

# フライアッシュ系ジオポリマーを使用したコンクリートはりの曲げ特性

九州工業大学大学院 正会員 ○合田 寛基 西松建設株式会社 正会員 原田 耕司  
 大阪ガス株式会社 正会員 西崎 丈能 大阪ガス株式会社 正会員 大西 俊輔  
 九州大学大学院 正会員 佐川 康貴 九州工業大学大学院 正会員 日比野 誠

## 1. はじめに

フライアッシュ系ジオポリマーは、セメント系材料と比較して軽量で耐硫酸抵抗性ならびに耐火性に優れるとともに、製造時における CO<sub>2</sub> 排出量が少ないとされることから、次世代型建設材料の一種として期待されている。本研究では、ジオポリマーコンクリートの建設部材への適用を目指した実用研究の一環として、ジオポリマーコンクリートを使用した RC はりを対象に曲げ試験を実施し、曲げ特性を明らかにするとともに、既往の曲げ耐力算定手法を適用した場合の妥当性について検討した。

## 2. 実験内容

### 2.1 使用材料, コンクリートの配合及び供試体概要

表-1～表-3 に本実験における使用材料ならびにジオポリマーコンクリート(GP)ならびに普通ポルトランドセメントコンクリート(CM)の配合をそれぞれ示す。ジオポリマー溶液(GP 溶液)は、1 号水ガラスに苛性ソーダならびに水を加え、pH0.3、密度 1.27g/cm<sup>3</sup> としたものを使用した。フライアッシュ(FA)は JIS II 種品を、高炉スラグ微粉末(BFS)は、石こう無添加のものをそれぞれ使用した。はりの主筋には、D16(SD345)を、せん断補強筋には D10(SD345)をそれぞれ使用した。

ジオポリマーコンクリートの練混ぜ方法は、GP 溶液以外の材料を強制二軸ミキサあるいは平型強制パンミキサに一括投入後、30 秒間空練りした後、ジオポリマー溶液を添加し 2 分間練り混ぜた。ミキサから排出されたコンクリートを直ちに型枠に打設した後、20°C 3 時間の気中前置きを経て、蒸気養生環境下にて 3 時間かけて 70°C まで昇温後、同温で 18 時間静置し、3 時間かけて 20°C まで徐冷した。その後は載荷試験に供するまで約 4 週間、気中養生させた。

図-1 に供試体概略図を示す。供試体は、200×300

表-1 使用材料

材料名	略号	密度	比表面積
		g/cm <sup>3</sup>	cm <sup>2</sup> /g
GP 溶液	GPW	1.27	-
フライアッシュ II 種	FA	2.34	4040
高炉スラグ微粉末	BFS	2.90	4180
GP 用細骨材	S(GP)	2.60	-
GP 用粗骨材	G(GP)	2.61	-
普通ポルトセメント	OPC	3.16	3310
陸砂	S1	2.56	-
砕砂	S2	2.64	-
砕石	G1	2.70	-
AE 減水剤(遅延型)	M	1.07	-

表-2 GP の配合(単位: kg/m<sup>3</sup>)

	GPW	FA	BFS	S(GP)	G(GP)
GP	330	353	152	559	846

表-3 CM の配合(単位: kg/m<sup>3</sup>)

	W	OPC	S1	S2	G1	M
CM	183	313	589	251	940	3.13

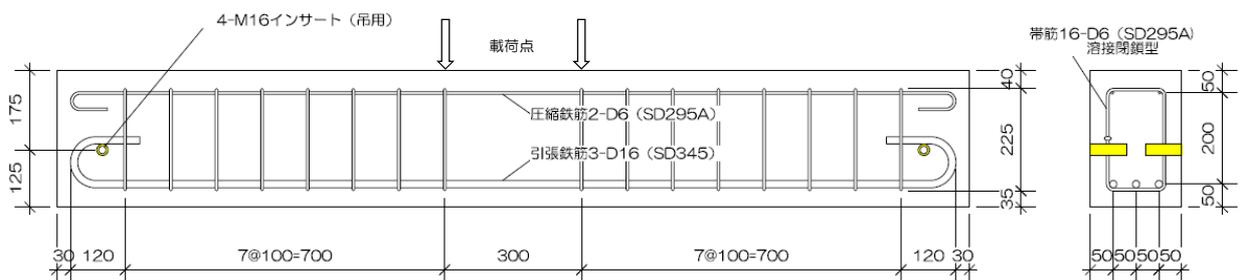


図-1 供試体概略図

(単位: mm)

×2000mmの矩形断面はりで、支間長は1700mm、載荷スパンは300mmとした。主筋(D16-SD345)は単段配筋とし、せん断補強筋(D6-SD295A)はせん断スパン内に100mm間隔で配筋した。なお、GPはりは2体、CMはりは1体をそれぞれ曲げ試験に供した。

## 2.2 結果ならびに考察

材齢28日時点におけるGPの圧縮強度ならびに静弾性係数は、それぞれ32.8MPa、15.0GPaであった。一方、同材齢におけるCMの圧縮強度と静弾性係数は、それぞれ30.0MPa、30.0GPaであった。

表-4は、等価応力ブロック法を用いたはりの最大耐力の計算値と実験での最大荷重を示す。計算値は全断面有効として算出した。GPならびにCMともに、計算値と比較して実験値が1.1以上を示した。図-2、図-3は、荷重-たわみ関係、荷重-ひずみ関係をそれぞれ示す。図-2より、GPはCMと比較して初期荷重時のたわみが大きい。ひび割れ発生後はCMと同様に主筋の降伏後に最大荷重を示した。図-3より、GPとCMは概ね同様のひずみ挙動を呈した。GPはCMと比較して、同一圧縮強度時の静弾性係数が約50%と小さいが、CMと同様に靱性に富んだ曲げ挙動を示すことがわかった。

図-4は、主筋降伏時におけるGP1とCMのひび割れ図を示す。同図(a)より、GPのひび割れ本数は14本、最大ひび割れ幅は0.3mm、総ひび割れ幅は1.70mmであった。同図(b)より、CMのひび割れ本数は9本、最大ひび割れ幅は0.25mm、総ひび割れ幅は1.60mmであった。以上より、降伏前後におけるひび割れ特性として、CMと比較して、GPは総ひび割れ幅が同程度でひび割れ本数が多いことから、1本あたりのひび割れ幅が小さく、ひび割れが分散する傾向が確認された。既往の研究より、GPはCMと比較して鉄筋との付着強度が大きいことが一因と考えられる。

## 3. まとめ

本実験条件の下で得られた知見を下記に示す。

1. GPはCMと同様に等価応力ブロック法を用いて曲げ耐力を算出可能である。
2. GPはCMと比較して、ひび割れ分散性が高い。

### 参考文献

1)Prabir Sarker: Bond strength of reinforcing steel embedded in fly ash-based geopolymer concrete, Materials and Structures, Vol.44, pp.1021-1030, 2011

表-4 はり耐力結果ならびに破壊形式

	最大荷重			備考
	計算値	実験値	実/計	
	kN	kN	-	
GP-1	152	179	1.18	曲げ引張破壊
GP-2	151	178	1.18	曲げ引張破壊
CM	150	169	1.13	曲げ引張破壊

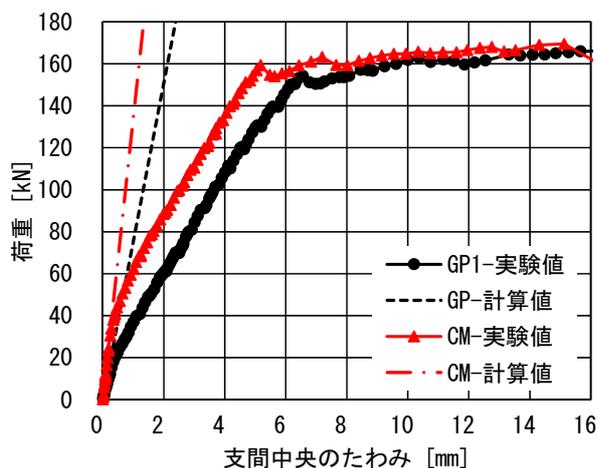


図-2 荷重-たわみ関係

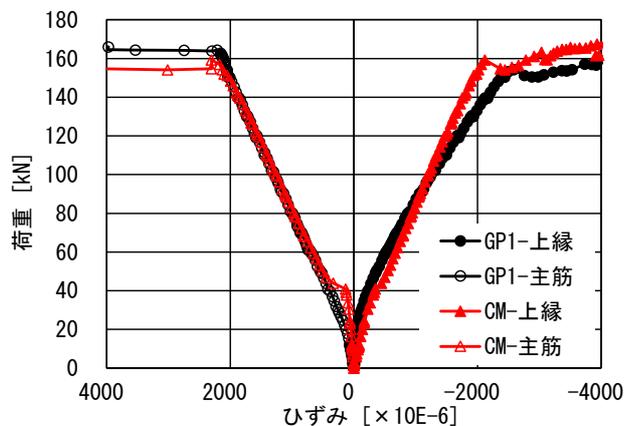
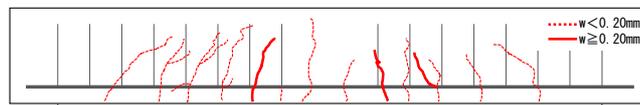
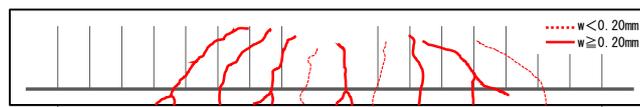


図-3 荷重-ひずみ関係(はり上縁・主筋)



(a) GP1(主筋降伏荷重=150kN)



(b) CM(主筋降伏荷重=160kN)

図-4 ひび割れ図