

記す)。実験1では高周波加熱乾燥法（以降、電子レンジ法と記す）と静電容量型水分計法（以降、静電容量法と記す）を用いた。実験2では、上記に加えて単位容積質量法（以降、エアメータ法と記す）も用いた。

実験用骨材をJIS A 5308およびJIS A 5005に示されている範囲（表-2）の中で意図的に偏らせるため、まず図-2のように大まかに分級した。次に、JIS A 1102「骨材のふるい分け試験方法」に準拠して分級した骨材の粒度分布を測定し、割合を変えて混合することで、表-3のような透過百分率の実験用骨材を用意した。

表-1 使用材料

種類	産地など(表乾密度: g/cm ³)	
	実験1	実験2
W	横浜市上水道	
C	普通ポルトランドセメント(3.16)	
S	千葉県君津産 山砂(2.60)	千葉県富津産 山砂(2.63)
G	北海道北斗市産(2.70) 石灰岩砕石 2005	東京都青梅市産 砂岩砕石 2005(2.64)
AD	A社製 標準型I種 リグニンスルホン酸系	B社製 標準型I種 リグニンスルホン酸系
AE	A社製 アルキルエーテル系	(使用せず)

最後に用意した骨材を組合せ、表-4のような10種類のパターンを作成した。

2.2 調合と練り混ぜ

実験に用いた基準コンクリートの調合を表-5に示す。実験1, 実験2ともに基準コンクリートは、骨材粒度がJISの粒度範囲の中間付近に分布する骨材(S2+G2)を用いた調合とした。

また、基準コンクリートの目標スランプと空気量は、実験1が15cm±2.5cm, 実験2が18cm±2.5cm, 空気量は共に4.5%±1.5%となるようにAE減水剤およびAE助剤の使用量を定めた。なお、AE減水剤およびAE助剤の使用量は、基準

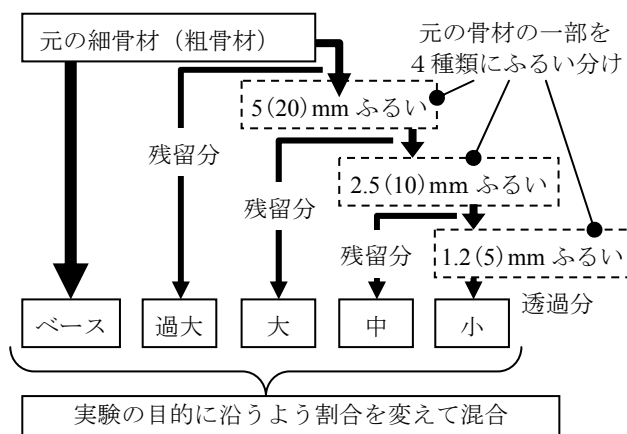


図-2 粒度分布の調整

表-2 JIS規格に示された透過百分率(%)

ふるい目(mm)	10	5	2.5	1.2	0.6	0.3	0.15
山砂 (JIS A 5308)	100 ~	100 ~90	100 ~80	90 ~50	65 ~25	35 ~10	10 ~2
ふるい目(mm)	25	20	10	5	2.5		
砕石 2005 (JIS A 5005)	100 ~	100 ~90	55 ~20	10 ~0	5 ~0		

表-4 骨材の組合せ

組合せNo.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
細骨材	S2	S2	S2	S2	S2	S2	S1	S3	S1	S3
粗骨材	G1	G2	G3	G4	G5	G6	G2	G2	G4	G5
全体の粒度	細目	中間	粗目	細目	粗目	粗目	細目	粗目	細目	粗目

表-3 用意した骨材の透過百分率

		実験1							実験2						
ふるい目(mm)		10	5	2.5	1.2	0.6	0.3	0.15	10	5	2.5	1.2	0.6	0.3	0.15
細骨材	S1: 規格の細目限界に近い	100	100	100	92.9	74.8	26.1	2.8	100	99.1	96.4	91.1	67.2	34.2	4.8
	S2: 規格の中間程度	100	94.9	85.6	74.5	58.3	20.3	2.2	100	94.4	86.6	71.7	48.6	23.5	3.5
	S3: 規格の粗目限界に近い	100	89.9	71.2	48.9	29.1	10.1	1.1	100	90.5	74.4	50.4	26.2	10.8	1.6
粗骨材	ふるい目(mm)	25	20	10	5	2.5			25	20	10	5	2.5		
	G1: 規格の細目限界に近い	100	97.8	56.1	9.8	3.5			100	97.0	54.3	10.2	0.3		
	G2: 規格の中間程度	100	95.0	32.0	3.0	2.0			100	95.4	34.8	6.2	0.4		
	G3: 規格の粗目限界に近い	100	94.1	19.2	1.8	1.2			100	94.0	20.7	1.6	0.3		
	G4: 規格よりも細かい	100	98.0	72.8	15.9	4.6			100	97.0	54.2	16.4	0.2		
	G5: 10mm以下の骨材除去	100	92.6	0.0	0.0	0.0			100	90.0	1.0	0.0	0.0		
G6: 20mm以上の骨材増加	100	47.5	16.0	1.5	1.0			100	92.0	11.0	1.0	0.2			

コンクリート以外の全てのケースにおいても一定とし、スランプと空気量の変化も記録した。

コンクリートの練り混ぜには、容量 55L の強制二軸型ミキサを用い、1 バッチ 35L とした。練り混ぜ順序は、セメントと骨材を空練り後に、水と混和剤を投入して合計 90 秒間とした。

2.3 単位水量測定方法

(1) 電子レンジ法

試料は JIS Z 8801 の 5mm の網ふるいでウェットスクリーニングして粗骨材とモルタルに分離した。ウェットスクリーニングは、専用のテーブルバイブレータを使用し、練りさじでコンクリートをかき混ぜ目視確認しながら振動時間 60 秒を目安とした。モルタル試料は 500g 程度とし、1400W の電子レンジにて 1 分間加熱時の質量減少量が 0.1g 以下になるまで加熱乾燥させた。合計加熱時間は概ね 12 分程度であった。ここで、セメントの結合水率やウェットスクリーニングの補正係数等を含めた推定式については既往の文献^{3), 4)}を参考とした。

(2) 静電容量法

電子レンジ法による試験に用いたモルタル試料と同時に採取した試料を用いて、試験装置附属の要領書に従い単位水量試験を実施した。

(3) エアメータ法

独立行政法人土木研究所で公開している「エアメータ法による単位水量推定マニュアル」に準拠し、無注水法測定し、簡易式で計算した。

3. 実験結果

3.1 フレッシュコンクリート

フレッシュコンクリートの試験結果を表-6 に、スランプ試験結果を写真-1 に示す。

基準コンクリート (No.2) に比べて骨材粒度分布が細目の場合 (No.7, No.9), スランプが小さく空気量は多めであり、過剰にプラスチックであった。逆に骨材粒度分布が粗目の場合 (No.8, No.10) は、スランプは大きく、空気量は少なめであり、やや分離気味であった。

図-3 および図-4 にスランプと空気量の関係

表-5 調合表

実験名	W/C (%)	単位量 (kg/m ³)			
		W	C	S	G
実験 1	53.3	176	330	790	1015
実験 2	53.4	175	328	795	988

表-6 フレッシュコンクリートの試験結果

組合せ No.	実験 1			実験 2		
	スランプ (cm)	空気量 (%)	温度 (°C)	スランプ (cm)	空気量 (%)	温度 (°C)
No.1	14.5	5.7	21.0	15.5	4.8	22.5
No.2	17.5	4.5	20.0	17.5	4.5	22.5
No.3	18.5	4.5	21.0	18.0	4.2	23.0
No.4	11.0	6.2	21.0	16.0	4.9	23.0
No.5	18.5	4.3	21.0	20.0	3.8	23.0
No.6	19.0	4.3	21.0	18.5	3.9	23.0
No.7	12.0	6.8	21.5	10.5	4.8	23.0
No.8	20.0	3.9	21.5	17.5	4.9	23.0
No.9	5.0	7.1	21.5	9.0	5.1	23.5
No.10	20.0	3.3	21.5	20.5	4.0	23.0

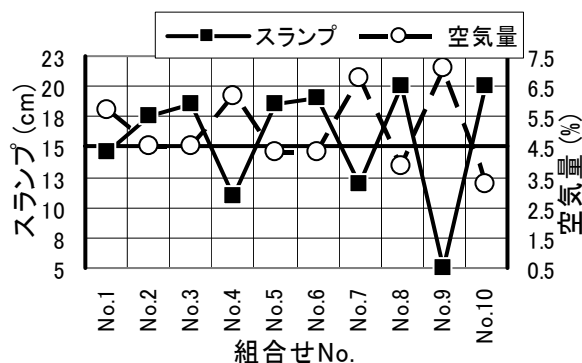


図-3 スランプと空気量の関係 (実験 1)

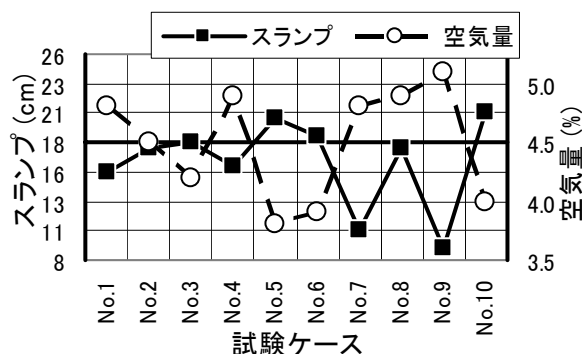


図-4 スランプと空気量の関係 (実験 2)

を示す。スランプの大小と空気量の増減は、概ね正反対の関係を示しており、細目の骨材の増加による空気連行量の増加とコンシステンシー

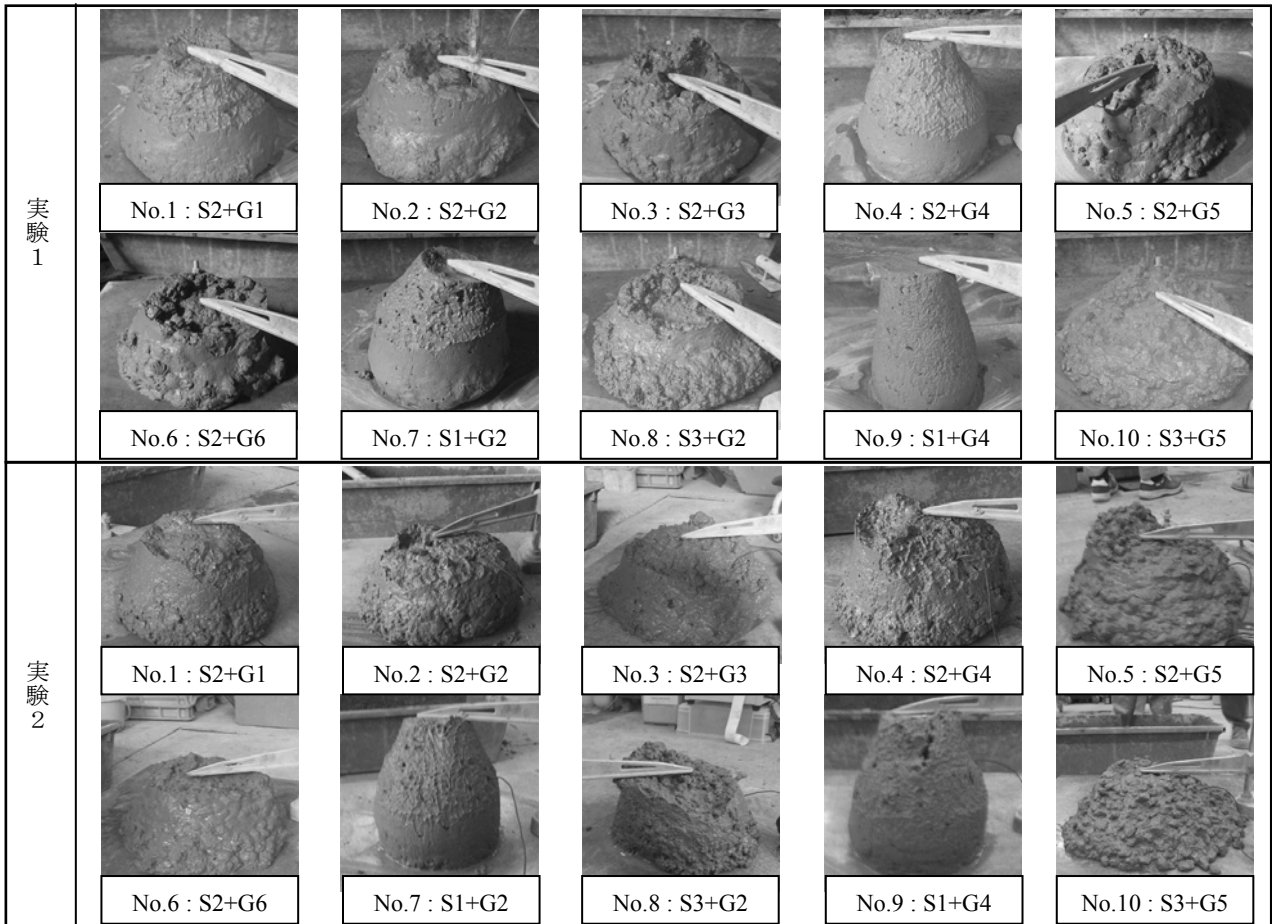


写真-1 スランプ試験の結果

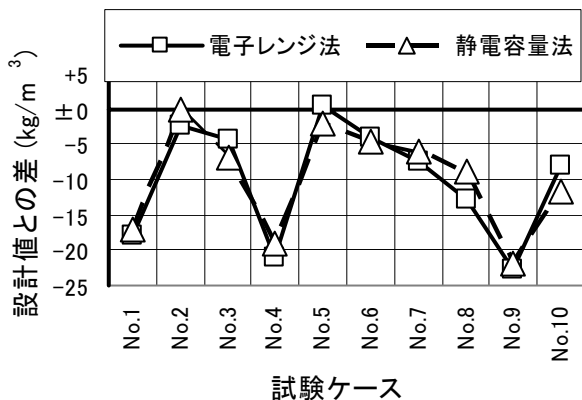


図-5 単位水量の測定結果 (実験 1)

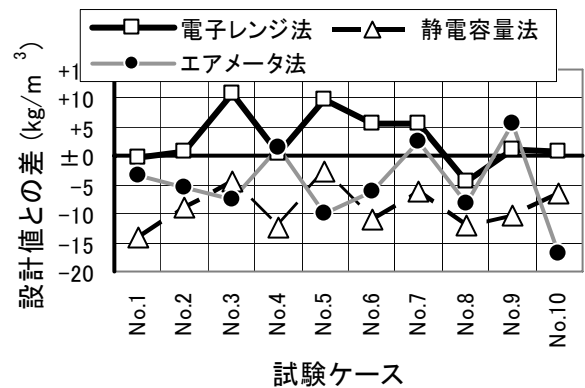


図-6 単位水量の測定結果 (実験 2)

の増大が、そのまま現れたものと考えられる。

3.2 単位水量

全ケースにおける単位水量の測定結果を図-5 および図-6 に示す。図は単位水量の測定法ごとに測定値の変化の傾向を掴みやすいように、折れ線グラフで表記した。

電子レンジ法と静電容量法の測定結果は、実

験 2 において約 5kg/m^3 の絶対値の差はあるものの全体的には類似した傾向を示し、その測定値は骨材が細目であれば相対的に多く、骨材が粗目であれば相対的に少なくなる傾向にあった。

単位水量の測定値の傾向とスランプの傾向を合わせて考えると、「真の単位水量は適切だが、単位水量の測定値が小さくスランプも小さい

(もしくは単位水量の測定値とスランプが共に大きい)」ということになる。

また骨材の目の粗さと単位水量測定結果との間にも相関が見られることから、骨材の過大粒・過小粒が単位水量測定結果に大きく影響を及ぼしていることが考えられた。そこで、骨材の5mm透過百分率と調合上の単位水量との差を確認した(図-7および図-8)。

回帰直線に対してばらつきはあるものの、5mm透過百分率と単位水量との間に直線的な関係が見られた。電子レンジ法と静電容量法は骨材の5mmふるい透過百分率も入力値としているため、骨材の過大粒と過小粒を骨材の組合せ別に個別に入力して再計算をすれば測定値が設計単位水量付近に収束すると考えた。再計算の結果を図-9および図-10に示す。

再計算の結果、電子レンジ法と静電容量法ともに、過大粒と過小粒を個別に入力する前とは、回帰直線の勾配が逆転する結果となった。

そこで、5mm透過百分率以外に大きな誤差を生じる可能性のある値として、電子レンジ法の計算過程にある「モルタル水分率」に注目し、単位水量測定値を設計値に収束させるためにはモルタル水分率が何%であれば良いか計算した。このように計算で求めた値を「最適なモルタル水分率」として、実測値と共にプロットしたものが、図-11および図-12である。

最適なモルタル水分率の緩やかな曲線と比べて実測値の回帰直線は勾配が緩やかになっている。骨材が粗目になる程、実測値は最適値と比べて小さく、かつばらつきが大きくなることが確認できる。特に、粗目の砂(S3)を用いたケース(No.8, No.10)について、その傾向は顕著である。これは、通常のふるい分け試験に比べて、ウェットスクリーニングでは骨材の5mm透過百分率が大きくなったためと考えられる。ふるい分け試験では余分な力をかけずにふるうのに対し、ウェットスクリーニングでは練りさじ

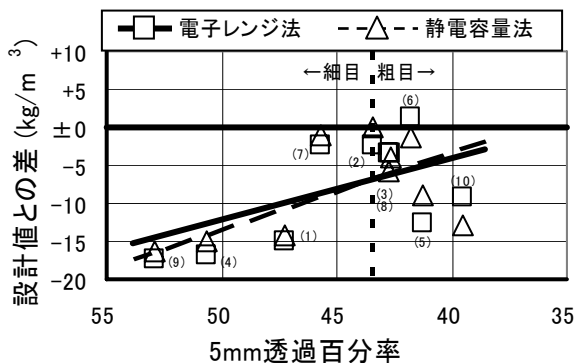


図-7 5mm 透過百分率-単位水量測定値(実験 1)

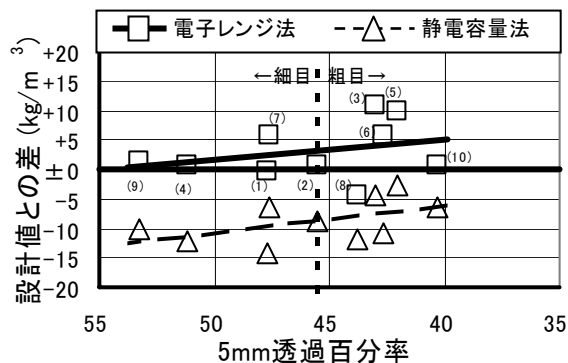


図-8 5mm 透過百分率-単位水量測定値(実験 2)

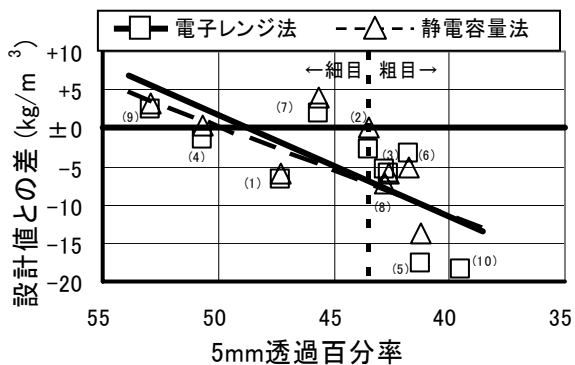


図-9 5mm 透過百分率-設計単位水量との差(5mm 透過百分率を個別入力・再計算)(実験 1)

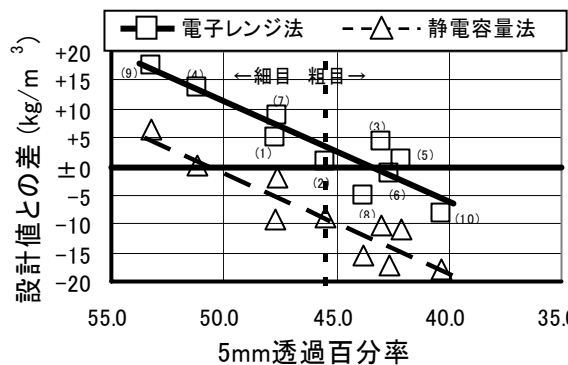


図-10 5mm 透過百分率-設計単位水量との差(5mm 透過百分率を個別入力・再計算)(実験 2)

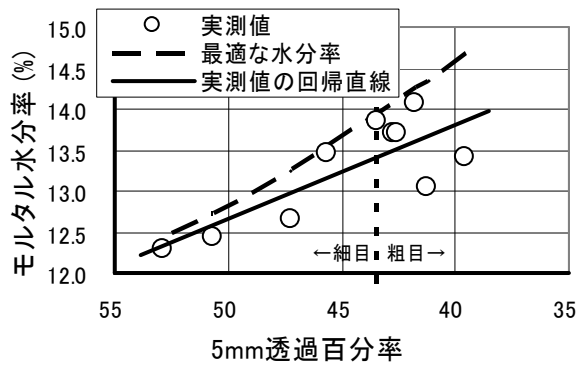


図-11 5mm 透過百分率—モルタル水分率(実験 1)

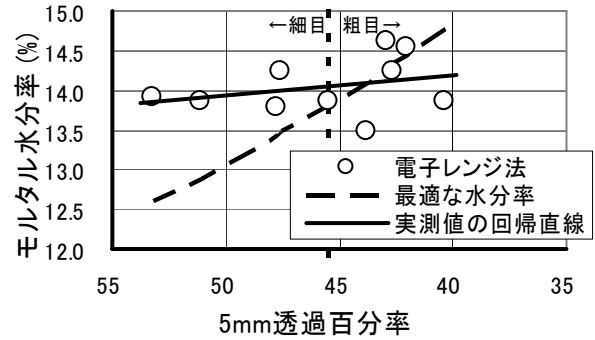


図-12 5mm 透過百分率—モルタル水分率(実験 2)

やテーブルバイブレータを用いてふるう。この条件の差が S3 中の直径 5mm 近傍の骨材の過剰なふるい通過を促したのではないかと考えている。また、実験 1 と実験 2 で傾向が若干異なるのは、作業員の固有誤差や、骨材の形状の違いによるものではないかと考えている。

以上より、ウェットスクリーニングを伴う作業の入力値として骨材の 5mm 透過百分率を測定する場合は、テーブルバイブレータや練りさじを用いてウェットスクリーニングを模擬すれば、モルタル水分率の誤差を取り除くことができ、単位水量の誤差を数 kg/m^3 にまで減少できる可能性があると考えられる。

3.3 圧縮強度

参考として、圧縮強度試験の結果を図-13 に示す。ここで図中に示す圧縮強度は、空気量 1% の増加につき強度を 5% 減少させた値で示してある。実験 1・実験 2 共に、単位水量測定値と強度に有意な関係は見受けられなかった。

4. まとめ

(1) 骨材の 5mm 透過百分率と単位水量測定値との間には直線的な関係が認められた。

(2) 単位水量測定値とスランプは、骨材粒度が細目に偏ると小さく、粗目に偏ると大きくなり、骨材粒度の変動に左右される。

(3) 骨材の 5mm 透過百分率の測定時に単位水量測定と同様の流れでウェットスクリーニングを模擬することで、ウェットスクリーニングを伴う単位水量測定精度を大きく向上できる。

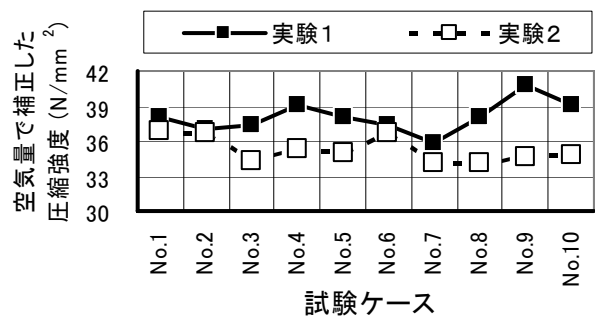


図-13 圧縮強度

謝辞

本実験の実施にあたり、(株)フローリックと日本シーカ(株)の関係各位に多大な御協力をいただいた。付して謝意を表します。

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及び管理システムに関するシンポジウム，2002.12
- 2) 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
- 3) 友澤史紀，梶田佳寛，棚野博之：高周波加熱装置を用いたフレッシュコンクリートの単位水量簡易迅速試験方法の開発，日本建築学会構造系論文報告集第 400 号，pp.1-7，1989.6
- 4) 上西隆ほか：フレッシュコンクリートの単位水量測定方法に関する研究その 1～その 5，日本建築学会大会学術講演梗概集 A-1(北陸)，pp.955-964，2002.8