

電氣的な特性値を用いたコンクリートの凝結の進行の把握に関する基礎実験

飛島建設 正○阿保 寿郎 正 松田 浩朗 正 松元 和伸
飛島建設 正 平間 昭信 正 寺澤 正人

1. はじめに

コンクリート構造物のコールドジョイントの発生を抑制する重要な管理項目の一つに、コンクリート打設時の打重ね時間間隔が挙げられる。許容打重ね時間間隔の設定には、環境の違いによらず、一律の時間を用いる場合が多く、コンクリートの凝結の進行の度合いに応じて許容打重ね時間間隔を設定する方法が無いのが現状である。筆者らは、コンクリートの凝結の進行を直接捉えるために、電氣的な特性値の一つである電気伝導率に着目し、打設後数時間のコンクリートの電気伝導率とプロクター貫入試験による貫入抵抗値との相関を基礎実験により確認した。本稿では、基礎実験の概要と結果について述べ、電気伝導率と貫入抵抗値の相関を用いた凝結の進行を把握する方法について考察する。

2. 実験概要

(1) 配合および養生温度

実験に使用したコンクリート供試体の配合を表-1に示す。

表-1 実験に使用したコンクリートの配合

配合 記号	結合材	単位セメ ント量	単位 水量	空気量	水セメ ント比	細骨材	粗骨材
		kg/m ³	kg/m ³	%	W/C %	kg/m ³	kg/m ³
N	普通ポルトラ ンドセメント	300	165	4.5	55	816	1011

また、プロクター貫入試験による貫入抵抗値の計測を実施

するために、同配合のコンクリートをウェットスクリーニングしたモルタル分のみで別途供試体を作成した。

養生温度は 20℃と 30℃の 2 ケースとし、両供試体を各温度に調整した恒温室で気中養生した。なお、練り上がり温度は、それぞれ 22℃と 27℃であった。

(2) 電気伝導率とコンクリート温度の計測およびプロクター貫入試験

電気伝導率の計測とプロクター貫入試験は、並行して実施した。

電気伝導率の計測は、測定方式として交流二電極法を用い、チタンと白金を端

子とした検知棒を付帯した計測器（HORIBA ES-51）を使用した。検知棒は端子をコンクリートに直接接触させるために外筒を外し、検知棒の長さ分（約 56mm）をコンクリート供試体の上面より内部に押し込み、電気伝導率を計測した。また、コンクリート温度の計測については、検知棒の先端に内蔵してある温度素子を用い、コンクリートの温度を 5 分間隔で計測した。電気伝導率とコンクリート温度の計測状況を写真-1に示す。

プロクター貫入試験は、JIS A1147 に準拠し、養生温度 20℃では経過時間 210 分から、養生温度 30℃では経過時間 120 分から 10 分間隔で実施した。

3. 実験結果

供試体を 20℃と 30℃で養生した場合の電気伝導率とプロクター貫入試験の経時変化をそれぞれ図-1 と図-2 に示す。横軸は練り始めてからの経過時間（分）、縦軸は電気伝導率（S/m）を示す。また、それぞれの供試体の打設直後からのコンクリート温度の経時変化を図-3 に示す。

電気伝導率は、図-1、図-2 に示すように養生温度が 20℃と 30℃の両者とも、計測開始から一定勾配で増加した後、ピークを迎え減少した。また、養生温度が 30℃の電気伝導率のピークを示す経過時間は、養生温度が 20℃の場合に対し約 60 分短かった。

貫入抵抗値がコールドジョイントの発生下限とされる 0.1N/mm²を示す経過時間²⁾は、養生温度で異なり、養生温度 30℃の場合は、養生温度 20℃の場合に比べて約 50 分短かった。同様に、発生上限とされる 1.0N/mm²を示す経過時間は約 60 分短かった。

コンクリート温度は、図-3 に示すように養生温度 20℃のコンクリート温度はほぼ一定の 22℃を示したのに

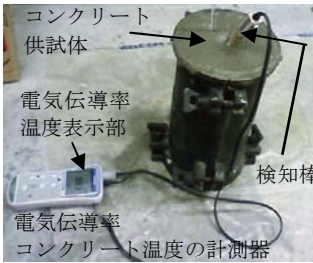


写真-1 電気伝導率計測実施状況

キーワード 凝結，コールドジョイント，打重ね，電気伝導率

連絡先 〒270-0222 千葉県野田市木間ヶ瀬 5472 飛島建設株式会社 TEL 04-7198-7572

対し、養生温度が 30℃のコンクリート温度は、練り上がり温度である 27.5℃付近より一定勾配で上昇し周囲の養生温度に漸近した。凝結の進行に関連すると推定できるコンクリート温度の顕著な変化は見られなかった。

4. 考察

a) 図-1, 図-2 で示される電気伝導率の変化は、既に述べられているポルトランドセメントの水和反応の進行メカニズム^{3),4)}を基に、コンクリートの凝結の進行過程についても、次の現象が生じているものと推測される。

打設直後は、構成する材料からイオンが徐々に解離することで、液相のイオン濃度が増加し、電気伝導率がそれに伴って増加する。その後水和が進み、生成物による組織の骨格が形成され始めると、間隙間を通じる自由水の減少によりイオンの往来が妨げられ、またイオンの総量も析出により減少するため、電気伝導率は減少する。

b) 図-1, 図-2 で示されるように、養生温度が高くなることでコールドジョイントの発生の目安となる貫入抵抗値に至る経過時間が短縮すると、電気伝導率のピークに達する経過時間もほぼ同じ時間短縮する。このことから、コンクリートの凝結の進行と、その電気伝導率や逆数である比抵抗は相関があるものと考えられる。

以上から、施工時においてコンクリートの凝結の進行を考慮した許容打重ね時間間隔を設定する方法の一つとして、使用するコンクリートの電気的な特性値を捉える方法が有効であると考えられる。

5. まとめと今後の課題

本実験では、練り上がり後 5 時間以内のコンクリート供試体を養生温度 20℃で気中養生したところ、電気伝導率は増加しピークを示した後、減少した。また、養生温度を 30℃にすると、コールドジョイントが発生する目安となる貫入抵抗値に達する経過時間と電気伝導率がピークに至る経過時間の短縮量はほぼ一致した。

これらのことより、あらかじめ室内試験で、施工するコンクリートごとの打設後 4~5 時間の電気伝導率の変化を把握した上で、施工中のコンクリートの電気伝導率の経時変化を計測し、そのピークを迎える経過時間を用いることでコンクリートの凝結の進行を把握することができるものと考えられる。

本実験から得た知見より、コンクリートの電気的特性値を捉えることは、現場の外気温の変化に応じた許容打重ね時間間隔の設定に有効であると考えられる。

今後の課題として、凝結の進行に伴うイオン濃度の変化を把握することで 4. a) の考察を検証する必要がある。また、より広範囲な養生温度でのケーススタディを実施することで 4. b) の考察を検証する必要がある。さらに、湿度や配合、混和剤など他の要因に対しても、この計測方法の実用性を検討する予定である。

参考文献

- 1) コンクリート標準示方書 【施工編】，土木学会，pp.118-119,2007.
- 2) コンクリート構造物のコールドジョイント問題と対策，土木学会，p.144,2000.
- 3) 丸山一平，野口貴文，松下哲郎：ポルトランドセメントの水和反応モデルに関する研究，日本建築学会構造系論文集，Vol.593,pp.1-8,2005.
- 4) 高橋茂：セメントの水和反応と硬化組織，コンクリート工学，Vol.47,No.1,pp.32-35,2009.

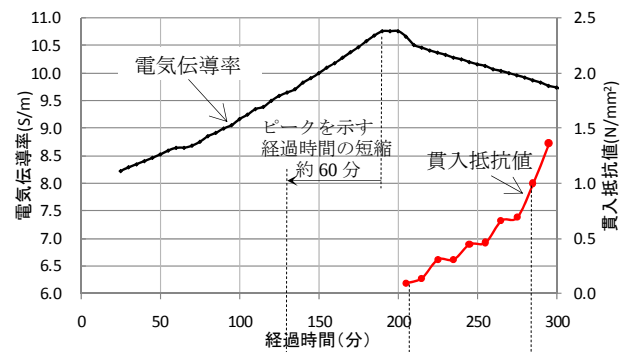


図-1 電気伝導率と貫入抵抗値の変化
(養生温度 20℃)

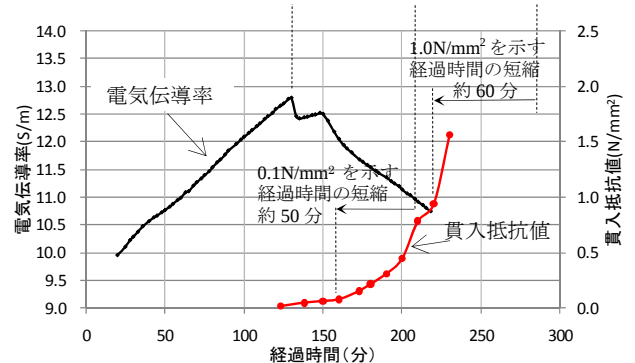


図-2 電気伝導率と貫入抵抗値の変化
(養生温度 30℃)

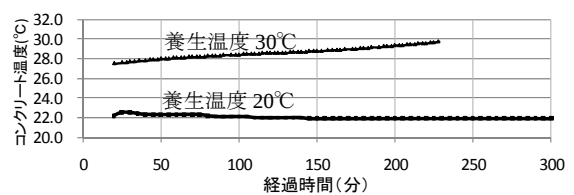


図-3 コンクリート温度の変化