

フライアッシュを用いたノーサンド転圧コンクリートの配合設計方法に関する研究

山口大学大学院 学生員 ○岡田亮太

山陰建設工業㈱ 正会員 扇 正典

山口大学工学部 正会員 松尾栄治 浜田純夫

中国電力㈱ 正会員 斉藤 直

1. はじめに

全国の石炭火力発電所から産業廃棄物として産出されるフライアッシュ（以下、FA）の発生量は、年々飛躍的に増加しており、2010年には1000万トンを超えるものと予想されている。しかしながら、FAの有効利用率は現在約6割程度であり、残りは管理型産業廃棄物として埋立処分されている。このため、FAを大量に有効利用するための技術開発が大きな課題となっている。

本研究ではFAが振動締固めにより高い締固め効果を示すことから、転圧コンクリートを対象とした。特に海砂の使用量をゼロとして、代替にFAを用いた場合の配合設計方法を実験的に検討した。

2. 実験方法

(1) 締固め率の評価

FAを多量に使用した場合、FA粒子表面への拘束水量の増加により、単位水量が大幅に増加する。よって単位水量の低減を前提とし、単位粗骨材容積、水粉体比および単位セメント量などの配合要因が締固め率に与える影響を検討した。突固めは、試料を円柱型枠（ $\phi 10 \times 20 \text{cm}$ ）に詰め、マーシャル突固め試験装置（以下、マーシャル）を用いて2層50回で突き固めた。振動締固めは、角柱型枠（ $10 \times 10 \times 40 \text{cm}$ ）に試料を詰め、2層で締め固めた。なお、いずれも目標締固め率96%となるよう試料質量を計量した。

(2) 強度性状の評価

目標曲げ強度を普通転圧コンクリートと同様に材齢28日で5.7MPaとした。また、早期の道路解放を前提に、早強セメントを使用した。養生方法は標準養生とし、材齢7、28、56、91日においてJIS A 1108に準拠して曲げ強度試験を行った。

3. 実験結果および考察

(1) 締固め特性

a) 振動および突固めによる締固め効果の相違

転圧コンクリートの配合設計における締固めには、一般にマーシャルが用いられるが、実施工においては転圧ローラなどによる振動および圧密エネルギーによる締固めを行う。そこで、マーシャルによる突固めと振動締固めによる締固め効果について比較検討した。

図-1～2に単位粗骨材容積および水粉体比と締固め率の差（振動締固めによる締固め率－マーシャルによる締固め率）の関係を示す。この結果より、単位粗骨材容積が大きいほどまた水粉体比が小さいほど、両者の締固め効果の違いが顕著に現れることが確認できる。前者においては、振動に圧密効果が加わることで突固

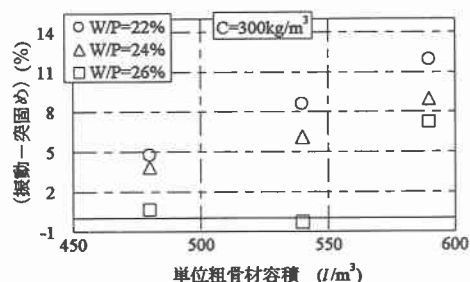


図-1 単位粗骨材容積と締固め率の差の関係

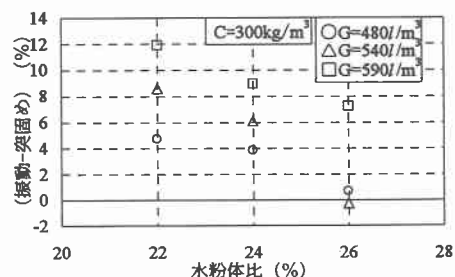


図-2 水粉体比と締固め率の差の関係

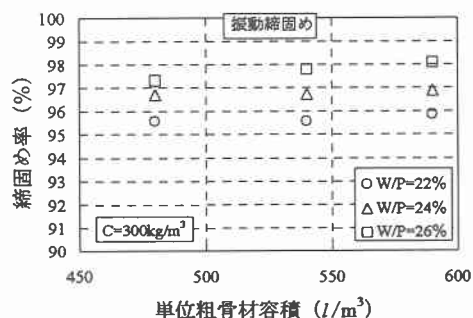


図-3 単位粗骨材容積と締固め率の関係

めに比べ粗骨材が相互に位置を変えやすく、振動エネルギーによるペースト部分の流動化に伴い間隙が減少し締固め率が高まること、後者においては、水粉体比が小さい場合にはペーストの粘性が増加することが原因として考えられる。以上から、実施工の再現に近いと考えられる振動締固めにより、締固め率の評価を行った。

b) 配合要因が締固め率に与える影響

図-3～4 に単位粗骨材容積と締固め率の関係、単位セメント量と締固め率の関係を示す。この結果より単位粗骨材容積、セメント量が締固め率に与える影響は小さいことが確認できる。

図-5 に水粉体比と締固め率の関係を示す。この結果より、締固め率は水粉体比と正の相関関係にあることがわかる。

以上から、ノーサンド転圧コンクリートの締固め率は単位粗骨材容積および単位セメント量に関わりなく水粉体比のみで評価できる。

(2) 強度性状

図-6 に単位セメント量と曲げ強度の関係を示す。曲げ強度は、いずれの材齢においても単位セメント量の増加に伴いほぼ線形的に増加していることがわかる。しかしながら、単位セメント量 330kg/m^3 以上においては、単位セメント量の増加に伴う曲げ強度の増加は非常に小さい。以上から、転圧コンクリートの配合強度 5.7MPa (材齢 28 日) を満足する最小セメント量は、普通転圧コンクリートとほぼ同程度の 300kg/m^3 程度であることがわかる。

4. 配合設計方法の提案

以上より、図-7 のような配合設計方法を提案する。

- ① 水粉体比を一定とし、単位粗骨材容積を実績率に近い範囲で変化させ締固め率を求める。その結果から、締固め率に影響を及ぼさない最大の単位粗骨材容積を決定する。
- ② ①で決定した単位粗骨材容積において、水粉体比と締固め率の関係を求める。この結果から、目標締固め率を満足する最小の水粉体比を決定する。
- ③ ①および②で決定した単位粗骨材容積および水粉体比を固定し、単位セメント量を実用的な範囲で変化させ、所定の材齢における単位セメント量と曲げ強度の関係から、目標強度を満足する最小セメント量を決定する。

5. 結論

- (1) 振動締めの方が突固めよりも締固め効果が大きく、単位粗骨材容積が大きく水粉体比が小さいほど両者の差異が顕著となる。
- (2) ノーサンド転圧コンクリートの締固め率は、水粉体比にのみによって評価できる。
- (3) 本研究で提案した配合設計方法により、FA はノーサンド転圧コンクリートの細骨材代替材料として十分適用できる。

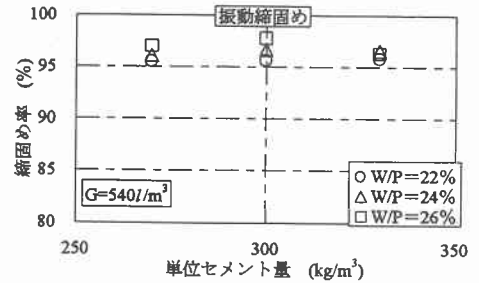


図-4 単位セメント量と締固め率の関係

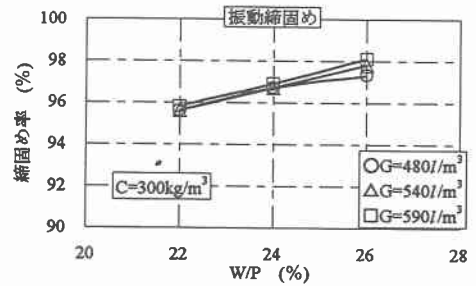


図-5 水粉体比と締固め率の関係

表-1 強度測定用配合

W/C (%)	W/P (%)	単位粗骨材容積 (l/m³)	単位量 (kg/m³)			
			C	W	FA	G
54.8	23	590	270	148	372	1599
49.7			300	149	349	
45.8			330	151	325	
42.2			360	152	302	

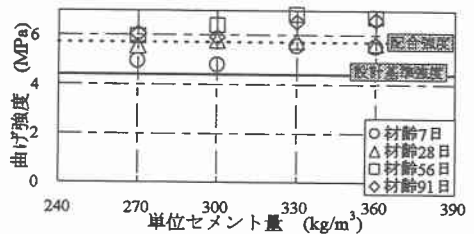


図-6 単位セメント量と曲げ強度の関係

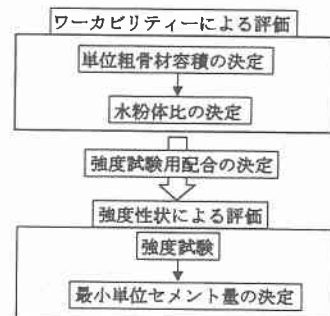


図-7 配合設計フロー