

火山礫ポーラスコンクリート版の散水による気温低減効果

秋田大学 正 会 員

○城門 義嗣

秋田大学

常 大偉, 工藤 丈弥

秋田大学 フェロー

加賀谷 誠

1. はじめに

コンクリート構造物は夏期の日射により熱源体となりやすく、この軽減がヒートアイランド現象緩和対策の一つであるとされている¹⁾。日本では気温を下げる目的で「打ち水」が行われているが、水分蒸発の持続性は短い。そこで本研究は、軽量で吸水率の大きい秋田産火山礫を用いたポーラスコンクリート(火山礫 POC)の散水による吸放水量の変化および実測温度測定と熱収支計算結果から昼夜を通じて気温低減効果が持続することを明らかにした。

2. 実験概要

普通セメント(密度:3.16g/cm³)、秋田産火山礫(最大寸法:15mm)、混合砂(表乾密度:2.57g/cm³、吸水率:3.16%、粗粒率:2.73)、砕石(表乾密度:2.68g/cm³、吸水率1.34%)、混和剤として高性能 AE 減水剤(SP)、補助 AE 剤(AE₁)、AE 剤(AE₂)を使用した。表-1 に火山礫の物理的性質を示す。表乾密度および吸水率は 24 時間吸水後の結果であり、単位容積質量および実積率は絶乾状態の結果である。W/C=25.0%、空隙率=30%、ペースト粗骨材容積比(p/g)=0.07 の火山礫 POC と、W/C=60.0%、スランプ 8.0cm、空気量 6.0%の普通コンクリート(普通 CON)を製造した。表-2 に本研究で使用したコンクリートの示方配合を示す。

試験材齢 28 日まで水中養生を行い、供試体の質量を測定し単位容積質量を算出した後、JISA1108 および JISA1106 に準じて圧縮および曲げ強度試験を行った。表-3 に、コンクリートの吸水率、単位容積質量、圧縮および曲げ強度を示す。夏期暴露試験において、乾燥状態に近い平版に対して 9 時と 17 時に 400g および 800g の散水を実施した。水平に設置した平版の中央部で平版表面より 30mm の深さに埋設した熱電対を用いて 5 分毎に断面中心温度の測定を行った。また、9~17 時の 2 時間毎に平版質量を測定し、前の質量との差から平版の放水量を求め、さらに日射量、大気気温と相対湿度、平版表面における短波反射率から平版の熱収支を算出した²⁾。

3. 実験結果および考察

図-1 に一例として、2006 年 8 月 8~10 日における火山礫 POC 版の被覆の有無による普通コンクリート版の断面中心温度と外気温の 2 時間毎の平均値の経時変化を示す。実験開始時の平版は 14 日間以上水中養生した後、表乾状態として使用した。また、測定期間を通じて降雨は観測されなかった。図より、被覆した場合、13 時において被覆しない場合より最大 11℃低くなるのに対して、夜間においては 0.1~1.5℃高くなるのがわかる。これは、火山礫 POC 被覆版が日中においては日射により水の蒸発に伴う気化潜熱を発生し、断面中心温度上昇を低減したこと、夜間においては、被覆版の熱伝導率が小さいことから普通 CON 版の熱が放出しにくいことによると考えられる。そこで、断面中心温度の低減維持を図ることを目的として、散水による効果を検証した。

図-2 に、9 時と 17 時に 400g 散水を行った時の 9~17 時の放水量の日変化を示す。実験状態は前図と同じ

表-1 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/l)	実積率 (%)
1.18	68.97	0.42	60.4

表-2 コンクリートの示方配合

火山礫 POC の示方配合		単位量 (kg/m ³)						
目標空隙率 (%)	p/g	W/C (%)	W	C	G _{5~10}	G _{10~15}	SP	AE ₁
30	0.07	25.0	19	81	309	463	0.81	0.02

普通 CON の示方配合

W/C (%)	s/a (%)	スランプ (cm)	空気量 (%)	単位量 (kg/m ³)				
				W	C	S	G	AE ₂
60.0	44.6	8.0±1	6.0±1.0	175	292	771	1000	0.18

表-3 コンクリートの物性値

	火山礫 POC	普通 CON
24 時間吸水率 (%)	45.4	6.2
単位容積質量 (kg/l)	1.01	2.31
圧縮強度 (N/mm ²)	0.7	29.6
曲げ強度 (N/mm ²)	0.3	4.2

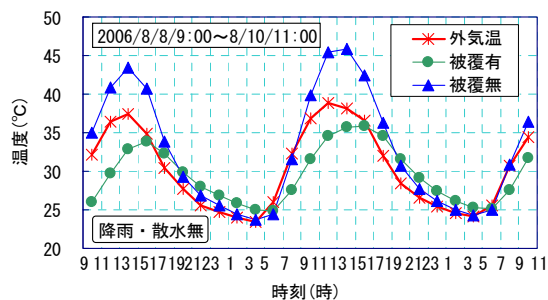


図-1 普通コンクリート版の断面中心温度の経時変化

であった。図より、火山礫 POC 被覆版の放水量は屋上設置後 3 日目において、散水しない場合は 155g まで低下したものの、散水を行った場合は 4 日目まで 2 日目における放水量を維持する傾向を示した。これに対して普通 CON 版では散水の有無に拘わらず、放水量が 100g 以下と極めて小さかった。したがって、火山礫 POC へ散水することで放水量を維持回復することが示された。

図-3 および 4 に、火山礫 POC 被覆版、図-5 および 6 に被覆した普通 CON 版の散水量と吸水量および放水量の関係を示す。図より、火山礫 POC は普通 CON と比較して散水による吸水量および放水量が極めて大きく、昼夜を通じて吸水した水を 46~87%放水しており、800g 散水した場合、その量が 2~3 倍大きくなる傾向を示している。したがって火山礫 POC は散水した水のほとんどを吸水し放水することから、水の気化潜熱に伴い昼夜を通じて気温低減に効果的であること、多く散水した方がその効果は大きいと考えられる。

図-7 に、被覆の有無による 800g 散水後の普通 CON 版の放水量と断面中心温度と外気温の差の関係を示す。図より、散水によって外気温との差は 1~4℃低下し、被覆を行った方が昼夜ともに断面中心温度が外気温よりも低下して気温上昇には寄与しないことが実測温度の結果から明らかとなった。

図-8 に、火山礫 POC 被覆版への散水量と平版の流入熱量に対する放射熱量の割合を比較した結果を示す。その結果、普通 CON 版の流入熱量に対する放射熱量の割合は、散水量によらず 95%以上であったが、火山礫 POC 版は 76%以下であり、800g 散水した場合の放射熱量は 400g 散水した場合より約 15%小さく、散水量が多いほど気温低減に効果を発揮することが熱収支計算の結果からも明らかとなった。

以上の結果より、乾燥状態に近い火山礫 POC への散水は、放水量の回復に伴う気化潜熱による気温低減効果の維持に適していると考えられる。

4. まとめ

- 1) 乾燥状態の火山礫 POC への散水により放水量が容易に回復する。
- 2) 火山礫 POC は散水した水のほとんどを吸水し、放水することから水の気化潜熱に伴い昼夜を通じて気温低減に効果的であること、多く散水した方がその効果は大きい。
- 3) 被覆を行った普通 CON 版へ散水することにより昼夜を通じて断面中心温度は、外気温よりも 1~4℃低下し、多く散水した方が持続的な気温低減に効果的であることが熱収支計算の結果から示された。

参考文献

- 1) 東京都環境局：ヒートアイランド対策ガイドライン(2005)
- 2) 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ヒートアイランド現象抑制効果に関する検討，土木学会論文集，No.781，V-66，pp.133-143(2005)

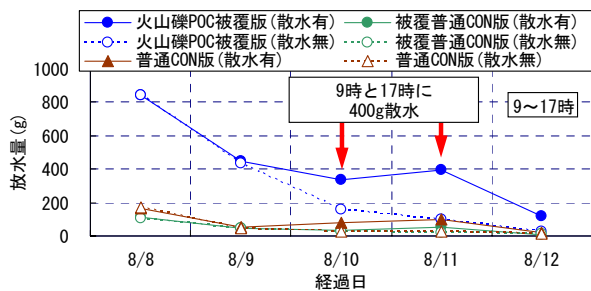


図-2 放水量の日変化

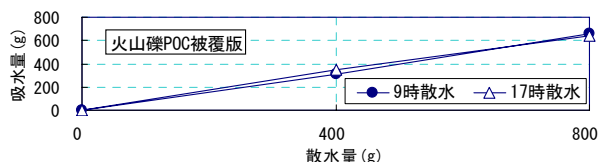


図-3 散水量と吸水量の関係(火山礫 POC 被覆版)

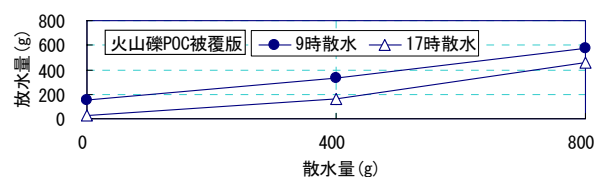


図-4 散水量と放水量の関係(火山礫 POC 被覆版)

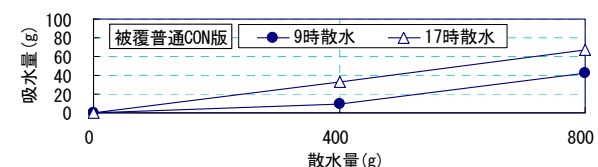


図-5 散水量と吸水量の関係(被覆普通 CON 版)

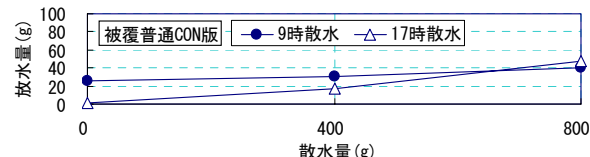


図-6 散水量と放水量の関係(被覆普通 CON 版)

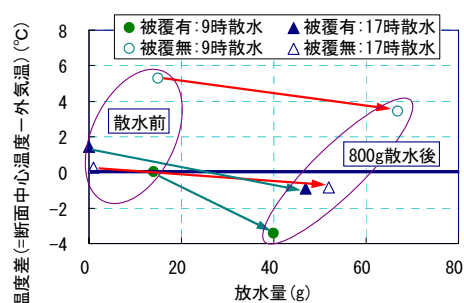


図-7 被覆の有無による普通 CON 版の放水量と温度差(=断面中心温度-外気温)の関係

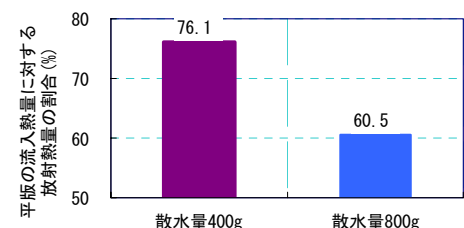


図-8 散水量と平版の流入熱量に対する放射熱量の割合の比較