

石灰石粗骨材を使用したコンクリートの圧縮強度に及ぼす蒸気養生条件の影響

太平洋セメント株式会社 正会員 ○藤田 仁
 同 上 正会員 長塩 靖祐
 同 上 正会員 吉本 稔
 同 上 伊與田紀夫

1. はじめに

コンクリート用石灰石碎石の年産量は約 3600 万トンに達しており、国内で使用される碎石の約 20%を占めるといわれ、コンクリートの主要な骨材の一種となっている。石灰石骨材を使用したコンクリートは、蒸気養生を行った場合、圧縮強度は他種の骨材を使用したコンクリートと同等であり、引張強度がやや大きくなることが報告されている¹⁾。一方、一般的に製品工場で実施されている蒸気養生は、コンクリートにひび割れやはく離等を生じさせないように打込み後前養生 2～3 時間、温度上昇速度 20℃/h、最高温度 65℃等に定めている場合が多いが、一部の製品工場では、前養生時間は 40 分程度で蒸気養生開始後、急激に温度が上昇し、最高温度は一般的な温度である 65℃を大きく超えることがあり、コンクリートに悪影響を及ぼす一因になり得るとの報告がされている²⁾。蒸気養生はコンクリートの早期強度を得るための促進養生方法として広く利用されているが、その条件がコンクリートの強度性状に及ぼす影響は大きい。そこで本報告の目的は、近年使用量が増加している石灰石粗骨材を使用したコンクリートに蒸気養生を実施し、その前養生時間と最高温度が圧縮強度に及ぼす影響を明らかにすることとした。

2. 実験概要

2.1 使用材料

セメントは普通セメント（密度：3.16g/cm³）、細骨材は静岡県御前崎産山砂（表乾密度：2.61g/cm³、粗粒率：2.87）を使用した。表 1 および表 2 に粗骨材の化学成分および物理性状を示す。粗骨材は茨城県桜川産砂岩碎石および大分県石灰石碎石を使用し、最大寸法は 20mm とした。混和剤はポリカルボン酸系の高性能減水剤を使用した。

2.2 コンクリート配合

表 3 にコンクリートの配合を示す。コンクリート配合は W/C を 45(%)、s/a を 47(%)、混和剤添加率を 0.6(C×%)と一定として、使用する粗骨材の種類を砂岩

碎石および石灰石碎石に変化させた。

2.3 試験水準および試験方法

表 4 に試験水準を示す。養生条件は蒸気養生と参考として標準養生の 2 種類と

した。蒸気養生条件は、前養生温度 20℃、昇温速度 15℃/h、最高温度保持時間 3h、降温速度 5℃/h を一定として、前養生時間をコンクリート製造時の注水時間から 1、3、6 時間とした。また最高温度は 65、80℃とした。蒸気養生を実施する場合の圧縮強度試験材齢は 1、14 日とし、蒸気養生終了後、試験材齢まで 20℃、60%R.H. の室内で気中養生を実施した。なお、圧縮強度試験は JIS A 1108 に準拠して実施した。

キーワード：石灰石、蒸気養生、前養生時間、最高温度、圧縮強度

連絡先：千葉県佐倉市大作 2-4-2、TEL：043-498-3855、Fax:043-498-3849

表 1 粗骨材の化学成分

粗骨材 岩種	化学成分				
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO
砂岩	75.3	11.4	2.31	1.82	1.13
石灰石	0.06	0.06	0.03	55.7	0.49

表 2 粗骨材の物理性状

粗骨材 岩種	表乾 密度 (g/cm ³)	吸水 率 (%)	単位容 積質量 (kg/L)	実積 率 (%)	粗粒 率	微粒 分量 (%)
砂岩	2.64	0.66	1.72	59.8	6.74	0.57
石灰石	2.69	0.30	1.68	62.3	6.43	0.30

表 3 コンクリートの配合

粗骨材 岩種	スラング (cm)	空気量 (%)	W/C (%)	s/a (%)	単位量 (kg/m ³)				混和剤 (C×%)
					W	C	S	G	
砂岩	8±2.5	2±1.0	45	47	160	356	868	994	0.6
石灰石								1008	

表 4 試験水準

蒸気養生			標準養生	
前養生時間 (hr)	最高温度 (℃)	圧縮強度 試験材齢 (日)	水温 (℃)	圧縮強度 試験材齢 (日)
1、3、6	65、80	1、14	20	14、28

3. 試験結果および考察

図1に最高温度を65℃とした場合の圧縮強度試験結果を示す。蒸気養生終了直後である材齢1日での前養生時間を3、6時間とした場合の圧縮強度は、砂岩を使用した場合と石灰石を使用した場合を比較すると大差はないが、前養生時間を1時間とした場合、3、6時間とした場合と比較して、砂岩を使用した場合は18%程度、石灰石を使用した場合は20%程度低い結果となった。材齢14日までの圧縮強度の増加量は砂岩および石灰石ともにほぼ同様で、前養生時間を1時間とした場合、砂岩碎石、石灰石碎石を使用した場合双方で14~17%程度圧縮強度が小さくなった。

図2に最高温度を80℃とした場合の圧縮強度試験結果を示す。材齢1日での前養生時間を3、6時間とした場合の圧縮強度は、最高温度を65℃とした場合と同様で粗骨材岩種による大差はないが、前養生時間を1時間とした場合、3、6時間とした場合と比較して、砂岩を使用した場合は16%程度、石灰石を使用した場合は19%程度低い結果となった。材齢14日までの圧縮強度の増加量は砂岩および石灰石ともに大差はなく前養生時間を1時間とした場合、砂岩碎石、石灰石碎石を使用した場合双方で14~18%程度圧縮強度が小さくなった。

図3に蒸気養生時のマチュリティと圧縮強度の関係を示す。マチュリティは-10℃を基準として求めた。マチュリティは、砂岩を使用した場合と石灰石を使用した場合で大差はなく、同様な結果となることがわかった。

以上の結果、石灰石粗骨材を使用したコンクリートに前養生時間および最高温度を変化させた蒸気養生を実施した場合、圧縮強度が示す傾向は砂岩碎石を使用した場合とほぼ同様であり、前養生時間を1時間と短くした場合、圧縮強度が16~20%程度低下することがわかった。前養生時間が短い場合、圧縮強度が低下する理由の1つは、セメントペースト中の気泡が膨張し、ごく細かいひび割れができることにあると考えられる³⁾。このことから、今後、硬化コンクリートの微細空隙も含めて検討する必要があると考えられる。

4. まとめ

石灰石粗骨材を使用したコンクリートに前養生時間および最高温度を変化させて蒸気養生を施し、その圧縮強度を確認した結果をまとめると以下のようである。

- (1) 蒸気養生を施した石灰石粗骨材を使用したコンクリートの圧縮強度は、砂岩碎石を使用したコンクリートとほぼ同様な傾向を示し、マチュリティも同様であった。
- (2) 前養生時間を1時間とした場合、3、6時間とした場合より圧縮強度が16~20%程度小さくなった。
- (3) 蒸気養生の最高温度を65℃および80℃としても圧縮強度の示す傾向は同様であった。

【参考文献】

- 1) 石灰石鉱業協会：石灰石骨材とコンクリート増補・改訂版、pp34-35 (2005)
- 2) 川端ほか：異常膨張を生じたコンクリート二次製品における遅延型エトリンガイトの生成、土木学会第60回年次学術講演会、pp409-410 (2005)
- 3) A. M. Neville：ネビルのコンクリートバイブル、pp456-461 (2004)

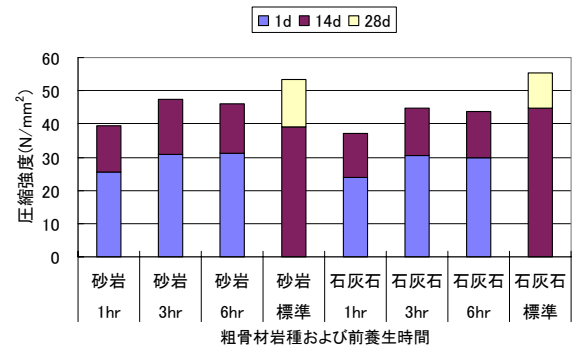


図1 圧縮強度試験結果(最高温度 65℃)

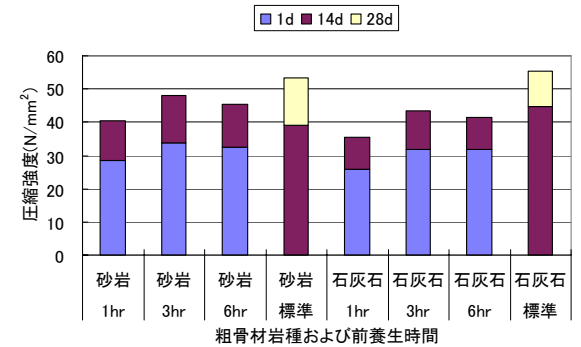


図2 圧縮強度試験結果(最高温度 80℃)

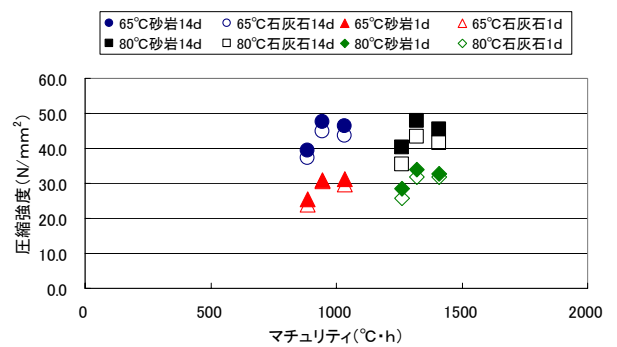


図3 マチュリティと圧縮強度の関係