

石炭灰起源の高強度人工骨材を用いたコンクリートの凍結融解抵抗性

西松建設 正会員 新谷壽教
大林組 フェロー 十河茂幸

日本鋼弦コンクリート 東山博明
太平洋セメント 正会員 曾根徳明

1. はじめに

膨張頁岩を主原料とした人工軽量骨材は、水中凍結水中融解方法によって凍結融解の繰り返し試験を行われると、耐凍結融解抵抗性が低いとされている¹⁾。実構造物では水中において使用されることはまれであり、この方法による凍結融解抵抗性が小さいからといって構造物の耐久性が劣るものではないが、この試験結果が高いに越したことはない。石炭灰を主原料にした高強度人工骨材²⁾(以下、高強度人工骨材と称す)は、吸水率が3%以下と小さいから、ポンプ圧送性にも優れ、耐凍結融解抵抗性も優れていることが予測される。そこで、絶乾状態の高強度人工骨材を用いたコンクリートを実機プラントにて製造し、ポンプ圧送した後のコンクリート供試体において凍結融解抵抗性を評価した。

2. 実験概要

試験に供したコンクリート用材料を表 1 に、配合およびフレッシュコンクリートの試験結果を表 2 に示す。

高強度人工骨材は、表乾密度 1.85 g/cm³、吸水率 2.23%であり、製造前の含水率はほぼ絶乾状態であった。この時、練混ぜから運搬中に吸水すると考えられる含水率を想定し、この水量は予め単位水量の一部に加えて計量している。製造から運搬、ポンプ圧送前後における高強度人工骨材の含水率を図 1 に示す。練混ぜ時に 1.5%程度吸水し、その後の運搬中の吸水は

表 - 1 使用材料

項目	物 性
普通セメント	密度3.16g/cm ³ , 比表面積3320cm ² /g
水(W)	上水道水
細骨材	陸砂(S1); 表乾密度2.61g/cm ³ , 吸水率1.92%, FM3.04 砕砂(S2); 表乾密度2.63g/cm ³ , 吸水率1.73%, FM2.87 (混合比1:1 FM2.96)
粗骨材	FA骨材: 最大寸法20mm, 表乾密度1.85g/cm ³ , 絶乾密度1.81g/cm ³ , 吸水率2.23%, 実積率63.0%, FM6.77 砕石2005: 表乾密度2.66g/cm ³ , 吸水率0.77%, 実積率59.1%, FM6.61
混和剤	高性能AE減水剤「標準型」(WRA1): ポリカルボキシル酸エーテル系 AE減水剤「標準型」(WRA2): リグニンスルホン酸 (空気量はAE剤にて微調整)

少ないが、ポンプ圧送に伴う加圧により、2.5%程度の含水状態となる。したがって、凍結融解試験供試体においては、ほぼ表乾状態に近い含水状態となっていた。ポンプ圧送後の試料を用いて作製した供試体の圧縮強度および単位容積質量の材齢に伴う変化を図 2 に示す。凍結融解試験用供試体の作製時から、凍結融解試験の開始時である材齢 14 日の間、標準養生を行っており、この間に若干の吸水があることが推定される。この間の単位容積質量の測定結果から、この値は小さいものと考えることができる。

なお、凍結融解試験は JSCE G501 に準じ、水中凍結水中融解方法により行った。

表 - 2 配合およびフレッシュコンクリート試験結果

配合 記号	W/C (%)	s/a (%)	単位量 (kg/m ³)					FA骨材の 補助水量 (kg/m ³)	荷卸			圧送後		
			W	C	S	G	WRA (C×%)		スラフ ^o [70-](cm)	空気量 (%)	単重 (kg/m ³)	スラフ ^o [70-](cm)	空気量 (%)	単重 (kg/m ³)
C60-12	60	48.4	164	274	893	966*	0.25* ²	-	7.0	4.5	2292	7.0	5.1	2279
T40-21	40	45.6	165	413	787	649	1.1* ¹	14.2	24.0	2.8	2066	22.0	3.3	2044
T40-18	40	43.6	165	413	753	673	0.8* ¹	14.7	20.0	4.2	2048	4.5	2.7	2124
T30-50	30	43.7	165	550	705	628	2.0* ¹	13.7	48.0	0.7	1993	40.5	8.0	1974
T25-60	25	42.5	165	660	647	605	3.5* ¹	13.2	65.0	5.5	2037	38.5	7.0	2059

注) *1: WRA1, *2: WRA2, *: 砕石2005使用

キーワード: 高強度人工骨材, 凍結融解, ポンプ圧送, 絶乾状態, 吸水率

連絡先: 〒242-8520 神奈川県大和市下鶴間 2570-4, TEL: 046(275)0286, 045(275)6796

3. 実験結果および考察

絶乾状態の高強度人工骨材を用いて製造したコンクリートを、運搬、ポンプ圧送し、そこで得られたコンクリート供試体の凍結融解試験結果を図 3 に示す。

水セメント比 40%の配合において、圧送後のスランプが 22cm、空気量 3.3%の場合、相対動弾性係数がほとんど低下しなかったが、スランプ 4.5cm で空気量 2.7%の場合、300 サイクル時に 48%まで低下した。ここにおける空気量は、圧送後の試験結果であり、骨材修正を行った後の値である。連行空気量が少ないと、耐久性指数を低下させるものと推察される。なお、水セメント比 25%、30%の高流動コンクリートは、圧送後にスランプフローが 38.5%、40.5%に低下したが、空気量は、それぞれ 7.0%、8.0%混入されており、いずれも高い相対動弾性係数を保持している。

なお、それぞれの配合における質量減少率は、0.0~0.9%の範囲であり、ほとんどスケリングは認められなかった。

一般に、絶乾状態の人工軽量骨材を用いてコンクリートを作製すると、耐凍結融解抵抗性に優れるとされているが、この場合はポンプ圧送ができない。しかし、高強度人工骨材は吸水率が小さく、絶乾状態であってもポンプ圧送が可能であり、圧送後にほぼ 24 時間自然吸水状態に近い含水率となるが、空気量が 3%以下の場合を除いて 300 サイクル後の相対動弾性係数は 90%以上あることが認められ、耐凍害性に優れていると評価された。

4. まとめ

高強度人工骨材を絶乾状態で取り扱ったコンクリートを、ポンプ圧送し、その後得られた試料を用いて作製したコンクリート供試体の耐凍結融解抵抗性が優れることを確認した。ただし、スランプが小さく、空気量が 3%以下と少ない場合においては、300 サイクル後に相対動弾性係数は約 50%まで低下しており、水セメント比が 40%以下の場合においても、適切な流動性、空気量が必要であると考えられる。

最後に、本研究は、(財)石炭利用総合センターの補助事業(被補助者:太平洋セメント株)の一部であり、また、「高強度人工骨材コンクリート研究会」(会長:電源開発株, 顧問:長瀧重義新潟大学教授)の成果を取り纏めたものである。ここに、紙面を借りて謝意を表します。

【参考文献】

- 1) 土木学会編:人工軽量骨材コンクリート設計施工マニュアル, コンクリート・ライブラリー第 56 号, 昭和 60 年 6 月
- 2) 曾根徳明:石炭灰を主原料とした高強度人工骨材, コンクリート工学, Vol.36, 12, pp3 - 10, 1998

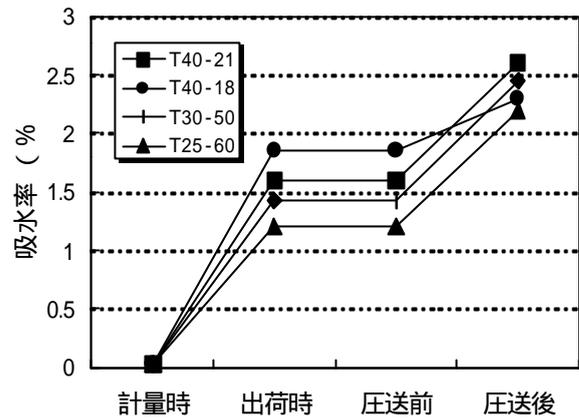


図 - 1 高強度人工骨材含水率

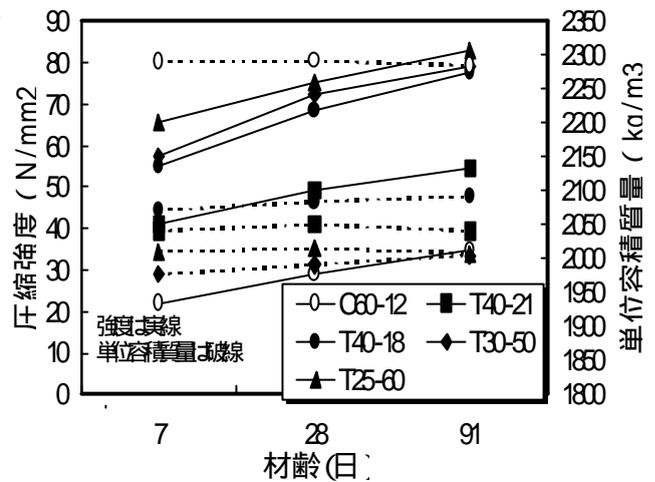


図 - 2 圧縮強度および単位容積質量試験結果

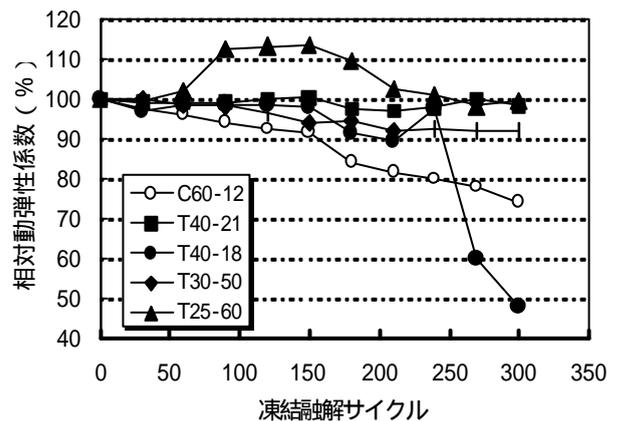


図 - 3 凍結融解試験結果