿繰返しの早い段階で発生したことがわかる。なお、BS10とBS30の場合もひずみの変化傾向はBS20とほぼ同様であった。

GPの圧縮強度に対する引張強度の比率は、セメント固化体よりも小さい傾向にある。つまり、圧縮強度レベルが同じであればGPの方がひび割れ抵抗性が低いことになり、鉄筋腐食性評価の際には乾湿繰返しで発生するひび割れの影響についても考慮する必要がある。

4. まとめ

GP中の鉄筋腐食を抑制するにはBS置換率やA/Wを高く、前養生日数を長くするとよい。また、本実験で用いた内部に鉄筋を配置したモルタル円柱供試体による塩水浸漬試験では、GPの塩化物イオン浸透による鉄筋腐食性と乾湿繰返しにともなうひび割れ抵抗性を同時に評価できる。

参考文献

1) 太田周, 佐川康貴, 原田耕司, 西崎丈能: ジオポリマーモルタルと鉄筋との付着性状に関する基礎的研究, コンクリート工学年次論文集, Vol.38, No.1, pp.2313-2318, 2016

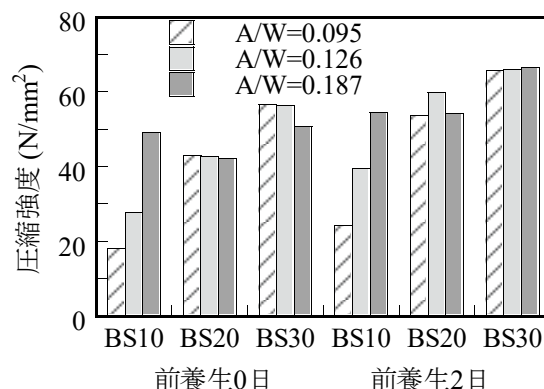


図4 BS置換率・A/W・前養生日数と圧縮強度の関係

表1 塩水浸漬試験の結果（鉄筋腐食の状況）

BS置換率	前養生0日			前養生2日		
	10	20	30	10	20	30
A/W 0.095						
A/W 0.126						
A/W 0.187						

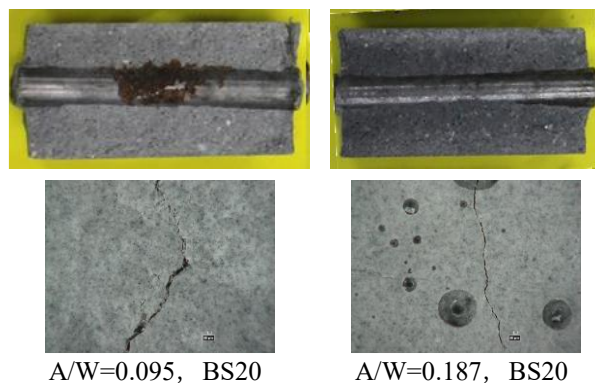


図5 鉄筋腐食とひび割れの関係

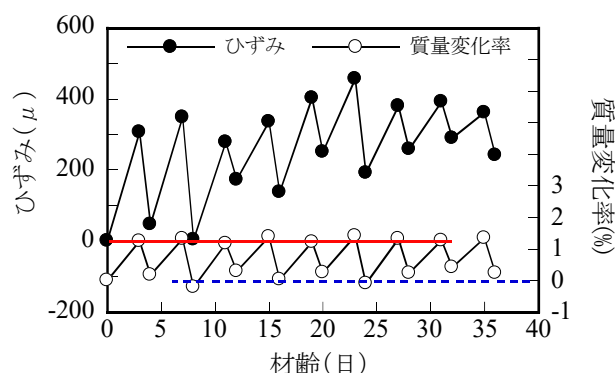


図6 乾湿繰返しによる長さ・質量変化 (A/W=0.126, BS20)