

練混ぜ水に高濃度塩化ナトリウム水溶液を用いたコンクリートの発熱特性の検討

木更津工業高等専門学校専攻科 学生会員 ○小磯 陽介
木更津工業高等専門学校 正会員 原田 健二

1. まえがき

コンクリートに発生したひび割れは、美観や耐久性を低下させる。ひび割れには水分の逸散に伴う乾燥収縮ひび割れやセメントの水和熱に起因する温度ひび割れなどがある。

水溶液は高濃度になると蒸気圧降下に伴い水分が乾燥しにくくなる、粘度の増加に伴い溶質が溶けにくくなるという特徴がある。そのため、コンクリートの練混ぜ水として高濃度水溶液を用いることで、セメントの水和反応による発熱速度を抑制し、硬化後の自由水の乾燥を抑制することで、温度ひび割れや乾燥収縮ひび割れを抑制できる可能性がある。

既往の研究¹⁾により、練混ぜ水として高濃度な塩化ナトリウム水溶液を用いると乾燥収縮を抑制されることが実験的に明らかにされている。しかし、練混ぜ水が高濃度になることで、セメントの水和反応による発熱速度が抑制されるかは明らかにされていない。

以上のことから、初期ひび割れの抑制方法の発展に寄与するために、練混ぜ水に高濃度な水溶液を用いたコンクリートの発熱特性を明らかにすることを目的とする。

2. 練混ぜ水として用いた塩化ナトリウム水溶液が水和に伴う発熱に及ぼす影響に関する検討

2.1 実験方法

本研究では、練混ぜ水に溶解させる溶質として、溶解度が高く、取り扱いが容易である塩化ナトリウムを用いた。練混ぜ水として用いた高濃度な塩化ナトリウム水溶液がコンクリートの発熱特性に及ぼす影響を明らかにするために、種々の濃度の塩化ナトリウム水溶液を練混ぜ水として用いたコンクリートの水和反応に伴う温度上昇を測定する実験を行った。

実験に用いたコンクリートの配合を表-1に示す。セ

メント量を 250, 300, 350, 400kg/m³ の 4 段階とし、練混ぜ水は質量濃度 0, 6.5, 13.0, 20.0, 26.4% (飽和濃度) の塩化ナトリウム水溶液を用いた。

実験に用いたコンクリートの w/c (体積比) を一定とするために、練混ぜ水の単位量については、塩化ナトリウムの存在による密度の変化の影響を考慮する。

水和反応に伴うコンクリートの温度上昇を測定する方法の詳細を以下に示す。

図-1 に示すように 1 辺 10cm の立方体の空隙のある厚さ 10cm の発泡スチロール製の型枠を作製し、その空隙の中心に T 熱電対を固定し、空隙にコンクリートを流し込む。続いて、型枠の上部を塞ぎ簡易断熱されたコンクリートの中心温度を 30 分間隔で測定する。

表-1 各セメント量における示方配合

C	質量濃度	練混ぜ水密度	W	S	G	AE 剤
kg/m ³	%	kg/m ³	kg/m ³			g/m ³
250	0	1000	174	933	1060	7.5
	6.5	1045	182			
	13.0	1093	191			
	20.0	1148	200			
	26.4	1201	209			
300	0	1000	174	867	1083	9.0
	6.5	1045	182			
	13.0	1093	190			
	20.0	1148	200			
	26.4	1201	209			
350	0	1000	174	817	1091	10.5
	6.5	1045	182			
	13.0	1093	190			
	20.0	1148	200			
	26.4	1201	209			
400	0	1000	174	776	1090	12.0
	6.5	1045	182			
	13.0	1093	190			
	20.0	1148	200			
	26.4	1201	209			

W:水道水+塩化ナトリウム(純度 99.9%以上)
C:普通ポルトランドセメント, S:山砂, G:石灰岩

キーワード 高濃度水溶液, 塩化ナトリウム水溶液, 発熱特性, 温度ひび割れ

連絡先 〒292-0041 千葉県木更津市清見台東二丁目 11-1

木更津工業高等専門学校代表 TEL 0438-30-4000

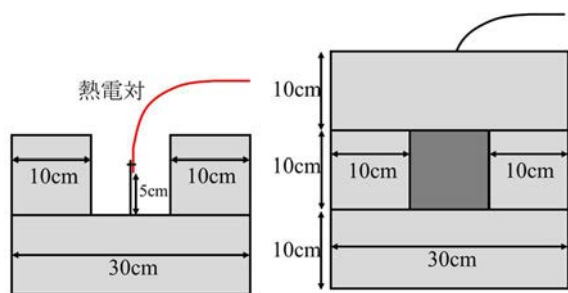


図-1 型枠図

2.2 実験結果および考察

各セメント量で練り混ぜた場合の各質量濃度で練り混ぜたコンクリートの中心温度の経時変化を図-2, 図-3, 図-4, 図-5に示す。

図-2～図-5より、練混ぜ水の濃度が13.0%までは濃度が高くなると、水和熱による温度上昇量と温度上昇速度（傾き）が大きくなり、温度上昇が開始する材齢も短くなった。しかし、それ以降は濃度の増加に伴い水和熱による温度上昇量と温度上昇速度が低下し、温度上昇が開始する材齢も長くなった。26.4%（飽和濃度）では、水和熱による温度上昇量および温度上昇速度が0%（水道水）のものより小さくなり、温度上昇が開始する材齢も長くなった。これらの練混ぜ水の濃度の変化に伴う発熱特性の変化の傾向はセメント量の大小によらず同様であった。塩化ナトリウムは塩化物であることより、セメントの水和反応を促進するため、この結果は練混ぜ水の濃度が高くなることで水和反応による発熱を抑制するメカニズムがあることを示している。

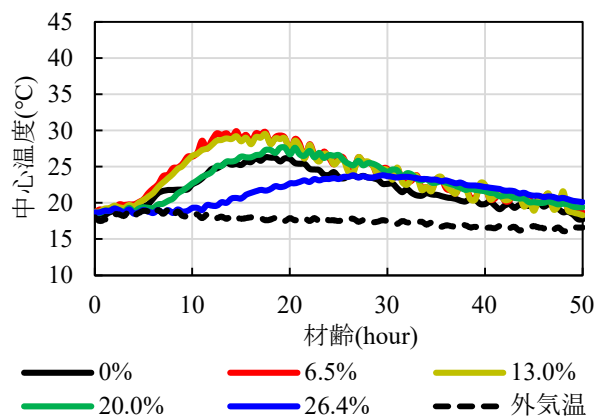
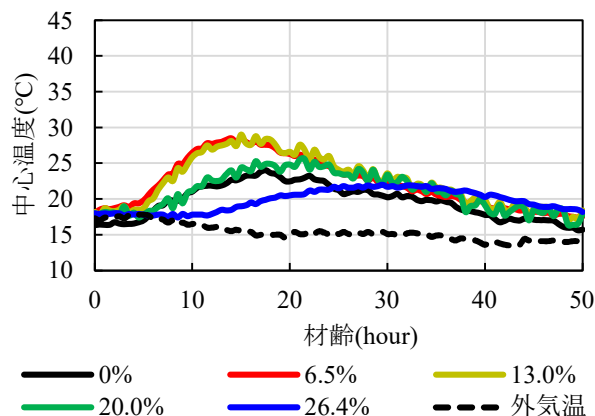
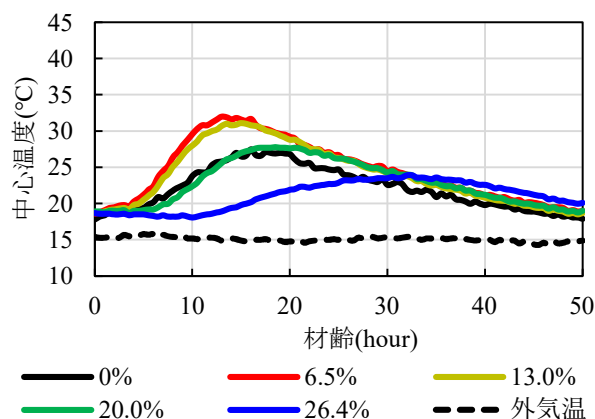
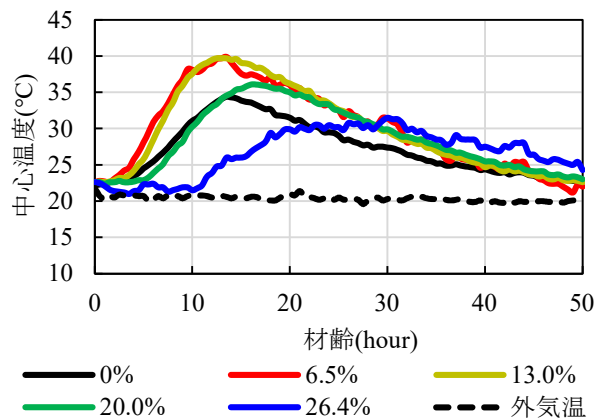
（水道水）のものより小さくなり、温度上昇が開始する材齢も長くなった。これらの練混ぜ水の濃度の変化に伴う発熱特性の変化の傾向はセメント量の大小によらず同様であった。塩化ナトリウムは塩化物であることより、セメントの水和反応を促進するため、この結果は練混ぜ水の濃度が高くなることで水和反応による発熱を抑制するメカニズムがあることを示している。

練混ぜ水の濃度が高くなることで水和反応を抑制する理由の一つとしては、水溶液の濃度が高くなることで生じる粘度の増加に伴う溶質の溶解速度および拡散速度の低下が関係していると考えている。水溶液の溶解速度および拡散速度が低下することで、セメントのユーライトの溶解速度が低下し、ユーライトの第2水和物の生成速度が抑制されることで水和反応による発熱が抑制されたと考えられる。

以上より、練混ぜ水の濃度を高濃度にするすることで水和による発熱を緩やかにし、温度ひび割れを抑制できる可能性が示唆された。

参考文献

- 1) 原田健二：練混ぜ水として高濃度水溶液を用いたコンクリートの乾燥収縮に関する検討，コンクリート構造物の補修，補強，アップグレード論文報告集，Vol.22，pp.87-90，2022

図-2 $C = 250\text{kg/m}^3$ の各質量濃度の中心温度の測定結果図-3 $C = 300\text{kg/m}^3$ の各質量濃度の中心温度の測定結果図-4 $C = 350\text{kg/m}^3$ の各質量濃度の中心温度の測定結果図-5 $C = 400\text{kg/m}^3$ の各質量濃度の中心温度の測定結果