

V-12

鋳物灰を多量に混入したコンクリートの圧縮強度特性

長岡技術科学大学大学院 学生員 桜井邦昭
 長岡技術科学大学工学部 フェロー 丸山久一
 長岡技術科学大学工学部 正会員 下村 匠

中越興業 正会員 森末晴男
 中越環境開発 木村 仁
 西山開発 高橋六郎

1.はじめに

産業廃棄物を処理する管理型埋立て処分場の余裕は年々減少しており、また新しい処分場を建設することは社会的風潮から考えても困難である。そのため産業廃棄物を再利用する取組みが多方面で行われている。その一方法として、産業廃棄物をコンクリート材料として多量に用い、海洋構造物やコンクリート 2 次製品として再利用することは極めて有効的な手段である。そこで、本研究では産業廃棄物の中でも鋳物工場から排出される鋳物灰をコンクリート材料として適用することを目的とし、鋳物灰を多量に混入したコンクリートの圧縮強度に及ぼす養生条件や材齢の影響、および塩化ナトリウム添加の影響について実験的に検討した。

2.使用材料

鋳物灰とは鋳物製品の製造過程において生じる微粉体を集塵機で回収したものであり、現在その大部分は産業廃棄物として廃棄されている。鋳物灰の物性値および化学成分を表 1 に、他の使用材料を表 2 に示す。

表 1 鋳物灰の化学成分および物性値

成分(%)				メディア	
CaO	0.1	Fe ₂ O ₃	26.0	径(μm)	54.4
SiO ₂	28.0	MgO	0.4	比重	2.79
Al ₂ O ₃	1.1	C	1.6	含水率(%)	0.21

表 2 使用材料

セメント C	普通ポルトランドセメント、密度 3.15
細骨材 S	比重 2.65、吸水率 1.56%、粗粒率 2.65
粗骨材 G	比重 2.74、吸水率 1.22%、粗粒率 7.12
混和剤	AE 剤、AE 減水剤(WR)、塩化ナトリウム

3.実験概要

鋳物灰は表 1 に示すように細かい粉体であり、コンクリートへ混入すると単位水量が著しく増加し W/C が大きくなるため、結果として鋳物灰を多量に混入するほど低強度のコンクリートになる(図 1 参照)。また、図 1 は、鋳物灰コンクリートにおいても水セメント比法則(W/C 則)が成り立つことも示している。このような鋳物灰コンクリートの低強度性を多少でも改善するため、硬化促進および減水効果のある塩化ナトリウムを添加し、それによる強度改善効果を検討した。配合を表 3 に示す。配合条件は単位セメント量 250kg/m³、目標スランプ 4cm とした。なお、各配合においてφ10×20cm の供試体を 3 本作製し、材齢 28 日まで 25℃の水中で養生した。

また、表 3 中の No.3 と 5 の配合において、養生条件を恒温水中養生(水温 25℃)、低温水中養生(水温 3~9℃)およびオートクレープ養生の 3 種類に変化させた場合、および材齢を 28、68 日とした場合の圧縮強度の変化も検討した。

4.実験結果および考察

表 3 コンクリートの配合 (P=セメント+鋳物灰)

No.	コンクリートの種類	W/C (%)	単位量(kg/m³)					AE	WR	NaCl (P×wt%)	Slump (cm)	Air (%)
			W	C	鋳物灰	S	G	(kg/m³)				
1	鋳物灰 コンクリート	124.0	310	250	1000	158	490	0.005	1.25	0	4.2	2.7
2		118.0	295	250	1000	165	513	0.005	1.25	1	4.0	2.7
3		112.0	280	250	1000	170	528	0.005	1.25	3	3.9	2.8
4		106.0	265	250	1000	175	543	0.005	1.25	5	4.8	3.0
5	普通 コンクリート	56.0	140	250	0	794	1181	0.005	0.63	0	4.6	5.0
6		54.0	135	250	0	797	1186	0.005	0.63	3	3.4	6.1
7		52.4	131	250	0	799	1190	0.005	0.63	5	3.5	6.8

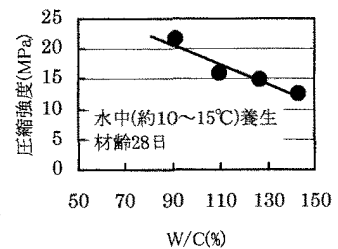


図1 鋳物灰コンクリートのW/Cと圧縮強度の関係

keyword : 産業廃棄物、鋳物灰、塩化ナトリウム、ポゾラン反応

連絡先 : 〒940-2188 新潟県長岡市上富岡町 1603-1 Tel.0258-47-9163 Fax.0258-47-9600

図2にNaCl添加率と圧縮強度の関係を示す。この図から①NaCl添加により鑄物灰コンクリートでは圧縮強度が増加しているが普通コンクリートではほとんど変化しないこと、②鑄物灰コンクリートにおいて、NaCl添加量が増加しても圧縮強度はほとんど増加しないことがわかる。このことから、NaClはセメント単味に対してではなく、鑄物灰もしくは鑄物灰・セメント混合粉体に対して水和反応を促進・向上させる効果があると考えられる。

また、表3および図3に示すようにNaClには減水効果があり、添加量の増加によりW/Cを小さくすることができる。しかし、W/C=106%(添加率5%)ではW/C=112%(同3%)に比べ逆に強度が低下している。このことは、NaClを多量に添加することで水量を大幅に減少できて、それに見合うだけの強度増加が得られないことを示しており、図1中において、鑄物灰コンクリートでもW/C則が成り立つという結果と異なっている。つまり、NaClは減水効果(W/Cの低下)によって強度を増加させているのではなく、鑄物灰もしくは鑄物灰・セメント混合粉体に対して最適な割合(本実験では1~3%)で添加することによって、何らかの化学反応を生じ、強度を増加させていると考えることができる。

図4に養生条件と圧縮強度の関係を示す。この図から、鑄物灰コンクリートは普通コンクリートに比べ、①養生温度の影響を受け易く、低温養生では恒温養生の50%程度の強度しか得られないこと、②オートクレーブ養生(AT養生)では水中養生よりも高い強度が得られることがわかる。これらの結果は、フライアッシュなどのポズラン材料と同様の傾向であり、鑄物灰中のシリカ分(SiO_2)が水和反応に寄与していることを示していると考えられる。次に、図5に材齢と圧縮強度の関係を示す。この図から、鑄物灰コンクリートは普通コンクリートに比べ長期材齢において強度が著しく増加していることがわかる。このこともポズラン材料と同様の傾向であり、鑄物灰がポズラン反応をしていることを示しているものと考えられる。

以上の結果から、鑄物灰をコンクリート材料として多量に混入しても十分な養生と材齢が確保されれば、高強度を必要としない海洋構造物やコンクリート2次製品には適用可能であると考えられる。

5.まとめ

本研究の範囲内で以下の知見が得られた。

- (1)NaClの添加により鑄物灰コンクリートの圧縮強度は約20%増加する。その原因は減水効果によるものではなく、鑄物灰もしくは鑄物灰・セメント混合粉体とある適切な割合で反応することによると考えられる。
- (2)鑄物灰コンクリートは、養生条件に敏感であり、また長期材齢における強度増加が著しい。これらの結果はポズラン材料と同様の傾向であり、鑄物灰がポズラン反応をしていることを示すものと考えられる。

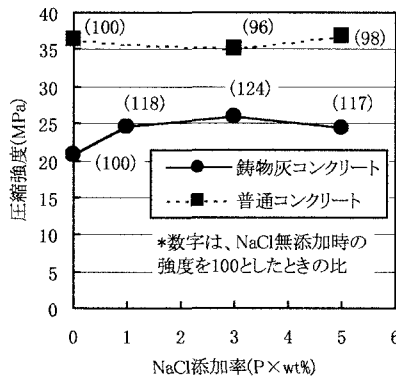


図2 NaCl添加率と圧縮強度
(水中養生; 25℃, 材齢28日)

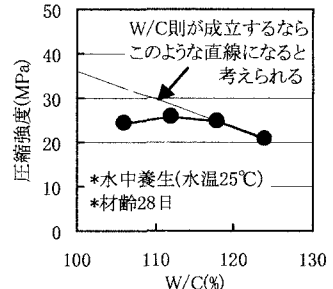


図3 W/Cと圧縮強度

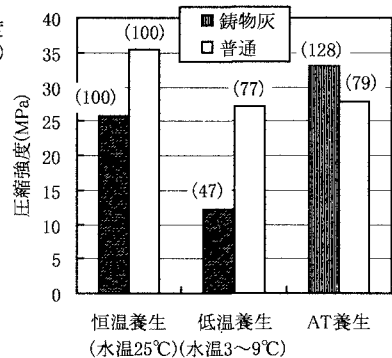


図4 養生条件による圧縮強度の変化

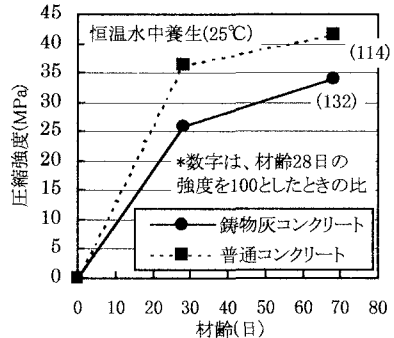


図5 材齢と圧縮強度