

ジオポリマー硬化体の物性と構造利用に関する基礎的研究

(3) 鉄筋を配置したジオポリマーモルタルはりの曲げ挙動

前田建設工業(株) 正会員 〇松林 卓 正会員 南 浩輔 正会員 舟橋 政司

(公財)鉄道総合技術研究所 正会員 上原 元樹 正会員 佐藤 隆恒

1. はじめに

ジオポリマー法による硬化体は、石炭灰や高炉スラグなど産業副産物を活性フィラーとして大量に使用でき、かつ一般的なコンクリートと比較して 80%ものCO₂削減を可能とする材料¹⁾として注目されている。本材料の基礎理論や実用化に向けた研究²⁾が近年行われているが、構造部材への適用に関する検討例は少ない。

本研究では、ジオポリマー法により作製したモルタル(以下、GP モルタルと記す)を用いた鉄筋を配置した曲げ破壊型のはりを製作し、曲げ試験を実施した。また、試験結果から、曲げ挙動の評価に関する検討を行った。

2. 実験概要

使用材料は、活性フィラーとしてフライアッシュ I 種(密度 2.40g/cm³)を、細骨材として山砂(密度 2.56g/cm³)および砕砂(密度 2.70g/cm³)を、アルカリ溶液として水ガラスと水酸化カリウムを混合したものを用いた。GP モルタルの配合を表 1 に示す。なお、GP 硬化体の作製方法は既報²⁾に準じて行った。試験体の加温条件は温度 80℃、湿度 90%RH とし、加温後は、温度 20℃、湿度 60%RH の恒温恒湿室内で試験材齢(28 日)まで気中養生を施した。

試験体寸法は 10×10×40cm とし、鉄筋を図 1 に示すように配置した。試験体数は 3 体とし、载荷はスパン 30cm の 3 等分点载荷により行った。試験日における GP モルタルの物性値を表 2 に、鉄筋の物性値を表 3 に示す。計測項目は、荷重、スパン中央部の鉛直変位、試験体側面の変位、スパン中央部における引張側主鉄筋のひずみとした。試験体側面の変位測定位置は図 2 に示すとおりであり、鉛直変位を計測するための変位計設置面と反対側の側面において、パイ型変位計を用いて計測した。

表1 GP モルタルの配合(kg/m³)

F	S	AL	フロー値(mm)
530	1415	265	234×240

F：フィラー，S：細骨材，AL：アルカリ溶液

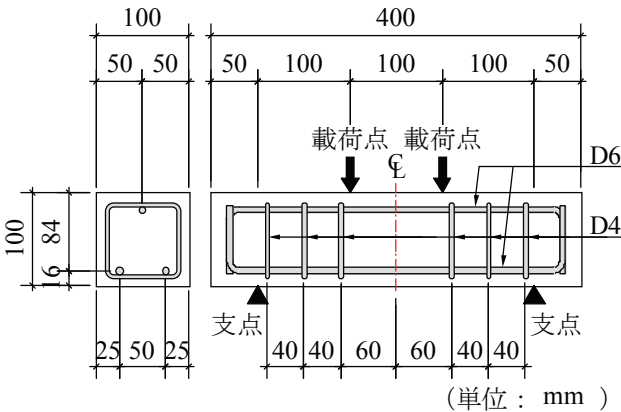


図1 試験体の配筋

表2 GP モルタルの物性値

試験項目	物性値	試験方法
圧縮強度	28.5N/mm ²	JSCE-G 505-2010
静弾性係数	11.3kN/mm ²	供試体作製：JSCE-F 506 試験方法：JIS A 1149
曲げ強度	3.62N/mm ²	JIS A 1106

表3 鉄筋の物性値

呼び名	降伏点 N/mm ²	ヤング係数 kN/mm ²	使用箇所
D6	362	194	主筋
D4	388	184	スターラップ

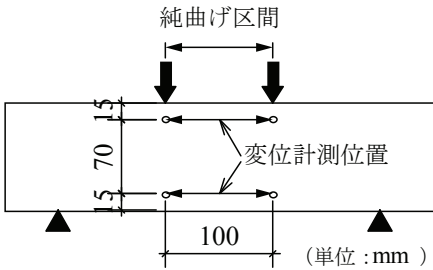


図2 試験体側面の変位計測位置

3. 実験結果

(1) 破壊状況および荷重－変位関係

各試験体の荷重－変位関係を図3に示す。試験体は、荷重13～15kN程度で曲げひび割れが発生し、44～47kN程度で鉄筋が降伏し、その後、若干荷重が増加した後に圧縮側のGPモルタルが圧壊した。試験終了後の試験体のひび割れ発生状況の例を図4に示す。3体の試験体の破壊状況に特筆すべき相違は見られなかった。

(2) ひび割れ発生前後における中立軸の変化

代表的な荷重時における部材軸方向のひずみ断面高さ方向の分布例を図5に示す。ひずみは試験体側面で計測した変位を検長で除することにより求めた。同図には、一般的な鉄筋コンクリートはりの理論に基づいて算出した、全断面有効およびひび割れ断面における中立軸位置(x_g および x_{cr})を併せて示した。同図から、ひび割れ発生荷重である14.8kN以降、中立軸位置が x_g から x_{cr} 付近に移動していることがわかる。

(3) ひび割れ発生前後における曲げ剛性の変化

曲げモーメント M と曲率 ϕ の関係例を図6に示す。 M および ϕ は、日本コンクリート工学会規準(JCI-S-003-2007)に基づいて算出した。同図には、一般的な鉄筋コンクリートはりの理論に基づいて算出した、全断面有効およびひび割れ断面における M と ϕ の関係を併せて示した。同図から、ひび割れ発生以前の実験値は、全断面有効の曲げ剛性の勾配とほぼ一致しており、ひび割れ発生以降にはひび割れ断面の曲げ剛性の勾配に漸近する傾向が見られる。

(4) ひび割れ発生、鉄筋降伏荷重および曲げ耐力

一般的な鉄筋コンクリートはりの理論を用いて求めたひび割れ発生荷重と変位、鉄筋降伏荷重と変位、ならびに等価応力ブロックを用いて算出した曲げ耐力(材料係数および部材係数は1.0とした)を計算値として、実験値とともに図7に示す。これによれば、鉄筋降伏荷重の実験値が計算値よりも大きかったが、荷重－変位関係の計算値と実験値は概ね一致した。

4. まとめ

鉄筋を配置したGPモルタルの曲げ挙動は、一般的な鉄筋コンクリートはりと概ね同様であり、鉄筋コンクリートと同じ理論で曲げ挙動を評価できる見込みが得られた。

参考文献

- 1) 相原直樹他：鉄道用材料のLCAによる環境評価，鉄道総研報告，Vol.23，No.6，pp.5-10，2009
- 2) 上原元樹：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，Vol.22，No.4，pp.41-46，2008

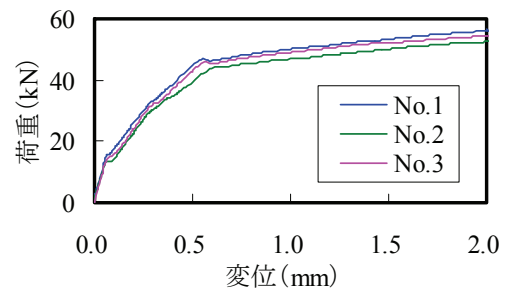


図3 荷重－変位関係

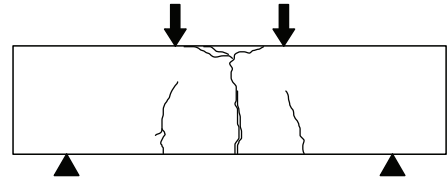


図4 載荷終了時のひび割れ発生状況の例

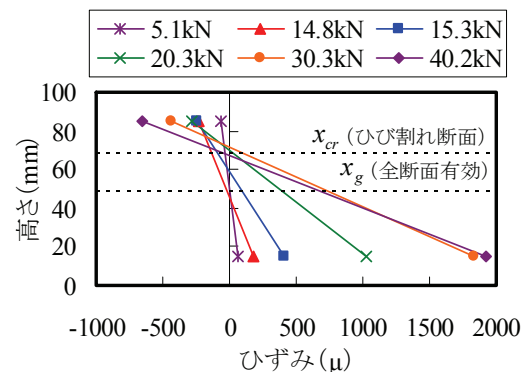


図5 部材軸方向ひずみの高さ方向分布の例

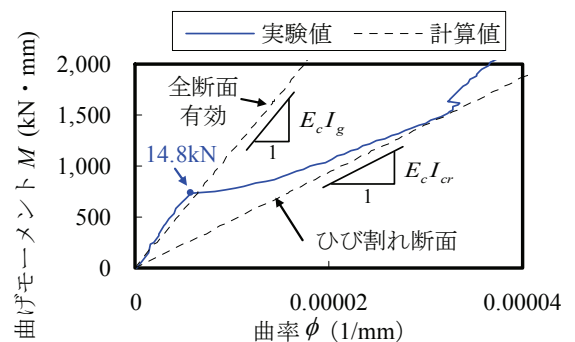


図6 曲げモーメント M と曲率 ϕ の関係の例

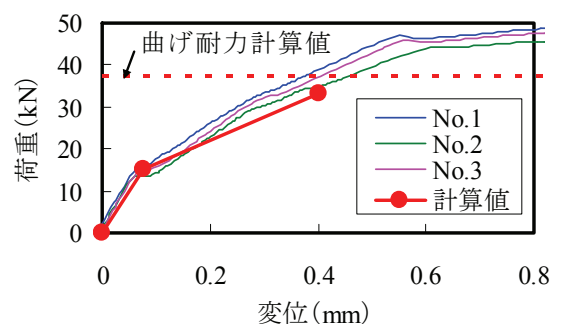


図7 荷重－変位関係(計算値との比較)