

廃瓦粗骨材で内部養生した高炉 B 種コンクリートの収縮特性および拘束応力について

広島大学大学院工学研究科
 学生会員
 〇古賀洋平

広島大学大学院工学研究科
 学生会員
 MACHARIA MARTHIN MWANGI

広島大学大学院工学研究科
 正会員
 小川由布子

広島大学大学院工学研究科
 フェロー会員
 河合研至

広島大学大学院工学研究科
 フェロー会員
 佐藤良一

1. 背景および目的

現在深刻な環境問題を受けて土木の分野においても環境負荷低減が重要視されるようになり、高炉スラグが実用化されている。しかし、高炉セメントは特に初期に十分な養生が必要とされている¹⁾が、工期短縮が求められる中、養生が十分行われない場合もある。それを補う方法の一つとして廃瓦による内部養生効果が着目されおり、強度増加や細孔構造の緻密化が確認されている²⁾。本研究では廃瓦粗骨材を20%置換した高炉 B 種コンクリートが無置換のものと比較して廃瓦粗骨材が自由収縮、拘束応力に対してどのような影響を及ぼすか検討することを目的とし実験を行った。

2. 実験概要

使用材料を Table.1 に、配合表を Table.2 に示す。本研究では高炉 B 種コンクリート(BB)と廃瓦粗骨材20%置換した高炉 B 種コンクリート((BB-G20)の 2 配合で実験を行った。

Fig.1、Fig.2 に供試体概要を示す。供試体は鉄筋拘束供試体(100×100×1200mm)と自由収縮供試体(100×100×400mm)を作製した。鉄筋拘束供試体は鉄筋比による違いを検討するため鉄筋比を 0.5、1.0、2.0、3.0%とし、鉄筋の中央にゲージを上下に貼り付けた供試体を各 2 体ずつ計 8 体用意した。自由収縮供試体は埋め込み型ひずみゲージを中心に配置したものを 1 体用意した。供試体は恒温恒湿室(温度 20℃ 相対湿度 60%) 内で打込み、材齢 7 日までは封緘養生、材齢 7 日後に気中曝露している。

測定項目は JIS A 1108、JIS A 1113、JIS A 1149 に基づき圧縮・割裂引張強度試験、ヤング係数試験を材齢 3 日、7 日、28 日、91 日で行った。鉄筋拘束

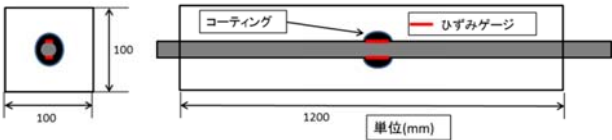


Fig.1 鉄筋拘束供試体

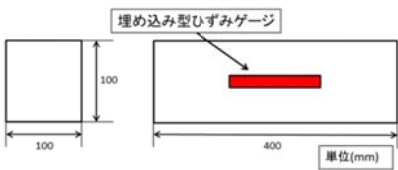


Fig.2 自由収縮供試体

Table.1 使用材料

使用材料	種類	性質
セメント	高炉セメント B 種	密度 3.02g/cm ³
細骨材	砕石(広島県東広島市黒瀬町産)	表乾密度 2.58g/cm ³ 、FM=2.95
	乾式砕砂(広島県東広島市黒瀬町)	表乾密度 2.57g/cm ³ 、FM=2.80
粗骨材	砕石(広島県東広島市黒瀬町産)	表乾密度 2.62g/cm ³ 、FM=59.0
	廃瓦粗骨材(江津産)	表乾密度 2.26g/cm ³ 、吸水率 9.44%

Table.2 配合表

	W/(CC+BB)	air	s/a	W	BB	S1	S2	G	PCG
BB	0.5	4.5	0.45	170	340	503	270	977	—
BB-G20						803	314	471	169

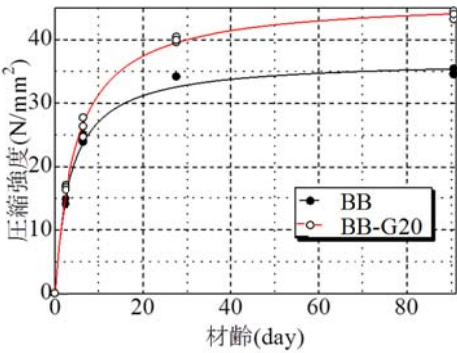


Fig.3 圧縮強度に対する内部養生効果

供試体の鉄筋ひずみと自由収縮供試体の自由収縮ひずみを打設直後から経時計測行った。

ここで、軸力のつり合いより鉄筋のヤング係数を 200kN/mm^2 とし、鉄筋ひずみ、鉄筋断面積、およびコンクリート断面積を用いてコンクリート応力を求める。また、鉄筋ひずみ、自由収縮ひずみ、コンクリート応力をコンクリートのヤング係数で除した弾性ひずみからクリープひずみを求めた。

3. 実験結果

3.1 圧縮・割裂引張強度およびヤング係数試験

Fig.3、Fig.4、Fig.5 に内部養生効果による材齢 91 日までの圧縮・割裂引張強度およびヤング係数それぞれの発現を示す。

Fig.3、Fig.4 に示すように、BB-G20 の圧縮・割裂引張強度は材齢 7 日の乾燥開始後 BB に対して 10～30%増加している。Fig.5 より BB-G20 のヤング係数は材齢 10 日以降 BB に対して 10～15%増加しているのが分かる。これらは廃瓦粗骨材の内部養生により水和が促進されセメント硬化体が緻密化したためであると考えられる。一方、材齢初期では、これら力学特性への内部養生効果はあまり見られないが、これはスラグの反応が相対的に遅く細孔構造の形成が不十分のため細孔内の湿度が低下せず、内部養生水が機能していないためと考えられる。

3.2 自由収縮試験および鉄筋拘束試験

Fig.6 に BB と BB-G20 の自由収縮ひずみの比較を示す。自由収縮ひずみについて、材齢 7 日までの封緘養生において BB-G20 の自己収縮が材齢 7 日で BB に対して 40%程度低減されたが、乾燥開始後両者とも乾燥の影響を大きく受け、材齢 91 日では廃瓦による低減効果は、5%程度となった。これより、廃瓦粗骨材 20%置換することで、自己収縮が主に低減され、乾燥収縮はほとんど低減されないと考えられる。

Fig.7 にそれぞれの鉄筋径による BB と BB-G20 のコンクリート応力の比較を示す。いずれの鉄筋比についても自由収縮ひずみ同様、自己収縮によるコンクリート応力は低減されている結果となった。しかし乾燥開始後は、ほぼ同様の乾燥収縮応力が生じ

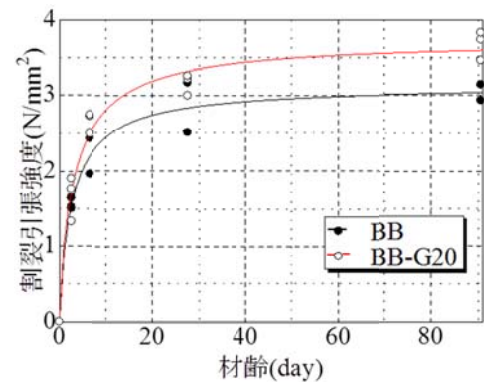


Fig.4 割裂引張強度対する内部養生効果

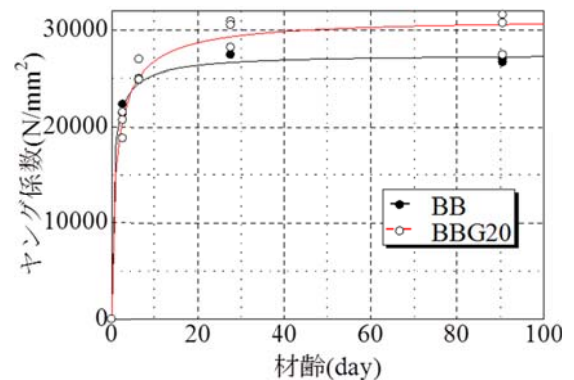


Fig.5 ヤング係数対する内部養生効果

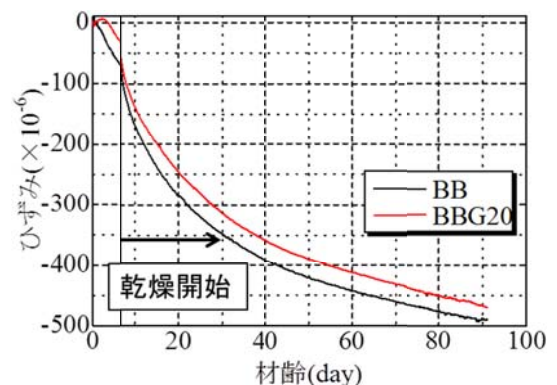


Fig.6 自由収縮ひずみ比較

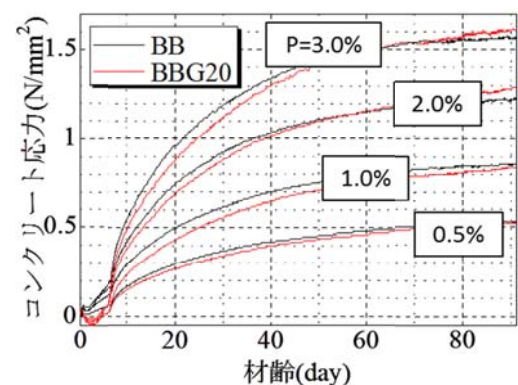


Fig.7 コンクリート応力比較

た。

Fig.8 に各鉄筋比のクリープひずみを示す。この図によれば、いずれの鉄筋比においても、クリープの進行速度は材齢 20 日までが大きい、それ以降の速度は 20 日と比べて小さいものの鉄筋比が大きくなると早くなる。また、内部養生の影響により、鉄筋比が 1%以下では大きくなるが、1%以上では内部養生により小さくなった。この理由とそれがもたらす影響については今後検討したい。

4. 結論

本研究では高炉 B 種コンクリートに廃瓦粗骨材を 20%置換した場合について検討し、以下のことが得られた。

1. BB-G20 の圧縮・割裂引張強度、ヤング係数は、材齢 10 日程度から BB に比べて 10～30%程度増加する結果となった。
2. 本研究では廃瓦粗骨材を 20%置換した場合であっても乾燥を受けると収縮およびコンクリート応力は無置換に対して同程度となった。
3. クリープの進行速度は材齢 20 日までが大きい、それ以降の速度は 20 日と比べて小さいものの鉄筋比が大きくなると早くなる。また、内部養生の影響により、鉄筋比が 1%以下では大きくなるが、1%以上では内部養生により小さくなった。

5. 参考文献

- 1) 土木学会：高炉スラグ微粉末を用いたコンクリートの施工指針
- 2) Sato et al., "Improvement of Properties of Portland Blast Furnace Cement Type B Concrete by Internal Curing Using Ceramic Roof Material Waste", JMCE, ASCE, Vol. 23, Issue 6, June 2011, pp. 777-782.

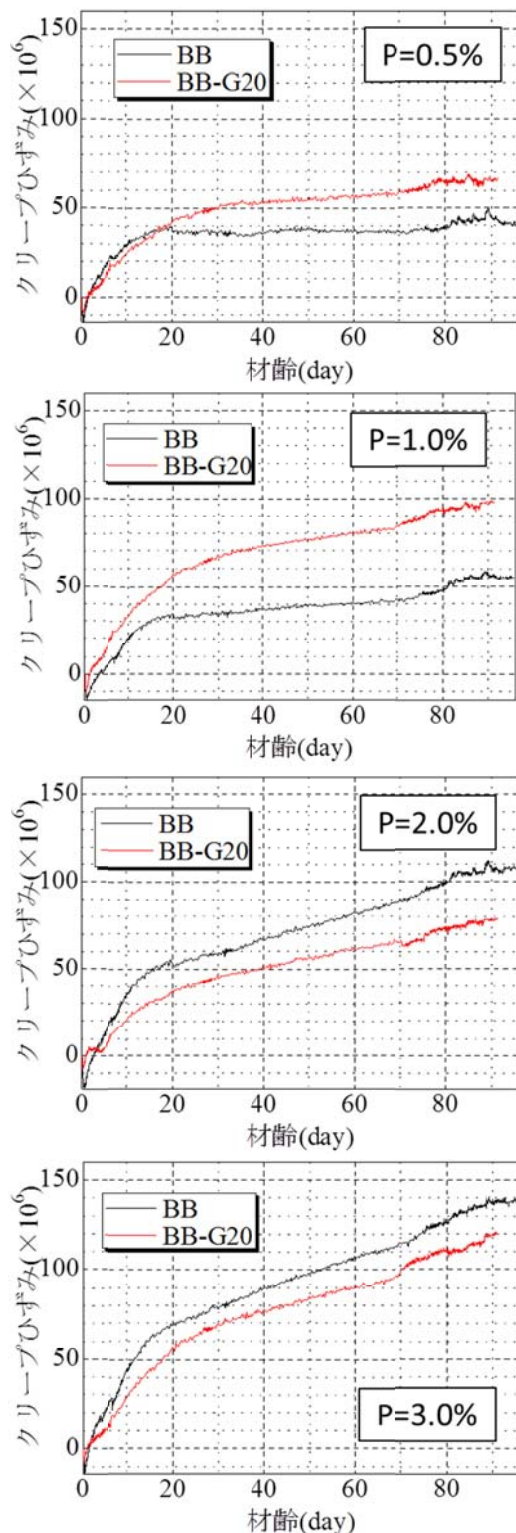


Fig.8 クリープひずみ