

蒸気養生を行わないジオポリマーコンクリートの高温抵抗性について

(株)大林組 正会員 ○青木峻二 正会員 富井孝喜 正会員 谷田部勝博
西松建設(株) 正会員 原田耕司
大阪ガス(株) 正会員 西崎丈能 正会員 大西俊輔

1. はじめに

セメントコンクリートは、500℃以上になると強度が低下することが知られている。それに対して、工場の床版などの特殊環境下では、コンクリート表面が 500℃以上となる場合があり、早期劣化の一因となっている。一方、既往の研究からジオポリマーコンクリート（以下、GP）は、蒸気養生を行った場合、500℃～800℃程度の高温環境下においても強度の低下が少なく、高温抵抗性が高いことが知られている^{1) 2)}。しかし、蒸気養生を行わない GP については、高温抵抗性が明らかになっていない。

本稿では、現場打設可能な GP の用途拡大を目的として、蒸気養生を行わない GP の高温抵抗性について検討を行った。

2. 実験概要

2.1 使用材料および配合：表-1 に使用材料、表-2、表-3 に GP と普通ポルトランドセメントコンクリート(以下、OPC)の配合を示す。蒸気養生を行わない GP は収縮が大きい³⁾、ひび割れを抑制することを目的に鋼繊維を添加するケースも検討した。試験ケースは、アルミナシリカ粉末のフライアッシュ(以下、FA)に対する高炉スラグ微粉末(以下、BS)の置換率 10%(BS10)または 30%(BS30)と鋼繊維の有無で 4 ケースとした。ただし、常温養生でも 24N/mm² 以上の強度を得るために、BS10 では強度増進タイプのアルカリシリカ溶液を、BS30 では可使時間延長タイプのアルカリシリカ溶液を使用した。なお、OPC の配合は、BS10 を蒸気養生した場合と同程度の圧縮強度 65N/mm² となるように設定した。

2.2 供試体：供試体は、加熱面 500mm×1000mm で厚さ 200mm とし、加熱面から 76mm の位置に D10 の鉄筋を設置した(図-1)。また、鉄筋位置には 2 箇所熱電対を設置した。GP の練混ぜは、特殊な軸付きで練混ぜ性能が高い傾動ミキサを使用した。練混ぜ手順は、粗骨材と細骨材とアルミナシリカ粉末を入れて空練り 30 秒後、練り混ぜながらアルカリシリカ溶液を投入し、その後、120 秒間練り混ぜる方法とした。なお、鋼繊維は空練り時に投入した。供試体作製後は、室内(気温 20℃程度)で所定の材齢まで養生した。

表-1 使用材料

分類	項目	記号	材料
GP	アルミナシリカ粉末	FA	フライアッシュⅡ種品 密度：2.27g/cm ³
		BS	高炉スラグ微粉末 ブレン値：約 4,000cm ² /g 密度：2.91g/cm ³
	アルカリシリカ溶液	GPW	ケイ酸ナトリウム、 水酸化ナトリウム、 水の混合溶液 密度：1.4g/cm ³
	細骨材	S	珪砂(絶乾状態) 密度：2.60g/cm ³
	粗骨材	G	砂岩碎石 密度：2.64g/cm ³
	鋼繊維	SF	φ0.6mm×30mm 密度：7.85g/cm ³
OPC	セメント	C	普通セメント 密度：3.15g/cm ³
	水	W	水道水
	細骨材	S	砕砂 密度：2.67g/cm ³
	粗骨材	G	玄武岩碎石 密度：2.71g/cm ³
	減水剤		高性能減水剤

表-2 GP 配合表

記号	BS 置換率 (%)	単位量 (kg/m ³)					
		GPW	P		S	G	SF
BS10	10	283	460	51	564	852	—
BS10F							24
BS30	30	324	347	149	548	824	—
BS30F							24

表-3 OPC 配合表

記号	W/C (%)	単位量 (kg/m ³)				
		W	C	S	G	減水剤
OPC	40.0	159	400	785	1011	0.8

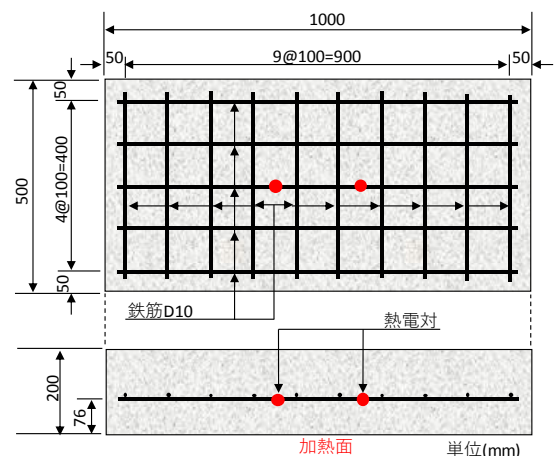


図-1 供試体の概要

キーワード ジオポリマーコンクリート、常温養生、現場打設、高温抵抗性

連絡先 〒108-8502 東京都港区港南 2-15-2 (株)大林組 生産技術本部 技術第一部 TEL 03-5769-1322

2.3 加熱試験：試験は、壁式耐火炉を使用して行い、供試体の加熱面のみを加熱する方法とした。加熱は、5分で最高温度(600℃)まで上昇させ、加熱開始後60分まで最高温度を保持し、その後60分かけて常温まで低下させた。なお、本実験では、工場の床版を想定して表面の最高温度を600℃に設定した。

3. 実験結果および考察

3.1 外観：すべての供試体において、色の変化や大きな損傷は発生しなかったが、部分的に直径10～30mm程度、深さ10mm未満の表面はく離が発生した(図-2)。10～30mm程度のはく離箇所数は、表-4に示すように、BS置換率が高くなると少なくなり、また、鋼繊維を添加すると少なくなる傾向を示した。ただし、OPCとの明確な違いはなかった。また、GPの全供試体の表面に0.2mm以下の微細なひび割れが発生した。

3.2 内部温度：BS10、BS30、およびOPCの温度計測結果(2箇所の平均値)を図-3に示す。最高温度は、いずれも120℃程度で大きな差は見られなかった。また、BS置換率と鋼繊維の有無による内部温度の有意な差は確認されなかった。

3.3 圧縮強度試験：加熱後に供試体の加熱面側からφ68×136mmのコアを採取して圧縮強度試験を実施した。試験結果を図-4に示す。試験は材齢56日に実施したが、加熱前の圧縮強度は材齢28日とした。圧縮強度は、GPの全供試体で加熱後に増加したが、OPC供試体では40%程度低下した。これは、蒸気養生を行ったGPの加熱試験において最高加熱温度500℃までの範囲においては強度増加が確認されていること^{1), 2)}と同様の結果と考えられ、GPは蒸気養生の有無に関わらず高温抵抗性を示すと言える。また、GPではBS置換率によって強度の増加に差があり、BS30は1.2倍程度の増加に対して、BS10は1.7～2.0倍と強度増加が大きいことから、BS置換率は高温抵抗性に影響を与えられられる。

4. まとめ

蒸気養生を行わないジオポリマーコンクリートの加熱実験(600℃, 60分)で得られた知見を以下に示す。

- 1) 加熱により表面に大きな損傷は発生せず、深さ10mm未満のはく離が発生するのみである。さらに、鋼繊維を添加することで、はく離箇所数を低減することができる。
- 2) 加熱後に強度が増加することから、高温抵抗性が期待できる。

蒸気養生を行わないジオポリマーコンクリートは、加熱後の強度低下が見られないことから、600℃程度の環境下で使用するコンクリートとして適用できる可能性を確認した。

参考文献 1)一宮他:FAベースのジオポリマーの高温抵抗性に及ぼすアルカリ溶液の種類の影響,土木学会第70回年次学術講演会,V-272,2015, 2)上野他:フライアッシュベースのジオポリマーの高温下における強度特性,土木学会第71回年次学術講演会,V-372,2016, 3)青木他:蒸気養生を行わないジオポリマーコンクリートの体積変化および耐酸性特性について,土木学会第71回年次学術講演会,VI-701,2016

表-4 はく離箇所数

記号	箇所数
BS10	7
BS10F	3
BS30	5
BS30F	1
OPC	5



図-2 はく離箇所 (BS10)

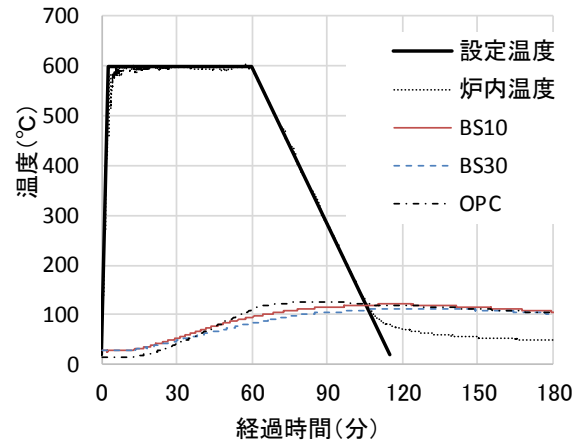


図-3 温度計測結果

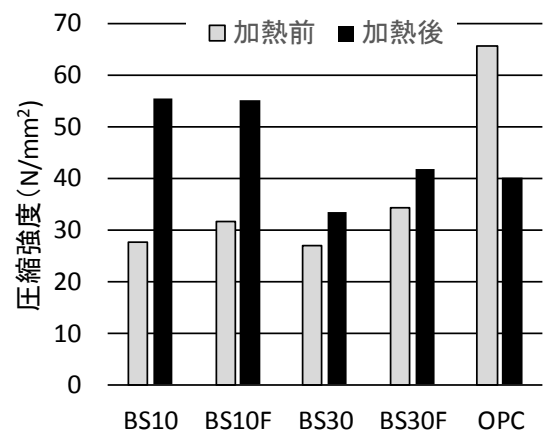


図-4 圧縮強度試験結果