

ゼオライトと高炉スラグの置換によるセメントペーストの高靱性化に関する研究

中央大学 学生会員 ○押野 秀則

中央大学 正会員 大下 英吉

五洋建設株式会社 技術研究所 内藤 英晴

電気化学工業株式会社 特混研究部 庄司 慎

1. はじめに

ゼオライトのアルカリ金属の捕集によるセメントペーストの耐ひび割れ抵抗性向上に関する既往の研究¹⁾では、普通ポルトランドセメント(OPC)に混入した状態と、置換率42%の高炉セメント(BB42)に混入した状態の比較により、ゼオライト(Ca型、Li-EDI型)の効果に及ぼす高炉スラグ微粉末の影響に関する検討を行った。

図-1(a)に示すように OPC では、ゼオライトの混入率が高くなるほど、圧縮強度は大きくなる。一方、BBでもそのような傾向を示すものの、少量のゼオライト量(BB42-EDI5%)でゼオライト混入量の多い OPC-EDI10%、15%とほぼ同等の強度を示す。また、図-1(b)に示すひび割れ発生時の自由収縮ひずみ量においても、BBでは少量のゼオライト量で OPC の多量のゼオライト量と同等以上の値となり、BBはゼオライトの有する耐ひび割れ性能向上効果を助長させることが明らかとなった。

そこで本研究では、高炉スラグ置換率に及ぼす影響を検討するため、置換率60%の高炉スラグセメント(BB60)に、昨年度と同種類のゼオライトを混入し各種試験を行った。そして、BB42にゼオライトを混入した結果との比較を行い、ひび割れ抵抗性および靱性への影響を検討することとした。

2. 実験概要

2.1 実験材料およびパラメータ

セメントは BB60 を使用し、混和材のゼオライトは Ca 型および Li-EDI 型の人工ゼオライトを用いた。実験パラメータは表-1 に示すように、水結合材比を一定として BB およびゼオライトは内割りとした。

2.2 実験方法

(1)拘束ひび割れ試験

供試体は外リング $\Phi 275\text{mm}$ 、内リング $\Phi 165\text{mm}$ 、高

さ 40mm のリング状の鋼製型枠内に打設した。

ひび割れ材齢を測定するために、内リングの内側4箇所に均等にひずみゲージを設置している。供試体は乾燥開始材齢24時間まで雰囲気温度 20°C 、相対湿度50%の恒温恒湿室に静置し、内リングの収縮ひずみを測定した。乾燥開始材齢24時間後、内リング以外の型枠を脱型し、シールせずに静置し、供試体にひび割れが発生するまで内リングの収縮ひずみを測定した。

(2)自由収縮ひずみ

供試体は $40 \times 40 \times 160\text{mm}$ の角柱供試体であり、型枠は発泡スチロールを用いて作製し、 $1/1000\text{mm}$ 変位計でひずみを計測した。

(3)圧縮試験

供試体は JIS A1108 に準拠し、 $\Phi 50 \times 100\text{mm}$ の供試体を用いて実施した。供試体は打設後24時間の時点で脱型し、28日間水中養生を行った。

(4)曲げ試験

供試体は、 $40 \times 40 \times 160\text{mm}$ の角柱供試体であり、鋼製の型枠を使用した。供試体は打設後24時間の時点で脱型し、28日間水中養生を行った。

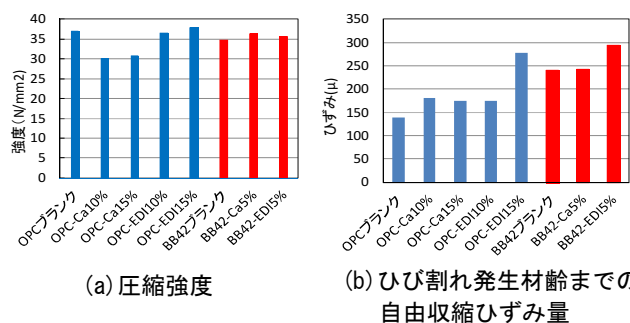


図-1 昨年度実験データ

表-1 実験パラメータ

試験体名	セメントの種類	水結合材比 W/(G+Z)(%)	混和材の種類	混和材 置換率(%)
OPCブランク	普通	50	ブランク	5
OPC-Ca5%	ポルトランド		Ca型	
OPC-EDI5%	セメント		Li-EDI型	
BB60ブランク	高炉スラグ	50	ブランク	5
BB60-Ca5%	混合セメント		Ca型	
BB60-EDI5%	(置換率60%)		Li-EDI型	

キーワード ゼオライト、高炉スラグ、ひび割れ抵抗性、靱性

連絡先 〒112-8551 東京都文京区春日 1-13-27 中央大学理工学部 TEL 03-3817-1892

3. ゼオライトの使用による各種性状に及ぼす影響

前章で示した各種試験結果を昨年度のデータも含め次節に示す。

3. 1 拘束ひび割れ試験及び自由収縮試験

図-2 にひび割れ発生までの拘束ひび割れ試験におけるひずみ量の経時変化を示す。ゼオライトを混入した供試体は、未混入供試体に比べて、ひび割れ発生材齢が短い。また、ひずみ量の最大値は、ゼオライトを混入することにより大きくなっている。これは、前者に関しては自己収縮などの影響により収縮速度が速くなり、ひび割れ発生材齢に早い段階で到達するためであり、後者に関しては、ゼオライトによるひび割れ抵抗性の向上によるものである。

図-3 は自由収縮ひずみの経時変化であり、OPC に比べて BB の方が大きいという一般的傾向を示している。図-4 に拘束リング試験においてひび割れ発生した時点における自由収縮ひずみ量を示すが、この値が大きいほどひび割れ限界能が大きくなるというものを示すものである。BB42 および BB60 においては、いずれの供試体においても同程度の値であり、42%以上の高炉スラグの影響はない。一方、ゼオライトの種類に着目すると、Li-EDI 型を混入した供試体は、Ca 型よりもひび割れ抵抗性が向上することが確認できた。

3. 2 圧縮強度試験

図-5 に圧縮強度を示す。ゼオライトを混入した供試体に着目すると、OPC に比べて BB は圧縮強度が大きく、既往の研究¹⁾と同じ傾向である。BB42 と BB60 を比較すると全体的にわずかではあるが BB42 の強度が大きくなっており、高炉スラグ置換率増加の影響はない。

3. 3 曲げ強度

図-6 に曲げ強度を示す。OPC に比べて BB は強度が大きくなり、EDI 型ゼオライトを混入した状態の強度が最も大きな値を示した。また、BB42 と BB60 を比較すると、BB60 が曲げ強度が大きい。すなわち、高炉スラグの置換率増加に伴い、強度が大きくなる傾向が確認できた。

図-7 に曲げ破壊時のたわみ量の関係を示す。たわみ量は BB42-EDI5% が最も大きく、続いて BB60-EDI5% が大きい。また、強度も大きくなっていることから BB にゼオライトを混入することで靱性が向上した。

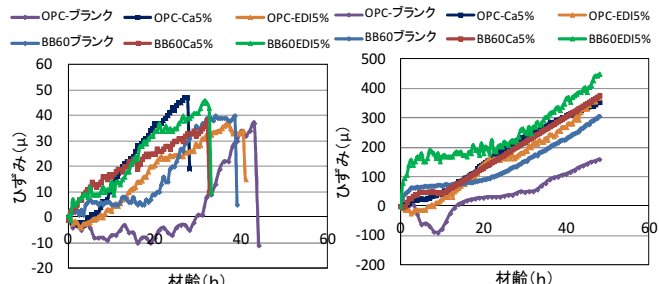


図-2 ひずみ量の経時変化 (拘束ひび割れ試験)

図-3 自由収縮ひずみ量の経時変化

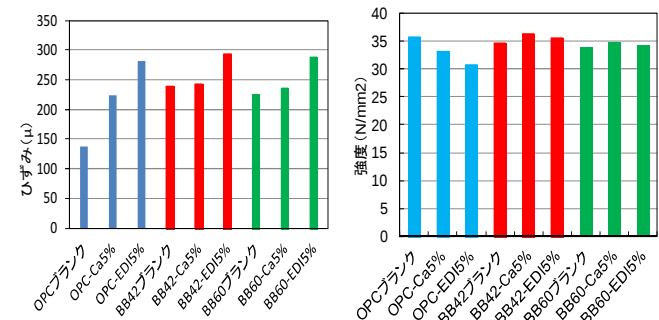


図-4 ひび割れ発生材齢までの自由収縮ひずみ量

図-5 圧縮強度

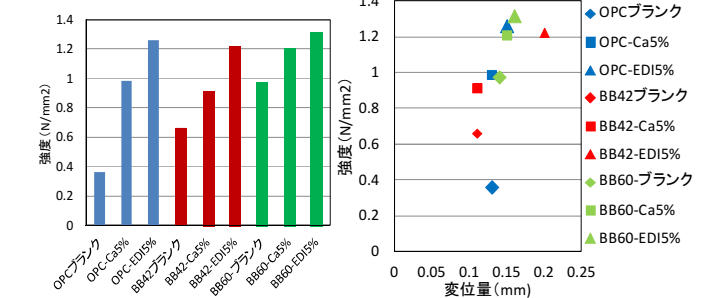


図-6 曲げ強度

図-7 曲げ破壊時のたわみ量の関係

4. まとめ

以下に本研究で得られた知見を以下に示す。

- (1) BB にゼオライトを混入すると OPC に比べ強度、収缩量への影響が大きくなる。
- (2) BB42 と BB60 では、収缩量および各種強度においても同程度の値を示し、置換率 42%以上は効果が見られないことが確認された。
- (3) BB に Li-EDI 型ゼオライトを混入した状態は、ブランクの供試体に比べ、各種強度および曲げ試験の最大たわみ量、自由収缩量が大きくなり、ひび割れ抵抗性能および靱性の向上が確認できた。

【参考文献】

- 1) 看舎秀明、大下英吉、保木本智史、庄司慎：ゼオライト混入による耐ひび割れ性能向上に及ぼす高炉スラグの影響に関する検討、第 66 回セメント技術大会、p.299-300 (2012)