

ソイルセメントコンクリートの発熱温度と強度・密度の関係

日大生産工（院）○室井英孝
日大生産工 川村政史

1. はじめに

本研究は土とセメントと水を用いて攪拌混合して製造するソイルセメントコンクリートの発熱温度、初期の強度・密度に関して実験研究したものである。ソイルセメントコンクリートの発熱温度に関しての研究は単発的なものは見かけられるが、系統だって研究されたものは見当たらない。筆者らはソイルセメントコンクリートの初期性状に及ぼす発熱温度について研究しているが、今回は初期強度、密度の影響について述べる。

2. 使用材料

実験は粘性土（粘土+砂）と単味の砂、及び産地の異なる3種類の土について行った。粘土と砂を用いたものはいずれも市販の笠岡粘土（密度：2.45）と珪砂（密度：2.6、粒径：0.07～1.7）を使用した。粘性土は笠岡粘土と珪砂を絶乾質量比0.8：0.2の割合で用い、砂は単味の珪砂を使用した。

自然状態の土については、埼玉の土（シルト質粘土）（土粒子密度：2.62, 含水比：75.8%）、福島（火山灰質粘性土）（土粒子密度：2.68, 含水比：68.7%）、東京の土（関東ローム）（土粒子密度：2.84, 含水比：130.2%）の産地の異なる計3種類の土を用いて行った。セメントは研究用普通ポルトランド、水は上水道水を用いた。各材料の単位体積重量表を表-1に示した。

3. 実験方法

3.1 打ち込み、脱型および養生

打ち込みに際しては筆者らが提案している土の表面乾燥内部飽水状態（表乾状態）¹⁾を基準として有効水の内容を用いた。すなわ

ち、今回用いた粘性土の表乾状態の含水比は粘土+砂の混合割合が0.8：0.2は6.1%、砂は1.0%、埼玉の土は36.0%、福島の土は23.0%、東京の土は38.5%となるように調整した。供試体の作製は、1分間の手練りにより作製したセメントペーストに所定量の土を混入し1分攪拌の後容器の底をさらい、更に1分間攪拌した。即ち、合計練り混ぜ時間は3分間とした。ウォーカビリチーはフローを150±10となるように加水調整した。このようにして各単位セメント量につき供試体を各3個ずつ作製した。強度、密度試験用の供試体は打ち込み後1日で脱型し水温20℃の水中養生とした。

表-1 使用材料の単位体積重量表

Soil	Mark	Specimen No	Weight per unit volume (kg/m ³)			W/C (%)
			Cement	Soil	Water	
Cohesive soil	□	1	125	1622	337	270
		2	278	1805	218	78
		3	368	1596	270	73
		4	467	1518	269	58
		5	51	1432	274	50
		6	69	1384	266	42
Sand	×	1	85	1100	550	650
		2	165	1072	536	325
		3	251	1088	502	200
		4	313	1019	509	163
		5	368	958	516	140
		6	432	936	504	117
Saitama (Silty clay)	○	1	81	1096	503	621
		2	159	1057	491	309
		3	253	1049	487	192
		4	297	993	485	163
		5	346	939	472	136
		6	411	925	469	114
Fukushima (Volcanic cohesive soil)	△	1	131	1760	351	268
		2	289	1687	236	82
		3	388	1610	272	70
		4	472	1532	260	55
		5	561	1496	275	49
		6	653	1407	300	46
Tokyo (Kanto loam)	◇	1	125	1553	483	386
		2	261	1438	386	148
		3	303	1399	306	101
		4	382	1306	340	89
		5	487	1253	356	73
		6	601	1191	355	59

Effect of hydration heat on the early-age strength and density of soil-cement concrete

Hidetaka MUROI and Masashi KAWAMURA

3.2 発熱温度試験

発熱温度は内径が70mm、内高120mmの市販の広口魔法瓶を使用して測定した。蓋は市販のコルクを使用した。測定は温度20℃、R. H. 60%の恒温恒湿室中で熱電対-UCAM-PCにより1分間隔で自動測定した。発熱開始時刻はセメントが水に最初に接触した時間とした。測定の様子及び使用した魔法瓶を写真-1と写真-2に示した。

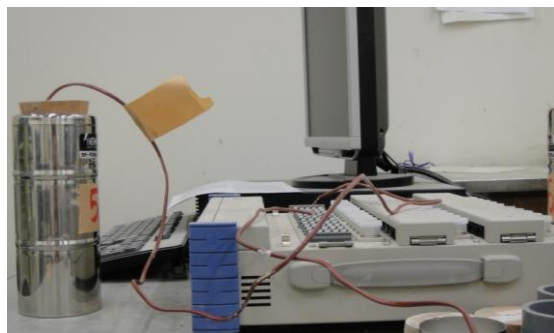


写真-1 測定の様子

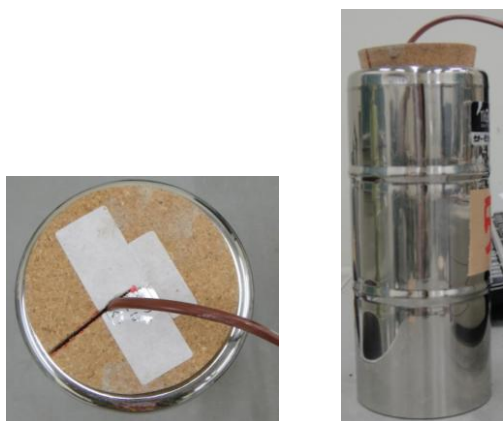


写真-2 使用した魔法瓶

3.3 初期強度、密度試験

強度試験は10 t 万能試験機を使用した。密度測定は強度試験時とした。

4. 結果と考察

4.1 経過時間と発熱温度との関係

図-1に粘性土、砂、埼玉の土、福島のと及び東京の土の経過時間とソイルセメントコンクリートの発熱温度との関係を示した。

発熱温度曲線は土の種類、セメント混入量の違いで異なり、セメントの混入により経過時間と共に上昇し、最大温度(発熱ピーク温度)を示した後はゆっくり時間をかけて恒温となる。

セメント混入量が多くなるに従ってピーク温度は高くなり、発熱初期から急激な温度上昇が見られた。

発熱ピーク温度を示す時間は使用した土の種類で違いが見られ、粘性土の場合(a)は3～6時間、砂の場合(b)で9～12時間であった。また、埼玉の土の場合(c)は6～9時間、福島の土の場合(d)は6～10時間、東京の土の場合(e)で9～17時間となり、東京の土は埼玉、福島それぞれの土の場合に比し2～3倍の時間遅れを示し、セメント量が多くなると早くなることが分かった。

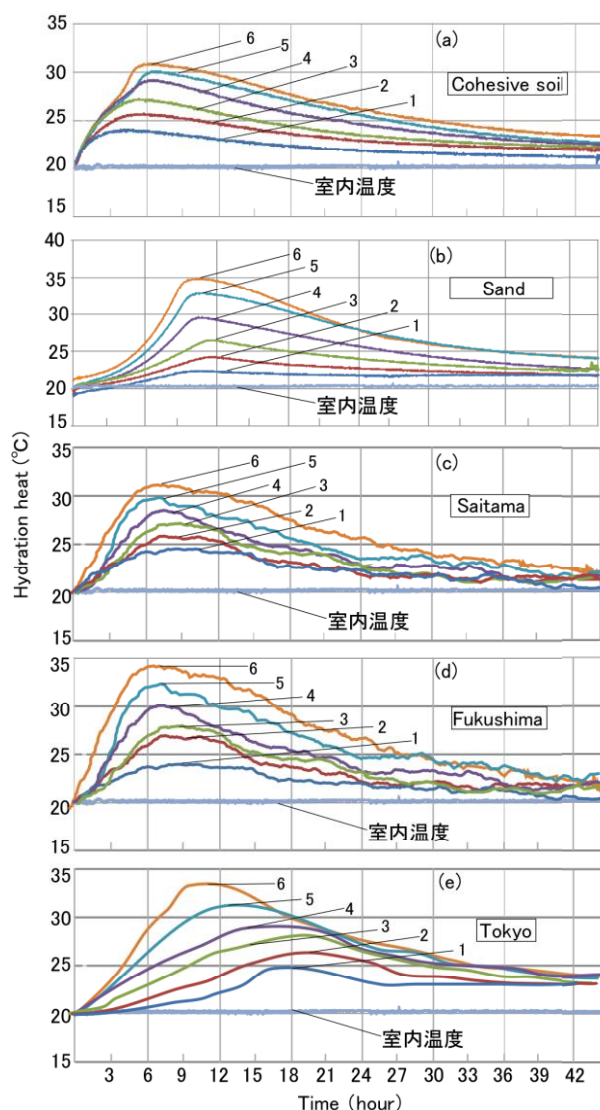


図-1 発熱温度と経過時間の関係

4.2 単位セメント量と発熱温度との関係

図-2(a), (b)に粘性土および砂を用いたソイルセメントコンクリートの単位セメント量と発熱ピーク温度との関係を示した。(a)は粘性土、砂を示し、(b)には埼玉、福島、東京の各産土を

示した。粘性土の場合のセメント使用量は 85～432 (kg/m³)、砂の場合は 125～639 (kg/m³) である。セメントが混入する範囲での発熱ピーク温度は粘性土の場合は $T=0.02C+22.0$ 、砂の場合は $T=0.026C+18.0$ といずれの場合も一次の式で示され、且つ発熱ピーク温度は砂に比し粘性土のほうが高い値を示した。一方図-2(b)に示す各産土は、埼玉の土は 81～411 (kg/m³)、福島県の土は 131～653 (kg/m³)、東京の土は 125～601 (kg/m³) である。図より土の種類が異なっても $T=0.02C+23.0$ (ここに、 T ：発熱ピーク温度、 C ：単位セメント量) と一次の式で示された。

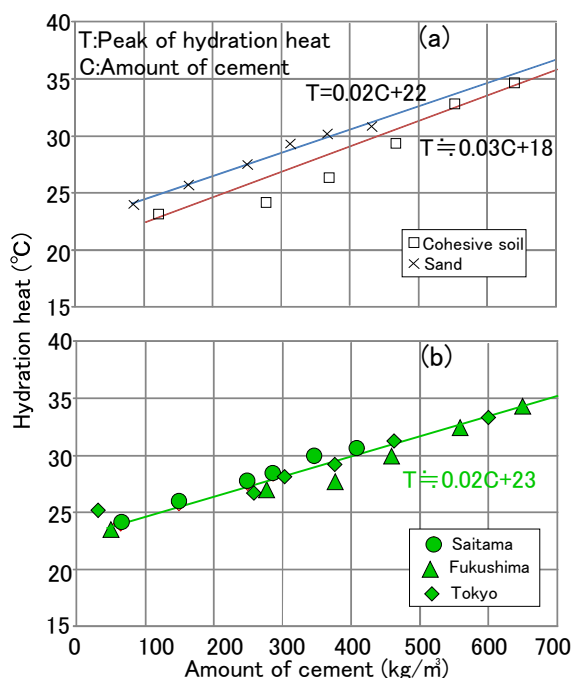


図-2 単位セメント量と
発熱ピーク温度の関係

4.3 発熱温度と一軸圧縮強度との関係

図-3(a), (b)に粘性土、砂、埼玉の土、福島県の土及び東京の土を用いた場合のソイルセメントコンクリートの発熱ピーク温度と一軸圧縮強度との関係を示した。粘性土、砂を使用した場合とともに材齢は1、3、7日と初期材齢の場合である。温度が高くなるに従って、また材齢が大きくなるに従って強度も大きくなることから分かる。更に、強度と発熱ピーク温度との関係は粘性土、砂を使用した場合、若干のばらつきがあるもののいずれも一次の式で示されることが分かった。

4.4 発熱温度と密度との関係

図-4 に粘性土と砂、及び埼玉の土、福島県の土、東京の土と言った自然状態の土を用いた場合のソイルセメントコンクリートの発熱ピーク温度と密度との関係を示した。全ての土において発熱ピーク温度が高くなると密度が大きくなることから分かる。これは使用単位セメント量が多くなった分質量が大きくなるためである。なお、材齢による密度の差異は見られなかった。

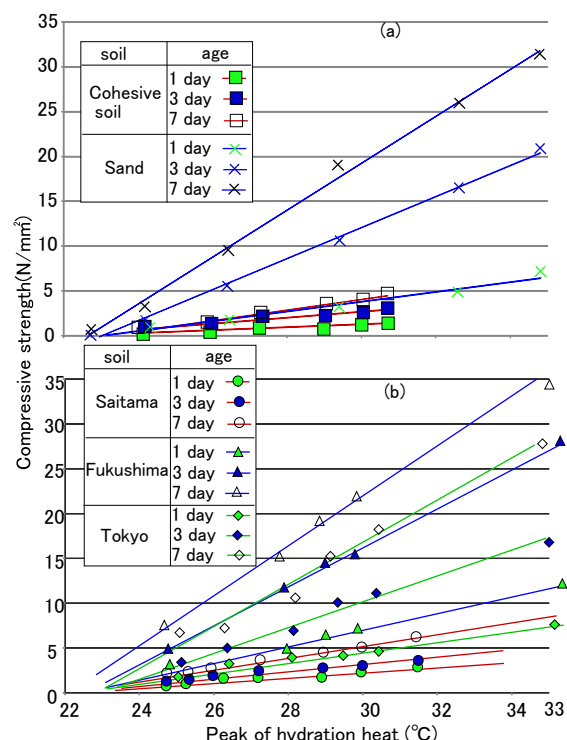


図-3 発熱ピーク温度と強度の関係

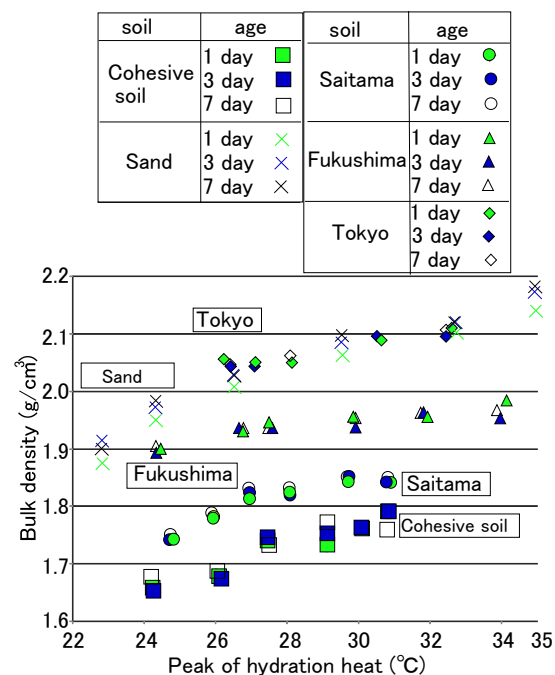


図-4 発熱ピーク温度と密度の関係

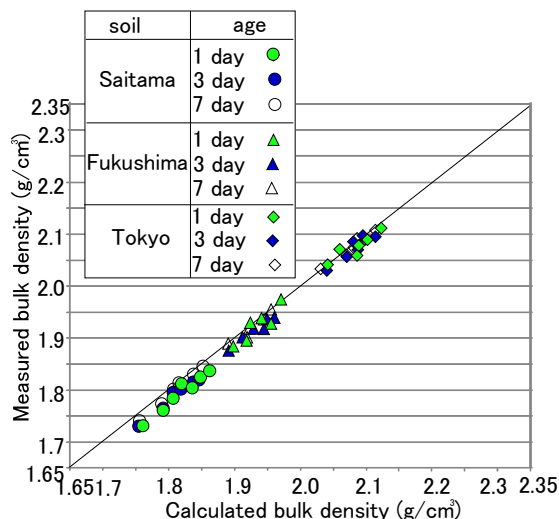


図-5 計算密度と実測密度の関係

図-5はソイルセメントコンクリートの計算密度と実測密度との関係である。打ち込み時の空気の混入の影響が若干見受けられるが、両者はほぼ一致する結果が得られた。

5. まとめ

本実験の範囲内で次のことが言える。

(1) 土はセメント混入量の違いで発熱温度曲線が変わることが分かった。発熱ピーク温度を示すまでの時間は、粘性土の場合は3～5時間、珪砂の場合は10～12時間とそれぞれ異なり、また、埼玉の土の場合は6～9時間、福島

の土は6～10時間、東京の土は9～17時間とそれぞれ異なった。

発熱ピーク温度はセメント混入量が少量から多量になるに従って高くなり、おおよそ25℃～35℃を示した。これは普通セメントを使った一般的なコンクリートの $\frac{1}{2}$ ～ $\frac{1}{3}$ 程度の発熱温度である。

(2) ソイルセメントコンクリートの単位セメント量と発熱ピーク温度との関係は各土とも一次の式で示された。

(3) ソイルセメントコンクリートの1～7日の初期強度と発熱ピーク温度との関係は一次の式で表わされ、発熱ピーク温度が高くなると圧縮強度は大きくなることが分かった。

(4) ソイルセメントコンクリートの初期の密度と発熱ピーク温度との関係は発熱ピーク温度が高くなるに従って密度は大きくなることが分かった。

参考文献

1) 川村、笠井：粘性土と砂の混合土の見掛けの表乾状態と吸水率試験方法、コンクリート工学論文集、第8巻第1号、p. p. 205～214、1997年1月