

ジオポリマーコンクリートを用いた RC はりの曲げ挙動

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. 目的

フライアッシュ系ジオポリマーは、優れた硫酸抵抗性ならびに耐火性を有するとともに、製造時における CO₂ 排出量が少ないことから、次世代型建設材料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として、ジオポリマーコンクリートを使用した RC はりの曲げ試験を実施し、その曲げ特性を把握するとともに、既往の曲げ、せん断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

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(OPC)の配合をそれぞれ示す。ジオポリマー用アルカリシリカ溶液(GP 溶液)は、アルカリ水比を目標強度(30MPa, 50MPa)に合わせて 2 水準とした。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使用した。はりの主筋として、曲げ破壊先行型には D16(SD345)を、せん断破壊先行型には D19(SD345)を、曲げ破壊先行型のせん断補強筋には D6(SD295)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 溶液以外の材料をミキサに一括投入後、30 秒間空練りし、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、打設面をラップ等で被覆した。20℃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℃まで昇温後、同温で 18 時間静置し、3 時間かけて 20℃まで徐冷した。その後は屋内での気中養生とした。試験材齢は約 4 週間とした。図-1 に供試体の構造一般図を示す。供試体は、200×300×2000mm の矩形はりとし、支間長 1700mm、載荷スパン 300mm とした。表-4 は、材齢 28 日時点の圧縮強度試験結果を示す。

表-5、表-6 は、曲げ破壊先行型、せん断破壊先行型の耐力荷重評価を示す。GP30 ならびに GP-50 のひび割れ発生荷重は、引張強度比を考慮した計算値で概ね評価可能であった。主筋降伏荷重は、いずれも計算値と概ね同じであり、曲げ耐力についても、いずれも等価応力ブロック法による耐力算出法で評価可能であることがわかった。一方、せん断耐力は、GP-30、OPC-30 では計算値と概ね同じであった。

表-1 使用材料

材料名	略号	密度	比表面積
		g/cm ³	cm ² /g
GP 溶液	GPW	1.40	—
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
OPC 用陸砂	S1	2.56	—
OPC 用砕砂	S2	2.64	—
OPC 用砕石	G1	2.70	—
AE 減水剤(遅延型)	M	1.07	—

表-2 GP の配合 (単位 : kg/m³)

種別	GPW	FA	BFS	S (GP)	G (GP)
GP-30	330	353	152	559	846
GP-50	281	418	105	564	846

表-3 OPC の配合 (単位 : kg/m³)

	W	OPC	S1	S2	G1	M
OPC-30	183	313	589	251	940	3.13

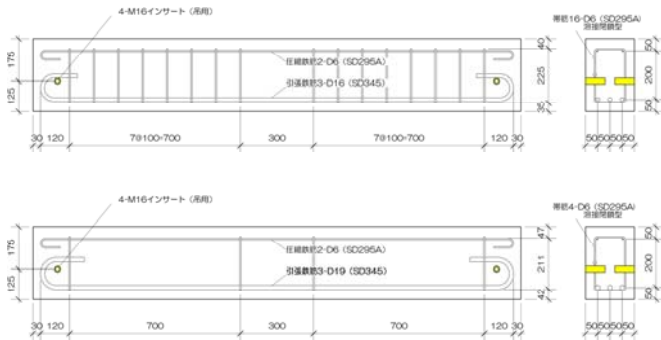


図-1 供試体構造一般図(上 : 曲げ, 下 : せん断)

表-4 圧縮強度試験結果

	圧縮強度 (MPa)	静弾性係数 (GPa)
GP-30	34.0	15.6
GP-50	55.3	23.5
OPC-30	30.0	30.0

キーワード ジオポリマーコンクリート, はり, 曲げ, せん断, ひび割れ分散性

連絡先 〒804-8550 福岡県北九州市戸畑区仙水町 1-1 九州工業大学大学院工学研究院建設社会 TEL : 093-884-3122

表-5 耐力評価(曲げ破壊先行型)

曲げ破壊 先行型 供試体種別		ひび割れ発生荷重			主筋降伏荷重			最大荷重		
		計算値	実験値	実/計	計算値	実験値	実/計	計算値	実験値	実/計
		kN	kN	-	kN	kN	-	kN	kN	-
GP-30	1	20	30	1.50	143	154	1.08	151	178	1.18
	2	21	21	1.00	143	148	1.04	152	179	1.18
GP-50	1	32	37	1.16	146	160	1.10	157	184	1.17
	2	32	43	1.34	145	160	1.10	157	202	1.29
OPC-30	1	18	40	2.22	148	160	1.08	150	169	1.13

表-6 耐力評価(せん断破壊先行型)

せん断破壊 先行型 供試体種別		主筋降伏荷重			曲げ耐力			せん断耐力		
		計算値	実験値	実/計	計算値	実験値	実/計	計算値	実験値	実/計
		kN	kN	-	kN	kN	-	kN	kN	-
GP-30	1	200	-	-	210	-	-	111	137	1.23
	2	200	-	-	209	-	-	111	107	0.96
	3	198	-	-	209	-	-	110	125	1.14
	4	199	-	-	207	-	-	107	141	1.32
GP-50	1	204	228	1.12	218	247	1.13	125	-	-
	2	204	227	1.11	216	252	1.17	123	-	-
	3	205	234	1.14	220	-	-	133	234	1.76
	4	204	236	1.16	220	255	1.16	131	-	-
OPC-30	1	207	-	-	205	-	-	105	125	1.19
	2	207	-	-	205	-	-	105	125	1.19
	3	207	-	-	205	-	-	105	115	1.10

が、GP-50 では計算値を大きく超過し、曲げ破壊を示すケースも確認された。これは、高い付着強度に加え、断面剛性、載荷条件等が影響しているものと考えられる。

図-2、図-3 に荷重とたわみの関係をそれぞれ示す。図-2 の曲げ破壊先行型では、全種別で曲げひび割れ発生後に剛性が低下し、主筋降伏後に明瞭なたわみ増加を示し、上縁圧壊による終局状態まで靱性に富む挙動を呈することが確認された。図-3 のせん断破壊先行型の OPC-30 では、斜め引張ひび割れ発生とともに直ちに終局に至った。一方、GP-30、GP-50 では、いずれも斜め引張ひび割れ発生時に一旦荷重が低下したものの、その後再度増加に転じた。特に、GP-50 ではたわみが 15mm 以上を示し、主筋降伏後に上縁が圧壊して曲げ引張破壊した後に斜め引張ひび割れが卓越して終局に至った。

図-4 に、曲げ破壊先行型における主筋降伏時のひび割れ図を示す。ひび割れ本数では、GP-30 は OPC-30 の約 1.5 倍となった。ひび割れ幅では、GP-30 は OPC-30 よりもそれぞれのひび割れ幅が小さい。太田らの研究¹⁾では、GP モルタルは OPC モルタルよりも付着強度が大きいことが報告されている。以上より、GP のひび割れ幅が小さく、ひび割れ本数が多い傾向と、高い付着強度とは相関があると考えられ、GP は OPC と比較してひび割れ分散性が高いと推察される。

3. まとめ

本研究より、ジオポリマーコンクリートは、①曲げ耐力、せん断耐力ともに普通コンクリートと同様の耐力設計が可能である可能性が示唆され、②ひび割れ分散性が高いことが確認された。

参考文献 1) 太田周ら：ジオポリマーモルタルと鉄筋との付着特性に関する基礎的研究，コンクリート工学年次論文集，Vol.38，2016

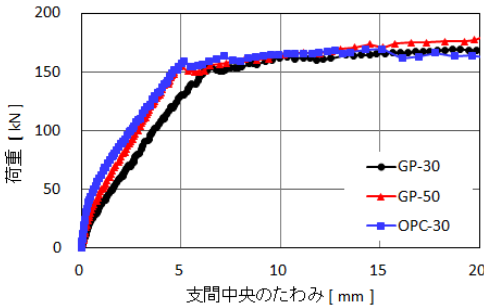


図-2 荷重たわみ関係(曲げ破壊先行型)

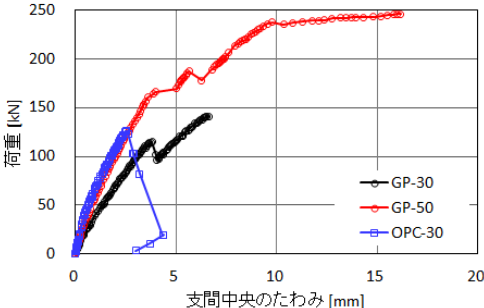


図-3 荷重たわみ関係(せん断破壊先行型)

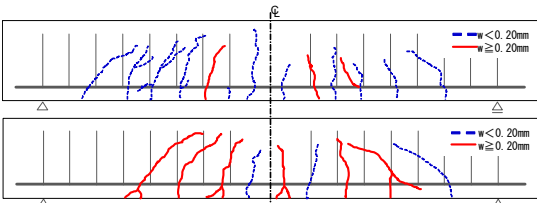


図-4 ひび割れ図(上：GP-30，下：OPC-30)