

モルタルの透水性に及ぼす加熱温度および再養生方法の影響

The effect of heating temperature and re-curing method on the water absorption of mortar

北海道大学大学院工学院

学生員 中村 純 (Jun Nakamura)

北海道大学大学院工学研究院

正会員 ヘンリー・マイケル (Henry Michael)

1. 研究背景

トンネルなどのコンクリート構造物で車両事故などによる火災が生じた場合コンクリートは火害を受け大きく損傷する。これはコンクリート内部の自由水や結合水が脱水し、コンクリート表面にひび割れや剥離が生じるためである。この損傷によりコンクリートの強度、耐久性、耐火性が低下し、損傷が大きいものでは取り壊して再び打設する必要がある。しかしこれはコストや環境負荷が非常に大きい。そこで新たな補修方法として水中再養生による補修を考えた。本研究ではこの水中再養生を応用し、湿らせたスポンジの上に供試体の加熱面を接着させるという方法で行った。これは実際に火害を受けたトンネルなどの実構造物を水に沈めることが不可能なので、実構造物への適用を考えたためである。今後これをスポンジ養生とする。本研究では火害を受けたコンクリートの耐久性の低下を吸水性に基づき調査した。コンクリートの耐久性は内部の空隙構造に大きく起因するため、内部の空隙構造を明らかにする上で吸水性を用いることは有効とされている。火害後の吸水性だけではなくスポンジ養生後の吸水性を明らかにすることで加熱条件とスポンジ養生における耐久性の回復を明確にすることを目的とした。これまでコンクリートの火害において吸水における耐久性の研究は少なく、加熱温度や再養生方法の違いに基づいた吸水性の変化を明確にすることはコンクリートの耐久性の向上において重要なことである。

また、超音波速度試験ではコンクリート内部に劣化が見られると速度が低下するという相関関係がある。実構造物においてコンクリートを破壊することなく劣化診断を行うことはコスト面や環境面から考えても重要なことである。そのため、これを用いた非破壊試験によってコンクリート内部の自己治癒と吸水性の違いとの整合性を明らかにすることも目的とした。

2. 実験概要

実験全体の流れは図-1 に示す。供試体は材齢 820 日、水中にて 670 日間養生を行ったモルタルを使用した。養生 28 日後の圧縮強度は 53.7N/mm^2 、養生 670 日後の圧縮強度は 68.1N/mm^2 であった。配合は表-1 に示す。寸法は 100,100,80~100mm のモルタルを用いて行った。加熱実験は一方向のみの加熱とし、最高温度は $450/600/750^\circ\text{C}$ 、昇温温度 10°C/min 、最高温度保持時間を 15 分となるようにプログラムを設定し行った。加熱実験後、供試体の温度が外気温付近まで自然冷却したのち再養生を行った。再養生の期間は 8 日間とし、火害後 1/3/8 日とスポンジ養生後 1/3/8 日に質量による吸水率の

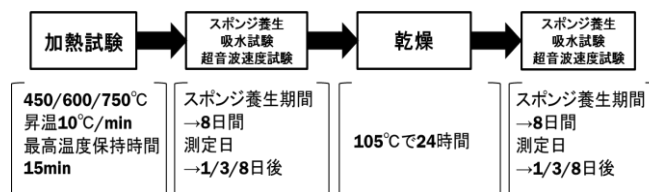


図-1 実験全体の流れ

表-1 コンクリート配合

W/C	S/C	(kg/m ³)			SP (C × %)
		W	C	S	
0.5	2.3	268.5	537	1235.1	0.9

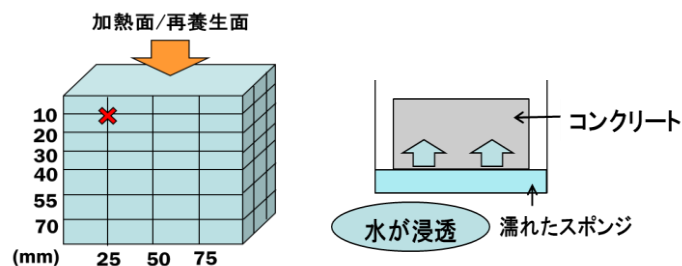


図-2 超音波速度試験測定箇所 図-3 スポンジ養生の様子

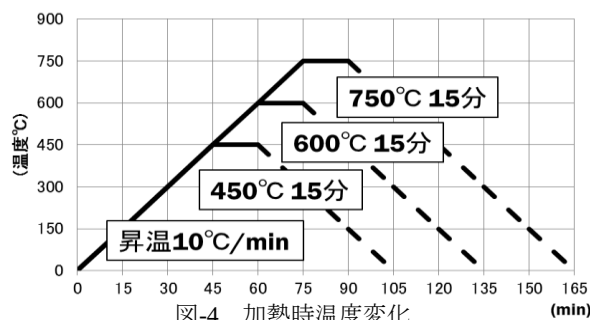


図-4 加熱時温度変化

変化を調査した。試験結果は各温度で2個ずつの供試体(A,B とする)を用いて行った。超音波速度試験では加熱面からの深さ方向 10/20/30/40/55/70mm で縦横それぞれ3点ずつの計6点の平均値を用い、加熱前、加熱後、スポンジ養生後にそれぞれ乾燥状態で行った。超音波速度試験における測定箇所とスポンジ養生の様子、加熱における温度変化はそれぞれ図-2、図-3、図-4に示す。

3. 実験結果

3.1 吸水試験結果

質量変化に基づく吸水率の変化の結果を図-5 に示す。吸水率の計算は、吸水率 $(Q) = (m_s - m_d) / m_d \times 100(\%)$ (m_s : 吸水後の質量、 m_d : 乾燥状態の質量)として求めた。どの供試体でも加熱温度によらず、加熱後の吸水率は約

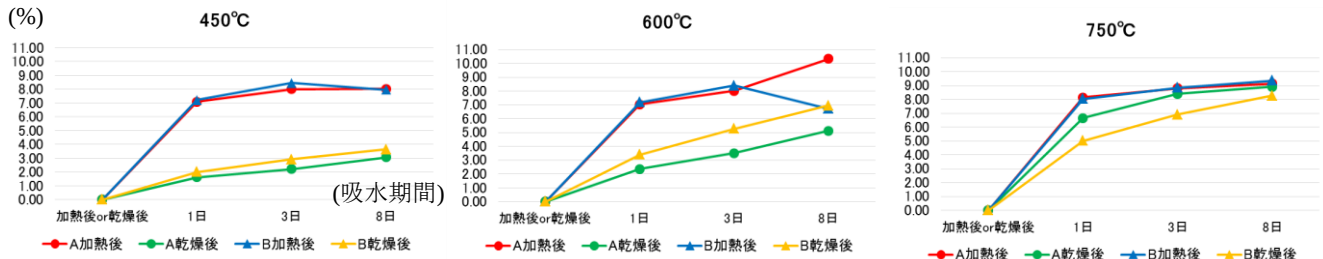


図-5 加熱温度毎の吸水率

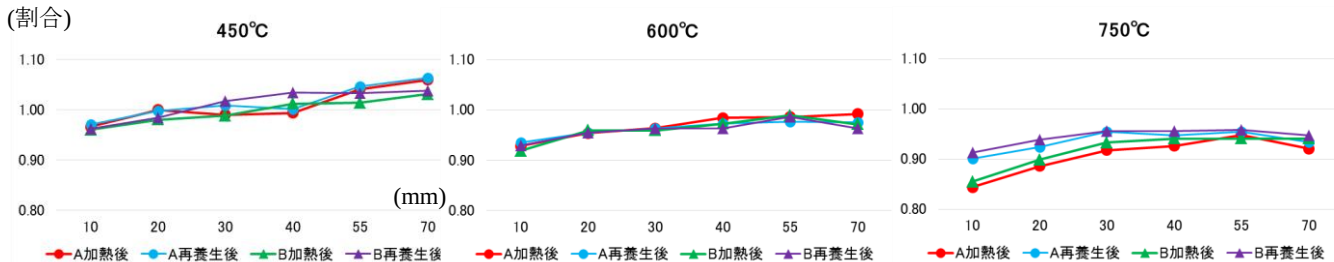


図-6 加熱前に対する超音波速度割合

8%まで上昇した。しかし 8 日間のスポンジ養生を終えた後は加熱温度によって異なる吸水の傾向を示し、450/600℃の供試体では加熱後よりも吸水を抑えることができたが、750℃の供試体ではスポンジ養生後の吸水率は加熱後とあまり変わらない値を示した。供試体の質量としても 8 日間のスポンジ養生後 450/600℃の供試体は加熱前とほとんど同じになったが、750℃の供試体では少し小さい値を示した。

3.2 超音波速度試験結果

加熱面からの深さ方向での火害による性能の低下とスポンジ養生による回復を調べた。結果は図-6 に示す。加熱前の超音波速度に対しての加熱後とスポンジ養生後の超音波速度の割合を各加熱温度で比較して行った。

①450℃

超音波速度の割合は加熱後とスポンジ養生後であまり変化は見られなかった。また加熱面に近いほど超音波速度の割合は低い値を示したものの、それほど大きな傾向は見られなかった。加熱前の超音波速度試験の結果がばらついてしまったことから割合が 1.0 を超えてしまった。

②600℃

加熱後に割合が 0.9 を下回ることにはなかった。加熱面から 10mm の部分では超音波速度の回復が見られたが、さらに深い部分では大きな変化は見られなかった。

③750℃

加熱面から 20mm の位置まで割合が 0.9 を下回った。これは加熱面から 20mm までコンクリート内部のひび割れなどが原因で劣化していると考えられる。しかしスポンジ養生後、超音波速度の割合は 0.9 を上回っており、コンクリート内部のひび割れが再水和反応によって小さくなったと考えられる。

4. まとめ

(1)加熱温度により 8 日間のスポンジ養生での性能の回復の程度は異なり、加熱温度が高いほどスポンジ養生後

も吸水率が速く上昇してしまうことが明らかになった。

(2)超音波速度試験では加熱温度が高いほど加熱面から深い位置まで大きく超音波速度の低下が見られた。スポンジ養生後は低下した超音波速度の上昇が見られたため、内部のひび割れの収縮が考えられる。

(3)加熱後とスポンジ養生後とで比較して、450℃で加熱した供試体は吸水率が低下したが超音波速度の回復はあまりみられず、750℃の供試体では吸水率は変化しなかったが超音波速度の回復が見られた。このように吸水率の変化と超音波速度に相関関係を示すことができなかった。

5. 考察

本研究の結果からスポンジ養生による補修で吸水性は変化するが、加熱温度の違いによって再養生後の吸水性にも違いが生じることが明らかになった。450/600℃の供試体では吸水率の上昇を火害後よりも抑えることができたが 750℃の供試体では同じ条件で抑えることができなかった。実際にトンネル火災などでコンクリート構造物が火害を受けた場合、事例によって条件が多様に異なるものとなる。そのため本研究の結果から、加熱温度や再養生日数などの条件を増やし、その条件に応じたスポンジ養生による最適な補修方法を調べていく必要がある。このように火害を受けたコンクリートやモルタルの再養生による補修と吸水性の関係性を明確にしていくことは実構造物の補修、補強にとって重要なことであると考えられる。また 750℃で加熱した供試体で超音波速度の回復が見られたが吸水率を抑えることができなかったように、超音波速度試験によるコンクリート内部の劣化診断と吸水性の整合性はあまり見られなかった。しかし結果からはコンクリート内部のひび割れが小さくなったことが考えられるため、吸水性の変化との相関関係を引き続き検討する必要がある。