

低温打設時における超速硬系補修材の強度発現性に関する基礎的検討

東北大学 学生会員 ○今野 雄介
東北大学 学生会員 喜多 雄士
住友大阪セメント(株) 正会員 山本 誠
東北大学 正会員 皆川 浩
東北大学 正会員 久田 真

1. はじめに

コンクリート構造物の緊急及び補修工事には交通規制等により生じる社会的損失を最小化するために超速硬セメント系の補修材が多く使用されている。工事は夜間実施されることも多く、東北地方の冬季夜間気温は氷点下を下回るため、このような養生環境においても補修材の強度を確保する必要がある。しかしながら寒中工事用としての研究^{1), 2)}は少なく、氷点下での打設、養生環境でいえば、超速硬セメント系補修材について検討している事例はないのが現状である。本研究は氷点下環境で超速硬セメント系補修材を打設、養生した場合の強度発現性を整理することを目的とした。

2. 実験概要

2.1 供試体の配合と作製方法

本研究では、W/C=50%, S/C=1, 寸法 40×40×160 mmのモルタル供試体を使用した。結合材はカルシウムフロロアルミネート系超速硬セメント (R-1)、カルシウムアルミネート系超速硬セメント (R-2)、R-2をベースセメントとして混和材料を添加した超速硬セメント系補修材 (M-1)、早強セメント系補修材 (M-2) の4種類を使用し、細骨材は豊浦標準砂を使用した。材料と型枠は、養生温度に設定した大型の恒温槽内に1日間静置することで養生温度と材料および型枠の温度を等しくした。ただし、練混ぜ水の温度は養生温度が氷点下環境になる場合のみ5℃とした。練混ぜおよび打設も同じ槽内で行い、打設後約24時間後に脱型を行い、恒温槽で養生を行った。養生温度環境は20, 0, -5, -10℃の4水準である。

2.2 試験項目

供試体の圧縮強度を、材齢1, 2, 3, 6, 24, 72時間においてJIS R 5201により測定した。供試体内部温度をφ50×100 mm 供試体の中心部分に設置した熱電対で

24時間測定した。そして式(1)より供試体内部の積算絶対温度を算出した。

$$M = \sum_0^t \theta \Delta t \quad (1)$$

M: 供試体内部の積算絶対温度 (K h)

θ : 材齢 t のコンクリート内部の絶対温度 (K)

Δt : 測定間隔 (=1 min)

流動性についてはJIS R 5201のフローコーンに材料を充填し、フローコーンを持ち上げた後の材料の静置フローで評価した。

3. 実験結果及び概要

3.1 圧縮強度

図-1に圧縮強度と材齢の関係を示す。

図-1より、R-1は20℃材齢1時間で圧縮強度は15 N/mm²であり、その後強度が増加し3日で40 N/mm²まで上昇した。氷点下では圧縮強度は低いが、0℃で24時間以降に30 N/mm²を示し急激な強度増進が見られる。

R-2は20℃材齢3時間で圧縮強度は15 N/mm²であり、その後緩やかに強度が増加し3日で25 N/mm²まで上昇した。20℃の圧縮強度と比較して、氷点下の圧縮強度は総じて低いが、0℃での24時間以降の圧縮強度は20℃と似た挙動を示す。-5℃および-10℃では3日目の圧縮強度は12 N/mm²程度となった。

M-1は20℃の圧縮強度は1時間で15 N/mm²、3日目で40 N/mm²まで上昇した。24時間後の圧縮強度は0℃および-5℃の場合が20℃の場合を上回る。-10℃の圧縮強度は低いものの、6時間で15 N/mm²を示し他の材料と比較して氷点下においても強度増進が顕著である。

M-2は20℃で24時間後の圧縮強度は18 N/mm²であり、その後材齢に伴って圧縮強度は増加し、3日目で30 N/mm²まで上昇した。氷点下では3日経過後でも10 N/mm²を下回っているが、0℃では24時間以降の圧縮強

キーワード 氷点下, 超速硬セメント, 圧縮強度, 積算温度, 流動性

連絡先 〒980-8579 宮城県仙台市青葉区荒巻字青葉 6-6-06 東北大学大学院土木工学専攻

T E L 022-795-7430

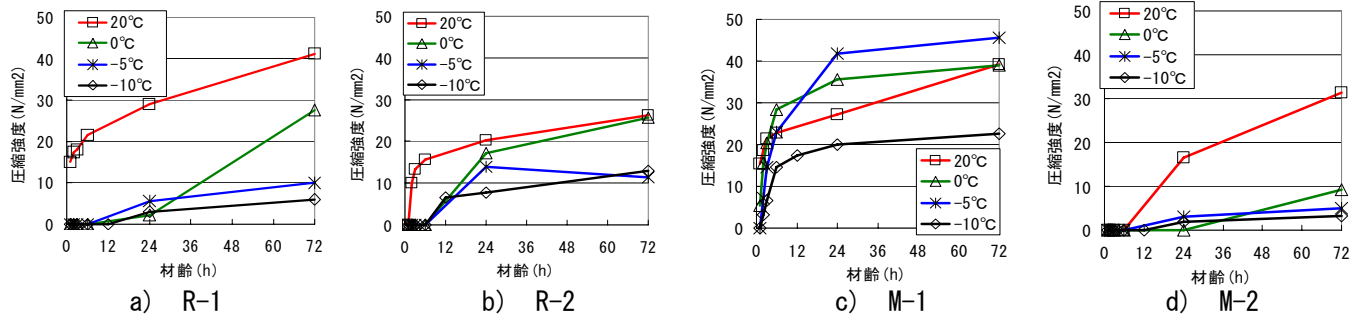


図-1 圧縮強度と材齢の関係

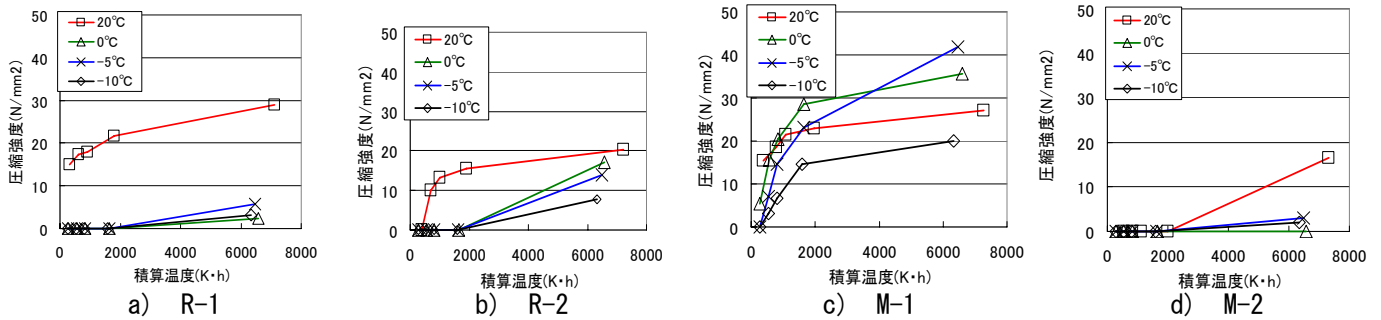


図-2 圧縮強度と材齢 24 時間までの供試体内部の積算温度の関係

度は増加傾向となっている。

3.2 供試体内部の積算温度

図-2 に材齢 24 時間までの供試体内部の積算絶対温度と圧縮強度の関係を示す。

図-2 より、一般的な傾向として供試体内部の積算絶対温度が増加するとともに圧縮強度は増加することがわかる。しかし、同一材料で同じ積算絶対温度であっても圧縮強度は環境温度によって異なる。特に R-1 および M-2 供試体においてこの傾向が顕著であった。これは供試体内部で水和反応熱による発熱が生じて積算絶対温度が増加しても、外環境の温度が低く供試体表層部の温度が低下したためと考えられる。

R-2 は 20°C で積算絶対温度 383 K h 以降に強度が増加しているが、0°C、-5°C、-10°C の場合は一様に 1600 K h 以降に強度が増加している。一方、M-1 は各養生温度で積算絶対温度 300 K h 以降に強度が増加しており、材料や環境温度によって圧縮強度が発現する積算絶対温度が変化している。また、R-1 と M-2 においては、氷点下環境において積算絶対温度が上昇しても、打設後 24 時間以内の圧縮強度の大きな増進には至らなかった。

3.3 フロー結果

図-3 にフロー値比（各打設温度のフロー値と 20°C のフロー値の比）と打設温度の関係を示す。一般に上に凸でピークが見られる。ピーク発生時の打設温度は、M-1 < R-2 < R-1 = M-2 となる。この順番は氷点下養生における 72 時間までの圧縮強度の発現性が良好である順

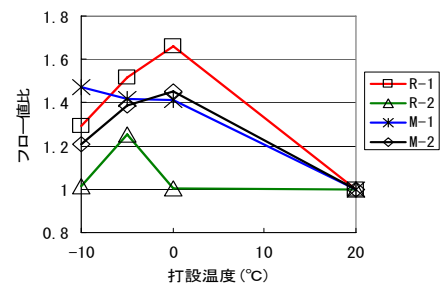


図-3 フロー試験結果

序と一致しており、ごく初期の水和反応の活性等がその後の強度発現に影響していることが示唆される。

4. 結論

- (1) 氷点下の環境でも圧縮強度は発現するが、その程度は補修材の種類により異なる。
- (2) 同一材料、同一積算絶対温度であっても圧縮強度発現性は環境温度によって変化する。
- (3) 練混ぜ直後のフロー値は打設温度に対してピーク値がある。また、ピークが現れる温度は材料によって異なり、その温度が低いほど氷点下での補修材の圧縮強度発現性は良好であった。

参考文献

- 1) 中嶋ら：超速硬セメントコンクリートの低温時の強度発現特性と耐久性に関する研究，土木学会論文集，No.466，V-19，pp21-pp30，1993。
- 2) 郭然植ら：超速硬セメントを利用したコンクリートに関する研究，コンクリート工学年次論文報告集，V-21，No.2，pp217-pp222，1999