

論文

[1005] コンクリートの性質に及ぼす砂の含水状態の影響

正会員 依田 彰彦 (足利工業大学建築学科)  
 正会員 ○横室 隆 (足利工業大学建築学科)

1. はじめに

本実験研究は練り混ぜる時の砂の含水状態を絶乾、気乾、表乾、湿潤とした場合、これら異なる含水状態がコンクリートのフリージング、圧縮強度、ヤング係数、長さ・重量変化率、中性化深さ、ポロシチー等の基本的性質にどのように影響するのかを定量的に知ることを目的として実施したものである。なお、砂利は表乾状態に統一して使用した。

2. 使用材料

2. 1 セメント

- a. 普通ポルトランドセメント (C社製品) 記号「N」
- b. 高炉セメントB種 (Y社製品) 記号「BB」 高炉スラグの分量50%

2. 2 骨材: 鬼怒川産の砂 (f.m 3.26) 及び砂利 (最大寸法 25mm)

2. 3 水 : 自家用水 (足利工業大学)

2. 4 化学混和剤: 主成分がリグニンスルホン酸塩系のAE減水剤 (F社製品)

2. 5 使用材料の品質: 表-1~3に示す。いずれもJASS 5の規定値を満たしている。

表-1 使用セメントの品質

種類	化学成分 (%)				比重	比 面 積 (フレン法) (cm <sup>2</sup> /g)	凝 結			安 定 性	圧縮強さ(kgf/cm <sup>2</sup> )			
	MgO	SO <sub>3</sub>	ig. loss	R <sub>2</sub> O			水量 (%)	始発	終結		材 令	3日	7日	28日
								(h-min)						
N	1.6	2.0	0.7	0.69	3.16	3310	27.7	2-35	3-45	良	149	254	408	
BB	3.5	2.0	1.1	0.38	3.03	3750	29.7	2-55	4-15	良	107	190	389	

表-2 使用骨材の品質

種類	絶乾 比重	吸水 率 (%)	粘土 塊量 (%)	洗い 損出 量 (%)	有 機 不純物	ふるいを通るものの重量百分率(%)									
						ふるいの呼び寸法 (mm)									
						25	20	10	5	2.5	1.2	0.6	0.3	0.15	
砂 砂利	2.56	2.25	0.4	0.3	うすい —	—	—	—	99	80	54	28	11	2	
	2.52	1.88	0.1	0.1		100	67	38	5	1	—	—	—	—	

【注】(1)気乾状態

3. 実験計画

3. 1 実験の項目と方法

a. スランブ：JIS A 1101（コンクリートのスランブ試験方法）によった。

b. 空気量：JIS A 1128（まだ固まらないコンクリートの空気量の圧力による試験方法〔空気室圧力方法〕）によった。

c. 練り上がり温度：ミキサから排出したフレッシュコンクリートの温度について棒状温度計を用いて測定した。

d. ワーカビリチー：スランブしたコンクリートの形状やタッピングしたときのくずれ方から判断した。

e. ブリージング：JIS A 1123（コンクリートのブリージング試験方法）によった。

f. 圧縮強度：JIS A 1108（コンクリートの圧縮強度試験方法）によった。材令は7日、28日、91日、182日、1年。供試体は直径10cm、高さ20cmのものを用い脱型後の養生方法は『標準水中養生』（以下、標準と呼ぶ）と『20℃・湿度80%室放置』（以下、80%と呼ぶ）とした。圧縮強度はS社製100t電子管式万能試験機を用いて測定した。また、材令1年の供試体について水銀圧入試験装置を用い37.5~750000Åのポアー半径を測定し圧縮強度との関係を究明した。

g. ヤング係数：圧縮強度試験時にコンプレッソメーターを用いて圧縮歪を測定し、最大圧縮強度の1/3におけるヤング係数を算出した。

h. 長さ変化率：供試体は10×10×40cmを用い、JIS A 1129（モルタル及びコンクリートの長さ試験方法）に示すコンパレーターを用いて測定し、その変化率を算出した。なお、基長は材令7日とした。

i. 重量変化率：上記hの供試体について長さを測定した直後に0.1gまで測定できる直示天秤を用いて重量を測定し、その変化率を算出した。なお、基長は材令7日とした。

j. 中性化深さ：直径10cm、高さ20cmの供試体を材令7日まで標準水中養生した後、材令28日まで温度20℃・湿度80%の恒温室に放置し、材令28日から温度40℃・湿度60%・CO<sub>2</sub>濃度10%の促進槽内に1カ月間及び3カ月間放置した場合の平均中性化深さを測定した。なお、平均中性化深さは測定時に100t電子管式万能試験機を用いて割裂し、割裂面の塵埃を取り除いた後、1%濃度のフェノールフタレインアルコール溶液を噴霧し、紫赤色にならなかった部分を中性化したものと判断し、供試体の高さ方向の中心部とその上下1cm間隔に各2点、その両側で合計10点の中性化深さをmm単位のノギスを用いて測定し、最終的に平均した。なお、併せてコンクリートの含水率及び吸水率をJIS A 1110に準じて測定した。

### 3. 2目標とした調合

a. W/C：標準水中養生の材令28日圧縮強度が225kgf/cm<sup>2</sup>になるように筆者らのデータ<sup>1)</sup>よりW/Cを案出し、試し練りを行い、最終的にW/Cを定めた（表-4）。

b. スランブ：18±2.5cmとした。

c. 空気量：4±1%とした。

### 3. 3 コンクリートの練り混ぜ、その他の条件

a. 打ち込み日：誤差を小さくするために、すべて1987年10月26日(月)に打込んだ。

b. ミキサは容量100ℓの堅型強制攪拌式ミキサ、砂利は表乾状態のものを、それぞれ用い、3分間練り混ぜた。

表-3 使用水質

色	度	0
濁	度	0
水素イオン濃度(pH)		6.6
蒸発残留物		173.0ppm
塩素イオン		11.0ppm
過マンガン酸カリウム消費量		0.5ppm

c. 練り上げたフレッシュコンクリートはミキサから速やかに練り板に受け、練り直しを行ってからスランプ及び空気量ならびに温度の測定と併せてワーカビリティを判断した。その後各供試体の型わくへフレッシュコンクリートを打ち込み、直ちに20℃・80%の恒温室内に入れ、翌日キャッピングを施し、その翌日脱型した。

表-4 実験に得られたコンクリートの調査

種類	砂の含水状態	砂の含水率 (%)	W / C (%)	スランプ (cm)	空気量 (%)	細骨材率 (%)	全水量 (kg/m <sup>3</sup> )		練り上がり温度 (°C)	ワーカビリティ	最終ブリージング量 (cc/cm <sup>2</sup> )
							単水量	(2) 補正水量			
N	絶乾	0.14 <sup>(1)</sup>	62	19.5	4.2	48.1	173	21	18.0	良	0.79
	気乾	1.18	62	20.0	4.0	48.1	173	12	18.0	良	0.72
	表乾	2.25	62	21.0	4.2	48.1	173	0	18.0	良	0.49
	湿潤	8.83	62	20.5	4.3	48.1	173	-55	18.0	良	0.11
BB	絶乾	0.14 <sup>(1)</sup>	58	21.0	4.2	47.4	166	21	18.0	良	0.83
	気乾	1.18	58	20.0	4.1	47.4	166	12	18.0	良	0.73
	表乾	2.25	58	20.0	4.3	47.4	166	0	18.0	良	0.49
	湿潤	8.83	58	19.0	4.3	47.4	166	-55	18.0	良	0.14

注] (1)105℃の電気乾燥炉にて絶乾としたが、炉から実験室内にとり出し、48時間後に使用したために、室内の湿気を吸水したためと考える。

(2)砂の含水状態によって補正した水量

4. 結果と検討 表-4~6及び図-1~10に示し、以下に検討する。

4. 1ワーカビリティ

打込んだコンクリートのワーカビリティはすべて良好であった。(表-4)。

4. 2ブリージング

砂の含水状態によって当然のことと思えるが明確な傾向が見い出された。すなわち、ブリージング量は絶乾状態の場合のコンクリートが最も多く、以下気乾、表乾、湿潤の順である。これは砂が一気に吸水しなかったことによる。

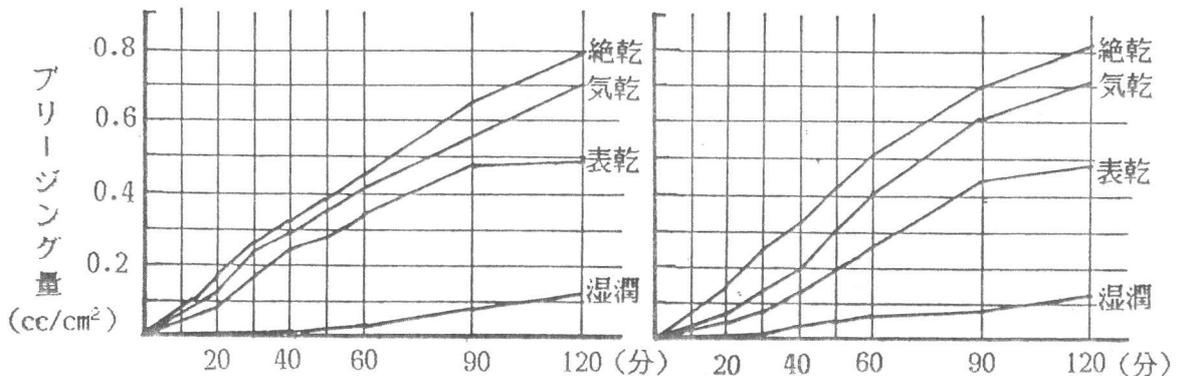


図-1 セメントNのブリージング量

図-2 セメントBBのブリージング量

なお、今回用いた絶乾の砂が表乾状態に到達した時間は、約36時間、気乾の砂は、約24時

間であった。また、セメント種類ではNの方が、いずれの含水状態においてBBより同じか、やや少ない。これはセメントの粉末度と凝結時間のちがいによるものと思われる(表-4、図-1~2)。

#### 4. 3 圧縮強度

a. 砂の含水状態によって圧縮強度の発現が異なる。すなわち、コンクリート練り混ぜ時の骨材に吸着している水量が最も多い湿潤状態の砂の場合が、いずれの材令において最も大きく、以下表乾、気乾、絶乾の順である。(図-3~4)。

b. 養生別のちがいを見るとセメントNは、いずれの材令において80%が、セメントBBは、材令7日を除き標準の方が、下記d.①に示した理由でそれぞれ大きい(図-3~4)。

c. セメント別のちがいをみると材令7日ではNが、28日では同程度、それ以降の材令ではBBが大きい(図-3~4)。

d. 材令1年の圧縮強度とポロシチーとの関係を見ると次のようなことがいえよう。

①37.5~750000Åのトータルポアーボリウム(T.P.V.)は、養生別ではセメントNは80%が、BBは標準が、表-5に示した通りそれぞれ小さい。

②砂の含水状態別ではポアー半径の平均値は表-5に示した通り小さい方が一般に圧縮強度は大きい。

e. バラツキを示す標準偏差は2.2~19.6kgf/cm<sup>2</sup>、変動係数は0.6~8.3%の範囲で、系統だった傾向は認められなかった。

表-5 圧縮強度とポロシチーとの関係

セメント	含水状態	養生方法	材令 1年		
			圧縮強度 (kgf/cm <sup>2</sup> )	トータルポアーボリウム (T.P.V.) (mm <sup>3</sup> /g)	ポアー半径の平均値 (Å)
N	絶乾	標準	225	98.0	14500
		80%	259	84.4	22000
	気乾	標準	265	114.2	7300
		80%	270	93.1	9100
表乾	標準	270	117.7	6600	
	80%	277	99.7	8700	
BB	湿潤	標準	276	122.7	6600
		80%	303	102.5	7600
	絶乾	標準	377	70.3	20600
		80%	322	75.3	16500
気乾	標準	380	92.0	9700	
	80%	329	93.6	7900	
表乾	標準	383	94.1	9300	
	80%	331	99.9	7800	
湿潤	標準	389	95.2	9000	
	80%	347	103.4	7700	

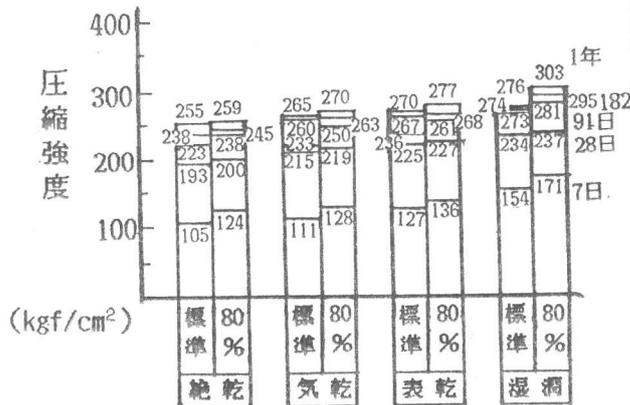


図-3 セメントNの圧縮強度

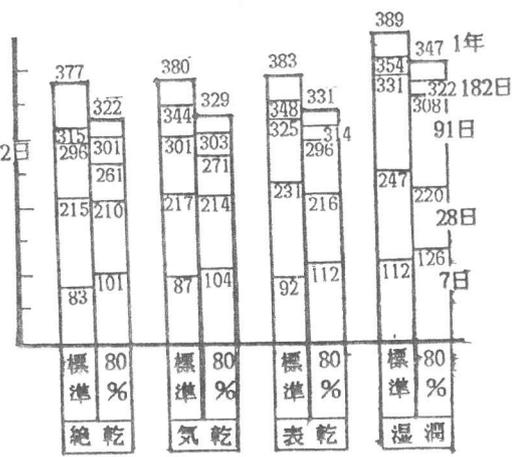


図-4 セメントBBの圧縮強度

#### 4. 4 ヤング係数

圧縮強度と似たような傾向が認められた(図-5~6)。

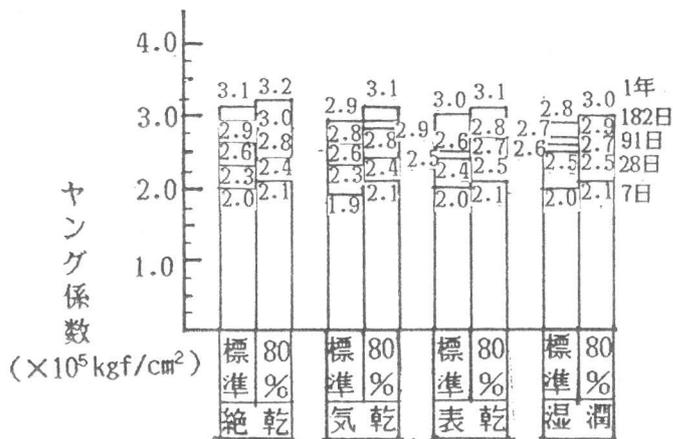


図-5 セメントNのヤング係数

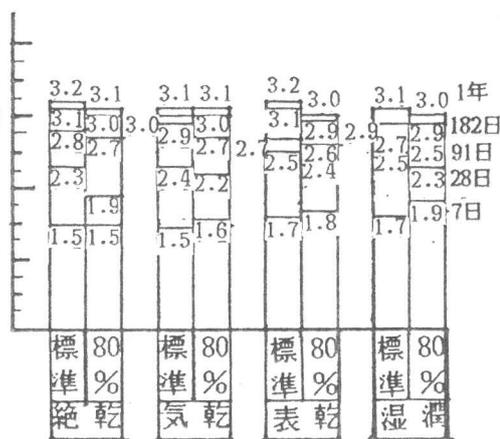


図-6 セメントBBのヤング係数

#### 4. 5 長さ変化率

図-7~8に示すように当然のことであるがいずれも収縮し、砂の含水状態のちがいをみると湿潤が最も収縮し、以下表乾、気乾、絶乾の順である。またセメント別では材令28日圧縮強度がほぼ同一のためかほとんど差がない。

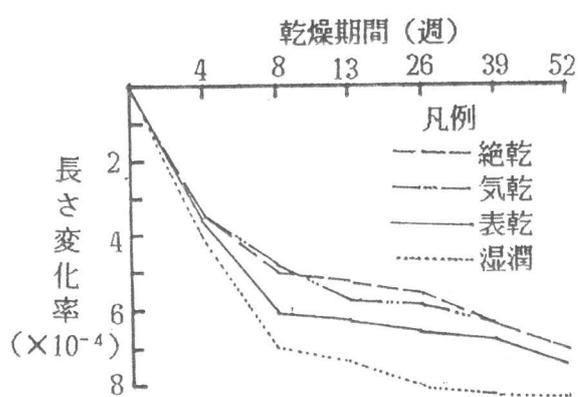


図-7 セメントNの長さ変化率

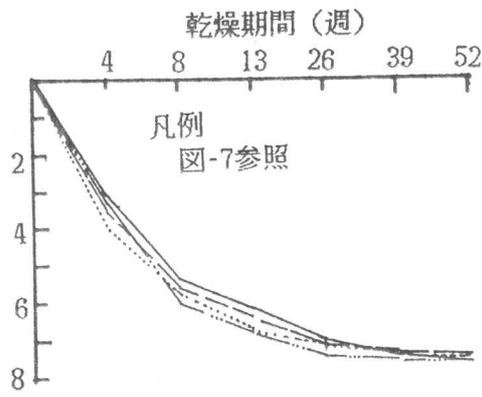


図-8 セメントBBの長さ変化率

#### 4. 6 重量変化率

重量は図-9~10に示すように当然であるがいずれも減少し、砂の含水状態及びセメント別の差違はセメントNの湿潤を除き小さく認め難い。

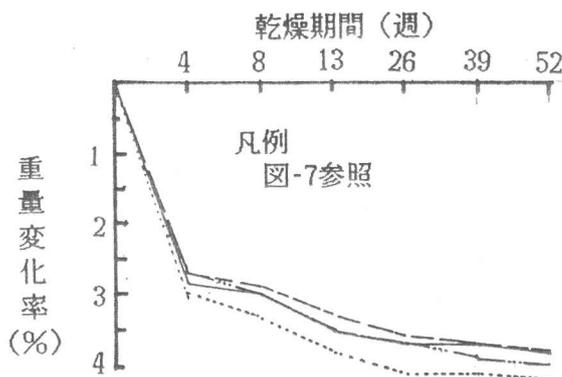


図-9 セメントNの重量変化率

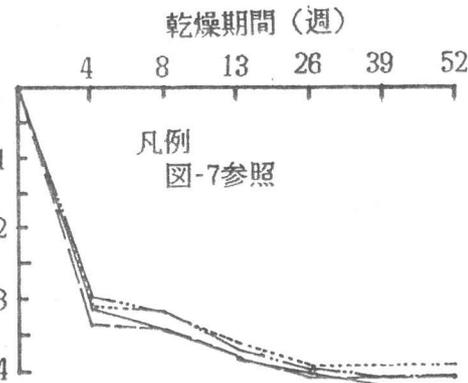


図-10 セメントBBの重量変化率

#### 4. 7 中性化深さ・含水率・吸水率

炭酸ガス10%・温度40℃・湿度60%の促進槽内に1カ月間及び3カ月間入れたコンクリートの中性化深さは表-6に示すように砂の含水状態では湿潤が最も小さく、以下表乾、気乾、絶乾の順である。いかえればコンクリートが乾燥しているほどCO<sub>2</sub>の浸入が多いので中性化速度が早くなるといえよう。また、そのために含水率は若干であるが湿潤が大きく、以下表乾、気乾、絶乾の順である。吸水率は含水率の傾向と逆である。また、中性化深さのバラツキを示す標準偏差は2.9~6.7mmの範囲にあった。

なお、炭酸ガス10%・温度40℃・湿度60%の1カ月間は屋外自然暴露の10~15年、同3カ月間は40~50年を想定<sup>2)</sup>したものである。

表-6 コンクリートの中性化深さ・含水率・吸水率

セメント	含水状態	1カ月間			3カ月間		
		中性化深さ (mm)	含水率 (%)	吸水率 (%)	中性化深さ (mm)	含水率 (%)	吸水率 (%)
N	絶乾	22.6	2.1	5.8	45.5	1.4	5.4
	気乾	20.4	2.4	5.7	45.1	1.9	5.3
	表乾	19.6	2.4	5.7	43.0	1.9	4.8
	湿潤	15.4	2.5	5.5	27.0	2.0	4.5
B B	絶乾	24.6	2.4	6.5	44.3	1.5	5.6
	気乾	22.5	2.7	6.2	43.2	1.6	5.5
	表乾	21.8	2.7	6.1	39.8	2.4	5.2
	湿潤	17.7	3.3	5.7	32.6	2.4	5.0

#### 5. 結論

本実験研究は4種類の砂の含水状態について、これらがコンクリートの基本的性質にどのように影響するかを定量的に知るために1年間にわたって実施した。

その結果、練り混ぜ時の砂の含水量が大きいほど、コンクリートのブリージング、圧縮強度、ヤング係数、中性化深さ等により影響を与え、長さ・重量の変化率には大きな差違のないことが判明した。さらに圧縮強度とポロシチー(T.P.V.等)には相関関係があることが認められた。

#### 参考文献

- 1) 依田彰彦・横室 隆：毎月1日に打込んだコンクリートの性質に関する研究、コンクリート工学年次論文報告集10-2、PP.457-462、1988
- 2) 森 徹・白山和久・上村克郎・依田彰彦：分離粉碎方式による高炉セメントを用いたコンクリートの性質に関する研究、建設省建築研究所建築研究報告、No63、1973.2