

V-415

再生骨材を用いたコンクリートの耐久性に関する1, 2の実験

竹中技術研究所 正会員 神山行男
 竹中技術研究所 後藤太一
 竹中技術研究所 樋口克己

1. はじめに

最近、リサイクル法の制定ともあいまって、再生骨材のコンクリート構造物への適用が積極的に進められている。しかし、再生骨材を用いたコンクリートは付着モルタルの影響で品質が低下し、特に耐久性の面で問題があることが指摘されている。本研究は、再生骨材を用いたコンクリートの中性化や凍結融解等の試験を行い、主として耐久性の面から再生骨材のコンクリート構造物への適用性について検討したものである。

2. 使用材料

本実験では、水セメント比50%、スランブ12cm、空気量4%のコンクリートを用いて15×15×30cm直方体を900個成形し、37日間湿潤養生した後、ジョークラッシャー、コーンクラッシャー及びサイクロン等の破砕機を用いて再生骨材を製造した。製造した再生骨材及び比較のための天然骨材の物理的性質は表-1に示すようであって、再生細粗骨材は骨材にモルタルが付着しているため、天然骨材に比べて比重が若干小さく吸水率が著しく大きい再生骨材の典型的な特徴を示した。

3. 試験方法

細粗骨材を天然骨材及び再生骨材の2種類とし、水セメント比を40、50及び60%の3水準として、コンクリートの種類はこれらの要因及び水準を組合せた6種類とした。コンクリートの品質条件はいずれもスランブ12cm、空気量4%と一定とした。試験項目及び方法を表-2に示す。

4. 試験結果及び考察

所要の品質条件を満足したコンクリートの配合、フレッシュ及び硬化コンクリートの試験結果を表-3に示す。再生骨材を用いたコンクリートは骨材の粒形、粒度が悪いため、天然骨材を用いたコンクリートに比べて同一スランブを得るに必要な単位水量は約30kg/m³増加した。圧縮強度はいずれの水セメント比においても使用骨材による大きな差は認められなかったが、ヤング係数はモルタル分の付着により骨材自身のヤング係数が小さいため、再生骨材

表-1 骨材の物理試験結果

骨材種別		表乾比重	吸水率 (%)	洗い試験損失量 (%)	安定性損失量 (%)	単位容積質量 (kg/m ³)	実績率 (%)	粗粒率 P.M.
天然	細骨材	2.62	0.81	1.5	3.4	1766	67.5	2.71
	粗骨材	2.62	1.80	0.5	15.5	1508	58.6	7.64
再生	細骨材	2.38	6.24	4.2	8.7	1443	64.5	3.08
	粗骨材	2.51	4.20	0.8	16.9	1490	60.5	6.48

を用いたコンクリートは天然骨材を用いたコンクリートに比べて20~25%小さな値を示した。

乾燥収縮試験の結果は図-1に示すようであって、再生骨材を用いたコンクリートは、骨材

表-2 試験項目及び方法

種別	試験項目	試験方法
フレッシュコンクリート	スランブ	JIS A 1101
	空気量	JIS A 1128
	単位容積質量	JIS A 1116
硬化コンクリート	圧縮強度	JIS A 1108
	ヤング係数	差動法
	乾燥収縮	JIS A 1129
	促進中性化	暴露 6ヶ月
	透水	インパット法
	凍結融解	JIS A 6204

表-3 コンクリートの試験結果

骨材種別	水セメント比 (%)	細骨材率 (%)	単位量 (kg/m ³)		スランブ (cm)	空気量 (%)	圧縮強度 (kgf/cm ²)	ヤング係数 ×10 ⁸ (kgf/cm ²)	中性化深さ (mm)	拡散係数 ×10 ⁻⁴ (cm ² /sec)	相対動弾性係数 300sy (%)
			水	セメント							
天然	40	39	153	383	12.5	5.2	436	3.65	5.8	3.73	-
	50	41	150	300	12.5	5.5	357	3.37	8.5	4.57	85.0
	60	43	149	248	12.0	5.3	307	3.40	19.8	10.20	-
再生	40	39	183	463	10.5	5.1	421	2.93	7.2	3.71	-
	50	41	182	364	11.0	5.1	384	2.56	12.6	6.32	80.5
	60	43	182	303	11.0	5.2	320	2.55	22.2	11.10	-

自身の吸水量が多く、かつ同一スランプを得るための単位水量も多いため、天然骨材を用いたコンクリートに比べて乾燥収縮量は1.7~2倍程度大となった。したがって、再生骨材を用いたコンクリートを実構造物に使用する場合には、膨張材の混入、塗膜層を設けるあるいは使用部位を限定する等の対策を講ずる必要が認められた。次に、炭酸ガス濃度5%、暴露期間6ヶ月の試験条件で行った促進中性化試験の結果は表-3に示すようであり、さらに、この試験結果から岸谷式を用いて推定した材令50年までの中性化深さは図-2に示すようであった。この試験結果から再生骨材を用いたコンクリートの中性化深さは、天然骨材を用いたコンクリートに比べていずれの水セメント比でも若干大となるが、材令50年においても、最大約3cmであり、水セメント比を55%以下程度に抑えれば再生骨材を使用しても鉄筋に発錆のおそれのないことが明らかになった。

試験水圧 20kgf/cm²、加圧時間48時間の試験条件で行ったインプット法による透水試験結果から、作用水圧を 3kg/cm²と仮定し、村田が提案している推定式から算出した経過年数と平均浸透深さの関係は図-3に示すようであった。図-3において再生骨材を用いたコンクリートの平均浸透深さは天然骨材を用いたコンクリートに比べて、中性化の試験結果と同様にいずれの水セメント比においても若干大となった。しかし、水セメント比60%のコンクリートの場合でも材令50年における平均浸透深さは、約20cmであり、標準示方書で水密性を要求される構造物の水セメント比の上限値が55%であること、一般に土木分野のコンクリート構造物の部材厚が約40cm程度であることを考慮すると、水密性に関して、再生骨材を使用することは特に大きな支障にならないと判断された。

また、水セメント比50%のコンクリートの凍結融解試験の結果は表-3及び図-4に示すようであって、再生骨材を用いたコンクリートの300サイクルにおける相対動弾性係数は80.5%と天然骨材を用いたコンクリートの85.0%に比べて若干低下したが、一つの目安である60%を大幅に上廻っており北海道等の特に環境条件の厳しい地域を除けば再生骨材を用いたコンクリートの使用は可能と考えられる。

5. まとめ

再生骨材のコンクリート構造物への適用性について耐久性の面から実験、検討を行った。その結果、中性化深さ、水の平均浸透深さ及び凍結融解抵抗性いずれの面からも、天然骨材を用いた場合に比べて若干品質は低下するが、その使用に特に問題のないことを確認した。しかし、乾燥収縮量は天然骨材を使用した場合に比べて約2倍と著しく大きく、再生骨材を用いる場合には、膨張材の混入、塗膜層の設置あるいは使用部位の限定等、設計、施工いずれの面においても何らかの対応策を講ずる必要があることもまた明かにした。

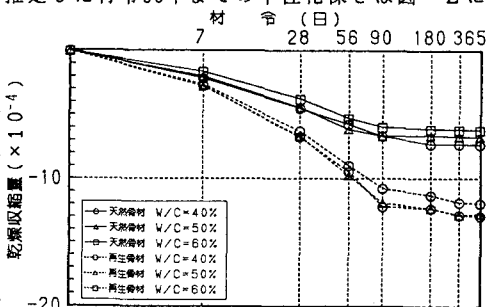


図-1 乾燥収縮試験結果

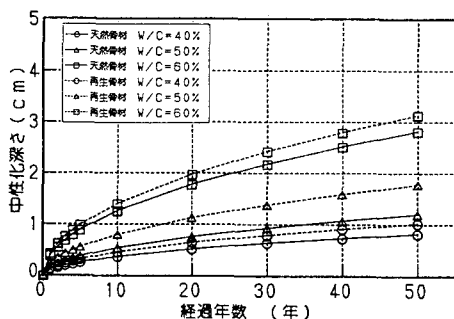


図-2 経過年数と中性化深さの関係

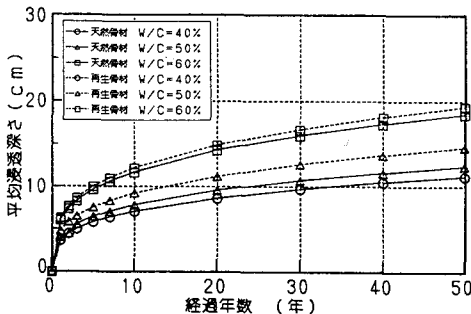


図-3 経過年数と浸透深さの関係

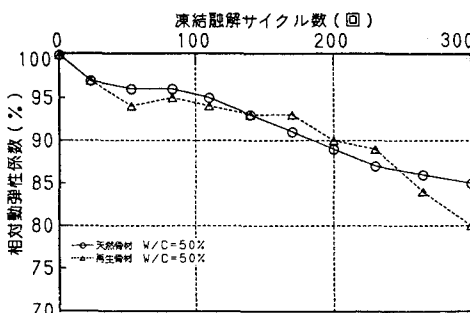


図-4 凍結融解試験結果