

繊維補強ジオポリマー短まくらぎの製作

(株) 安部日鋼工業 正会員 ○大木 信洋
 (株) 安部日鋼工業 正会員 東原 実
 (公財) 鉄道総合技術研究所 正会員 佐藤 隆恒
 (公財) 鉄道総合技術研究所 正会員 上原 元樹

1. 緒言

ジオポリマー法は、石炭灰などのアルカリ活性な非晶質粉体と、それを活性化させるケイ酸アルカリ溶液を混合し、その重合反応を利用して硬化体を得る技術である。ジオポリマーコンクリートは、生産時に CO₂ を排出するポルトランドセメントを使用しないため、一般的なコンクリートと比較して 80%もの CO₂ を削減できると試算されている⁽¹⁾。また、ジオポリマーコンクリートは石炭灰や高炉スラグなどの産業副産物を有効利用できる点においても環境負荷低減効果が大きい⁽²⁾。筆者らは、このジオポリマーコンクリートを用いて PC まくらぎを製作し、JIS E 1202(ポストテンション式 PC まくらぎ)に規定された要求性能を満たすことを確認した⁽³⁾。また、これらの知見をもとに、鋼繊維補強ジオポリマーモルタルの開発を行ったのち、短まくらぎを製作し、その要求性能を満たすことを確認した⁽⁴⁾。

今回は有機繊維を添加したジオポリマーモルタルの開発を行い、引張鉄筋を低減した短まくらぎを製作し、その性能確認試験を行った。本発表では、その基本特性値や製作方法などに関して報告する。

2. 繊維補強ジオポリマーモルタルの基本特性

2. 1 使用材料および配合

使用材料および配合を表 1, 2 に示す。アルカリ溶液の濃度および繊維の添加率などは、準備試験において曲げ試験(供試体寸法: 100mm×100mm×400mm)を実施し、曲げひび割れ発生強度 6.7N/mm² が得られるように決定した。この数値は製作した短まくらぎの要求性能の一つである曲げ試験において、ひび割れが生じてはならない荷重 29.4kN 載荷時の引張縁応力度に相当する値である。

表 1 使用材料

材料名	記号	規格, 性質, 成分など
フライアッシュ	FA	I 種 (JIS A 6201)
高炉スラグ微粉末	BS	ブレン値 4000cm ² /g (JIS A 6206)
アルカリ溶液	GP	NaOH+水
	1.3WG	JIS 1 号水ガラス+水
混和材	SF	シリカフェーム
	グルコン酸 Na	グルコン酸ナトリウム
有機繊維	ポリビニルアルコール	PVA 長さ 15mm, 直径 0.3mm 引張強度 975N/mm ² , 密度=1.3g/cm ³
	ポリプロピレン	PP 長さ 30mm, 直径 1.0mm 引張強度 500N/mm ² , 密度=0.91 g/cm ³
	アラミド	AR 長さ 30mm, 直径 0.5mm 引張強度 3500N/mm ² , 密度=1.39 g/cm ³
細骨材	S	表面乾燥飽和状態

表 2 配合 (kg/m³)

配合	繊維添加率 (vol.%)	FA	BS 置換率 (%)	GP	1.3 WG	SF	グルコン酸 Na	S
PVA	2.0	549.7	15	250.4	19.4	37.2	12.9	1293.3
PP	1.5	552.5		251.7	18.9	37.4	13.0	1299.9
AR	1.0	555.3		253.2	19.1	37.6	13.1	1306.5

※BS 置換率: BS / (FA+BS)



図 1 製作方法

キーワード: ジオポリマー, フライアッシュ, 有機繊維, 短まくらぎ, 環境負荷低減

連絡先: 〒162-0842 東京都新宿区市谷砂土原町 2 丁目 7 番地 TK 第一ビル TEL 03-5227-8056

2. 2 製作方法

表 1 に示した材料を図 1 の製作方法に従い、二軸強制練りミキサー(公称容量=0.06m³)で攪拌したのち、型枠に充填し 85°C、10 時間(3 時間かけて 85°Cまで上昇, 冷却:放冷)の蒸気養生を行った。

2. 3 基本特性値

表 3 にフレッシュ性状および硬化後の特性値を示す。なお、硬化後の特性値は材齢 7 日の結果である。繊維の種類および添加率の違いによる圧縮強度への影響は、小さい結果となった。曲げひび割れ発生強度は、目標とした 6.7N/mm² が得られた結果となった。

表 3 フレッシュ性状・硬化後の特性値

配合	フロー (mm) 0 打	圧縮強度 (N/mm ²)	曲げひび割れ発生強度 (N/mm ²)	曲げ強度 (N/mm ²)
PVA	100×120	101.9	9.23	10.53
PP	130×140	91.7	8.43	8.43
AR	120×120	88.0	8.40	10.41
試験方法	JIS R 5201	JIS A 1108	JSCE-G 552-2010	

3. 短まくらぎ製作および性能確認試験

3. 1 短まくらぎ製作

表 2 の配合を用いて短まくらぎの製作を行った。また、比較のためコンクリート短まくらぎの製作も合わせて行った。なお、製作した短まくらぎの軸方向鉄筋の配筋は、鉄筋と有機繊維が複合的に抵抗することと配筋性能を考慮し表 4 のとおりとした。短まくらぎは、地下鉄などトンネル内で使用されることが多いため、漏水対策など、化学的耐久性が要求される場合もある。そのため、本製作では、ステンレス鉄筋を使用した。

表 4 配筋概要

試験体名		PVA, PP, AR	コンクリート
中央断面 (単位:mm)			
鉄筋	種類	SUS304-SD	SD295
	強度区分	295A	295A

3. 2 性能確認試験

表 5 に性能確認試験結果を示す。本試験ではレール位置断面における曲げ試験および埋込栓の引抜き試験を行った。両試験ともに保証荷重においてひび割れは認められず、ひび割れ発生荷重も基準値より大きいことから、PVA, PP, AR の耐荷力は、短まくらぎに要求される性能を満たす結果となった。また、曲げ試験において、引張鉄筋を低減した PVA, PP, AR とコンクリート短まくらぎのひび割れ発生荷重の比は、PVA/コンクリート=0.92, PP/コンクリート=0.84, AR/コンクリート=0.88 となり、コンクリート短まくらぎに近い値となった。

表 5 性能確認試験結果 (kN)

	レール位置断面 曲げ試験		埋込栓 引抜き試験	
	保証荷重	ひび割れ発生荷重	保証荷重	ひび割れ発生荷重
基準値	29.4	---	29.4	---
PVA	ひび割れなし	52.9	ひび割れなし	62.0
PP	ひび割れなし	48.5	ひび割れなし	54.0
AR	ひび割れなし	50.4	ひび割れなし	64.0
コンクリート	ひび割れなし	57.4	ひび割れなし	70.0

4. まとめ

ポルトランドセメントを使用せず、産業副産物を原料としたジオポリマーモルタルに有機繊維を添加し、その基本特性を確認したのち、引張鉄筋を低減した短まくらぎの製作を行った。その結果、製作した短まくらぎの耐荷力は、その要求される性能を満たすことを確認した。今後、有機繊維補強短まくらぎの耐久性などの性能評価を行い、実用化を図っていく予定である。

参考文献

- (1) 辻村他, 鉄道材料の環境負荷, 第 15 回鉄道技術・政策連合シンポジウム(J-RAIL2008)講演要旨, 2008.
- (2) 上原, ジオポリマー法による環境負荷低減コンクリートの開発, 鉄道総研報告, 第 22 巻 4 号, 2008.
- (3) 上原他, ジオポリマー法による環境負荷低減 PC まくらぎの作製, 土木学会第 64 回年次学術講演会, 2009.
- (4) 東原他, 繊維補強ジオポリマー短まくらぎの製作, 土木学会第 67 回年次学術講演会, 2012.