

V-323 高温養生を受けた高微粉末スラグモルタルの強度特性について

名城大学 正員 杉山 秋博
名城大学 正員 飯坂 武男

1 ま え が き

高熱地帯でコンクリートを打設すると高温養生を受けるため、コンクリートは大幅な強度低下を示すことが判明している。しかし、高炉スラグなどの混和材を添加することにより強度低下をある程度まで防ぐことができるが、まだ十分な対策が得られていない。最近、高炉スラグの粉末度を2倍程度高めた高微粉末スラグが開発され優れた特性が認められてきたが、まだ高温養生についての研究がなされていない。このため、基礎的研究として高微粉末スラグを添加したモルタルの強度特性を調べたものである。

2 使用材料 および 実験方法

実験に使用した材料は、普通セメントと矢作川産の川砂(比重 2.60, 吸水率 2.02%, F.M. 2.71)および粉末度を変化させた2種類の高炉スラグ(N社製)を使用した。また、表-1に使用した高炉スラグの物理・化学的性質を示している。

表-1 高炉スラグの物理・化学的性質

これらの材料を使用して、結合材比 55%, フロー値 220の条件で、添加割合(30, 50, 70%)を変化させたモルタルの配合を表-2のように決定した。

| スラグの種類 | 粉末度 (cm ² /g) | 比重 | 平均粒径 (μm) | 熱減量 (%) | 化学成分 (%) | | | | | | |
|--------|--------------------------|------|-----------|---------|------------------|--------------------------------|--------------------------------|------|------|------|-----------------|
| | | | | | SiO ₂ | Al ₂ O ₃ | Fe ₂ O ₃ | MnO | CaO | MgO | SO ₃ |
| 4000 | 4290 | 2.91 | 15.3 | 0.18 | 32.5 | 15.5 | 0.78 | 0.33 | 42.1 | 6.19 | 1.90 |
| 8000 | 7510 | 2.91 | 3.4 | 0.07 | 31.5 | 14.4 | 0.40 | 0.41 | 41.0 | 5.90 | 5.35 |

養生方法は、20°Cの標準養生と練り混ぜ直後から40・60・80°Cの水槽に浸けた高温養生を所定材令まで実施した。なお、高温水槽に浸した供試体中心部温度は、各養生温度とも40分程度で水温と一致した。

実験方法として、モルタルの凝結硬化速度試験は ASTM C 403 に準じて行なったが、高温養生試料は強度用供試体と同様の φ 10 × 20 cm の鉄製円柱型枠に詰めたモルタルで測定した。圧縮強度は JIS A 1108 に準じて実施したが、材令1日の供試体はセッコウキヤピングを実施し、その後の供試体は研磨機による仕上げで圧縮強度を求めた。

3 実験結果 および 考察

養生温度を変化させたモルタルの凝結試験結果を図-1に示している。20°C標準養生の場合、粉末度が4000cm²/gのスラグを添加したモルタルは、始発・終結時間とも高炉スラグの添加割合にほぼ比例して遅くなり、70%添加したモルタルでは始発時間が80分・終結時間も110分程度の遅延が測定された。しかし、高微粉末(8000cm²/g)スラグを使用すると、水和反応速度の大きな要因である表面積も大きくなることとSO₃の含有率が多いため、モルタルの水和反応が活発になり、始発時間は6~23分程度の遅延作用が認められたが終結時間はプレーンモルタルとほぼ同様な結果が得られた。また、養生温度が高くなるとセメントやスラグの水和反応が促進されるため、添加割合や粉末度による凝結時間の差が少なくなり、60・80°Cの温度ではほとんど認められない。

高炉スラグを70%添加したモルタル供試体に対して養生温度を20~80°Cに変化させた場合の材令による圧縮強度の発現状態を図-2に示している。粉末度が4000cm²/gの高炉スラグの場合、添加割合が高いため材令1日強度は38kgf/cm²になり、プレーンモルタルに比べて50%程度であった。しかし、材令に伴ないスラ

表-2 モルタルの配合表

| スラグの種類 | 添加割合 (%) | 単位重量 (kg/m ³) | | | |
|--------|----------|---------------------------|-----|-----|------|
| | | セメント | スラグ | 水 | 砂 |
| 4000 | 0 | 591 | 0 | 325 | 1242 |
| | 30 | 403 | 175 | 317 | 1265 |
| | 50 | 287 | 287 | 316 | 1261 |
| | 70 | 175 | 409 | 321 | 1228 |
| 8000 | 30 | 453 | 194 | 356 | 1102 |
| | 50 | 340 | 340 | 374 | 1020 |
| | 70 | 242 | 563 | 443 | 723 |

グの潜在水硬性が発揮され、28日強度は356kgf/cm²の値が得られ、プレーンモルタル強度の91%まで回復している。また、養生温度が40~80°Cになると水和反応が促進されるため1日強度も100~157kgf/cm²と2.6~4.1倍の高い初期強度が得られたが、高温になるほど材令による強度増進が少なく80°Cでは217kgf/cm²程度であった。しかし、高微粉末スラグを使用すると20°Cの標準養生でも材令1日強度は86kgf/cm²になりプレーンモルタルと同程度の強度が得られ、さらに材令による強度の増進も良く28日強度が442kgf/cm²の高い強度が得られた。また、高温養生の場合でも結合材の水和反応が活発になりその後の材令による強度の増進も60°C程度の温度までは優れているため、28日強度は414, 404, 321kgf/cm²の高い値が得られ、養生温度による強度低下も少ないことが認められた。

図-3は養生温度とスラグ添加率を変化させたモルタル供試体の28日圧縮強度を示している。プレーンモルタルは養生温度が高くなると強度低下を示し60・80°Cの高温では28%, 46%もの大幅な強度低下を示している。4000g/cm²のスラグを添加したモルタルの標準養生強度は添加率が増加するにしたがい初期強度が低くなり、材令28日程度の材令でもスラグの潜在水硬性が十分に発揮されないために強度低下を示している。また、高温養生ではプレーンモルタルよりやや高い強度が得られているが、よく似た強度特性を示している。しかし、高微粉末スラグモルタルの場合、20°C標準養生においても初期強度は添加割合が増加してもプレーンモルタルとほぼ同等の強度が得られ、28日強度になるとスラグの潜在水硬性が発揮されるため421~469kgf/cm²の高い強度が得られた。また、養生温度が高くなると急激な温度上昇などにより強度低下を示すが、添加割合が高いモルタルほど初期強度は高く、材令による強度増進もよく80°Cの高温でも320kgf/cm²程度の強度が得られ十分な強度が得られている。

4 結論

高微粉末高炉スラグを使用したモルタル供試体は、添加割合が増加しても初期強度が高くその後の材令による強度の増進がよく、従来の高炉スラグの欠点を改善できるものと考えられる。また、養生温度が高くなると強度低下を示すが強度低下率はプレーンモルタルに比べ少ない。さらに、60・80°Cの高温養生を受ける場合では70%程度の高い添加率にすると強度低下も少ないことが認められた。

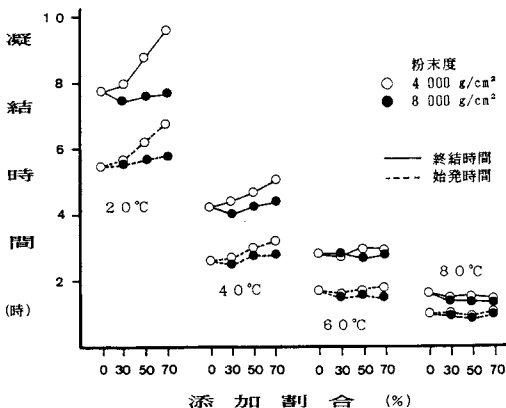


図-1 モルタルの凝結時間

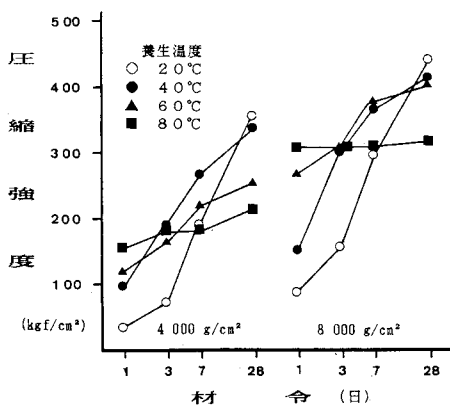


図-2 材令と圧縮強度との関係

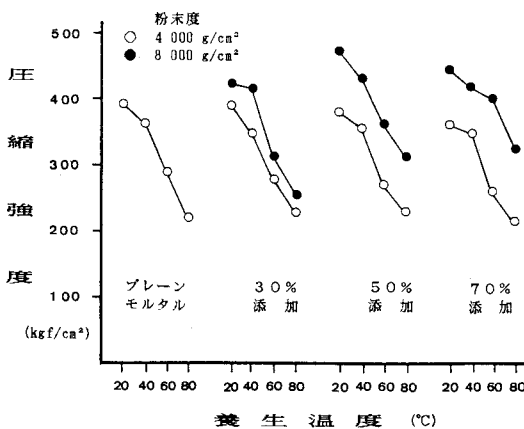


図-3 養生温度と圧縮強度との関係