

港湾技術研究所報告

REPORT OF PORT AND HARBOUR TECHNICAL RESEARCH
INSTITUTE MINISTRY OF TRANSPORTATION, JAPAN

第2巻 1号

Vol.2 No.1

プレバツクド・コンクリートの圧縮強度試験用

供試体製作方法に関する実験的研究..... 赤塚雄三

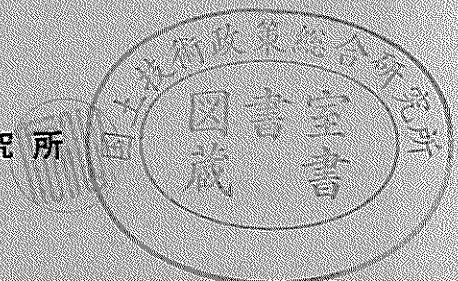
附：プレバツクド・コンクリートの圧縮強度試験方法(案) 有吉保憲

注入モルタルの試験方法に関する研究..... 赤塚雄三

附：注入モルタル試験方法(案)

1963年6月

運輸省港湾技術研究所





次

プレパックド・コンクリートの圧縮強度試験用供試体製作方法に関する実験的研究	1
附：プレパックド・コンクリートの圧縮強度試験方法（案）	
§1. 供試体製作方法に関する考察	2
1-1 概 要	2
1-2 圧縮強度試験方法に必要な条件	3
1-3 プレパックド・コンクリートの打込み方法	3
§2. 実験の目的と概要	4
§3. 実験の方法(Ⅰ)——一般的事項	5
3-1 供試体の形状寸法と型枠	5
3-2 組骨材の調整と填充方法	5
3-3 注入モルタル	6
3-4 モルタルポンプ	7
3-5 供試体の製作および養生条件	7
3-6 圧縮強度試験	7
§4. 実験の方法(Ⅱ)——注入方法	8
4-1 ポンプによる注入	8
4-2 “流し込み方法”による注入	9
§5. 実験結果と考察	10
5-1 注入速度と施工条件について	11
5-2 2段積型枠による結果について	12
5-2-1 ブリージングの影響	13
5-2-2 骨材浮上りの影響	13
5-3 事後注入の加圧について	13
5-4 普通型枠による結果について	15
5-5 各種注入方法による強度の比較	15
5-6 注入モルタルの圧縮強度	16
§6. 結 論	17
§7. 摘 要	18
附：プレパックドコンクリート圧縮強度試験方法（案）	18
謝 辞	19
参 考 文 献	19
注入モルタルの試験方法に関する研究	21
附：注入モルタル試験方法（案）	
§1. 序 論	22

§2. 試験用注入モルタルの練り混ぜ方法	23
2-1 概 要	23
2-2 試験用ミキサ試作の経過	23
2-3 試験用ミキサの性能試験	24
2-4 結 論	27
§3. 流動性試験方法	28
3-1 概 要	28
3-2 流動性試験方法の原理	28
3-3 流出量と吐出管長に関する実験	29
3-4 測定誤差などに関する検討	30
3-5 注入モルタルの流動性測定例	31
3-6 結 論	32
§4. 保水性試験方法	32
4-1 概 要	32
4-2 実験で用いた保水性試験方法	33
4-3 試験方法に関する検討	35
4-4 保水性試験装置に関する検討	41
4-5 結 論	42
§5. ブリージング試験方法	43
5-1 概 要	43
5-2 メスシリンダー方法について	44
5-3 メスシリンダー方法による実験	44
5-4 実験結果の検討	47
5-5 結 論	48
§6. 空気量試験方法	48
6-1 概 要	48
6-2 比較した3種の試験方法	48
6-3 比較実験	49
6-4 実験結果の検討	51
6-5 結 論	52
§7. 凝結試験方法	52
7-1 概 要	52
7-2 ビカー針装置の適用性	53
7-3 注入モルタル凝結試験の一例	54
7-4 結 論	55
§8. 強度試験方法	56
8-1 概 要	56
8-2 供試体の形状	56

注入モルタル試験方法に関する研究

附：注入モルタル試験方法(案)

赤塚雄三*

STUDY ON METHODS OF TEST ON INTRUSION MORTAR

APPENDIX : RECOMMENDED METHODS OF TEST ON INTRUSION MORTAR

By Yuzo Akatsuka, B. Sc. M. Sc, JSCE Member

Synopsis

This paper presents the results of the theoretical and experimental studies on the methods of test for properties of intrusion mortar for prepacked concrete, so-called preplaced aggregate concrete. It is considered significant to clarify the properties through some test methods, since the intrusion mortar is one of the most important factors to obtain reliable quality concrete. So far the present practice of prepacked concrete in our country is concerned, the general methods of test are those on the fluidity, bleeding, and expansion of the mortar and the one on compressive strength of prepacked concrete. It seems quite necessary to develop certain types of test methods and standardize them to obtain sufficient informations on the intrusion mortar and to expect effective application of prepacked concrete to underwater - concreting

From this point of view, the author reviewed the domestic and foreign standards or specifications on cement, mortar, concrete, prestressed concrete grout, and intrusion mortar widely employed in the light of the test methods for fluidity, water retentivity, bleeding, air content, time of setting, and strengths of intrusion mortar as well as the method of mixing of intrusion mortar for laboratory tests, and discussed them on their applicability to the standard methods of test on intrusion mortar either with or without modifications. Those successfully examined on their applicability were then subjected to laboratory tests for the examination on reliability and reproducibility of their test results, along with these developed by the author. Some test apparatuses were also examined and improved with the least modifications to their original patterns published.

Summarizing the discussions and test results, the author concludes the studies by proposing the Recommended Methods of Test on Intrusion Mortar which are stated in Appendix of the report containing the following chapters:

1. Method of Mixing of Intrusion Mortar for Laboratory Tests,

* 構造部 材料施工研究室

* Research Engineer, Materials Laboratory, Soil and Structure Division

2. Method of Test for Fluidity,
3. Method of Test for water Retentivity,
4. Method of Test for Bleeding,
5. Method of Test for Air Content,
6. Method of Test for Time of Setting,
7. Method of Tests for Compressive and Tensile Strengths.

§1 序 論

材料とその適用の方法が土木施工法と密接な関係を有している事は広く識者の認める所であり、新しい材料の出現が施工法の発展を促し、また新しい施工法が材料の適用の方法を変える場合も珍らしくない。プレパックド・コンクリート工法の場合は後者の好例である。この工法の出現によつてセメントと砂を主体とするモルタルを砂利と分離して用いる事が可能となり、材料の分離に関して少くとも粗骨材の分離を考慮する必要が無くなつた事は水中コンクリート工事適用の範囲を大中に拡大したと云える。論ずるまでも無く水中コンクリートの信頼性の低さは主として水中に打込んだコンクリートが水によつて稀釈され、強度その他の性質が著るしく変化する場合が多かつたからである。プレパックド・コンクリート工法はこの問題を根本的に解決するとは云えないが、材料分離の可能性を著るしく減少すると共に容易で確実な打込み方法をもたらすもので、この工法によつて信頼性の高い水中コンクリートを得る事ができると考えられている。

同工法について今後解決されるべきものとして、注入モルタルの配合の合理的な定め方、プレパックド・コンクリートの供試体強度と構造物強度との相関性などのように基礎的研究を要する問題や注入管の配管法と云つた施工技術上改善されるべき諸問題も多いが、1954年の港湾工事への初適用の日以来既に10年に近い年月を経て居り、この間に蓄積された工事資料も多く、また基礎的、応用的研究の成果もかなり挙げられている。このような工法発展の経過を省み、将来を展望するとき、蓄積された資料や研究成果に基いて設計施工の基準を設けると共に標準試験方法を定めて、工法の効果的な活用を計り、今後蓄積されるべき資料の利用の便を増進する事は極めて重要である。

プレパックド・コンクリートが普通コンクリートと特に異なる点は粗骨材とモルタルを分離して用いる事にあり、個々の材料については発泡剤として一般に使用されているアルミニウム粉末を除いては普通コンクリートの諸材料と本質的に変る所が無い。従つてセメント、ポズラン、細骨材、粗骨材および水などの個々の材料の試験は日本工業規格に定められた標準的な試験方法によるべきである。界面活性剤については試験方法が標準化されてないが、一応上記の規格に準ずる方法が提案されている。²⁾従つてプレパックド・コンクリート工法上特に必要とされる材料試験は注入モルタルとプレパックド・コンクリートの諸性質に関するものに限定されるが、後者に関してはこれを強度試験供試体の製作方法に限定する事ができると考えられ、標準方法が提案されている³⁾。注入モルタルの諸性質に関する試験の目的は工法上重要な注入モルタルの諸性質を明らかにする事であるが、現在一般に行われている試験方法は流動性、ブリージング率、膨張率などに限られ必ずしも注入モルタルの複雑な性状を明らかにするには充分と云えない。また以上の他にプレパクト・コンクリート一般仕様書²⁾の規定に準じた方法も試みられているが同仕様書に規定された方法は特許混和剤(イントルージョン・エイド)を使用したイントルージョン・モルタルあるいはプレパクト・コンクリートに関して定められたものである所から上述の試験目的を達するに適当な方法であるとは限らない。

本報告の目的は以上に述べたような観点から、注入モルタルの性状を明らかにするために必要と考えられる方法について調査検討を加え、その標準試験方法設定に必要な資料を提出する事にある。検討した項目は

- i) 試験用注入モルタルの練り混ぜ方法
- ii) 流動性試験方法
- iii) 保水性試験方法
- iv) ブリージング率試験方法
- v) 空気量試験方法
- vi) 凝結試験方法
- vii) 強度試験方法

の7項目である。発泡剤としてのアルミニウム粉末に関してはその膨張効果と強度におよぼす影響の程度などから試験するのが適当であると考えられるのでここでは検討の対象とはしていない。

以上の各項目についての考察ないし実験結果はこれを注入モルタル試験方法(案)として取纏め、本研究の結論として報告末尾に記載し、注入モルタル試験方法標準化の資料として提出した。

§2 試験用注入モルタルの練り混ぜ方法

2-1 概 要

一般にコンクリートの配合を決定する際には予め試験配合を行う事が大切であるが、プレパクトド・コンクリートについても同様の事が云える。プレパクトド・コンクリートの場合には注入モルタルについて、

- i) 施工に適した流動性を備える事
- ii) 材料分離の程度が小さい事
- iii) 適当な膨張性を有し、粗骨材との付着強度が大きい事
- iv) 凝結時間が施工上必要とされる範囲内にある事
- v) 硬化後所要の強度を発揮する事

などの諸条件を満たす事が要求されて居り、試験配合を行う事は極めて重要である。注入モルタルの諸性質の中でも流動性などは、単に材料や配合あるいは温度によつてだけでなく練り混ぜ方法によつてもある程度変化化するものと考えられて居り、試験配合は実際の施工に用いられる注入モルタルの混合設備を用いて行う事が望ましい。しかし施工設備を用いる事が不可能な場合あるいは諸材料の比較試験を実験室で行う場合などは標準型の試験用ミキサを使用するのが適当である。港湾技術研究所においてはプレパクトド・コンクリート一般仕様書の規定に基いて試作されたミキサについて性能試験を行い、これに改良を加えた形式の試験用注入モルタルミキサ(港研改良型)を標準として採用し、この形式のミキサによる練り混ぜ方法を後述の注入モルタル試験方法、1章 試験用注入モルタル練り混ぜ方法のように規定している。以下に試験用ミキサの試作の経過ならびに性能試験について報告する。

2-2 試験用ミキサ試作の経過

最初に試作せるミキサの形状寸法の概要を図-2・1に示す。これを用いて行つた性能試験結果は以下のよう

に要約される。

- i) モルタルの流動性測定値(流出時間, 秒)は攪拌羽根の廻転数(R.P.M)によつて変化し、練り混ぜ⁴時間を一定にして廻転数を増加すると流出時間は減少する傾向を示した。

- ii) 流出時間が20秒以下と推定される配合のモルタルについては $\frac{1}{10}$ H. P. の電動機では充分な練り混ぜが行えるが、これ以上の硬練りの場合には起動力が不十分で廻転数が著るしく低下し、均質なモルタルを得る事ができない。このような場合には練り混ぜ時間を延長しても余り意味が無い。

- iii) 材料の投入順序によつて得られたモルタルの流動性が変化する。最初に水を入れ、これに界面活性剤を

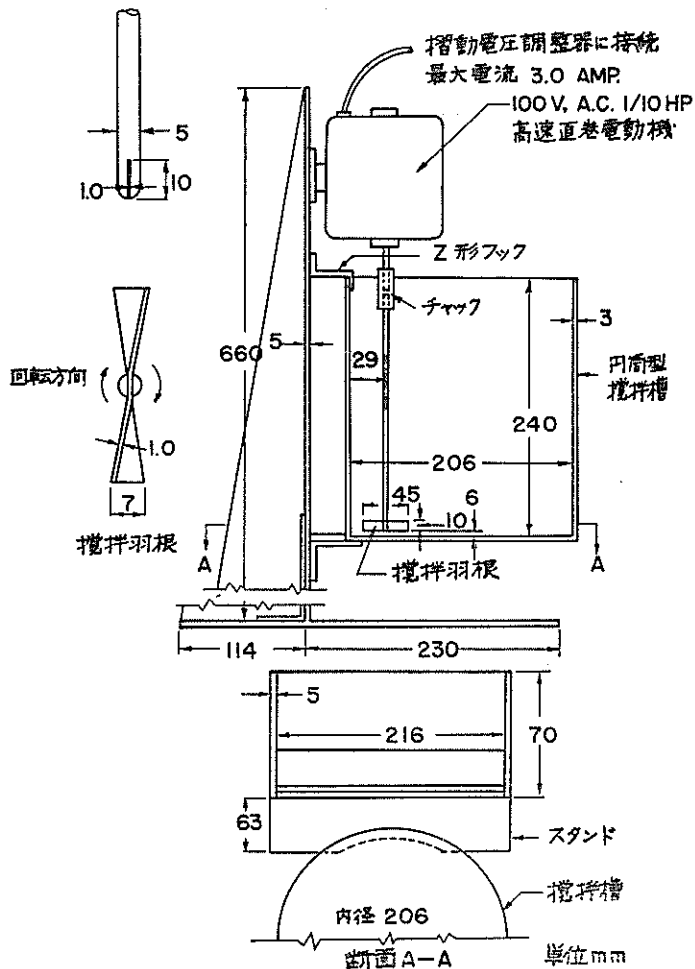


図-2・1 試験用注入モルタルミキサ 容量5ℓプレパクト社のイントルージョン・モルタルミキサに基いて試作したもの(第1号)

これが電気廻転計と接続して居り、廻転数の調節は電気廻転計の指針を直読しながら摺動電圧調整器を加減して行う方式となっている。

ii) 攪拌羽根; 材質を焼入れした耐摩耗鋼に改め、更に交換を容易にするために攪拌羽根を軸にネジ止めする構造に改めた。

iii) カバー; セメント、ポゾランの微粉末が電動機主要部に侵入し損傷する事を防ぐため、薄鋼板のカバーを取付けた。図-2・2は内部を示すためカバーは取外されている。

2-3 試験用ミキサの性能試験

試験用注入モルタルミキサ(港研改良型)を用いて練り混ぜ性能試験を行つた結果を図-2・2, 2・3に示す。本試験は攪拌羽根の廻転数と練り混ぜ時間が流動性におよぼす影響について調べると共に、それに伴う温度化を測定したものである。供試材料は普通ポルトランド・セメントを用いたグラウトで、分散剤としてポゾリス No.8, 発泡剤としてアルミニウム粉末が含まれて居り、水セメント比は0.35, 0.40, 0.45の8種である。夫々の配合について廻転数を 2000, 3000, 4000 R. P. M. に変化させ、また練り混ぜ時間を 3~60分の範囲で継続試験した。試験結果は以下のように要約される。

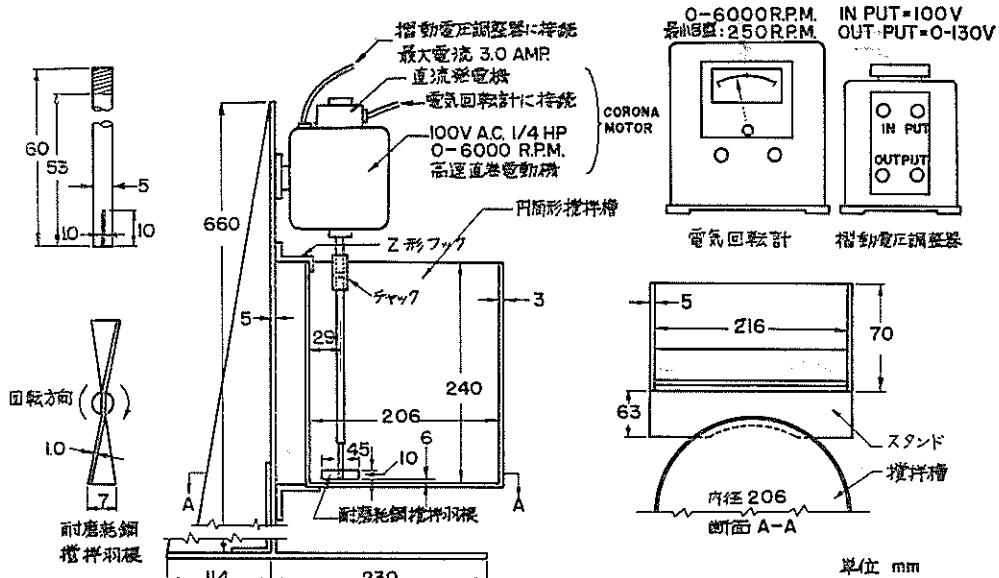
溶解した後にセメントおよびポゾランを投入し、続いて細骨材を投入する事が諸材料の分散を良くし、パラツキの少ない結果が得られる。

iv) 過大な廻転数あるいは必要以上に長時間に亘る練り混ぜはモルタル温度の上昇となつて表われ、これによつて流動性その他の諸性質の測定値も変化する。

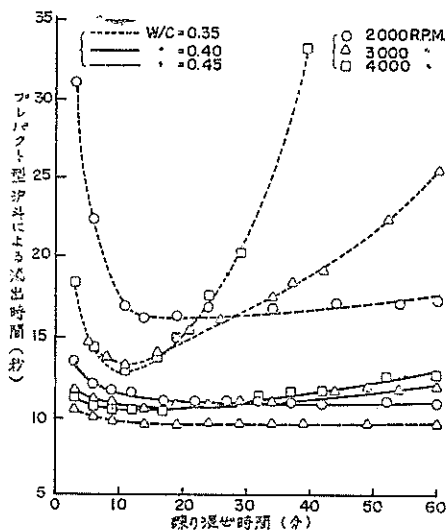
v) 攪拌羽根の材質によつて磨耗量は当然異り、軟鋼の場合には磨耗量が大きく、これによつて練り混ぜ性能が著るしく変化する。

以上の結果に基いて第2号のミキサが改良試作され、これに操作および保守を考慮した改良が加えられた図-2・2に示すような試験用注入モルタルミキサ(港研改良型)が完成された。最初の試作品と較べて改められたのは以下の点のみで、スタンド、攪拌槽、攪拌羽根の形状や寸法は図-2・1に示した通りである。

i) 電動機; 出力 $\frac{1}{10}$ H. P. の直巻電動機に改めた。この電動機の廻転軸には直流発電機が取付けられ、



図一・二 試験注入モルタルミキサ (プレパクト社のイントルージョン・モルタルミキサの港研改良型, 練り混ぜ容量5l)



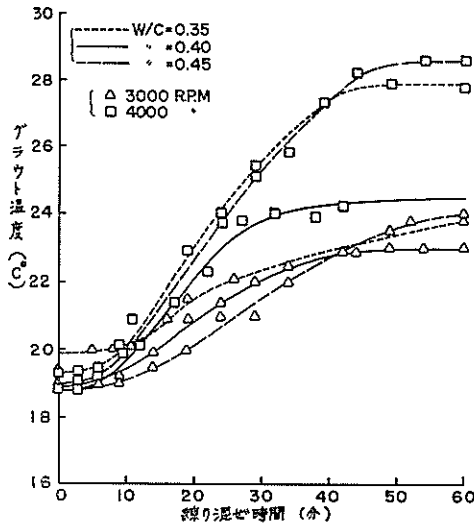
図一・三 練り混ぜ時間と廻転数がグラウトの流動性におよぼす効果
普通ポルトランドセメント; ポゾリス No8 (C×0.25%)
アルミニウム粉末 (C×0.03)
%; 供試ミキサ=試験用注入モルタルミキサ(港研改良型)練り混ぜ容量5l

ii) 練り混ぜ時間について

図一・三より最小流出時間が得られるのは、3000および4000R.P.M. のどちらの場合にも練り混ぜ時間11分前後である。一方練り混ぜ時間と温度上昇との関係を図一・四より観察すると測定値に多少の変動はあるが廻転数が3000R.P.M. の場合には9分前後から、4000R.P.M. の場合には6分前後から温度が急激に上昇する。ある程度練り混ぜを継続すると温度の上昇はほとんど停止するが、これは練り混ぜによる発熱と放熱とが平衡状態に達するためと考えられる。練り混ぜ時間10分における温度上昇は3000R.P.M. の場合 $\frac{1}{2}$ °C 程度、4000R.P.M.

i) 廻転数について

グラウトの水セメント比の大小に関わり無く廻転数が2000R.P.M. 以下の場合には練り混ぜに長時間費やしても充分な練り混ぜ効果を期待する事ができない。これは3000および4000R.P.M. の場合に同一配合のグラウトについて一層小さな流出時間が得られている事から明らかである。一方4000R.P.M. の場合には練り混ぜ時間10~12分において3者の中で最小の流出時間が得られるが、練り混ぜを更に継続した場合にはグラウト温度が急速に上昇し、また流出時間もそれに伴って増大する。最小流出時間の差は3000R.P.M. の場合に比較するとどの配合についても $\frac{1}{2}$ 秒以下であり、これと温度上昇の好ましくない影響を考慮すれば4000R.P.M. 以上の廻転数は過大であると云い得る。この試験は2000~3000R.P.M. の中間の廻転数については行われていないが供試ミキサには3000R.P.M. 程度の廻転数が適当であると考えられる。



図一 2・4 練り混ぜ時間と廻転数がグラウトの温度におよぼす効果普通ポルトランドセメント、ポゾリスNo8 (C×0.25%) アルミニウム粉末 (C×0.03%) 供試ミキサー=試験用注入モルタルミキサー (港研改良型) 練り混ぜ容量5ℓ

性もプレバクト型澆斗で測定し得る範囲全般に亘っている。試験結果を図一 2・5 に示す。同図から観察されるように表一 2・1 の方法で練り混ぜたモルタルの流動性の測定値は配合の変化に応じて極めて規則的に変化し、変動も少い。この事だけから直ちに結論する事はできないが、少なくともこの結果は試的練り混ぜ方法がほぼ妥

P. M. の場合は1°C程度であり、一方この時間の流出時間と最小流出時間との差はどちらの場合も0.2秒以内である。これより供試ミキサーに適した流出時間は10分程度が最も効果的であると推定される。

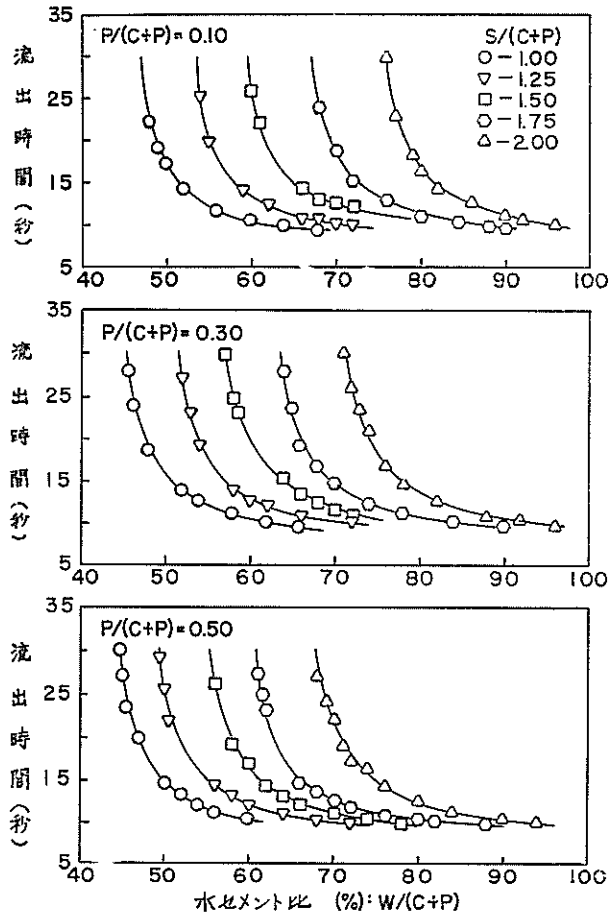
以上の性能試験結果はグラウトに関するもので、これが多様な配合の注入モルタルに最も効果的に適用し得るとは限らない。また諸材料の投入には多少の時間を要し、例えばセメントやポゾランの投入に際して最初より高速廻転を与える場合には飛沫が分散し配合が不正確になると共に作業にも不都合をもたらす。このような観点から練り混ぜ方法について前述の性能試験結果を参考として表-2・1に示したように材料投入順序、廻転数、練り混ぜ時間を規制して多様な配合の注入モルタルについて流動性試験を行い、この方法の適用性と試験値の再現性を検討した。供試モルタルの配合は一般に用いられている配合から極端な貧配合、富配合を網羅し、更にその流動

表一 2・1 試験用注入モルタルミキサー (港研改良型) による練り混ぜ方法*

材 料 投 入 の 順 序	廻転数 (R. P. M.)	練り混ぜ時間 (分)
水 お よ び 混 和 剤	0	—
セ メ ン ト お よ び ポ ゾ ラ ン	1000	1 1/2
—	1000 → 3000	1/2
細 骨 材	3000	2
—	3000	6
合 計		10

* 供試モルタル量が2.5~3.5ℓの場合

当なもので、また相当広範囲な配合の変化にも充分に適用できることを示唆するものと考えてよい。同一配合のモルタルの流動性試験値の再現性に関しては流出時間が大体15~23秒の範囲では±0.5秒程度であり、これは測定誤差⁷⁾を考慮に入れると充分に満足すべき結果であると考えられる。



図一 2・5 試験用注入モルタルミキサ (港研改良型) による練り混ぜ試験例, C=小野田普通ポルトランドセメント; P=宇部ポゾラン; S=豊浦標準砂; 流出時間の測定はプレパクト型漏斗による

2-4 結 論

試験用注入モルタル・ミキサ試作の経過ならびにその性能試験結果より次の事が云い得るものと思われる。

試験用注入モルタルミキサ (港研改良型) を用いて注入モルタルまたはグラウトの練り混ぜを行う場合には表-2・1に示したような材料投入順序, 廻転数, および練り混ぜ時間を採用する事によつて比較的均質なモルタルを温度上昇の影響も余り受けずに効果的に得る事ができる。またこの方法によつて練り混ぜられた注入モルタルの流動性試験結果の再現性は良好である。

§3 流動性試験方法

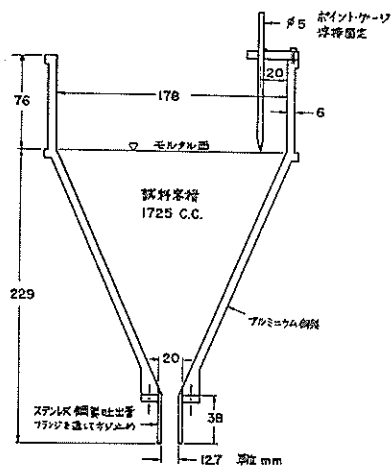
3-1 概要

注入モルタルに関してはコンクリートのコンシステンシーに相当する用語が未だ確定されず、コンシステンシー (consistency)、フロー (flow)、フロー値、流動性などの用語が混用されている。コンクリートのコンシステンシーに相当する注入モルタルの性状は現在提案されている方法のいずれによる場合も、特定の形状寸法の漏斗状水槽に一定量の注入モルタルを満たし、これを漏斗下部に設けられた直管の吐出管より流出させて流出に要する時間を秒単位で測定し、この時間を以て表示している。この測定の原理は粘性流体の動粘性係数を測定する方法と極めて類似して居り、注入モルタルを一種の粘性流体と考えれば上述の流出時間は注入モルタルの粘性係数にはほぼ比例する。一般に粘性係数 (coefficient of viscosity) の逆数を流動性係数 (fluidity coefficient)⁸⁾ あるいは流動性 (fluidity)⁹⁾ と呼んでいる。注入モルタルは均質な粘性流体と異り、主としてセメント、ポズラン、砂などの物理的性質の著しく異なる諸粒子と水より成る複雑な組成の流動体で、沈澱などの現象が生じ易い事他に、セメントの水和作用によつて生ずる凝結硬化の性質も有して簡単にこれを粘性流体と定義する事はできない。しかし練り混ぜまたは攪拌が継続され、あるいはポンプ注入などによつて流動状態にある間は材料の分離も少なく凝結も起らないのが普通であつて、このような状態にある間は注入モルタルを近似的にニュートン流体と看做し得る事が確められている²⁾。従つて漏斗状水槽よりの流出時間測定は注入モルタルの粘性あるいは流動性を測定するものと云う事ができ、スランプ、ケリー・ボール、あるいはフロー試験のいずれによつても完全には測定し得ないコンクリートのコンシステシー測定とはかなりの相違があると考えられる。港湾技術者の多くが従来より習慣的に使用している“流動性”はこのような観点から簡明で正確な表現であると思われるので、本報告でもこれを踏襲して流動性を用い、次のように定義する。注入モルタルの流動性とはその流れ易さの程度で示される、未だ固らない注入モルタルの性質を流動性云う。

前述のように直管の吐出管を備えた漏斗状水槽を用いて測定する流出時間を以て注入モルタルの流動性を示す指数とするのであるが、流出時間は粘性にはほぼ比例し、従つて流動性は流出時間の逆数に比例すると考えてよい。

3-2 流動性試験方法の原理

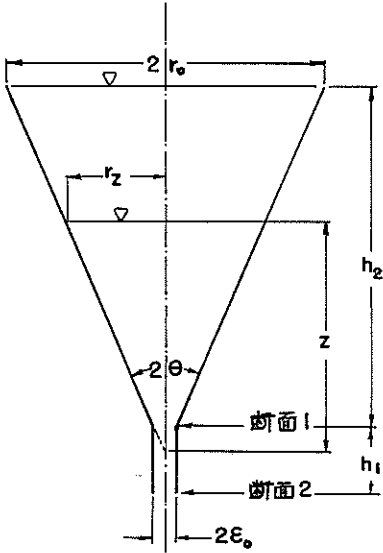
直管部を備えた漏斗状水槽を用いて定量のモルタルを流出させて流出時間を測定し、これを以て流動性を表示



図一 3・1 注入モルタルの流動性試験用漏斗 (プレパクト型)

する指数とする方法は粘性流体の動粘係数を求める方法、例えば Engler の粘度計などと同じ原理による。Engler の粘度計では粘性既知の流体として水を用い、水の流出時間と供試流体のそれとの比を求め、実験式に代入して粘性を算出する。注入モルタルの場合にも特定形状の漏斗状水槽について実験式を求め、これによつて流出時間から粘性係数を実験的に求める事は可能であるが²⁾、基礎的研究の対象とする場合は別として設計、施工管理のための資料としての価値は流出時間そのものと余り変らないものと考えられ、ここでは漏斗状水槽を用いたモルタルの流動性測定方法について理論的検討を加えるに止める。

プレパクト型漏斗の内面の形状寸法は図一 3・1 に示したようなものであるが、上部の直立円筒部は流出時間と直接の関係が無く、これを省くと図一 3・2 のような直管の吐出管を備えた漏斗状水槽と考える事ができる。この水槽に流体を満たし自



図一 3・2 注入モルタルの流動性試験用 濾斗状水槽

断面 1～2 では鉛直方向の流速が同一であると考え得る。流出が比較的緩やかに行われて定常運動であると仮定すると、円筒座標を用いた Navier-Stokes の方程式を適用して

$$-\frac{1}{\rho} \frac{dp}{dz} + \nu \left(\frac{d^2w}{dr^2} + \frac{1}{r} \frac{dw}{dr} \right) = 0 \dots\dots\dots(3 \cdot 2)$$

ここでは ρ は流体の密度、 ν は動粘性係数、 p は流体中の任意の点における圧力、 z はその点までの鉛直距離、 r はその点までの水槽の中心線よりの距離、 w はその点における鉛直方向の流速である。 $r = \epsilon_0$ で $w = 0$ として式 (3・2) を積分すると

$$w = -\frac{1}{4\mu} \frac{dp}{dz} (\epsilon_0^2 - r^2) \dots\dots\dots(3 \cdot 3)$$

ここで μ は粘性係数である。断面 1, 2 における圧力水頭を p_1, p_2 とすると

$$\frac{p_1 - p_2}{h_1} = -\frac{dp}{dz} \dots\dots\dots(3 \cdot 4)$$

従つて流量 Q は次式で求められる。

$$Q = 2\pi \int_0^{\epsilon_0} wr dr = \frac{\pi \epsilon_0^4}{8\mu} \frac{p_1 - p_2}{h_1} \dots\dots\dots(3 \cdot 5)$$

圧力水頭の差 ($p_1 - p_2$) は吐出管の長さが一定で粘性係数が大きい場合には近似的に一定であると考え得る。すなわち流量 Q は粘性係数に反比例し、従つて流出時間は粘性にはほぼ比例する。式 (3・5) の導入には濾斗の形状寸法が特定のものである事を必要とせず、式の適用を可能とする仮定した条件を満たささえすればよくプレパクト型濾斗に限らない。前述のように注入モルタルを近似的に粘性流体と考える事ができ、本実験においても流出時間が 12～24 秒程度の範囲内にあるような配合のモルタルは流動状態にあつては材料分離を起さない事が確認された。

3-3 流出量と吐出管長に関する実験

式 (3・5) の適用性を検定する目的で以下のような実験を行つた。プレパクト型の濾斗を用い、口径を一定 (12.70mm) とした吐出管の長さを 12.70～50.80mm の範囲で 7 段階に変え、夫々の場合について流出量を 500～2,100c.c. の範囲で変化させ流出時間を測定したものである。供試流体は 20°C の水である。試験結果を図一 3・

由に落下させた時の流出に要する時間を考える。

i) 完全流体の場合

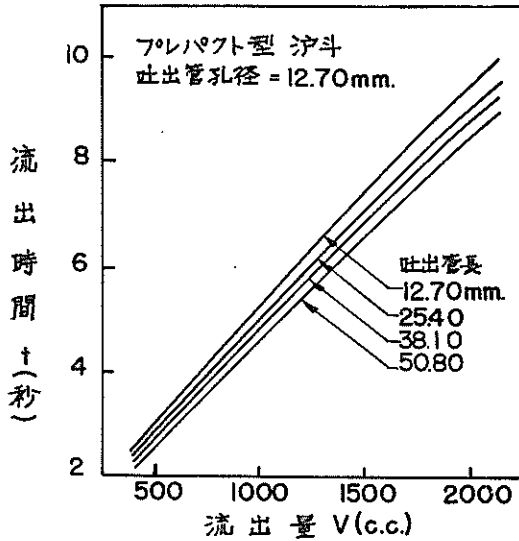
流体に粘性が無い場合、すなわち完全流体の場合には流出時間 t は吐出管の長さ h_1 、濾斗の高さ h_2 、濾斗の開き角度 θ 、および吐出管の半径 ϵ_0 によつて決まり式 (3・1) で求められる。

$$t = \frac{2}{5} \cdot \frac{(h_1 + h_2)^{\frac{5}{2}} \tan^2 \theta}{C \epsilon_0^2 \sqrt{2g}} \dots\dots\dots(3 \cdot 1)$$

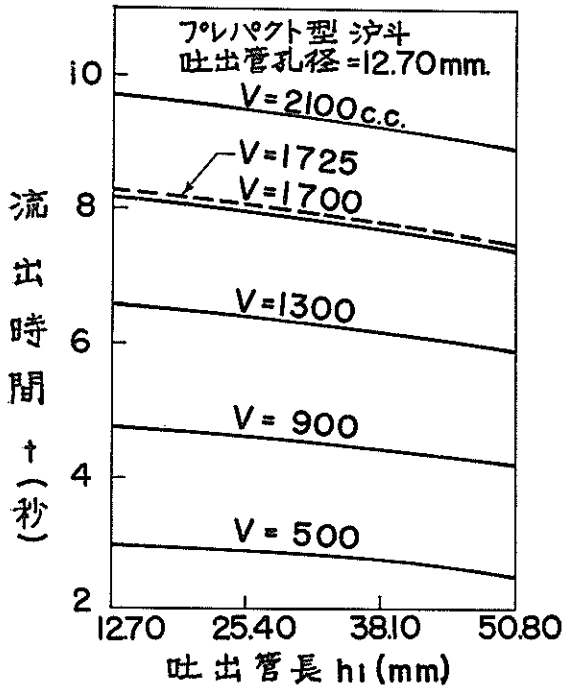
ここで C は流出係数を表わし、 g は重力加速度である。

ii) 粘性流体の場合

粘性流体の場合は水槽のどの部分が流出速度に影響するかによつて問題の取扱いが変わるが、濾斗の開き角度が大きく、 r_0/ϵ_0 の比が十分に大きい時には濾斗部分での流下速度は吐出管よりの流出速度に較べて小さく、従つて濾斗部分では粘性は余り影響しないものと仮定する事ができる。図一 3・2 の直管部の断面



図一 3・3 流出時間と流出量との関係 (20°Cの水)



図一 3・4 流出時間と吐出管長との関係 (20°Cの水)

得る事になる。

ii) 流出終点認定の仕方による誤差も避けられぬものの一つである。メスシリンダーを用いて正確に計量した 20°C の水および鉱油を用いて試験者と供試漏斗を変え流出時間を測定した所、同一試験者が特定の漏斗を用いて求めた流出時間には 0.1 秒程度の変動を伴う。この変動は流出量や漏斗の相違によつて影響されぬ所から流出終点の認定の仕方によつて生ずるものと考えられる。水や鉱油ほど終点が明瞭でないモルタルの場合には

3, 3・4に示す。図一 3・3は吐出管長が一定で、流出量が 500~2,000c.c.程度にあつては流出時間は流出量に比例し式 (3・5) がほぼ成立つ事を示すものと考えられる。図一 3・3の曲線が弧状である事が示しているように厳密な意味では比例関係が成立せず、図一 3・4で吐出管長の増加に伴つて流出時間が減少している事からも明らかである。これは式 (3・2)において加速度項 $\frac{dw}{dt}$ を無視し、これを省いた事からも生じているものと考えられるが、温度一定の場合注入モルタルの流出時間は水の 2~3 倍程度で流出は比較的緩やかであり、上述の比例関係は近似的に成立するとしてよい。云い換えると、漏斗状水槽を用いて定量のモルタルを流出させ、その流出時間を測定する事は近似的にはモルタルの粘性を測定する事に他ならない。また上述のような実験の範囲内では供試モルタルの最適量を定める事ができず、これはむしろ後述するように測定誤差などから決つて来るものと考えられる。

3-4 測定誤差などに関する検討

i) プレキャスト・コンクリートの一般仕様書の規定によると供試モルタル量の計量は固定されたポイントゲージを用いて行う。これは容積計量器具にモルタルが附着残留して不正確になる事を避け、また練り混ぜ終了から流動性測定までの時間を短縮するには簡単な方法であるが、当然誤差を伴う。それはモルタル面が必ずしも常に完全に平面でない事およびポイント・ゲージによるモルタル面の位置の認定の仕方の相違から生ずる。この種の誤差を試験者と供試漏斗を変え種々の配合のモルタルについて観測した結果モルタル面の位置は 1 mm 以内で変動するようである。1 mm の高さの変動は容積にして 25c.c.に相当する。仮に流出時間を 15秒とすると 0.2秒程度の誤差が起

この種の誤差は幾分大きくなるものと推定される。これは前項で述べた種類の誤差と分離して実験する事ができないため測定例がないが、0.2秒程度と推定される。1725c.c. のモルタルの流出時間を仮に20秒とすると測定値の中で、起り得るこの種の誤差の占める割合は1%程度であるが、流出時間は供試モルタル量にほぼ比例するから供試モルタル量を減少させれば、誤差の占める割合は逆に増加する。仮に供試モルタル量を $\frac{1}{2}$ に減少すれば、同じ流動性のモルタルの場合には、測定値の3%程度の誤差が生じ得る事になる。供試モルタルの最適量を求める事は難しいが上述のような誤差を考慮すれば現行の1725c.c. はほぼ妥当な量である。

iii) 濾斗の形状寸法の相違についてある程度の鋭敏性を備える事は測定方法に必要な条件の一つである。式(3・5)において試験モルタルの粘性および吐出管長が一定の場合には流量は吐出管の直径の4乗に比例する。すなわち流出時間は吐出管の口径の変化に対して極めて敏感である。吐出管の長さに対しては図一3・4に示された結果からも明らかなように、長さ変化が微少であればほとんど影響されぬと云つてよい。

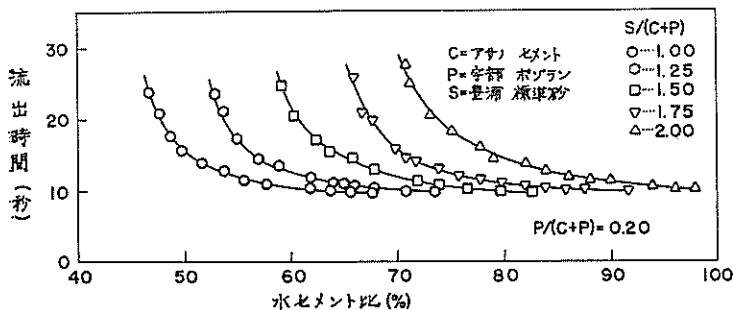
市販されているプレパクト型濾斗には2種類あつて、一つは厚さ1mm程度の真鍮板を加工したもので、他は厚さ5mm程度のアルミニウム鑄製の濾斗本体にステンレス鋼製の吐出管を取付けたものである。前者の方が価格の点でより普及しているようであるが剛性に欠け変形し易く、後者は濾斗・吐出管共に切削加工が施され精密に仕上げられている。吐出管の孔径にバラツキの多いのは前者である。4個の濾斗について20°Cの水1725c.c.の流出時間を測定した所次のような結果が得られた。

濾斗番号	濾斗の種類	流出時間(秒)
No. 1	アルミニウム鑄製	7.5
2	真鍮製 A	7.7
3	B	7.9
4	C	8.2

No.1 と No.4 との差は 0.7 秒に達し、上述の測定誤差を遙かに上廻つて居り、試験器具の正確さの重要な事を示唆している。

3-5 注入モルタルの流動性測定例

図一3・5にはプレパクト型濾斗による注入モルタルの流動性測定例が示されている。図示したものは図一2・5に示した測定例と共に実験結果の一部に過ぎないが、細骨材混和率および粒度を変えた場合にもほぼ同様な



図一3・5 プレパクト型濾斗による注入モルタルの流動性測定例

曲線群が得られる、これはプレパクト型濾斗による流動性測定方法の適用性を示すものであり、また同一配合の注入モルタルについての試験値の再現性は流出時間15～23秒程度の配合の場合には±0.5秒以内であり、実用的に充分な精度であると考えられる。得られた曲線の形状と試験値の再現性を考慮すると流出時間測定値の実用上有効な範囲は13～25秒程度と考えられる。すなわちこの範囲外の場合には、配合の変化に対して過敏に過ぎて資料の再現性が小さくなるか、もしくは配合の変化を反映せず施工管理試験などの手段として役立つ場合が多くなる。

3-6 結 論

上述の検討結果より次の事が云得る、

i) 測定方法の原理上容器が直状吐出管を備えた濾斗状のもので(3・2)式を適用し得る形状である限り特定の寸法でなければならぬ条件は無い。従つて形状は測定方法に必要な他の条件によつて決定される。

ii) 供試モルタル量が極端に少い場合には起り得る誤差が得られた測定値の中で占める割合が大きくなり好ましくない。

iii) プレパクト型濾斗による注入モルタルの流動性試験方法は、濾斗が正確な寸法を備えたものである場合には、流動性試験に要求される諸条件を満たし、広範囲な配合の変化に対して適用する事ができ、試験値の再現性も高く、適当な方法である。

§4 保水性試験方法

4-1 概 要

従来よりASTMの規格²⁹⁾³⁰⁾に用いられている用語“water retention”について保水量¹⁰⁾あるいは保水能¹¹⁾なる訳語が用いられている。著者等はプレパクト・コンクリート一般仕様書³¹⁾に用いられている“water retentivity”の訳出に当つて上記の訳を参考としてこれを保水性とした。保水量あるいは保水能試験、上記仕様書の規定による保水性試験、および本報告で云う保水性試験はほぼ同一の機構を備えた装置を使用して行われるが測定の対象とする量は全く異なる。

ASTMの規格による保水量試験は左官用セメントならびに石膏の保水量の試験に用いられるもので、測定量はフロー・テーブルによるフロー値である。すなわちフロー・テーブルを用いてフローを測定したモルタルを有孔底板を有する定容量の容器に入れ、このモルタルより71cmHg相当の真空度の下で60秒間水分を吸出した後、再びフローを測定しその変化率を以つて保水量とする。ASTMの規格で定められた保水量試験装置を図一4・1に示す。この方法は注入モルタルのように流動性の大きいモルタルには不適當である。

プレパクト型の保水性試験装置は図一4・2に示したようなもので水分の吸出機構はほぼ同様であるが、この方法では500c.c.の供試モルタルをピュファイナー氏濾斗に満し71cmHg相当の真空度の下で水分を吸出し、吸出された水量が75c.c.になる迄の時間を秒単位で測定し、これを以て保水性としている。この方法はイントルージョン・エイドの試験に用いられるもので、イントルージョン・エイドを含む標準配合のモルタルの保水性が同等の配合でイントルージョン・エイドを含まぬモルタルの75%以上大きくなければならないと規定されている。

従つて上述のように定義され規定された保水性試験方法がイントルージョン・エイドを全く含まない。しかしこれに相当する混和剤を含む注入モルタルの特性を試験する方法としてどれだけの意義を有するものであるかは不明であり、この種の試験方法に関する研究は我が国では行われていなかったようである。もしこのような試験を行う事によつて注入モルタルの材料分離に関する性質を明らかにする事ができるならば極めて有用な試験方法と考えられる。本報告はこのような観点から注入モルタルの材料分離の程度を示す一指数としての保水性なる量を想定し、その試験方法に関する実験を行い、実験結果を取纏めたものである。実験結果に基づき、保水性を次のように

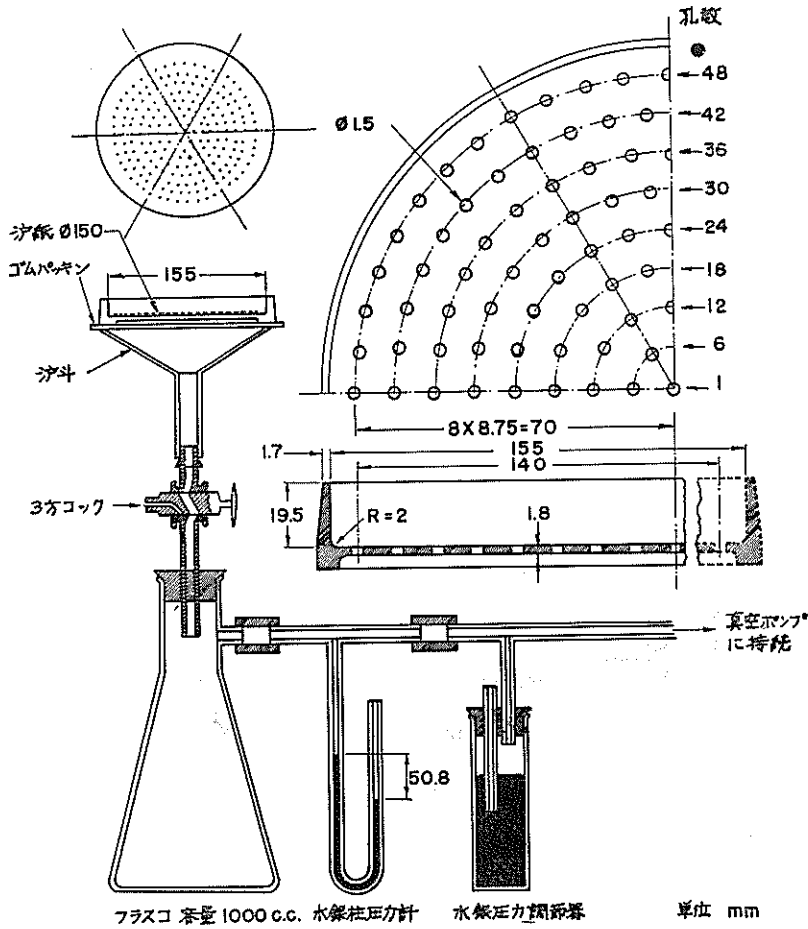


図4・1 ASTM型保水量測定装置 (ASTMC91およびC110)

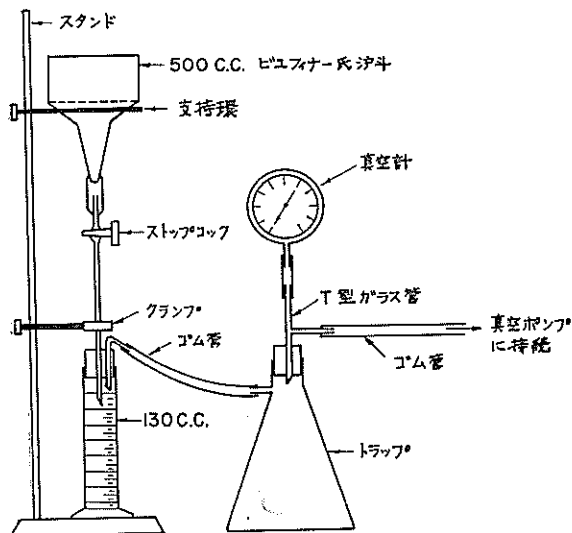


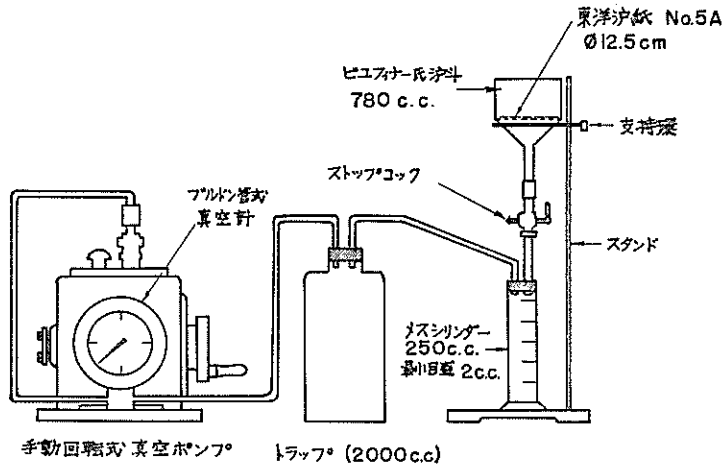
図4・2 プレパクト型保水性試験装置

定義する。“注入モルタルの保水性とは材料の分離に抵抗する程度を表わす未だ固らない注入モルタルの性質を云う”。注入モルタルの保水性は一定容積の試料より規定の真空度の下で水分を吸出した時の吸出終了後に試料中に残っている水量の吸出前に含まれていた水量に対する百分率で表わされる

4-2 実験で用いた試験方法

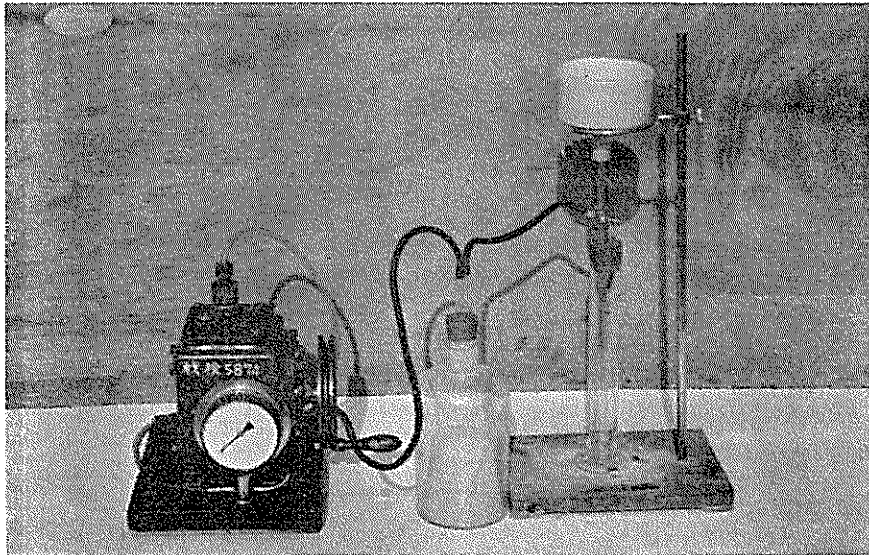
i) 試験装置

本実験で使用した試験装置は図4・3、4・4に示したようなもので手動式真空ポンプ、トラップ、水分抽出器の3部から成立っている。この装置はプレパクト型保水性試験装置を参考として試作したもので、ビュフナー氏漏斗は陶磁製で有孔板直径



図一 4・3 注入モルタルの保水試験装置

130mm、内容積780 c.c.のものをういた。真空計はブルドン管式のもので、配管は気密性を保つため軟質ゴム管を用い、またメスシリンダーは容積250c.c.、最小目盛2c.c.である。トラップは主として真空度を安定させるために用いられ容量2lの広口瓶を使用した。以上の他に時計、濾紙（東洋濾紙No.5Aφ125mm）、水準器、セメントナイフなどを用意した。



図一 4・4 注入モルタルの保水試験装置

ii) 試験方法

本実験では以下の方法を試みた。

(1) 漏斗上面を水平に設置し有孔板上に濾紙を1枚敷き、ストップコック開く。次いで約200c.c.の水を漏斗に注ぎ真空ポンプを作用して水を吸出する。水の滴下が終了した所でストップ・コックを閉じ、メスシリンダーを架台より取外して水を捨て、再び元の位置に据える。

(2) ストップ・コックを閉じたまま真空ポンプを作用して真空計の読みが5cmHg（気圧71cmHg）になるまで減圧する。この状態で数分間放置して試験装置の気密性を確認する。以上の操作を供試モルタルの練り混ぜ終了前に行う。

(3) 練り混ぜを終了したモルタルを直ちに漏斗に注ぎ、多少溢れる程度まで満たす。次いでセメントナイフを用いてモルタル面を均して漏斗上面と一致させ、ストップ・コックを開いて吸出を開始する。吸引中は真空ポンプを軽く作用して真空の読みを一定に保つ。供試モルタルをミキサより漏斗に移し吸出を開始するまでの操作を

1分以内に終了する。

(4) 吸出の開始と共に時間の計測も開始し、以下の試験時間に吸出された水量を1c.c.まで読み取る。10", 20", 40", 1'20", 2'40", 5'20", 10'40", 13'20", 16'40", 21'20", 25'00", 30'00", 35'00", 42'40", ただし42分40秒以内に吸出が終了しない場合には試験時間を延長して吸出水量と吸出終了の時間を測定する。

(5) 計算は次式によつて行い、吸出終了後に試料中に残っている水量の吸出前に試料に含まれていた水量に対する割合を百分率で表わして、これを保水性とする。

$$W_R = \frac{V_w - V_e}{V_w} \times 100 \dots\dots\dots(4 \cdot 1)$$

$$V_w = \frac{780}{V_s} \times W_w \dots\dots\dots(4 \cdot 2)$$

$$V_s = \frac{100}{100 - a} \left(\frac{W_c}{\rho_c} + \frac{W_p}{\rho_p} + \frac{W_s}{\rho_s} + W_w \right) \dots\dots\dots(4 \cdot 3)$$

ここで、 ρ_c, ρ_p, ρ_s は夫々セメント、ポゾラン、砂の比重； W_c, W_p, W_s, W_w は夫々セメント、ポゾラン、砂、水の使用量 (gr)； a は試料の空気量 (%)； V_s は供試モルタル1バッチの容積 (c.c.)； V_w と V_e は夫々試料の最初の水量と吸出された水量 (c.c.)； W_R は保水性 (%)；780 はビュフイナー氏濾斗の内容積 (c.c.) である。

注1) 空気量測定は後述の空気量試験方法による。

注2) ビュフイナー氏濾斗の容積は濾紙1枚を有孔板上に敷いた状態で測定した値である。

4-3 試験方法に関する検討

保水性試験方法についての基本的な資料を得ると共に、注入モルタルの配合の変化によつてその保水性がいかに変化するかを調べるために以下のような実験を試みた。すなわちポゾラン混和率 ($P/(C+P)=0 \sim 0.5$) の6種に細骨材混和率 ($S/(C+P)=1.0 \sim 2.0$) の5種を組み合わせた30種の夫々について水セメント比 ($W/(C+P)$) を3通りに変化させた90種の配合を定め、同一の配合について2または3バッチの試験を行い、試験値の変動、試験に要する時間、その他を調べた。使用した装置ならびに試験方法は前節に述べた通りである。試験結果を表4.2~4.6に示す。

表4.1 供試モルタル配合の要項

配 合 要 素	記 号	変 化 の 範 囲	備 考
ポゾラン混和率	$P/(C+P)$	0 ~ 0.5 6種	宇部ポゾラン
砂セメント比	$S/(C+P)$	1.0 ~ 2.0 5種	豊浦標準砂
水セメント比	$W/(C+P)$	0.46 ~ 0.88	小野田普通ポルトランド・セメント
流 出 時 間	—	12 ~ 25 秒	プレパクト型濾斗

表一・2 保水性試験結果 (砂セメント=1.00)

$\frac{P}{C+P}$	$\frac{W}{C+P}$	初期水量 Vwc.c.	42分40秒における吸出水量 c.c.						25分における吸出水量c.c.		
			①	②	③	平均(A)	標準偏差	変動係数 (%)	平均(B)	A-B	$\frac{A-B}{A} \times 100(\%)$
0	0.51	330	78	82	84	81	2.5	3.1	80	1	1.3
	0.56	348	107	101	112	107	4.5	4.2	103	4	3.9
	0.61	365	131	132	132	132	0.6	0.4	127	5	3.9
0.1	0.50	322	80	82	82	81	1.0	1.2	80	1	1.3
	0.55	340	108	104	104	105	1.9	1.8	101	4	4.0
	0.60	357	132	128	130	130	1.6	1.3	120	10	8.3
0.2	0.49	314	80	84	82	82	1.6	2.0	77	5	6.5
	0.54	332	104	106	—	105	1.0	1.0	103	2	1.9
	0.59	349	129	130	128	129	0.8	0.8	126	3	2.4
0.3	0.48	306	77	78	76	77	0.8	1.1	77	0	0
	0.53	325	98	100	100	99	1.0	1.0	97	2	2.1
	0.58	342	124	125	123	124	0.8	0.7	121	3	2.5
0.4	0.47	298	71	76	76	74	2.4	3.2	72	2	2.8
	0.52	317	97	99	96	97	1.3	1.3	96	1	1.0
	0.57	334	120	121	120	120	0.6	0.5	115	5	4.4
0.5	0.46	290	66	70	65	67	2.2	3.2	67	0	0
	0.51	309	94	96	90	98	2.5	2.8	92	1	1.1
	0.56	327	118	118	119	118	0.6	0.5	113	5	4.4
0~0.5	0.46~ 0.61	290~365	65~132			67~132	0.6~4.5	0.4~4.2	67~127	0~10	0~8.3

表一・3 保水性試験結果 (砂セメント比=1.25)

$\frac{P}{C+P}$	$\frac{W}{C+P}$	Vwc.c.	42分40秒における吸出水量 c.c.						25分における吸出水量c.c.		
			①	②	③	平均(A)	標準偏差	変動係数 (%)	平均(B)	A-B	$\frac{A-B}{A} \times 100(\%)$
0	0.54	317	68	65	66	66	1.3	2.0	66	0	0
	0.59	334	90	90	—	90	0	0	90	0	0
	0.64	348	116	107	110	111	3.7	3.4	110	1	0.9
0.1	0.55	323	78	79	72	76	3.1	4.1	76	0	0
	0.60	333	106	93	120	106	11.0	10.4	105	1	1.0
	0.65	348	110	120	120	117	4.7	4.0	115	2	1.7
0.2	0.55	313	79	75	—	77	2.0	2.6	76	1	1.3
	0.60	329	94	95	—	95	0.7	0.7	94	1	1.1
	0.65	344	118	118	—	118	0	0	114	4	3.5
0.3	0.54	306	91	80	—	86	5.5	6.4	85	1	1.2
	0.59	322	105	108	—	107	1.6	1.5	104	3	2.9
	0.64	338	121	119	—	120	1.0	0.8	117	3	2.6
0.4	0.52	295	71	77	—	74	3.0	0.4	73	1	1.4
	0.57	312	95	98	—	97	1.6	1.6	94	3	3.2
	0.62	328	114	117	—	116	1.6	1.4	110	6	5.5
0.5	0.51	288	73	83	—	78	5.0	6.4	76	2	2.6
	0.56	305	92	93	—	93	0.7	0.8	88	5	5.7
	0.61	321	112	112	—	112	0	0	103	9	8.7
0~0.5	0.51~ 0.65	288~348	65~121			66~120	0~11.0	0~10.4	66~117	0~9	0~8.7

表一４・４ 保水性試験結果（砂セメント比=1.50）

$\frac{P}{C+P}$	$\frac{W}{C+P}$	Vwc.c.	42分40秒における吸水量 c.c.						25分における吸水出量c.c.		
			①	②	③	平均(A)	標準偏差	変動係数	平均(B)	A-B	$\frac{A-B}{A} \times 100(\%)$
0	0.65	330	81	81	—	81	0	0	80	1	1.3
	0.70	345	106	98	—	102	4.0	3.9	101	1	1.0
	0.75	370	116	121	—	119	2.6	2.1	117	2	1.7
0.1	0.64	324	83	84	—	84	0.7	0.9	83	1	1.2
	0.69	350	100	104	—	102	2.0	2.0	101	1	1.0
	0.74	352	120	115	—	118	2.6	2.2	116	2	1.7
0.2	0.62	315	76	76	—	76	0	0	76	0	0
	0.67	326	97	98	—	98	0.7	0.7	98	0	0
	0.72	343	117	115	—	115	2.0	1.7	115	0	0
0.3	0.60	305	75	74	—	75	0.7	1.0	75	0	0
	0.65	320	91	91	—	91	0	0	91	0	0
	0.70	334	110	112	—	111	1.0	0.9	110	1	0.9
0.4	0.63	311	67	60	—	64	3.5	5.5	64	0	0
	0.68	325	82	83	—	83	0.7	0.9	82	1	1.2
	0.73	339	105	111	—	101	3.0	2.8	108	0	0
0.5	0.63	308	69	68	—	69	0.7	1.0	69	0	0
	0.68	322	86	89	—	88	1.6	1.8	88	0	0
	0.73	336	109	106	—	108	1.6	1.5	108	0	0
0~0.5	0.60~ 0.75	305~370	60~121			64~119	0~3.5	0~5.5	64~117	0~2	0~1.7

表一４・５ 保水性試験結果（砂セメント比=1.75）

$\frac{P}{C+P}$	$\frac{W}{C+P}$	Vwc.c.	42分40秒における吸水量 c.c.						25分における吸水出量c.c.		
			①	②	③	平均(A)	標準偏差	変動係数(%)	平(B)	A-B	$\frac{A-B}{A} \times 100(\%)$
0	0.71	328	96	97	—	97	0.7	0.7	94	3	3.2
	0.76	340	132	114	—	123	9.0	7.3	119	4	3.4
	0.81	353	146	146	—	146	0	0	139	7	5.0
0.1	0.72	327	103	103	—	103	0	0	102	1	0.9
	0.77	340	110	110	—	110	0	0	108	2	1.9
	0.82	352	145	145	—	145	0	0	140	5	3.6
0.2	0.71	322	106	106	—	106	0	0	103	3	2.9
	0.76	335	116	117	—	117	0.7	0.6	115	2	1.7
	0.81	347	153	154	—	154	0.7	0.5	145	5	3.4
0.3	0.70	316	92	94	—	93	1.0	1.1	91	2	2.2
	0.75	329	112	112	—	112	0	0	111	1	0.9
	0.80	341	132	137	—	135	2.6	1.9	133	2	1.5
0.4	0.69	310	87	88	—	88	0.7	0.8	86	2	2.3
	0.74	323	114	114	—	114	0	0	113	1	0.9
	0.79	336	130	132	—	131	1.0	0.8	129	2	1.6
0.5	0.69	307	74	74	—	74	0	0	74	0	0
	0.74	320	98	101	—	100	1.6	1.6	99	1	1.0
	0.79	333	130	131	—	131	0.7	0.5	129	2	1.6
0~0.5	0.69~ 0.82	307~353	74~154			74~154	0~9.0	0~7.3	74~149	0~7	0~5.0

表-4・6 保水性試験結果 (砂セメント比=2.00)

P C+P	W C+P	Vwc.c.	42分40秒における吸水量 c.c.						25分における吸水出量c.c.		
			①	②	③	平均(A)	標準偏差	変動係数(%)	平均(%)	A-B	$\frac{A-B}{A} \times 100(\%)$
0	0.76	323	108	107	—	108	0.7	0.7	103	5	4.9
	0.81	335	128	128	—	128	0	0	121	7	5.8
	0.86	347	155	156	—	156	0.7	0.5	149	7	4.7
0.1	0.78	325	124	124	—	124	0	0	118	6	5.1
	0.83	337	134	136	—	135	1.0	0.7	130	5	4.8
	0.88	348	162	160	—	161	1.0	0.6	153	8	5.2
0.2	0.78	320	114	115	—	115	0.7	0.6	110	5	4.5
	0.83	332	143	143	—	143	0	0	136	7	5.1
	0.88	343	164	164	—	164	0	0	156	8	5.1
0.3	0.74	310	98	98	—	98	0	0	93	7	5.4
	0.79	322	122	122	—	122	0	0	116	6	5.2
	0.84	334	146	146	—	146	0	0	142	5	2.8
0.4	0.73	304	93	93	—	93	0	0	86	7	8.1
	0.78	317	120	120	—	120	0	0	114	6	5.3
	0.83	323	137	138	—	138	0.7	0.5	133	5	3.8
0.5	0.71	297	81	81	—	81	0	0	79	2	2.5
	0.76	309	107	105	—	106	1.0	0.9	102	4	3.9
	0.81	321	129	129	—	129	0	0	126	3	2.4
0~0.5	0.71~ 0.88	297~348	81~164			81~164	0~1.0	0~0.9	79~156	2~8	2.4~8.1

i) 試験値の変動について

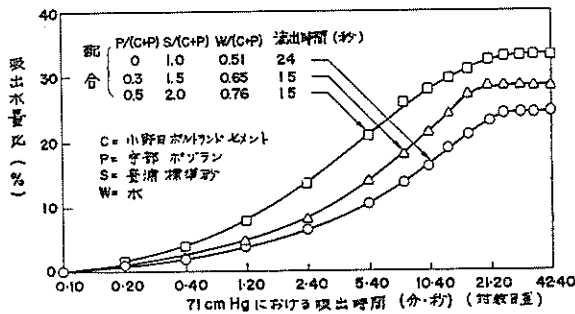
表-4・2~4・6に示された結果から観察されるように本実験で用いた保水性試験方法で得られる試験値の変動は極めて少なく、変動係数は0~10.4%の範囲にある。変動係数の分布状態を纏めると表-4・7に示したように以1.0%下の試験値は全体の61%を占め、4.0%以下をとると全体の93%がこの中に入り、試験結果の再現性は良好と云つてよい。

表-4・7 保水性試験値の変動係数の分布

変動係数の範囲	試験値の数	百分率
1.0% 以下	55	61
2.0 "	72	80
3.0 "	78	87
4.0 "	83	93
5.0 "	85	95
6.0 "	86	96
7.0 "	88	98
11.0 "	90	100

ii) 試験時間について

図-4・5は吸出水量の時間的な変化を示したもので供試モルタル90種の配合についてはほぼ同様な関係が得ら



図一 4・5 吸出水量比 (=100-保水性) の時間的な変化 (分散剤と発泡剤を含みぬモルタル)

れている。同図および表一 4・2~4・6 の第12列 $\{(A-B)/A \times 100\}$ より観察されるように試験時間25分で吸出水量の90%以上を吸出し、吸出時間42分40秒では90配合のうち1配合を除いて全部吸出を完了して吸出量が最大値に達し、例外の配合の場合も3バッチの中1バッチは最大吸出量を得て居り、これはむしろ試験値のバラツキと云つてよいように思われる。云い換えると本実験で採用した42分40秒の試験時間(吸出時間)はこの種の試

験に必要な時間として充分である。仮に吸出時間を便宜的に25分と定めた場合の吸出終了の程度を表一 4・2~4・6 より調べると次表のようになる。実験結果の示す範囲では吸出終了に要する時間は水セメント比が大きい

表一 4・8 吸出時間25分における吸出終了の程度

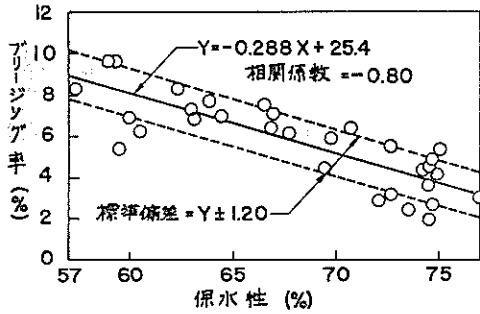
吸出終了の程度	試験値の個数	百分率
100%	16	18
99 以上	26	29
98 "	45	50
97 "	58	64
96 "	69	77
95 "	76	84
94 "	86	96
93 "	87	97
92 "	87	97
91 "	90	100

程、また保水性が小さい程大きいようであるが未だ確認されてはいない。ここでは最終的に吸出された水量から保水性を求めたが、もし吸出終了に要する時間が長い程、その配合の注入モルタルには材料の分離が生じ難いものとすれば、試験時間を無制限にして最終的な吸出量を求める方法は余り意味が無い事になる。著者等はこのような観点から一定時間に制限した場合の保水性試験も試みた。試験時間として表一 4・8 を参考として“25分”を採用し、この結果については既に報告済みである⁹⁾注。

注) 研究報告の発表は資料整理の都合によつて前後したが、引用文献一 3 に発表された報告の実験研究は本報告の実験研究の結果に基づいて提案された試験方法によつて行われたものである。

iii) 保水性試験の意義について

上述のような保水性試験によつて得られる保水性なる量の持つ意味を明らかにするためにブリージング率との相関性を検討した。ブリージングは注入モルタルに限らず一般に材料分離の程度を示す指数と考えられ、コンクリート、グラウト、セメント・ペーストなどについても用いられている。図一 4・6 は配合の異なる注入モルタルについて保水性とブリージング率を同時に試験した結果であつて、ここで云うブリージング率(%)は JIS A1123-1957 (コンクリートのブリージング試験方法) の定義を準用したものである。すなわち、ブリージングによる水



図一4・6 ブリージング率と保水性との関係; Y = ブリージング率(%), X = 保水性(%)(発泡剤と分剤剤を含まない注入モルタル)

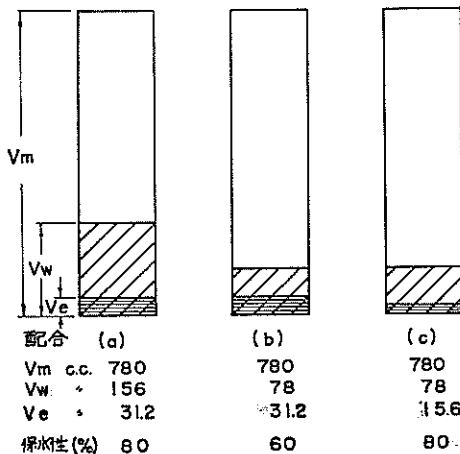
のような事が考察される。

ブリージング率は重力以外の外力を受けずに、材料分離が起り、その分離した水量の試料の最初の水量に対する比であるのに対し、保水性は試料に更に一定の外力を加えて材料を強制的に分離させた場合に試料中に残った水量の最初の水量に対する比である。従つて加える外力が極端に大きくなり、また試料全体に均一に作用するものであれば強制的に材料分離を起させた場合の分離した水量(吸出水量)の比はブリージングによる水量の比に順相関関係にあり、結果として試料に残った水量の比、すなわち保水性はブリージング率と逆相関関係にあるであろうとは容易に推定される。結果論的ではあるが実験結果は以上の推論の正しさを示すものと考えられ、試験値のバラツキが比較的に大きい事は主としてブリージング率試験結果のバラツキの大きい事によるものと考えられる。

保水性がブリージング率と逆相関関係にある事は、云い換えれば保水性が大なる程ブリージング率が小さい事であり、これは材料分離が少ない事を意味すると考えてよい。すなわち、本実験で用いたような保水性試験方法によつて注入モルタルの材料分離に対する抵抗の程度を示す性質を測定し得るものと考えられる。

iv) 保水性の定義の適用性について

ここで用いた定義に従えば保水性は吸出される水量の絶対量に関係なく試料に最初に含まれていた水量に対する割合によつて決まる。実際の問題として一定量のモルタルより分離する、あるいは分離し得る水の絶対量が問題となる事が多い。このような場合における保水性の定義の適用性について以下に検討する。上述のブリージング率についても全く同様の事が云える。問題の意味を明らかにするために仮定の模型図を図一4・7に示す。



図一4・7 供試モルタル量 Vm, 供試モルタル中の最初の水量 Vw, 吸出水量 Ve, および保水性 $(Vw - Ve) / Vw \times 100$ の関係を示す仮定の模型図

量の試料の水量に対する百分率をブリージング率とした。同図に観察されるように保水性とブリージング率の相関係数は-0.80で、両者の関係を一次的と考えてよい。ブリージング率を Y (%), 保水性を X (%) とする時、

$$Y = -0.288x + 25.4 \dots\dots\dots(4 \cdot 4)$$

なる実験式が得られて居り、一般には式(4・5)で表わされるものと考えられる。

$$Y = -P x + q \dots\dots\dots(4 \cdot 5)$$

ここでは P, q 夫々定数である。この関係について次

を明らかにするために仮定の模型図を図一4・7に示す。供試モルタル(a), (b), (c)の夫々の吸出水量が31.2, 31.2, 15.6c.c.であつたとする。もし試料の最初の水量が夫々156, 78, 78c.c.であつたとすれば、(a), (b), (c)の保水性は80, 60, 80%となつて、注入モルタルの性質を表わす量として不適当な事は明白である。以下では図一4・7に示したような場合の生ずる可能性を調べる事によつてここで用いた保水性の定義の適用性について明らかにする。

ポゾラン混和率を k' , 砂セメント比を k'' , 水セメント比を x とすると

$$Wp = \frac{k'}{1-k'} Wc, \quad Ws = \frac{k''}{1-k''} Wc, \quad Wc = (1-k') \frac{Ww}{x}$$

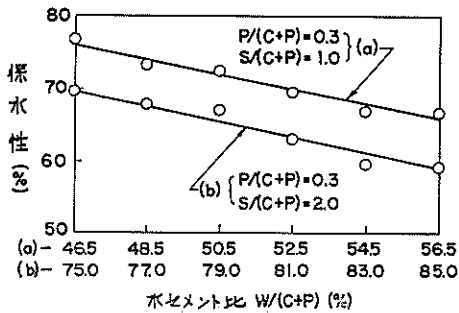
これを式(4・3)に代入すると

$$V_s = \frac{100}{100-a} \left[\left\{ \frac{1}{\rho_c} + \frac{k'}{(1-k')\rho_p} + \frac{k''}{(1-k'')\rho_s} \right\} (1-k') \frac{1}{x} + 1 \right] Ww \dots\dots\dots(4 \cdot 6)$$

ここで $\frac{100-a}{100} = C_1$, $\left\{ \frac{1}{\rho_c} + \frac{k'}{(1-k')\rho_p} + \frac{k''}{(1-k'')\rho_s} \right\} (1-k') = C_2$,

$$\frac{Ww}{V_s} = y \text{ (単位水量) とおくと, } y = C_1 - \frac{C_1 C_2}{C_2 + x} \dots\dots\dots(4 \cdot 7)$$

式(4・7)から明らかなように、一定量の供試モルタルに含まれる水量すなわち単位水量は水セメント比の増加に応じて増大するが、その関係は一次的でなく単位水量が極端に増加する事はない。ポゾラン混和率および砂セメント比を一定とする場合にはモルタルの流動性の実用的な範囲(流出時間13~25秒程度)を考慮すると水セメント比の変化は10%程度に限定される¹⁾。またポゾラン混和率、砂セメント比の変化し得る範囲も同様に限定される。このように実用的な流動性の得られる範囲内では単位水量が極端に増減する事はありません、表一4・2



図一4・8 保水性と水セメント比の関係

~4・6の示す所では780c.c.のモルタルに含まれる水量は288~370c.c.で、単位水量に換算すると0.37~0.48 c.c./c.c.である。更に保水性と水セメント比の間には図一4・8に示されたような一次的関係が認められ、この関係は界面活性剤などの混和剤の混入によつて影響されぬ事が確かめられている³⁾。従つて図一4・7に示されたような事例が生じてここで用いられたような保水性の定義の適用性が疑われるような可能性はないと云つてよい。

4-4 保水性試験装置に関する検討

本実験では図一4・3に示したような試験装置を試作して以上に述べたような試験方法に関する検討を試みたが、装置使用結果は必ずしも良好とは云えない。試験精度を高めるために以下の諸点について検討し改良型の装置(保水性試験装置・港研改良型)を試作した。これを図一4・9に示す。後述の試験方法(案)は港研改良型を用いる事を前提として提案されたものである。

i) 有孔底板付濾斗

有孔底板を有する濾斗状の容器としてビュファイナー氏濾斗を試用したがその結果は良好とは云えない。欠点は主として同濾斗が陶磁製である事から生ずる形状および寸法の不正確さである。濾斗頂面が必ずしも平面でない事、濾斗容積のバラツキが多い事、濾斗の深さが大き過ぎる事などである。前2者については頂面を磨き上げあるいは濾斗容積(有孔底板以上の部分)を検定して用いる事である程度補正できるが、もちろん標準的な試験装置として好ましい事ではない。濾斗の深さは780c.c.のビュファイナー氏濾斗の場合は約60mmで水分吸出のための外力を試料全体に均一に分布させるには深過ぎるようで、試験時間の長さもこれによつて影響される所が大きい。試料の容積は吸出水量のバラツキを考慮して500c.c.程度が適当であると考えられる。以上の観点からASTM型保水量試験装置を参考にしてビュファイナー氏濾斗に替るものとして金属製有孔底板容器、ゴムパツキン、および濾斗より成る水分吸出器に改めた。

ii) メスシリンダー

吸出水量は供試モルタル量の25%以下と考えてよい。従つて容量を200c.c.、最小目盛を1c.c.に改めた。

iii) トラップ

トラップは操作の誤りによつて吸出された水が真空ポンプに侵入する事を防止するよりもむしろ真空度を安定させる働きが大きい。この点から0.5~2lの種々の容量を比較した所2l程度が適当なようである。次項で触れるように真空計を水銀柱圧力計に変えた場合には当然トラップとしての働きも大切になる。

iv) 真空計

保水性試験の精度は規定の真空度をいかに保持するかによつて定まると云つて良く、従つて精度の高い真空計を用いる事が重要である。本実験ではブルドン管式真空計を試用したがこの種の真空計は精度が低く狂いも生じ易い。構造が単純で精度の高い水銀柱圧力計を用いるのが適当であり、必要とされる尺度は200mm程度で最小目盛1mmを要する。

v) 真空ポンプ

保水性試験は71cmHgの気圧下で行われるもので、約2lの容積を10cmHg程度減圧できる真空ポンプで充分である。また高速排気を必要としない。市販されている廻転式真空ポンプは手動廻転式と電動廻転式とあるが、前者の方が微調整を行い易く好都合である。

vi) 濾紙

本実験では東洋濾紙 No.5A (迅速定量用) 12.5cmを試用した他、数種の濾紙を用いて比較を試みたが特に有意義な結果は得られなかつた。使用目的な供試モルタルより水を分離する事にあり、この目的を達し試験値に影響せぬものであれば差支え無く、一般定性用濾紙で充分であると考えられる。新しい有孔底板容器の内径155mmは径15.0cmの濾紙寸法から定められた。

4-5 結 論

以上の検討結果より次の事が云い得る。

i) 本報告に述べたような試験方法によつて測定された保水性は注入モルタルのブリージング率と一次的相関関係にあり、材料分離に抵抗する末だ固らない注入モルタルの性質を表わすものとして適当な量である。

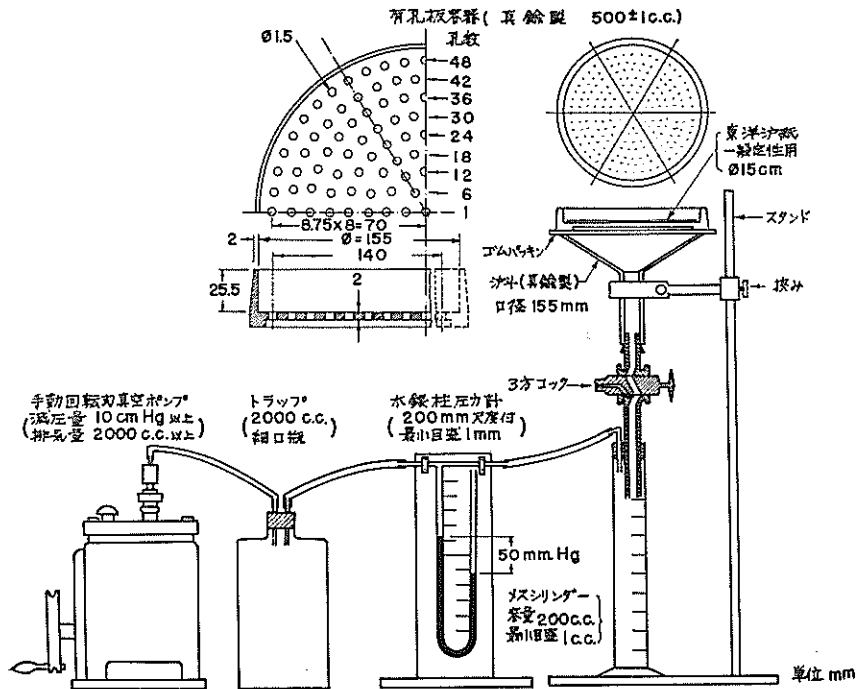


図-4・9 注入モルタルの保水性試験装置 (港研改良型)

ii) 本実験で採用した保水性試験方法は精度が高く再現性に富む結果を与える。これは改良された型の保水性試験装置を用いる事によつて更に改善される。

§5 ブリージング試験方法

5-1 概 要

一般にブリージング試験方法として幾つかの方法が標準方法として行われ、あるいは提案されているが必ずしも注入モルタルのブリージング試験に適用し得るものだけとは限らない。以下に一般的な試験方法について注入モルタルへの適用の可否を論ずる。

i) セメント・ペーストに関する方法

セメント・ペーストのブリージング試験方法としては米國陸軍工兵隊の規格³⁵⁾がある。これは T. C. Power の研究報告¹⁷⁾に基いて定められたもので、ニート・セメント・ペーストの沈降現象とカテト・メータ (Cathetometer) を用いて観測してブリージング率、ブリージング曲線などを求めるもので、セメントのブリージング・ポテンシャルを測定する方法と云うべきものであつて施工管理などの試験方法としては不適當である。

セメント・ペーストおよびモルタルに適用される方法としては ASTM の規格³⁶⁾があるが、これは装置の取扱いが簡単と云えず、また有毒な四塩化炭素を使用する点は一般的な試験方法としては好ましくない。

ii) コンクリートに関する方法

コンクリートのブリージング試験方法の代表的なものとしては日本工業規格³⁶⁾、ASTM の規格³⁷⁾、米國工兵隊の規格などがある。いずれも定容積の容器に試料を満たし、一定時間間隔でブリージング水を吸い上げてその量を測定するもので、一度吸上げた水は試料に戻さない。従つてブリージング水の試料による再吸収の影響を含めたブリージングの試験には不適當であり、更に試料が膨張性を有する場合にはその膨張率を測定する事は困難である。最後の方法が前者と異なる点はブリージング試験を一定の振動条件下の試料について行う点である。

iii) モルタルに関する方法

モルタルのブリージング試験方法には前述の ASTM の規格以外に、PC グラウトのブリージング試験方法として土木学会の方法³⁸⁾、ドイツの規格³⁹⁾などがある。土木学会の方法は高さが 20cm となるように試料をポリエチレンの袋に詰め、これを 400c.c. の水を満たした容量 1000c.c. のメスシリンダーに入れてブリージング率(ブリージング水の単位モルタル量に対する百分率)と膨張率を同じ試料について測定するものである。この方法によれば膨張性を有する試料の場合にはその膨張が容器の周壁によつて抑制される事は少なく、また試験時間に関して凝結硬化から来る制限もなく膨張率試験方法としては優れた方法と考えられる。この方法のブリージング試験方法としての適用性に関しては 2 つの疑問が残る。第一の点は特定の時間(3 および 24 時間)における値をブリージング法とし率とする事であり、次の点は測定時に試料に振動を与える事を避け得ぬ事である。

ドイツの規格による方法は測定器具として剛性のシリンダーを用いるのでメスシリンダーを用いる場合とは異つて測定に時間的制限を受けないが膨張性の試料の測定の場合には膨張が容器周壁の影響を受ける。

以上の他に標準化されていない方法としてドイツの規格を修正した方法、メスシリンダー方法などがある。ドイツ規格を修正した方法は極く一部で試みられたのみで十分な実験資料が提出されていない⁴⁰⁾。メスシリンダー方法はメスシリンダーに試料を満たし、水およびモルタルの境界面の読みからブリージング率および膨張率を測定するもので簡易さの点で従来より広く用いられている。

以上によつて注入モルタルのブリージング率および膨張率を同時に試験する方法として十分な適用性が期待される方法は土木学会の方法に限定されると云つてよい。しかしブリージングのみを問題とする場合には一般に行

われている方法，例えばメスシリンダー方法も標準的な方法として適用し得るものと考えられる。本報告はブリージング率のみの試験方法としてのメスシリンダー方法を取上げ，その適用性ならびに適用性の限界などを検討したものである。

5-2 メスシリンダー方法について

一般に円筒形の容器に試料を満たしてブリージング試験を行う場合には容器の断面積，壁面の状態，試料の高さなどが試験値に影響する所が大きい。特に膨張性のある注入モルタル，グラウトの場合には膨張が鉛直上方のみ限定されるため膨張率の正確な測定は困難となる。従つてメスシリンダーに限らず円筒形の容器を用い試料の高さを測定して膨張率を求める方法は，試料の膨張がその試料の凝結硬化の余り進行せぬ間に行われる場合のみ適用し得るものと考えられる。しかし一般にはこの点について明確な限界を設ける事は困難であり，メスシリンダーあるいはこれに類似した容器を用いて膨張率を測定する方法はある程度の誤差を伴うものと考えらるべきであろう。メスシリンダー方法の第二の欠点として測定時間の限界が挙げられている。すなわち，メスシリンダーによつてブリージング測定を行う場合には測定し得る時間は試料が硬化する以前に限られ，ブリージングが完全に終了するまで継続して測定する事ができない場合もあるとされている。これは特にメスシリンダーに限らず，一般に同様な形状を備えた容器を用いる場合には試験終了後の硬化せる試料の取出しが困難となる事は明らかである。しかしブリージングが試料が硬化する程度に長時間に亘つて継続する点は非常に疑問である。セメント・ペースト，モルタル，あるいはコンクリートのブリージング現象はこれらを構成する諸粒子の沈澱現象に外ならず，一般に沈澱は練混ぜ終了後数時間以内に終了するものと考えられている。¹⁷⁾ 沈澱終了後におけるブリージング水の変化はセメントの水和作用によるセメント粒子の物理化学的な構造変化に基づくブリージング水の再吸収によるもので，極端な場合は一旦ブリージングした水が完全に再吸収される事もある。この再吸収は沈澱現象とは独立して進行するものであり，その量の多少を一応別とすれば沈澱の進行中にも存在するものと考えられる。このような観点からブリージング試験方法を検討する場合例えばPCグラウトのブリージング試験²⁸⁾のように，特定の時間（3時間および24時間）におけるブリージングを以てその試料のブリージング特性とする方法は便利ではあつても正しくないように思われる。ブリージングの表示はその最大量（または最大率ないし“ブリージング～時間曲線”）によつて行われるべきであらう。先に挙げたコンクリートのブリージング試験方法^{25) 30) 37)}ではいずれの場合にもブリージング水を試料より分離してその量を測定し，再吸収の影響を無視する方法を採用しているが表示に関しては以上のような考え方に基いていると思われる。このようにブリージング試験をブリージング水が最大量に達する迄とすれば先に挙げた試験時間の限界は注入モルタルに関しては余り根拠がない事に思われる。

メスシリンダー方法の第三の欠点として管径および試料の高さ（あるいは量）によつて試験値が変化すると指摘されている。これはむしろメスシリンダー方法を標準的なブリージング試験方法とする場合のメスシリンダーの規格および試料の量を一定にする事の必要性を説いたものと考えらるべきである。

5-3 メスシリンダー方法による実験

以上に述べた考察の結果に基いて注入モルタルのブリージング試験方法としてのメスシリンダー方法の適用性について調べた。調査の対象となつたのは主として試験所要時間と一定管径（または容量）のメスシリンダーを用い，試料の量を一定とした場合の試験値のバラツキである。本実験は後述のブリージング試験方法(案)により，50c.c.のメスシリンダーを用いて行われたもので，ここに紹介する実験資料は注入モルタルの諸性質に関する著者の実験研究の⁹⁾一部である。使用材料の主な性質を表-5・1に示す。

表-5・1 使用材料とその主な性質

使用材料	記号	比重	粉末度		凝結(時:分)		単水量比 %
			ブレン値 cm ² /gr	88uフルイ 残分%	始発	終結	
アサノセメント*	C	3.15	3110	3.5	2:45	4:40	—
小野田セメント*	C	3.18	3380	1.4	3:07	4:05	—
八幡高越セメント	C	2.99	3810	0.9	4:20	5:50	—
宇部ポゾラン	P	2.09	3310	2.8	—	—	94
ポゾリス No.8	Ae	—	—	—	—	—	—
ヴァインゾール	Ae	—	—	—	—	—	—
水	W	1.00	—	—	—	—	—

* 普通ポルトランド・セメント

注入モルタルの配合は水セメント比、ポゾラン混和率、砂セメント比、セメントの種類、界面活性剤(分散剤とAE剤)の混入などの影響を調べるために表-5・2に示すように定められた。供試モルタルの練り混ぜ方法および流動性試験方法は後述の注入モルタル試験方法案によつて行われた。表-5・3は夫々の配合のモルタルについてブリージング率の時間的な変化を調べた結果である。また図-5・1~5・2は表-5・3に示された結果の一部を図示したものである。

表-5・2 供試注入モルタルの配合

配合番号	P C+P	S C+P	W C+P	Ae C+P (%)	流出時間 (秒)	備 考
2	0.3	1.0	0.51	—	27	"
3	0.3	2.0	0.81	—	16	"
4	0	1.0	0.53	—	16	"
5	0.5	1.0	0.53	—	23	"
6	0	2.0	0.81	—	17	アサノセメント
7	0.5	2.0	0.81	—	17	"
8	0.3	0	0.39	—	16	"
9	0.3	1.0	0.55	—	16	"
10	0.3	2.0	0.77	—	16	"
11	0	1.5	0.67	—	16	小野田セメント
12	0.2	1.5	0.64	—	16	"
13	0.4	1.5	0.63	—	16	"
14	0	1.5	0.66	0.25	16	ポゾリスNo.8
15	0	1.5	0.65	K	16	ヴァインゾール
16	0	1.5	0.66	—	16	八幡高越セメント
17	0	1.5	0.61	0.25	16	ポゾリスNo.8
18	0	1.5	0.66	K	16	ヴァインゾール

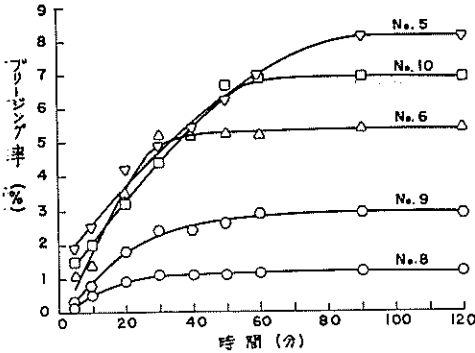
K=セメント1袋(50kg)当り300c.c.

表-5・3 ブリージング率の時間的な変化

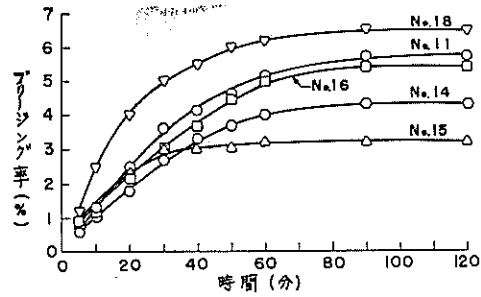
配合番号	ブリージング率(%) : 3個の平均値								
	5分	10分	20分	30分	40分	50分	60分	90分	120分
1	2.1	2.6	3.8	4.4	5.1	5.9	6.5	7.6	7.6
2	0.6	1.1	1.7	2.0	2.0	3.0	3.0	3.0	3.0
3	1.2	3.0	3.4	4.7	6.0	6.4	7.1	7.1	7.1
4	0.7	1.0	2.0	2.7	2.7	2.7	2.7	2.7	2.7
5	1.9	2.5	4.2	4.9	5.4	6.2	6.9	8.1	8.1
6	1.1	2.4	3.5	5.2	5.2	5.2	5.2	5.4	5.4
7	2.7	4.0	6.2	9.7	10.0	10.0	10.0	10.2	10.2
8	0.1	0.5	0.9	1.1	1.1	1.1	1.2	1.2	1.2
9	0.3	0.8	1.8	2.4	2.4	2.6	2.9	2.9	2.9
10	1.5	2.0	3.2	4.4	5.3	6.7	6.9	6.9	6.9
11	0.8	1.0	2.5	3.6	4.1	4.6	5.1	5.7	5.7
12	1.2	1.7	3.1	3.9	4.5	5.1	5.8	5.8	5.8
13	0.7	1.5	2.9	3.8	4.9	5.4	6.0	6.7	6.7
14	0.6	1.3	1.8	2.7	3.3	3.7	4.0	4.3	4.3
15	0.9	1.4	2.3	3.0	3.0	3.0	3.2	3.2	3.2
16	1.0	1.2	2.2	3.0	3.7	4.5	5.0	5.4	5.4
17	0.7	1.1	1.8	2.8	3.5	3.9	4.2	5.1	5.1
18	1.2	2.5	4.0	5.0	5.5	6.0	6.2	6.5	6.5

表-5・4 メスシリンダー方法における試験値のバラツキの一例

配合番号	最終ブリージング率(%)				標準偏動(%)	変動係数(%)
	1	2	3	平均		
1	7.3	7.7	7.7	7.6	0.19	2.5
2	2.3	4.0	2.6	3.0	0.74	24.7
3	6.7	7.0	7.7	7.1	0.13	1.8
4	2.5	2.9	2.6	2.7	0.17	4.8
5	6.0	10.0	8.2	8.1	1.63	20.1
6	5.2	5.2	5.7	5.4	0.24	4.4
7	10.5	9.5	10.6	10.2	0.16	1.6
8	1.2	1.2	1.2	1.2	0	0
9	2.6	3.1	3.1	2.9	0.24	8.3
10	2.9	6.7	7.1	6.9	0.16	2.3



図—5・1 注入モルタルのブリージング率の時間的な変化



図—5・2 注入モルタルのブリージング率の時間的な変化

また表—5・4は試験値に関する資料を示すものである。

5-4 実験結果の検討

i) ブリージング試験所要時間について

表—5・1に示された結果より明らかなように、供試モルタルのブリージング率はどの配合の場合にも試験時間2時間以内にその最大値に達しているものと認められる。最大ブリージング率到達の時間は図—5・1～5・2に示したように配合によつてかなり変化するが60～90分が大部分である。セメントペーストのブリージングに関する研究結果¹³⁾によればブリージング量およびブリージングの継続時間は凝結遅延剤あるいは凝結促進剤の添加によつて相当に変化するがいずれの場合も2時間以内に終了する事を示している。凝結促進剤を添加する場合にはブリージング～時間曲線は必ずしも図—5・1～5・2に示したような形状とはならず上昇勾配を保つたままの状態で中断している例もあるが、これは沈澱現象が完了する以前に凝結が開始する事によると思われる。本実験で用いたセメントの凝結始発は2時間45分～4時間20分である。注入モルタルの凝結始発時間は配合によつてかなり変化するが一般に、ポズランを含まぬ場合には4時間程度でありポズラン混和率の増加に応じて遅延しポズラン混和率50%の場合には9～12時間程度となり、更に凝結遅延効果を含む界面活性剤を添加する場合にはある程度遅延する事が確められている¹⁴⁾。これより本実験に用いた注入モルタルの凝結始発時間は4～12時間の範囲内にあると推定されるが、凝結の始発が一定時間以上の場合にはブリージングは凝結時間によつて影響されないと考えてよい。

以上に論じたセメント・ペーストあるいはモルタルのブリージング試験に用いられた試料はアルミニウム粉末を含んでいない。アルミニウム粉末を含む場合にはその種類にもよるが、膨張効果の継続中は気泡の発生によつて試料が膨張運動を続ける結果としてブリージング継続時間もある程度影響されるものと考えられる。アルミニウム粉末を含む注入モルタルあるいはPCグラウトのブリージングが4～6時間に亘つて継続した事を示す報告例もあり、これは以上のような考え方によつて説明されるものと思われる。

ii) 試験値のバラツキについて

一般にブリージング試験の精度ないし試験値のバラツキに触れた報告は少ないが、この種の試験は比較的バラツキの大きいものようである。本実験結果も例外でなく、表—5・4はその一部を示したものである。この10例について云えば変動係数5%以下7例、10%以下8例で、残りの2例は20～25%となつて極めて大きい。測定中の試験に振動が与えられたりする場合にはバラツキも大きくなるものようである。このような試験値のバラツキは、例えば保水性試験などと較べると相当に大きい、ブリージングに関して報告されている諸実験資料¹³⁾¹⁴⁾と比較した場合には特に低いものではない。従つて試験値のバラツキの程度から判断した場合にはメスシ

リンダー方法は他の方法と同程度の精度をもつと云つてよいように思われる。

5-5 結 論

注入モルタルのブリージング試験方法についての考察ならびにメスリンダー方法に関する実験結果より次の事が云い得ると思われる。

i) PCグラウトのブリージング率および膨張率試験方法(土木学会プレストレスト・コンクリート設計施工指針)は注入モルタルのブリージング率および膨張率試験方法として適用し得るすぐれた方法のように思われるが、試験値の表示は必ずしも適当でない。

ii) メスリンダー方法はブリージング率試験方法としては一般に考えられている程の時間的制約を受けず、その精度は他の方法と同程度のものである。従つて膨張率を測定する必要のない場合もしくは膨張率測定を別個に行う場合には注入モルタルのブリージング試験方法として適用できる。

§6 空気量試験方法

6-1 概 要

注入モルタルにはある種の界面活性剤および発泡剤を混和する事が一般に行われて居り、当然の事ながらある程度の空気量が連行されるものと考えられるが、その空気量の測定方法に関する資料は著者等の試みた方法以外には提出されていなかつたようである。注入モルタルのように流動性の大きいモルタルにどの程度の空気量が連行され、これが硬化後のプレパクド・コンクリートの強度、耐久性などに与える影響について調べる事は重要な事であると考えられる。モルタルの空気量試験方法で標準化された方法は少なく、ASTMの規格に水硬セメント・モルタルの空気量試験方法があるが、この方法²⁷⁾の注入モルタルへの適用性についての検討は行われていなかつたと思われる。そこで著者は上記の方法の注入モルタルへの適用性を検討すると共に、適当な新しい方法の開発を試みた。実験結果を要約すると、ASTMの規格による方法は注入モルタルには適用できないが、同方法で規定された空気量測定容器あるいはそれに相当する直円筒型のガラス製容器を用いて注入モルタルの空気量を簡単に試験する事ができ、その方法の精度も比較的の高い事が判明した。

6-2 比較した3種の試験方法

i) ASTMの規格による方法

以下に本方法の概略を紹介する。

(1) 空気量測定容器(ステンレス鋼製、23°Cで、400±1c.c.、以下では容器と呼ぶ)、セメント・ナイフ、ストレートエッジ、スプーン、磨板ガラス、上皿天秤(秤量5kg、感量1gr)などを用意する。

(2) 試料をスプーンを用いて静かに、ほぼ等しい3層に分けて容器に満たす。各層ごとに容器の内壁に沿つて20回スページングを行う。スページングは容器の内壁に沿つてセメント・ナイフを各3層の厚み分だけ上下し、これを1往復する事で1回とする。また20回で容器内壁を1周するように行う。第2、第3層のスページングはナイフの先端が先の層に幾分入る程度とする。モルタルを満たした後、セメントナイフの平らな面で容器の外周に沿つた4点で各点5回づつ容器を叩き外部より、捲き込まれた空気を追い出す。スページングの際はモルタルと容器内壁との間に空隙が残らぬように注意する。以上の操作を終えたあとモルタル面を均すにはストレートエッジで鋸引き状の操作を2回行い、2回目の操作は1回目に対して直角方向に向う。

(3) (2)の操作を終えた後、容器とモルタルの重量を測定する。容器重量と容積は予め測定して置く。容積の測定は水を満たし、板ガラスで覆う方法による。得られた容器とモルタル重量から容器重量を差引き、これを容積で除した値がモルタルの比重 ρ_m である。

(4) 空気量が 0 の場合のモルタルの比重 ρ_m^0 は式 (6・1) で求められ*, 空気量 $a(\%)$ は ρ_m , ρ_m^0 を用いて式 (6・2) によって求める。

$$\rho_m^0 = \frac{W_c + W_p + W_s + W_w}{\frac{W_c}{\rho_c} + \frac{W_p}{\rho_p} + \frac{W_s}{\rho_s} + W_w} \dots\dots\dots(6 \cdot 1)$$

$$a(\%) = \frac{1}{\rho_m^0} (\rho_m^0 - \rho_m) \times 100 \dots\dots\dots(6 \cdot 2)$$

式 (6・1) は ASTM の規格に用いられている式を修正したもので、記号は第 4 章保水性試験 (35 頁) の場合と同じである。

ii) 試的方法 (A)

空気量測定容器として容量約 1000c.c. の直円筒型ガラス容器を用い、天秤は秤量 2kg 以上で感量 50mg 程度のものを必要とする他は ASTM の規格による方法で用いられたものと変らない。試験方法の詳細は後述の注入モルタル試験方法 (案) に記載されているので、ここでは要点にのみ触れる。

(1) 試料を容器の約 1/2 の高さまで満たし、板ガラスを載せ重量 S_{gr} を測定する。次に試料の上に水を静かに注いで容器上面まで満たし、気泡が中に残らぬように板ガラスを載せて重量 W_{1gr} を測定する。次いで板ガラスを容器に密着させたまま、激しく振つてモルタルの中の空気を完全に追い出した後、板ガラスを外して水を加え泡を取り除き、気泡が中に残らぬように板ガラスを再び載せ重量 W_{2gr} を測定する。

(2) 容器と板ガラスの重量 T_{gr} および水だけを満たした容器と板ガラスの重量 W_{0gr} は予め測定して置く。以上の重量測定は 0.01gr まで正確に行う。

(3) 空気量は次式で求める。

試料重量 $W = S - T$ (gr)

気泡を含んだ試料の容積 $V_1 = W_0 + W - W_1$ (c.c.)

気泡を含まぬ試料の容積 $V_2 = W_0 + W - W_2$ (c.c.)

$$\rho_m = \frac{W}{V_1}, \rho_m^0 = \frac{W}{V_2} \dots\dots\dots(6 \cdot 3)$$

$$a(\%) = \frac{1}{\rho_m^0} (\rho_m^0 - \rho_m) \times 100 \dots\dots\dots(6 \cdot 4)$$

iii) 試的方法 (B)

この方法は空気測定容器として容積約 400c.c. のステンレス鋼製容器 (ASTM 規格による) を用いる点を除いては試的方法 (A) と全く同じである。

6-3 比較実験

i) 供試モルタル

用いた材料の夫々について JISR5201-1956 に準じて行つた比重試験の結果を表一・1 に示す。いずれも 20°C における値である。

用いた配合は合計 6 種で、その中の 3 種は普通の軟練りモルタルで残りの 3 種は注入モルタルである。軟練りモルタルは

表一・1 使用材料の比重*

材 料	記 号	比 重
アサノ普通ポルトランドセメント	C	3.16
宇 部 ポ ゾ ラ ン	P	2.10
豊 浦 標 準 砂	S	2.64
水	W	1.00
ポ ゾ リ ス { No. 5 A No. 8	Po	—

* 4 個の平均値

JIS R5201—1956の規定に従つて手練りで練り混ぜ、注入モルタルは後述の注入モルタル試験方法（案）の練り混ぜ方法によつた。空気量試験の供試体は各バッチより夫々の測定方法について1個づつ採取した。用いた配合を表—6・2に示す。

表—6・2 供試モルタルの配合

配合番号	使用材料の重量 (gr)				
	C	P	S	W	Po
1	520	0	1040	338	0
2	520	0	1040	338	5.20*
3	520	0	1040	328	5.20*
4	2500	0	2500	1200	6.25**
5	1760	440	3300	1276	5.50**
6	1140	760	3800	1387	4.25**

* ポゾリスNo.5A ** ポゾリスNo.8

ii) 実験結果

3種の方法の比較実験の結果を表—6・3～6・5に示した。表—6・3は軟練りモルタルについて、表—6・4～6・5は注入モルタルについての結果である。

表—6・3 軟練りモルタルの空気量試験結果

配合番号	バッチ番号	試 的 方 法 (A)			ASTM の 方 法		
		ρ_m	ρ_m^o	a (%)	ρ_m	ρ_m^o	a (%)
1	1	2.091	2.131	1.88	2.102	2.116	0.57
	2	2.085	2.131	2.16	2.107	2.116	0.33
	3	2.092	2.128	1.69	2.103	2.116	0.52
	平 均	2.089	2.130	1.91	2.104	2.116	0.47
2	1	1.993	2.132	6.52	1.985	2.116	6.19
	2	1.981	2.126	7.52	1.985	2.116	6.19
	平 均	1.987	2.129	7.01	1.985	2.116	6.19
3	1	1.971	2.077	5.10	1.966	2.129	7.66
	2	2.007	2.123	5.46	1.965	2.129	7.70
	3	1.994	2.131	6.43	1.969	2.129	7.52
	平 均	1.991	2.110	5.66	1.967	2.129	7.63

表—6・4 注入モルタルの空気量試験結果 (I)

配合番号	バッチ番号	試 的 方 法 (A)			ASTM の 方 法		
		ρ_m	ρ_m^o	a (%)	ρ_m	ρ_m^o	a (%)
4	1	2.116	2.125	0.42	2.122	2.110	-0.57
	2	2.116	2.127	0.52	2.120	2.110	-0.47
	平 均	2.116	2.126	0.47	2.121	2.110	-0.52
5	1	2.072	2.079	0.34	2.067	2.058	-0.44
	2	2.070	2.078	0.38	2.062	2.058	-0.19
	平 均	2.071	2.079	0.36	2.065	2.058	-0.32
6	1	2.013	2.016	0.15	2.005	1.997	-0.40
	2	2.011	2.013	0.15	2.005	1.997	-0.40
	平 均	2.012	2.015	0.15	2.005	1.997	-0.40

表—6.5 注入モルタルの空気量試験結果（Ⅱ）

配合番号	バツチ号 番	試 的 方 法 (A)			試 的 方 法 (B)		
		ρ_m	ρ_m°	a(%)	ρ_m	ρ_m°	a(%)
4	1	2.119	2.124	0.24	2.117	2.123	0.28
	2	2.116	2.121	0.24	2.120	2.126	0.28
	3	2.083	2.087	0.19	2.118	2.122	0.19
	平均	2.106	2.121	0.22	2.118	2.124	0.25
5	1	2.063	2.065	0.10	2.064	2.065	0.15
	2	2.065	2.070	0.24	2.063	2.067	0.19
	3	2.064	2.069	0.24	2.064	2.068	0.19
	平均	2.064	2.068	0.19	2.064	2.067	0.18
6	1	2.000	2.003	0.20	1.997	2.000	0.15
	2	2.001	2.004	0.15	2.000	2.002	0.10
	3	1.998	2.001	0.15	1.997	2.000	0.14
	平均	1.999	2.003	0.17	1.998	2.001	0.13

6—4 実験結果の検討

i) 軟練りモルタルの空気量試験

ASTMの規格による方法では計算の基礎として各材料の比重を用いるので、比重を正確に測定して置く事が重要である。表—6.1に示した値はいずれもルシヤテリエ比重瓶を用いて測定した値の4個の平均値である。各測定値はいずれもJIS R5201の規定に要求されている精度を満足するものである。以上のようにして求められた各材料の比重およびモルタルの実比重から算出した、すなわちASTMの規格による方法によつて求めた空気量と試的方法によつて求められた値との間にはかなりの相違が認められる。どちらの値が正しいかを断定する事は困難であるが差の生じた原因には次のような説明が考えられる。

(1) ASTM容器型に試料を満たしてその上面を均す場合、上面は必ずしも容器頂面には一致しない。仮に0.5mmの差があるとすれば容積にして約2c. c.の誤差となる。(容器内径=76mm, 深さ=88.1mm)

(2) 試料の重量は0.01grまで測定し(有効数字5桁)、その比重の計算は4桁までとした。重量測定値の最後の数字には測定誤差が含まれているからである。これに対しASTMの規格による方法では有効数字3桁の各材料の比重を算出の基礎としているための最後の数字は意味がない。

(3) 試的方法(A)による場合には重量測定回数が多いので、それだけ測定誤差も多くなり得る。また空気泡の追い出しが必ずしも完全でないかも知れない。

試験値のバラツキの点ではASTMの規格による方法を用いた場合の方が少ないが、これは供試モルタル量がこの方法では一定になる所から来ているものと考えられ、試的方法(A)においてもその量を何等かの方法で一定にする必要がある事を示唆するものと云える。また以上の結果は試的方法によつて各材料の比重試験を行わずに軟練りモルタルの空気量を測定できる事を示している。

ii) 注入モルタルの空気量試験

表—6.4に注入モルタルの空気量をASTMの規格による方法と試的方法(A)によつて試験した結果が示されている。同表からも明らかなように、試料には“気泡追い出し操作”の際に気泡の存在が確認されたにも拘わらずASTMの規格による方法は事実と矛盾した結果を示している。

用いた分散剤はポゾリス No. 8 でスランプ 6~7cm の普通コンクリートでは一般に5%程度の空気量を進行するに足る量を用いたが、流動性の大きい注入モルタル(流出時間16秒)に用いる場合には進行空気量も極めて少

なく、従つて空気量の有無によるモルタルの比重差も小さい。前段で指摘したように各材料の比重の有効数字は3桁であり、この比重と使用材料重量を用いて算出するモルタルの比重 ρ_m の有効数字は3桁に限られる。注入モルタルの空気量測定にASTMの規格による方法を適用するにはこの点で限界があり、これは単に天秤の精度などを高める事によつては解決できない(規格による天秤の感量は1gr、実際に用いた天秤の感量は50mgである)。

ASTMの規格による方法に対し試的方法(A)、(B)共にモルタルの比重を実測して、これを用いて空気量を算出するもので、供試モルタルの量と天秤の精度が適当であれば微小な空気量をも相当の精度を以て測定する事が可能であり、各材料の比重や注入モルタルの配合が未知の場合にも適用できる。

表-6.5は試的方法(A)、(B)の注入モルタルについての比較試験の結果を示すもので、同表に示された範囲内では両者の間に優劣の判定を下す事は困難である。供試モルタルの量は容器の $1/2$ 程度が適当であるので、(A)では、500c. c.、(B)では200c. c.程度である。ここで取り上げた試的方法に類似した操作を行う試験方法としてJIS A 1119-1953(ミキサで練り混ぜたコンクリート中のモルタルの単位容積重量差の試験方法)があり、この方法では容器の容量として約1lを必要とし、また供試モルタル量を約1000gr(500c. c.程度)としている。ここで用いた試的方法は上記の試験方法と適用の目的が異なり、また注入モルタルの品質の均一性は普通コンクリート中のモルタルより遙かに高いと考えられるので、供試モルタル量は200c. c.程度で充分である。更に試的方法(B)の利点として容器がステンレス鋼製で耐久である事、これが一種の規格品として市販されて居り器具の相違が試験結果におよぼす影響を無視できる事などが挙げられる。

試的方法(A)、(B)に共通の欠点としては、気泡を含んだ状態のモルタルの比重を測定するために容器の半ばまで満たされた試料の上に水を注ぎ込む操作を必要とするが、この操作を行う際に不注意に行うと気泡を誘発して試験値に誤りの生じ易い事、気泡追出しの操作に相当の時間を要する事が挙げられるが、これは必ずしもこの方法のみの欠点ではない。

6-5 結 論

以上の比較実験結果より次の事を結論し得るものと思われる。

- i) ASTMの規格による水硬セメントの空気量試験方法(ASTM C 185-1959)を注入モルタルの空気量試験方法として準用する事は不適當である。
- ii) 本実験で用いた試的方法(Aおよび(B)のいずれの方法によつても注入モルタルの空気量を試験する事できる。
- iii) 試的方法(A)と(B)は容器が異なる点を除いては同一の方法であるが、容器の材質と形状寸法が準規格品として市販されている点で(B)が有利である。

§7 凝結試験方法

7-1 概 要

セメント、モルタル、あるいはコンクリートの凝結もしくは硬化の程度の標準的な試験方法として幾つかの方法が²³⁾、³⁹⁾—⁴⁶⁾一般に行われているが、凝結の始発ないし終結の認定基準はいずれの方法によつても、一定重量の針状体あるいは一定荷重をかけた針状体を供試体に貫入させて測定する供試体の支圧力もしくは貫入抵抗であり、ある程度任意的に定められたものようである。セメントの凝結の始発ならびに終結に関してはA. Kleinはこれがセメントの水和熱の発生と密接な関係にあると指摘しているが²³⁾、このような関係は結果的に発見されたものようで、凝結の始発ないし終結が上記の諸方法において任意的に定められた事を根本的に否定するものではない。例えばセメントの凝結時間はセメント・ペースト供試体にピカー針を貫入させてその支圧力が30kg/cm²になる時を以て認定し、ASTMの規格によるコンクリートの凝結試験方法⁴⁶⁾ではコンクリート試料からNo. 4篩

〈呼び方法 5 mm 篩に相当〉で篩分けたモルタル供試体にプロクター貫入針(Proctor Penetration Needles) 註) を貫入させて試験する。(注) 1962年改訂規格ではプロクター貫入針に限らぬ事に改められ、試験方法の呼称も変わったが、ここでは呼び易さからプロクター針として用いる。) すなわちプロクター針の貫入抵抗が 500psi (35 kg/cm²) となつた時を以て凝結の始発、4000psi (280kg/cm²) となつた時を以て終結と認定する。この貫入抵抗はセメントの凝結終結の場合と違つて支圧力を意味するものではない。プロクター針の貫入量は 1-in. (2.54 cm) であり、側面の摩擦抵抗も相当に大きく、支圧力はそれ程大きなものではない。また側面の摩擦抵抗は針の断面積と供試体に貫入する場所によつて変化する。一応貫入する場所の影響を無視し、単位面積についての摩擦抵抗を支圧力の $\frac{1}{10}$ 程度と仮定して支圧力を計算すると、始発時の支圧力は 26kg/cm²、終結時のそれは 120kg/cm² 程度となる。ただしこれは始発および終結を夫々断面積 1-in² および $\frac{1}{40}$ -in² のプロクター針を用いるとした場合であつて、プロクター針の断面積は以上の 2 種のみとは限らず中間の断面積をもつた針で認定する場合もあるから、このような方法によつて定める凝結時間はかなり便宜的なものである。このような試験方法と違つてセメントの水和熱の変化を電気抵抗の変化に換えてセメントの凝結ないし硬化を測定する方法も提案されているが¹⁾、例えばアルミナセメントには適用できないと云つたような欠陥もあり一般的に使用し得る段階には至つていない。

注入モルタルの凝結試験方法としてはプレパクト、コンクリート一般仕様書にピカー針装置を用いる方法が規定されている以外には未だ提案されていないようである。一般に注入モルタルの凝結時間が特に問題となる事が少く、更に凝結遅延効果を持つポゾランやある種の界面活性剤を混和する事が行われて居り、凝結時間の遅速によつて施工上支障が生じた例は未だ報告されていないように思われる。しかしながらこの事から直ちに注入モルタルの凝結時間に関する検討を全く省いてよいとの結論を導く事は過早であろう。施工管理のための試験としての必要の有無は別として、コンクリートの凝結試験のようにある程度便宜的に定められた方法と同程度の意味で注入モルタルの凝結時間を測定する必要もあり得るからである。本報告はこのような観点から注入モルタルの凝結試験方法としてのピカー針装置を用いたセメントの凝結試験方法(JIS R5201)の適用性を検討したものである。

7-2 ピカー針装置の適用性

前節で指摘したようにプレパクト・コンクリート一般仕様書ではイントルジョン・モルタルの凝結時間をピカー針装置を用いる ASTM C191³⁹⁾の方法によつて試験する事を規定している。この方法はセメントの凝結試験方法として始発時間については貫入抵抗、終結時間については支圧力が一定となる時間を測定するもので、基本的な考え方は他の試験方法と同じである。従つて砂のような粗粒子を含むモルタルの場合にも適当な精度の試験値が得られる事を前提とすれば、ピカー針装置によつて注入モルタルの凝結を試験しても差支えない筈である。注入モルタルにピカー針装置を用いる凝結試験方法を適用する場合の精度は主として砂粒子の大きさとピカー針の寸法との相対的な比率によつて決まるものと考えられる。ピカー針の始発および終結針の直径は 1.13 ± 0.05 mm である。これに対して注入モルタルあるいはイントルジョン・モルタルに用いられる細骨材の最大粒径は通常の場合表-7.1より 1.2mm 程度と推定される。これは標準粒度の細骨材を使用した場合であつて、施工条件によつては標準粒度の範囲内とは限らず 1.2mm 以上の粗粒子が多く含まれる場合も有り得る。このように粒径が標準針の直径より大きい場合にはそれによつて凝結時間の判定が相当に影響される可能性は極めて大きくプロクター針を用いるコンクリートの凝結試験方法の場合にも同様の事が云える。プロクター針の最小方法は $\frac{1}{40}$ -in² のもので直径は 2.3mm であるのに対し、供試モルタルは 5mm 篩で篩分けられたものであつて標準針の径の 2 倍程度の砂粒子が含まれている可能性がある。実際にはコンクリート篩分けに際して篩目の周囲にモルタルが附着して、有効な寸法は $\frac{1}{2}$ 程度となり供試モルタルに含まれる砂粒子は 2.5mm 程度以下と考えてよい。更に凝結の始発ないし終結の認定は各種の径の標準針(断面積 1, $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{10}$, $\frac{1}{20}$, $\frac{1}{40}$ -in²)を用いて貫入抵抗を測定し、数個の平均値を

表一7.1 注入モルタルに用いられる細骨材の標準粒度（残留重量百分率）

篩の呼び方法 (mm)	イントルージョン ・モルタル	土木学会案	運輸省案*	建設省仕様例**
2.5	0	0	0	0
1.2	0—5	0—10	0—10	0—10
0.6	20—45	15—40	15—40	15—40
0.3	50—70	50—80	50—80	50—80
0.15	70—90	70—95	70—95	70—95
0.074	90—100	85—100	90—100	90—100

* 港湾局請負工事監督基準

** 重信川工事々務所（愛媛県鳥ヶ嶽砂防ダム基礎工事）

図上に画いて、時間～貫入抵抗曲線を求め、これから貫入抵抗が500および4000psiとなる時間を求める方式を採用しているのでセメントの凝結試験方法をそのまま注入モルタルに適用する場合に起り得るような極端な事態は避けられる。このようなプロクター針装置によるコンクリートの凝結試験方法について、例えばL. H. Tuthillらは“同方法は正確にはコンクリートの硬化特性を表わすものではないが、コンクリートの硬化特性に相当するものを求める、正確迅速かつ経済的な方法である”，と云っている²⁰⁾。これは一般に粗骨材はコンクリートの凝結時間に余り影響せず、従つてコンクリートから篩い分けられたモルタルの凝結時間を以てコンクリートの凝結時間とする試験方法の考え方を肯定する意見の一例である。

コンクリートの凝結試験についての上述のような考え方は注入モルタルの場合にも云えるものと思われる。すなわち注入モルタルから特定寸法以上の砂粒子を篩い分けたモルタルについての凝結試験結果から元のモルタルの凝結特性を推定し得るものとするのである。注入モルタルの凝結試験についてのこのような考え方は従来の凝結試験方法一般がある程度任意的に定められた貫入抵抗ないし支圧力試験方法である事、骨材は凝結に関して不活性である事、およびコンクリートの凝結に関して特定寸法以上の骨材を取除いた試料について試験を行う事によつて特に不都合な結果が経験されていない事などからある程度正当化されるものである。粗砂粒を篩分けたモルタル試料についてはピカー針を用いるセメントの凝結試験方法を適用し得、その精度も比較的高いものと考えられる。

7-3 注入モルタルの凝結試験の一例

セメントの凝結試験方法を注入モルタルに直接適用した場合の試験値の精度を調べるために豊浦標準砂を用いた種々の配合の注入モルタルを供試体とした凝結試験を試みた。表一7.2に注入モルタルの配合、表一7.3に試験

表一7.2 注入モルタルの配合

	配 合 番 号									
	1	2	3	4	5	7	8	9	10	11
砂セメント比*	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
ポゾラン混和率**	0	0.3	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0	0.3
水セメント比	0.51	0.48	0.56	0.55	0.54	0.53	0.52	0.51	0.61	0.58
流出時間(秒)	24	28	14	14	14	15	16	17	12	12

* アサノセメント。…** 宇部ポゾラン

表一7.3 注入モルタルの凝結試験結果

配合 番号	凝 結 始 発 (分)				標準 偏差 (分)	変動 係数 (%)	凝 結 終 結 (分)				標準 偏差 (分)	変動 係数 (%)
	1	2	3	平均			1	2	3	平均		
1	230	230	233	231	1.0	0.43	345	347	348	347	1.3	0.37
2	243	347	352	347	3.7	1.06	463	464	471	466	3.6	0.76
3	210	210	210	210	0	0	345	350	410	368	29.5	8.02
4	270	270	288	276	8.5	3.07	392	395	406	398	6.0	1.51
5	305	330	350	328	18.0	5.61	475	483	518	492	18.7	3.78
6	330	349	364	348	13.9	3.96	433	442	452	442	7.8	1.76
7	360	375	380	372	8.5	2.28	459	485	490	478	13.6	2.84
8	460	467	469	465	3.9	0.83	557	563	574	565	7.0	1.25
9	240	260	260	253	9.4	3.73	385	390	395	390	4.1	1.05
10	355	360	370	362	6.2	1.72	485	487	494	489	3.9	0.79

結果を示す。豊浦標準砂は0.3mmをほとんど通過し、呼び寸法0.15および0.088mm 篩に留まる重量百分率は夫々90~93%, 100%であり最大粒径は0.3mmよりやや小さいものと推定される。試験結果は良好で始発、終結共に10例中9例まで変動係数が4%以下で、最大変動係数も8%である。また水セメント比やポゾラン混和率などの配合の変化に応じて凝結時間は鋭敏に変化して居り、実用的には充分な精度をもつものと云える。

以上の試験結果は供試モルタル中の細骨材の寸法が0.3mm程度以内であれば、セメントの凝結試験方法を注入モルタルの凝結試験方法として適用する事ができ、供試モルタルの凝結時間を相当の精度を以て測定し得る事を示すものと考えられる。0.3mm以上の粗粒を除くには呼び方法0.6mm 篩で注入モルタルを篩い分ける事によつて目的を達し得る。

上述の試験に用いられた注入モルタルには発泡剤としてのアルミニウム粉末が含まれていないアルミニウム粉末を含む場合の膨張効果の抑制の程度によつて凝結時の試験の支圧力あるいは貫入抵抗も多少の影響を受けるものと推定される。しかしながら実際の施工に用いられる注入モルタルの膨張効果抑制の程度は施工条件により、また構造物内の位置により変化するものであり、凝結試験の試料に抑制を加えた状態で試験する事は可能であるとしても余り意味のある事ではない。従つて凝結試験において試料の膨張については特に方法を講ぜず、単に容器上面より突出した部分を適当な時期に取り除き始発針の貫入条件を一定にする事が適当であると考えられる。

7-4 結 論

凝結試験方法についての考察ならびに注入モルタルについての凝結試験結果より以下の事が云い得るものと思われる。

i) 注入モルタルの凝結試験方法としてピカー針装置を用いたセメントの凝結試験方法を適用する事ができるが、精度が高く再現性の大きい試験結果を期待するためには少くとも標準針の直径より大きい寸法の粗粒子を試料より除く事が必要である。

ii) 一定寸法の篩を通過した注入モルタルを供試体として、これにセメントの凝結試験方法を適用して得られる凝結始発および終結時間を以て元の注入モルタルの凝結始発および終結時間を推定することができる。

iii) 注入モルタルを0.6mm 篩で篩分けたモルタルを試料として用いる場合、配合の変化に対して適度に鋭敏でバラツキの少ない試験結果を期待する事ができる。

iv) 注入モルタルが膨張効果を有している場合には凝結始発を試験する前に試料容器上面より突出した部分を除去して、始発針の貫入条件を一定にする事は適当な方法である。

§8 強度試験方法

8-1 概要

ある施工条件下におけるプレパクド・コンクリートの硬化後の諸性質は粗骨材の種類、粒度、填充方法などが定まっている場合には注入モルタルの諸性質によつて決まると云つてよい。特にプレパクド、コンクリートの圧縮強度については、両者の間に密接な相関性の存在する可能性を示す資料も^{4) 5)} 提出されている。すなわち、 $\phi 15 \times 30 \text{cm}$ のプレパクド・コンクリートの圧縮強度は $4 \times 4 \times 16 \text{cm}$ の注入モルタルの圧縮強度の $\frac{1}{2}$ 程度であつた事が報告されているが、用いた注入モルタルの配合、粗骨材の種類、およびその程度が数種のみに限定されて居り資料が充分でないでこれから直ちに結論を導き出す事は過早であろう。これは必ずしもプレパクド・コンクリートの圧縮強度が注入モルタルの圧縮強度の $\frac{1}{2}$ 程度である事を意味するものではない。両者の間には形状および寸法の相違があり、これを直接に比較する事はできないからである。しかしながら試験方法および供試体の形状寸法の相違があつても、両者の一般的な関係が確認されれば一方の試験結果から他方の強度を推定する事が可能となる。特にある施工条件の下では粗骨材の種類、粒度、填充方法などは一定となる、もしくは一定になし得る場合が多く、このような場合には注入モルタルの強度試験を行う事は施工管理の手段としても重要な意味を持つものと云える。本報告は注入モルタルの強度試験供試体として角柱形 ($4 \times 4 \times 16 \text{cm}$) と円柱形 ($\phi 5 \times 10 \text{cm}$) の2種を取上げ、その得失を検討したものである。

8-2 供試体の形状

前節で引用された注入モルタルの強度はいずれもセメントの物理試験方法 (JIS R 5210) に規定された強度試験方法によつて得られた値である。この試験方法による場合の利点としては1個の供試体について曲げおよび圧縮試験を行い得る事、キヤツピングを施す必要のない事などが挙げられるが特に本質的な利点とは云い得ない。これに対して $\phi 5 \times 10 \text{cm}$ のような円柱形供試体を用いる場合には、一般に円柱形供試体 ($\phi 15 \times 30 \text{cm}$) を用いて求められるプレパクド・コンクリートの強度との比較がより合理的に行い得るものと考えられる。一般に普通コンクリートについては直径と高さの比が1:2であるような円柱形供試体の圧縮強度と寸法との間には図-8.1に示すような関係があるとされている¹⁰⁾。プレパクド・コンクリートと注入モルタルの圧縮強度について 図-8.1に示

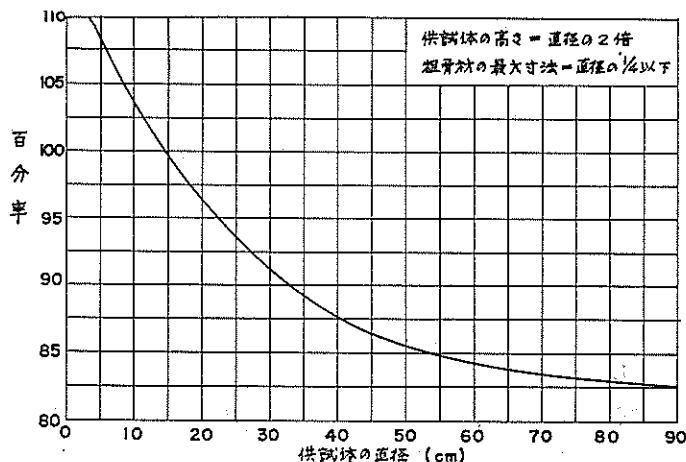


図-8.1 円柱形供試体寸法のコンクリートの圧縮強度におよぼす影響 (文献-16より)

されたような関係が直接存在する事には多少の疑問は残るが、夫々の圧縮強度と寸法との間の類似した関係の存在を予想する事は根拠の無い事ではない。また円柱形供試体を用いて行う引張強度試験方法²⁶⁾⁴⁰⁾は直接的引張試験方法あるいは曲げ試験方法²⁹⁾²⁴⁾などの諸方法と比較した場合最もすぐれた方法である事が確認されている²⁴⁾。

供試体成形の技術的な問題としてブリージング水やモルタルの膨張効果の規制の仕方が残つて居り、供試体の強度はこの規制によつてかなり影響されるものと云われて居る。一方、ブリージング水と膨張効果はこれ別個に取扱う事ができない。試験が施工管理を目的として行われる場合にはブリージング水と膨張効果の両者共に構造物と同じ条件で規制されるべきかも知れないが、試験方法としては極めて非現実的である。他方ブリージング水と膨張効果を特殊な装置を用いて完全に規制する試みも行われているが一般的な試験方法たり得ない。従つて一般的な試験方法としてはある程度任意的に定められた規準とはなつても何等かの標準を設けてこれを規制する必要があると思われる。例えば試料を填充した型枠を押板で覆い、この上に重錘を載せて膨張効果を抑制するが、ブリージング水の隙隙からの漏洩については特別な防止方法を講じないで放置すると云つたような規制の方法は最も効果的な方法の一つである。

8-3 数種の形状方法の供試体による注入モルタルならびにプレパクド・コンクリートの強度試験結果

表-8.1~8.3に数種の材料および配合の注入モルタルならびにこれを用いたプレパクド・コンクリートの強度試験結果が示されている。表-8.1は粒度を同一に調整した2種の粗骨材に同一の注入モルタルを注入した場合の夫々の強度試験結果である。注入モルタルの圧縮強度は $\phi 5 \times 10 \text{cm}$ 供試体を用い、後述の方法で試験した。プレパクド・コンクリートの圧縮強度は $\phi 15 \times 30 \text{cm}$ 供試体を用い著者等の提案する方法⁹⁾により試験したものである。鮫川砂利を用いた場合はコンクリート強度はモルタル強度の85~89%、酒匂川砂利を用いた場合は91~94%である。

表-8.2は磐城セメントと夏井川砂などを用いた注入モルタルについて $\phi 5 \times 10 \text{cm}$ および $4 \times 4 \times 16 \text{cm}$ 供試体による圧縮強度試験を行うと共に、同じモルタルを鮫川砂利に注入したプレパクド・コンクリートについても圧縮強度試験を行つたものである。 $\phi 5 \times 10 \text{cm}$ 供試体による注入モルタルの強度を100とした場合、 $4 \times 4 \times 16 \text{cm}$ によるものは136~162%、コンクリート強度は84~102%の結果が得られた。

表-8.3は小野田セメント、鶴沼海岸砂などを用いた注入モルタルを酒匂川砂利に注入した場合の圧縮強度、引張強さ係数、曲げ強度、曲げ試験折片を用いた圧縮強度試験などを行つた結果であり、夫々の強度が同一配合の注入モルタル強度に対してはほぼ一定の範囲内にある事が明らかである。

以上の実験結果は注入モルタルの供試体の形状寸法についての優劣の資料を提供するものではないが、少くとも $\phi 5 \times 10 \text{cm}$ 供試体によるモルタル強度と $\phi 15 \times 30 \text{cm}$ ないし $15 \times 15 \times 53 \text{cm}$ 供試体によるコンクリート強度との間に密接な相関関係の存在する事を示すに足るものと考えられる。

表-8.1 注入モルタルとプレパクド・コンクリートの圧縮強度

表-8.1A 使用材料と注入モルタルの配合

材 料	セメントに対する重量比	摘 要
セメント	—	小野田普通ポルトランドセメント
水	W/C=0.44	淡水
砂	S/C=1.00	鶴沼海岸砂 (比重=2.64, FM=2.12)
分散剤	DA/C=0.25%	ポゾリス No.8
発泡剤	AI/C=0.015%	福田金属箱粉工業KK AA12 平均粒径=25 μ 鱗片状
プレパクト型濾斗による流出時間=22秒		
鮫川砂利 : FM=7.71, 最小寸法=15mm		
酒匂川砂利 : FM=7.71, 最小寸法=15mm		

表—8.1B 圧縮強度と圧縮強度比（3個の平均値）

供試体の種類	圧縮強度 (kg/cm ²)			圧縮強度比 (%)		
	3日	7日	14日	3日	7日	14日
注入モルタル(φ5×10cm)	291	320	342	100	100	100
鯉川砂利プレバクド・コンクリート(φ15×30cm)	258	278	290	89	87	85
酒匂川砂利(プレバクド・コンクリート(φ15×30cm))	275	297	311	94	93	91

表—8.2 供試体寸法による圧縮強度の変化

表—8.2A 使用材料と注入モルタルの配合

材 料	セメントに対する重量比	摘 要
セメント	—	磐城普通ポルトランドセメント
水	W/C=0.56	淡水
砂	S/C=1.50	夏井川砂（比重=2.68, FM=2.46）
分散剤	DA/C=0.25(%)	ポゾリス No.8
発泡剤	Al/C=0.015(%)	AA12（表—8.1参照）
プレバクト型濾斗による流出時間=21秒		

表—8.2B 圧縮強度と圧縮強度比（*印以外3個の平均値）

供試体の種類	方 法	圧縮強度 (kg/cm ²)				圧縮強度比 (%)			
		3日	7日	14日	28日	3日	7日	14日	28日
注入モルタル	φ5×10cm	116	153	228	221	100	100	100	100
	4×4×16cm*	158	246	299	368	136	161	131	162
鯉川砂利プレバクド・コンクリート	φ15×30cm	98	155	191	226	84	101	84	102

* 6個の平均値

表—8.3 供試体寸法による圧縮および引張強度の変化

表—8.3A 使用材料と注入モルタルの配合

材 料	セメントに対する重量比	摘 要
セメント	—	小野田普通ポルトランドセメント
水	W/(C+P)=0.44	淡水
ポゾラン	P/(C+P)=0.25	宇部ポゾラン
砂	S/(C+P)=1.00	鶴沼海岸砂（比重=2.64, FM=2.12）
分散剤	DA/(C+P)=0.25(%)	ポゾリス No.8
発泡剤	Al/(C+P)=0.015(%)	AA12（表—8.1参照）
プレバクト型濾斗による流出時間=21秒		
酒匂川産砂利；FM=8.00，最小寸法=20mm，空隙率=38.0%		

表—8.3B 圧縮強度、引張強さ係数および曲げ強度 (kg/cm²) (*印以外3個の平均値)

材 令 日	注 入 モ ル タ ル		プレパツクド・コンクリート			
	φ5×10cm		φ15×30cm		15×15×53cm	
	圧 縮	引 張 係 数	圧 縮	引 張 係 数	圧 縮*	曲 げ
7	169	21.8	146	15.0	168	22.2
14	251	24.2	172	17.0	191	25.8
28	318	28.1	204	19.3	270	31.1

* 6個の平均値

8—4 供試体の製作方法

円柱形の供試体、例えばφ5×10cmを用いる場合には強度試験方法として“コンクリートの圧縮強度試験方法 (JIS A 1108—1950)”および“コンクリートの引張強さ係数試験方法 (JIS A 1113—1951)”を適用する事が妥当であると考えられるが、供試体の製作に関しては以下の点における修正が必要である。

i) 試料の打込みについて

注入モルタル試料は型枠上面より静かに注ぎ込んで満たし、突き棒による突き固めは必要としない。

ii) 供試体の上面仕上げについて

試料填充後、水分の蒸発を防ぐと共にアルミニウム粉末混入による膨張効果を規制するため試料上面を磨板ガラスで覆い、その上に0.14kg/cm²程度(φ5×10cmの場合には2.8kg程度)の重錘を載せる。キャッピングは硫黄または石膏ペーストによるのが適当である。

8—5 結 論

以上の考察ならびに実験結果より次のような結論が導かれる。すなわち、

i) 注入モルタルの強度はプレパツクド・コンクリートの強度と密接な関係を有し、従つて注入モルタルの強度試験を行う事は設計ないし施工管理の資料を得る手段として重要な意味を持つ。

ii) 注入モルタルの強度試験供試体の標準的な形状寸法としては直径5cm高さ10cmの円柱形供試体が適当である。

iii) 注入モルタルの強度試験に円柱形供試体を用いる場合、JIS A 1108および JIS A 1113 を適用する事ができるが、供試体の成形に関しては適当な修正を必要とする。

謝 辞

本報告に関する諸実験は運輸省運輸技術研究所材料研究室(1962年4月1日以降港湾技術研究所材料施工研究室に改組された)において1958年8月より1960年8月に亘つて行われたもので、計画の立案に当つては元運輸技術研究所研究員、岡部保、木庭宏美、小林一輔氏らの指導を仰ぎ、その実施に当つては現港湾技術研究所研究員、善一章、小宮山正文、ならびに元職員、石井啓之氏らの協力に負う所が極めて大きい。上記諸氏に深謝の意を表する次第である。

1963年3月

参 考 文 献

- 1) 岡部保、赤塚雄三、“注入モルタルの配合の変化が流動性におよぼす影響に関する研究”，運輸技術研究

- 所報告, 9巻7号, p.9~25, 1959年8月
- 2) 木庭宏美, 有吉保憲, “プレパクド・コンクリート工法における粗骨材空隙中のモルタルの流動と粗骨材の粒径について”, 運輸技術研究所報告, 11巻5号, p.15~26, 1961年5月
 - 3) 木庭宏美, 善一章, 赤塚雄三, “プレパクド・コンクリート用注入モルタルの諸性質に関する港湾建設局共同研究”, 運輸省港湾局調査設計室報告, p.1~67, 1961年12月
 - 4) 小宮山正文, 森口拓, “アルミニウム粉末の混入がモルタルおよびコンクリートの強度におよぼす影響”, 港湾技術研究所報告, 1巻1号, p.35~45, 1963年2月
 - 5) 赤塚雄三, 有吉保憲, “プレパクド・コンクリートの圧縮強度試験供試体の製作方法に関する研究”, 港湾技術研究所報告, 2巻1号, p.1~19, 1963年6月
 - 6) 赤塚雄三, “注入モルタルに関する研究”, 港湾技術研究所報告に発表予定
 - 7) 赤塚雄三, “注入モルタルの流動性測定について”, 土木学会誌, 48巻5号, p.71~73, 1963年5月
 - 8) “材料試験便覧”, 日本材料試験協会編, 丸善KK, p.10 1952年版
 - 9) 物部長穂, “水理学”, 岩炭書店, p.6, 1941年版
 - 10) “工業材料規格便覧”, 日本材料試験協会編, 朝倉書店, p.44, 1957年版
 - 11) 引用文献一10) p.658
 - 12) 樋口芳朗, “微細な空けきてん充のためのセメント注入における混和材料に関する研究”, 土木学会論文集, 第81号, p.27~50, 1962年5月
 - 13) 例えば, 吉井豊藤丸, 須藤儀一, 福原邦光, “セメント・ペーストのブリージング”, セメント・コンクリート, No.154, p.2~6, 1952年12月
 - 14) 中野清司, “プレストレスト・コンクリート用グラウトの特性”, “セメント・コンクリート”, No.174, p.8~16, 1961年8月
 - 15) 樋口芳朗, “セメント注入用混和材料としての各種アルミニウム粉末の比較試験”, 鉄道技術研究所速報, No.58-242, p.1~30, 1958年10月
 - 16) “Concrete Manual”, Bureau of Reclamation, Denver, U.S.A., 6th Edition, pp.461~462
 - 17) Power, T.C., “The Bleeding of Portland Cement Paste, Mortar, and Concrete”, Proc. ACI, Vol. 35, pp.465~480, July 1939
 - 18) Menzel, Carl A., “Some Factors Influencing the Strength of Concrete Containing Admixtures of Powdered Aluminum Journal of ACI, Vol.14, No.3, pp.165~184 January 1943
 - 19) Colleja, J., “New Techniques in the Study of Setting and Hardening of Hydraulic Materials”, Proc. ACI, Vol. 48, pp.525~536, March 1952
 - 20) Tuthill, Lewis H., William A. Cordon, “Properties and Uses of Initially Retarded Concrete”, Proc. ACI, Vol. 52, pp.273~286, November 1955
 - 21) 例えば, Michell, Neal B. Jr., “The Indirect Tension Test for Concrete”, Preprint No.101, presented to the 64th Annual Meeting of the ASTM, June 1961
 - 22) Klein, Alexander, “A Lecture on Advanced Concrete Technology for Graduate Students”, unpublished, University of California, Berkeley, U.S.A., Spring Semester 1961
 - 23) JIS R 5201-1956, “セメントの物理試験方法”
 - 24) JIS A 1106-1950, “コンクリートの曲げ強度試験方法”
 - 25) JIS 1113-1951, “コンクリートの引張強さ係数試験方法”

- 26) JIS A 1123-1957, “コンクリートのブリージング試験方法”
- 27) “土木学会AE剤規格案”, 土木学会規準27章, 土木学会コンクリート標準示方書, 1958年版
- 28) “PC グラウト試験方法”, 土木学会制定, “プレストレスト・コンクリート設計施工指針”, 1961年版
- 29) “土木学会コンクリート標準示方書”, 1958年版
- 30) “Vorläufige Richtlinien für das Einpressen von Zementmörtel in Spannkanaäle”, Juli 1957, (Beton and Stahlbetonbau, Dezember 1957)
- 31) “General Specification for Prepacked Concrete”, Intrusion-Prepackt, Inc., 1955 Edition
- 32) ASTM C91-60, “Standard Specification for Masonry Cement”
- 33) ASTM C 110-58, “Standard Methods of Physical Testing of Quiklime and Hydrated Lime
- 34) ASTM C 185-59, “Standard Method of Test for Air Content of Hydraulic Cement Mortar”,
- 35) CRD-C 221-48, “Method of Test for Bleeding by Portland Cement”, Corps of Engineers, U.S. Army
- 36) CRD-C9-51, “Method of Test for Bleeding of Concrete”, Corps of Engineers, U.S. Army
- 37) ASTM C232-58, “Standard Method of Test for Bleeding of Concrete”
- 38) ASTM C243-58T, “Tentative Method of Test for Bleeding of Cement Paste and Mortars”
- 39) ASTM C191-58, “Standard Method of Test for Time of Setting of Hydraulic Cement by Vicat Needle”
- 40) ASTM C266-58T, “Tentative Method Test for Time of Setting of Hydraulic Cement by Gilmore Needle”
- 41) ASTM C308-61, “Standard Method of Test for Working and Setting Times of Resin-Type Chemical Resistant Mortars”
- 42) ASTM C414-61T, “Tentative Method of Test for Working and Initial Setting Times of chemically-Setting, Silicate Type Chemically Resistant Mortars”
- 43) ASTM C472-61, “Standard Method of Test for Physical Testing of Gypsum Plasters and Gypsum Mortars”
- 44) ASTM C359-61 T, “Tentative Method of Test for False Set of Portland Cement (Mortar Method)”
- 45) ASTM C403-62T, “Tentative Method of Test for Time of Setting of Concrete Mortars”
- 46) ASTM C496-62T, “Tentative Method of Test for Splitting Tensile Strength of Molded Concrete Cylinders”.

注入モルタル試験方法（案）

1章 試験用注入モルタルの練り混ぜ方法

1-1 適用範囲

この練り混ぜ方法は試験用注入モルタルミキサを用いて行う注入モルタルの練り混ぜ方法に適用する。

1-2 試験用注入モルタル・ミキサ

試験用注入モルタル・ミキサは図-2.2（本文22頁）に示したような形状および方法を備えたミキサでなければならない。攪拌羽根は耐磨耗鋼製で、廻転軸に確実にネジ止めでき、かつ容易に取外し得るものでなければならない。電動機は直流発電機を内蔵した $\frac{1}{4}$ HPの高速直巻電動機で負荷時の廻転数は6000R. P. M. 以上とする。直流発電機の廻転数は電動機の廻転数と一致し、直流発電機に接続された電気廻転計に指示される機構を備える

事を必要とする。電源は摺動電圧調整器を径由して電動機に接続され、攪拌羽根の廻転数の調節は電気廻転計に指示された値を直続しながら摺動電圧調整器により電圧を調整して行うものとする。

試験用注入モルタルミキサによる練り混ぜ量は2.5～.35 l 程度を適量とする。

1・3 練り混ぜ

練り混ぜを始める前に攪拌槽の内壁および攪拌羽根を濡れた布片で拭いて適当に湿らす。計量した水を攪拌槽に入れ、これに界面活性剤を溶解し、次いで発泡剤を投入する。次に1000R. P. M. で攪拌を始め、直ちにセメントもしくはセメントとポゾランの投入を始める。投入は1分30秒に亘つて除々に行う。投入終了後廻転数を3000 R. P. M. に上げる。攪拌を始めてから2分後に細骨材の投入を始め、これを2分間に亘つて行う。全材料の投入終了後3000R. P. M. で更に6分間攪拌し、合計10分間で練り混ぜを終了する。

練り混ぜを終了したら直ちに攪拌を止めて攪拌槽をスタンドより取外し、これより注入モルタルの試料を採取する。

2章 流動性試験方法

2-1 適用範囲

この試験方法は流動性試験装置を用いた注入モルタルの流動性試験に適用する。

2-2 試験器具

流動性試験装置は濾斗、スタンド、水準器より成り、濾斗はその断面が図-3.1 (本文28頁)に示したような形状および寸法を備えたもので、濾斗上部はアルミニウム鋳製、吐出管はステンレス鋼製とする。流動性試験装置の外にストップウォッチおよび試料容器などを準備する。(附図参照)

2-3 試験

スタンドに濾斗を載せ水準器を用いてその頂面が水平になるように調節する。流動性試験を行う一分前に吐出



附図一 流動性試験装置の一例

図中の器具の他にストップ・ウォッチと水準器を用意する。

孔を指で押えポイントゲージの位置まで水を満たした後流出させて濾斗の壁面を濡らす。

指で吐出孔を押え試料をポイント・ゲージの位置より幾分上になるまで満たす。次に吐出孔を押えた指を緩めてモルタルを少しずつ流出させ試料面がポイント・ゲージの位置と一致するように調節する。

試料面がポイント・ゲージの位置と一致したら指を放して試料を自由に流出させ、この時から連続して流出しているモルタルが初めて途切れるまでの時間をウツプ・ウオッチで測定する。ポイント・ゲージが溶接固定されていない場合には試験に先立つて正確に計量した1725c. c. の水を用いてポイント・ゲージを調整する。

2.4 表示

注入モルタルの流動性は前節の流出時間を秒で測定し、これを流出時間何秒として表示する。

3章 保水性試験方法

3-1 適用範囲

この試験方法は保水性試験装置を用いた注入モルタルの保水性試験に適用する。

3-2 試験器具

保水性試験装置、水準器、東洋濾紙（一般定性用φ15.0cm）、ストップ・ウォッチ、セメント・ナイフ、試料容器などを準備する。保水性試験装置は図-4.9（本文42頁）に示したような形状および寸法を備えた真空ポンプ、トラップ、水銀柱圧力計、および水分吸出装置より構成される。水分吸出装置は有孔板容器（内径155mm、深さ25.5mm、容量500±1c. c.）、濾斗（口径155mm）、3方コック、メスシリンダー（容量200c. c.、最小目盛1c. c.）、およびスタンドの各部より成る。配管はガラス管と軟質ゴム管を用いて行い、気密でなければならない。

3-3 試験

有孔板容器に濾紙を1枚敷いて約100c. c.の水を注ぎ真空ポンプを作動して水を吸出する。水の滴下が終了したら3方コックを閉じてメスシリンダーを外し、溜つた水を捨てる。メスシリンダーを元の位置に戻し、有孔板容器の頂面を水準器を用いて水平に保持し固定する。コックを閉じたまま、真空ポンプを作動し、水銀柱圧力計の読みが50mmHgになつた所で作動を停止する。

試料を有孔板容器に満たし、セメント・ナイフで表面を均し容器頂面と一致させる。次いでコックを開いて吸出を開始する。吸出を始めてから25分間に吸出された水量を0.5c. c.まで正確に読み取る。吸出時間中は真空ポンプを静かに作動して水銀柱圧力計の読みを常に50mmに保持する。

3-4 表示

注入モルタルの保水性は次式により算出し、吸出終了後試料中に残っている水量の吸出開始前に試料に含まれていた水量に対する百分率で表示する。

$$\text{保水性} = \frac{V_w - V_e}{V_w} \times 100 (\%)$$

$$V_s = \frac{100}{100 - a} \times \left(\frac{W_c}{\rho_c} + \frac{W_p}{\rho_p} + \frac{W_s}{\rho_s} + W_w \right)$$

$$V_w = \frac{W_w}{V_s} \times 500 \text{ (c. c.)}$$

ただし、 ρ_c 、 W_c ；セメントの比重と使用量(gr)

ρ_p 、 W_p ；ポゾランの比重と使用量(gr)

ρ_s 、 W_s ；細骨材の比重と使用量(gr)

W_w ；水の使用量

a ；供試注入モルタルの空気量(%)

V_s ；供試注入モルタル1バッチの容積(c. c.)

V_w ；試料に含まれていた水量(c. c.)

V_e ；試料から吸出された水量(c. c.)

500；有孔板容器の容積(c. c.)

4章 ブリージング率試験方法（メスシリンダー方法）

4-1 適用範囲

この試験方法はメスシリンダーを用いた注入モルタルのブリージング率試験に適用する。

4-2 試験器具

メスシリンダー（容量50c. c.，最小目盛 1c. c.），ガラス製濾斗（口径60mm），時計，ゴム栓，試料容器などを用意する。

4-3 試験

メスシリンダーの内外を乾燥した布片で拭き取り，周囲の振動が避けられる台上に握え試料を濾斗を通して静かに注ぐ。試料を 45 ± 1 c. c. まで満たしゴム栓をする。次に一方の手でメスシリンダーの基部を押え，他方の手の指先でメスシリンダーの頭部を数回強く弾いて僅かな振動を与えて試料面を均す。この時の試料面の読みを取り，これを V_0 c. c. とする。

供試注入モルタルの練り混ぜ終了の時刻をブリージング試験開始の時刻とし，試験開始後1時間以内は15分ごとに，以後は30分ごとに水面とモルタル面の読みを取りその差をブリージング量 V c. c. とする。ブリージング終了時のブリージング量を V' c. c. とする。試験は3個の供試体について行い，その平均値についてブリージング～時間曲線を書いてブリージング量が最大値に達した時，もしくはある時刻のブリージング量の平均値が前回の値と同じになった時を以てブリージングが終了したと認定する。

各面の読み取りは目分量で0.1ccまで行う。

4-4 表示

ブリージング量の試料に含まれていた水量 V_w c. c. に対する割合を百分率で表わしてこれをブリージング率とする。ブリージング率は次式によつて求める。

$$\text{ブリージング率} = \frac{V}{V_s} \times 100(\%)$$

$$V_w = \frac{V_0}{V_s} \times W_w \text{ (c. c.)}$$

$$V_s = \frac{100}{100-a} \times \left(\frac{W_c}{\rho_c} + \frac{W_p}{\rho_p} + \frac{W_s}{\rho_s} + W_w \right) \text{ (c. c.)}$$

ここで， ρ_c ， W_c = セメントの比重と使用量(c. c.)

ρ_p ， W_p = ポゾランの比重と使用量(c. c.)

ρ_s ， W_s = 細骨材の比重と使用量(%)

W_w = 水の使用量

a = 供試注入モルタルの空気量(%)

V_s = 供試注入モルタル1バッチの容積(c. c.)

注) メスシリンダー方法は注入モルタルの膨張率試験には余り適当でない。膨張率試験には土木学会グラウト試験方法の“ポリエチレン袋を用いる方法”が適当なようである。

5章 空気量試験方法

5-1 適用範囲

この試験方法は空気量測定容器を用いた注入モルタルの空気量試験に適用する。

5-2 試験器具

空気量測定容器，磨板ガラス，セメント・ナイフ，天秤（秤量2kg，感量50mg）などを用意する。空気量測定容器はステンレス鋼製の直円筒型の容器で，その容積は 20°C で， 400 ± 1 c. c.，重量は900gr以下でなければならない。

5-3 試 験

容器を乾燥した布片でよく拭いた後試料を静かに注ぎ容器の約 $\frac{1}{2}$ の高さまで満たし、セメント・ナイフを用いて容器内壁に沿って20回のスペーシングを行う。スペーシングはセメントナイフを試料の高さだけ容器内壁に沿って上下し、これを1往復する事でスペーシング1回とし、20回で容器内壁を1周するように行う。スペーシングを終えたら容器を板ガラスで覆いその重量 S_{gr} を測定する。

次いで板ガラスを取除き試料の上に静かに水を注ぎ容器上面まで満たし、気泡が中に残らぬように板ガラスを載せてその重量 W_1 gr を測定する。以上の操作で試料の上に水を注ぐ際には試料中の気泡を水の勢いで追い出さぬよう特に注意しなければならない。

板ガラスを容器に密着させたまま激しく振つて試料中の空気を完全に追い出した後、板ガラスを取外し水を掛けて気泡を除く。次いで、気泡が中に残らぬように板ガラスを載せて重量を測定し、これを W_2 gr とする。

容器と板ガラスの重量 T gr、および水だけを満たした容器と板ガラスの重量 W_0 gr は予め測定して置く。以上の重量測定は0.01grまで行う。

5-4 表 示

空気量は次式によつて計算する。

$$\text{空気量} = \frac{1}{\rho_m} (\rho_m^{\circ} - \rho_m) \times 100 (\%)$$

$$\text{試料重量 } W = S - T \text{ (gr)}$$

$$\text{気泡を含んだ試料の容積 } V_1 = W_0 + W - W_1 \text{ (c. c.)}$$

$$\text{気泡を含んだ試料の比重 } \rho_m = \frac{W}{V_1}$$

$$\text{気泡を追い出した試料の容積 } V_2 = W_0 + W - W_2 \text{ (c. c.)}$$

$$\text{気泡を追い出した試料の比重 } \rho_m^{\circ} = \frac{W}{V_2}$$

6 章 凝結試験方法

6-1 適 用 範 囲

この試験方法はピカー針装置を用いた注入モルタルの凝結試験に適用する。

6-2 試 験 器 具

ピカー針装置、呼び方法 0.6mm 網篩、セメントペースト容器底板、セメントナイフ、時計、試料容器などを用意する。

6-3 試 験 の 準 備

練り混ぜを終えた注入モルタルを呼び寸法 0.6mm の網篩で篩分け、篩を通過したモルタルを凝結試験の試料とし、底板の上に据えたセメント・ペースト容器に静かに注ぎ容器上面まで満たす。注入モルタルの練り混ぜ開始の時を以て凝結試験開始の時とし、試験を開始してから 2~3 時間後に試料の表面を均して容器上面と一致させる。

6-4 試 験 お よ び 表 示

凝結の始発と終結の測り方およびその表示の仕方は夫々 JIS R5201 (セメントの物理試験方法) の 6.4 および 6.5 項の規定による。

7 章 強度試験方法

7-1 適用範囲

この試験方法は鋼製もしくは鋳鉄製の型枠を用い試料の膨張を抑制した状態で硬化させた注入モルタルの圧縮強度ならびに引張強さ係数試験について適用する。

7-2 供試体の寸法および数

供試体は直径 5cm 高さ 10cm の円柱形とし、その数は圧縮強度ならびに引張強さ係数試験の夫々について 3 個以上とする。

7-3 試験用器具

型枠ならびにキャッピングに用いる押板は JIS A 1108 (コンクリートの圧縮強度試験方法) の規定による。この他にセメントナイフなどを用意する。

7-4 注入モルタルの填充

試料を静かに注ぎ型枠上面まで満たした後、セメントナイフを用いて試料面を均して型枠上面と一致させる。次いで押板で試料を覆い、その上に 3kg 程度の重錘を載せて水分の蒸発を防ぐと共にモルタルの膨張を抑制する。

7-5 供試体の上面仕上げおよび養生

圧縮強度試験の供試体のみについて JIS A 1108 によって上面仕上げを行う。

型枠の取外しおよび供試体の養生は JIS A 1108による。

7-6 試験

試験の準備、荷重を加える方法、および試験結果の表示に関しては、圧縮強度試験については JIS A 1108により、引張強さ係数試験については JIS A 1113 (コンクリートの引張強さ係数試験方法) による。

港湾技術研究所報告 第2卷1号

1963年6月

編集兼発行人 運輸省港湾技術研究所

発行所 運輸省港湾技術研究所
横須賀市川間162

印刷所 中和印刷株式会社
東京中央区入船町2の3