

## 廃棄瓦を骨材に用いたジオポリマーコンクリート

金沢工業大学 学生会員 田中 彩香  
金沢工業大学 正会員 花岡 大伸

### 1. はじめに

近年、地球温暖化による二酸化炭素削減の動きから、セメントを使用せずに硬化体を作製するジオポリマーが注目されている。また、石川県の加賀地方では、使用済みあるいは製造過程で規格外となった廃棄瓦が大量に発生しており、その有効利用が望まれている。そこで本研究では、廃棄瓦を骨材に用いたジオポリマーコンクリートを作製し、そのフレッシュ性状、強度および物質透過性について調べた。

### 2. 実験概要

本研究で使用した材料を表-1 に示す。アルカリシリカ溶液として、JISK 1408 の1号のケイ酸ナトリウムと NaOH 水溶液を混合したものを用いた。NaOH 水溶液は、試薬特級の NaOH (粒状) を水で溶かし、3.60mol/L に調製したものを用いた。また、活性ファイラーにはフライアッシュ (密度: 2.24g/cm<sup>3</sup>, 比表面積: 4590cm<sup>2</sup>/g) と高炉スラグ微粉末 (密度: 2.29 g/cm<sup>3</sup>, 比表面積: 3980cm<sup>2</sup>/g) を使用した。骨材は川砂、川砂利に加えて、瓦細骨材 (粒径 0.3~5mm) および瓦粗骨材 (粒径 10~25mm) を用いた。ジオポリマーの配合を表-2 に示す。表の上段は単位質量 (kg/m<sup>3</sup>)、下段は単位容積 (L/m<sup>3</sup>) を示す。ジオポリマーの配合は、L/P=0.9、SS/SH=1.0、s/a=0.45、A/W=0.124、Si/A=0.701、

全水量 W=194 とし、粗骨材容積 (V<sub>g</sub>) は土木学会「高流動コンクリートの配合設計施工指針」<sup>1)</sup> の自己充填性のランク 1 に相当する 0.28 m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup> に設定した。本研究では、高炉スラグ微粉末の置換率を 20% とし、瓦骨材の割合 (容積割合) を 0%、30%、50% および 100% のケースで実験を行った。また、表-1 に示すとおり、瓦骨材は吸水率が大きいため、瓦細骨材については、既往の文献<sup>2)</sup> を参考に、電気抵抗法による吸水率判定を行い、表乾状態の骨材を準備した。ジオポリマーの練混ぜは、一軸パン型ミキサを用い、打設終了後は温度 20°C、相対湿度 60% の環境で封緘養生を行った。

試験項目は、スランプフロー、圧縮強度 (静弾性係数)、割裂引張強度および非定常電気泳動試験とした。

表-1 使用材料

材料	密度 (g/cm <sup>3</sup> )	比表面積 (cm <sup>2</sup> /g)	吸水率 (%)	
J珪酸ソーダ1号	1.70	—	—	
水酸化ナトリウム(特級)	1.14			
水	1.00			
FA(JIS II 種/分級品)	2.24	4590	—	
GGBS (高炉スラグ微粉末)	2.91	3980		
川砂 細骨材 S1	2.58	—		2.13
川砂利 粗骨材 S2	2.60			2.05
瓦細骨材 G1	2.28		8.35	
瓦粗骨材 G2	2.00		13.01	

表-2 ジオポリマーの配合

配合名	GGBS/P (%)	上段 (kg/m <sup>3</sup> )				下段 (L/m <sup>3</sup> )					設計空気量 (%)
		SS	SH	Add W	FA	GGBS	S1	S2	G1	G2	
GP20-100	20	151	152	0	466	116	0	522	0	560	2.0
	16.1	89	134		208	40	0	229	0	280	
GP20-70	20	151	152		466	116	177	365	218	392	
	16.1	89	134		208	40	69	160	84	196	
GP20-50	20	151	152		466	116	295	261	364	280	
	16.1	89	134		208	40	115	115	140	140	
GP20-30	20	151	152		466	116	414	157	509	168	
	16.1	89	134		208	40	160	69	196	84	
GP20-0	20	151	152		466	116	591	0	728	0	
	16.1	89	134		208	40	229	0	280	0	

### 3. 実験結果および考察

スランプフロー試験の結果を図-1に示す。これによると、瓦骨材が多いほどスランプフローの値が大きくなる事が分かる。次に、圧縮強度を図-2に、割裂引張強度を図-3に示す。瓦骨材が多くなるほど、圧縮強度、割裂引張強度が小さくなっている事が分かる。これらの結果は、普通骨材に比べて、瓦骨材では吸収率が大きく密度が小さいことが影響している。なお、瓦骨材を100%使用した場合の圧縮強度（材齢28日（封緘養生））は、30N/mm<sup>2</sup>程度であることから、構造物の用途によっては十分に使用できると考えられる。図-4には、圧縮強度と静弾性係数の関係のグラフを示す。また、図中には既往の研究<sup>3)</sup>で得られている一般的なジオポリマーコンクリートの圧縮強度と静弾性係数の実験値も併記した。図-4をみると、瓦骨材を使用したものは、一般的なジオポリマーコンクリートに比べてやや小さい傾向にあるが、瓦骨材100%を除くと、一般的なジオポリマーコンクリートの近似式に近い値であった。図-5に非定常電気泳動試験から得られた塩化物イオン拡散係数の結果を示す。これによると、瓦骨材を使用したものは普通骨材のものに比べて、塩化物イオン拡散係数の値が大きいことが分かる。これは、骨材の吸水率が影響していると考えられる。

### 4. まとめ

- (1) 瓦骨材の割合が多いほど、スランプフローが大きくなる傾向にあった。
- (2) 瓦骨材の割合が多いほど、圧縮強度および割裂引張強度が小さくなる事が分かった。
- (3) 瓦骨材を使用した場合の塩化物イオン拡散係数は、普通骨材を使用した場合よりも大きくなる事が分かった。

### 参考文献

- 1) 土木学会：高流動コンクリートの配合設計・施工指針[2012年版],2012.6.5
- 2) 江木俊雄他：規格外瓦粉砕物を骨材とした鉄筋コンクリート製床版の試作および設置,鳥根県産業技術センター研究報告,第50号(2014)
- 3) 土木学会：土木分野におけるジオポリマー技術の実用化推進のための研究小委員会（361委員会）成果報告書、2022.12

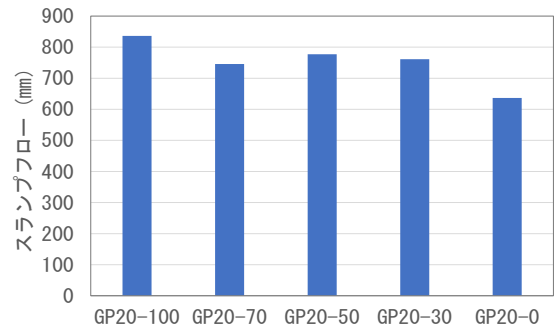


図-1 スランプフロー試験の結果

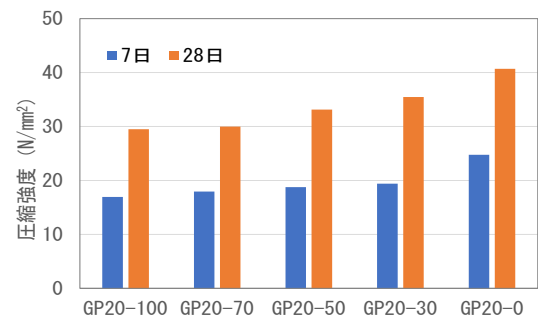


図-2 圧縮強度

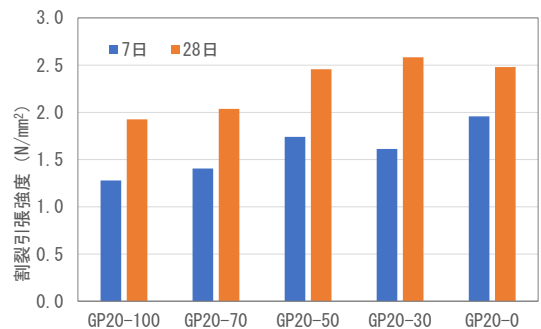


図-3 割裂引張強度

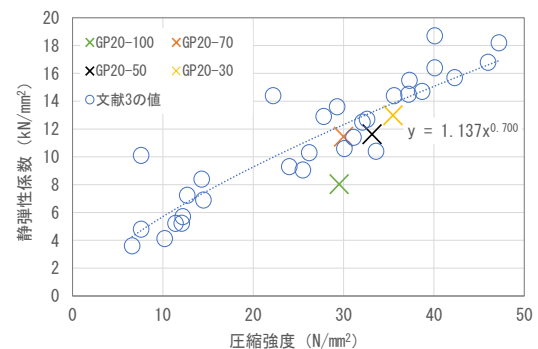


図-4 圧縮強度と静弾性係数の関係

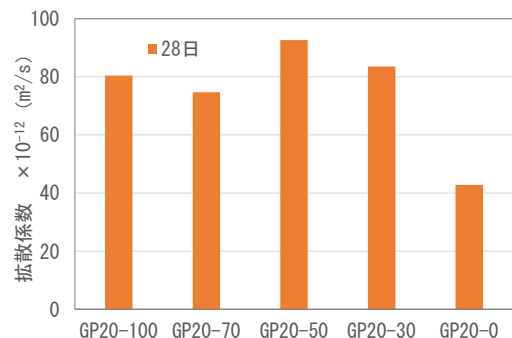


図-5 塩化物イオン拡散係数