

VII-63

火山礫を用いたポーラスコンクリートの水分蒸発に伴う初期放水速度と温度低減効果

秋田大学 学 ○越智 雄治 正 城門 義嗣
正 加賀谷 誠

1. まえがき

近年、大都市だけでなく中小規模の地方都市においてもヒートアイランド現象が深刻化している。この現象を緩和するために、水の蒸発による気化潜熱を利用した気温低下を図る方法が考えられる。本研究においては、吸水率の大きい秋田県産火山礫を用いたポーラスコンクリート平板を製造して、実験棟屋上において暴露試験を実施し、平板断面中心温度、平板表面の気温および熱収支の測定を行って、普通コンクリートと比較した温度低減効果について考察を加えると共に、初期放水速度¹⁾が温度低減効果の優劣を判断する指標として有効であるか検討を行った。

2. 実験概要

配合を表-1 に示す。使用材料として普通ポルトランドセメント(密度 3.16g/cm³)、火山礫(最大寸法 15mm)、混和剤として高性能 AE 減水剤および補助 AE 剤を使用した。目標空隙率を 20、30 および 40%、W/C を 25% とし、ペースト粗骨材容積比(p/g)を変えてポーラスコンクリートを製造した。火山礫の物理的性質を表-2 に示す。円柱供試体を 48 時間絶乾後、48 時間吸水させた後、表乾状態として恒温恒湿器(室温 20℃、湿度 60%R.H.)内の電子天秤上に静置し、文献 1) に準じて放水率を求めた。暴露試験を行うため平板(300×300×60mm)を製造し、実験棟屋上において 2003 年 9 月 9 日から 10 月 19 日の期間以下の測定を行った。熱電対を平板中央部で平板表面より 3cm の深さに設置し、平板断面中心温度を測定期間を通じて自動測定した。平板表面の気温は、熱電対を平板中央部で平板表面約 5mm 上に固定し、平板断面中心温度と同様に自動測定した。気温および湿度を屋上面から+0.6m の直射日光の当たらない場所に設置したサーモレコーダーにて、5 分毎に自動測定した。全天日射計により、5 分毎に日射強度の瞬間値を自動測定した。9 時から 17 時の間の 2 時間おきに平板質量を測定し、平板からの水分蒸発量を求めた。平板表面の反射率を色彩色差計を用いて 9 時から 17 時の間の 2 時間おきに測定した。

平板に対する熱の出入り(熱収支)には、平板へ流入する熱として、太陽からの日射と大気から平板に放射される大気放射、また、平板から大気へ放出される熱として、平板からの赤外線放射としての長波放射、日射の平板表面からの反射としての短波放射と平板が周辺の大気を直接熱する顕熱がある。保水されている水が蒸発するとき気化潜熱が発生し、顕熱が解消される。平板に対する熱収支の算出を文献 2) に準じて行った。

平板に対する熱の出入り(熱収支)には、平板へ流入する熱として、太陽からの日射と大気から平板に放射される大気放射、また、平板から大気へ放出される熱として、平板からの赤外線放射としての長波放射、日射の平板表面からの反射としての短波放射と平板が周辺の大気を直接熱する顕熱がある。保水されている水が蒸発するとき気化潜熱が発生し、顕熱が解消される。平板に対する熱収支の算出を文献 2) に準じて行った。

3. 実験結果および考察

温湿度一定(20℃、60%R.H.)の恒温恒湿器内において、円柱供試体(φ10×20)の放水率の経時変化を測定した結果、配合種別毎に双曲線関数により近似することができ、高度の相関関係が得られた。また、火山礫を用いたポーラスコンクリートの放水特性を評価するため、経過時間-放水率近似曲線の原点における傾きを求め、これを初期放水速度(%/hr)と定義した¹⁾。したがって、一定温湿度の条件下では、初期における放水が緩速であれば放水が長時間継続するものと考えられた。図-1 に、初期放水速度と 30 から 48 時間の間の放水量の関係を示す。図より、初期放水速度が増加すると、30 から 48 時間の間の放水量は減少し、初期放水速度が小さいほど、放水量が大きく、これが持続することが確認された。図-2 に、一例として、実験棟屋上において暴露した空隙率 20%、p/g=0.10 および空隙率 30%、p/g=0.07 の平板における平板断面中心温度の日変化について、11 時から 13 時の間に測定した結果を示す。なお、比較として、同時に測定した普通コンクリート平板の測定結果も示す。図中の屋上気温は、ポーラスコンクリート平板を設

表-1 火山礫を用いたポーラスコンクリートの配合

目標空隙率 (%)	p/g	W/C (%)	単位量 (kg/m ³)	W	C	G ₀₋₁₅	G ₁₅₋₁₅	SP	AE
20	0.07	25	22	92	353	529	0.90	0.02	
	0.10	25	31	128	343	515	1.28	0.03	
	0.13	25	39	162	334	501	1.62	0.03	
	0.05	25	14	59	315	472	0.60	0.01	
30	0.07	25	19	81	309	463	0.81	0.02	
	0.10	25	27	112	300	451	1.10	0.02	
	0.08	25	19	78	262	394	0.79	0.02	
	0.10	25	23	96	258	386	0.96	0.02	
40	0.10	25	23	96	258	386	0.96	0.02	
	0.30	25	59	244	218	327	2.40	0.05	

表-2 火山礫の物理的性質

表乾密度 (g/cm ³)	吸水率 (%)	単位容積質量 (kg/m ³)	実積率 (%)
1.18	68.97	422	60.40

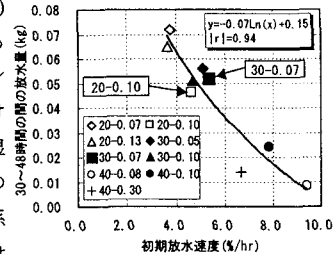


図-1 初期放水速度と30～48時間の間の放水量の関係

図-2 に、一例として、実験棟屋上において暴露した空隙率 20%、p/g=0.10 および空隙率 30%、p/g=0.07 の平板における平板断面中心温度の日変化について、11 時から 13 時の間に測定した結果を示す。なお、比較として、同時に測定した普通コンクリート平板の測定結果も示す。図中の屋上気温は、ポーラスコンクリート平板を設

置しない位置での気温を示す。図より、平版断面中心温度は、普通コンクリートを用いた場合、平版を設置しない位置の気温と同程度であること、火山礫を用いたポーラスコンクリートの場合、平版を設置しない位置の気温に比べて平版断面中心温度が1℃から9℃低く、初期放水速度が大きい空隙率30%、 $p/g=0.07$ の配合の方が、平版断面中心温度が低くなること、7日間平版断面中心温度が平版を設置しない位置の気温より低い状態が持続しており、普通コンクリートと比較して温度低減効果の持続性が示された。次に、気温低減効果を検証するため、熱収支と平版表面の気温について検討を行った。図-3に、暴露試験7日目におけるコンクリート種別による熱収支の比較を示す。なお、用いたデータは9時から17時の間の1時間当たりの平均熱量である。図より、平版に加わる熱量(流入熱量=日射量+大気放射量)は、 3.38MJ/m^2 であった。これに対して、平版から放出される熱量(放射熱量=長波放射量+短波放射量+顕熱)は、普通コンクリートの場合、流入熱量と同程度であったのに対して、火山礫を用いたポーラスコンクリートの場合、 3.13 および 3.11MJ/m^2 であり、 0.25 および 0.27MJ/m^2 の流入熱量が潜熱として解消されていることがわかる。また、初期放水速度が大きい空隙率30%、 $p/g=0.07$ の配合の方が、放射熱量がわずかに小さくなることから明らかとなった。図-4に、平版表面の気温と平版断面中心温度の関係を示す。図より、平版表面の気温と平版断面中心温度の間には、配合に拘わらず高度の相関関係が認められ、平版表面の気温の低いほど、平版断面中心温度が低く、断面中心温度が低くなる初期放水速度の大きい配合により、気温の上昇を抑制できることが明らかとなった。

以上の結果より、暴露試験結果では室内試験結果と異なり、文献1)で定義した初期放水速度の大きい配合ほど、平版断面中心温度が気温より持続的に低く、その効果は、普通コンクリートと比較して極めて優れていること、したがって、これを構造部材の外表面に設置した場合、水分蒸発に伴う気化潜熱に起因して、構造部材の日射による吸熱と放射熱を低減できるため、気温の上昇を抑制できる可能性を有することが示された。また、そのような特性の優劣を判断する指標として、初期放水速度が有効であることが明らかとなった。

4. まとめ

- (1) 温湿度一定の恒温恒湿器において、円柱供試体の放水率の経時変化を測定した結果、初期放水速度の大きい配合は水分が蒸発しやすく、初期放水速度が小さいほど放水量が大きく、これが持続することが明らかとなった。
- (2) 暴露試験において測定した平版断面中心温度は、普通コンクリートを用いた場合、平版を設置しない位置において測定した気温と同程度であること、火山礫を用いたポーラスコンクリートの場合、平版を設置しない位置の気温に比べて、平版断面中心温度が1℃から9℃低くなることが検証された。
- (3) 気温低減効果を熱収支により検討した結果、火山礫を用いたポーラスコンクリートの場合、暴露試験7日目において普通コンクリートと比較して、 0.25MJ/m^2 および 0.27MJ/m^2 の流入熱量が潜熱として解消された。
- (4) 火山礫を用いたポーラスコンクリート平版表面の気温と平版断面中心温度の間には、配合に拘わらず、高度の相関関係が認められ、平版表面の気温の低いほど、平版断面中心温度が低く、断面中心温度が低くなる初期放水速度の大きい配合により、気温の上昇を抑制できることが明らかとなった。

参考文献：

- 1) 城門義嗣、加賀谷誠：火山礫を用いたポーラスコンクリートの基礎物性および環境負荷低減特性の検討、セメント・コンクリート論文集、No.57(2003)
- 2) 徳本行信他：舗装体の温度上昇を抑制する保水性舗装材の開発について、土木学会舗装工学論文集、第3巻、pp.191～200(1998)

謝辞：

本研究は、平成15年度科学研究費補助金(基盤研究(C)(2)、課題番号14550461)により行われた。記して謝意を表する。

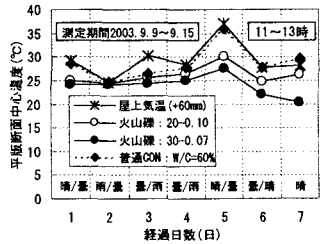


図-2 経過日数と平版断面中心温度の変化

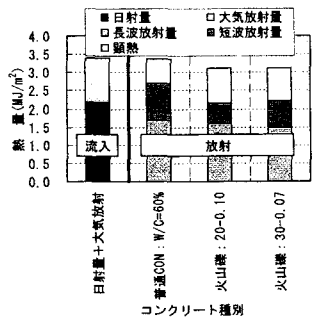


図-3 コンクリート種別による熱収支の比較

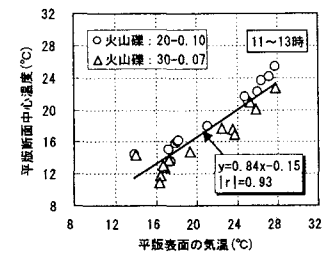


図-4 平版表面の気温と平版断面中心温度の関係