

ウェットスクリーニング手法を用いたコンクリートの 品質評価方法に関する検討

Quality Evaluation of Fresh Concrete using the Wet Screening Method

谷口 秀明 HIDEAKI TANIGUCHI
松田 拓 TAKU MATSUDA
樋口 正典 MASANORI HIGUCHI
西本 好克 YOSHIKATSU NISHIMOTO
藤田 学 MANABU FUJITA

単位水量や凝結時間の測定には、ウェットスクリーニングしたモルタルが使用されるものの、その採取方法の試験値への影響は明らかになっていない。筆者らは、試料の採取過程で発生するモルタルの配合および品質の変化を実験により把握した。また、配合変化を加味した高周波加熱乾燥法を用いることにより、従来よりも高い精度で単位水量の測定が可能であることを確認した。

キーワード：ウェットスクリーニング、単位水量、凝結時間、高周波加熱乾燥法

Mortar processed by the wet screening method is generally used to measure the unit water content or the setting time of fresh concrete. In this study, changes in the mix proportion and quality of mortar caused by the screening process were experimentally verified.

In addition, it was confirmed that the microwave heat dry method provides a highly accurate measurement of the unit water content by considering the proportional changes.

Key Words: Wet Screening, Unit Water Content, Setting Time, Microwave Heat Dry Method

1. はじめに

昨今、コンクリート構造物の品質確保・向上への気運が高まり、フレッシュコンクリートの単位水量の迅速測定に関する研究開発および品質管理・検査への適用が盛んになっている。単位水量試験は、スランプ試験等と同様に生コン工場や現場で行われるので、簡便で汎用性のある方法が望ましい。また、測定精度が実用上支障のない範囲でなければ、品質管理上の混乱を招く恐れがある。現在、様々な測定方法が提案されているものの、同一条件下での測定方法の違いによる測定精度の比較・検討は必ずしも十分とは言えない。

また、単位水量や凝結時間の測定には、ウェットスクリーニングにより採取したモルタル（以下、本文中ではWSモルタル、図表ではWSMと表現する）が使用される。しかし、単位水量の測定値には、WSモルタルの採取方法が影響しやすいことが報告されており¹⁾、WSモルタルを用いる凝結時間やコンクリートの流動性

の測定にも関係する可能性がある。しかし、試料の採取方法に対する具体的な規定はなく、採取時の品質変化のメカニズムや影響度は必ずしも明らかではないのが現状である。

本研究では、単位水量試験を主な対象とし、まず、代表的な測定法である空気量試験による方法²⁾（エアメータ法）、高周波加熱乾燥法³⁾（電子レンジ法）および静電容量型水分計法⁴⁾（静電容量法）により測定法や試料の違いによる測定値の傾向およびその精度を調べた。次いで、WS作業を含む採取方法の違いがWSモルタルの品質（流動性、凝結時間、圧縮強度）と配合の変化に及ぼす影響を確認した。その結果を踏まえ、試料採取時のモルタルの品質変化を加味したフレッシュコンクリートの単位水量の測定方法を提案した。

2. 一般的な手法を用いた単位水量の測定値の傾向と測定精度の把握

(1) 実験方法

実験には、表-1 に示すとおり、水と粗骨材の絶対容積を一定とし、水セメント比(W/C)を 22~55%の範囲で変化させたコンクリートを使用した。セメントは同一の銘柄、製造ロットの普通ポルトランドセメントで、W/C が小さいほどスランプ（フロー）が大きくなるように、高性能 AE 減水剤の使用量で調整した。細骨材には川砂（鬼怒川産）、砕砂（栃木県岩舟町産、硬質砂岩）および山砂（千葉県万田野産）、粗骨材には砕石 2005（栃木県葛生町産、記号：A）と砕石 2005（埼玉県両神産、記号：B）を使用し、骨材の影響を確認した。

単位水量の測定方法や補正值は、一般的な方法²⁾、³⁾、⁴⁾に準じた。また、空気量の測定は、現場での汎用性等を考慮して無水法、計算方法も簡易法²⁾とした。容量 50 リットルのパン型ミキサにより、1 バッチ当たり 30 リットルのコンクリートを製造した。練混ぜは、空練り後に水と混和剤を投入してモルタル練り、その後に粗骨材を入れてコンクリート練りとした。粗骨材を投入する前にモルタルを採取し、WS モルタルの測定結果と比較した。

(2) 実験結果

図-1 に示すように、測定方法や試料の種類によって測定される単位水量の値やばらつきが異なる。平均値で見れば、エアメータ法は配合上の値とおおむね一致するものの、電子レンジ法は小さく、反対に静電容量法は大きくなる傾向がある。しかし、試料がモルタルであれば、電子レンジ法の値も配合上の値とおおむね一致し、他の方法よりもばらつきが小さい。静電容量法の測定値やばらつきは電子レンジ法と異なるものの、WS モルタルの値がモルタルの値よりも小さい。すなわち、単位水量が小さく測定されるような現象が WS 作業の中に含まれることを示唆するものである。静電容量法が電子レンジ法と異なり、プラス側に偏在しているのは、WS の影響を考慮した補正が機器の中で処理されているものの、WS の影響度が WS の方法によって異なることが原因であると判断される。全般的な傾向として同じ試料を使用しても測定方法によって測定値は異なり、偏在も生じること、ならびにいずれの方法でも単位水量が配合上の値から±10kg/m³以上異なる可能性があることを念頭に置いて実施する必要がある。

図-2 に示すとおり、W/C の増加に伴い、単位水量の測定値は小さくなる傾向がある。エアメータ法は一部

表-1 コンクリートの配合条件

W/C (%)	s/a (%)	絶対容積(リットル/m ³)				空気量 (%)
		水	セメント	細骨材	粗骨材	
22	39.2	165	238	224	348	2.5
25	42.0		210	252		
30 ~ 55	38.3 ~ 45.3		175 ~ 95	235 ~ 315	380	

	AM-C	MW-M	MW-WSM	EC-M	EC-WSM
平均	-3.9	-5.1	-11.6	24.4	9.2
偏差	8.2	5.9	7.8	9.9	11.8
最大	8.0	8.7	3.6	45.1	33.2
最小	-26.6	-17.3	-23.5	9.5	-12.9
数	25	24	25	18	25

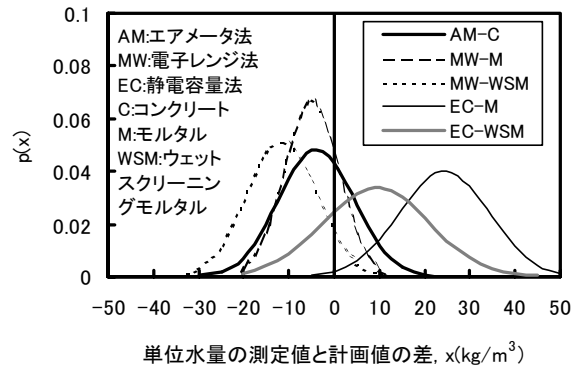


図-1 試験方法および試料の違いによる単位水量の測定値のばらつき

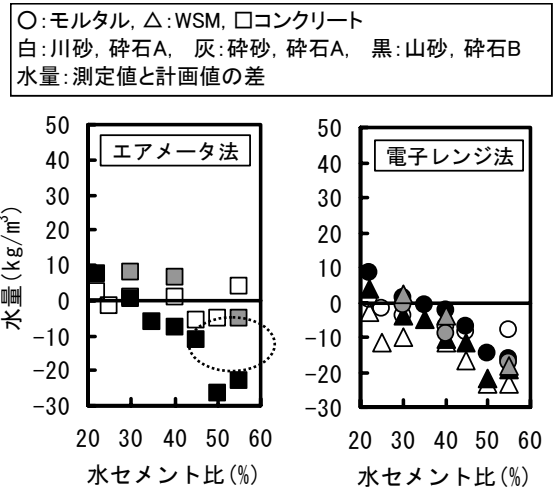


図-2 W/C と単位水量の関係

のデータ（点線）を除けば、電子レンジ法よりもその傾向が小さい。電子レンジ法のモルタルと WS モルタルを比較すれば、WS の影響は骨材の種類によって異なることがわかる。本実験では、単位水量を一定としているので、W/C が大きくなるほど単位セメント（ペースト）量が少なくなる。そのため、付着等の何らかの理由で一定量のペーストが減少した場合には、W/C が大きいほど、単位水量が小さくなる可能性がある。

3. WS モルタルの品質の把握

(1) WS モルタルの品質変化を生じる原因の想定

WS とは、任意のふるい目のふるいを用いてコンクリートをふるい分ける作業である。電子レンジ法等の単位水量試験や凝結試験ではモルタルを試料として使用するため、公称 5mm (JIS Z 8801 の呼び寸法は 4.75mm) ふるいを使用する。単位水量の測定等では、コンクリートから採取した WS モルタルは配合上のモルタルと同一のものであるという前提で計算している場合が多い³⁾。しかし、入念に WS を行っても、写真-1 に示すとおり、ふるいに残った粗骨材はペースト (若干の細骨材を含む) が付着した状態が観察された。図-3 に示すとおり、コンクリート中では、骨材の大きさに関わらず、ペーストが接した状態であり、細骨材のみに付着させた状態をふるい取ることは困難である。また、ペーストの付着は、WS 作業のみならず、練混ぜから試験までの過程で様々な箇所に見られる。そのため、WS モルタルには、その付着状態に応じたペースト量の減少 (細骨材量の増加) を生じている可能性が高い。また、一連の作業は、必ずしも高湿の環境下ではなく、さらには練混ぜ、WS 等におけるエネルギー供給もあって、コンクリートから水分が蒸発する可能性、換言すれば、WS モルタルの W/C がコンクリートの値よりも小さくなる可能性もある。2. で WS モルタルの単位水量が小さくなる結果は、そのような現象が生じていなければ説明できないものであり、これを明らかにすることが、WS モルタルを用いた試験では極めて重要であると判断される。

(2) 実験方法

使用材料および配合を、表-2、表-3 に示す。シリーズ1では、W/C を 30, 40, 55%, 碎石の単位絶対容積を 0, 0.2, 0.4m³/m³ としたコンクリート (モルタル) を用いた。ただし、碎石には 5mm を通過するものが 4%含まれるため、配合表では過小分(GI)を細骨材(S)に含めた。空気量は、碎石の絶対容積に合わせ、順に 7.5, 6.0, 4.5%とした。一方、シリーズ2は、シリーズ1のモルタル配合に対し、W/C を一定としてペースト量を減じた配合 (記号:P), ならびにセメントと細骨材の比率を一定とし、単位水量のみ減じた配合 (記号:W) である。コンクリートの製造方法は2.の実験と同一である。試料の採取量が多いため、1 バッチ当たり約 40 リットルとした。試料は、あらかじめモルタルを付着させたポリジョッキ (2 リットル) で採取した。WS は、振動ふるいを用いる方法 (T と表記) と棒状バイブレータを



写真-1 ふるいに留まった骨材の状態

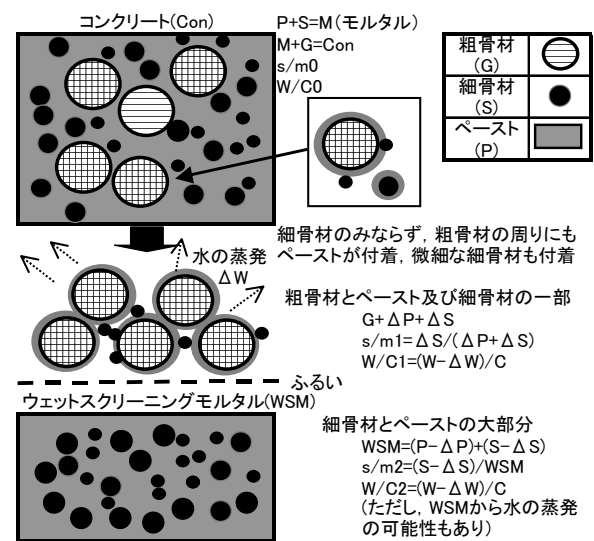


図-3 WS によるモルタルの材料構成比率の変化に対するイメージ

表-2 使用材料

材料名	種類, 物性, 成分	記号
水	水道水	W
セメント	早強ポルトランドセメント(密度3.13g/cm ³ , 比表面積4580cm ² /g)	C
細骨材	鬼怒川産川砂Sr(表乾密度2.56g/cm ³ , 吸水率3.41%, F.M 2.79)と5mmを通過する碎石GI	S
粗骨材	葛生産碎石2005A(硬質砂岩, 密度2.65g/cm ³ , 吸水率0.56%, F.M6.65)	G
混和剤	高性能AE減水剤, ポリカルボン酸エーテル系と架橋ポリマーの複合体	SP
	AE剤, 変性アルキルカルボン酸化合物系陰イオン界面活性剤	AE

用いる方法 (棒 V と表記) を比較した。振動ふるい (WS 用市販品, 振動数 100Hz) の下には受け皿 (208 × 266 × 40 mm) を置き, 1 回当たり 2kg のコンクリートに対し, 30,120,180 秒間の WS を行った。後者の方法では, 大型角形ふるいに入れたコンクリートに棒状バイブレータ (棒径 35mm, 振動数 217Hz) を押しつけ, 約

表-3 コンクリートおよびモルタルの配合

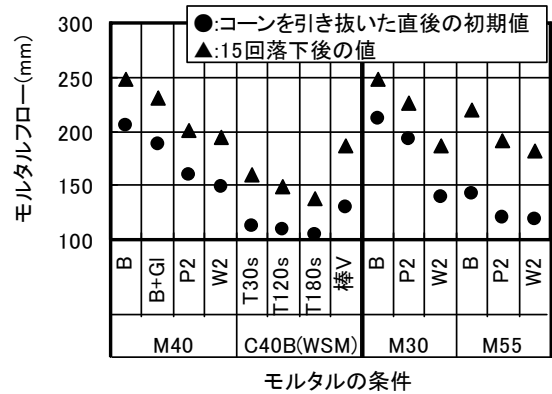
	配合 種別	W/C (%)	単位量 (kg/m ³)				
			W	C	S		G
					Sr	Gl	
シリーズ1	M30B	30.0	275	917	914	0	0
	C30A	30.0	220	733	732	21	509
	C30B	30.0	165	550	548	42	1018
	M40B	40.0	275	688	1101	0	0
	C40A	40.0	220	550	881	21	509
	C40B	40.0	165	413	660	42	1018
	M55B	55.0	275	500	1254	0	0
	C55A	55.0	220	400	1004	21	509
	C55B	55.0	165	300	753	42	1018
	C30C	30.0	144	480	660	42	1018
C55C	55.0	188	342	660	42	1018	
シリーズ2	M30P1	30.0	265	883	968	0	0
	M30P2	30.0	255	850	1019	0	0
	M30W1	28.5	265	930	927	0	0
	M30W2	27.1	255	942	940	0	0
	M40P1	40.0	265	663	1147	0	0
	M40P2	40.0	255	638	1193	0	0
	M40W1	38.0	265	698	1116	0	0
	M40W2	36.1	255	707	1129	0	0
	M55P1	55.0	265	482	1295	0	0
	M55P2	55.0	255	464	1336	0	0
M55W1	52.3	265	507	1270	0	0	
M55W2	49.7	255	513	1288	0	0	

10 リットルの WS モルタルを採取した。

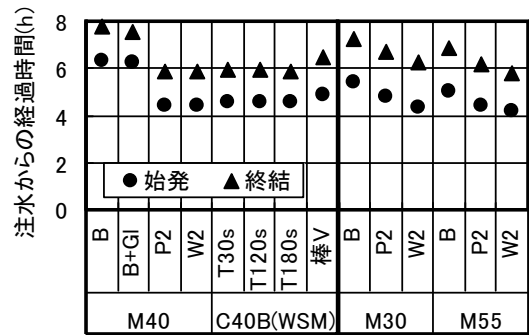
モルタルの性状は、フロー、凝結時間および圧縮強度を確認した。圧縮強度試験にはφ50×100mmの円柱供試体を用い、材齢28日まで標準水中養生を行った。圧縮強度への影響を正確に把握するため、容量1リットルのモルタル用圧力式エアメータで空気量を測定した。また、シリーズ1に対してはWS後のふるいに留まった粗骨材と付着モルタルを採取した。ふるいに残った試料から2.5kg程度を採取し、骨材が流出しないように大きな容器内で試料を水洗いし、セメント分を含んだ水をオーバーフローさせながら徐々に排出した。採取した骨材は、数日間の気中乾燥後、電子レンジ(高周波出力:1800W、電源定格:单相200V)で質量が一定になるまで強制乾燥を行った。乾燥後に細骨材と粗骨材にふるい分け、電子レンジで求めた吸水率で表乾状態の質量に補正してペースト、細骨材および粗骨材の比率を求めた。同様の方法で砂を水洗いした場合の微粒分の減少量や、ペーストの付着により5mmふるいを通過しない川砂と碎石の量(選別は目視による)も考慮した。

(3) 実験結果

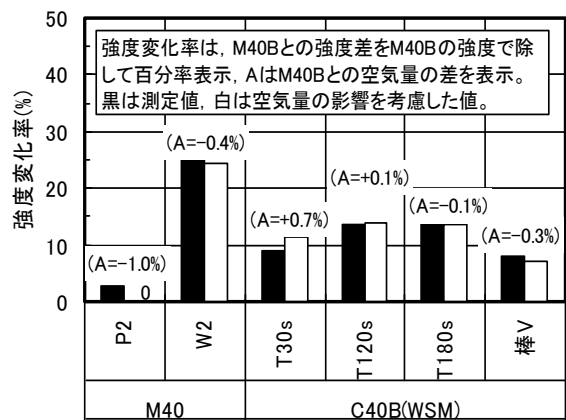
モルタルの品質に関する試験結果を、図-4に示す。フローと凝結時間の図には、参考としてW/C=30,55%のモルタルの結果も示した。圧縮強度の結果は強度



(a) モルタルフロー



(b) 凝結時間



(c) 圧縮強度

図-4 配合の変化およびWS方法の違いがモルタルの性状に及ぼす影響

変化率(M40Bとの圧縮強度の差をM40Bの値で除して百分率で表示)で表した。空気量の変化は±1%以下で小さいが、空気量1%当たりの強度変化率を5%として計算した結果も併記した。

振動ふるいで得たWSモルタルのフローは、配合を変化させたモルタル(P2,W2)と同様に基準配合M40の値よりも低下する傾向があるが、低下量はP2,W2より

表-4 ふるいに残った試料から測定した砂モルタル比および単位水量の変化

WS方法	配合	SP (%)	s/m		W	配合	SP (%)	s/m		W
			付着M	WSM				付着M	WSM	
T180s	C30A	1.0	-0.12	0.01	-3	C40B	1.0	-0.21	0.05	-15
	C30B	1.0	-0.14	0.03	-9	C40B	1.3	-0.21	0.03	-11
	C30B	1.5	-0.14	0.02	-7	C55A	1.0	-0.23	0.01	-4
	C30C	1.0	-0.12	0.04	-10	C55B	1.0	-0.19	0.04	-15
	C40A	1.0	-0.20	0.01	-4	C55C	0.8	-0.25	0.03	-10
T30s	C40B	1.3	-0.03	0.02	-7	測定値と計画値の差 (s/m は砂モルタル比, Wは単位水量)				
T120s	C40B	1.3	-0.18	0.03	-11					
棒V	C40B	1.3	0.02	-0.01	3					

もかなり大きい。また、WS時間が長くなるにしたがい、フローが低下している。碎石の過小分の混入 (B+GI)により、フローが若干低下する傾向があるため、WSモルタルのフロー低下にはその影響も含まれるものと考えられる。凝結時間に関しても、WSモルタルの値はモルタルよりも短くなる傾向があり、振動ふるいの凝結時間はP2,W2とおおむね一致する。フローおよび凝結時間への影響度は異なるが、WSにより単位ペースト量もしくは単位水量が減少している可能性がある。一方、WSモルタルの強度変化率は、W/Cを36%としたモルタル(W2)よりも小さいものの、WSによる強度増大が明白である。本実験の範囲では、WSによりW/Cが2%程度低下していると判断される。なお、WS方法の違いによる凝結時間の差は小さく、これまで凝結時間試験にWS方法の規定が存在しなかった理由の一つと考えられる。

ふるいに残った試料による砂モルタル比(s/m)と単位水量(W)の測定値を、配合上の値との差で表したものが、表-4である。棒パイプレータを使用した場合を除き、粗骨材に付着したモルタル中のs/mは配合上の値よりも小さい。振動台ふるいによるWSでは時間が長いほど、s/mが大きくなる傾向がある。WSによるs/mの増加量はわずか0.03(棒V以外の平均)程度であるが、その結果から求めた単位水量は、計画値よりも15kg/m³少なくなるものも存在する。この結果と前述のWSモルタルの性状変化により、WS過程で単位ペースト量の減少(s/mの増加)と単位水量の減少(W/Cの低下)を発生していることが明らかになった。なお、本実験では、付着モルタルを使用したWSモルタルを直接使用することで測定精度が向上できる可能性がある。

図-5は、表-4に示したT180sの10試料から集めた細骨材(約1kg)の粒度分布を調べた結果である。ふるいに残る粗骨材には、使用前の細骨材に比べ、0.6mm前後の細砂を多く含むモルタルが付着していることがわかる。しかし、WSモルタル中の細骨材の粒度(推定

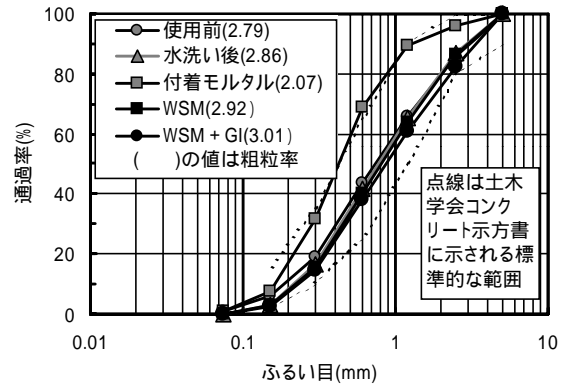


図-5 細骨材の粒度分布

値)はあまり変化しないので、特に粗骨材の過小分の混入がなければ、WSモルタルの性状に大きく影響を及ぼすものではないと考えられる。

4. 単位水量の測定値に対する採取方法の影響

(1) 単位水量の測定方法

3.と同一の電子レンジを使用し、試料の乾燥時間は4分(質量が一定となる時間)とした。単位水量の測定には、筆者らが提案した式(1)を用いた⁵⁾。

$$W = \frac{M_A - M_B}{M_A} (W_0 + C_0 + S_0) + \frac{X}{100} C_0 - \frac{Y}{100} C_0 - \frac{P}{100 + P} S_0 + \frac{Ad_s}{100} Ad \quad (1)$$

ここに、

W:単位水量の測定値(kg/m³)

M_A, M_B:試料の乾燥前後の質量(g)

W₀, C₀, S₀, Ad:配合上の水, セメント, 細骨材および混和剤の単位量(kg/m³)

X:結合水率(%)

Y:セメントの質量減少率(%)

P:細骨材の吸水率(%)

Ad_s:混和剤の固形分率(%)

M_A, M_Bの計算には、使用した紙皿の燃焼等による質量変化を加味した。また、X, Y, Pは本実験で使用した材料を用い、電子レンジにより加熱乾燥して求めた値を代入した。

(2) 練混ぜ量および採取方法がモルタルの単位水量の測定値に及ぼす影響

モルタルの製造量や採取方法(表-5)に着目し、ペーストの付着がモルタルの単位水量の測定値に及ぼす

表-5 試料の採取方法

A	モルタルを付着させたハンドスコップで採取して紙皿に載せる。
B	モルタルを付着させたハンドスコップで採取し、きれいな受け皿に一度入れた後紙皿に載せる。
C1	きれいなハンドスコップで採取し、試料1kgを振動ふるい90秒間で通過、4回分を受け皿(大)に入れた後、紙皿の上に載せる。
C2	C1と同様の方法で採取、ふるいを通過し、4回分を受け皿(小)に入れた後、紙皿に載せる。
D	C1と同様の方法で採取、ふるいを通過し、2回分を受け皿(大)に入れた後、紙皿に載せる。
E	C1と同様の方法で採取、ふるいを通過し、1回分を受け皿(大)に入れた後、紙皿の上に載せる。
F	モルタルを付着させたポリジョッキで採取し、紙皿に入れる。

受け皿の寸法：(大) 251×375×62mm, (小) 208×266×40mm

影響を確認した。パン型ミキサに加え、容量2, 20リットルのホバート式ミキサも使用し、容量の1/2のモルタルを製造した。図-6に示すとおり、20リットルミキサのデータは、シリーズ1の配合のみで必ずしも十分なデータ数ではないものの、練混ぜ量が少量の場合には、単位水量の測定値は小さくなることが明らかになった。また、図-7に示すとおり、試料を入れる物にあらかじめモルタルを付着させない場合や、ふるいを通し、WS作業を行った場合には測定値が小さくなっている。採取方法C1, D, Eのように受け皿の寸法が同一で試料の量を変化させても測定値への影響はほとんど変わらない。容器の寸法を小さくした採取方法C2の平均値は、採取方法Bとほぼ一致する。採取方法Fの値は、多少ばらつきはあるものの、おおむね計画値と一致しており、一連の採取作業の中でペーストが取られない工夫が重要であることがわかる。

(3) WSモルタルを用いた単位水量の測定方法の提案

以上の結果を踏まえ、容器等はモルタルを付けた状態とし、振動ふるいの下には紙皿を直接置いて試料を採取した。コンクリートの採取量は1kgとし、余分な試料はモルタルを付着させたさじで取り除き、試料の量を約400gとした。

WSモルタルを使用し、コンクリートの単位水量の測定を行った結果が、図-8である。図中には、式(1)による計算値とs/m, W/Cの変化を考慮した計算値を併記した。配合C40A等の粗骨材量が少ないコンクリートは、ふるいに試料を入れた後、短時間でWSモルタルを得られ、蒸発による水量変化は小さいものと判断し、W/Cを変更していない。図-8に示すとおり、WSモルタルの配合変化を考慮した単位水量の測定値はおおむね計画値と一致することがわかる。すなわち、モルタル, WSモルタルの結果を総合すれば、試験室レベルでは、練混ぜ量, 試料採取, WS方法の影響を考慮することで、高周波加熱乾燥法による単位水量の測定はおおむね可

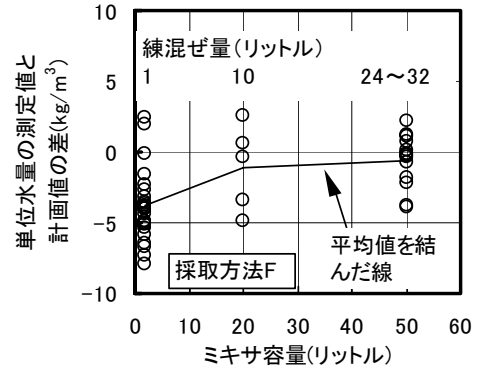


図-6 ミキサの容量およびモルタルの練混ぜ量と単位水量の測定値の関係

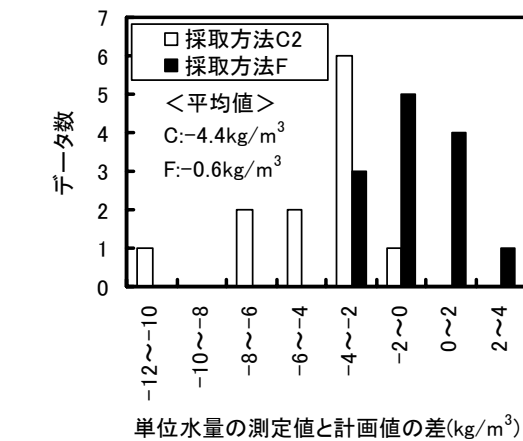
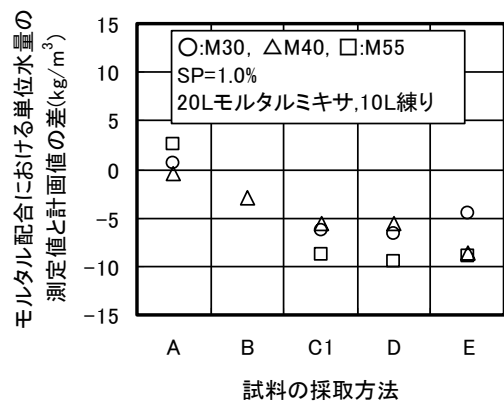


図-7 試料の採取方法と単位水量の測定値の関係

能である。

式(1)の右辺の各補正係数を除けば、第一項は、乾燥前後の質量変化からWSモルタル中の水量を求め、乾燥前WSモルタルの質量とモルタルの単位量の比率で1m³換算を行っている。式の意味合いを具体的に説明すると、以下のとおりである。

a) 水量変化がない場合

WS モルタルは、コンクリート 1m³ 中のモルタルの α 倍を採取することになるので、乾燥前後の質量は式(2),(3)のように表すことができる。

$$M_1 = \alpha(W_0 + C_0 + S_0) \quad (2)$$

$$M_2 = \alpha(C_0 + S_0) \quad (3)$$

式(1)の右辺第一項は、式(4)に示すように計画配合の単位水量 W₀ を求めることができる。

$$\frac{\alpha(W_0 + C_0 + S_0) - \alpha(C_0 + S_0)}{\alpha(W_0 + C_0 + S_0)} (W_0 + C_0 + S_0) = W_0 \quad (4)$$

b) 水量の変化がある場合

例えば、ΔW の加水があった場合には、式(1)の右辺第一項は、式(5)のように表される。

$$\begin{aligned} & \frac{\alpha(W_0 + \Delta W + C_0 + S_0) - \alpha(C_0 + S_0)}{\alpha(W_0 + \Delta W + C_0 + S_0)} (W_0 + C_0 + S_0) \\ &= \frac{(W_0 + \Delta W)}{(W_0 + \Delta W + C_0 + S_0)} (W_0 + C_0 + S_0) \end{aligned} \quad (5)$$

式(5)の分母と分子のモルタルの単位質量は相殺されないが、ΔW が過大でない場合にはその差は微小であるため、従来の方法³⁾でも式(6)に示すように水量の変化を求めることができる。ただし、ΔW が大きい場合には誤差も大きくなることを認識する必要がある。

$$\frac{(W_0 + \Delta W)}{(W_0 + \Delta W + C_0 + S_0)} (W_0 + C_0 + S_0) = W_0 + \Delta W \quad (6)$$

c) 採取過程で WS モルタルの配合が変化した場合

変化後の諸値の添字を 1 (例えば、各単位量は W₁, C₁, S₁) とし、モルタル容積 V_m が変化しないものと仮定すれば、各単位量は WS による変化指標(s/m, W/C)を用いて式(7)~式(12)のように表すことができる。W/C は百分率(%)でなく、比で表した。ρ_s, ρ_c は、細骨材とセメントの密度を表す。

$$V_m = W_0 + C_0 / \rho_c + S_0 / \rho_s \quad (7)$$

$$V_{S1} = s / m_1 \cdot V_m \quad (8)$$

$$S_1 = \rho_s \cdot V_{S1} = \rho_s \cdot s / m_1 \cdot V_m \quad (9)$$

$$W_1 = \frac{W/C \cdot \rho_c (1 - s/m_1)}{W/C \cdot \rho_c + 1} V_m \quad (10)$$

$$V_{C1} = \frac{(1 - s/m_1)}{W/C \cdot \rho_c + 1} V_m \quad (11)$$

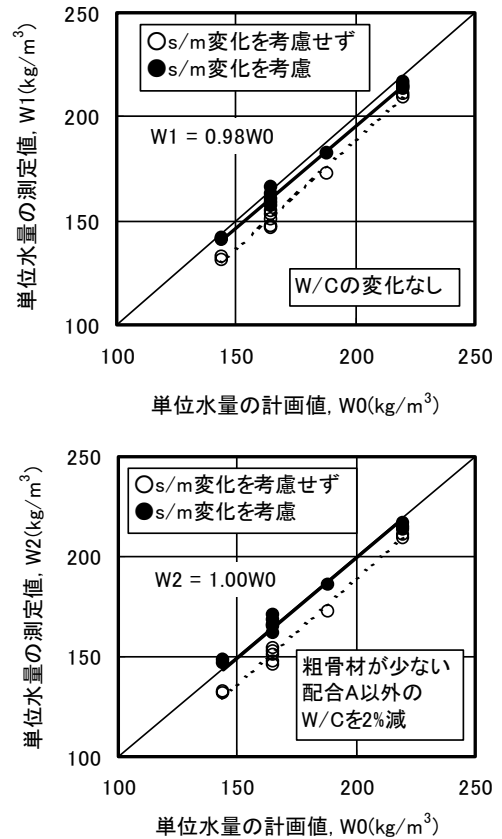


図-8 WS モルタルの品質変化を考慮した単位水量の測定結果

$$C_1 = \rho_c V_{C1} = \frac{(1 - s/m_1)}{W/C \cdot \rho_c + 1} V_m \rho_c \quad (12)$$

WS モルタルが採取段階で配合が変化したコンクリート 1m³ 中のモルタルの β 倍したものとすれば、式(1)の右辺第一項は、式(13)となる。

$$\frac{\beta(W_1 + C_1 + S_1) - \beta(C_1 + S_1)}{\beta(W_1 + C_1 + S_1)} (W_0 + C_0 + S_0) \quad (13)$$

式(13)も式(6)と同様にモルタルの単位質量の変化が小さい場合には、品質変化後の WS モルタルの単位水量 W₁ をおおよそ求めることができるが、本来は式(14)に示すように、WS モルタルの配合変化を加味した単位量を代入すべきである。

$$\frac{\beta(W_1 + C_1 + S_1) - \beta(C_1 + S_1)}{\beta(W_1 + C_1 + S_1)} (W_1 + C_1 + S_1) = W_1 \quad (14)$$

得られる単位水量は、WS モルタル中の水量の 1m³ 換算した値であって、計画配合の単位水量を求めるもの

ではない。よって、計画配合の単位水量を求めるには、配合変化後の諸値を用い、式(15)によって計画値に換算する必要がある。

$$W_0 = \frac{W/C_0(1-s/m_0)(W/C_1 \cdot \rho_c + 1)}{W/C_1(1-s/m_1)(W/C_0 \cdot \rho_c + 1)} W_1 \quad (15)$$

ここで、W/Cに変化がない場合には、

$$W_0 = \frac{1-s/m_0}{1-s/m_1} W_1 \quad (16)$$

と表すことができる。式(1)の右辺の第2項以降に示した補正值についても同様にWSモルタルの配合変化を反映させる必要がある。

表-4に示したとおり、s/mの変化量は3%前後で小さい印象を受けるが、例えば、単位水量 5kg/m^3 の変化はコンクリート 1m^3 に対して0.5%、単位水量に対して2~3%に過ぎない。品質管理への適用に当たっては、単位水量試験が微小な変化量を対象としていることを認識し、厳密性を高めた試料採取・WS方法によってその影響を排除するとともに、実機での品質変動に対する測定値の変化を確認し、試験の適応性と精度を踏まえた適切な管理幅、試験頻度等を設ける必要がある。

5. まとめ

主としてフレッシュコンクリートの単位水量の測定を対象とした、ウェットスクリーニング手法によるコンクリートの品質評価を目的とした実験の範囲で、以下のことが言える。

- ① 従来手法で求めた単位水量の測定値およびそのばらつきは測定方法の違いによって異なるものの、室内で配合どおりの製造を行ったコンクリートを対象としても測定条件を限定しない場合には、単位水量は配合上の値から $\pm 10\text{kg/m}^3$ 以上のばらつきを生じる可能性がある。
- ② 従来の電子レンジ法で測定した単位水量は、配合上の計画値よりも小さくなる傾向があり、特に水

セメント比が大きい場合に顕著である。すなわち、何らかの補正を行わないと、単位水量の過小評価を行い、単位水量が計画値よりも多い状態で製造を続ける恐れがある。

- ③ ウェットスクリーニングにより、モルタル中の単位ペースト量の減少およびW/Cの低下（または単位水量の減少）を生じ、モルタルのフロー、凝結時間および圧縮強度の結果に影響を及ぼす。
- ④ ペースト量の減少に伴う単位水量の変化は、ウェットスクリーニング作業のみならず、ミキサ、採取する容器、器具類へのペーストの付着によっても生じ、その程度が単位水量の測定値に反映される。
- ⑤ 容器等へのペーストの付着を抑制すれば、高周波加熱乾燥法によってモルタルの単位水量はおおむね正確に測定することができる。
- ⑥ ウェットスクリーニングモルタルの配合（砂モルタル比およびW/C）の変化を考慮すれば、コンクリートの単位水量の測定精度を向上させることができる。

参考文献

- 1) 日本コンクリート工学協会：フレッシュコンクリートの単位水量迅速測定および管理システム調査研究委員会報告書，2004.6.
- 2) 土木研究所：エアメータ法による単位水量測定マニュアル.
- 3) ZKT-210：フレッシュコンクリートの単位水量の迅速測定試験方法（高周波加熱法），2002.
- 4) 野沢純，鈴木猛，斎充：高周波容量式水分計と高周波加熱乾燥法の測定精度の検証と比較，フレッシュコンクリートの単位水量迅速測定及び管理システムに関するシンポジウム論文集，日本コンクリート工学協会，pp7-12, 2002.12.
- 5) 松田拓，蓮尾孝一，谷口秀明，西本好克：高周波加熱乾燥法による単位水量の推定に及ぼす各種要因の検討，三井住友建設技術研究所報告，No.2, pp.157-162, 2004.12.