

リサイクル材料を多量に混合したコンクリートの強度

九州共立大学学生員 林 克幸

九州共立大学正会員 高山 俊一

同上 牧角 龍憲

1. まえがき

海岸および海浜の保全の立場から、海砂の採取の規制が年々厳しくなりつつある。たとえ海砂が採取されても、粗粒率が2程度の細かい粒度になっている。したがって、毎日、多量に排出され、しかも品質が安定している高炉スラグおよび溶融スラグを細骨材として利用したいと考える。今回、コンクリート工場製品に、コンクリート質量の20%以上の多量のリサイクル材料を使用した場合の検討を行なった。蒸気養生を行なったコンクリートの設計基準強度が圧縮で 24N/mm^2 、曲げで 3.0N/mm^2 のため、強度を満足するために、主に水結合材比(W/B)を45%および50%として実験を行なった。

2. 実験概要

実験は表-1に示すように、水結合材比(W/B)が45%および50%を中心とした。使用した骨材の物理的性質を表-2に示す。細骨材は都市ごみ溶融スラグ(北九州市新門司工場)および高炉スラグを使用した。さらに、粗骨材はコンクリート再生骨材(最大寸法15mm)を使用した。フライアッシュは 80kg/m^3 を全ての配合に使用した。フライアッシュ(九州電力、松浦発電所製)は、密度 2.30g/cm^3 、比表面積 $3930\text{cm}^2/\text{g}$ および塩基度0.52であった。粗骨材のコンクリート再生骨材および砕石の最大寸法は15mmである。

溶融スラグおよび高炉スラグの密度は、海砂のそれより大きい。実積率は、海砂が63.7%に対し、両スラグとも約54%で約10%も小さい。粗骨材(コンクリート再生骨材および砕石)、細骨材(海砂、溶融スラグおよび高炉スラグ)の組み合わせ、比率を変えて供試体を作製した。強度は圧縮($\Phi 10 \times 20\text{cm}$)と曲げ($10 \times 10 \times 40\text{cm}$)について、7日、28日および91日で各々測定した。打設番号1および2を除き、目標スランブは8~10cmとした。コンクリートには、高性能減水剤(W/B40、45%)およびAE減水剤(W/B50%)を使用した。細骨材の破碎試験¹⁾結果を表-3に示す。同表によると、破碎値は海砂が最も小さく17.6%で、高炉スラグが最も大きかった。

3. 結果および考察

表-1 コンクリートの種類

打設番号	水結合材比 W/B(%)	混合材料と比率 (%)	水量 kg/m^3	リサイクル材料/全質量(%)
1	46	溶融スラグ 再生骨材 30% 30%	170	26, 37, 50
2	40			
3	50	溶融スラグ 40, 70, 100	156	19, 30, 41
4	45		158	
5	50	海砂 溶融 高炉 60 120 20 30 35 35 0 150 50	158	18 29 40
6	45			
7	45	再生骨材 (粗骨材) 溶融 30, 60, 100 50	158	35, 47, 64
8	45	再生骨材 高炉 30, 60, 100 50	154	34, 47, 64
9	50	再生骨材 溶融 高炉 30, 60, 100 50	154	35, 48, 65

B=C+F(フライアッシュ 80kg/m^3 、空気量2.5%
細骨材率 $s/a46\%$)

表-2 骨材の物理的性質

	密度 g/cm^3	吸水率 %	粗粒率 %	単位容積質量 kg/ℓ	実積率 %
海砂	2.59	1.25	2.50	1.629	63.7
溶融スラグ	2.82	0.38	2.42	1.515	53.9
高炉スラグ	2.66	0.74	2.62	1.420	53.8
コンクリート再生骨材	2.54	4.80	6.72	1.457	60.2
砕石	2.72	0.60	6.52	1.650	61.1

表-3 細骨材の破碎値

種類	0.3mmふるい通過(%)
海砂	17.6
溶融スラグ	23.9
高炉スラグ	31.6

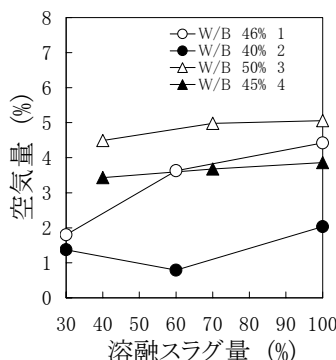
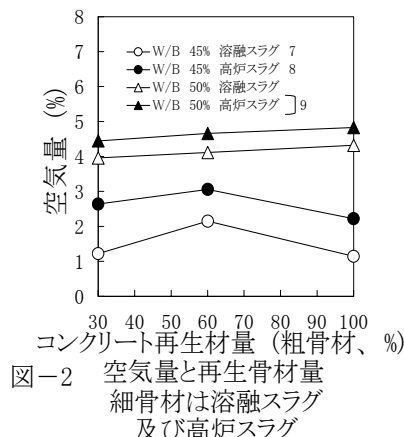
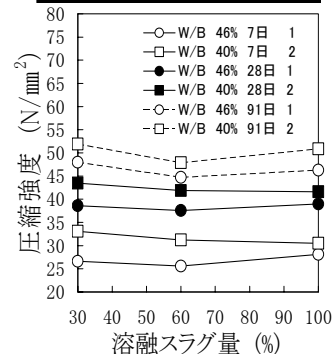


図-1 空気量と溶融スラグ量

図-2 空気量と再生骨材量
細骨材は溶融スラグ
及び高炉スラグ図-3 コンクリート圧縮強度
と溶融スラグ量

3.1 コンクリートの空気量

図-1 および図-2 にコンクリートの空気量を示す。凡例の水結合材比(%)の次の数字は表-1 の打設番号を示す。空気量にばらつきはみられるが、熔融スラグ量およびコンクリート再生骨材量が多くなるほど、空気量が若干ではあるが、増加傾向を示した。

3.2 コンクリートの圧縮強度および曲げ強度

図-3 および図-4 は、打設番号 1 および 2 の強度を示す。熔融スラグ 60%および 100%では全質量に対するリサイクル材料の質量比率は、37%および 50%にも達している。同図によると都市ごみの熔融スラグの混合比が多くなっても、強度の低下はほとんどみられない。図-5 および図-6 は、打設番号 3、4 での強度と熔融スラグ量の関係を示す。同図ではでは、図-3 および図-4 と異なり、熔融スラグが 70%(リサイクル材料混合比率 30%)および 100%と多くなると、強度が若干減少している。昨年の著者らの実験²⁾でも熔融スラグ混合量が 60%および 100%では、若干減少する傾向がみられた。しかしながら、減少の程度は小さいものと考えられる。昨年の強度自体が大きかったため、スラグの混合の影響が大きかったものと考えられる。図-7 および図-8 は、打設番号 7,8 での強度とコンクリート再生骨材(粗骨材)の関係を示す。図中の丸印は細骨材に熔融スラグを、四角印は高炉スラグを各々使用した結果である。熔融スラグの強度に比べて高炉スラグの方が、圧縮強度で約 5~7N/mm²、曲げ強度で約 1N/mm²大きくなっている。表-3 の細骨材の破砕値は熔融スラグが 24%、高炉スラグが 32%と、熔融スラグの方が硬く、砕けにくい細骨材であると言える。しかしながら、コンクリートの強度は、高炉スラグの方が大きくなっている。図-9 は打設番号 7,8 のスランプと空気量を示す。同図によると熔融スラグコンクリートのスランプが 7~10cm ほど大きくなっている。強度差はこのスランプの違いが影響していることも考えられる。コンクリート再生骨材量が 60%(リサイクル材料混合比率 47%)および 100%(リサイクル材料混合比率 64%)と多くなっても、強度低下はみられなかった。

4. まとめ 本研究から得られた事をまとめて次に示す。

- (1) 細骨材の破砕値は、海砂が 18%と小さく、熔融スラグ 24%、高炉スラグ 32%と大きくなった。
- (2) 熔融スラグが細骨材に 70%および 100%と多量に混合しても、強度は若干の低下に過ぎなかった。
- (3) 高炉スラグコンクリートの強度は、熔融スラグコンクリートのそれに比べて大きくなる傾向を示した。

本研究は、(財)福岡県環境保全公社・共同プロジェクト「リサイクル緑石研究会」で行なった一部であり、謝意を表します。参考文献 1)土木材料実験、国分正胤編、技報堂、1969.pp.109~112、2)高山俊一、牧角龍憲、黒木肇：熔融スラグ細骨材、コンクリート再生骨材を多量に混合したコンクリートの強度、土木学会第 63 回年次学術講演会講演集、V-420、pp.839~840、平成 20 年 9 月

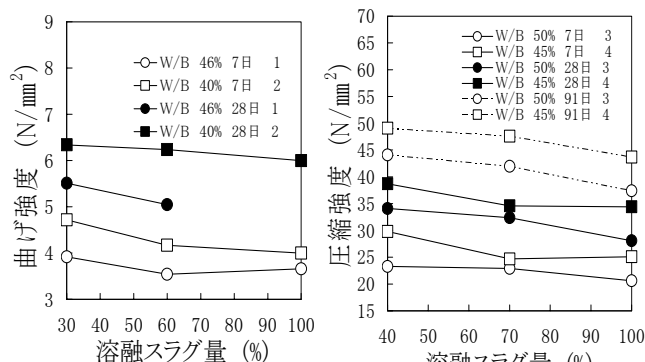


図-4 コンクリート曲げ強度と熔融スラグ量

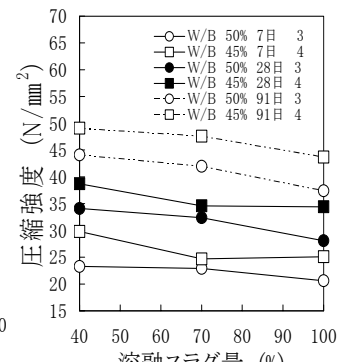


図-5 コンクリート圧縮強度と熔融スラグ量

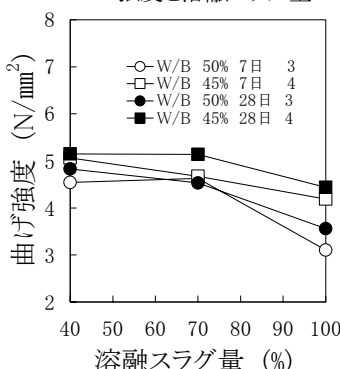


図-6 コンクリート曲げ強度と熔融スラグ量

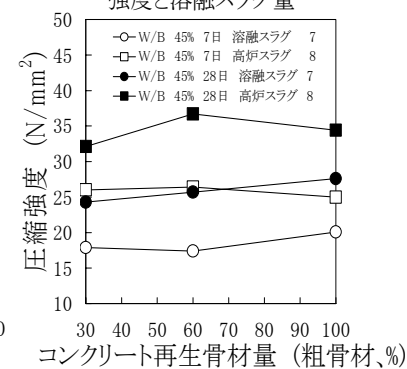


図-7 コンクリート圧縮強度と再生骨材料(海砂:スラグ=50:50)

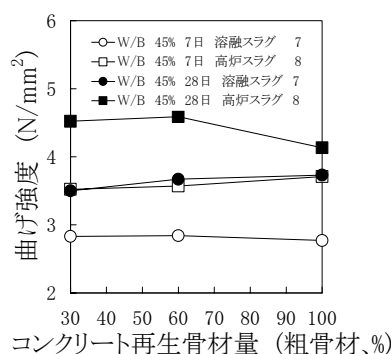


図-8 コンクリート曲げ強度と再生骨材料(海砂:スラグ=50:50)

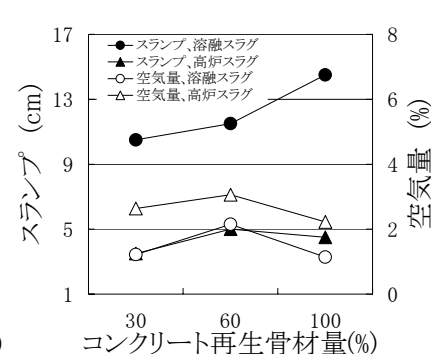


図-9 スランプと空気量