

高温環境がコンクリートの圧縮強度に及ぼす影響

芝浦工業大学大学院 学生会員 ○深澤 英将
芝浦工業大学 正会員 伊代田 岳史

1. はじめに

日本の平均気温は地球温暖化の影響を受けてここ100年でおおよそ1.2°C上昇している。気温の上昇に伴って熱帯夜（夜間の最低気温が25°C以上の夜）や猛暑日（1日の最高気温が35°C以上の日）が増加しており、2018年に埼玉県熊谷市では記録的な41.1°Cが観測された。土木学会コンクリート標準示方書〔施工編〕では「コンクリートの打込み温度を35°C以下」と規定をしている。これは温度によってコンクリートの水和反応やフレッシュコンクリートの性質、温度応力などへ影響を及ぼすためであるが、先述したように気温が上昇してきているため、この規定温度以上での打込みの検討が必要であると考えられる。

そこで本研究ではコンクリート打込み時の温度と昼夜での温度が変動する場合を想定し、それらがコンクリートの特性に及ぼす影響の把握と、現在のコンクリートの温度制限の上限値である35°Cを超えた場合のコンクリートの最大温度を改めて検討する。

2. 実験概要

2. 1 使用材料

表—1にコンクリートの計画配合を示す。本研究では環境負荷低減の観点から高炉スラグ微粉末を使用し検討を行った。また、今回は一般的なコンクリートの打込み温度である20°C、コンクリートの打込み温度の上限値である35°C、そして高温環境を想定した45°Cの3種類を設定温度として検討した。

2. 2 実験概要

試験は20、35、45°Cの打込み温度で打込み後翌日に脱型を行い、その後各温度に設定した恒温室内(RH60%)で所定材齢まで封緘養生した場合と、各温度で打込みした後、その温度で24時間保持し脱型、その後恒温恒湿室(20±5°C, RH60%)にて養生を施した場合で検討をした。供試体寸法φ100×200mmを作製し、養生日数3、7、28日とし、圧縮強度試験を実施した。

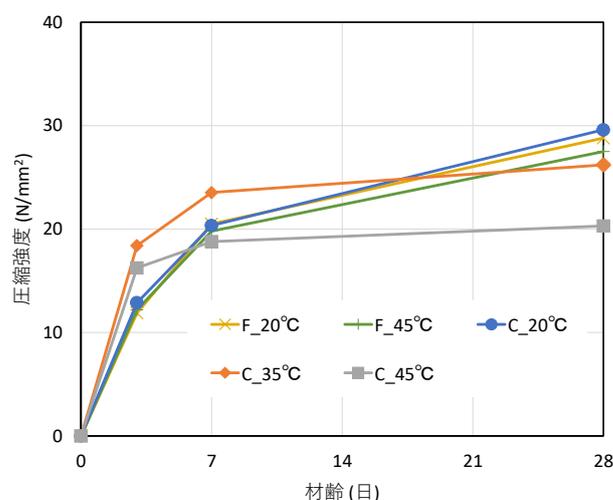
3. 実験結果および考察

キーワード 打込み温度、高炉スラグ微粉末、圧縮強度

連絡先 〒135-8548 東京都江東区豊洲 3-7-5 芝浦工業大学 [Tel:03-5859-8356](tel:03-5859-8356) E-mail:mc19073@shibaura-it.ac.jp

表—1 コンクリートの計画配合

Concrete Temp(°C)	W/B(%)	air(%)	s/a(%)	Unit volume(kg/m ³)				
				W	OPC	BFS	S	G
20	50	4.5	46	170	170	170	811	850
35								
45								



図—1 温度と圧縮強度の関係

図—1に練上がり温度一定で養生した場合と脱型後、温度を変動させた場合の圧縮強度を示す。なお凡例は温度一定_設定温度(C_20°C)、温度変動_設定温度(F_20°C)としている。温度を打込み後変動させた場合(F)、温度による材齢7日までに於ける初期強度への影響は見られなかった。また、打込み温度に関係なく材齢28日においても強度は増進し、高温である45°Cの圧縮強度が20°Cに比べて若干小さくなる結果となった。

一方、打込み後温度を一定に維持したまま養生を行った場合(C)、打込みから養生期間も20°C一定で実施した試験結果を見ると温度を変動させた場合と同様に材齢を経ると強度も増進をした。また、この結果は材齢28日における圧縮強度の中で一番大きな結果となった。しかし、35°C、45°Cなどの高温環境下で温度を一定として養生を行った場合、35°C、45°Cともに材齢3日にお

る初期強度は大きいものであったが、材齢を経るにつれて強度増進は停滞した。加えて温度が 45°C の時よりも 35°C の圧縮強度が大きい結果となった。この結果から高炉スラグ微粉末を 50% 置換したコンクリートに対して 45°C では高温すぎる事が考えられる。

また、温度を変動させた場合と打込み温度を維持した場合の違いについて、若材齢の時に高温を受けるか否かによって強度発現に差が出たのではないかと考える。つまり、温度を変動させた場合は、若材齢時に外部から熱を受けずに水和反応をするため強度増進が持続すると考えられる。一方、高温環境下での養生期間が長かった場合、初期材齢時に外部からの熱の影響を受け水和反応が促進されたことで初期強度が大きくなったことが考えられる。そして材齢が経過すると水和反応が停滞してしまったために強度増進も確認できなくなったのではないかと考える。

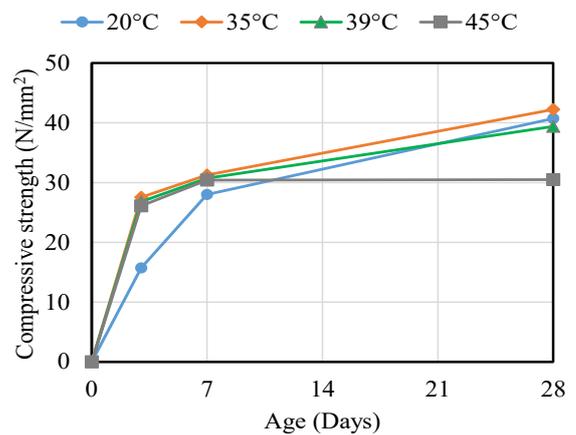
このことから、コンクリートが受ける温度が高温であること、加えて高温を受ける期間が長いほど初期強度は大きくなるが、その後強度増進は停滞することがわかった。

4. モルタルの圧縮強度における温度変化の影響

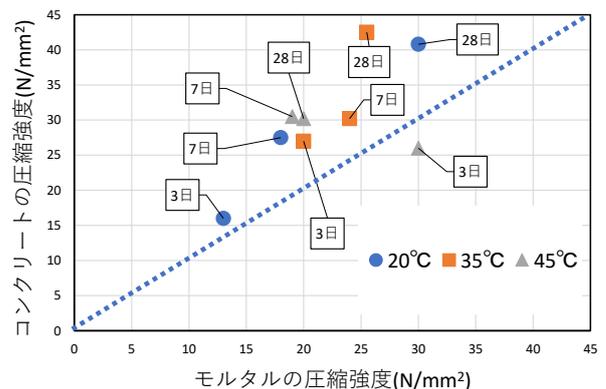
先述の結果から温度はコンクリートの圧縮強度に影響を及ぼすことが確認された。これはセメント硬化体の水和反応が関係あると考えられるが、コンクリートはセメントだけではなく粗骨材なども構成材料としてあるため、骨材が温度によって膨張・収縮することも考えられる。そこで今回は骨材の温度による膨張の影響を考慮せず、表—1 の配合からモルタルを作製しコンクリートと同様の試験を実施した。

図—2 に打込み温度一定で養生した場合の結果を示す。この検討では 35°C よりも高い 39°C の検討も追加した。39°C では 35°C 比較してもあまり差異が確認されなかった。一方、45°C のモルタルの圧縮強度は停滞していることが分かる。これは初期材齢で水和反応が促進されその後、水和反応が停滞したためだと考えられる。

図—3 にコンクリートとモルタルの圧縮強度の関係を示す。20°C と 35°C の結果では概ね線形の関係が見られるが、45°C の場合はその関係が見られなくなり、材齢を経ると初期材齢に比べてモルタルの強度が小さくなった。これは高温によって強度に寄与する空隙に影響があったからなのではないかと考え今後検討する。



図—2 練上がり温度一定の圧縮強度（モルタル）



図—3 コンクリートとモルタルの圧縮強度の関係

以上のことから 45°C ではコンクリートの圧縮強度を低下させてしまうことが考えられ、圧縮強度に関しては 39°C 近傍までコンクリートの上限温度を設定できるのではないかと考えられる。

5. まとめ

以下にまとめを示す。

- 1) 練上がり温度によってコンクリートの特性が変化することが分かった。特に温度が高いと性能の低下をもたらす。
- 2) コンクリートの上限温度は圧縮強度においては 39°C 近傍まで可能であると考えられる。今後耐久性に関しても検討していく。

謝辞

本研究は LAZARUS LEMI CHACAH COSTA 氏の成果をまとめたものである。ここに記載し感謝いたします。

参考文献

- 1) 檀 康弘ほか, 高炉スラグ微粉末を混入したコンクリートの養生条件と耐久性の関係, 土木学会論文集, Vol.65,2009