

## バイオシリカを利用したコンクリート二次製品の開発に関する基礎的研究 A Study on Development of Precast Concrete Product Utilizing Bio-Silica

○森脇慶幸\*・周藤将司\*\*・梅田純子\*\*\*・道浦吉貞\*\*\*\*・高田龍一\*\*

Yoshiyuki MORIWAKI\*, Masashi SUTO\*\*, Junko UMEDA\*\*\*, Yoshisada MICHUURA\*\*\*\*

and Ryuichi TAKATA\*\*

### 1. はじめに

農業副産物である籾殻は、日本国内で年間192万t排出されている<sup>1)</sup>。籾殻のSiO<sub>2</sub>含有量は約15~20%程度であり、植物の中でも非常に多いという特徴がある<sup>2)</sup>。シリカ含有量の多い物質は、コンクリート分野において、ポゾラン活性による長期強度の発現への寄与が期待される。そこで、シリカ以外の不純物を取り除くことで籾殻から高純度のシリカを取り出すことができれば、籾殻の混和材としての利用可能性が広がると考えられる。

そこで、既往の研究開発によってバイオシリカ(以下、BS)が開発された。BSは、籾殻に対して酸または温水による洗浄処理を行い焼成することで得られる高純度の非晶質シリカを有する物質である<sup>3)</sup>。

このBSは多孔質体であり、混和材として用いる際に流動性の低下が懸念される。そこで、BSの表面積を小さくすることを目的とし、火炎溶融によって球状化処理した試料が考案された。しかし、球状化処理した試料の特性については、現段階では評価されていない。

本研究では、籾殻のコンクリート二次製品への利用を目的とし、従来の加工法で作製したBSと球状化処理した試料を用いたモルタル供試体による圧縮強度の比較検討を行った。

### 2. 研究概要

本研究で用いる試料は、酸処理BS(以下、ABS)、温水処理BS(以下、WWBS)、球状体酸

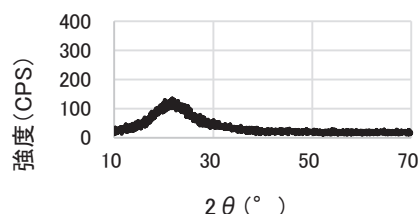


図1 ABSのXRD測定結果

The XRD measurement of ABS

処理BS(以下、CABS)、球状体籾殻灰(以下、CRHA)の4種である。ここでABSのXRD測定結果を図1に例示する。図1からはブロードのピークが確認され、これは他の試料でも同様であった。半値幅は、それぞれABSで12.4°、WWBSで11.9°、CABSで11.6°、CRHAで9.80°であった。図1と各試料の半値幅より本研究で用いる試料は、非晶質なSiO<sub>2</sub>を有することを確認した。そのため、強度試験ではポゾラン反応が期待される。

強度試験は、セメントの物理試験方法(JIS R 5201)に準じて行った。モルタルの配合は、W/C 50%、セメント骨材比 1:2.5とした。混和材の混入率はセメント体積内割りで0(Cont.)、10、20、30%の4水準とした。養生方法は、コンクリート二次製品への利用を目的としているため促進養生とし、温度40℃湿度95%の条件で2時間静置し、その後温度60℃湿度95%の条件で4時間静置した後に徐冷するという条件で行った。試験材齢は、7、14、28、91日とした。

### 3. 圧縮強度の評価

圧縮強度試験結果を図2,3にそれぞれ示す。

\* 東京工業大学大学院 環境・社会理工学院, School of Environment and Society, Tokyo Institute of Technology, \*\* 松江工業高等専門学校 環境・建設工学科, Department of Civil and Environmental Engineering, National Institute of Technology, Matsue College, \*\*\* 大阪大学 接合科学研究所, Osaka University, Joining and Welding Research Institute, \*\*\*\* 株式会社 栗本鐵工所 鉄管事業部 事業企画部, KURIMOTO, LTD., Ductile Iron Pipe Division, Business Planning Department  
キーワード: コンクリート材料, 二次製品, 籾殻灰, バイオシリカ, 混和材

コンクリート二次製品の指標としてよく用いられる 14 日強度に着目すると、図 2 の多孔質体 (ABS, WWBS) は Cont. と同等であるのに対して、図 3 の球状体 (CABS, CRHA) は Cont. よりも劣る結果となった。28 日強度でも 14 日強度と同様の傾向が確認された。これは、混和材の形状が影響していると考えられる。

一般に、混和材の比表面積が大きいほど、ポゾラン反応が生じやすい。ここで本試験の場合には、球状体に比べ、多孔質体の方が比表面積が大きい。そのため、多孔質体の方が水酸化カルシウムと良好に反応すると言える。本試験では促進養生を施しているため、水酸化カルシウムも材齢初期の段階で生成されている。その結果、材齢 28 日までの段階では反応性に違いがあり、比表面積の大きい多孔質体の試料の方が良好な強度発現を示したと考えられる。

ここで、既往研究では、球状体の試料は Cont. と比較して流動性が高くなることが確認されている<sup>4)</sup>。そのため、モルタルでの試験においてフロー値を Cont. と同等に保つのであれば、球状体の試料を用いる場合に単位水量を減じることが可能である。したがって、W/C も小さくすることができ、強度の向上が期待できる。

実際に CRHA について、W/C を 5% 減じて 45% として試験を行ったところ、フロー値は 19.3, 20.9, 21.8cm (混入率 10, 20, 30% の順) となり本試験の Cont. の 19.2cm と同等となった。また、材齢 14 日の圧縮強度は、48.0, 44.1, 36.6N/mm<sup>2</sup> (同上) であった。図 3 の CRHA の 14 日強度は、42.9, 37.9, 33.3N/mm<sup>2</sup> (同上) であり、Cont. の 14 日強度は 47.9N/mm<sup>2</sup> である。W/C45% の試料混入率 10% では Cont. を上回る強度を得ることができた。ワーカビリティの低下や単位セメント量の増加はないものの、初期強度が改善されることが確認された。

図 2, 3 の 91 日強度は、全ての配合で Cont. よりも劣る結果となった。これは、促進養生によって材齢初期の段階で水酸化カルシウムが多く生成されたため、長期強度の発現に寄与し

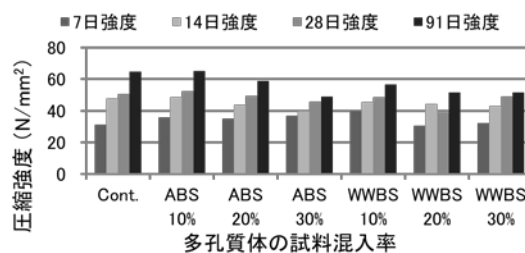


図 2 多孔質体の試料混入時の圧縮強度  
Compressive strength of mortar using the porous body mixture

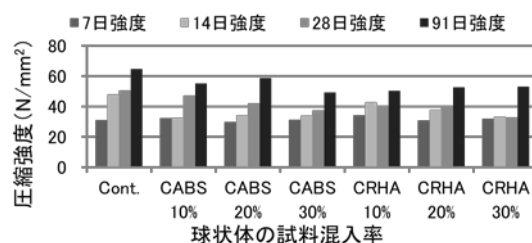


図 3 球状体の試料混入時の圧縮強度  
Compressive strength of mortar using the conglomeration body mixture

なかったためであると考えられる。球状体 (CABS, CRHA) では、材齢 28 日から 91 日にかけての強度増進が顕著であった。これは、比表面積の違いにより初期の段階での反応が遅れたからであると考えられる。

#### 4. まとめ

本試験から得られた結論を以下に示す。

- (1) 促進養生を施した場合の 14 日強度は、洗浄処理した多孔質体では混入率 0% と同等であり、球状体では混入率 0% よりも劣ることが確認された。
- (2) 球状体粉砕灰は単位水量を減じることから、強度発現が期待できることから、球状体処理した試料は良質な混和材となり得ることが示唆される。

#### 参考文献

- 1) 環境省：平成 24 年度廃棄物の広域移動対策検討調査及び廃棄物等循環利用実態調査報告書，pp.5-7, 2013
- 2) 農業水産省：「工学との連携による農林水産物由来の物質を用いた高機能性素材等の開発」研究戦略～異分野融合研究～，pp.2-3, 2014
- 3) 梅田純子，高田龍一，道浦吉貞，近藤勝義：農作物非食部バイオマスから高純度非晶質シリカの抽出プロセスとコンクリート用混和材としての利活用，スマートプロセス学会誌，Vol.3, No.5, pp.323-327, 2014
- 4) 森脇慶幸，周藤将司，高田龍一，松崎靖彦：低品位バイオシリカのコンクリートへの利用に関する研究，第 67 回平成 27 年度土木学会中国支部研究発表会概要集，pp.399-400, 2015