

VFRPCM製永久型枠を用いた竹筋廃棄資源コンクリートはりに関する検討

阿南工業高等専門学校 正会員 堀井克章

1. はじめに

本報の発表者らは、炭酸ガスの排出量削減，天然骨材の枯渇化対策，産業廃棄物の有効利用，熱帯雨林や里山の保全などを目的とした環境対策として，産業廃棄資源のみからなるコンクリート（以下，廃棄資源コンクリートと略す），竹筋，永久型枠などに関する研究を行っている¹⁾。本報では，竹筋を用いた廃棄資源コンクリートにビニロン繊維補強ポリマーセメントモルタル（VFRPCM）製の永久型枠を複合化させた小型はりを作製して行った曲げ載荷実験をまとめたものである。

2. 実験概要

VFRPCMは，普通セメント（C，密度 3.16g/cm^3 ，比表面積 $3260\text{cm}^2/\text{g}$ ），スチレンアクリル酸エステル系ポリマー混和材（P，アニオン系，不揮発分50%，対結合材10%），標準砂（SS，フライアッシュ10%置換），ビニロン短繊維（VF，長さ24mm，弾性係数 3kN/mm^2 ，容積2%）を用い，オムニミキサで製造した（表-1参照）。廃棄資源コンクリートは，フライアッシュⅡ種（F，密度 2.33g/cm^3 ，比表面積 $3980\text{cm}^2/\text{g}$ ），高炉スラグ微粉末（B，密度 2.91g/cm^3 ，比表面積 $3870\text{cm}^2/\text{g}$ ），回収石こう（G，密度 2.29g/cm^3 ），高炉スラグ細骨材（SB，表乾密度 2.69g/cm^3 ，吸水率4.26%，粗粒率3.01），再生粗骨材（GR，表乾密度 2.42g/cm^3 ，吸水率6.85%，最大寸法15mm，原コンクリートPC製品），回収水を想定した刺激剤として水酸化カルシウム（CH，対結合材1%）を用い，パン型強制練りミキサで製造した（表-1参照）。なお，竹筋は，角材（幅8mm，厚み6mm）とし，炉乾燥による油抜き後，エポキシ樹脂接着剤を塗布してフェロニッケルスラグ砂（粒径0.6～1.2mm）を散布した。

はり供試体は，15mm厚の永久型枠（100×100×400mm）はり型枠での平打ち成形時，廃棄資源コンクリートとの接合面に粒径1.2～2.5mm珪砂を散布し，2週間湿潤養生）や竹筋（2本）を配して廃棄資源コンクリートを打設して成形し（幅100mm，長さ390mm），材齢4週水中湿潤と材齢2週以降乾燥の2種で養生した。曲げ試験は，せん断スパン比（ a/d ）を3とした対称2点載荷で，初期ひび割れ発生荷重，最大耐力，ひび割れ本数などを測定した（図-1参照）。

3. 結果と考察

はりの曲げ試験で得られた荷重たわみ曲線およびひび割れ発生荷重と最大耐力をそれぞれ図-2および図-3に示す。図中の略号は，Bが砂無し竹筋使用，BSが砂付竹筋使用，Fが永久型枠使用，Wが湿潤養生およびDが乾燥養生で，70Wは竹筋と永久型枠を用いない高さ70mmのはり，55Wは同じく高さ55mmのはりである（55W以外のはりは永久型枠の厚みも含めて全て高さ70mmで統一）。また，図-3の結果は，同じ条件のはり2本から得られた平均値である。

廃棄資源コンクリートの品質試験結果は，スランプ値18cm（練上り温度 17°C ），空気量1.8%および28日圧縮強度 39.1N/mm^2 （水中養生）・ 36.5N/mm^2 （材齢2週以降乾燥）である。VFRPCMの品質試験結果は，フロー値218mm（練上り温度 16°C ），空気量1.5%，28日圧縮強度 42.7N/mm^2 （水中養生）・ 51.4N/mm^2 （材齢2週以降乾燥）および28日曲げ強度 12.2N/mm^2 （水中養生）・ 15.5N/mm^2 （材齢2週以降乾燥）である。なお，竹筋（砂無し）は，引張強度 259N/mm^2 および弾性係数 18.4kN/mm^2 である。

表-1 コンクリートおよびモルタルの示方配合

種類	水結合材比(%)	細骨材率(%)	単位量 (kg/m ³)										
			W	C	P	F	B	G	SB	GR	SS	CH	VF
破棄資源コン	45	52	190	—	—	184	184	55	873	725	—	4	—
VFRPCM	40	100	195	439	49	146	—	—	—	1318	—	—	27

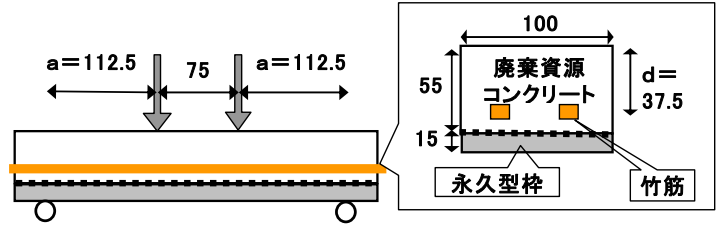


図-1 はりの状況(単位；mm)

VFRPCM では、骨材とした標準砂にフライアッシュを 10%置換使用した。これは、予備実験で、フライアッシュを使用しない場合、ポリマー混和材やビニロン繊維の使用による材料分離傾向が強く、良好な流動性や強度発現性を得られなかったためである。したがって、VFRPCM におけるフライアッシュの砂置換使用は、産業廃棄資源の有効利用だけでなく、品質改善の面からも有効な手立てといえる。なお、本実験では、薄肉断面となる永久型枠を想定し、圧縮強度や湿潤養生強度の発現性が良好なスチレンアクリル酸エステル系ポリマー混和材を使用したため、比較的高い湿潤養生圧縮強度が得られている。しかし、湿潤養生を継続するよりも乾燥状態にさらすことでより高い強度を発揮することが確認されたので、乾湿作用を受けやすい構造物の表層に埋設する永久型枠として、本ポリマーは利用価値を有する混和材といえる。

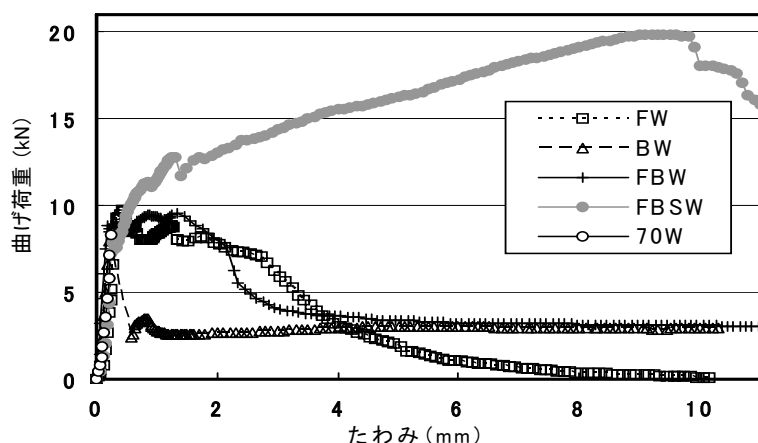


図-2 はりの荷重たわみ関係（一例）

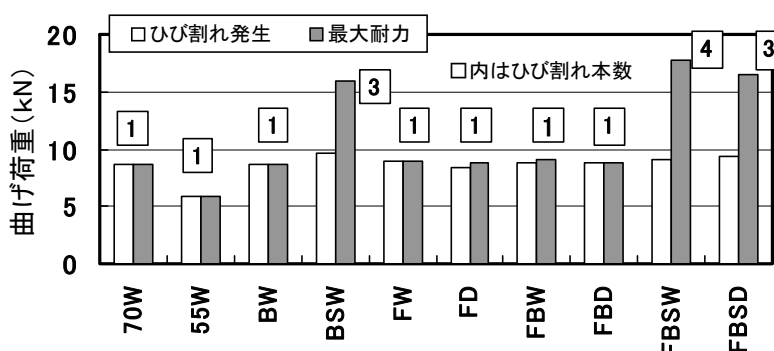


図-3 はりの曲げひび割れ発生荷重と最大耐力

はりの載荷試験結果では、まず、砂付きの竹筋を使ったもの以外は、ひび割れ発生荷重と最大耐力がほぼ同じであり、竹筋や永久型枠の使用ははりの耐力増進に余り寄与しないといえる。しかし、竹筋や永久型枠を使用したはりでは、ひび割れ発生後も破断することなく、耐力は小さいものの保持されており、竹筋や永久型枠の使用効果が、力学面でもある程度期待できることがわかる。一方、砂付き竹筋を使用したはりでは、ひび割れ発生後も優れた耐力を発揮しており、竹筋を利用する際は、コンクリートとの付着性を高めるための工夫が必要といえる。また、砂付きの竹筋を使用したはりでは、ひび割れ本数も多く、若干ではあるがひび割れ発生荷重も高くなっていることから、竹筋と廃棄資源コンクリートとの良好な付着性が推察される。

なお、55W 以外は全て高さ 70mm のはりであり、厚さ 15mm の永久型枠を使用したはりでは、廃棄資源コンクリートのみの高さは 55mm であるが、永久型枠を用いない高さ 70mm のはりと同様なひび割れ発生荷重や最大耐力を示しており、接合面に珪砂を埋め込んだ永久型枠と廃棄資源コンクリートとの一体性は、繰り返し載荷などでの検証は必要となるが、本実験結果からは比較的良好といえる。また、湿潤養生を継続したはりとは乾燥にさらしたはりとは、本実験結果からは、明らかな差異が得られなかった。これは、乾燥により、廃棄資源コンクリートの強度低下と VFRPCM 製永久型枠の強度増進とが相殺されることによると思われる。

4. まとめ

本研究より、竹筋廃棄資源コンクリートはりにおける曲げ性状改善には、砂を接着した竹筋、接合面に砂を埋め込みフライアッシュの砂置換使用を行った VFRPCM 製永久型枠などの利用が有効であることが確かめられた。今後は、寸法の大きな供試体での載荷性状、永久型枠使用時の耐久性能などの検討が必要といえる。

なお、本報は、科研費（20510087）の助成を受けたものであり、実験では徳島大学、四国電力、新日鐵高炉セメント、宮崎基礎建設ならびに本校卒業生久保哲人君の協力をいただいた。関係各位に謝意を表す。

【参考文献】

- 1) 堀井・栗飯原・橋本・多田：コンクリート工学年次論文集，Vol. 29，No. 2，pp. 481～486，2007.