

再生骨材副産微粉の細骨材置換利用に関する実用化研究
その2 微粉混合コンクリートの諸特性評価室内実験

太平洋コンサルタント 正会員 ○小川 秀夫
東京電力 非会員 三本木 満
東京電力 非会員 徳永 貴仁
東京電力 正会員 鈴木 健介

1. はじめに

再生骨材の副産微粉の利用法として、前報（その1）で、微粉を細骨材の一部と置換して用いる方法を調査した結果、強度、ヤング率、中性化、凍結融解への影響は小さいが、粘性が増すことによるスランプの低下、及び乾燥収縮の増大が課題であることがあきらかとなった。本報は、微粉混合による乾燥収縮の増大を抑制するため、①AE減水剤の添加率をメーカー推奨の上限まで高め（単位水量一定）、次いで②減水剤を推奨値の上限とし単位水量を増やす、2段階方式で微粉を段階的に混合し、作業性、圧縮強度、乾燥収縮を測定して、微粉の混合限界を評価した。

2. 実験概要

福島県で流通している土木用コンクリート（SL8cm）及び建築用コンクリート（SL18cm）を基準として、細骨材の一部を段階的に微粉と置換した。同様に土木向け二次製品用コンクリート（SL8cm）については、水中及び促進養生による特性の相違を評価した。主な使用材料を表1に、コンクリートの配合及びフレッシュ性状を表2及び表3に示す。

なお、乾燥収縮は、二次製品用コンクリートを対象として、①7日間水中養生後に基調、及び②促進養生（65℃×4h）後に20℃まで冷却した時点で基調、の2つの養生方法とした。

表1 使用材料

記号	材料名	品質
P ₁	微粉	密度2.45g/cm ³
C	セメント	普通ポルトランドセメント 密度3.16g/cm ³
S ₁	砕砂	絶対密度2.58g/cm ³ 吸水率1.64% 粗粒率3.02
S ₂	砕砂	絶対密度2.62g/cm ³ 吸水率1.26% 粗粒率3.08
G ₁	砕石2005	絶対密度2.70g/cm ³ 吸水率0.84% 粗粒率6.58
G ₂	砕石2005	絶対密度2.69g/cm ³ 吸水率0.37% 粗粒率7.04
AD1	AE減水剤	標準型（I種）、主成分：リガニソルホン酸化合物とポリカルボン酸エーテルの複合体
AD2	AE減水剤	標準型（I種）、主成分：ポリカルボン酸エーテル系化合物

表2 コンクリート配合及びフレッシュ性状（生コンクリート）

記号	P/ P+S (vol.%)	目標 SL (cm)	目標 Air (%)	W/C (%)	s/a (%)	単位量 (kg/m ³)					AE減水剤 AD ₁ (Cx%)	フレッシュ性状			
						セメント C	微粉 P ₁	水 W	細骨材 S ₁	粗骨材 G ₁		SL (cm)	Air (%)	温度 (℃)	作業性
D00	0	8.0	4.5	59.9	46.2	277	0	166	850	1030	1.03	7.0	4.2	20.7	良
D05	5	8.0	4.5	59.9	44.4	277	40	166	808	1030	1.27	9.0	5.2	20.4	良
D10	10	8.0	4.5	59.9	43.1	277	79	166	765	1030	1.50	8.5	5.2	20.5	良
D20	20	8.0	4.5	63.2	40.8	277	159	175	680	1004	1.50	7.5	4.7	20.6	良
D30	30	8.0	4.5	66.8	38.3	277	238	185	595	977	1.50	6.5	3.5	20.0	やや難あり
D40	40	8.0	4.5	74.0	36.0	277	318	205	510	923	1.50	6.5	3.0	20.4	難あり
K00	0	18.0	4.5	54.8	48.4	336	0	184	842	936	1.08	17.0	3.7	20.2	良
K05	5	18.0	4.5	54.8	47.1	336	39	184	800	936	1.29	18.0	5.2	20.4	良
K10	10	18.0	4.5	54.8	45.8	336	79	184	758	936	1.50	18.0	5.2	20.8	良

表3 コンクリート配合及びフレッシュ性状（製品用コンクリート）

記号	P/ P+S (vol.%)	目標 SL (cm)	目標 Air (%)	W/C (%)	s/a (%)	単位量 (kg/m ³)					AE減水剤 AD ₂ (Cx%)	フレッシュ性状			
						セメント C	微粉 P ₁	水 W	細骨材 S ₂	粗骨材 G ₂		SL (cm)	Air (%)	温度 (℃)	作業性
S00	0	8.0	4.5	51.3	45.9	310	0	159	850	1019	0.80	8.0	3.8	21.5	良好
S05	5	8.0	4.5	51.3	44.7	310	39	159	808	1019	1.05	9.0	4.4	21.2	良好
S10	10	8.0	4.5	51.3	43.3	310	79	159	765	1019	1.33	9.0	4.4	21.5	良好
S20	20	8.0	4.5	51.3	40.5	310	157	159	680	1019	2.00	9.5	3.7	22.2	良好
S30	30	8.0	4.5	55.5	38.1	310	236	172	595	984	2.00	7.0	3.7	22.1	やや難あり
S40	40	8.0	4.5	61.3	35.7	310	314	190	510	935	2.00	6.0	3.9	22.2	難あり

キーワード 再生骨材, 微粉, 細骨材置換, 圧縮強度, 乾燥収縮

連絡先 〒285-0806 (株) 太平洋コンサルタント ソリューション事業部 TEL:043-498-3858

3. 実験概要

フレッシュコンクリートの作業性は、微粉置換率（細骨材の容積置換）が 20%までは概ね良好であるが、30%ではやや悪く、40%では流し込みによる実施工は難しいと判断した。

コンクリートの圧縮強度を図 1 に示す。微粉混合による粘性増を水量でなく減水剤添加率で調整した、言い換えると水セメント比が同じ範囲（D00～D10, K00～K10, S00～S20）では、細骨材の一部を微粉と置換しても、コンクリートの圧縮強度はほぼ同等であった。また減水剤添加率を上限に固定し、単位水量を増やした場合（D30～D40, S30～S40）には、微粉置換率が大きくなるごとに強度は低下した。これは水セメント比の増大によると考えられる。

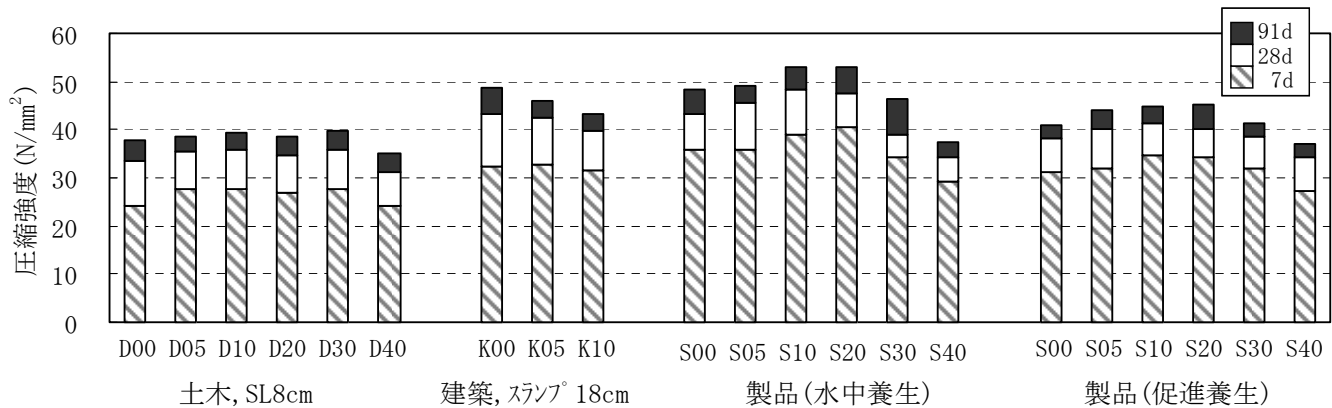


図 1 コンクリートの圧縮強度

コンクリートの単位水量と長さ変化率の関係を図 2 に示す。単位水量が同じ範囲では、微粉を混合することにより長さ変化率が数十 μ 増える程度であり、ほぼ同等であった。しかし単位水量を増やして微粉を混合した場合は、長さ変化率が顕著に増加した。これより減水剤の添加率を増やしてスラップを調整する配合設計方法により、長さ変化の増大を抑制できることがあきらかとなった。また、促進養生したコンクリートは、水中養生より長さ変化が小さい結果となった。促進養生することにより、収縮の絶対量を低減できたことから、二次製品用コンクリートに適用できる可能性が高いと考えられた。

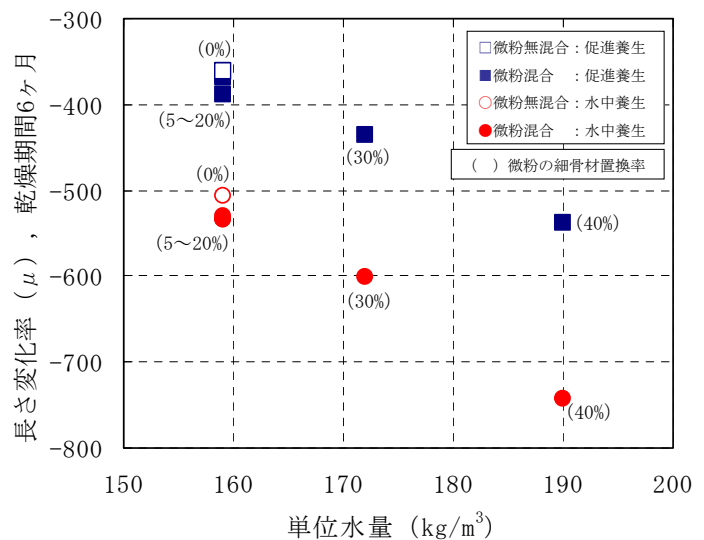


図 2 コンクリートの乾燥収縮

4. まとめ

再生骨材の副産微粉の利用法として、細骨材の一部と置換して用いる方法を検討した。微粉を細骨材置換で混合するとフレッシュ時の粘性が増大したが、単位水量は変えずに減水剤の添加率をメーカー推奨の上限まで高め、次いで減水剤を推奨値の上限とし単位水量を増やしてスラップを調整し、段階的に微粉置換率を増やした。その結果、

- ・作業性は、細骨材の容積置換で 20%までは良好だが、30%以上では悪くなった。
- ・単位水量（言い換えると水セメント比）が一定の範囲では、微粉混合による圧縮強度及び乾燥収縮への影響は小さかった。単位水量を増やして微粉を 30～40%まで混合すると、圧縮強度が低下し、かつ乾燥収縮が増大した。

以上のことから、単位水量（水セメント比）を一定とし、微粉混合による粘性の増加を減水剤添加率で調整できる範囲では、コンクリート特性への影響は小さいと考えられた。つまり、本実験の微粉の混合限界は、細骨材の 20%（容積置換）までと推定した。なお、微粉の混合限界は、微粉の粉末度等により変化するものと予想される。