

微粉末量の多い石灰石を用いたコンクリートの特性とそれに基づく温度応力解析

山口大学大学院 学生会員 ○吉本勝哉

山口大学大学院 正会員 吉武 勇

鳥取大学大学院 正会員 井上正一

1 はじめに

石灰石は磨砕に弱く粉体化しやすいため、コンクリート用粗骨材として入荷の際には、JIS-A-5005 で規定される微粒分量の上限値 3.0%を上回ることも多く、場合によっては 10%を超過することもある。そこで本研究では、上限値を超えた含有微粒分を洗浄・除去することなく、石灰石微粉末の特性を有効活用することを目的とし、微粉末が多く含まれる粗骨材を用いたコンクリートの基礎性状の把握を試みた。その一環として、断熱温度上昇量や強度発現性状に対し、石灰石微粉末がコンクリートに与える影響を実験的に検討した。さらに、その実験結果を基に温度応力解析を行い、同コンクリートの温度ひび割れの抑制効果について検討した。

2 使用材料と配合条件

2.1 使用材料

本研究では、普通ポルトランドセメント（密度 3.16g/cm^3 、比表面積 $3230\text{cm}^2/\text{g}$ ）、石灰石微粉末（密度 2.70g/cm^3 ）を用いた。細骨材および粗骨材は、それぞれ海砂（密度 2.60g/cm^3 、吸水率 0.74%）、石灰石（密度 2.65g/cm^3 、吸水率 0.58%）である。混和剤には、リグニンスルホン酸系の AE 減水剤を使用した。

2.2 配合条件

コンクリートの配合を表-1 に示す。表-1 に示すように、石灰石粗骨材に対して石灰石微粉末分量を質量比 1%、10%、20%としたコンクリートを作製した。なお、石灰石微粉末の影響を明確にするため、石灰石と石灰石微粉末以外の単位量を一定としている。本研究で使用した石灰石は打設前日に水洗し、微粉末を取り除いたものである。本研究では、この状態の石灰石の微粉末量を 0%としている。表-1 に示す配合記号のうち、Lp は石灰石微粉末を表しており、Lp に続く数字は、石灰石微粉末量（%）を示している。

表-1 コンクリート配合

配合	W/C	微粉末量	単位量 (kg/m^3)					
			W	C	S	G	Lp	Ad
Lp-1	50 %	1%	185	370	798	908	9	3.7
Lp-10		10%				825	92	
Lp-20		20%				733	183	

3 断熱温度上昇量および強度性状

3.1 検討方法

各コンクリートの断熱温度上昇量を求めるにあたり、簡易断熱温度上昇試験を実施した。また強度試験は、各材齢 1、3、7、28、91 日において、 $\phi 100 \times 200\text{mm}$ シリンダー供試体を用いて圧縮強度試験（3 体）・割裂引張強度試験（3 体）を実施した。

3.2 実験結果

本研究で実施した簡易断熱温度上昇試験における結果を図-1 に示す。なお、凡例中の括弧内に各配合の終局断熱温度上昇量（以下、 Q_{∞} と略記する）を示す。図-1 に示すように、本研究で作製したコンクリートの Q_{∞} は、石灰石微粉末の量によらず、ほぼ同程度であった。このことより、石灰石微粉末による Q_{∞} への影響はほとんどないことがわかる。すなわち、少なくとも石灰石微粉末量が 20%以下においては、コンクリートの断熱温度上昇量はセメント量のみ強く依存するものと思われる。

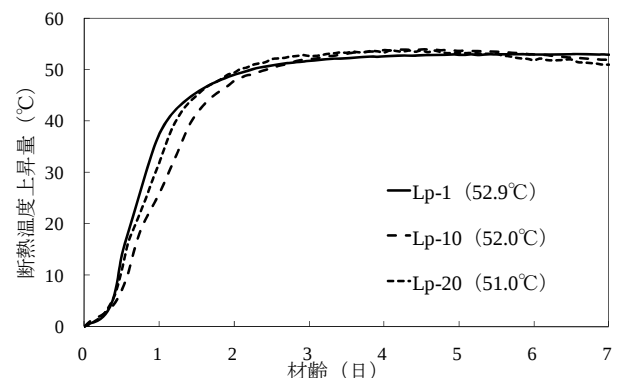


図-1 コンクリートの断熱温度上昇量

圧縮・割裂引張強度試験結果を図-2、図-3に示す。なお、実線および点線は回帰曲線であり、次の温度応力解析で用いる強度推定式を示している。既往の研究¹⁾と同様に、圧縮強度および割裂引張強度ともに、石灰石微粉末の増加による初期強度の増加がみられた。また、割裂引張強度は圧縮強度に比べ、石灰石微粉末による強度増加が著しい。この結果より、本研究で対象とした最大微粉末量 20%含まれる石灰石骨材を用いる場合、同等の断熱温度上昇量となるコンクリートにおいて、含有微粒分が特に初期強度を向上でき、ひいては（初期）ひび割れの少ないコンクリートを実現できるものと推測される。

4 温度応力解析

4.1 解析条件

本研究の温度応力解析では、図-4に示すスラブ・壁状構造物を対象にした。ここでは簡易断熱温度上昇試験より得られた Q_{∞} 、および圧縮・割裂引張強度試験結果を用いて各推定式の諸係数を求め、温度応力解析を行った。回帰により求めた係数は、それぞれ図-1～図-3に示すものである。なお、その他の熱物性値等には、一般的なコンクリートの物性値を用いた。

4.2 解析結果

温度応力解析における最小ひび割れ指数を表-2に示す。表-2に示すように、石灰石微粉末の増加により、最小ひび割れ指数は向上した。これは、断熱温度上昇量が同程度であり、石灰石微粉末量の増加に伴い引張強度が向上するため、最小ひび割れ指数を向上できたものと考えられる。このことより、石灰石に多く含まれる微粉末は少なくとも温度ひび割れ抑制には寄与できることがわかる。

5 まとめ

- (1) 断熱温度上昇試験より、石灰石微粉末の Q_{∞} への影響はほとんどみられなかった。
- (2) 圧縮強度および割裂引張強度ともに、石灰石微粉末量に伴う強度増加がみられた。特に石灰石微粉末による引張強度の増加が顕著であった。
- (3) 温度応力解析より、石灰石に多く含まれる微粉末は温度ひび割れの低減に寄与することを示した。

【参考文献】

- 1) 長塩靖祐ほか：石灰石骨材を使用したコンクリートのフレッシュおよび強度性状に及ぼすセメント種類の影響、コンクリート工学年次論文集、Vol.29、No.1、pp.135-140、2007

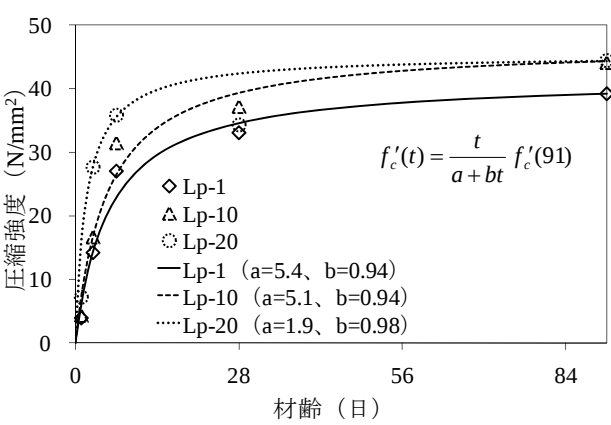


図-2 圧縮強度

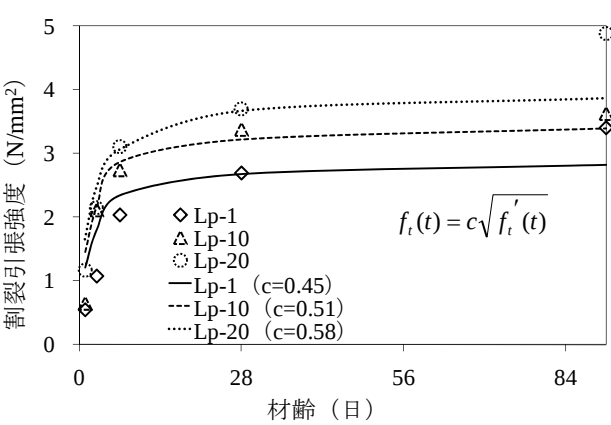


図-3 割裂引張強度

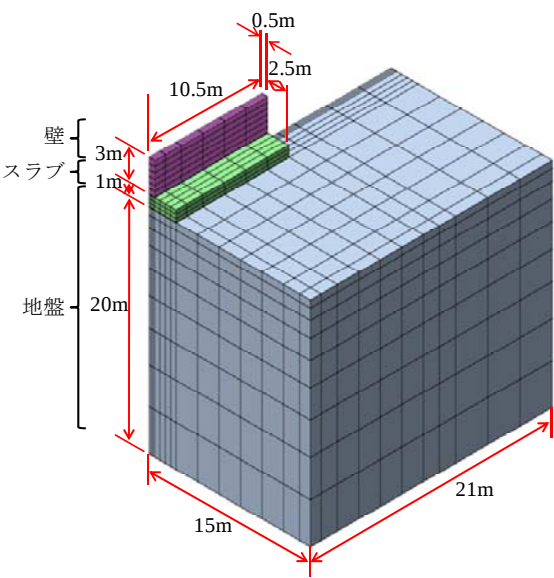


図-4 解析対象構造物

表-2 解析結果

コンクリート	最小ひび割れ指数
Lp-1	1.67
Lp-10	1.97
Lp-20	2.11