

土 木 研 究 所 資 料

高温加熱によるフレッシュコンクリートの 単位水量迅速推定方法の検討

平成11年 3月

建 設 省 土 木 研 究 所
材料施工部コンクリート研究室

Copyright © 1999 by P.W.R.I

All rights reserved, No part of this book may be reproduced by any means, nor transmitted, nor translated into a machine language without the written permission of the Director of P. W.R.I.

この報告書は、土木研究所長の承認を得て刊行したものである。
したがって、本報告書の全部又は一部の転載、複写は土木研究所長の承認を得ずしてこれを行ってはならない。

高温加熱によるフレッシュコンクリートの 単位水量迅速推定方法の検討

コンクリート研究室 室 長 河野 広隆
研 究 員 加藤 俊二¹⁾
交流研究員 田中 秀和²⁾
研 究 員 片平 博

要旨

フレッシュコンクリートの単位水量の迅速推定には、これまでに多くの方法が提案されてきているが、測定時間や測定精度等の問題から、実際のコンクリートの受け入れ検査に用いられるには至っていない。

このため、ここではフレッシュコンクリートの単位水量の迅速判定方法として、測定原理が単純で比較的精度の高い加熱乾燥法を選定し、その方法を改善するとともに誤差要因を整理した。さらに、判定時間を短縮するための検討を行ったので、その結果を報告する。

キーワード：品質管理、品質検査、フレッシュコンクリート、単位水量、迅速判定法、加熱乾燥法

1) 現 企画部企画課 企画係長

2) 交流研究員在職期間 (平成9年4月から平成10年3月まで)

はじめに

一般にコンクリートの強度管理は材齢28日の圧縮強度で行われている。このため、実構造物においては、28日後に強度不足が判明した場合、構造物の撤去等に莫大な費用と時間が必要とされる。このため、コンクリートの品質を打設直前に迅速に判定できる試験方法が求められている。

コンクリートの強度は主に水セメント比に影響される。このうち単位セメント量は生コンプラントの計量装置の精度が向上したことや、自動計量記録値で確認できることより簡単に判定できる。一方、単位水量は計量投入される水量に骨材の表面水を加えたものであるが、骨材の表面水は変動しやすく、また、粒度分布等が変化すると、所定のスランプに適合するよう入力表面水率を人為的に微調整するため、練混ぜに用いられた真の水量は明解ではない¹⁾。

これまでにフレッシュコンクリートの単位水量の迅速推定には多くの方法が提案されてきたが、測定時間や測定精度に問題があり、これらの試験方法が受け入れ検査に用いられるには至っていない。このため、ここではフレッシュコンクリートの単位水量の迅速推定法として、測定原理が単純で比較的精度の高い加熱乾燥法を選定し、その手法を改善するとともに誤差要因を整理した。さらに、測定時間を短縮するための検討を行ったので、その結果を報告する。

なお本稿は、平成9～12年度総合技術開発プロジェクト『建設事業の品質管理体系に関する技術開発』における材料・構造物の品質管理技術の開発の一環として、フレッシュコンクリートの品質管理の迅速化を目的として検討を行ったものである。

目 次

はじめに

1. 目的とその背景	1
2. 試験概要	7
2.1 試験概要	7
2.2 試験方法とその装置	8
2.3 使用材料	9
3. 水の乾燥試験	10
3.1 目的	10
3.2 試験方法	10
3.3 試験結果と考察	10
3.3.1 蒸発水量の測定結果	10
3.3.2 試料温度変化の特徴	10
4. ペーストの乾燥試験	13
4.1 目的	13
4.2 試験方法	13
4.3 試験結果と考察	13
4.3.1 乾燥中の質量・温度変化の特徴	13
4.3.2 蒸発水量の測定結果	15
4.3.3 温度変化の特性を利用した最終蒸発量推定の試み	15
5. モルタルの乾燥試験	17
5.1 目的	17
5.2 試験方法	17
5.3 試験結果と考察	18
5.3.1 乾燥中の試料質量・温度変化の特徴	18
5.3.2 蒸発水量の測定結果	19
5.3.3 経過時間と蒸発水量の関係	19

6. コンクリートの乾燥試験	21
6.1 目的	21
6.2 試験方法	21
6.3 試験結果と考察	24
6.3.1 粗骨材量調整コンクリートの乾燥	24
6.3.2 粗骨材の計量誤差・サンプリング誤差の影響	25
6.3.3 コンクリートの配合条件と経過時間が蒸発水量に与える影響	27
6.3.3 ウェットスクリーンモルタルの乾燥	28
7. 回帰計算による測定時間短縮の検討	29
7.1 目的	29
7.2 計算方法	29
7.3 計算結果	31
7.3.1 回帰曲線の比較	31
7.3.2 ウェットスクリーンモルタルに対する回帰	31
7.3.3 コンクリートに対する回帰	31
7.3.4 効果的な単位水量迅速推定法の提案	37
8. 混和剤の影響	39
9. まとめ	41
参考文献	42
添付資料	43

1. 目的とその背景

一般的にコンクリートの強度管理は材齢28日の圧縮強度で行われている。しかしながら、コンクリートの圧縮強度は種々の要因によりばらつくため、施工時にコンクリート強度の発現性を早期に確認する方法が求められ、10数年前より数多く研究されてきた。その試験方法は日本コンクリート工学協会の「コンクリート品質の早期判定指針¹⁾」や日本建築学会の「コンクリートの早期迅速試験方法集²⁾」などにまとめられており、土木研究所においても各種の検討がなされてきた³⁾。これらの試験方法は、表-1~4に示すように、①単位水量、②単位セメント量、③水セメント比の推定、および④コンクリートの促進養生による強度推定に分類される。これらには次に示すような特徴あるいはコスト・手間・時間等に難点があり、現状では受入れ検査にほとんど用いられてこなかった。このため受入れ側では、これらの問題を改善した汎用性の高い品質試験方法が望まれている。

①単位水量の推定試験：測定時間は5分~30分程度と様々である。試料中の各材料の使用量・比重・吸水率等がわかっていることが必要である。水中質量法や絶対容積法では正確な気泡の除去が課題である。乾燥法は比較的精度が高いがウェットスクリーンモルタルでの試験が多く、直接コンクリートを試料とした場合の測定時間の短縮化や精度の向上が望まれている。

②単位セメント量の推定試験：測定時間10~30分程度・試験精度2~5%程度で推定できるが、前準備として検量線（けん濁液とセメント量の関係・けん濁液の比重とセメント量の関係・色差とセメント量の関係など）を求めておくことが必要である。適用できない例として、塩酸溶解熱法では石灰質を含む骨材を用いる場合や、比重計法では微粒分を含む細骨材やフライアッシュ等の細かい粒子を用いる場合などがある。

③水セメント比の推定試験：振動の粘性限界を用いた方法以外は、すべて単位セメント量の推定と単位水量の推定を組み合わせたものである。振動法は測定時間30分程度で簡便に行えるが、極端に単位水量の少ない配合や流動化剤等を用い流動性を変化させたコンクリート、または時間を経過して流動性が低下したコンクリートには適用できない。

④コンクリートの促進養生による強度推定：温水法・煮沸法・自己水和熱法および急結剤法等がある。コンクリートの強度を促進させる場合、養生温度が高いほど早期に推定できるが、強度のばらつきが大きくなる、やけどの心配があるなどの問題点が生じる。逆に、養生温度が比較的低い場合は、短い養生期間ではモルタル部分の強度が小さいので、骨材ととの間の強度差が大きくなり、コンクリートの強度を精度良く推定できない可能性がある。急結剤を用いた方法には40分程度で強度を推定できるものもあるが、この方法では添加後の時間管理が重要であり、1試料で3本の供試体を採取しても予定時間通りに試験できるのはそのうち1本で、残り2本は確認用供試体となる。

一方、コンクリートを製造する側でも、品質のばらつきを押さえるための検討が行われており、その結果、生コンプラントでの計量装置の精度が向上し、単位セメント量や単位水量自体の計量誤差は小さくなってい

る。しかし、単位水量に関しては、骨材表面水の変動に伴う水量の増減や、骨材粒度の変動によるスランプ調整時の入力表面水率の微調整等、計量時の誤差要因や輸送中の蒸発水量や水和結合水などの練混ぜ後の誤差要因が多く含まれている。

このため、コンクリートの品質検査では、誤差要因の多い単位水量を早期に精度良く推定する方法を確立し、この推定法によって単位水量に明らかに異常が認められた場合のみ、急結剤の使用等による促進強度から強度の発現性を確認すればよいと考える。そこで、ここでは、受入れ時にフレッシュコンクリートの単位水量を迅速かつ精度良く推定する方法を検討した。

表-2に示すように、単位水量推定法には多くの方法があるが、今回は、①測定精度が高いこと。②キャリブレーション等の事前の調整が不要であること。③原理が単純で得られる値に信頼性があること等を考慮し、加熱乾燥による迅速推定法に着目した。この方法では近年、建設省北陸技術事務所が減圧効果を併用した方法で測定装置を開発するなど、一部で実用化に向けた検討も行われている⁹⁾。ここでは加熱乾燥法の基本的な特性と誤差要因を実験によって把握し、効率的な測定方法を提案するとともに、測定時間短縮の検討を行ったので、その結果を報告するものである。

表-1 単位セメント量の迅速推定

N0.	試験方法	試験規格	原理および特徴	前準備	適用できない場合	試験時間 精度	コメント
1	塩酸溶解熱法	JCI-SE1, AIJ試験法	ウェットスクリーンモルタルに一定量の塩酸を加え溶解熱を測定する。溶解熱はセメント量に比例する。	セメント量とモルタルけん濁液の関係(検量線)、断熱容器	石灰質を含む骨材	15分、2%	
2	比重計法	JCI-SE13, AIJ試験法	ウェットスクリーンモルタルに水を加えてかき混ぜてできたけん濁液の比重はセメント量に比例する。	けん濁液の比重からモルタル中のセメント量を求める検量線を作成しておく	細骨材の微粒分が多い場合、フライアッシュなど粒子の細かいコンクリート	15分、5%	骨材微粒分、セメント以外の微粒子不可
3	逆滴定法	JCI-SE10, AIJ試験法	ウェットスクリーンモルタルに一定量の塩酸を加えて酸性液とし、水酸化ナトリウム溶液で中和滴定する。中和量はセメント量と反比例する。	水酸化ナトリウム溶液の滴定量とセメント量の間係をを求める	石灰質を含む骨材	30分、2%	
4	簡易逆滴定法		原理は逆滴定と同じ。中和に必要な滴定量を予備試験により求めておき、上澄み水の色によりセメント量の大小を判断。	一定容積のモルタル中のセメント量の中和に必要な水酸化ナトリウム量、微小モルタル採取用特殊サンブラー	石灰質を含む骨材	15分、5%	色の判定時期(放置時間)に注意が必要
5	色差計法		コンクリートに所定量の水を加え、カルセインを指示薬として着色し、上澄水の色差を測定	色差とセメント量の関係式			色差計が高価
6	加熱破碎法		ウェットスクリーンモルタルを電子レンジで加熱し、手で破碎し、88μmフル通過分をセメント量とする。		微粒分を多く含むコンクリート		実績が少ない
7	自動洗い試験機による方法	JCI-SE8, AIJ試験法	コンクリートを水洗い分析して、スリ-水中のセメント分を凝集・沈殿させてその質量よりセメント量を推定する。	実験によりセメント量を求める計算式が必要		10分、2.5%	輸入の機械あり
8	調合分析装置による方法		自動洗い装置により洗浄し、セメントを水中に沈殿させ、次に乾燥させて求める。				専用装置あり

表-2 単位水量の迅速推定

N0.	試験方法	原理および特徴	前準備	試験時間 精度	コメント
9	加熱乾燥法	ウェットスクリーンモルタルをガスコンロ・電熱器・赤外線乾燥器などを用いて加熱し、乾燥後の質量より水量を求める。	細骨材の吸水率を実験により、求めておき補正する	20～30分、 2%	原理が単純である 火傷に注意
10	高周波誘電加熱法	ウェットスクリーンモルタルを電子レンジを用いて加熱し、乾燥減量から水量を求める。	同上	30分	マイクロ波により若干水和が進行する バラツキがしやすい
11	空気中質量と水中質量の差による方法	ウェットスクリーンモルタルの空中質量を水中質量の差よりセメント、骨材の水中質量を計算より求め差し引いて水量を求める。	セメント、砂、砂利の使用量と比重	10分、 3%	気泡の除去が完全でないとばらつきが大きくなる
12	絶対容積の差による方法	コンクリートまたはウェットスクリーンモルタルの空気を追い出した容積を求めこれより、セメント・骨材の絶対容積を差し引いて水量を求める。	セメント、砂、砂利の使用量と比重	誤差が大きい	気泡の除去が完全でないとばらつきが大きくなる
13	アルコールと比重計による方法	コンクリートにエチルアルコールを加えてかき混ぜると、コンクリートの水量に比例してエチルアルコールの濃度が低下することを用い、エチルアルコール水溶液の比重よりコンクリート中の水量を推定。	骨材内部の水の影響、セメントの一部がエチルアルコール水混合液に溶解する影響、温度による影響	20分、 5%	前準備に述べた影響が明らかでないと精度が悪くなる
14	塩分濃度の変化による方法	コンクリートに一定量のNaCl水溶液を加えよく攪拌し、塩分濃度屈折計を用いて塩分濃度を測定、濃度変化より単位水量を算定			係数を求めるための予備試験が必要 温度による補正が必要
15	中性子水分計	コンクリート中の水素量と高速中性子減衰量の関係を利用、コンクリートのまま15kg程度用いる	骨材吸水率および強熱減量		装置が高価(200万程度)

表-3 水セメント比の迅速推定

N O.	試験方法	試験規格	原理および特徴	前準備	適用できない場合	試験 精度	コメント
16	塩酸溶解熱法（水中質量）	JCI-SE1, AII試験法	塩酸溶解熱よりセメント量を、水中質量法より単位水量を測定算出し、水セメント比を求める。	市販器具使用により、モルタル中のセメント量と上昇温度の関係の検量線不要	石灰質を含む骨材	25分、2 %	セメント空隙比より強度推定（誤差4%）
17	比重計と絶対容積		比重計法よりセメント量を、水中質量より水量を求める。	けん濁液の比重からモルタル中のセメント量を求める検量線を作成しておく	細骨材の微粒分が多い場合、粒子の細かい混和材	30分、5 %	
18	比重計法と遠心脱水機		比重計によりセメント量を、遠心脱水により骨材量を、計算によって水量を求める	けん濁液の比重からモルタル中のセメント量を求める検量線を作成しておく	細骨材の微粒分が多い場合、粒子の細かい混和材		
19	モルタルを用い遠心脱水と洗い試験	JCI-SE7, AII試験法	ウェットスクリーンモルタルを遠心脱水し水量を求める。特殊濾紙を用いてモルタルを水洗いし失われた量からセメント量を求める。	セメントや細骨材の付着水や泥分の影響		30分、3 %	市販の遠心機あり
20	遠心脱水機と洗い試験	JCI-SE6, AII試験法	コンクリートを用いる以外上記方法と同じ、コンクリートから直接単位セメント量や水セメント比を求めることができる	セメントや細・粗骨材の付着水、泥分の影響		20分	市販専用遠心機あり
21	調合分析装置		コンクリートを自動洗浄しセメント量を求める。水量は試料量からセメント・細骨材量を差し引き求める。			30分	自動洗い分析装置が必要
22	塩分濃度の変化と比重計法		コンクリートを用い、塩分濃度法より水量を、比重計法よりセメント量を求める。	けん濁液の比重からモルタル中のセメント量を求める検量線を作成しておく	細骨材の微粒分が多い場合、粒子の細かい混和材		同一試料で試験実施、手作り装置が提案されている
23	高周波誘電加熱法と加熱破碎法		ウェットスクリーンモルタルを用い、高周波誘電加熱法より水量を加熱破碎法よりセメント量を求める。			1 %	同一試料で試験可能
24	振動の粘性減衰		コンクリートに単一正弦振動を発生する装置を挿入し、 η' - σ 濃度によって定まる振動減衰の程度より水セメント比を求める。 η' の影響、粗骨材の影響を受けることなく水セメント比が測定できる		普通コンでもスランプ、W/Cにより制限あり、混和剤により粘性の変化したコンクリート	3分	市販の測定器あり（パイロフエッカー）
25	炎光光度法		コンクリート試料を洗い分析してつくったセメントけん濁液中のセメント粒子を硝酸で溶解し、カルシウム濃度を炎光光度計で分析	セメント標準溶液による検量線			塩化ナトリウムの逆滴定により水量を求める
26	モルタル試料のセメント空隙比試験	JCI-SE2	試料の体積と空気を含まない試料の体積からセメント空隙比を求める	セメント空隙比と28日強度との関係式		30分、4 %	

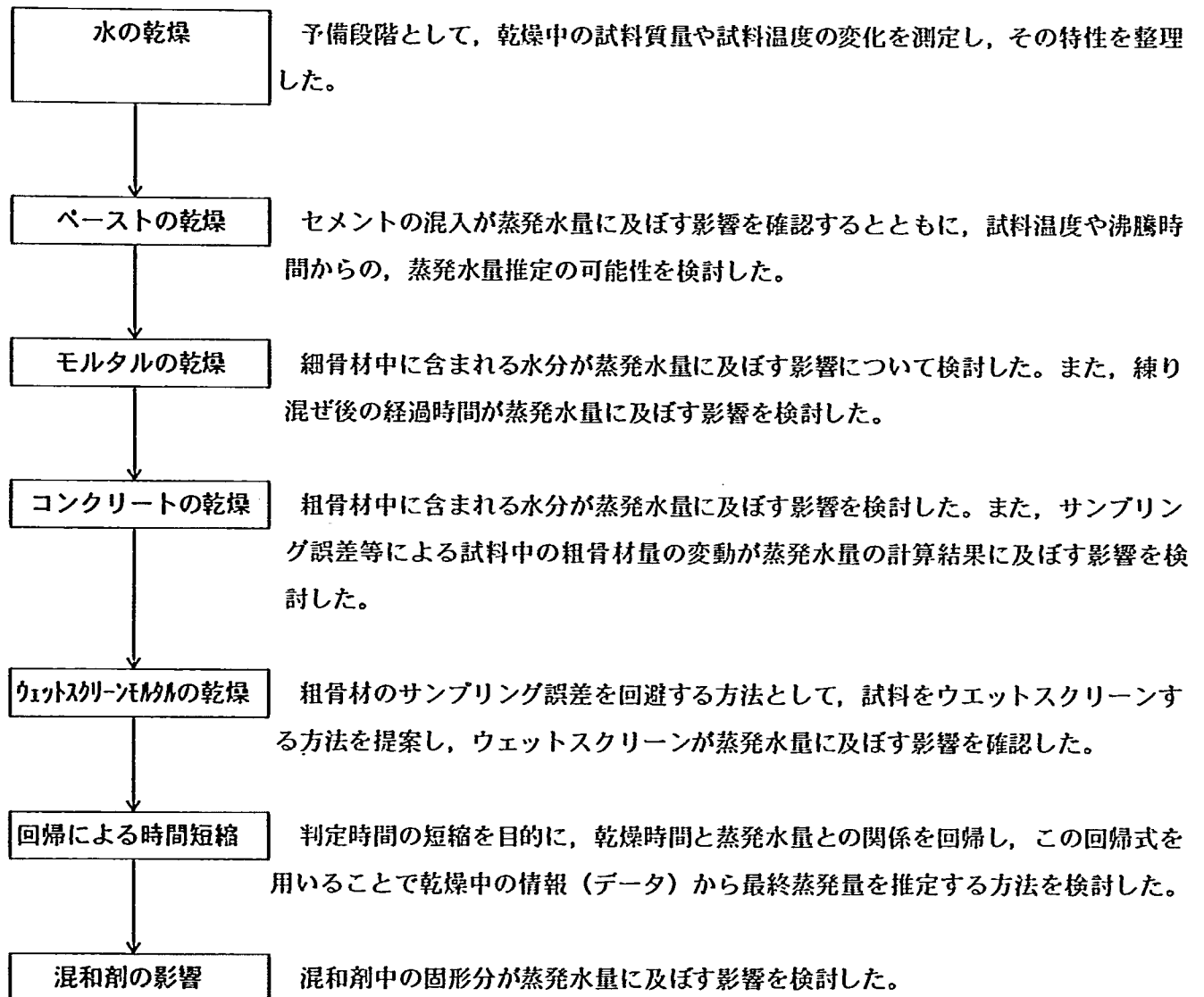
表-4 促進強度試験方法

N0.	試験方法	試験規格	原理および特徴	前準備	試験時間 精度	コメント
27	自己水和熱(24時間)法		断熱容器中に成型したコンクリートを入れ24時間で強度試験を実施、促進強度が小さいので推定式の精度が低い	特別な加熱装置が不要	24時間、 7 %	水セメント比、スランプを用いた重回帰式より推定精度3.4%程度
28	自己水和熱(48時間)法	ASTM C-684	上記方法により48時間で強度試験を実施、24時間試験より精度は高い。	特別な加熱装置が不要	48時間	
29	温水(35℃)法	ASTM C-684	養生時間が短い(23.5時間)ため誤差大きい	35℃温水養生槽	23.5時間	
30	温水(40℃)法	JIS A 1805	7日サケは社会活動に好都合、強度比が標準28日に近い。安全である。コストが安い。	40℃温水養生槽	7日	
31	温水(55℃)法	JCI-SE14, AIJ試験法	コンクリート打設後すぐ「パッパ」し、密閉した供試体を養生時間20.5時間で試験する。	55℃温水養生槽	24時間、 6 %	
32	温水(70℃)法	JCI-SE4, AIJ試験法付録	コンクリート打設後18±6時間放置、24±1時間70℃で養生し冷却後直ちに試験を行う。	70℃温水養生槽	約42±8時間	火傷に注意
33	煮沸(即日)法		密閉ふたを持つ供試体にコンクリートを打設し、3~4時間煮沸し、5時間材齢で試験する。推定精度は低い、早期に結果が得られる		5時間、 10%	火傷に注意
34	煮沸(28.5時間)法	ASTM C-684	密閉ふたをもった型枠に成型したコンクリートを材齢5時間まで21℃中に静置し、23.5時間100℃水中で養生して、冷却し試験する。煮沸即日法より精度がよい		28.5時間	火傷に注意
35	密閉拘束高温炉中養生法		完全密閉拘束型枠を用い、コンクリートを成型し、密封後電気高温炉で2~3時間養生し、型枠を付けたまま冷却し、脱型後直ちに圧縮強度試験する。炉の温度コントロール、供試体の配置に配慮		3~4時間	火傷に注意
36	密閉拘束高温油中養生法		上記試験と同様であるが、養生を150~180の油中で行う		1.5~3時間	高温油中の出し入れ危険
37	急結剤+ランマ		コンクリートに規定量の急結剤を混入し、ランマで成型し、40分後脱型し、極初期強度を求める。		40分	
38	急速硬化法	JCI-SE3	ウェットスクリーンメッシュに急結剤を混入し成型し、50分間80℃で促進養生した後圧縮強度試験を実施。	65~85℃高温養生装置	1時間、 10%	火傷に注意
39	マイクロ波照射法		マイクロ波を透過する拘束型枠を用い打設後、マイクロ波を照射し促進養生する。			

2. 試験概要

2.1 試験概要

本試験では、加熱乾燥法を用いて、フレッシュコンクリート中の水量を迅速かつ精度良く推定することを目的として、まず始めに各材料が単位水量の判定結果に及ぼす影響を調査し、次にコンクリートの合理的な単位水量測定法、および測定時間の短縮について検討した。試験の概略を以下に示す。



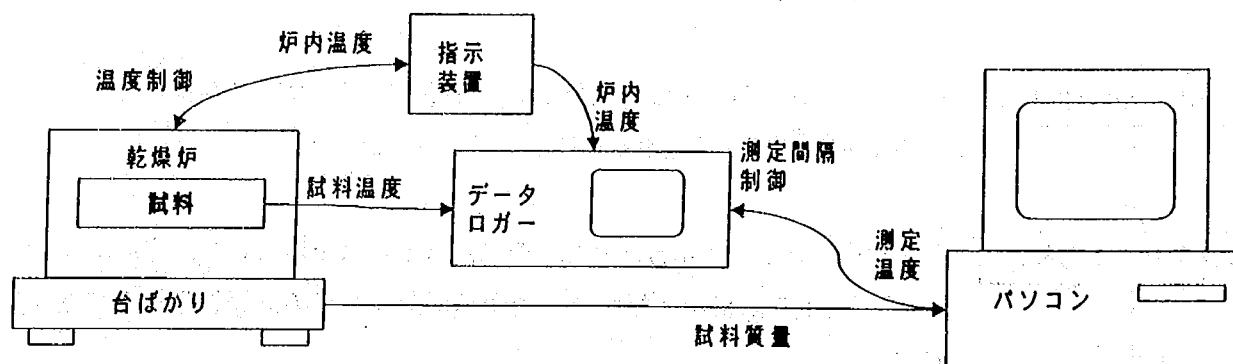
2.2 試験方法とその装置

ここで検討した試験方法は、予熱した乾燥炉にフレッシュな試料を入れ、乾燥前後の質量差より試料中の水量を測定するものである。

図－1 に示すように、試験装置は乾燥炉（炉内最高温度450℃）、台ばかり（秤量30kg、感量0.1g）、指示装置（炉内温度制御、炉内温度表示）、データロガーおよびパーソナルコンピュータからなる。

乾燥炉に使用している黒鉛ブロックは600～700℃で熱すると二酸化炭素に変化してしまうおそれがあるため、最高温度を450℃とした。また、乾燥炉は現場間での持ち運びが可能な質量（17kg程度）とし、乾燥炉内の密封性を高め残留水分を極力少なくするとともに、乾燥途中の試料質量・試料温度をパソコンに取り入れられるものとした。

本試験では、完全に乾燥するまでの試料質量、試料温度および炉内温度を10秒刻みに測定した。



図－1 試験装置

2.3 使用材料

本実験に使用した材料を以下に示す。

2.3.1 セメント

実験に用いたセメントは普通ポルトランドセメントである。その化学成分および物理的性質を表-5 および表-6 に示す。

表-5 セメントの化学成分

酸化マグネシウム (%)	三酸化硫黄 (%)	強熱減量 (%)	全アルカリ (%)	塩化物イオン (%)
1.2	2.1	1.3	0.67	0.005

表-6 セメントの物理的性質

密度 (g/cm ³)	比表面積 (cm ² /g)	凝結			安定性	圧縮強さ (N/mm ²)		
		水量 (%)	始発 (h-min)	終結 (h-min)		3d	7d	28d
3.16	3470	28.1	2-15	3-15	良	29.1	44.2	60.2

2.3.2 骨材

骨材の種類と物理的性質を表-7 に示す。

表-7 骨材の物理的性質

	産地	種類	表乾比重	吸水率(%)	粗粒率
細骨材	大井川水系	陸砂	2.60	1.53	2.92
粗骨材	笠間産	碎石2005	2.66	0.84	6.50

2.3.3 混和剤

混和剤にはリグニン系のAE減水剤およびポリカルボン酸系の高性能AE減水剤を使用した。

2.3.4 水

コンクリートの練混ぜには水道水を用いた

3. 水の乾燥試験

3.1 目的

水が乾燥するときの質量変化や温度変化の特徴を把握するとともに、これらの測定値から試料水量を早期に推定できる可能性について検討した。

3.2 試験方法

試料水量および炉内温度が蒸発水量に及ぼす影響を調査するため、試料水量は500, 600, 700gの3水準、炉内温度は250, 350, 450℃の3水準を設定し、乾燥に至るまでの温度変化と重量変化を測定した。

3.3 試験結果と考察

3.3.1 蒸発水量の測定結果

図-2に試料質量の変化を示す。水分の乾燥に必要な時間は、試料水量が少なく、炉内温度が高いほど短くなった。また、試料水量が一定(500g)の場合は炉内温度が高くなるほど蒸発水量の傾きが大きくなるが、炉内温度が一定(450℃)の場合はいずれの試料水量でもほぼ同じ傾きを示した。すなわち、水の乾燥試験において乾燥中の蒸発水量の傾きの大小により試料水量を推定することは困難と考える。

3.3.2 試料温度変化の特徴

図-3に沸騰までの試料温度の変化を示す。沸騰するまでの試料温度は曲線的に上昇しているので、100℃までの試料温度を2次曲線($y=ax^2+bx+c$)で回帰し、この回帰係数(a, b, c)と試料水量との関係を調査した。図-4に2次曲線の各回帰係数と試料水量との関係を示す。回帰係数aは試料水量と高い相関性を示しているが、試料の違いによる差は小さいようである。また、回帰係数b, cの試料水量に対する相関は低く、明瞭な傾向は認められなかった。

続いて、試料の沸騰開始時間・沸騰終了時間、乾燥終了時間、平衡時間(試料温度が100℃一定となっている時間)と試料水量との関係を図-5に示す。これより、試料水量は平衡時間と相関性が高く、 $r^2=0.98$ 程度である。このことから、最終的な乾燥試料質量を迅速に推定する方法として、平衡時間を利用することが考えられる。

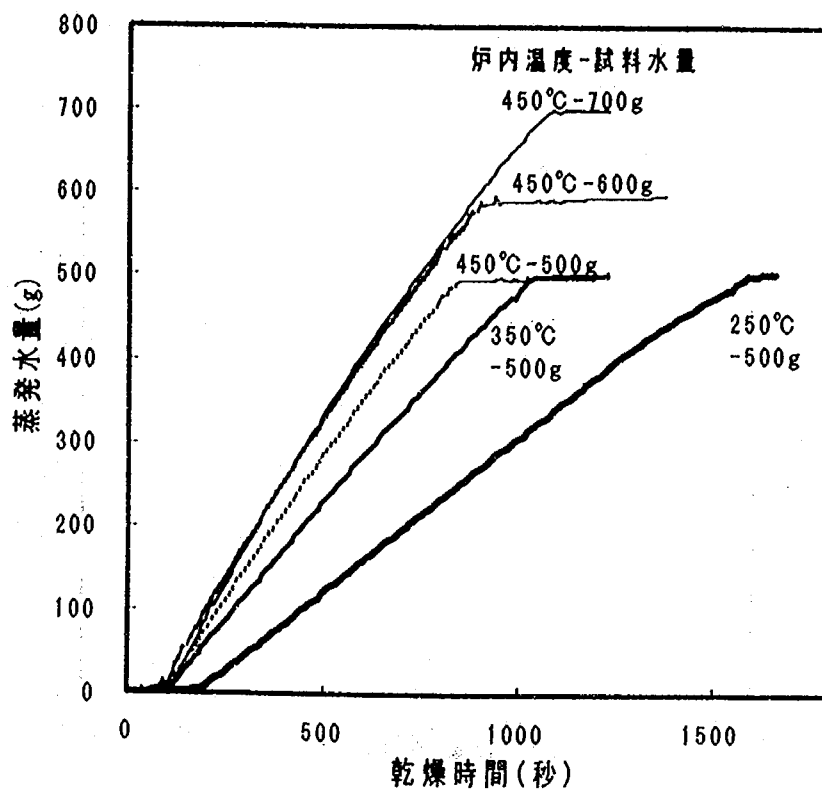


図-2 試料質量の変化(水)

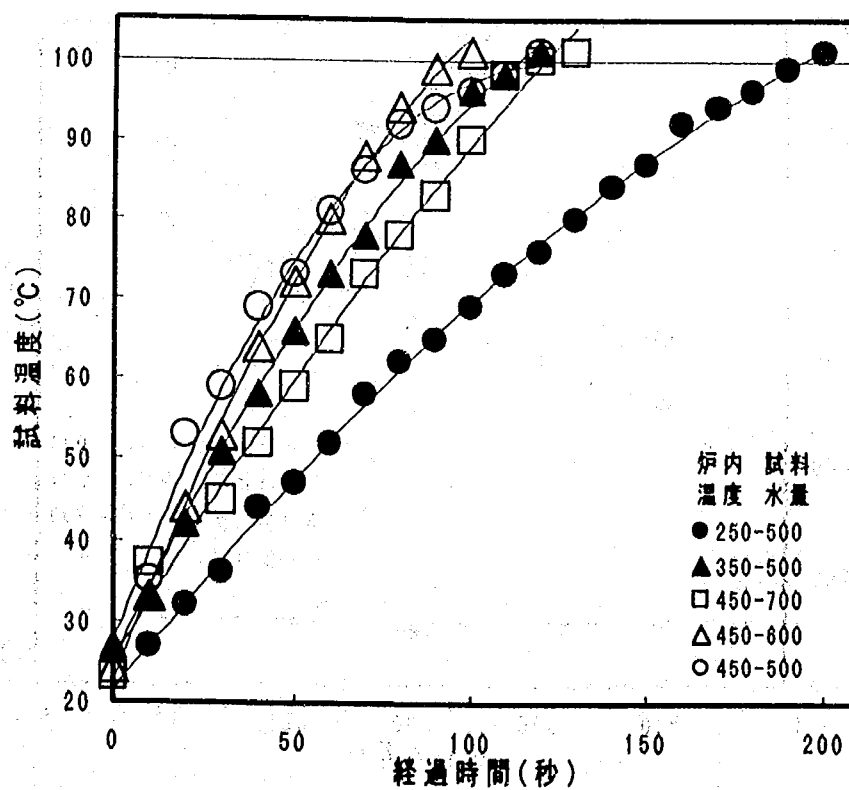


図-3 沸騰までの試料温度変化(水)

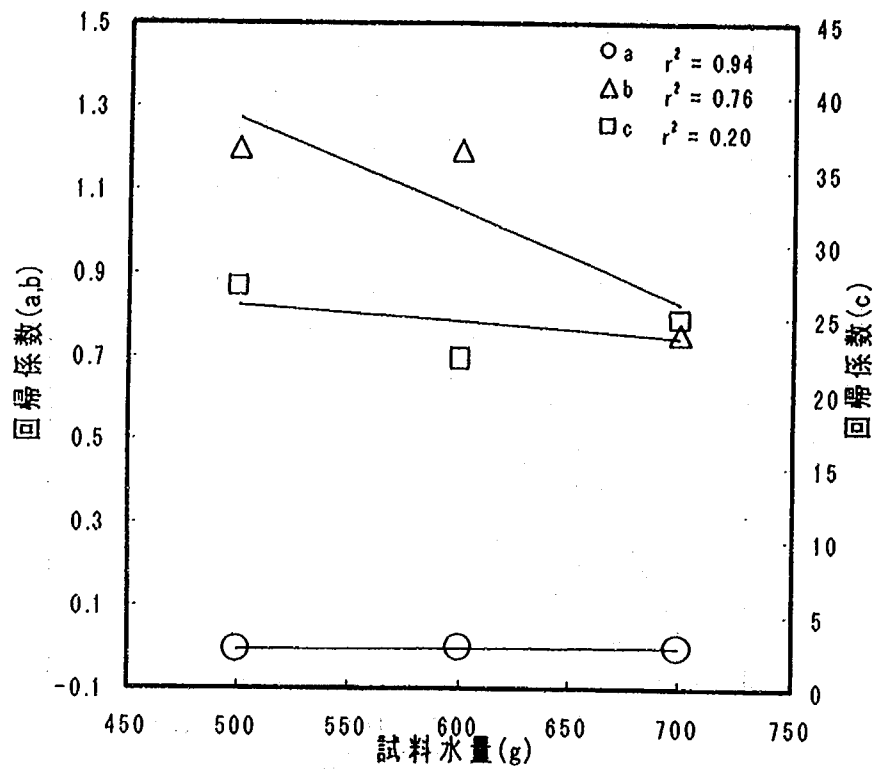


図-4 試料水量と回帰係数の関係 (水)

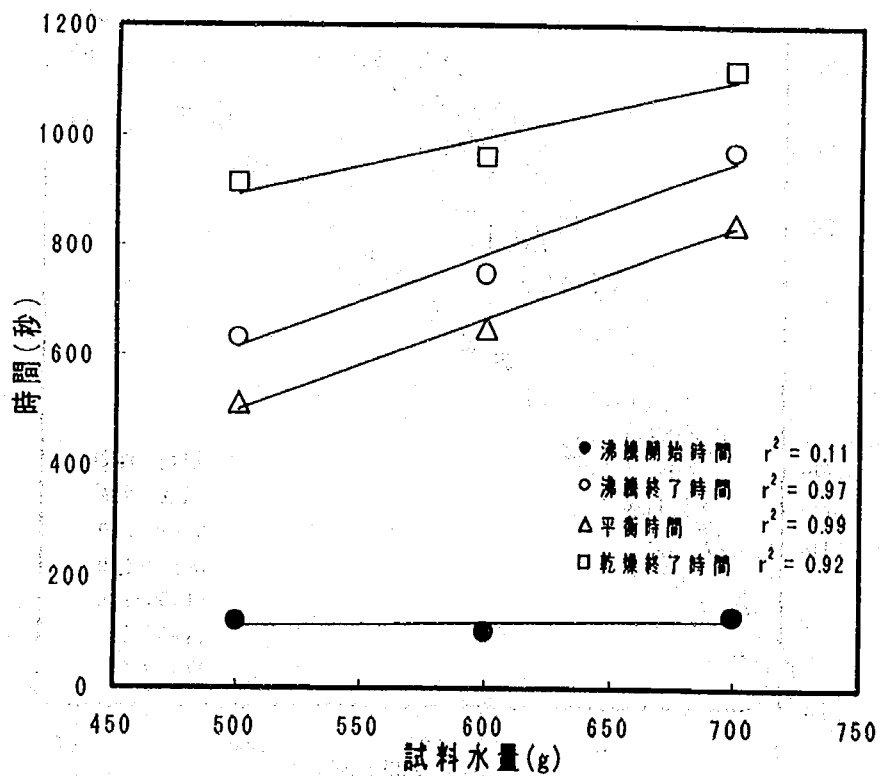


図-5 試料水量と沸騰時間の関係 (水)

4. ペーストの乾燥試験

4.1 目的

セメントペーストを乾燥させることにより、セメントの混入が蒸発水量に及ぼす影響を確認するとともに、試料温度の回帰係数や平衡時間から蒸発水量を推定することが可能かどうかについて検討した。

4.2 試験方法

セメントペーストの配合は表-5に示す4配合とした。

表-5 セメントペーストの配合

配合 NO.	W/C (%)	単位量 (kg/m ³)		
		W	C	AE減水剤
1	40	259	648	2.02
2	50	259	519	1.62
3	60	257	428	1.34
4	70	253	362	1.13

試料容積が少ないほど乾燥時間は短くなるが、少なすぎると水分の蒸発により温度計(熱伝対)が露出してしまい、試料温度を正確に測定できなくなるおそれがあるため、試料容積は1ℓ(1,000ml)を基本とし、比較のために600mlと800mlについても実施した。

炉内温度は水の乾燥試験結果から明らかなように高いほど乾燥時間が短くなるため、以降の試験はすべて炉内温度450℃で実施した。

また、練り上がり後の水和反応による経時変化を確認するため、測定は練混ぜ直後の他に60分放置後についても実施した。

4.3 試験結果と考察

4.3.1 乾燥中の質量・温度変化の特徴

セメントペーストを蒸発させた場合の蒸発質量、試料温度、炉内温度の測定結果の一例を図-6に示す。これによると、試料温度は100℃まで上昇した後に平行状態となるが、その後再び上昇し、試験終了時点では250℃に達している。水分の蒸発は試験開始直後は少なく、試料温度が100℃に達する付近から活発になり、徐々に収れんする傾向を示している。また、炉内温度は多少低下する傾向を示した。

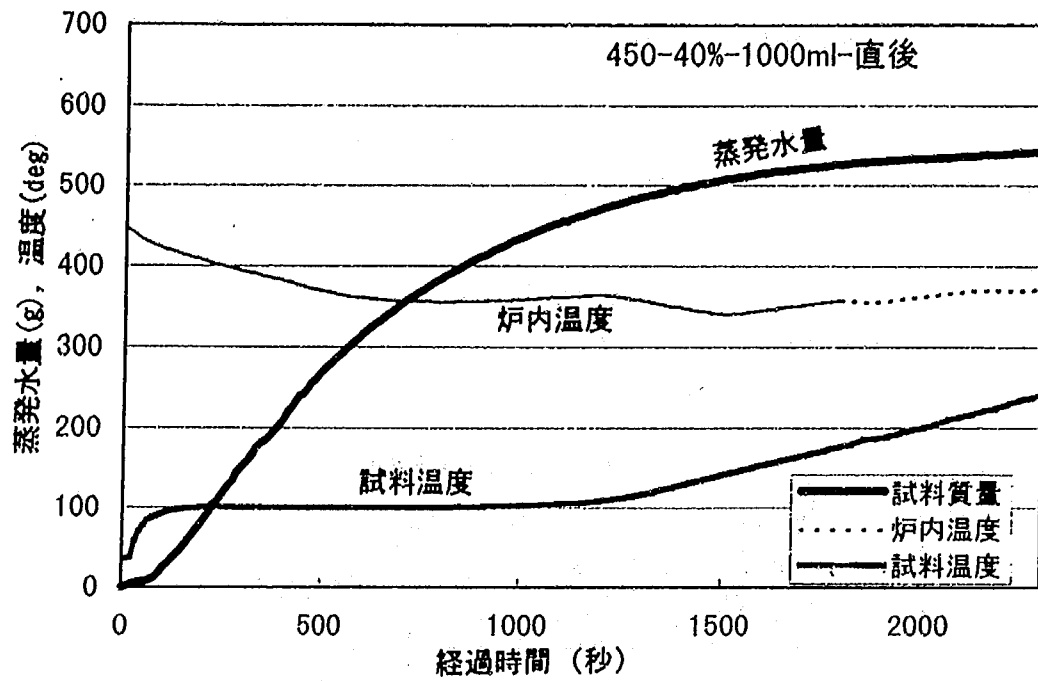


図-6 ペーストの乾燥試験結果の例

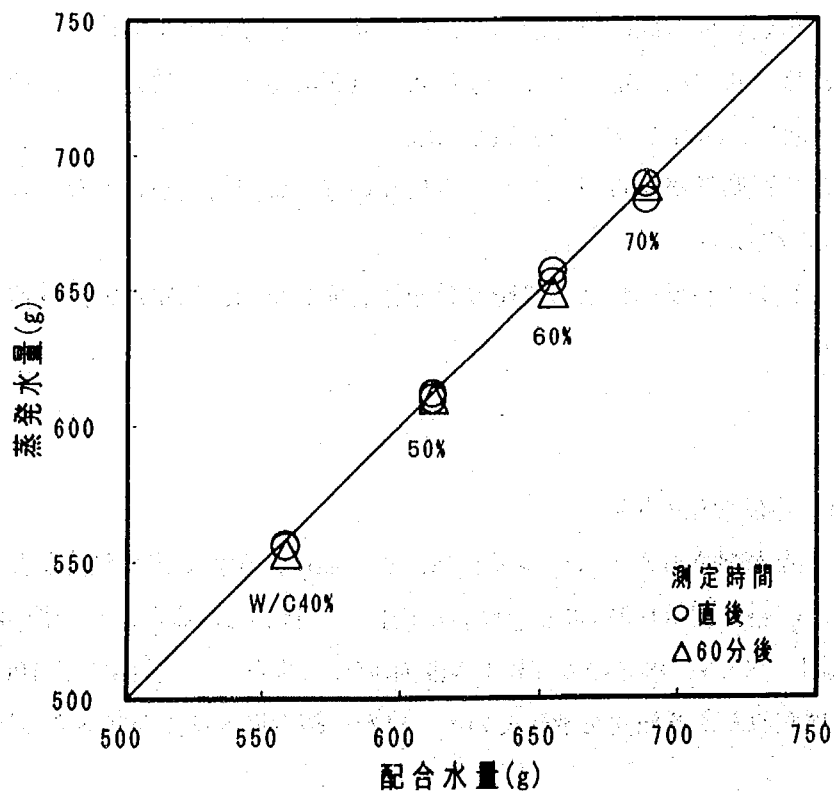


図-7 配合水量と蒸発水量の関係 (ペースト)

4.3.2 蒸発水量の測定結果

各配合の1%試料を乾燥させた場合に蒸発水量を本来の配合水量と比較した結果を図-7に示す。いずれの水セメント比においても蒸発水量は配合水量に対して±1%の精度で推定されている。なお、図-7には練り混ぜ直後と60分経過後の双方の値を示しているが、双方の値はよく一致しており、セメントの水和による結合水の影響はほとんどみられなかった。

4.3.3 温度変化の特性を利用した最終蒸発量推定の試み

W/C=40および70%の配合で、試料容積を600, 800および1,000mlとしたときの100℃までの温度上昇曲線を2次曲線($y=ax^2+bx+c$)で回帰し、この回帰係数(a, b, c)と試料水量との関係を図-8に示すが、試料水量との明確な関係は認められなかった。次に、試料の沸騰開始時間、沸騰終了時間、平衡時間(試料温度が100℃で一定となっている時間)と試料水量との関係を図-9に示す。水の乾燥では試料水量と平衡時間との間に高い相関が認められたが、セメントペーストではその関係は認められなかった。この理由としては、セメントペーストは水と異なり場所によって濃度にバラツキがあり、温度計による測定値が試料の代表温度を必ずしも捉えていないことが考えられる。

これらのことから、試料温度の平衡時間や沸騰までの温度上昇曲線を2次曲線で回帰した係数を用いる方法では、乾燥終了前に試料水量を推定することは困難と考えられる。

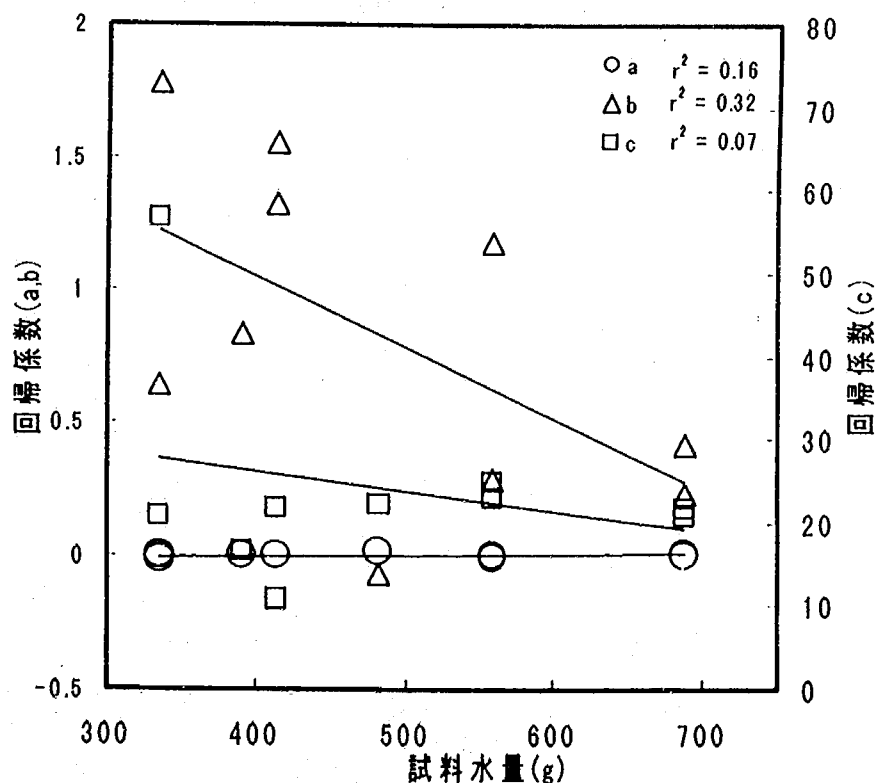


図-8 試料水量と回帰係数の関係 (ペースト)

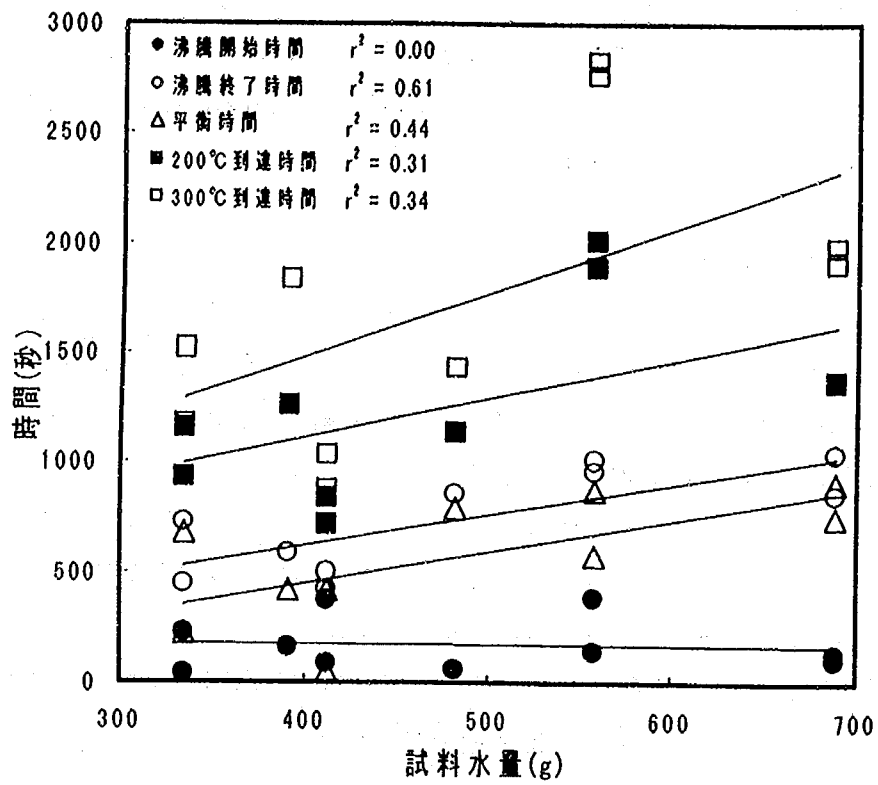


図-9 試料水量と沸騰時間の関係 (ペースト)

5. モルタルの乾燥試験

5.1 目的

モルタルを乾燥させ、細骨材中に含まれる水分や経過時間によるセメントの水和反応が蒸発水量に及ぼす影響について検討した。

5.2 試験方法

モルタルの配合は次章で述べるコンクリートの配合から粗骨材を除いた配合とし、表－9に示す通りとした。表中のスランブの値はそのモルタルの配合に対応したコンクリートのスランブである。

表－9 モルタルの配合

配合 NO.	スランブ (cm)	空気量 (%)	W/C (%)	s/a (%)	単位量 (kg/m ³)			
					W	C	S	AE減水剤
1	4	6.0	40	42	259	648	1237	2.02
2			50	44	259	519	1343	1.62
3			60	46	257	428	1424	1.34
4			70	48	253	362	1488	1.13
5	8	6.0	40	42	269	672	1193	2.10
6			50	44	269	538	1301	1.68
7			60	46	267	445	1383	1.39
8			70	48	264	376	1449	1.18
9	12	6.0	40	42	278	694	1151	2.17
10			50	44	279	558	1260	1.74
11			60	46	277	462	1344	1.44
12			70	48	274	391	1411	1.22
13	18	6.0	40	42	288	719	1104	2.25
14			50	44	289	579	1216	1.81
15			60	46	288	480	1301	1.50
16			70	48	285	407	1369	1.27

乾燥試験に用いる試料容積はセメントペーストの試験と同様に1ℓとした。また、経過時間による水和結合水の影響をみるため、測定開始時間は練り混ぜ直後、30、60、90分後とした。

なお、モルタル中に含まれる水量を推定する際には、骨材中の水分の影響を考慮に入れ、理論的な配

含水量に対する蒸発水量を次式で補正した。以下、この値を補正蒸発量という。

$$W_m = (M_0 - M_1) / M_0 \times M_m - S \times Q_s / (1 + Q_s) \dots\dots\dots (1)$$

ここに、 W_m ：モルタル中の補正蒸発量(kg)

M_0 ：乾燥前の試料質量(g)

M_1 ：乾燥後の試料質量(g)

M_m ：モルタル単位容積質量(kg/m³)

S ：単位細骨材量(kg/m³)

Q_s ：細骨材の吸水率(%)

5.3 試験結果と考察

5.3.1 乾燥中の試料質量・温度変化の特徴

モルタルを乾燥させた場合の蒸発水量，試料温度，炉内温度の変化の一例を図-10に示す。傾向としてはセメントペーストと同様であるが，配合水量がセメントペーストに比較して少ない分だけ，乾燥に要する時間は短くなっている。モルタル1%の乾燥時間は最大で25分程度であった。

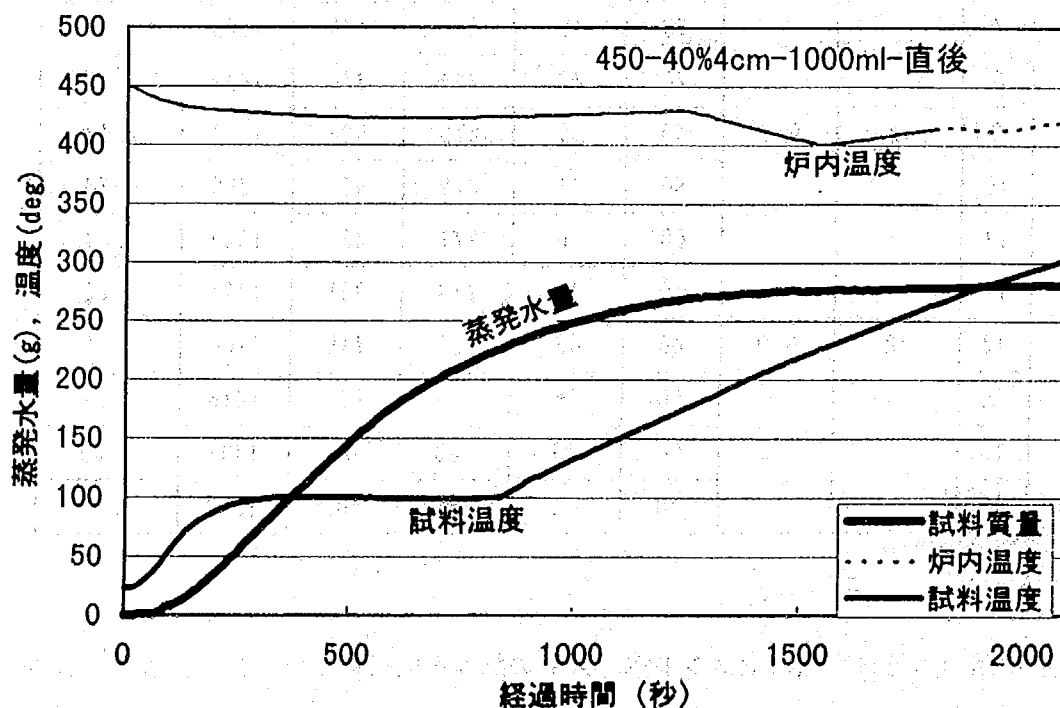


図-10 モルタルの乾燥試験結果の例

5.3.2 蒸発水量の測定結果

図-11にモルタルの配合水量と補正蒸発量の関係を示す。いずれの配合においても、試料の補正蒸発量は配合水量の1%以内の精度で推定された。つまり、試料にモルタルを用いた場合、細骨材中に含まれる水分は試験時間内（25分程度）にほとんど完全に蒸発したと考えられ、細骨材の使用量と吸水率があらかじめわかっているならば、式(1)を用いることで試料中の水量を正確に推定することが可能であると考えられる。

5.3.3 経過時間と蒸発水量の関係

図-12にモルタルの練混ぜ後の経過時間と蒸発率（蒸発率(%)=補正蒸発量/配合水量×100）の関係を示す。いずれの水セメント比でも、時間の経過に伴い、蒸発率はわずかに小さくなる傾向を示したが、その減少量は練混ぜ後90分で0.7%（水量で1.0～1.2kg/m³）程度であった。また、水セメント比が小さくなるほど試料中のセメント量が多くなり、水和による結合水量の影響が多くなると考えられるが、本試験ではその傾向は見られなかった。

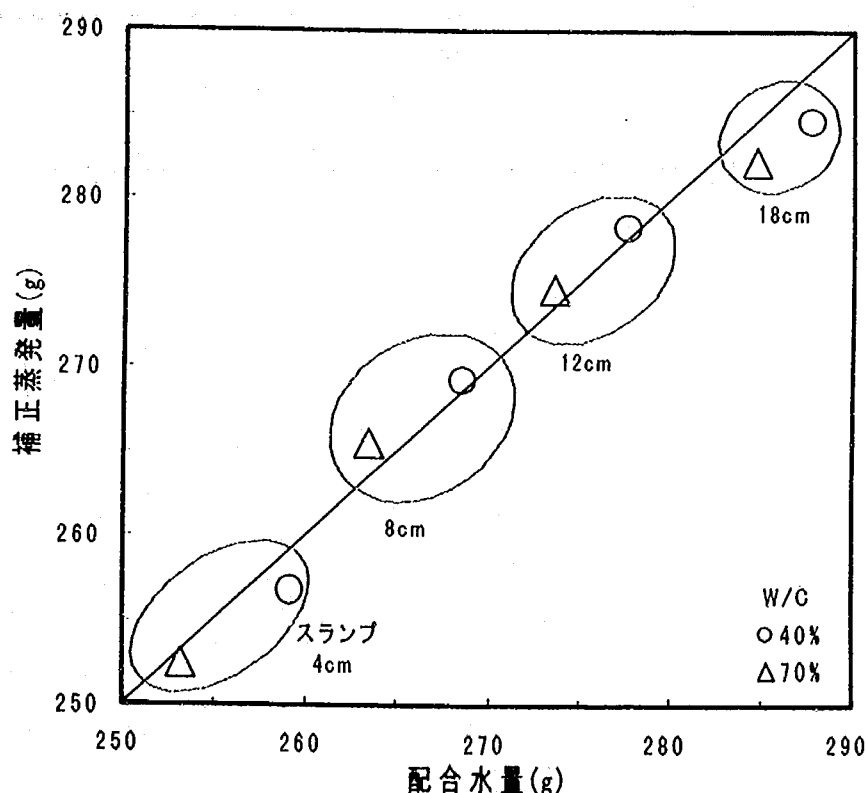


図-11 配合水量と補正蒸発量の関係（モルタル）

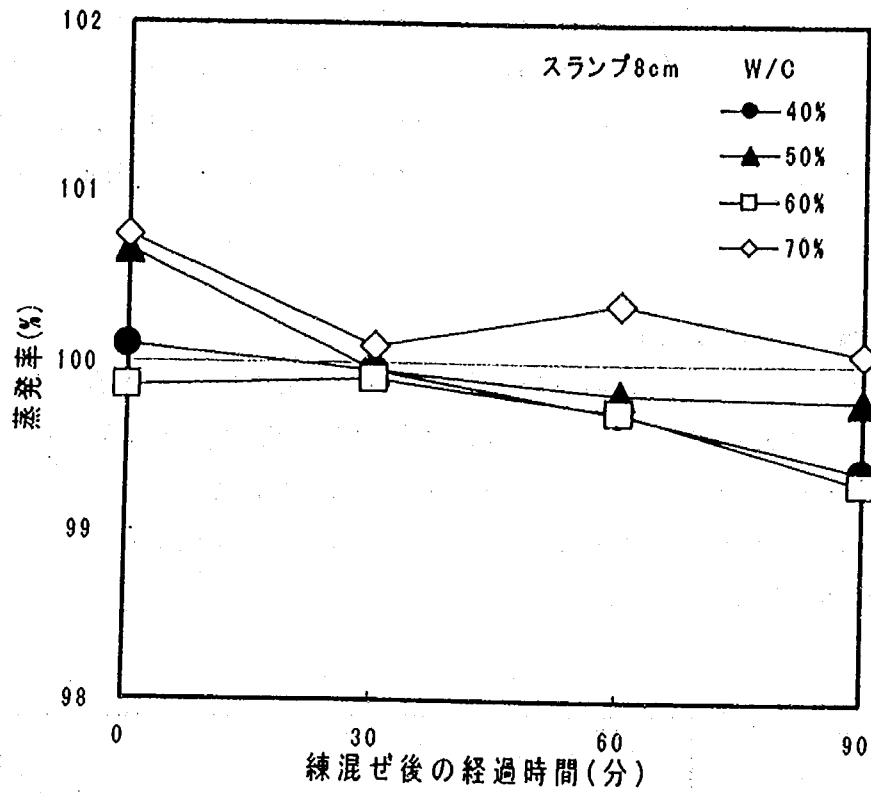


図-12 練混ぜ後の経過時間と蒸発率の関係 (モルタル)

6. コンクリートの乾燥試験

6.1 目的

試料にコンクリートを用いた場合、プラントの計量誤差やサンプリング誤差により試料中の粗骨材量は大きく変動し、補正蒸発量の計算結果に影響を及ぼすものと考えられる。そこで、これらの計量誤差やサンプリング誤差の影響を実験的に検証した。次に、誤差を低減する方法として、洗い出しによる粗骨材重量の補正と、ウェットスクリーンモルタルによる方法について検討した。

6.2 試験方法

コンクリートの配合は表-10に示すとおりとした。

表-7 コンクリートの配合

配合 NO.	スランブ (cm)	空気量 (%)	W/C (%)	s/a (%)	単位量 (kg/m ³)					空気量調 整剤(%)
					W	C	S	G	AE減水剤	
1	4	4.5	40	42	155	388	740	1045	1.21	0.005
2			50	44	155	310	803	1046	0.97	0.005
3			60	46	155	258	859	1032	0.81	0.005
4			70	48	155	221	911	1010	0.69	0.005
5	8	4.5	40	42	163	408	724	1023	1.27	0.005
6			50	44	163	326	788	1026	1.02	0.005
7			60	46	163	272	844	1014	0.85	0.005
8			70	48	163	233	896	994	0.73	0.005
9	12	4.5	40	42	171	428	708	1001	1.34	0.005
10			50	44	171	342	773	1007	1.07	0.005
11			60	46	171	285	830	997	0.89	0.005
12			70	48	171	244	882	977	0.76	0.005
13	18	4.5	40	42	180	450	691	976	1.41	0.005
14			50	44	180	360	756	985	1.13	0.005
15			60	46	180	300	813	977	0.94	0.005
16			70	48	180	257	866	959	0.80	0.005

試験は以下の方法で実施した。

(1) 粗骨材量調整コンクリートの試験

試料中の粗骨材量が本来の配合どおりとなるように調整したコンクリート（以下、粗骨材量調整コン

クリートという)を乾燥させ、粗骨材中の水分が蒸発水量に及ぼす影響を確認した。ここでは、コンクリート1%分の粗骨材量を正確に計量し、別に練り混ぜたモルタルとあわせて1%のコンクリート試料とした。使用したコンクリートの配合は表-10に示す16配合とし、練り混ぜ直後の試料を用いて乾燥試験を実施した。

試験結果から、単位水量は次式によって求められる。

$$W_c = (M_0 - M_1) / M_0 \times M_c - (S \times Q_s / (1 + Q_s) + G \times Q_g / (1 + Q_g)) \dots\dots\dots (2)$$

ここで、 W_c ：コンクリート中の補正蒸発量(kg)

M_0 ：乾燥前の試料質量(g)

M_1 ：乾燥後の試料質量(g)

M_c ：コンクリート単位容積質量(kg/m³)

S ：単位細骨材量(kg/m³)

G ：単位粗骨材量(kg/m³)

Q_s ：細骨材の吸水率(%)

Q_g ：粗骨材の吸水率(%)

(2) 粗骨材の計量誤差・サンプリング誤差の影響試験

生コンプラントでの粗骨材量の計量誤差やサンプリングに伴う粗骨材量の変動が補正蒸発量の計算結果に及ぼす影響について検討した。この試験に用いたコンクリートの配合は表-10中のNo. 6およびNo. 11の2ケースであり、練り上がり直後の試料に対して試験を実施した。

粗骨材の計量誤差については、例えば JIS A 5308 では骨材重量の±3%まで許容しており、粗骨材の計量値を本来の粗骨材量に対して±0.1、3%変化させた配合に対して試験を実施した。この試験結果に対する補正蒸発量の算出に当たっては、粗骨材量として本来の配合粗骨材量(以下、配合値という)を用いた計算と、実計量値を用いた計算の双方を行い、結果を比較した。

次にサンプリング誤差の影響については、練り混ぜた5%のコンクリートから約1%の試料を採取して乾燥させた。試料中に含まれる粗骨材量は変動するので、この影響による単位水量推定値の誤差量を検討した。また、乾燥後の試料を5mmフルイで水洗いし、フルイにとどまった粗骨材量(以下、5mm残留分という)の絶乾質量もしくは水中質量を測定することで、試料中の真の粗骨材量を求め、次式によって蒸発水量を補正した。

$$W_c = (M_0 - M_1) / M_0 \times M_c - G_1 \times Q_g / (1 + Q_g) - S_1 \times Q_s / (1 + Q_s) \dots\dots\dots (3)$$

ここに、 $S_1 = S \times (1000 - A \times 10 - G_1 / \rho_g) / (W + C / \rho_c + S / \rho_s)$

W_c ：乾燥後に測定した試料中の粗骨材量により補正したコンクリートの補正蒸発量

G_1 : 試料中の粗骨材量 (g)

$$G_1 = M_2 \times \rho_g / (\rho_g - 1) / K \quad (\text{水中質量を用いた場合})$$

$$G_1 = M_3 \times (1 + Q_g) / K \quad (\text{絶乾質量を用いた場合})$$

G_2 : 試料中の細骨材量 (g)

M_2 : 乾燥後ふるい分けた粗骨材の水中質量 (g)

M_3 : 乾燥後ふるい分けた粗骨材の絶乾質量 (g)

A : フレッシュコンクリートの空気量 (%)

K : 5mm残留分 (%)

なお、 K は粗骨材を5mmフルイでふるったときに5mmフルイ上にとどまる割合であり、理論的には100%のはずであるが、実際には粗骨材と称されていても5mm以下の骨材を多少は含んでいるものである。そこで、以下の3つの条件で試料を5mmフルイで水洗いした後、水量および絶乾質量を測定した。この結果を表-11に示す。この結果から $K=0.95$ とした。

①コンクリート1L分の粗骨材のみ計量したもの

②コンクリート1Lを計量し、練混ぜたもの

③試料中の粗骨材が配合値となるように別計量としてモルタルと混ぜた試料1Lを乾燥させたもの

表-11 粗骨材の5mm残留分

	水中質量による5mm残留分 (%)		絶乾質量による5mm残留分 (%)	
スランブ	4cm	18cm	4cm	18cm
①計量後	95.3	95.8	95.0	95.2
②練混ぜ後	92.7	94.9	92.5	94.8
③乾燥後	94.6	96.2	94.8	96.7

(3) コンクリートの配合条件と経過時間が蒸発水量に与える影響試験

25%練り混ぜたコンクリートから1%の試料を採取して乾燥させ、乾燥後に洗い出しにより粗骨材量を測定する方法によって、表-10に示す各配合に対する乾燥試験を実施し、配合の違いによる影響を調査した。なお、この乾燥試験は練り混ぜ直後と60分経過後について実施した。

(4) ウェットスクリーンモルタルによる試験

練混ぜたコンクリートを5mmフルイを用いてテーブルバイブレータ上でウェットスクリーンし、スクリーン後のモルタルをよく攪拌した後、約1%の試料を採取した。この試料を乾燥させ、式(4)により単位水量を算出した。なお、この乾燥試験は練り混ぜ直後と60分経過後について実施した。

$$W_c = (M_0 - M_1) / M_0 \times (M_c - G) - S \times Q_s / (1 + Q_s) \quad \dots\dots\dots (4)$$

ここに、 W_c : コンクリート中の補正蒸発量(kg)

M_l : 乾燥後の試料質量(g)

G : 単位粗骨材量(kg/m³)

Q_s : 細骨材の吸水率(%)

M_0 : 乾燥前の試料質量(g)

M_c : コンクリート単位容積質量(kg/m³)

S : 単位細骨材量(kg/m³)

6.3 試験結果と考察

6.3.1 粗骨材量調整コンクリートの乾燥

コンクリートを乾燥させた場合の蒸発質量、試料温度、炉内温度の変化の一例を図-13に示す。傾向としてはペーストやモルタルと同様であるが、配合水量が少ない分だけ乾燥に要する時間は短く、コンクリート1㍓で20分程度であった。なお、蒸発質量の変化は配合ごとに概ね同様の曲線を示したが、温度上昇曲線の上昇勾配や100℃での平衡時間に関しては試験ごとにばらついており、配合との関連は認められなかった。この理由としては材料が均一ではないために、温度計によって測定される値が必ずしも試料を代表する温度となっていないことが考えられる。

図-14に粗骨材調整コンクリートの配合水量と補正蒸発量の関係を示す。いずれのスランブ・水セメント比でも、コンクリートの補正蒸発量は配合水量の概ね±1.5%以内の精度で推定されている。つまり、試料にコンクリートを用いた場合、モルタルの水分と同様に粗骨材中の水分は試験時間内(20分程度)にほとんど蒸発していることが分かる。したがってコンクリートの場合でも、骨材の使用量と吸水率があらかじめわかっているならば、試料中の水量を推定することが可能であると考えられる。

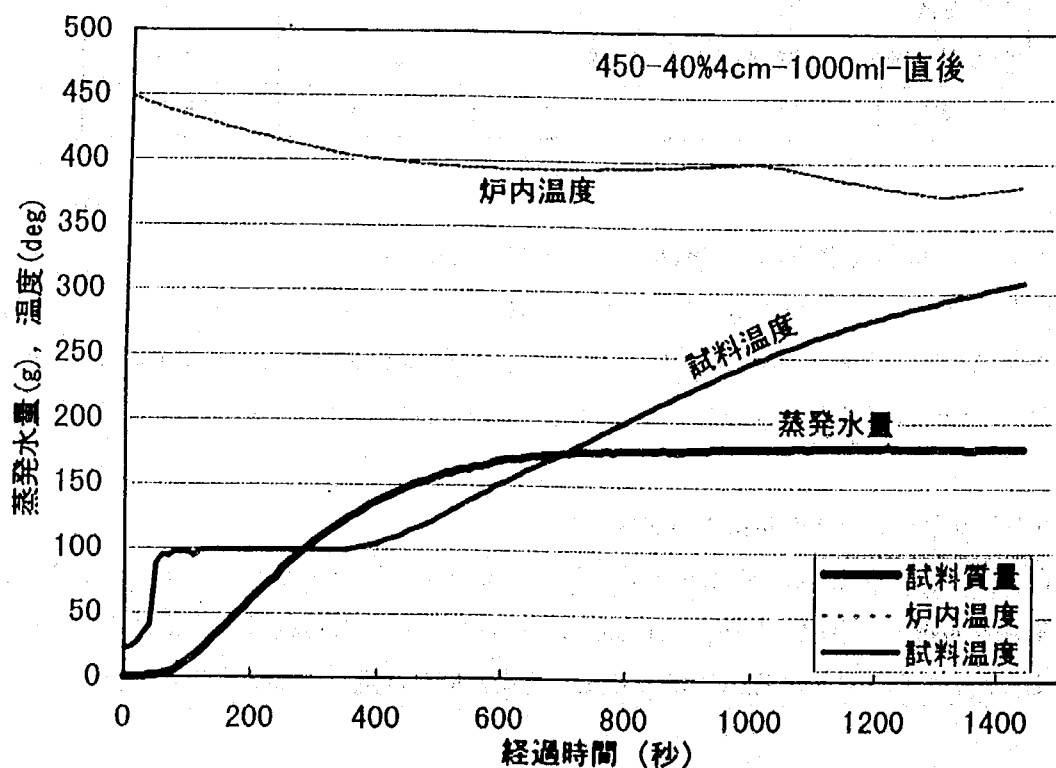


図-13 コンクリートの乾燥試験結果の例

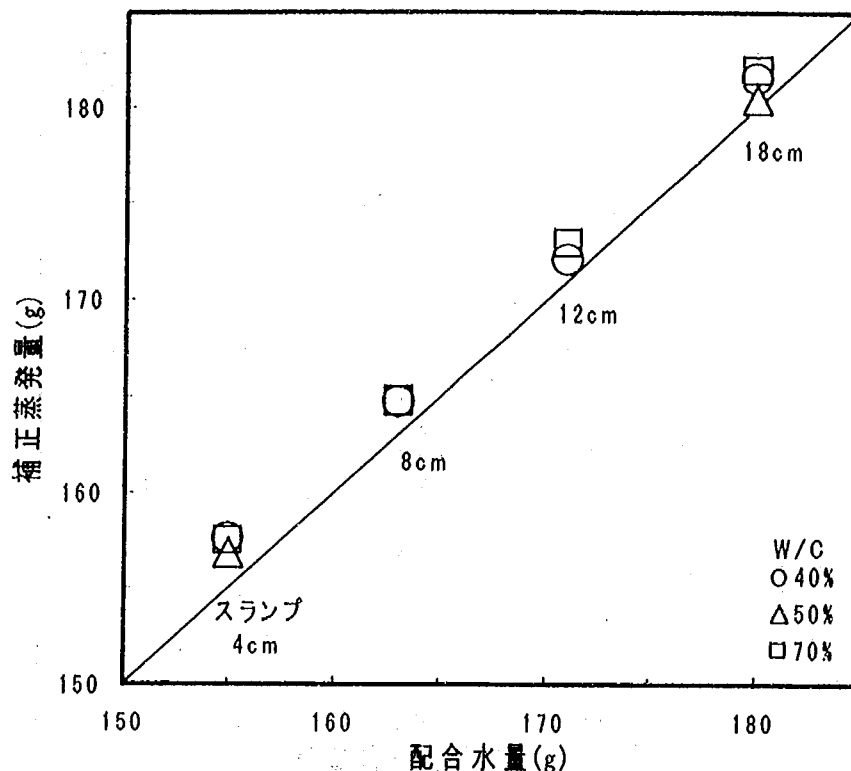


図-14 配合水量と補正蒸発量（粗骨材調整コンクリート）

6.3.2 粗骨材の計量誤差・サンプリング誤差の影響

(1) プラントでの計量誤差

生コンプラントでの計量誤差の影響を考慮し、粗骨材の計量値を配合粗骨材量から $\pm 0.1, 3\%$ 変化させた試料を乾燥させ、蒸発量の補正には配合粗骨材量（以下、配合値とする）と実計量値（配合粗骨材量 $\pm 0.1, 3\%$ ）を用いた。結果を図-15に示す。

図より明らかなように、試料中の粗骨材量が配合値よりも多い場合には、算出される蒸発率は本来の値よりも低くなる。例えば、JIS A 5308では骨材の計量誤差は $\pm 3\%$ まで認められているが、粗骨材が3%多く計量されると、蒸発率は約2.2%低く計算される。一方、実際に含まれる粗骨材量（実計量値）を用いると、蒸発率は $99 \pm 1\%$ 程度の範囲で精度良く推定された。

(2) サンプリング誤差

サンプリング誤差の影響は、5%のコンクリートから1%の試料を採取することで、その変動を測定した。また、乾燥終了後の試料を5mmフルイで水洗いし、フルイにとどまった粗骨材残留分から蒸発量を補正した。

この結果を図-16に示す。図より粗骨材のサンプリング誤差は $\pm 10\%$ 程度まで発生しており、これによって蒸発率は $\pm 4\%$ 程度まで変動した。これに対して、乾燥後の粗骨材の測定重量で補正した結果、蒸発率の推定値は真値に対して概ね $99 \pm 2\%$ の範囲となり、推定精度を向上することができた。

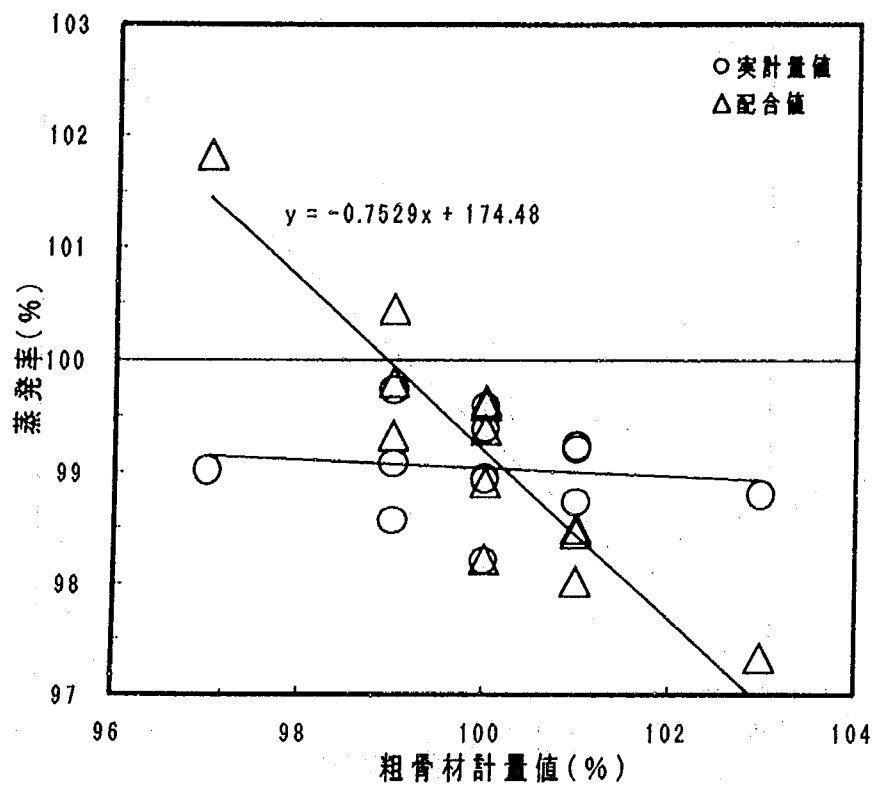


図-15 計量誤差の影響

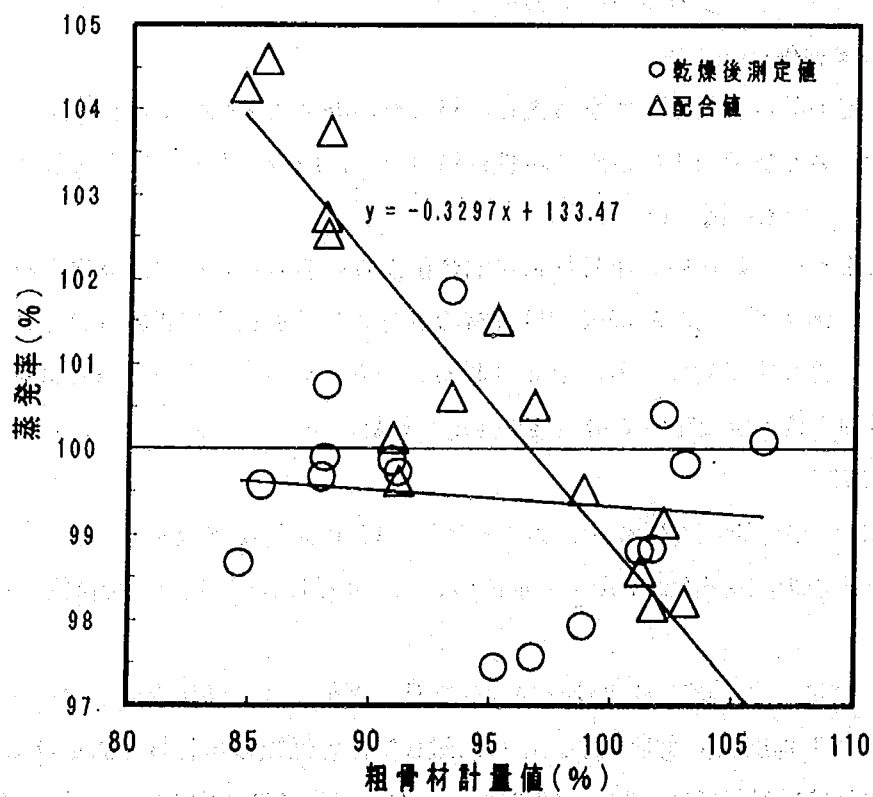


図-16 サンプルング誤差の影響

6.3.3 コンクリートの配合条件と経過時間が蒸発水量に与える影響試験

コンクリートの配合条件が、コンクリートの蒸発量にどのような影響を及ぼすのかを確認するため、25%練混ぜたコンクリートから採取した約1%の試料を乾燥させ、洗い出しにより粗骨材量を求め、これによって蒸発量を補正した。コンクリートの配合はスランブ4~18cm、水セメント比40~70%であり、練混ぜ直後および60分後の試料を用いた。

図-17にコンクリートの配合水量と補正蒸発量の関係を示す。いずれのスランブ・水セメント比でも粗骨材量の5mm残留分により補正した蒸発量は、配合水量の99±2%以内の精度で推定された。

また、経過時間による差は認められなかった。

以上のことより、試料にコンクリートを用いた場合でも、試料中の粗骨材量を正確に測定することで、試料水量を精度良く推定することができる。また、経過時間によって蒸発量に差が生じなかったことから考えて、コンクリートの水和による影響は無視できると考えて良い。

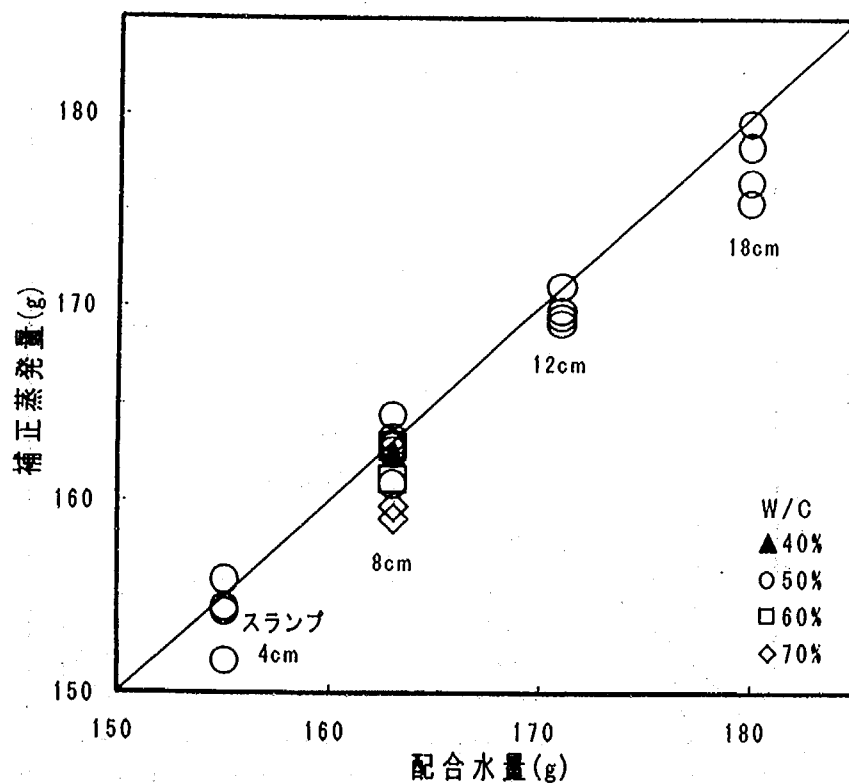


図-17 配合水量と補正蒸発量の関係 (コンクリート)

6.3.4 ウェットスクリーンモルタルの乾燥

試料にウェットスクリーンモルタルを用いた場合の蒸発水量の特性について試験したものである。

図-18にウェットスクリーンモルタルの配合水量と補正蒸発量の関係を示す。ウェットスクリーンモルタルの補正蒸発量は概ね配合水量の $98.5 \pm 1.5\%$ の範囲にあった。このように、補正蒸発量の値が配合水量に比較して幾分低めに出るのは、ウェットスクリーニングによって排除される粗骨材表面にはペースト（セメント+水）が付着しているために、その分だけモルタル中の水量が減少していることが予想される。ただし、図から分かるようにその量はわずかであり、ウェットスクリーニング後のモルタルの性状は、ウェットスクリーニング前のコンクリートに含まれるモルタルの性状とほぼ同等と考えられて差し支えないものと考えられる。

しかがって、4.4で述べたような粗骨材の洗い出しを行わなくても、乾燥前にウェットスクリーニングを行うことで、試料中の水量を比較的高い精度で推定できることが判明した。

なお、この試験においても時間経過による蒸発量の違いは認められなかった。

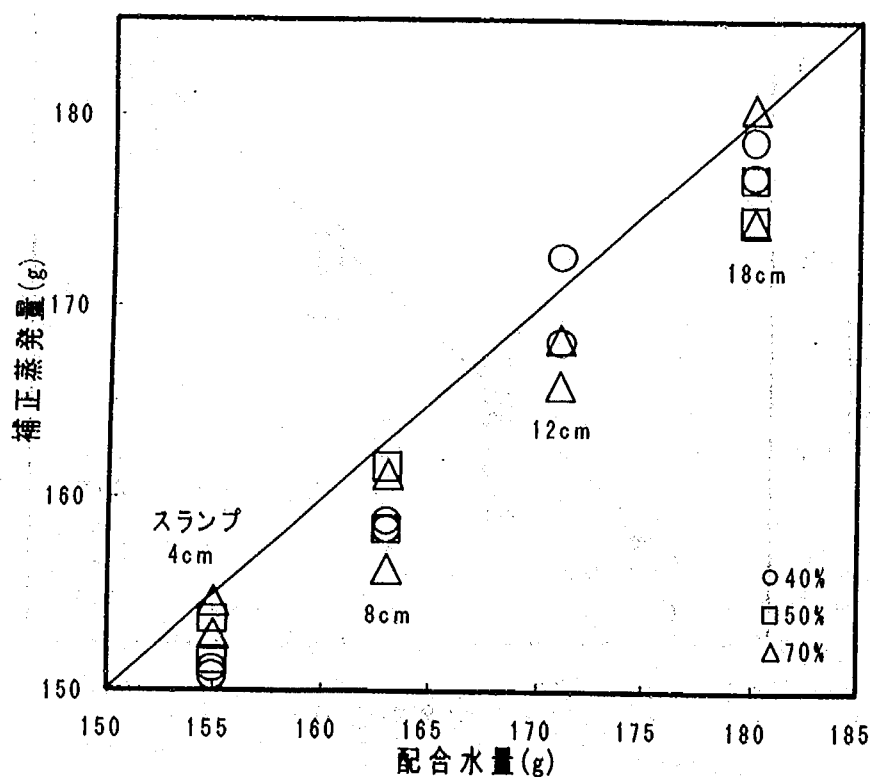


図-18 配合水量と補正蒸発量（ウェットスクリーンモルタル）

7. 回帰計算による測定時間短縮の検討

7.1 目的

これまでに提案されてきた加熱乾燥法の乾燥時間は30分程度と長く、現場での受け入れ検査等にはほとんど用いられてこなかった。そこで、蒸発量と乾燥時間の関係を回帰し乾燥途中で最終蒸発量を算出することにより、測定時間を短縮することができないか検討した。

図-19に各試料の乾燥時間と蒸発率の関係を示す。試料には、同一配合（スランプ8cm、水セメント比50%）のペースト1㍲、モルタル1㍲、コンクリート1㍲およびウェットスクリーンモルタル0.6㍲（1㍲のコンクリートから粗骨材を除いた量）を用いた。この図より、同じ1㍲の試料を用いても試料水量が少ないほど試料質量が安定するまでにかかる時間は短くなり、ペーストで30分以上、モルタルで25分程度、コンクリートで20分程度であった。また、ウェットスクリーンモルタルでは、取り除いた粗骨材の分だけ乾燥時間が短くなり、15分程度であった。

ここでは、乾燥時間の短いウェットスクリーンモルタルを用いて回帰式の選定を行い、続いて、試料にウェットスクリーンモルタルを用いた場合とコンクリートを用いた場合について、回帰計算による測定時間の短縮について検討した。

7.2 計算方法

図-20にウェットスクリーンモルタル（1㍲）の蒸発水量と試料温度の関係を示す。蒸発水量は試料温度が上昇するに従い緩やかに増加し、試料温度70℃ぐらいから水分の蒸発が活発になり蒸発水量はほぼ直線的に上昇する。さらに試料温度が150℃程度になると水分の蒸発は減少し、徐々に曲線勾配は緩やかになる。この曲線の傾向はコンクリートの断熱温度上昇曲線⁹⁾やコンクリート強度発現曲線と類似している。そこで、これらの近似曲線としてよく用いられる式(5)～(9)を設定した。

$$W(t) = W_k (1 - \exp(-at)) \quad \dots\dots\dots (5)$$

$$W(t) = W_k (1 - \exp(-at^b)) \quad \dots\dots\dots (6)$$

$$W(t) = W_k (1 - (1+at) \exp(-at)) \quad \dots\dots\dots (7)$$

$$W(t) = W_k (1 - (1+c) \exp(-at^b)) \quad \dots\dots\dots (8)$$

$$W(t) = t / (a + bt) \quad \dots\dots\dots (9)$$

ここで、 $W(t)$: 乾燥中の蒸発水量(g) , W_k : 回帰により求めた蒸発水量(g)
 t : 乾燥開始からの経過時間(秒) , a, b, c : 回帰係数

これらの近似曲線が蒸発水量曲線を精度良く回帰するかどうかを詳しく調べるために、ウェットスクリーンモルタル（スランプ8cm、水セメント比50%、1㍲）の蒸発量曲線と各式の各時間ごとの蒸発量（曲線を各時間単位に微分した値：以下、これを蒸発速度という）とを比較した。この結果から蒸発量曲線を最も精度良く回帰できる式を決定し、この式によって蒸発途中のデータから最終蒸発量を推定することとした。

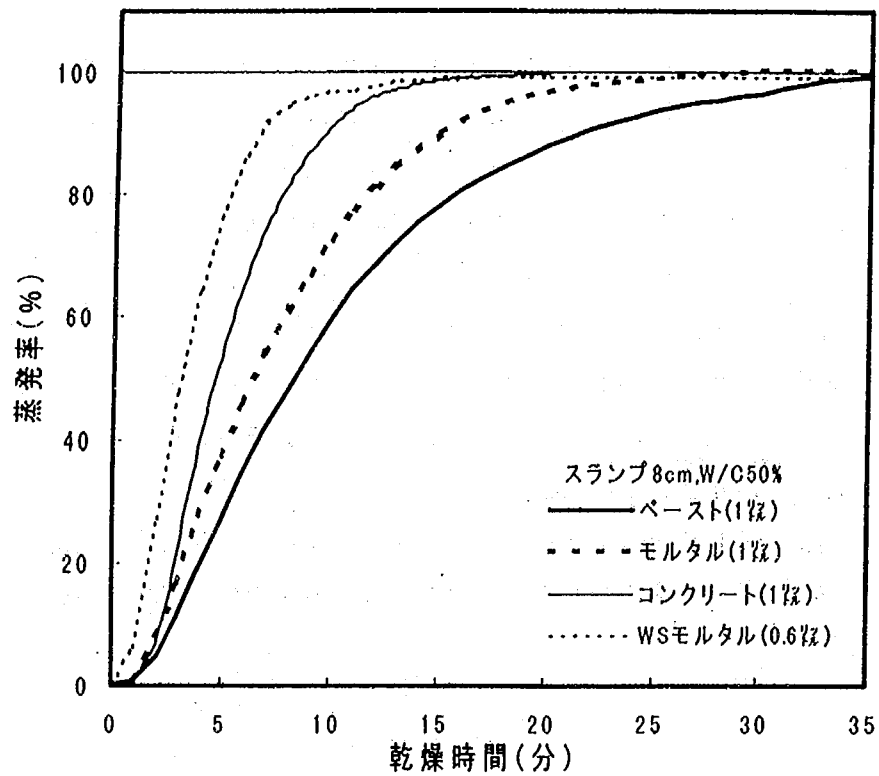


図-19 各試料の乾燥時間と蒸発率の関係

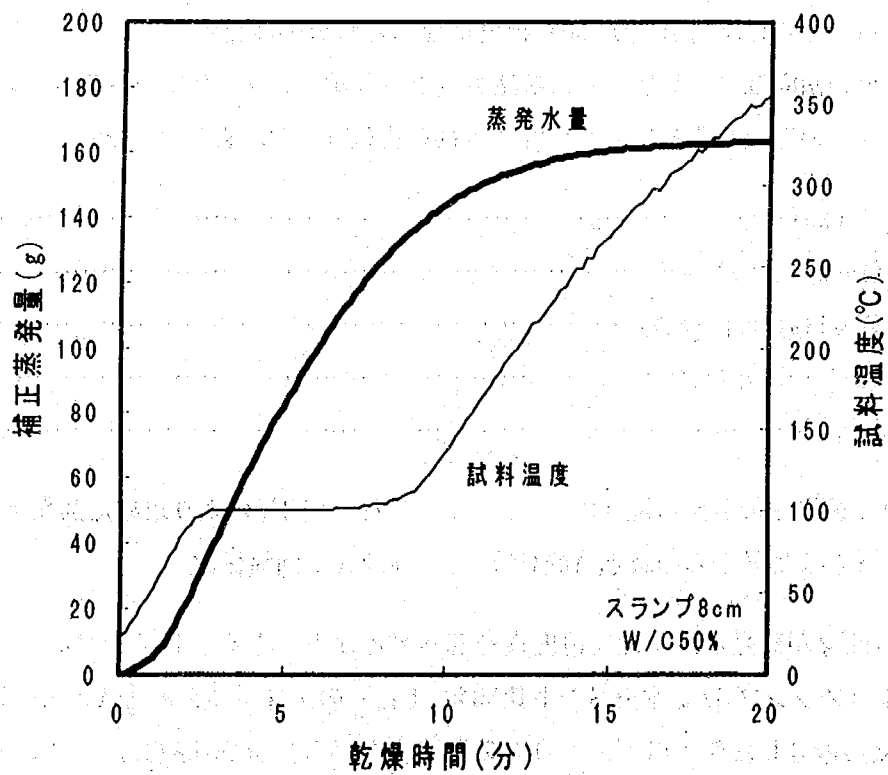


図-20 蒸発水量と試料温度の関係 (ペースト)

7.3 計算結果

7.3.1 回帰曲線の比較

ウェットスクリーンモルタルの実際の蒸発速度を図-21に、式(5)～(9)の蒸発速度を図-22～26に示す。これらを比較すると、乾燥前半の曲線の立ち上がりの傾向は式(6)～(8)が類似しており、乾燥後半の曲線が緩やかになる部分は式(5)～(8)が類似していた。

今回の検討では、最終的な蒸発量を推定することが目的なので、乾燥後半の曲線がウェットスクリーンモルタルの補正蒸発量に近似している式(5)～(8)の中に蒸発水量をよく表す曲線があると思われる。

図-27にウェットスクリーンモルタルの実際の補正蒸発量曲線と式(5)～(8)の回帰曲線との関係を示し、図-28に最終蒸発量に対する回帰蒸発量の割合（以下、最終蒸発率とする）を示す。これらの図から、式(5)および(7)により回帰した曲線は、実際の蒸発量曲線とは若干異なる線形を示し、最終蒸発量も実測値より高い値を示した。一方、式(6)および(8)を用いた曲線は、実際の蒸発量曲線に酷似しており、最終蒸発率は実測値の $99.6 \pm 0.3\%$ と精度良く回帰することができた。なお、式(6)と(8)の最終蒸発率はほぼ同等であるが、式(6)の方が一般的であるため、以後の検討には式(6)を用いることとした。

7.3.2 ウェットスクリーンモルタルに対する回帰

ウェットスクリーンモルタル(0.6%)について、試料温度がそれぞれ150℃、200℃、250℃、300℃に達するまでの蒸発量曲線を式(6)で回帰し、最終蒸発率を求めた結果を図-29に示す。図中の()内の数字は測定開始からそれぞれの温度に達するまでのおよその時間である。

当然のことながら、より高い温度までのデータを用いるほど回帰精度は高くなるが、反面、測定に必要な時間が長くなる。今回の実験結果では、0.6%のウェットスクリーンモルタルを完全に乾燥させるには15分程度を要するが、試料温度200℃までのデータを回帰することで、 $99 \pm 1\%$ の高い回帰精度を保ちながら、乾燥時間を10分程度まで短縮できることがわかった。

7.3.3 コンクリートに対する回帰

試料に1%のコンクリートを用いた場合について、試料温度がそれぞれ150℃、200℃、250℃、300℃に達するまでの蒸発量曲線を式(6)で回帰し、最終蒸発率を求めた結果を図-30に示す。図中の()内の数字は測定開始からそれぞれの温度に達するまでのおよその時間である。

図より最終蒸発率は、試料温度200℃までのデータを回帰した場合に $97 \pm 1.5\%$ 程度、試料温度250℃では $98 \pm 0.6\%$ 程度であり、ウェットスクリーンモルタルに比べて全体的に低く出る傾向を示した。これは、ウェットスクリーンモルタルとコンクリートでは蒸発量曲線の傾向が多少異なるために、コンクリートでは式(5)による回帰精度がウェットスクリーンモルタルに比較して低いことが考えられる。

ウェットスクリーンモルタルの場合と同様に、推定精度を $\pm 1\%$ 程度とするためには、試料温度が250℃程度になるまでのデータが必要であり、それには17分程度を要する。このように、測定時間短縮の効果はウェットスクリーンモルタルに比較して小さい結果となった。

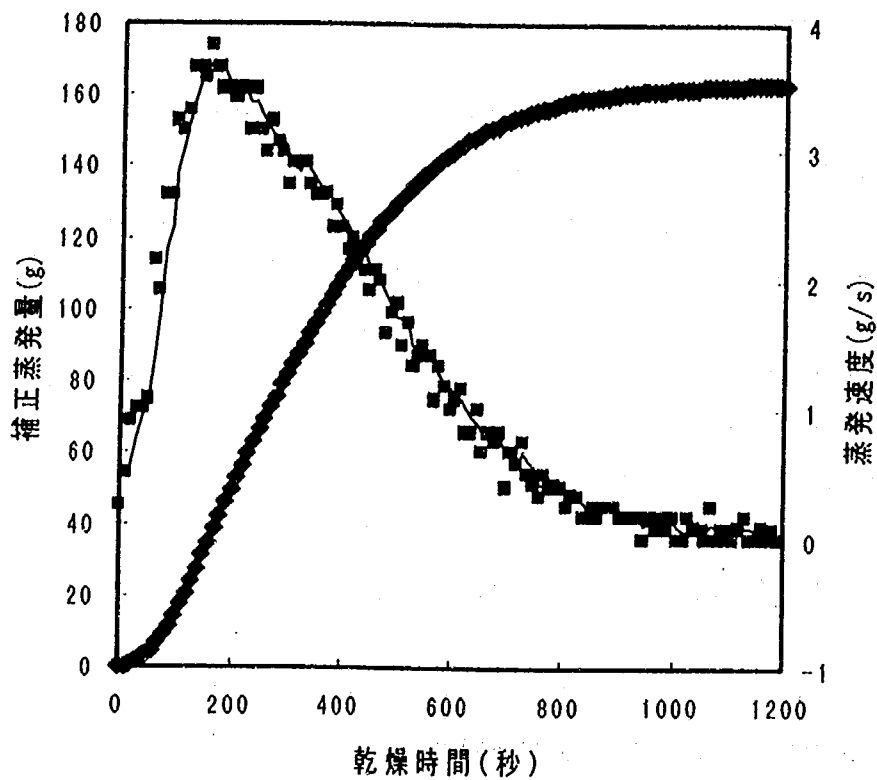


図-21 ペーストの蒸発水量と蒸発速度

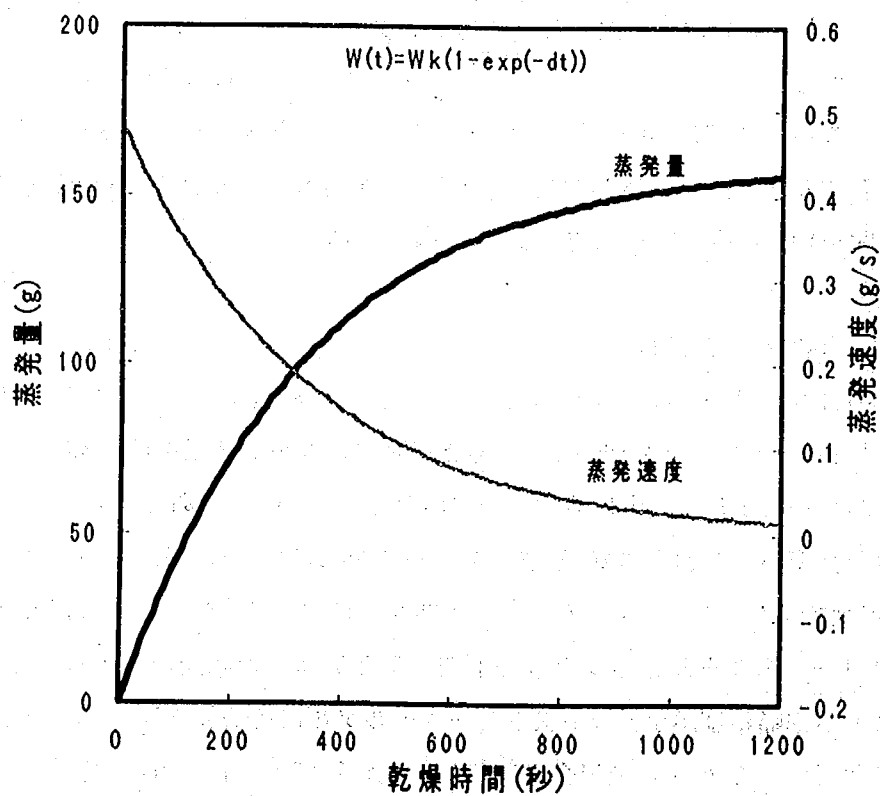


図-22 近似曲線(5) : $W(t) = W_k(1 - \exp(-at))$

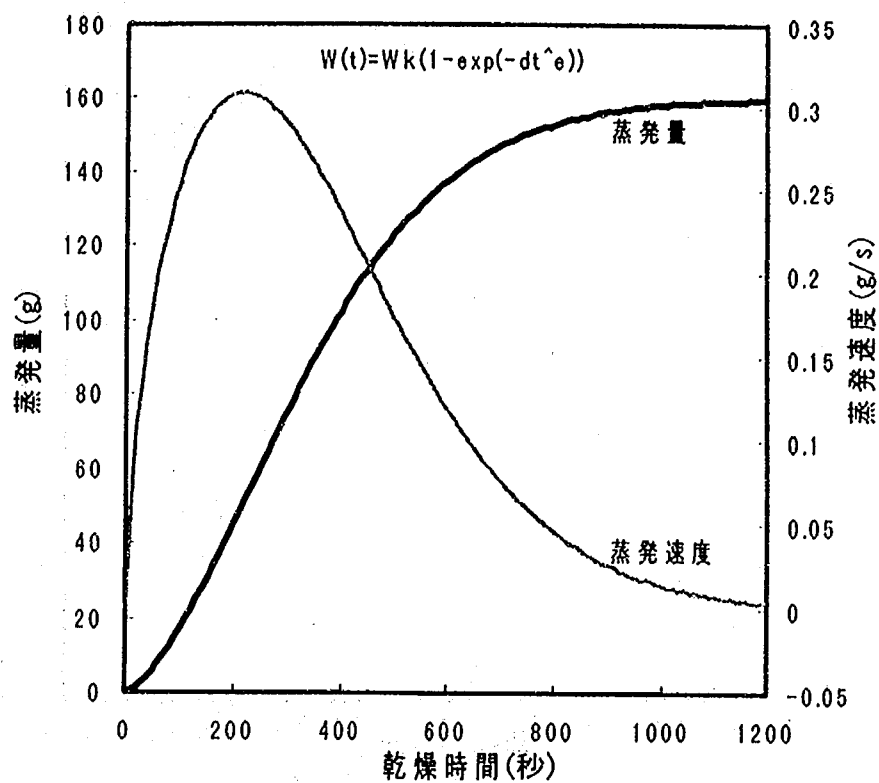


圖-23 近似曲線(6) : $W(t) = Wk(1 - \exp(-at))$

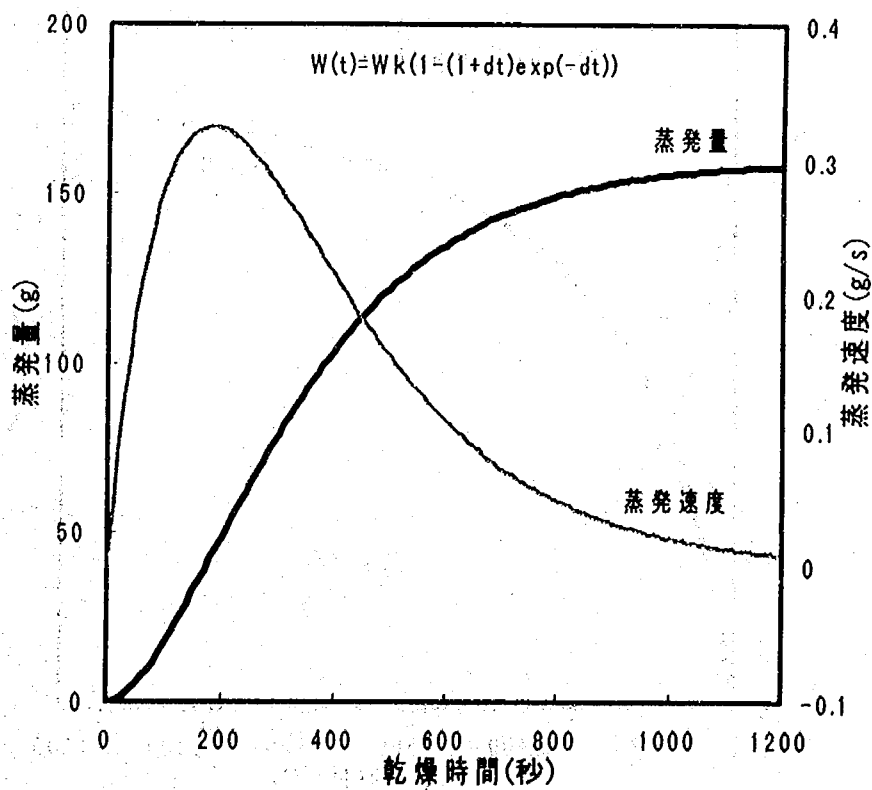


圖-24 近似曲線(7) : $W(t) = Wk(1 - (1+at)\exp(-at))$

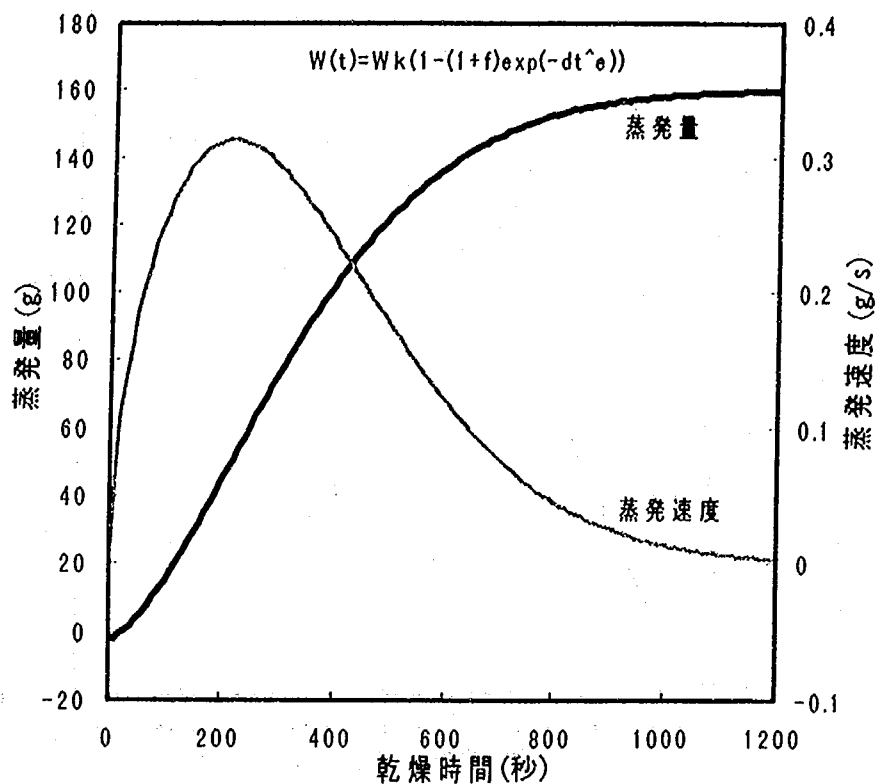


圖-25 近似曲線(8) : $W(t) = W_k(1 - (1+c)\exp(-at^b))$

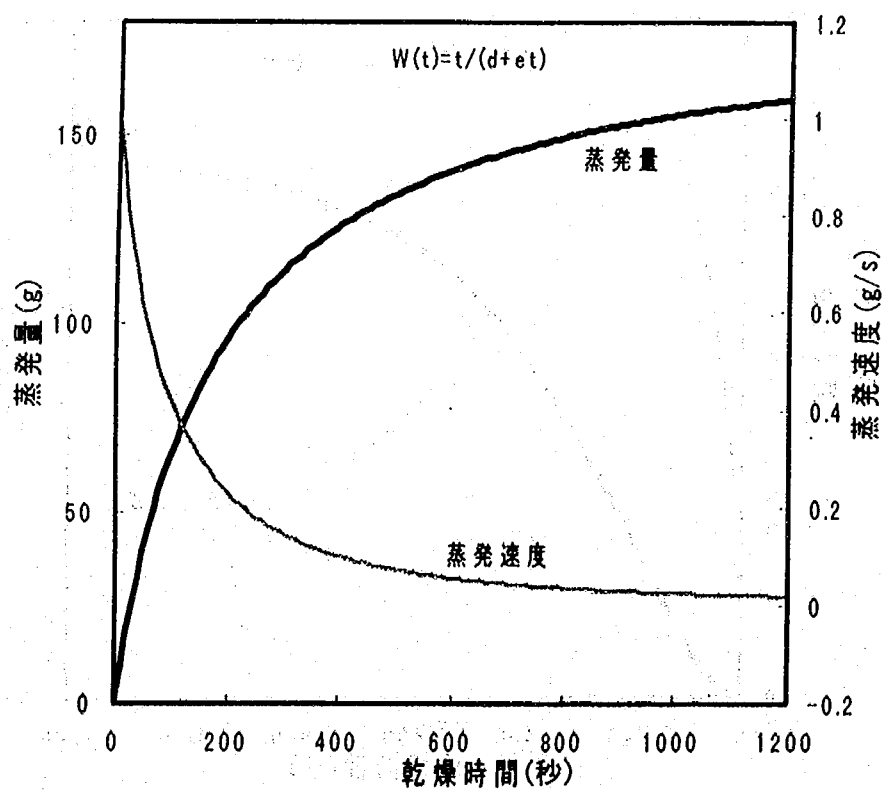


圖-26 近似曲線(9) : $W(t) = t/(a+bt)$

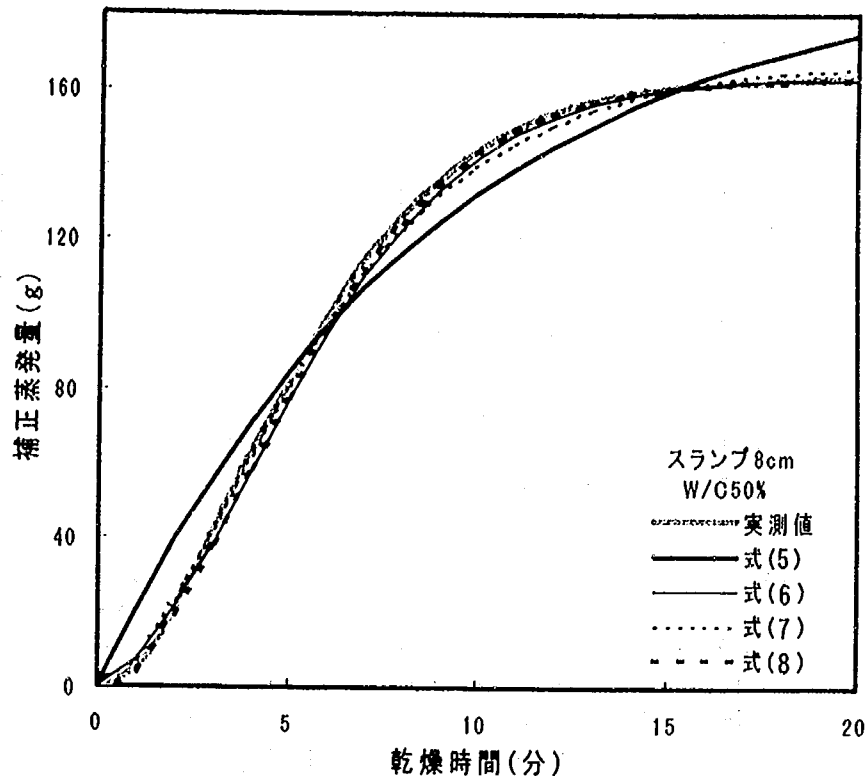


図-27 補正蒸発量と各種回帰曲線の関係

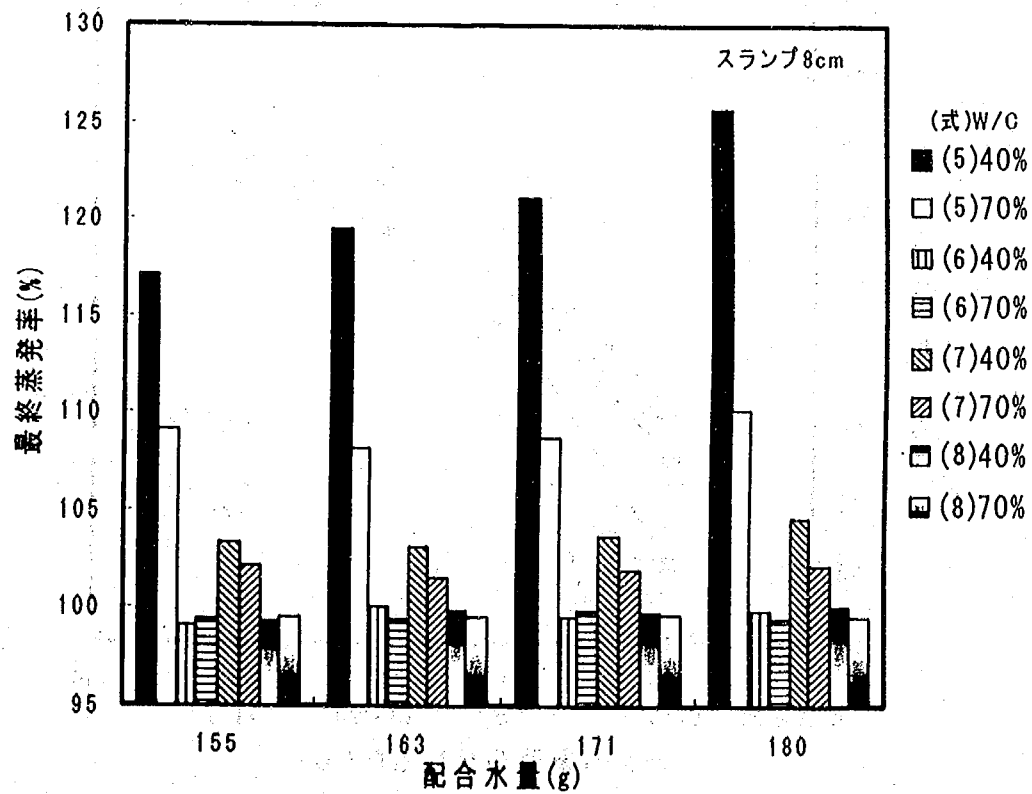


図-28 回帰計算により求めた最終蒸発量

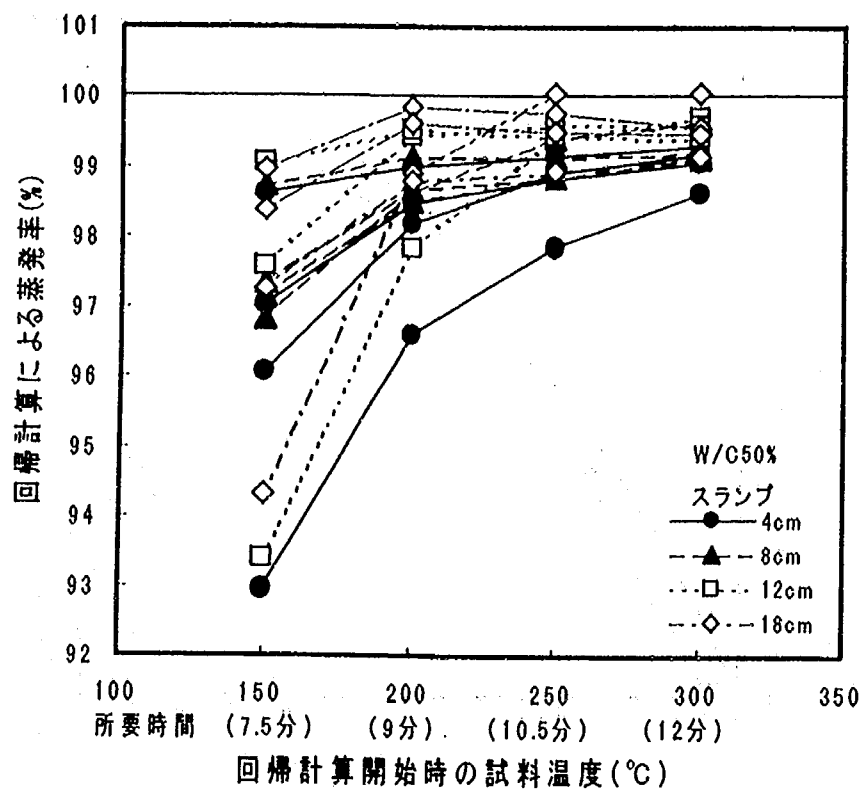


図-29 乾燥途中で回帰計算した蒸発率 (ウェットスクリーンモルタル)

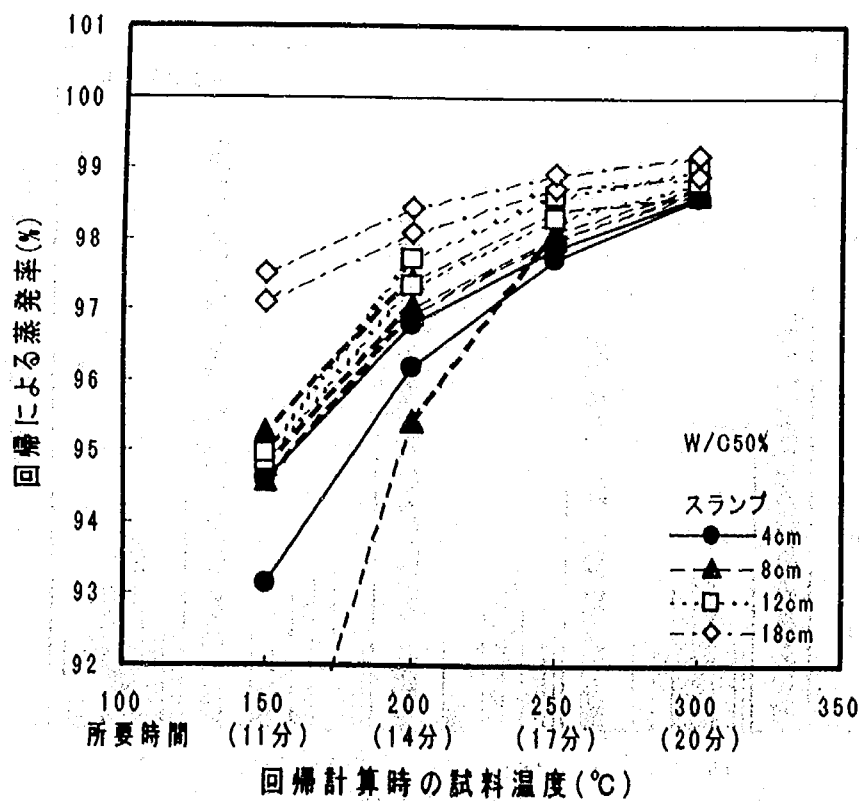


図-30 乾燥途中で回帰計算した蒸発率 (コンクリート)

7.3.4 効率的な単位水量迅速推定法の提案

以上の結果より、コンクリートを用いた場合とウェットスクリーンモルタルを用いた場合の試験結果の比較を表-12に示す。試料にコンクリートを用いた場合は、乾燥後に洗い出しにより粗骨材の5mm残留分を測定するため測定時間が長くなる。また、回帰式による最終蒸発量の推定精度を1%とすると、それにかかる時間はコンクリートで17分程度、ウェットスクリーンモルタルで10分程度であり、ウェットスクリーンモルタルを用いた方がより測定時間を短縮できることがわかった。従って、加熱乾燥法によりフレッシュコンクリート中の単位水量を求めるには、コンクリートをそのまま用いるより、ウェットスクリーンモルタルを用いた方が効果的であると考えられる。

表-12 コンクリートとウェットスクリーンモルタルの比較

比較項目	コンクリート	ウェットスクリーンモルタル
測定精度	○ : 99±2.0%	○ : 98.5±1.5%
測定時間	△ : 5mm残留分の測定	○ : ウェットスクリーン
全乾燥時間	△ : 20分	○ : 15分
回帰精度(200℃)	△ : 97±1.5%	○ : 99±1.0%
(250℃)	○ : 98±0.6%	○ : 99±0.6%
回帰に必要な時間(精度1%)	△ : 17分(250℃)	○ : 10分(200℃)

以上の理由により、以下の推定法を提案する。

加熱乾燥法を用いたフレッシュコンクリートの単位水量迅速判定法（案）

<前準備>

- ①単位細骨材量，単位粗骨材量，コンクリートの単位容積質量，骨材の吸水率を求めておく。
- ②乾燥炉の炉内温度が450℃になるよう余熱しておく。

<試料の乾燥>

- ③コンクリートを約2%採取し，5mmフルイを用いてウェットスクリーニングする。
- ④ウェットスクリーニングしたモルタルをよく攪拌し，約0.6%の試料を乾燥皿に採取する。
- ⑤採取したモルタルの重量（ M_0 ）を測定する。
- ⑥試料を乾燥炉に入れ，水蒸気の発生がなくなるまで乾燥させる（約15分間）。
- ⑦乾燥終了時点の試料重量（ M_1 ）を測定する。

<単位水量の計算>

- ⑧次式によって単位水量の推定値を求める。

$$W_c = (M_0 - M_1) / M_0 \times (M_c - G) - S \times Q_s / (1 + Q_s)$$

ここで、 W_c : コンクリート中の補正蒸発量 (kg)

M_0 : 乾燥前の試料質量 (g)

M_1 : 乾燥後の試料質量 (g)

M_c : コンクリート単位容積質量 (kg/m^3)

G : 単位粗骨材量 (kg/m^3)

S : 単位細骨材量 (kg/m^3)

Q_s : 細骨材の吸水率 (%)

＜乾燥途中での単位水量の推定＞

⑨乾燥中のコンクリート温度および重量変化（蒸発水量）を測定し、コンクリート温度が 200°C になるまでの温度上昇曲線を次式で回帰し、最終蒸発量を推定する。

$$W(l) = W_k (1 - \exp(-al^b))$$

ここで、 $W(l)$: 乾燥中の蒸発水量 (g)

W_k : 回帰により求めた蒸発水量 (g)

l : 乾燥開始からの経過時間 (秒)

a, b : 回帰係数

8. 混和剤の影響

混和剤は単位水量の一部として計量されるため、混和剤中の固形分が多いほど補正蒸発量は正確に算出できなくなる。そこで、混和剤中の固形分が補正蒸発量に及ぼす影響を確認するため、混和剤を110℃で24時間乾燥させ、固形分率を求めた。

混和剤には、リグニンスルホン酸系A E減水剤（種類A）とポリカルボン酸系高性能A E減水剤（種類B～E）を用いた。

図-31に混和剤の固形分率と、コンクリート（表-10の配合No. 5）に用いた場合の単位水量に対する混和剤固形分率（以下、単位水量ベースとする）を示す。混和剤の固形分率はA E減水剤に比べ高性能A E減水剤の方が少ないが、コンクリートに用いる混和剤使用量は高性能A E減水剤の方が多いため、単位水量に対する固形分率は高性能A E減水剤の方がやや多い。その量はA E減水剤で0.3%、高性能A E減水剤でも0.45%程度と少ないが、高強度コンクリート等で単位セメント量・混和剤使用量ともに2倍になるような場合には、単位水量ベースの固形分率は2%程度となる。そこで、混和剤の固形分率を考慮すると、コンクリートおよびウェットスクリーンモルタルの補正蒸発量は次式に示すとおりとなる。

$$W_c = (M_0 - M_1) / M_0 \times M_c - (S \times Q_s / (1 + Q_s) + G \times Q_g / (1 + Q_g)) - C \times A_d \times R_e \quad \dots\dots\dots (10)$$

$$W_m = (M_0 - M_1) / M_0 \times (M_c - G) - S \times Q_s / (1 + Q_s) - C \times A_d \times R_e \quad \dots\dots\dots (11)$$

ここで、C：単位セメント量(kg/m³)

A_d：セメント1kgに対する混和剤使用量(%)

R_e：混和剤ベースの固形分率(%)

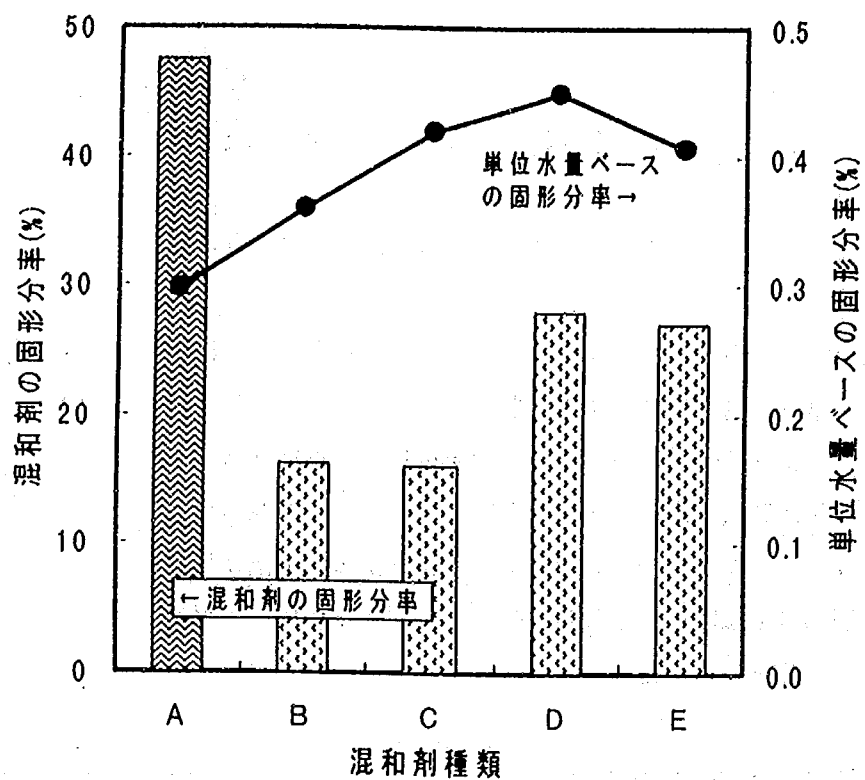


図-28 混和剤中の固形分率

9. まとめ

フレッシュコンクリートの単位水量を迅速に推定する方法として、①精度が高い②キャリブレーション等の現場調整が不要③原理が単純で信頼性が高い、等の特徴を有する加熱乾燥法に着目し、乾燥炉を用いた加熱乾燥試験を実施した。この結果を以下に整理する。

- (1) 試料に水・ペースト・モルタルおよび粗骨材を正確に計量したコンクリートを用いた場合、いずれも加熱乾燥法によって得られる配合水量は±1%の精度で推定できた。このとき、試料中の細骨材・粗骨材の水分も完全に蒸発したものと考えられる。
- (2) 試料にコンクリートを用いた場合には、乾燥後に試料中の粗骨材量を測定し、これを補正することで、 $99 \pm 2\%$ の精度で配合水量を推定できた。
- (3) ウェットスクリーンモルタルを用いた場合もコンクリートの乾燥と同様に、 $98.5 \pm 1.5\%$ の精度で試料水量を推定できた。
- (4) 今回の乾燥炉による試験では、練り上がり直後と1時間経過後とで、蒸発量に差は認められず、水利の影響は無視できると考えて良い。
- (5) 乾燥中の試料の温度変化や 100°C での平衡時間から配合水量を推定することは困難であった。
- (6) 乾燥中の試料の質量変化は、式(6)および(8)に示す断熱温度上昇曲線と酷似しており、式(6)を用いて回帰した最終蒸発率は補正蒸発量の $99.6 \pm 0.3\%$ となった。
- (7) ウェットスクリーンモルタルの質量変化を式(6)で回帰することにより、ほとんど精度を下げることなく、全乾燥では15分であった測定時間を10分まで短縮することができた。測定時間の目安は試料温度が 200°C 以上となるまでの時間である。
- (8) コンクリートの質量変化を式(6)で回帰した場合、推定精度を保つには試料温度が 250°C 程度となるまでの測定時間が必要である。それにかかる時間は17分程度で、ウェットスクリーンモルタルの場合ほど乾燥時間を短縮することはできなかった。
- (10) 以上のことから、フレッシュコンクリートの単位水量を迅速かつ精度良くする推定するには、ウェットスクリーンモルタルを加熱乾燥させ、試料温度が 200°C 以上になった時点で質量変化曲線を式(6)で回帰し、最終蒸発量を求めればよいと考える。

なお、加熱乾燥法では、配合報告書や印字計量記録値などから各材料の計量値および骨材の吸水率をあらかじめ把握しておく必要がある。また、加熱乾燥法は基本的に水分の推定のみ行っているため、この試験で配合に異常が認められた場合には、プラントでの配合や配送中のトラブルの有無等をチェックし、場合によっては急結材を用いた促進強度法などを用いて、強度の確認をすることが必要であろう。

今後は、特殊コンクリート（高流動コンクリート、RCCPなど）での確認や現場での適用性についての調査が必要である。

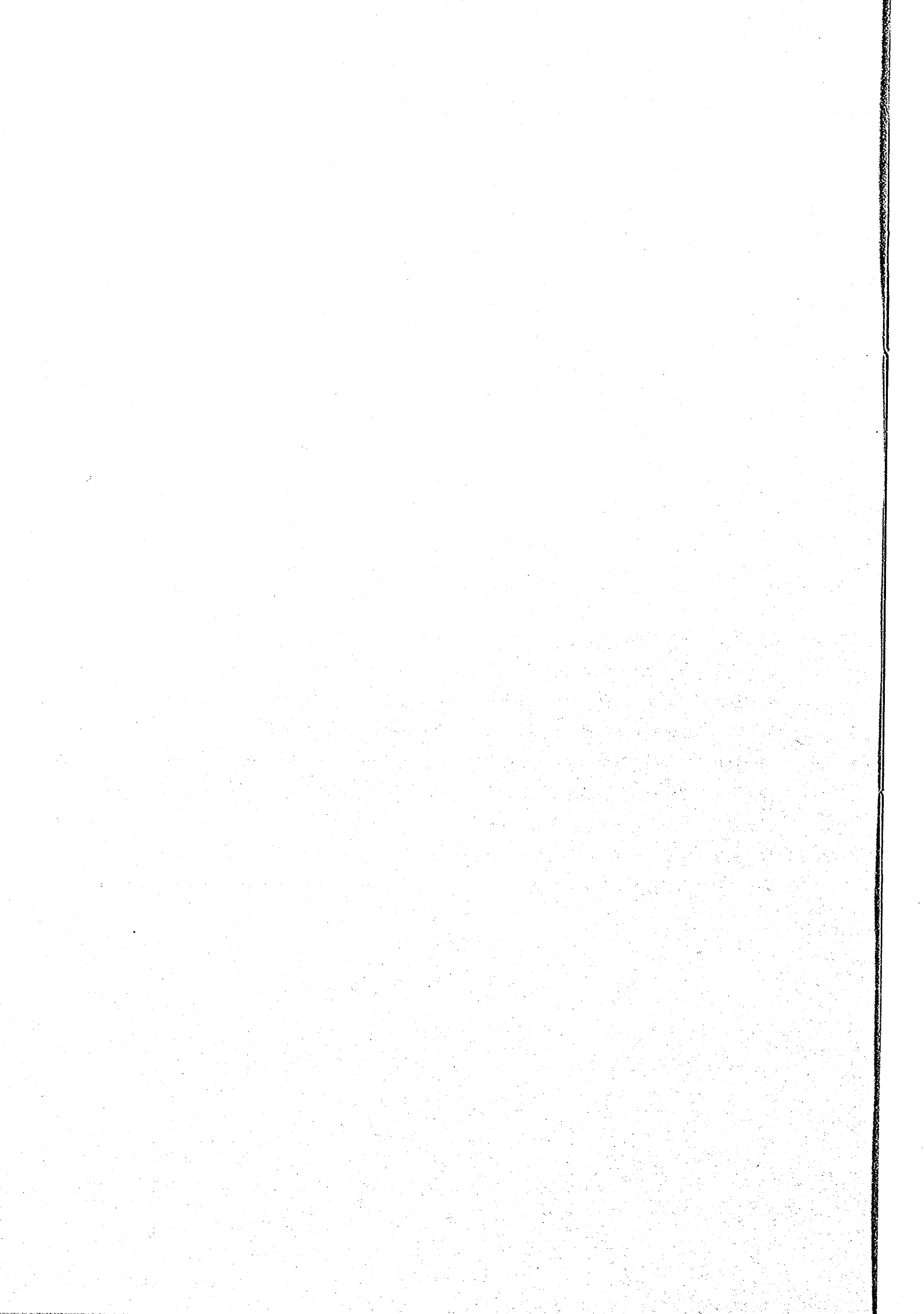
参考文献

- 1) 吉兼亨：フレッシュコンクリート中の単位水量値測定の現状と課題, コンクリート工学, Vol. 27, No. 10, p p5-14, 1989. 10
- 2) (社)日本コンクリート工学協会：コンクリート品質の早期判定指針, 1985. 3. 20
- 3) (社)日本建築学会：コンクリートの早期迅速試験方法集, 1985. 5. 25
- 4) 小林茂敏・森濱和正・高橋弘人・田村久：コンクリートの品質管理に関する調査試験報告書(1)－フレッシュコンクリート品質の早期判定に関する試験－, 土木研究所資料第2736号, 1989. 2
- 5) 河野広隆・森濱和正・高橋弘人：コンクリートの品質管理に関する調査試験報告書(2)－コンクリート品質の早期判定マニュアル(案)－, 土木研究所資料第2979号, 1991. 3
- 6) 長田英和・菅井敏彦・田岡浩太郎：生コンクリートの単位水量・水セメント比・推定強度測定器の開発について, 第22回日本道路会議論文集, pp. 830-831, 1997

添付資料

目 次

表-資1	セメントペーストの蒸発率	45
表-資2	モルタルの蒸発率	46
表-資3	高性能A E減水剤を用いたモルタルの蒸発率	47
表-資4	ウェットスクリーンモルタルの蒸発率（スランプの影響）	48
表-資5	ウェットスクリーンモルタルの蒸発率（水セメント比の影響）	49
表-資6	粗骨材調整コンクリートの蒸発率	50
表-資7	粗骨材の計量値を変化させたコンクリートの蒸発率	51
表-資8,9	コンクリートの蒸発率	52
表-資10	粗骨材の5mm残留分	54
表-資11	迅速推定に関する文献一覧	56



表一資1 セメントペーストの蒸発率(試料量:1L)

W/C (%)	経過時間 (分)	配合水量 (g)	補正蒸発量 (g)	蒸発率 (%)	乾燥前質量 (g)	乾燥後質量 (g)	単位容積質量 (kg/m ³)
40	0	558.3	556.3	99.6	1954.7	1398.2	1954.1
	60	558.3	553.2	99.1	1954.3	1401.0	1954.1
	0*	558.3	555.4	99.5	1954.0	1398.6	1954.1
50	0	612.4	609.7	99.6	1837.3	1227.6	1837.2
	60	612.4	609.8	99.6	1837.1	1227.3	1837.2
	0*	612.4	611.4	99.8	1837.2	1225.8	1837.2
60	0	654.7	652.0	99.6	1746.0	1094.0	1745.9
	60	654.7	648.4	99.0	1745.9	1097.5	1745.9
	0*	654.7	655.9	100.2	1745.8	1089.9	1745.9
70	0	688.7	682.8	99.1	1672.4	989.6	1672.5
	60	688.7	687.9	99.9	1672.4	984.5	1672.5
	0*	688.7	688.9	100.0	1672.7	983.7	1672.5

*:再試験

表一資2 モルタルの蒸発率(試料量:1L)

スラブ (cm)	W/C (%)	経過時間 (分)	配合水量 (g)	補正蒸発量 (g)	蒸発率 (%)	乾燥前質量 (g)	乾燥後質量 (g)	単位細骨材量 (kg/m ³)	吸水率 (%)	単位容積質量 (kg/m ³)
4	40	0	259.2	256.8	99.1	2144.9	1863.5	1237	1.98	2144.1
	70	0	253.2	252.5	99.7	2102.9	1821.5	1488	1.98	2103.0
8	40	0	268.6	269.2	100.2	2133.7	1843.6	1193	1.78	2133.2
	70	0	263.5	265.4	100.7	2089.9	1799.0	1449	1.78	2089.1
12	40	0	277.7	278.2	100.2	2123.2	1824.8	1151	1.78	2122.7
	70	0	273.6	274.6	100.4	2076.1	1776.7	1411	1.78	2075.5
18	40	0	287.7	284.6	98.9	2111.3	1805.2	1104	1.98	2111.1
	70	0	284.7	282.2	99.1	2060.6	1751.8	1369	1.98	2060.6
8	40	0	268.6	268.8	100.1	2134.0	1844.1	1193	1.79	2133.2
		30	268.6	268.5	100.0	2134.5	1844.9	1193	1.79	2133.2
		60	268.6	267.8	99.7	2133.0	1844.3	1193	1.79	2133.2
		90	268.6	266.9	99.4	2133.7	1845.8	1193	1.79	2133.2
	50	0	269.2	271.0	100.7	2108.7	1816.2	1301	1.68	2108.7
		30	269.2	269.1	99.9	2108.8	1818.2	1301	1.68	2108.7
		60	269.2	268.7	99.8	2108.6	1818.4	1301	1.68	2108.7
		90	269.2	268.6	99.8	2108.4	1818.3	1301	1.68	2108.7
	60	0	267.1	266.7	99.9	2095.6	1806.0	1384	1.68	2095.6
		30	267.1	266.8	99.9	2096.2	1806.4	1384	1.68	2095.6
		60	267.1	266.3	99.7	2095.5	1806.3	1384	1.68	2095.6
		90	267.1	265.2	99.3	2096.5	1808.3	1384	1.68	2095.6
	70	0	263.5	265.4	100.7	2089.1	1798.2	1449	1.79	2089.1
		30	263.5	263.7	100.1	2089.1	1799.9	1449	1.79	2089.1
		60	263.5	264.4	100.3	2085.8	1796.4	1449	1.79	2089.1
		90	263.5	263.6	100.1	2089.1	1800.0	1449	1.79	2089.1
8*	40	0	268.6	270.7	100.8	1500.1	1296.6	1202	1.69	2142.4
		30	268.6	270.8	100.8	1500.1	1296.5	1202	1.69	2142.4
		60	268.6	271.0	100.9	1502.7	1298.6	1202	1.69	2142.4
		90	268.6	270.8	100.8	1500.2	1296.6	1202	1.69	2142.4
	50	0	269.2	270.3	100.4	1500.1	1293.3	1311	1.69	2118.8
		30	269.2	271.4	100.8	1 5	1293.2	1311	1.69	2118.80
		60	269.2	268.9	99.9	1500.4	1294.6	1311	1.69	2118.8
		90	269.2	269.3	100.0	1500.2	1294.1	1311	1.69	2118.8
	60	0	267.1	270.3	101.2	1500.8	1291.7	1394	1.69	2106.3
		30	267.1	267.9	100.3	1502.3	1294.7	1394	1.69	2106.3
		60	267.1	267.4	100.1	1502.0	1294.8	1394	1.69	2106.3
		90	267.1	269.5	100.9	1501.3	1292.7	1394	1.69	2106.3
	70	0	263.5	267.2	101.4	1501.0	1292.7	1460	1.69	2100.2
		30	263.5	266.2	101.0	1500.0	1292.6	1460	1.69	2100.2
		60	263.5	265.2	100.6	1500.8	1294.0	1460	1.69	2100.2
		90	263.5	265.9	100.9	1503.0	1295.4	1460	1.69	2100.2

*細骨材に小笠郡浜岡産陸砂(比重2.62, 吸水率1.24%, 粗粒率2.99)を用いた。

表一資3 高性能AE減水剤を用いたモルタルの蒸発率

混和剤 種類	スランプ (cm)	W/C (%)	経過時間 (分)	配合水量 (g)	補正蒸発量 (g)	蒸発率 (%)	乾燥前質量 (g)	乾燥後質量 (g)	単位細骨材量 (kg/m ³)	吸水率 (%)	単位容積質量 (kg/m ³)
SP-8S	8	50	0	269.2	257.7	100.7	1008.0	874.5	1311	1.75	2118.8
			30	269.2	258.1	100.9	1008.1	874.4	1311	1.75	2118.8
			60	269.2	255.0	99.6	1005.0	873.2	1311	1.75	2118.8
			90	269.2	257.3	100.5	1008.1	874.8	1311	1.75	2118.8
NP5			0	269.2	267.4	99.3	1000.6	863.5	1311	1.75	2118.8
			30	269.2	269.0	99.9	1003.8	865.5	1311	1.75	2118.8
			60	269.2	268.4	99.7	1001.7	864.0	1311	1.75	2118.8
			90	269.2	268.0	99.5	1000.2	862.9	1311	1.75	2118.8
NP5			0	269.2	268.2	99.6	1000.9	863.4	1311	1.75	2118.8
			30	269.2	267.9	99.5	1001	863.6	1311	1.75	2118.8
			60	269.2	269.4	100.1	1003.1	864.7	1311	1.75	2118.8
			90	269.2	269.9	100.3	1003.6	864.9	1311	1.75	2118.8

表一資4 ウェットスクリーンモルタルの蒸発率(スランプの影響、試料量:1L)

スランプ (cm)	W/C (%)	経過時間 (分)	配合水量 (g)	補正蒸発量 (g)	蒸発率 (%)	乾燥前質量 (g)	乾燥後質量 (g)	単位細骨材量 (kg/m ³)	吸水率 (%)	単位粗骨材量 (kg/m ³)	単位容積質量 (kg/m ³)
4	50	0	155	153.6	99.1	1306.8	1143.1	803.0	1.21	1046	2314
60		155	151.5	97.7	1302.7	1141.7	803.0	1.21	1046	2314	
8		0	163	161.6	99.1	1006.9	875.4	788.0	1.21	1026	2303
60		163	158.3	97.1	1002.7	874.3	788.0	1.21	1026	2303	
18		0	180	176.7	98.2	1305.8	1122.6	756.3	1.21	985	2281
60		180	174.6	97.0	1303.2	1122.5	756.3	1.21	985	2281	
4	40	0	155	150.8	97.3	1500.2	1317.8	740	1.27	1045	2327
		60	155	151.1	97.5	1507.2	1323.6	740	1.27	1045	2327
	70	0	155	154.6	99.7	1500.5	1312.8	911	1.27	1010	2297
		60	155	152.8	98.6	1502.6	1316.7	911	1.27	1010	2297
8	40	0	163	158.3	97.1	1508.6	1316.4	724	1.27	1045	2327
		60	163	158.7	97.4	1504.0	1311.9	724	1.27	1045	2327
	70	0	163	161.2	98.9	1501.1	1305.8	896	1.27	1010	2297
		60	163	156.2	95.9	1501.3	1311.7	896	1.27	1010	2297
12	40	0	171	168.0	98.3	1505.8	1306.4	708	1.27	1001	2308
		60	171	172.5	100.9	1501.1	1297.2	708	1.27	1001	2308
	70	0	171	165.9	97.0	1502.1	1302.7	882	1.27	978	2275
		60	171	168.3	98.4	1502.1	1299.9	882	1.27	978	2275
18	40	0	180	178.7	99.3	1502.0	1293.1	691	1.27	976	2297
		60	180	176.8	98.2	1500.4	1293.9	691	1.27	976	2297
	70	0	180	174.5	96.9	1503.1	1294.6	866	1.27	959	2262
		60	180	180.4	100.2	1505.9	1290.2	866	1.27	959	2262

表-資5 ウェットスクリーンモルタルの蒸発率(水セメント比の影響, 試料量:1L)

スランブ (cm)	W/C (%)	経過時間 (分)	配合水量 (g)	補正蒸発量 (g)	蒸発率 (%)	乾燥前質量 (g)	乾燥後質量 (g)	単位細骨材量 (kg/m ³)	吸水率 (%)	単位粗骨材量 (kg/m ³)	単位容積質量 (kg/m ³)
8	40	0	163	164.8	101.1	1507.9	1310.2	724.0	1.21	1023	2317
		60	163	161.3	98.9	1502.7	1309.8	724.0	1.21	1023	2317
	50	0	163	161.6	99.1	1006.9	875.4	788.0	1.21	1026	2303
		60	163	158.3	97.1	1002.7	874.3	788.0	1.21	1026	2303
	70	0	163	156.0	95.7	1504.3	1315.7	896	1.21	994	2286
		60	163	152.6	93.6	1504.9	1320.2	896	1.21	994	2286
8	40	0	163	164.9	101.2	1245.1	1082.0	724	1.15	1023	2317
		60	163	163.0	100.0	1310.6	1140.8	724	1.15	1023	2317
	50	0	163	161.6	99.1	1307.2	1136.7	788	1.15	1026	2303
		60	163	162.6	99.8	1305.9	1134.5	788	1.15	1026	2303
	60	0	163	164.8	101.1	1311.5	1137.0	844	1.15	1014	2293
		60	163	160.5	98.4	1301.9	1133.1	844	1.15	1014	2293
	70	0	163	163.3	100.2	1303.1	1132.6	896	1.15	994	2286
		60	163	158.9	97.5	1302.3	1136.4	896	1.15	994	2286
8	40	0	163	161.5	99.1	1503.4	1309.6	724	1.34	1023	2317
		60	163	159.4	97.8	1507.7	1315.7	724	1.34	1023	2317
	50	0	163	159.4	97.8	1508.7	1313.5	788	1.34	1026	2303
		30	163	159.6	97.9	1504.5	1309.6	788	1.34	1026	2303
		60	163	164.1	100.7	1507.0	1306.5	788	1.34	1026	2303
		90	163	160.7	98.6	1503.6	1307.6	788	1.34	1026	2303
	60	0	163	161.8	99.3	1507.3	1309.3	844	1.34	1014	2293
		60	163	162.2	99.5	1508.4	1309.8	844	1.34	1014	2293
	70	0	163	162.4	99.6	1503.6	1306.9	896	1.34	994	2286
		60	163	161.9	99.3	1503.6	1307.4	896	1.34	994	2286

表一資6 粗骨材調整コンクリートの蒸発率

スランブ (cm)	W/C (%)	経過時間 (分)	配合水量 (g)	補正蒸発量 (g)	蒸発率 (%)	乾燥前質量 (g)	乾燥後質量 (g)	単位細骨材量 (kg/m ³)	吸水率 (%)	単位粗骨材量 (kg/m ³)	吸水率 (%)	単位容積 質量(kg/m ³)
4	40	0	155	157.5	101.6	2326.9	2147.0	740	1.94	1045	0.80	2327.2
	70	0	155	157.4	101.6	2295.7	2113.0	911	1.94	1010	0.80	2297.0
8	40	0	163	164.6	101.0	2317.6	2135.3	724	1.58	1023	0.63	2317.5
	70	0	163	164.7	101.0	2286.0	2101.1	896	1.58	994	0.63	2285.9
12	40	0	171	172.1	100.7	2308.4	2118.9	708	1.58	1001	0.63	2307.7
	70	0	171	172.9	101.1	2275.2	2082.4	882	1.58	978	0.63	2274.7
18	40	0	180	181.5	100.8	2296.2	2093.8	691	1.94	976	0.80	2296.8
	70	0	180	181.9	101.1	2261.5	2055.5	866	1.94	959	0.80	2262.2
4	50	0	155	156.8	101.1	2314.1	2138.2	803	1.58	1046	0.63	2313.5
18	50	0	180	180.4	100.2	2282.5	2084.0	756	1.58	985	0.63	2281.0
4*	40	0	155	159.0	102.6	2327.9	2146.4	740	1.94	1045	0.80	2327.2
	70	0	155	144.8	93.4	2298.5	2128.2	911	1.94	1010	0.80	2297.0

*1.5L練りのコンクリートから1L採取し、乾燥させた。

表一資7 粗骨材の計量値を変化させたコンクリートの蒸発率(試料量:1L)

	スラフ (cm)	W/C (%)	経過時間 (分)	粗骨材計量 誤差(%)	配合水量 (g)	補正蒸発量 (g)	蒸発率 (%)	乾燥前質量 (g)	乾燥後質量 (g)	単位細骨材量 (kg/m ³)	吸水率 (%)	単位粗骨材量 (kg/m ³)	吸水率 (%)	単位容積 質量(kg/m ³)
配合粗骨 材量を用 いて計算	8	50	0	0	163	162.6	99.8	2303.6	2117.9	788	1.92	1026	0.81	2303.1
			0	-1	163	164.2	100.7	2303.2	2116.0	788	1.92	1026	0.81	2303.1
			0	1	163	160.6	98.6	2303.4	2119.7	788	1.92	1026	0.81	2303.1
			0	0	163	162.2	99.5	2303.0	2117.8	788	1.92	1026	0.81	2303.1
			0	-1	163	163.0	100.0	2303.2	2117.2	788	1.92	1026	0.81	2303.1
			0	1	163	161.5	99.1	2303.2	2119.7	788	1.89	1026	0.72	2303.1
			0	0	163	162.3	99.6	2303.2	2118.9	788	1.89	1026	0.72	2303.1
			0	-1	163	163.1	100.1	2303.0	2117.9	788	1.89	1026	0.72	2303.1
			0	1	163	160.5	98.5	2303.1	2120.6	788	1.89	1026	0.72	2303.1
			0	0	163	160.0	98.2	2303.2	2121.2	788	1.89	1026	0.72	2303.1
	12	60	0	0	171	171.6	100.4	2282.9	2088.7	830	1.89	997	0.72	2282.4
			0	-3	171	174.8	102.2	2282.6	2085.2	830	1.89	997	0.72	2282.4
			0	3	171	166.1	97.2	2282.7	2094.0	830	1.89	997	0.72	2282.4
計量粗骨 材量を用 いて計算	8	50	0	0	163.1	162.6	99.7	2303.6	2117.9	788	1.92	1026	0.81	2303.1
			0	-1	164.3	164.1	99.9	2303.2	2116.0	794	1.92	1016	0.81	2303.1
			0	1	161.7	160.7	99.4	2303.4	2119.7	782	1.92	1037	0.81	2303.1
			0	0	163.0	162.2	99.5	2303.0	2117.8	788	1.92	1026	0.81	2303.1
			0	-1	164.3	162.9	99.1	2303.2	2117.2	794	1.92	1016	0.81	2303.1
			0	1	161.7	161.6	99.9	2303.2	2119.7	782	1.89	1037	0.72	2303.1
			0	0	163.0	162.3	99.6	2303.2	2118.9	788	1.89	1026	0.72	2303.1
			0	-1	164.4	163.1	99.2	2303.0	2117.9	795	1.89	1015	0.72	2303.1
			0	1	161.7	160.6	99.3	2303.1	2120.6	782	1.89	1037	0.72	2303.1
			0	0	163.0	160.0	98.2	2303.2	2121.2	788	1.89	1026	0.72	2303.1
	12	60	0	0	172.2	171.5	99.6	2282.9	2088.7	835	1.89	997	0.72	2282.4
			0	-3	176.2	174.6	99.1	2282.6	2085.2	855	1.89	967	0.72	2282.4
			0	3	168.2	166.2	98.8	2282.7	2094.0	816	1.89	1027	0.72	2282.4

表-資8 コンクリートの蒸発率(試料量:1L)

	スランフ (cm)	W/C (%)	経過時間 (分)	配合水量 (g)	補正蒸発量 (g)	蒸発率 (%)	乾燥前質量 (g)	乾燥後質量 (g)	単位セメント 量(kg/m ³)	単位細骨材 量(kg/m ³)	吸水率 (%)	単位粗骨材 量(kg/m ³)	吸水率 (%)	単位容積 質量(kg/m ³)	絶対質量 (g)	推定粗 骨材(g)	推定細 骨材(g)
配合粗骨 材料を用 いて計算	8	40	0	163	167.4	102.7	2132.4	1962.8	408.0	724	1.36	1023	0.70	2317.0	—	1023.0	724.0
			30	163	170.5	104.6	2130.2	1958.0	408.0	724	1.36	1023	0.70	2317.0	—	1023.0	724.0
			60	163	169.1	103.7	2132.1	1961	408	724	1.36	1023	0.70	2317.0	—	1023.0	724.0
			90	163	164.0	100.6	2132.2	1965.8	408.0	724	1.36	1023	0.70	2317.0	—	1023.0	724.0
		50	0	163	163.2	100.1	2106.7	1941.2	326.0	788	1.36	1026	0.70	2303.0	—	1026.0	788.0
			30	163	169.9	104.2	2110.0	1938.1	326.0	788	1.36	1026	0.70	2303.0	—	1026.0	788.0
			60	163	162.4	99.6	2102.5	1938.1	326.0	788	1.36	1026	0.70	2303.0	—	1026.0	788.0
			90	163	167.1	102.5	2105.6	1936.6	326.0	788	1.36	1026	0.70	2303.0	—	1026.0	788.0
		60	0	163	160.7	98.6	2307.6	2127.4	272.0	844	1.36	1014	0.70	2293.0	—	1014.0	844.0
			30	163	160.1	98.2	2306.5	2127.0	272.0	844	1.36	1014	0.70	2293.0	—	1014.0	844.0
			60	163	156.2	95.8	2300.1	2125.0	272.0	844	1.36	1014	0.70	2293.0	—	1014.0	844.0
			90	163	161.6	99.1	2297.3	2117.0	272.0	844	1.36	1014	0.70	2293.0	—	1014.0	844.0
		70	0	163	163.8	100.5	2301.2	2117.2	233.0	896	1.36	994	0.70	2286.0	—	994.0	896.0
			30	163	162.2	99.5	2305.3	2122.6	233.0	896	1.36	994	0.70	2286.0	—	994.0	896.0
			60	163	165.5	101.5	2300.7	2115.1	233.0	896	1.36	994	0.70	2286.0	—	994.0	896.0
			90	163	160.0	98.2	2298.2	2118.3	233	896	1.36	994	0.70	2286.0	—	994.0	896.0
乾燥後測 定値を用 いて計算	8	40	0	163	162.4	99.7	2132.4	1962.8	408.0	724	1.36	1023	0.70	2317.0	853.1	904.3	780.4
			30	163	162.3	99.6	2130.2	1958.0	408.0	724	1.36	1023	0.70	2317.0	830.1	879.9	792.0
			60	163	164.2	100.7	2132.1	1961	408	724	1.36	1023	0.70	2317.0	854	905.3	780.0
			90	163	166.0	101.9	2132.2	1965.8	408.0	724	1.36	1023	0.70	2317.0	901.6	955.7	755.9
		50	0	163	162.8	99.9	2106.7	1941.2	326.0	788	1.36	1026	0.70	2303.0	882.4	935.4	835.2
			30	163	160.8	98.6	2110.0	1938.1	326.0	788	1.36	1026	0.70	2303.0	824.2	873.7	867.3
			60	163	162.5	99.7	2102.5	1938.1	326.0	788	1.36	1026	0.70	2303.0	884.9	938.0	833.9
			90	163	162.8	99.9	2105.6	1936.6	326.0	788	1.36	1026	0.70	2303.0	884.9	938.0	833.9
		60	0	163	161.0	98.8	2307.6	2127.4	272.0	844	1.36	1014	0.70	2293.0	855.8	907.2	849.9
			30	163	162.7	99.8	2306.5	2127.0	272.0	844	1.36	1014	0.70	2293.0	965.4	1023.3	839.0
			60	163	163.1	100.1	2300.1	2125.0	272.0	844	1.36	1014	0.70	2293.0	981.8	1040.7	829.4
			90	163	163.6	100.4	2297.3	2117.0	272.0	844	1.36	1014	0.70	2293.0	1011	1071.7	812.3
		70	0	163	159.0	97.6	2301.2	2117.2	233.0	896	1.36	994	0.70	2293.0	973.5	1031.9	834.2
			30	163	159.6	97.9	2305.3	2122.6	233.0	896	1.36	994	0.70	2286.0	906.9	961.3	914.9
			60	163	158.8	97.4	2300.7	2115.1	233.0	896	1.36	994	0.70	2286.0	925.5	981.0	903.5
			90	163	161.1	98.8	2298.2	2118.3	233	896	1.36	994	0.70	2286.0	892.8	946.4	923.5
乾燥後測 定値を用 いて計算	4 8 12 18	50	0	155	151.6	97.8	2122.7	1965.1	310	803	1.36	1046	0.70	2314.0	889.7	943.1	858.0
			60	155	154.1	99.4	2121.3	1960.4	310	803	1.36	1046	0.70	2314.0	880.9	933.8	863.0
			0	163	162.8	99.9	2106.7	1941.2	326	788	1.36	1026	0.70	2303.0	882.4	935.4	835.2
			60	163	162.5	99.7	2102.5	1938.1	326	788	1.36	1026	0.70	2303.0	884.9	938.0	833.9
			0	171	169.4	99.1	2310.8	2122.3	342	773	1.36	1007	0.70	2293.0	955.7	1013.1	769.8
			60	171	169.1	98.9	2289.4	2104.3	342	773	1.36	1007	0.70	2293.0	956	1013.4	769.6
			0	180	175.3	97.4	2298.5	2114.4	360	756	1.36	985	0.70	2281.0	1004.1	1064.4	717.4
			60	180	176.5	98.0	2300.5	2115.5	360	756	1.36	985	0.70	2281.0	1007.5	1068.0	715.7

表-資9 コンクリートの蒸発率(試料量:1L)

	スラン (cm)	W/C (%)	経過時間 (分)	配合水量 (g)	補正蒸発量 (g)	蒸発率 (%)	乾燥前質量 (g)	乾燥後質量 (g)	単位セメント 量(kg/m ³)	単位細骨材量 (kg/m ³)	吸水率 (%)	単位粗骨材量 (kg/m ³)	吸水率 (%)	単位容積 質量(kg/m ³)	水中質量(g) 絶乾質量(g)
粗骨材の 水中質量 を用いて 計算	8	40	0	163	163.9	100.5	2318.1	2139.3	408	724	1.88	1023	0.66	2317	631
			60	163	161.6	99.2	2320.0	2144.1	408	724	1.88	1023	0.66	2317	635.6
		50	0	163	163.1	100.1	2303.2	2118.8	326	788	1.88	1026	0.66	2303	608.5
			60	163	164.3	100.8	2303.3	2129.4	326	788	1.88	1026	0.66	2303	661.3
		60	0	163	159.2	97.7	2292.8	2114.2	272	844	1.88	1014	0.66	2293	614.4
			60	163	159.9	98.1	2293.5	2112.6	272	844	1.88	1014	0.66	2293	607.4
	70	0	0	163	158.4	97.2	2286.1	2110.4	233	896	1.88	994	0.66	2286	616.6
			60	163	160.4	98.4	2285.7	2102.6	233	896	1.88	994	0.66	2286	591.1
		4	0	155	155.8	100.5	2311.1	2135.6	310	803	1.74	1046	0.63	2314	621.4
			60	155	154.4	99.6	2311.2	2142.4	310	803	1.74	1046	0.63	2314	646.4
		12	0	171	171.0	100.0	2292.9	2110.4	342	773	1.74	1007	0.63	2293	632
			60	171	169.8	99.3	2292.3	2104.0	342	773	1.74	1007	0.63	2293	601
	18	0	0	180	178.3	99.1	2282.2	2090.7	360	756	1.74	985	0.63	2281	610
			60	180	179.5	99.7	2281.0	2088.3	360	756	1.74	985	0.63	2281	608.8
粗骨材の 絶乾質量 を用いて 計算	8	40	0	163	163.0	100.0	2318.1	2139.3	408	724	1.88	1023	0.66	2317	998.4
			60	163	161.7	99.2	2320.0	2144.1	408	724	1.88	1023	0.66	2317	1012.4
		50	0	163	162.7	99.8	2303.2	2118.8	326	788	1.88	1026	0.66	2303	965.6
			60	163	164.6	101.0	2303.3	2129.4	326	788	1.88	1026	0.66	2303	1054.7
		60	0	163	159.3	97.7	2292.8	2114.2	272	844	1.88	1014	0.66	2293	978.3
			60	163	160.5	98.5	2293.5	2112.6	272	844	1.88	1014	0.66	2293	971.4
	70	0	0	163	160.4	98.4	2286.1	2110.4	233	896	1.88	994	0.66	2286	995.8
			60	163	160.6	98.5	2285.7	2102.6	233	896	1.88	994	0.66	2286	942.3
		4	0	155	155.8	100.5	2311.1	2135.6	310	803	1.74	1046	0.63	2314	989.2
			60	155	154.8	99.9	2311.2	2142.4	310	803	1.74	1046	0.63	2314	1032.5
		12	0	171	171.1	100.1	2292.9	2110.4	342	773	1.74	1007	0.63	2293	1007.5
			60	171	169.8	99.3	2292.3	2104.0	342	773	1.74	1007	0.63	2293	957.4
	18	0	0	180	178.6	99.2	2282.2	2090.7	360	756	1.74	985	0.63	2281	973.1
			60	180	179.5	99.7	2281.0	2088.3	360	756	1.74	985	0.63	2281	969.4

表一資10 粗骨材の5mm残留分

	スラブ (cm)	W/C (%)	配合粗骨材量 (g)	水中質量 (g)	推定粗骨材量 (g)	5mm残留分 (%)	絶乾質量 (g)	推定粗骨材量 (g)	5mm残留分 (%)
粗骨材 計量後	4	50	1045.5	622	996.7	95.3	987	993.2	95.0
	18		984.7	589	943.8	95.8	931.9	937.8	95.2
コンクリート 練混ぜ後	4		1045.5	604.8	969.1	92.7	960.8	966.9	92.5
	18		984.7	583.4	934.8	94.9	928.1	934.0	94.8
コンクリート 乾燥後	4		1045.5	617.1	988.8	94.6	984.4	990.6	94.8
	18		984.7	591.3	947.5	96.2	946.6	952.6	96.7
平均	—	—	—	—	—	94.9	—	—	94.8

表一資 11 迅速推定に関する文献一覧 (1 / 4)

No.	ジャンル	論文・著書名	著者名 1
1	セメント・水・促進	コンクリート品質の早期判定方法に関する概況	早期判定研究委員会
2	セメント・水・促進	コンクリート品質の早期判定方法基準案について	早期判定研究委員会
3	型枠・セメント・水	コンクリート品質の早期判定方法基準案について (その2)	早期判定研究委員会
4	フレッシュ・セメント・塩化物	コンクリート品質の早期判定方法基準案について (その3)	早期判定研究委員会
5	セメント・水・促進	コンクリート品質の早期判定方法基準案について (その4)	早期判定研究委員会
6	品質管理	コンクリート品質の早期判定指針案について	早期判定研究委員会
7	セメント・水	コンクリート品質の早期判定に関する分析試験法	神田衛
8	水	フレッシュコンクリート中の単位水量値測定の実状と課題	吉兼亨
9	セメント・水	フレッシュコンクリート品質の早期判定に関する試験	コンクリート研究室
10	セメント・水	フレッシュコンクリート品質の早期判定マニュアル (案)	コンクリート研究室
11	セメント・水・促進	早期迅速判定試験方法の総合的な動向 他	笠井芳夫
12	セメント・水・促進	コンクリートの早期迅速試験方法集	日本建築学会
13	セメント・水・促進	コンクリート品質の早期判定指針	早期判定研究委員会
14	セメント・水	まだ固まらないコンクリートの水セメント比の測定方法	神田衛
15	セメント・水	まだ固まらないコンクリートの水セメント比の測定方法	神田衛
16	セメント・水	まだ固まらないコンクリートから圧縮強度を推定する一方法	神田衛
17	セメント・水	コンクリート強度の早期推定に関する一研究	神田衛
18	セメント・水	遠心脱水機を利用したまだ固まらないコンクリートの判定—単位セメント……	市橋進
19	セメント・水	まだ固まらないコンクリートの単位セメント量・水セメント比に判定 (遠心……	市橋進
20	セメント・水	まだ固まらないコンクリートの品質早期判定試験 (遠心脱水法による……	市橋進
21	セメント	コンクリート分析機RAMによる単位セメント量測定の実用性に関する研究	西沢紀昭
22	セメント・水	まだ固まらないコンクリートの水セメント比の試験方法	水野俊一
23	セメント・水	まだ固まらないコンクリートの水セメント比の試験方法	水野俊一
24	セメント	比重計によるセメント定量	常山源太郎
25	セメント	まだ固まらないコンクリート中の単位セメント量の推定について	柳田力
26	セメント・水	現場で簡単にできる生コンの品質判別法	増田一真
27	セメント・水	まだ固まらないコンクリート中の単位セメント量の推定	日本セメント社研究所
28	早期判定	コンクリートの簡易試験方法に関する報告書	簡易試験方法小委員会
29	セメント・水	まだ固まらないコンクリートから圧縮強度を推定する一方法	中森惣三郎
30	早期判定	まだ固まらないコンクリートの迅速分析	R. T. Kelly
31	早期判定	まだ固まらないコンクリートの化学分析による水セメント比の試験方法	村田二郎
32	セメント・水	まだ固まらないコンクリートのセメント量及び水セメント比の判定試験	笠井芳夫
33	セメント・水	まだ固まらないコンクリートの分析	常山源太郎
34	促進強度	急速硬化によるコンクリート強度即時判定方法に関する研究	池田尚治
35	促進強度	打ち込み時点にコンクリート強度を判定する方法に関する研究	池田尚治
36	促進強度	急速硬化によるコンクリート強度即時判定法の現場実験	池田尚治
37	促進強度	コンクリート強度即時判定方法の実用化に関する研究	池田尚治
38	促進強度	急速硬化によるコンクリート強度の即時判定方法	池田尚治
39	早期判定	コンクリート強度の早期判定に関する研究報告書 (その1~2)	首都高速道路公団
40	促進強度	早期品質判定のためのコンクリート強度促進試験	十代田知三
41	促進強度	早期品質判定のためのコンクリート強度促進試験	十代田知三
42	促進強度	コンクリートの管理特性として用いる高温水養生供試体の圧縮強度……	後藤幸正
43	促進強度	温水養生を利用したコンクリート強度の促進試験に関する実験 (1~6)	十代田知三
44	促進強度	温水養生を利用したコンクリートの促進強度試験方法に関する試験調査	土研コンクリート研究室
45	強度推定	夏期におけるコンクリート強度の低下現象に関する一考察	神田衛
46	促進強度	コンクリートの強度促進試験について	十代田知三
47	促進強度	コンクリートの強度促進試験 (自熱養生法)	十代田知三
48	塩化物	試験紙による生コンクリート中の塩分判定試験方法	笠井芳夫
49	塩化物	海砂および海砂使用コンクリート中の塩分の測定方法	蔭田実
50	防錆剤	まだ固まらないコンクリート中の亜硝酸系防錆剤の含有量判定試験	能町宏
51	混和剤	生コンクリート中のリグニン系混和剤の混入量判定試験	能町宏
52	混和材	膨張性混和材の含有量判定試験の現況	門司唱
53	混和材	膨張性混和材の含有量判定簡易試験方法について	月岡正夫
54	混和材	コンクリート用膨張性混和材の混入量を早期に判定するための簡易……	和美広喜
55	型枠合理化	「ヤヅ」を必要としないコンクリート供試体の試体と効用	神田衛
56	型枠合理化	コンクリートの圧縮強度試験に用いる標準供試体について	山崎英樹

著者名2	著者名3	掲載紙	発行元等	発行年	ページ
		コンクリート工学VOL. 17, NO. 1	日本コンクリート工学協会	1979. 1	24-38
		コンクリート工学VOL. 19, NO. 10	日本コンクリート工学協会	1981. 10	3-11
		コンクリート工学VOL. 19, NO. 12	日本コンクリート工学協会	1981. 12	3-12
		コンクリート工学VOL. 20, NO. 1	日本コンクリート工学協会	1982. 1	24-30
		コンクリート工学VOL. 20, NO. 7	日本コンクリート工学協会	1982. 7	8-13
		コンクリート工学VOL. 20, NO. 8	日本コンクリート工学協会	1982. 8	4-11
		コンクリート工学VOL. 15, NO. 4	日本コンクリート工学協会	1977. 4	12-19
		コンクリート工学VOL. 27, NO. 10	日本コンクリート工学協会	1989. 10	5-14
		土木研究所資料第2736号	土木研究所	1989. 2	1-58
		土木研究所資料第2979号	土木研究所	1991. 3	1-74
		月刊生コンVOL. 7, NO. 11コンクリート	セメント新聞社	1988. 11	
			日本建築学会	1985. 5	
		J C I - R 2	日本コンクリート工学協会	1985. 3	
		セメントコンクリートNO. 300	セメント協会	1972. 2	
		土木学会論文報告集NO. 193	土木学会	1971. 9	
石渡章介		セメントコンクリートNO. 315	セメント協会	1973. 5	
石渡章介		土木学会論文報告集NO. 209	土木学会	1973. 1	
上田晃	本間信吾	施工NO. 144		1978	
本間信吾	稲井田洋二	土木施工19巻10号		1978. 9	
本間信吾	清瀬茂	日本建築学会大会学術講演梗概集<構造系>	日本建築学会	1978. 3	117-120
		土木施工VOL. 18, NO. 9-10		1977. 6, 7	
		土木学会誌VOL. 44, NO. 10	土木学会	1959. 10	
		コンクリートライヴ 第38号	土木学会	1974. 12	
		窯業協会誌68 NO. 778	日本窯業協会	1960. 10	
上野裕康		コンクリートの品質管理試験に関するシンポジウム発表報文集	日本コンクリート会議	1974. 2	
小川泰雄	高村友行	建築技術NO. 291		1975. 11	
		セメント工業NO. 137		1975. 11	
		コンクリートの簡易試験方法に関する報告書	日本建築学会	1978. 7	
		土木学会第30回年次学術講演会講演梗概集	土木学会	1975. 10	
J. W. Vail	菊川浩治	コンクリートジャーナルVOL. 9, NO. 3	日本コンクリート工学協会	1971. 3	
黒井登喜雄		コンクリートライヴ 第38号	土木学会		
松井勇		日本建築学会大会学術講演梗概集	日本建築学会	1977. 10	
		セメントコンクリートNO. 149, 150	セメント協会	1959. 7, 8	
		土木学会論文報告集第255号	土木学会	1976. 11	103-112
		第31回年次学術講演会講演梗概集第5部(V37)	土木学会	1976. 10	
信田佳延	秋本泰輔	昭和51年度関東支部年次研究発表会講演梗概集(V12)	土木学会	1977. 1	
		土木学会論文報告集第266号	土木学会	1977. 10	123-134
		セメントコンクリートNO. 366	セメント協会	1977. 8	
日本コンサルタント				1977-78	
藤沢好一		建築学会論文報告集NO. 146	日本建築学会	1968. 4	
藤沢好一		セメントコンクリートNO. 280	セメント協会	1970. 2	
尾坂芳夫	外門正直	土木学会論文集第150号	土木学会	1968. 2	
榎田佳寛		建築学会大会学術講演梗概集	日本建築学会	1978. 9	1977. 10
		土木研究所資料NO. 1082	土木研究所	1976. 1	
鈴木脩	石渡章介	コンクリートジャーナルVOL. 8, NO. 11	日本コンクリート工学協会	1970. 11	
		コンクリート工学VOL. 15, NO. 1	日本コンクリート工学協会	1977. 1	
藤沢好一		セメントコンクリートNO. 302	セメント協会	1972	
松井勇		日本建築学会大会学術講演梗概集	日本建築学会	1973. 10	
坂本浩行		コンクリートジャーナル	日本コンクリート工学協会	1974. 10	
		日本建築学会コンクリート簡易試験小委員会資料	日本建築学会		
		施工		1976. 4	
		施工		1976. 4	
川久保満		コンクリート構造物のひび割れに関するシンポジウム発表論文	日本コンクリート工学協会	1977. 3	
		日本建築学会大会学術講演梗概集	日本建築学会	1977. 10	
鈴木脩	大沢洋三郎	セメント技術年報 26	セメント協会	1972	253-259
上条直秀		コンクリートジャーナルVOL. 10, NO. 10	日本コンクリート工学協会	1972. 10	13-19

表一資 11 迅速推定に関する文献一覧 (2/4)

57	型枠合理化	コンクリート強度試験方法の提案	樋口芳朗
58	促進強度	急速硬化によるコンクリート強度即時判定方法とその適用について	池田尚治
59	促進強度	コンクリートの品質の早期判定方法—温水養生による促進強度試験……	上野裕康
60	セメント・水	現場コンクリートの比重計方法による水セメント比の推定	椎名国雄
61	促進強度	コンクリート強度促進試験方法 (55℃温水法) に関する実験	十代田
62	強度推定	コンクリート品質の早期判定における強度判定式の一提案	仕入豊和
63	強度推定	コンクリート品質の早期判定のための一般式 (一般の合格判定規準……	仕入豊和
64	強度推定	コンクリート強度の早期判定のための一般式 (早期強度と28日強度……	仕入豊和
65	強度推定	コンクリート強度の早期判定式の設定に関する数理的考察	梶田佳寛
66	促進強度・フレッシュ	コンクリート品質の早期判定方法	柳田力
67	フレッシュ	まだ固まらないコンクリートの分析と品質管理への適用	神田衛
68	セメント・水	まだ固まらないコンクリートの性質を用いて圧縮強度を推定する方法	穂積豊
69	試験方法	外国規格と日本工業規格	樋口芳朗
70	セメント・水	単位セメント量・水セメント比の簡易試験	椎名国雄
71	早期判定	まだ固まらない軽量骨材コンクリートの水セメント比の試験方法	村田二郎
72	早期判定	現場におけるコンクリートの試験	笠井芳夫
73	セメント・水	まだ固まらないコンクリートの水セメント比の測定方法	棚橋勇
74	セメント・水	まだ固まらないコンクリート中のモルタル成分の測定	常山源太郎
75	セメント	比重計を用いた単位セメント量測定の簡便法	上野裕康
76	早期判定	まだ固まらないコンクリートの迅速分析に関する海外事情	大浜嘉彦
77	セメント	まだ固まらないコンクリートの単位セメント量の試験方法 (逆滴定法)	笠井
78	セメント・水	まだ固まらないコンクリートの単位水量…… (加熱乾燥), (アルコール比重計)	日本建築学会
79	セメント・水	まだ固まらないコンクリートの単位水量の試験方法 (塩酸溶解法)	日本建築学会
80	セメント・水	高周波加熱による水セメント比の測定方法	角田
81	セメント・水	レディミキストコンクリートの受入時の単位水量管理試験方法 (案)	国土開発技術センター: 建築
82	セメント・水	まだ固まらないコンクリートの水セメント比の試験方法—比重計法	日本コンクリート工学協会
83	水	まだ固まらないコンクリート (モルタル・ペースト) 中の水分量の迅速分析方法	中島
84	水	フレッシュコンクリート中の水量推定のための簡易試験方法…… (その1~2)	清水
85	水	フレッシュコンクリート中の水量推定のための簡易試験方法…… (その3)	清水
86	水	ラジオアイソトープによるフレッシュコンクリートの品質判定に関する研究	豊福俊泰
87	骨材表面水	遠心脱水による細骨材の表面乾燥飽水状態について	吉兼
88	セメント	コンクリートの検査方法に関する試験調査報告書 (I)	上野裕康
89	水セメント比	振動を利用してまだ固まらないコンクリートの水セメント比を検出する方法	神田衛
90	セメント・水	現場で簡単にできるコンクリート品質の早期判定方法の実用化	和田貞夫
91	セメント・水	比重計を利用したフレッシュコンクリートの単位セメント量、水セメント比の早期……	増田一真
92	品質管理	荷下ろし箇所でも即時に品質判定が不可欠—発注の立場から—	豊福俊泰
93	品質管理	データ解析によるコンクリートの品質管理システムに関する研究	豊福俊泰
94	水	迅速乾燥法、RI法および自動計量記録値による単位水量……	豊福俊泰
95	水	RI水分計によるフレッシュコンクリートの単位水量の早期迅速試験法……	山本忠守
96	品質管理	コンクリートの製造システム研究委員会報告書	コンクリート製造システム研究委員
97	品質管理	品質管理講座 統計的方法	森口繁一
98	品質・性状	粉体の保水性におよぼす分散構造の影響	遠藤裕悦
99	フレッシュ	スランプ および空気量試験における誤差に関する実験的研究	竹田宣典
100	水	フレッシュコンクリートの単位水量試験方法に関する研究報告	建築研究所
101	セメント・水	まだ固まらないコンクリートの調合量測定装置	大岸
102	セメント・水	比重計方法に遠心脱水機方法を組み合わせた方法による水セメント……	椎名
103	セメント・水	遠心脱水機と洗い試験を組み合わせた方法による水セメント比……	椎名
104	水	RIによる生コンクリート中の水量測定	熊原義文
105	水	砂の粒度・形状の簡易判定方法とコンクリートの単位水量の推定……	神田衛
106	骨材表面水	静電容量型細骨材水分計とスランプメータによる生コンの品質管理	西晴哉
107	セメント・水	マイクロ波を用いたフレッシュコンクリートの配合分析法に関する基礎的研究	伊藤幸広
108	水 (硬化)	コンクリートの含水率測定における電気的抵抗法の適用性	小野博宣
109	セメント	ゲルコン酸ナトリウムによるセメント量判定試験方法の精度	中田善久
110	フレッシュ	練混ぜ中のコンクリートの性状評価について	篠田佳男
111	フレッシュ	自動計量記録装置によるコンクリートの早期品質判定法	豊福俊泰
112	フレッシュ	材料の変動および計量誤差がコンクリートの品質に及ぼす影響	小沢一雅
113	品質保証	コンクリートの性能評価と品質保証	辻幸和

小林正凡		セメントコンクリートNO. 342	セメント協会	1975. 8	22-26
		コンクリート品質の早期判定に関するシボ・ゾウム発表論文集	日本コンクリート工学協会	1979. 2	
柳田力		コンクリート・ライフ・リ-第38号	土木学会		
		第4回コンクリート工学年次講演会講演論文集	日本コンクリート工学協会	1982. 6	1-4
榎田佳寛		コンクリート品質の早期判定に関するシボ・ゾウム発表論文集	日本コンクリート工学協会	1979. 2	
榎田佳寛		日本建築学会論文報告集298号	日本建築学会	1980. 12	
榎田佳寛		日本建築学会論文報告集303号	日本建築学会	1981. 5	
榎田佳寛	常銘崔一郎	日本建築学会論文報告集314号	日本建築学会	1981. 5	
		第4回コンクリート工学年次講演会講演論文集	日本コンクリート工学協会	1982. 6	
		セメントコンクリートNO. 341	セメント協会	1975. 7	
石渡章介		コンクリートの品質管理試験に関するシボ・ゾウム発表報文集	日本コンクリート会議	1974. 2	
		土木技術		1959. 7	
		コンクリート・ジャーナル (特集コンクリートと標準化) VOL. 10, NO. 9	日本コンクリート工学協会	1972. 9	
		建築の技術・施工4 (特集コンクリートの簡易試験) NO. 117		1976. 4	
関川行男		セメントコンクリートNO. 249	セメント協会	1967. 11	
		第40回コンクリート講習会テキスト	セメント協会		
西脇進		日本建築学会大会学術講演梗概集	日本建築学会	1976. 10	
		セメントコンクリートNO. 171, 172	セメント協会	1961. 5, 6	
小野金造	荒川直樹	第9回日本道路会議論文集356	日本道路協会		205-206
		コンクリートの品質管理試験に関するシボ・ゾウム発表報文集	日本コンクリート会議	1974. 2	
松井		コンクリート品質の早期判定に関するシボ・ゾウム発表論文集	日本コンクリート工学協会	1979. 2	
		コンクリートの早期迅速試験方法集	日本建築学会	1985	28-30
		コンクリートの早期迅速試験方法集	日本建築学会	1985	37-
明石		コンクリート品質の早期判定に関するシボ・ゾウム発表論文集	日本コンクリート工学協会	1972. 2?	21-24
物耐久性向上技術……		鉄筋コンクリート造建築物の耐久性向上技術	技報堂出版		308-310
		コンクリート品質の早期判定指針	日本コンクリート工学協会	1985	62-63
能町	瀬上	コンクリート品質の早期判定に関するシボ・ゾウム	日本コンクリート工学協会	1979. 2	661-664
梅津		昭和61年度日本建築学会大会学術講演梗概集	日本建築学会	1986. 8	661-664
梅津		昭和61年度日本建築学会大会学術講演梗概集	日本建築学会	1988. 10	
吉岡博幸	高橋隆	コンクリート工学年次論文報告集VOL. 10, NO. 2	日本コンクリート工学協会	1988	337-342
中島		土木学会論文集NO. 396, V-9	土木学会	1988. 9	154-
荒川直樹		土木研究所資料第817号	土木研究所	1973. 3	
鈴木脩		コンクリート工学VOL. 19, NO. 8	日本コンクリート工学協会	1981. 8	
杉本靖彦		第2回コンクリート工学年次講演会講演論文集	日本コンクリート工学協会	1980	
		コンクリート品質の早期判定に関するシボ・ゾウム発表論文集		1979. 2	
		月刊生コンクリートVOL. 7, NO. 11	セメント新聞社	1988. 11	23-26
		土木学会論文集426, V-14	土木学会	1991. 2	55-64
増田隆	吉岡博幸	コンクリート工学論文集VOL. 1, NO. 1	日本コンクリート工学協会	1990. 1	165-176
藤岡正男	水野津与志	日本道路公団試験所報告VOL. 28	日本道路公団	1991. 11	63-71
員会			日本コンクリート工学協会	1992. 5	
			日本規格協会	1991. 9	
前川宏一	小沢一雅	コンクリート工学年次論文報告集VOL. 10, NO. 2	日本コンクリート工学協会	1988	
十河茂幸		土木学会年次学術講演会V	土木学会	1985. 9	21-22
		コンクリートの耐久性向上技術の開発に関する調査報告書	国土開発技術セン-	1988. 3	
棚橋	松尾 他	第5回コンクリート工学協会年次講演会論文集	日本コンクリート工学協会	1983	
豊田		第39回セメント技術年報	セメント協会	1985	
大敷		第46回セメント技術年報	セメント協会	1986	
米澤敏男		竹中工務店技術資料	竹中工務店	1997. 5	1-17
吉田八郎	松崎、奥山	セメントコンクリートNO. 392	セメント協会	1979. 10	18-24
大塩明	曾根 他	セメントコンクリートNO. 392	セメント協会	1979. 10	32-37
辻正哲	北村厚志	セメントコンクリート論文集NO. 48	セメント協会	1994	192-197
加藤聡	大岸佐吉	セメントコンクリート論文集NO. 48	セメント協会	1994	238-242
笠井芳夫	他	セメントコンクリート論文集NO. 46	セメント協会	1992	292-295
出頭圭三		コンクリートの製造システムに関するシボ・ゾウム論文集	日本コンクリート工学協会	1992. 5	23-28
山本忠守	石井吉宏	コンクリートの製造システムに関するシボ・ゾウム論文集	日本コンクリート工学協会	1992. 5	69-74
岡村甫		コンクリートの製造システムに関するシボ・ゾウム論文集	日本コンクリート工学協会	1992. 5	75-79
小沢一雅		コンクリートの製造システムに関するシボ・ゾウム論文集	日本コンクリート工学協会	1992. 5	81-88

表一資 11 迅速推定に関する文献一覧 (3 / 4)

114	水	フレッシュコンクリートの単位水量測定技術について	斎充
115	計量設備	生コンクリートの計量器の精度に関する一考察	
116	水	食塩水による生コンクリートの単位水量の推定	近藤俊英
117	促進強度	高炉セメントB種を用いたGmax40mmコンクリートへの温水養生法の適用	安藤裕文
118	促進強度	コンクリート強度の早期判定試験方法(温水養生法)について	池田尚治
119	骨材表面水	表面水変動への対応	阿部淳一
120	促進強度	コンクリートの極初期強度による品質迅速評価法に関する提案	加藤清志
121	促進強度	極初期強度によるコンクリート物性の迅速評価法について	加藤清志
122	促進強度	圧縮強度の早期迅速判定試験	金生工組連
123	計量設備	スランプモック(水分計)	浅見明弘
124	品質管理	コンクリートの製造および運搬に起因する強度不足	耐震技術特別委員会
125	水	R-1水分計によるフレッシュコンクリートの単位水量の早期迅速試験法……	増田隆
126	計量設備	コンクリートの製造とコンピュータ	西晴哉
127	骨材表面水	細骨材の表面水管理の実態	委員会
128	骨材表面水	管理技術	藤川泉
129	水	付録1. 単位水量の試験方法	
130	セメント・水・促進	早期品質判定法	豊福俊泰
131	計量設備	生コンクリート—一般コンクリート—	都甲澄勲
132	計量設備	製造設備(システム)	宮崎弘毅
133	品質管理	データ解析によるコンクリートの圧縮強度の推定方法に関する研究	豊福俊泰
134	促進強度	モルタルの急速硬化によるコンクリート強度判定	川上英男
135	早期判定	コンクリート強度の新しい早期判定試験方法の提案	鈴木一雄
136	促進強度	密閉拘束型枠を用いた高温養生によるコンクリート強度の早期判定……	吉兼亨
137	促進強度	マイクロ波によるコンクリートの早期強度判定方法	伊藤幸広
138	促進強度	マイクロ波によるコンクリートの早期強度判定方法	辻正哲
139	品質管理・保証	印字記録による水セメント比の管理について	東横俊雄
140	品質管理・保証	マイコン制御による生コンの品質管理	西晴哉
141	品質管理・保証	レディミッドコンクリート技術の現状と将来展望	武山信
142	促進強度	40℃・7日で判るコンクリート強度試験の精度	吉兼亨
143	骨材表面水	コンクリート用細骨材の表乾状態の判定法に関する研究	コンクリート用骨材研究グループ
144	強度推定	コンクリート強度を推定する新手法	寺田米男
145	強度推定	統一コンクリート強度を推定する新手法	寺田米男
146	セメント・水・促進	フレッシュコンクリートにおける強度の推定	池田尚治
147	キャッピング	アンボント・キャッピングによる圧縮強度試験の省力化	吉兼亨
148	品質管理・保証	セメント強度の早期判定—セメントの品質管理に関連して—	小野吉雄
149	促進強度	コンクリート強度早期判定法の実用化	阿部龍介
150	計量設備	計量工程—生コン向上の自動化・省力化の現状と方向	谷川敏明
151	促進強度	温水養生による促進強度試験方法の適用に関する検討	柳田
152	促進強度	急速硬化判定による現場コンクリートの早期判定について	阿部
153	早期判定	新幹線高架橋工事におけるコンクリート強度早期判定法の現場試験	石田
154	品質管理	コンクリートの品質管理	編集委員会
155	品質管理	コンクリートの品質管理における品質早期判定法について	赤井
156	品質管理	重回帰分析によるコンクリートの品質管理システムに関する研究	豊福
157	水	コンクリートの単位水量管理に関する研究	豊福
158	促進強度	モルタル強さの早期判定に関する一考察	宮野寛司
159	促進強度	セメント4週強さの推定にオートレブを用いた一実験	浅野正和
160	促進強度	ZKT試験方法活用のための提案	吉兼亨
161	セメント	セメント懸濁液の比重は何を意味するか	常山源太郎
162	セメント・水	塩酸溶解液の比重測定によるコンクリートの水セメント比測定	椎名国雄
163	セメント・水	まだ固まらないコンクリートの水セメント比の測定	椎名国雄
164	セメント・水	微小モルタルによるコンクリート中のセメント量判定方法	森正人
165	セメント・水	塩酸を利用した生コンクリートの水セメント比測定方法(塩酸溶解熱法)	喜田大三
166	セメント・水	まだ固まらないコンクリートの水セメント比の推定について	近藤邦彦
167	セメント	比重計方法による単位セメント量の推定	椎名国雄
168	促進強度	温水による促進強度試験方法の適用についての検討	上野
169	促進強度	コンクリート強度促進試験法に関する研究	十代田他
170	促進強度	促進養生によるコンクリート強度早期判定方法	十代田

千尋義明	江守秀次	月刊生コンクリートVOL. 14, NO. 12	セメント新聞社	1995. 12	37-40
鯉江利夫	霜出昭男	月刊生コンクリートVOL. 15, NO. 2	セメント新聞社	1996. 2	43-49
松尾敏治	松島勝己	月刊生コンクリートVOL. 14, NO. 9	セメント新聞社	1995. 9	43-48
		月刊生コンクリートVOL. 14, NO. 7	セメント新聞社	1995. 7	27-32
吉兼亨		月刊生コンクリートVOL. 13, NO. 6	セメント新聞社	1994. 6	17-27
小山明		月刊生コンクリートVOL. 10, NO. 11	セメント新聞社	1991. 11	170-172
湯沢敏雄	加藤直樹	月刊生コンクリートVOL. 9, NO. 2	セメント新聞社	1990. 2	50-54
湯沢敏雄	加藤直樹	月刊生コンクリートVOL. 9, NO. 10	セメント新聞社	1990.10	16-19
		生コン工場品質管理ガイドブック	全生工組連		367-375
		月刊生コンクリートVOL. 11, NO. 12	セメント新聞社	1992. 12	53-55
		兵庫県南部地震に関する耐震技術特別研究委員会…	日本コンクリート工学協会	1997. 4	17-26
藤岡正男	水野津与志	コンクリート工学年次論文報告集13-1	日本コンクリート工学協会	1991	143-148
曾根徳明		コンクリート工学VOL. 21, NO. 1	日本コンクリート工学協会	1983. 1	8-10
		コンクリートの製造システム研究委員会報告	日本コンクリート工学協会	1992	
		コンクリート工学VOL. 33, NO. 3	日本コンクリート工学協会	1995. 3	51-54
		コンクリートライブラリー-NO. 74	土木学会	1993	
		コンクリート工学VOL. 33, NO. 3	日本コンクリート工学協会	1995. 3	63-66
		コンクリート工学VOL. 33, NO. 3	日本コンクリート工学協会	1995. 3	55-58
		コンクリート工学VOL. 33, NO. 3	日本コンクリート工学協会	1995. 3	38-41
		土木学会論文集第420号	土木学会	1990. 8	125-134
脇敬一	木下剛	セメント・コンクリート論文集VOL. 44	セメント協会	1990	270-275
武山信	伊藤康司	第6回生コン技術大会	セメント新聞社	1990. 2	50-54
		コンクリート品質の早期判定に関するシンポジウム発表論文集	日本コンクリート工学協会	1984. 2	89-92
辻正哲		第19回セメント・コンクリート研究討論会論文報告集	セメント・コンクリート研究会	1992. 10	5-10
伊藤幸広		セメントコンクリートNO. 538	セメント協会	1991. 12	7-12
伊予田直行	高橋潤一	第1回生コンクリート技術大会研究発表論文集		1981. 6	71-76
大塩明	曾根徳明	セメント・コンクリートNO. 430	セメント協会	1982. 12	10-15
		土木学会論文集NO. 490, V-23	土木学会	1994. 5	1-13
鯉江利夫	松下正美	セメントコンクリートNO. 564	セメント協会	1994. 2	10-15
		セメントコンクリートNO. 517	セメント協会	1990. 3	1-11
		セメントコンクリートNO. 446	セメント協会	1984. 4	40-46
		セメントコンクリートNO. 492	セメント協会	1988. 2	11-19
		セメントコンクリートNO. 477	セメント協会	1986. 11	86-92
武山信	鈴木一雄	セメントコンクリートNO. 593	セメント協会	1996. 7	37-43
		セメントコンクリートNO. 409	セメント協会	1981. 3	2-7
丸山真佐雄		セメントコンクリートNO. 386	セメント協会	1979. 4	34-39
		月刊生コンクリートVOL. 15, NO. 11	セメント新聞社	1996. 11	38-41
荒川		土木学会39回年次学術講演会講演概要集第5部	土木学会	1974. 10	201-202
結城	丸山	コンクリート品質の早期判定に関するシンポジウム	日本コンクリート工学協会	1979. 2	
二見		コンクリート品質の早期判定に関するシンポジウム	日本コンクリート工学協会	1979. 2	
			日本規格協会	1984. 10	
豊福		コンクリート品質の早期判定に関するシンポジウム	日本コンクリート工学協会	1979. 2	
中村	鬼丸	土木学会論文集366号, V-4	土木学会	1985. 2	153-162
吉岡	高橋	第17回日本道路会議特定課題論文集	日本道路会議	1987. 10	229-231
稲葉秀一		セメント技術年報35	セメント協会	1981	86-89
		セメント技術年報XIII	セメント協会	1959	157-160
		月刊生コンクリートVOL. 6, NO. 2	セメント新聞社	1987	15-20
		セメントコンクリートNO. 179	セメント協会	1962. 1	
		日本建築学会大会学術講演梗概集(構造系)	日本建築学会	1981	
		セメント技術年報35	セメント協会	1981	
安仲二	丸嶋紀夫	コンクリートの品質管理に関するシンポジウム発表論文集	日本コンクリート工学協会	1979. 2	9-12
斎藤裕司		日本建築学会大会学術講演梗概集	日本建築学会	1977. 10	
吉兼亨	志賀孝一	コンクリート品質の早期判定に関するシンポジウム発表論文集	日本コンクリート工学協会	1979. 2	
		コンクリート品質の早期判定に関するシンポジウム発表論文集	日本コンクリート工学協会	1979. 2	
柳田		コンクリートライブラリー-第38号	土木学会	1974. 9	
		日本建築学会関東支部研究報告集	日本建築学会	1977	
		セメントコンクリートNO. 222	セメント協会	1965. 8	

表一資 11 迅速推定に関する文献一覧 (4/4)

171	促進強度	早期品質判定のためのコンクリート強度促進試験 (自己発熱養生法)	十代田
172	水	土木分野におけるラジ オイット・P の利用	松岡国太郎
173	水	放射線によるコンクリートの密度および水分の測定	水沼守
174	水	放射線を利用したコンクリートの品質管理—ソ連における実例—	山本守之
175	水	中性子水分計によるコンクリートの品質管理	加賀秀治
176	水	工業用マイクロ波応用技術	柴田長吉郎
177	品質管理	配合条件とミキサ消費電力量がコンクリートの品質に及ぼす影響	魚本健人
178	水	付 2. フレッシュコンクリートの単位水量推定試験方法	
179	早期判定	コンクリート試験方法の合理化に関する研究	中央技術研究所
180	早期判定	コンクリート強度の早期判定実験報告書	岐阜県生コンクリート工業組合
181	早期判定	コンクリート強度の早期判定	池田他
182	促進強度	コンクリートの合理的強度判定システム	池田尚治
183	早期判定	コンクリート品質の早期判定技術の標準化に関する調査研究報告書	全生工組連
184	促進強度	コンクリート強度の温水養生試験方法の考察	安藤
185	促進強度	フレッシュコンクリートによるコンクリート強度の迅速評価法に関する実験的研究	加藤清志
186	水	ラジ オイット・P によるフレッシュコンクリートの品質判定法に関する研究	豊福俊泰
187	水	フレッシュコンクリートの単位水量の早期迅速試験法に関する研究	豊福俊泰
188	骨材表面水	マイクロ波を利用した骨材表面水率測定法の現場適用性	岩井稔 他
189	促進強度	セメントモルタルの誘電加熱に関する基礎的研究 (I~IV)	山路文夫
190	早期判定	コンクリート強度の早期判定に関する研究	セメント協会
191	骨材表面水	細骨材と水と空気による界面状態がコンクリートおよびモルタルに及ぼす……	伊東靖郎
192	骨材表面水	遠心脱水による細骨材の表面乾燥内部飽水状態について	吉兼亨
193	セメント・水・促進	コンクリート品質の早期判定セメントの概況	池田尚治
194	水	フレッシュコンクリートの単位水量迅速推定法に関する研究	斎充
195	セメント・水	フレッシュコンクリートにおける水セメント比の簡易推定方法に関する基礎的研究	若松岳
196	水	RI水分計によるフレッシュコンクリート中の単位水量測定に関する研究	瀬古繁喜
197	早期判定	湿度・水分計測と環境モニタリング	
198	セメント・水	種々のフレッシュコンクリートの品質判定法に関する比較	森濱和正
199	セメント・水	空気量と単位容積質量の測定によるフレッシュコンクリートの水セメント比管理	相原功
200	水	RI計器による土の密度試験方法 (106-1992)	
201	セメント・水・促進	コンクリートへのマイクロ波の応用	平田隆祥
202	品質性状	産業用マイクロ波加熱装置	森本雅之
203	水	フレッシュコンクリートの性質に及ぼすマイクロ波加熱脱水効果に関する研究	太田福男
204	促進強度	高性能 A/E 減水剤コンクリートの品質に及ぼすマイクロ波加熱養生効果……	杉原和忠
205	早期判定	マイクロ波のセメント水和反応促進性に関する研究	杉原和忠
206	水	現場における生コンクリートの単位水量・推定強度測定器の開発	菅井敏彦
207	水	生コンクリートの単位水量・W/C・推定強度測定器の開発に……	長田英和
208	水	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……	友沢史紀
209	水	静電容量型水分計によるフレッシュコンクリートの単位水量推定	伊木純一
210	水	水中質量法によるフレッシュコンクリートの単位水量試験方法	丸嶋紀夫

		日本建築学会大会学術講演梗概集	日本建築学会	1971. 11	
山本毅史		高速道路と自動車VOL. 31, NO. 2		1988. 2	
		コンクリート構造物の比破壊検査	日本技術検査協会	1985. 7	1-6
		セメントコンクリートNO. 221	セメント協会	1965. 7	15-19
		セメントコンクリートNO. 252	セメント協会	1968. 2	28-36
			電気書院	1986	
西村次男	渡部他	土木学会論文集NO. 442/V-16	土木学会	1992. 2	109-118
		高性能AE減水剤コンクリートの調合製造および施工指針案	日本建築学会	1992	
			全生工組連	1992	
				1992	
		第7回生コン技術大会発表論文集	全生工組連	1993	
山口隆裕	黒岩敬一郎	土木学会第47回年次学術講演会講演概要集第5部	土木学会	1992	920-921
			全生工組連	1992	48-
村上	田中他	第7回技術研究発表会	岐阜県生コン工組	1994	64-69
加藤直樹	近藤義行	セメント技術年報43	セメント協会	1989	264-267
吉岡博幸	高橋隆	コンクリート工学年次論文報告集10-2	日本コンクリート工学協会	1988. 6	337-342
吉岡博幸		コンクリート工学年次論文報告集11-1	日本コンクリート工学協会	1989. 7	153-158
		土木学会第49回年次学術講演会	土木学会	1994. 9	
太田充紀	高見新一	土木学会第37~39回年次学術講演会講演概要集	土木学会	1981-84	123-
全生工組連			セメント協会	1992. 3	315-
		土木学会論文報告集第343号	土木学会	1984	
鯉江利夫	中島佳郎	セメントコンクリートNO. 444	セメント協会	1984	
十代田知三		コンクリート工学	日本コンクリート工学協会	1985. 12	74-83
伊木純一	江守秀次	コンクリート工学年次論文報告集VOL. 19, NO. 12	日本コンクリート工学協会	1997. 6	385-390
相原功	近松他	コンクリート工学年次論文報告集VOL. 19, NO. 12	日本コンクリート工学協会	1997. 6	391-396
米澤敏男	井上他	コンクリート工学年次論文報告集VOL. 19, NO. 12	日本コンクリート工学協会	1997. 6	403-408
			技報堂出版	1992	
高橋弘人		コンクリート工学年次論文報告集VOL. 11, NO. 1	日本コンクリート工学協会	1989. 6	159-164
若松岳	平田隆祥	土木学会第51回年次学術講演会講演概要集 5 部	土木学会	1996. 8	230-231
		日本道路公団試験法-1	日本道路公団	1992. 4	217-224
		コンクリート工学VOL. 35, NO. 6	日本コンクリート工学協会	1997. 6	33-37
大沼均	新屋謙治	三菱重工技報VOL. 31, NO. 6	三菱重工	1994. 11	
小川進吾		コンクリート工学年次論文報告集VOL. 14, NO. 1	日本コンクリート工学協会	1992	439-444
太田福男	斉藤辰彦	コンクリート工学年次論文報告集VOL. 15, NO. 1	日本コンクリート工学協会	1993	381-386
太田福男		コンクリート工学年次論文報告集VOL. 16, NO. 1	日本コンクリート工学協会	1994	295-300
		JCMマンスリーレポート	全国土木施工管理技士	1997.3	1-4
菅井敏彦	田岡浩太郎	第15回土木学会新潟会研究調査発表会	土木学会	1997	
榎田佳寛	棚野博之	日本建築学会構造系論文報告集No. 400	日本建築学会	1989. 6	1-7
齋充	香掛文夫	第9回生コン技術大会	全生工組連	1989. 6	41-46
黒羽健嗣	並木哲 他	大成建設技術研究所報 第30号	大成建設	1997	21-24