

寒冷地におけるコンクリートの強度発現に関する養生方法の検討

東北大学 学生員 ○ 盛岡 義郎

東北大学 正 員 三浦 尚

東北大学 学生員 千葉 武生

1. はじめに

近年、マスコンクリートの需要増加に伴い、高炉スラグ微粉末（以下GBFSと略す）混入セメントや低発熱セメント（以下LHC と略す）の使用量が増加する傾向にある。GBFSを混入することでコンクリートは、長期強度や耐久性が優れ、化学抵抗性が向上することなどの品質改善がなされる。また、LHC は水和熱が極めて低いという性質だけでなく、アルカリ骨材反応の抑制効果、化学抵抗性の向上が期待できる。しかし、これらのコンクリートは一般に強度の発現が遅く、初期強度が低いため、寒冷地で使用する場合に適切な養生を行なう必要がある。また、初期強度が低いとコンクリートは初期凍害を受け、その後養生を続けても強度の増進が少なくなるため、初期強度をある程度高く保つことは重要なことと思われる。

そこで本研究では、寒冷地におけるコンクリートの施工を念頭においた基礎的研究として、それらのセメントを用いたコンクリートの養生方法についての検討を行なった。

2. 使用材料及び実験方法

セメントは、市販の普通ポルトランドセメント（以下OPC と略す）、LHC、GBFS粉末度7890cm²/g 混入セメント（以下GBFS8 と略す）、GBFS粉末度4040cm²/g 混入セメント（以下GBFS4 と略す）の4種類とし、スラグの置換率は50%とした。細骨材として宮城県大和町産の山砂を使用した。モルタルの配合を、水：結合材：細骨材＝1：2：5とした。供試体はφ5×10cmの円柱供試体で、20度恒温室で打設後直ちに、表1に示すような条件で養生を行なった。材齢1、4、8週に供試体の重量測定及び圧縮強度試験を行なった。

表1 養生条件

A	20度一定水中（標準養生）
B	5度一定気中
C	30度給熱密封1日 → 5度一定気中
D	30度給熱密封3日 → 5度一定気中
E	30度給熱密封7日 → 5度一定気中
F	5度一定密封
G	30度給熱密封1日 → 5度一定密封
H	30度給熱密封3日 → 5度一定密封
I	30度給熱密封7日 → 5度一定密封

3. 実験結果及び考察

図1は、各種セメントについて養生条件ごとに圧縮強度試験を行なった結果である。

図1(a)より、OPCでは、給熱養生を行わずに低温養生を行なった場合でも、1週強度が比較的高く出しており、強度発現性に問題がないと思われる。給熱後気中養生では、4～8週に強度の増加がほとんど見られない。これは4週までに水分が供試体から蒸発したため、水和反応がほぼ停止したためと考えられる。このことは重量測定結果においても、材齢1週重量の1.1～4.9%の減少が4週までに起こっているのに対し、4～8週にかけてはすべて1.0%未満の重量減少しか起こっていないことから頷ける。

図1(b)は、LHCでは給熱1日以外では、給熱後気中養生の方が密封養生よりも高い強度が得られることを示している。施工する際は給熱3日は必要でその後5度気中養生が必要であるが、他のセメントに比べ長期強度も低いため寒冷地で使用の場合は十分な養生が必要であると思われる。

図1(c)、(d)よりスラグ混入セメントにおいては、粉末度の低い方が初期養生がより重要であることを示している。また、給熱後気中養生と密封養生を給熱日数ごとに比較すると1週強度では3日給熱の場合のみ50kgf/cm²程気中養生の方が高くなっていたが、1、7日給熱はほぼ同等の強度であった。次に1～4週ま

での強度増加率を比較した。給熱後気中養生では給熱日数が増えるごとに、GBFS8では13.18, 24%と増加率が伸びているのに対し、給熱後密封養生では52, 22, 20%と増加率が減少している。GBFS4においても同様の傾向が見られた。一般に寒冷地でスラグ混入セメントを使用する場合のGBFSの粉末度は、

5000cm²/g以上のものが望ましいとされている¹⁾が、3日給熱後5度気中及び密封養生を行なえばGBFS4でも寒冷地での使用は可能と思われる。図2は、LHCの積算温度と圧縮強度の関係を式によって示した図である。強度= $A + B \log_{10} M$ の式を用い最小2乗法によって計算を行なった。水中養生と密封養生においては、同様の値となりその値は20度一定養生においても同じであった。すなわち、水中養生と密封養生においては、養生温度にかかわらず、同じ強度-積算温度関係があることが分かる。また、図2(b)から給熱後気中養生を行なう場合、給熱日数が増えるに従い、直線の傾きが大きくなるため強度発現が良くなるが、給熱1日ではほとんど強度発現の改善がなされておらず、給熱を7日行なえば5度一定水中養生の強度発現性に近いものが得られた。さらに気中養生において給熱日数によって強度-積算温度関係が異なることが分かった。

4. 結論

寒冷地において各種セメントを使用する場合、長期強度及び初期強度を使用可能な範囲で保つには、普通ポルトランドセメントにおいては、低温養生でも強度発現性に問題がないと思われる。低発熱セメントにおいては、他のセメントに比べ長期強度も低くなるため寒冷地で使用する場合は十分な養生が必要で、最低でも3日間の給熱が必要であると思われる。スラグ混入セメントにおいては、粉末度の低い方が初期養生がより重要であるが、粉末度4000cm²/gのスラグを用いた場合も3日給熱後5度気中あるいは密封養生を行なえば寒冷地での使用も可能と思われる。低発熱セメントにおいては、給熱を7日行なえば5度一定水中養生の強度発現性に近いものが得られることが分かった。

<参考文献>1) 土木学会：高炉スラグ微粉末を用いたコンクリートの設計施工指針（案）

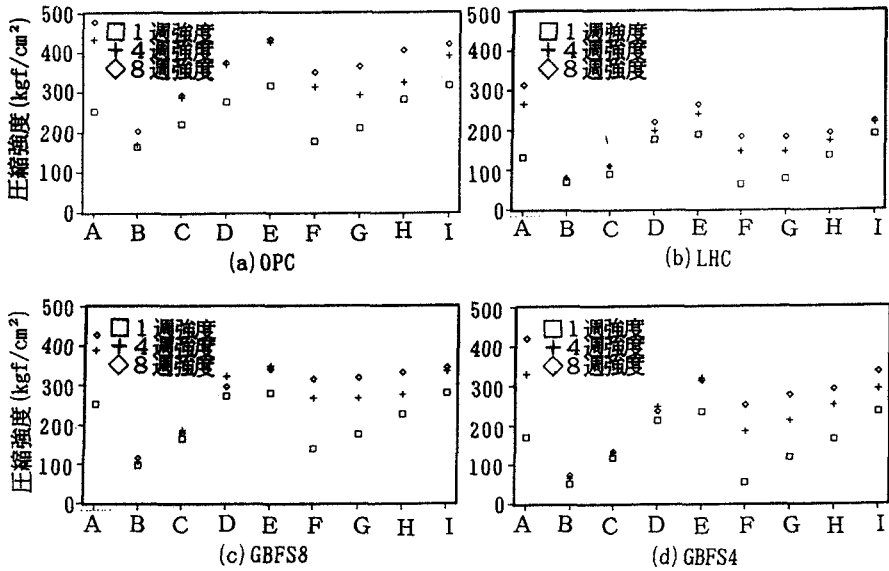


図1 各種セメントの養生条件ごとの圧縮強度

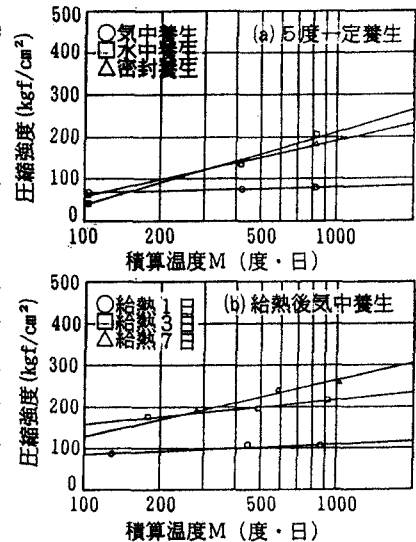


図2 LHCの積算温度と圧縮強度の関係