

フライアッシュを細骨材置換したコンクリートにおける水セメント比の影響

高知高専専攻科 学生会員○三浦健太 高知高専 正会員 横井克則
大和生コンクリート(株) 正会員 原田隆敏、非会員 田中光浩

1. はじめに

フライアッシュ(以下 FA)をセメントの代替材としてコンクリートに混入すると、長期強度の増進及び乾燥収縮の抑制といった改善効果が得られる。しかし、短期強度の低下や中性化の増大といった短所があり、FA の有効利用の妨げとなっている。また、四国ではコンクリート用細骨材として海砂が使用されてきたが、今後は環境への配慮等により採取規制が厳しくなることが予想され、コンクリート用細骨材の安定確保が急務となっている。本研究では、従来の FA コンクリートの短所改善及びコンクリート用細骨材の代替材の確保を目標とし、FA をセメント置換ではなく細骨材の一部に補充材として使用し、FA の置換率を変化させたコンクリートの諸性質の検討を行った。さらに、水セメント比(以下 W/C)を変化させたときの影響についても調査した。

2. 実験方法

2.1 使用材料およびコンクリートの配合

セメントは、普通セメント(密度 3.16g/cm³)を使用した。細骨材及び粗骨材は高知県内の石灰石砕砂(密度 2.66g/cm³)、海砂(密度 2.59g/cm³)、硬質石灰石砕石 1505 及び 2015(密度 2.69g/cm³)を使用した。混和材である FA II 種(密度 2.31g/cm³)は細骨材の補充材として用いた。混和剤はポリカルボン酸系 AE 減水剤、レジン系 AE 調整剤、さらに、FA の置換率 20%の場合は FA 用としてアニオン及びノニオン系特殊界面活性剤の AE 調整剤を用いた。表-1 に配合及びフレッシュ性状を示す。配合は W/C60%、50%及び 40%の条件で行い、FA II 種の細骨材置換率は、細骨材容積の 0%、10%及び 20%の全 9 配合とした。既往の研究¹⁾から FA の置換率の増加に伴い、空気量は低下することが報告されており、目標確保のため置換率の増加と共に量を増加させた。配合名の N は普通セメント使用を示している。中央の数字で 60、50 及び 40 は W/C を示す。また、末尾の数字で 0、10 及び 20 は FA の細骨材置換率を示す。全ての配合において目標スランブは 8±2.5cm、目標空気量を 4.5±1.5%と設定しており、混和剤量を調整することで全ての配合で目標値を満足させた。

2.2 試験方法

練混ぜは、粗骨材、セメント、細骨材及び FA の順に強制 2 軸練りミキサに投入し、2 分間攪拌した。コンクリート打設後、養生は 20±2°C の水槽中で所定材齢まで行った。圧縮強度試験は JIS A 1108 に従い圧縮強度を測定した。凍結融解試験は JIS A 1148 (A 法) に従い、30 回ごとに相対動弾性係数を算出し、300 回まで測定した。促進中性化試験は JIS A 1153 に従い、材齢 13 週までの中性化深さを測定した。また、長さ変化試験は JIS A 1129-2 に従い、材齢 182 日までの長さ変化を測定した。

3. 実験結果および考察

3.1 圧縮強度

圧縮強度を図-1 に示す。W/C が 60%及び 50%の場合、短期強度は FA の置換率に関係なくほぼ等しくなっている。しかし、W/C40%の場合では、短期強度は置換率 20%

表-1 配合及びフレッシュ性状

配合名	W/C(D)	s/d(D)	単位量(kg/m ³)							フレッシュ性状			
			W	C	FA	S1 砕砂	S2 海砂	G1 1505	G2 2015	AD(O×1.0%)	AE	スランブ(cm)	空気量(%)
N-60-0		48.9	152	253	-	828	270	465	588	2.53	1.0A	8.5	8
N-60-10	60	44.5	140	233	78	789	-	488	808	2.33	5.0A	9	4.8
N-60-20		42	152	253	140	646	-	508	820	2.53	5.0A	10	3.5
N-50-0		45.5	152	304	-	599	257	465	588	3.04	1.0A	9	4.5
N-50-10	50	43.1	148	292	71	740	-	484	804	2.92	7.0A	10	4.2
N-50-20		40	163	329	127	586	-	500	812	3.28	35.0A	7.5	3.8
N-40-0		41.7	155	388	-	523	224	478	584	3.88	2.0A	10	5.3
N-40-10	40	38.5	155	388	57	592	-	520	838	3.88	8.0A	7	5.1
N-40-20		40	180	450	107	492	-	487	595	4.50	45.0A	8.5	5

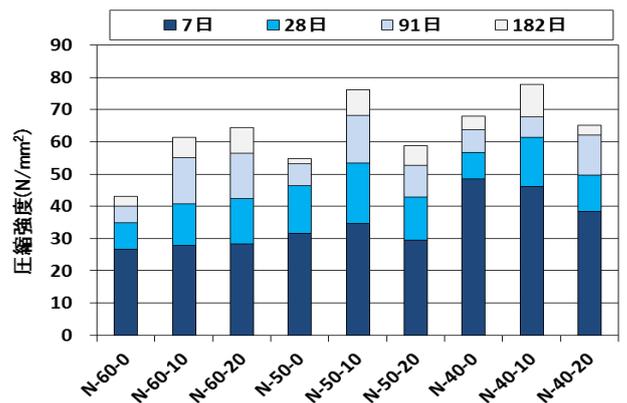


図-1 圧縮強度

の配合が置換率 0%及び 10%に比べて小さくなっている。次に、28 日から 91 日にかけての強度の伸びは FA の置換率に比例して増加しており、ポズラン反応による長期強度の増進効果も確認できる。また、圧縮強度は W/C が小さくなるほど大きくなるが、N-50-10 は N-40-0 と比較して圧縮強度は大きくなっている。同様に、N-60-10 及び N-60-20 は N-50-0 より圧縮強度は大きくなっている。このため、W/C が大きくなっても、FA を細骨材補充材として使用することにより圧縮強度を確保できる。しかし、W/C50%及び 40%の配合では、FA の置換率が 20%になると FA の置換率 10%の配合より、圧縮強度は小さくなっている。これは W/C50%及び 40%で FA の置換率 20%となると微粉量が多く、プラスティシティーの低下により施工性が低下し、圧縮強度も低下したと考えられる。

3.2 凍結融解抵抗性

凍結融解抵抗性を図-2 に示す。全ての配合で相対動弾性係数は 80%以上の値を保持しているため、良好な結果といえる。また、FA 混入により相対動弾性係数は若干向上しており、凍結融解抵抗性の改善に効果があると考えられる。

3.3 促進中性化

促進中性化深さの結果を図-3 に示す。W/C が小さくなるほど、中性化深さは小さくなっている。次に、FA 混入による影響として、一般的に従来の FA をセメント置換したコンクリートでは FA の置換率の増加に伴い中性化深さは大きくなる。しかし、FA を細骨材置換した場合は W/C がどの場合においても置換率に関係なく中性化深さは同程度となっている。このため、FA を細骨材置換した場合は中性化の抑制に効果があると考えられる。N-50-20 については N-50-0 及び N-50-10 と比較して、単位セメント量を減少させていないため中性化深さが小さくなったと考えられる。

3.4 長さ変化

長さ変化率を図-4 に示す。全配合 350×10^{-6} 以下となっており、土木学会が定める²⁾乾燥後 182 日目における自己収縮を除いた目安の値 1000×10^{-6} より十分小さいため、良好な結果といえる。しかし、FA 置換率 20%の配合は他の配合より単位水量が大きくなるため、長さ変化率は大きくなる傾向にあった。一方で、置換率 10%の配合は、FA 使用による流動性改善効果により、単位水量の減少が可能となり、長さ変化率の抑制ができた。

4. まとめ

- (1) W/C60%及び 50%のとき、短期強度及び中性化深さは、FA を細骨材補充材として用いることで性質の改善ができた。また、凍結融解抵抗性及び長さ変化は、W/C の影響は小さかった。
- (2) W/C が大きくなるほど、FA 混入による諸性質の向上及び改善効果が大きくなった。特に W/C60%及び 50%で、FA 置換率が 10%のとき効果が大きかった。

5. 参考文献 1)三浦健太、横井克則、原田隆敏、三岩敬孝：フライアッシュ II 種を細骨材の一部に置換したコンクリートの基礎的研究、土木学会第 67 回年次学術講演概要集、pp.935-936、2012、2)土木学会：コンクリート標準示方書(施工編)、2007

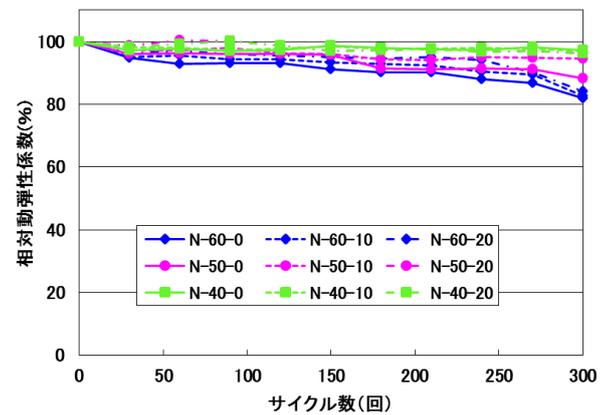


図-2 凍結融解抵抗性

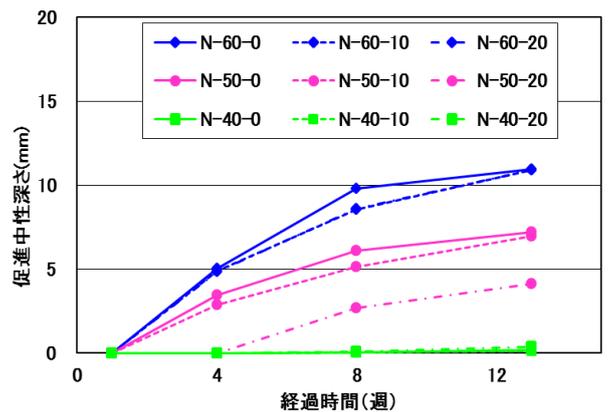


図-3 促進中性化深さ

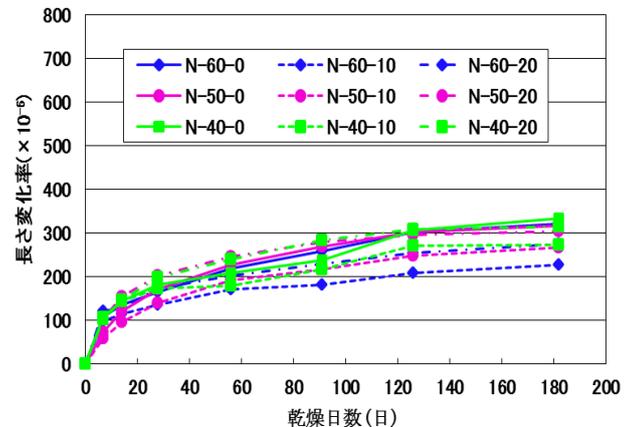


図-4 長さ変化率