

# 深水中で施工するプレパクトコンクリートに関する基礎実験

—深海プレパクトコンクリート試験(その2)—

新見 芳 男

岡 田 武 二

堀 口 寛

## § 1. まえがき

現在、本州四国連絡橋、東京湾横断橋などのような長大橋の架橋が計画され、その技術的問題点が研究調査されている。このような長大橋の下部構造は、必然的に深水中の巨大な構造物建設となり、その施工方法には解決しなければならない幾多の問題がある。その1つとして深水中に大量の水中コンクリートを打設することがあげられる。

プレパクトコンクリート工法は水中にコンクリートを施工する場合、その長所を發揮し、他の工法に比べて信頼度の高いコンクリートを施工できる方法である。

プレパクトコンクリートを水深10～20m程度の水中に施工する場合と水深80～100mにおよぶ深水中に施工する場合とでは、施工条件は種々異なるが、特に深水中では大きな水圧を受けることがあげられる。すなわち、水深80～100mの深水中に投入した粗骨材間の水には、約8～10kg/cm<sup>2</sup>の水圧が作用することになる。

深水中にプレパクトコンクリートを施工した例としてアメリカのマキナック橋脚<sup>1)</sup>(水深60m)があげられるが、圧力を受けた状態におけるプレパクトモルタルの性状ならびに深水中で施工したプレパクトコンクリートの強度性状に関しては、基礎的資料を得ていないようである。

本実験は次の2点を検討するために行なった基礎的実験である。

1) 深水中にプレパクトコンクリートを施工する場合にプレパクトモルタルの配合設計で特に考慮しなければならない事項は何か。

2) 深水中にプレパクトコンクリートを施工した場合に圧力がプレパクトコンクリートの強度にいかなる影響を与えるか。

すなわち、本実験では上記1)に対しては、プレパクトモルタルの流動性、膨張、ブリージング、ならびに凝結が作用圧力によっていかなる性状変化を示すか、また

2) に対しては、圧力作用下に注入し、圧力作用下で養生したプレパクトモルタルならびにプレパクトコンクリートの圧縮強度が、作用圧力によっていかなる変化をするかを実験で求め考察した。

一般にコンクリートを圧力作用下で養生すると圧力の作用しない場合に比べて強度は増加することが認められている<sup>2)3)4)5)</sup>。この強度増加は、混合水のしぼり出しによる水セメント比の減少、コンクリート密度の増大、圧力がセメントペーストにおよぼす作用<sup>6)</sup>などに起因するものと考えられている。

深水中のプレパクトコンクリートが水圧を受ける場合と、一般のコンクリートが圧力を受ける場合とでは次のような条件の差異がある。すなわち、粗骨材の間隙は粗骨材が相互に接触しているために水圧を受けても変化しないこと、注入するモルタルは作用水圧をうまわる注入圧力によってあらかじめ圧力の作用を受けていることである。

プレパクトコンクリートの圧縮強度は、注入モルタルに適度の膨張性をもたせることによって増加する。この強度増加は、プレパクトモルタルの膨張率がブリージング率をうまわり、粗骨材とセメントペーストとが密着する場合で、かつ、エントレインドエアが過多でない場合に生ずるものと考えられる。深水中のプレパクトコンクリートの強度におよぼす圧力の影響を調べるためには、圧力作用下の注入モルタルの純膨張率が1つの問題点としてあげられる。

## § 2. 実験項目

実験は次の項目について、大気圧下および圧力下で行なった。ここに大気圧下とは大気圧(1.03kg/cm<sup>2</sup>)を受けた状態を略称し、圧力下とは圧力(大気圧+8kg/cm<sup>2</sup>)を受けた状態を略称する。

A. プレパクトモルタルの流動性

- B. プレパクトモルタルの膨張率, プリージング率
- C. プレパクトモルタルの凝結時間
- D. プレパクトモルタルの圧縮強度
- E. プレパクトコンクリートの圧縮強度

### § 3. モルタルの配合ならびに使用材料

モルタルの配合は表-1に示すように混和剤としてイントルージョンエイド(以下エイドまたはIAと略称する)およびアルミニウム粉末(AI粉末と略称する)の添加割合を変化させたものである。

使用材料は表-2の通りである。試験成績は付表-1に示す。

配合番号	配合比 (重量) C:F:S	W/C (%)	W/ C+F (%)	F/ C+F (%)	S/ C+F (%)	IA/ C+F (%)	AI/ C+F (%)
P-1	1: 0: 0	48.0	48.0	0	0	0	0
P-2	1: 0: 0	48.0	48.0	0	0	1.00	0
P-3	1: 0: 0	48.0	48.0	0	0	2.00	0
M-1	1:0.4:1.4	67.2	48.0	28.6	1.00	0	0
M-2	1:0.4:1.4	67.2	48.0	28.6	1.00	1.00	0
M-3	1:0.4:1.4	67.2	48.0	28.6	1.00	2.00	0
M-22	1:0.4:1.4	67.2	48.0	28.6	1.00	1.00	0.01
M-23	1:0.4:1.4	67.2	48.0	28.6	1.00	1.00	0.02
M-24	1:0.4:1.4	67.2	48.0	28.6	1.00	1.00	0.03
M-25	1:0.4:1.4	67.2	48.0	28.6	1.00	1.00	0.04
C-1	1:0.4:1.4	66.5	47.5	28.6	1.00	1.00	0

IA: イントルージョンエイド  
AI: アルミニウム粉末

表-1 プレパクトモルタルの配合

種別	使用材料の種類
セメント	アサノ普通ポルトランドセメント
フライアッシュ	常盤フライアッシュ
細骨材	利根川産(粒大1.2mm以下)
粗骨材	利根川産(粒大30mm以下)
水	水道水
混和剤	IAならびにAI粉末

表-2 使用材料

### § 4. 実験方法および装置

#### 4.1 モルタルの練りませ

練りませ方法は2種類である。使用ミキサの仕様と練りませ方法を以下に示す。

##### 4.1.1 凝結試験用試料の練りませ

###### A. ミキサ

ミキサはプレパクト社仕様によるイントルージョンモルタルミキサ<sup>7)</sup>を使用した。(写真-1)

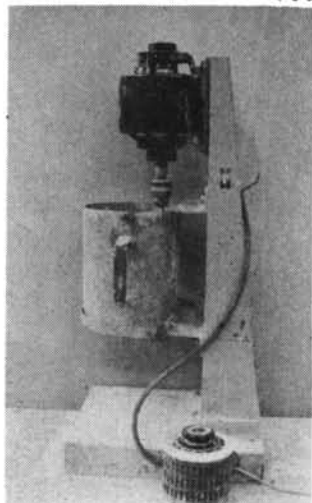


写真-1 イントルージョンモルタルミキサ

B. 練りませ方法  
所定の水量を攪拌槽に入れ、IAを投入後、1000r.p.m.で攪拌を始め、ひきつづき、フライアッシュ、セメントを1分30秒間に投入しモーターの回転数を3000r.p.m.にして2分後に細骨材を2分間にわたって投入する。全材料投入後さらに6分間練りませた。練りませに要する時間は合計10分間

とした。1パッチのセメント、フライアッシュ、砂の重量はそれぞれ2.0kg, 0.8kg, 2.8kgとした。

##### 4.1.2 凝結試験以外の試料の練りませ

###### A. ミキサ

ミキサは、2段羽根を有するプレパクト用2切ミキサ(電動180r.p.m.)を使用した。(写真-2)

###### B. 練りませ方法

所定の水量を攪拌槽に入れ、IAを投入後180r.p.m.

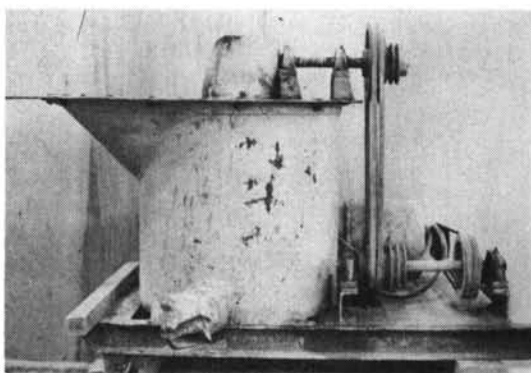


写真-2 プレパクト用2切ミキサ

で攪拌を始め、ひきつづきフライアッシュ、セメント、砂の順に2分間で投入する。

全材料投入後、さらに3分間練りませた。練りませに要する時間は合計5分間とした。

1パッチあたりのセメント、フライアッシュ、砂の重量はそれぞれ、25kg、10kg、35kgとした。

## 4.2 流動性試験

### 4.2.1 試験器具

モルタルの流動性試験の器具はブレパクト社仕様によるフローコーン<sup>7)</sup>(Pロートと略称する)を使用した。

圧力下の実験は、流出口に電磁石によって開閉できる止水板を取りつけたPロート、測定窓を取りつけた压力容器、およびエアコンプレッサ(最高使用圧10kg/cm<sup>2</sup>、0.4m<sup>3</sup>/min)を用いて行なった。(図-1、写真-3、4)

### 4.2.2 大気圧下の試験

Pロートの流出口を指で押え、1725ccのモルタルを注ぐ。指を離し、モルタルを流出させ、連続して流出している試料が初めて途切れるまでの時間をストップウォッチで測定した。なおモルタルをフローコーン内に静置する時間は大気圧下と圧力下とが同一時間となるようにした。

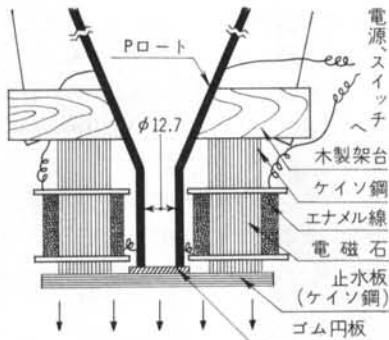


図-1 圧力下用Pロートの流出口

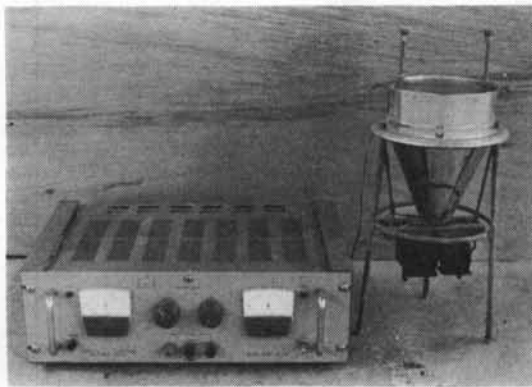


写真-3 圧力下流動性試験装置

### 4.2.3 圧力下の実験

Pロートの流出口を止水板で閉じておき、1725cc+ $\alpha$  ccのモルタルを注ぐ。 $\alpha$ はあらかじめ圧力8kg/cm<sup>2</sup>による体積変化を別途に求め算定した値とした。

Pロートを压力容器(写真-4)内に静置して、压力容器のふたをボルト締めした後、エアコンプレッサで圧力8kg/cm<sup>2</sup>を加える。ただちに流出口を電磁石のスイッチによって開き、モルタルを流出させる。压力容器の測定窓から連続して流出するモルタルを観察し、モルタルが初めて途切れるまでの時間をストップウォッチで測定した。なおモルタルをフローコーン内に静置してから加圧終了までの時間は約5分間であった。

### 4.2.4 測定値の表示および実験回数

流動性の表示は、流下時間を秒で示す。実験は同一パッチのモルタルについて大気圧下、圧力下とも各配合1回ずつ行なった。

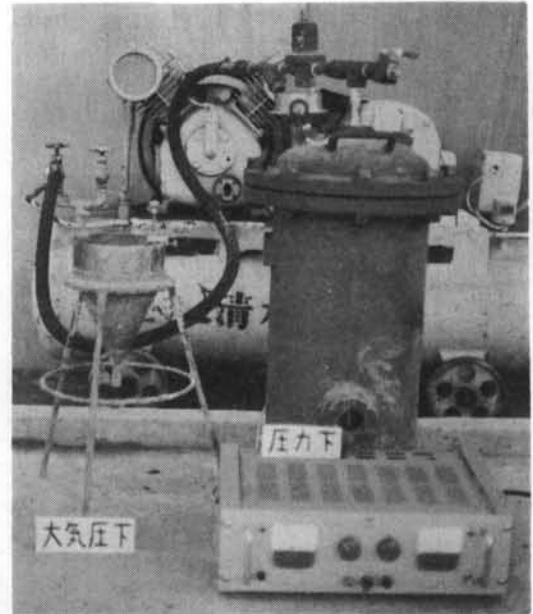


写真-4 流動性試験

## 4.3 膨張率、ブリージング率試験

### 4.3.1 試験装置

モルタルの膨張率、ブリージング率試験の器具は1000ccメスシリンダーを使用した。圧力下の実験は、1000ccメスシリンダー、アクリル製透明压力容器(15×100cm)およびエアコンプレッサ(前記)を用いて行なった。(写真-5)

### 4.3.2 大気圧下の試験

1000ccメスシリンダーにモルタルを約700~800cc注ぎ

圧力下の零点測定時刻にモルタルの体積を測定し零点とする。その後経過時間とブリージング水面およびモルタル面の体積変化とを測定した。

#### 4.3.3 圧力下の実験

1000ccメスシリンダーにモルタルを約700~800cc注ぎ、アクリル製透明圧力容器内に静置する。

圧力容器のふたをボルト締めしてエアコンプレッサーで圧力8kg/cm<sup>2</sup>を加える。加压直後の水面およびモルタル面の体積を測定し、零点とした。

その後圧力を一定にしておき、経過時間とブリージング水面およびモルタル面の体積変化とを測定した。なおモルタル練りませ終了から加压終了までに要した時間は約15分間であった。

#### 4.3.4 測定値の表示および実験回数

膨張率(E)およびブリージング率(B)は式(1)によって算出した。

$$\left. \begin{aligned} E &= \frac{V_w - V_0}{V_0} \times 100\% \\ B &= \frac{V_B}{V_0} \times 100\% \end{aligned} \right\} \dots (1)$$

ここに V<sub>0</sub>: 膨張前のモルタル体積

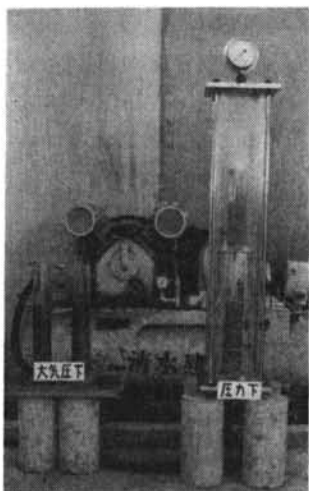


写真-5 膨張率、ブリージング率試験

V<sub>w</sub>: 測定時の(モルタル+ブリージング水)の体積

V<sub>B</sub>: 測定時のブリージング水の体積

実験は同一パッチのモルタルから大気圧下、圧力下とも2供試体を取って各配合1回ずつ行なった。

#### 4.4 凝結試験

##### 4.4.1 試験装置

凝結試験の装置は、ビカー針装置<sup>6)</sup>を使用した。針入棒は、直径1mmの針を先端に備えた重さ300gのものである。圧力下の実験は、3本の針入棒を電磁石によって自由落下ならびに停止できる装置、圧力容器およびエアコンプレッサーを用いて行なった。(図-2, 写真-6, 7)

##### 4.4.2 大気圧下の試験

セメントペースト容器(上端内径75mm下端内径85mm, 高さ40mm, アクリル製)の中にモルタルを注ぐ。試験を開始してから約2時間後に、モルタルの表面をならして、容器上面と一致させる。針の先端を試料表面直上に止め、針入棒を30秒間自由落下させて、針入深さを測定した。測定は針入深さが25mm以下となるまで適時行なった。

##### 4.4.3 圧力下の実験

セメントペースト容器の中にモルタルを注ぎ、モルタル上面をならして容器上面と一致させる。容器ごと試験装置にセットする。針の先端をモルタル上面の直上に止め、試験装置を圧力容器内に静置する。圧力容器のふたをボルト締めし、エアコンプレッサーで圧力8kg/cm<sup>2</sup>を加える。

圧力を一定に保ち、適当な時刻に電磁石のスイッチを切り、針入棒を自由落下させ、30秒後にスイッチを入れ

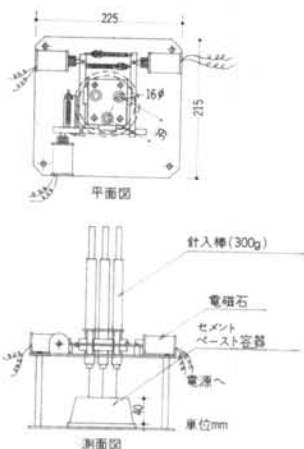


図-2 圧力下凝結試験装置

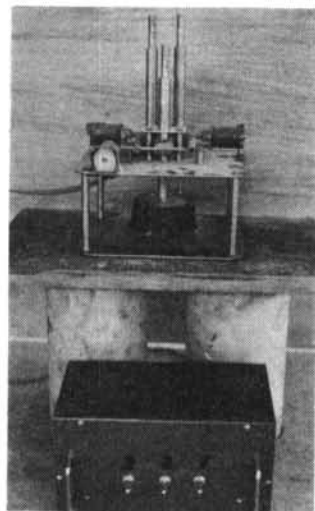


写真-6 圧力下凝結試験装置

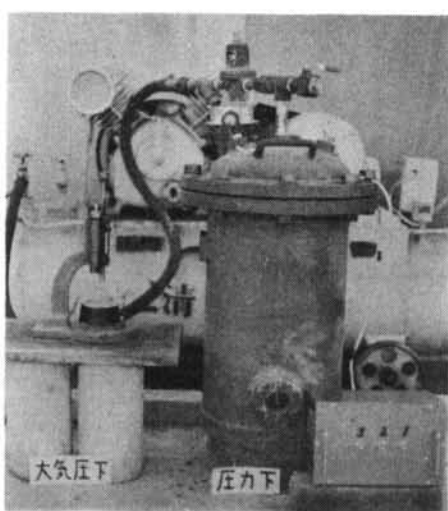


写真-7 凝結試験

落下を止める。上記操作を適当な時刻を選んで合計3回行なった。大気圧下モルタルの終結後に圧力を解放し、針入深さを測定した。

なおモルタル練りませ終了から加圧終了までに要した時間は約15分間であった。

#### 4.4.4 測定値の表示および実験回数

凝結時間は、練りませ開始の時刻を凝結試験開始の時刻とし、針入深さが25mm (A.S.T.M.C 191の値)となる時刻までの時間を測定値より図式的に求めて表示した。実験は同一バッチのモルタルから大気圧下、圧力下とも1試験体を取って各配合1回ずつ行なった。

### 4.5 プレパクトモルタルの圧縮強度試験

#### 4.5.1 供試体製作用型わく

型わくは内径15cm高さ90cmの鋼製円筒で、図-3に示すように上、下のふたおよび縦に2つの継ぎ目をもつ側板からなり、ボルトで組立てることができる。なお上ふたの中央には $\frac{3}{4}$ インチの穴がありボールバルブがとりつけてある。

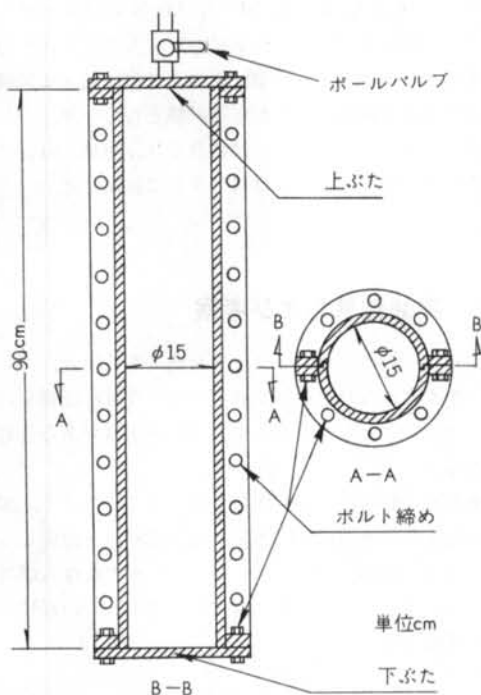


図-3 圧縮強度試験用鋼製型わく

#### 4.5.2 大気圧下の供試体製作方法

モルタルを型わくの上部から空気が混入しないように

上面まで満す。上ふたをボルトで締めつけ、型わくごと20±2℃室内に材令7日まで放置した。

試験材令で脱型し、コンクリートカッターで長さ30cmに切断し、切断面をキャッピングしてφ15×30cm供試体とした。なお上ふたの $\frac{3}{4}$ インチ穴は密閉しておいた。

#### 4.5.3 圧力下の供試体製作方法

モルタルを型わくの上部から空気が混入しないように上面まで満す。上ふたをボルトで締めつけ、上ふたの $\frac{3}{4}$ インチ穴よりエアコンプレッサで8kg/cm<sup>2</sup>の圧力を加え、型わくごと20±2℃室内に試験材令まで放置した。試験材令で脱型し、コンクリートカッターで長さ約30cmに切断し、切断面をキャッピングして、φ15×30cm供試体とした。なお加圧力は試験材令まで8kg/cm<sup>2</sup>を保持した。

#### 4.5.4 試験および供試体の数

試験は、各配合について大気圧下、圧力下とも各1本の試験体から図-4のように2本の供試体を探取し、1軸圧縮強度を比較した。試験方法はJISA1108に準じた。配合C-1については材令7日、14日、21日、28日、で、他の配合については材令7日で試験した。

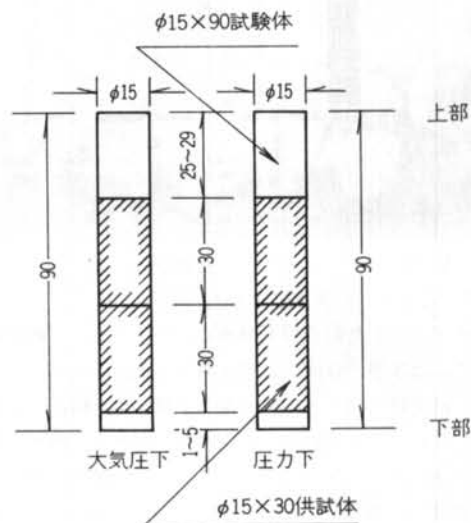


図-4 モルタルならびにコンクリート供試体の採取

### 4.6 プレパクトコンクリートの圧縮強度試験

#### 4.6.1 試験体製作用型わくおよび装置

型わくは、4.5.1(図-3)に示したもので、下ふたには中央に $\frac{3}{4}$ インチの穴およびボールバルブがとりつけてあるものを使用した。深水中の状態を再現するために図-



5のような装置を使用した。すなわち、Wタンクならびに鋼製型わくによって深水中の状態を再現し、Mタンクには、注入モルタルが圧力を受けた状態に保持される。(図-5)

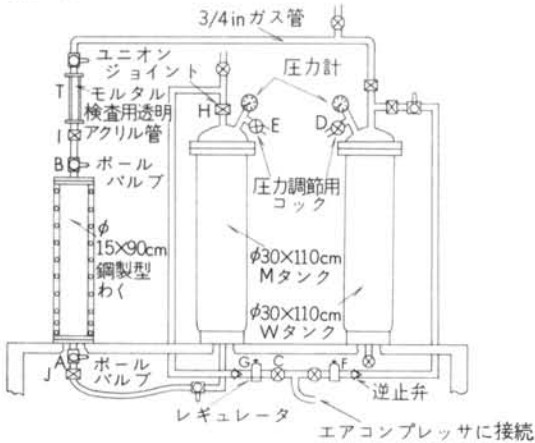


図-5 試験体製作装置

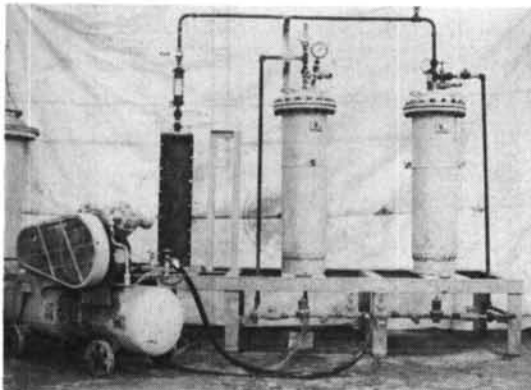


写真-8 プレパクトコンクリート試験体製作装置

#### 4.6.2 大気圧下の供試体製作方法

良く水洗いた粗骨材を型わくに充てんする。粗骨材の充てんは3層に分け、各層は突き棒で25回ずつ突き固める。粗骨材を充てんし、上ぶたを型わく上面にボルト締めしたのち、粗骨材の空げきに水を満たす。型わくをユニオンジョイント(I)、(J)によって装置に接続し、コック(D)を開放して大気圧を保持する。次にタンクMにユニオンジョイント(H)から約0.04m<sup>3</sup>のプレパクトモルタルを投入する。(H)を閉じて、Mタンクの内圧をエアコンプレッサで1.0kg/cm<sup>2</sup>の圧力に保持する。

バルブ(A)を開き、型わく内にモルタルを注入する。注入は検査用透明管(T)によって注入完了を確認した後バルブ(A)、(B)を同時に閉じて終了した。

注入完了したコンクリートは、型わくごと20±2℃室内に、材令7日まで放置した。材令7日で脱型し、コン

クリートカッターで長さ約30cmに切断し、切断面をキャッピングしてφ15×30cm供試体とした。

材令7日以後は20±2℃水中で試験材令まで養生した。

#### 4.6.3 圧力下の供試体製作方法

大気圧下の供試体製作方法と同様にして型わく内に粗骨材をつめ、水を満たした後、型わくを装置に接続する。コック(D)を閉じ、エアコンプレッサでタンク(W)の内圧ならびに型わくの内圧を(大気圧+8.0kg/cm<sup>2</sup>)に保持する。次にタンク(M)に(H)からプレパクトモルタルを投入する。(H)を閉じてタンク(M)の内圧をエアコンプレッサで(大気圧+9.0kg/cm<sup>2</sup>)に保持する。バルブ(A)を開き、型わく内にモルタルを注入する。注入は検査用透明管(T)によって注入完了を確認した後、バルブ(A)、(B)を同時に閉じて終了した。注入完了したコンクリートは、型わくごと20±2℃、水圧8kg/cm<sup>2</sup>の養生タンク内に材令7日まで放置した。材令7日で脱型し、コンクリートカッターで長さ約30cmに切断し、切断面をキャッピングして、φ15×30供試体とした。材令7日以後は試験材令まで20±2℃、水圧8kg/cm<sup>2</sup>の養生タンク内で養生した。

#### 4.6.4 試験および供試体の数

試験は配合C-1、M-1、M-2、M-3のプレパクトモルタルを用いたコンクリートについて大気圧下、圧力下とも各1本の試験体から図-4のように圧縮強度試験用供試体2本を採取して1軸圧縮試験を行なった。

配合C-1のコンクリートは材令7日、28日、91日で配合M-1、M-2、M-3は材令7日で試験した。

## § 5. 実験結果および考察

水中にプレパクトコンクリートを施工する場合、プレパクトモルタルならびにコンクリートの性質に影響をおよぼすのは、主として水深による水圧と水温であると考えられる。

従来温度の影響はかなり明らかにされているので、本項では温度条件を20±2℃とし、水深を80mと想定して加圧力を8kg/cm<sup>2</sup>とし、プレパクトモルタルならびにプレパクトコンクリートの性質におよぼす圧力の影響について考察を加える。

### 5.1 プレパクトモルタルの流動性におよぼす圧力の影響

あらかじめ投入した粗骨材間隙への注入モルタル充填の難易は、注入モルタルの粘性が1つの要因となってい

るものと考えられる。現在注入モルタルの粘性はロート状フローコーンを用いて注入モルタルの流下時間で表示している。これは粘性係数と流下時間とが近似的に比例関係にあると理論づけられるからである<sup>9)</sup>。

大気圧ならびに圧力下で行なった流下時間の測定結果を図-6のように示す。なお測定結果は付表-2に示した。

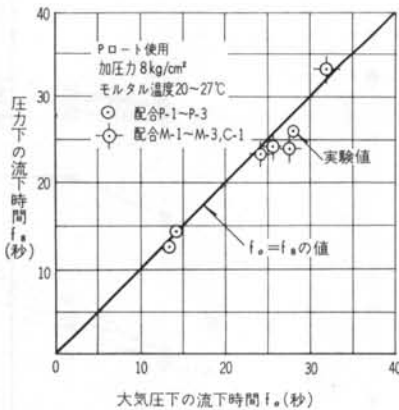


図-6 流下時間測定結果

本実験で得た流下時間測定結果は次の理由によって定量的に論ずることはできない。

フローコーンに詰めたモルタルを約5分間フローコーン内に静置したこと、圧力下のモルタル体積を1725ccとする手段として近似的な方法(4.2.3で記述したように $1725 + \alpha cc$ の $\alpha cc$ は他の実験から推定した。)をとらざるを得なかったこと、および測定数が少なかったこと等である。しかし定性的には図-6から大気圧下の流下時間と、圧力下の流下時間との間には差がないといえる。すなわち、モルタルの粘性は $8 \text{ kg/cm}^2$ 程度の加圧力によっては、極端な増加を起さないとはいえる。

このことは、水深約40mの深海で行なった注入実験<sup>10)</sup>でプレパクトコンクリートが良好に注入できたことから推定された。以上のことから、プレパクトモルタルの配合を決定する場合、 $8 \text{ kg/cm}^2$ 程度の作用圧力による流動性の減少は特に考慮する必要はないものと考えられる。

## 5.2 プレパクトモルタルの膨張ならびにブリージングにおよぼす圧力の影響

プレパクトモルタルの膨張は、エイド中に含まれているAl粉末とセメント中のアルカリ分との化学反応によって発生する水素ガス気泡に起因する。この発泡量は単位セメント量、エイドまたはAl粉末添加量、経過時間

および保存温度等によって変化する。一方プレパクトモルタルの膨張量は、水素ガスの発生量と水素ガス気泡の体積膨張を抑制する程度とによって異なる。すなわちモルタルの膨張率は主として発泡剤量と作用圧力の大きさによって変化するものと考えられる。

実験結果を図-7、図-8、図-9、図-10に示した。なお膨張率、ブリージング率の測定結果は付表-3に示した。図-7、図-8は圧力下の膨張率、ブリージング率が経過時間とともに増加し、3時間でほぼ一定の値に近づくことを示している。図-9、図-10は経過時間3時間の膨張率、ブリージング率の実験結果を示したもので $8 \text{ kg/cm}^2$ の加圧力の影響、IA/C+Fの添加率およびAl粉末添加率の変化による影響をよく示している。すなわち、膨張率は加圧力 $8 \text{ kg/cm}^2$ によって抑制され、みかけ上激減する。

またエイドの添加量あるいはAl粉末の添加量にほぼ比例して増加する傾向が認められる。同時に測定した大気圧下と圧力下の膨張率を比較すると表-3、図-1の通りで、比率 $E_p/E_0$ の平均値は10.5%でその標準偏差、変動係数はそれぞれ3.6%、34.2%であった。

大気圧下の膨張率 $E_0$ と圧力下の膨張率 $E_p$ との関係を測定値から最小二乗法によって求めると式(2)となる。

$$E_p = 0.109E_0 + 0.03 \dots (2)$$

$$\approx 0.11E_0 \text{ (経過時間3時間, 単位\%)}$$

また圧力下のモルタルを経過時間3時間後に圧力を解放して、大気圧下にもどすとモルタルは体積膨張を起した。この圧力解放後の膨張率 $E'_p$ (加圧する前のモルタル体積を基準とする)と大気圧下の膨張率 $E_0$ との関係を測定値から最小二乗法によって求めると式(3)となる。

$$E'_p = 0.91E_0 + 1.6 \dots (3) \text{ (単位\%)}$$

式(3)からセメント中のアルカリ分とAl粉末との反応は $8 \text{ kg/cm}^2$ 程度の圧力によって影響されないものと考えられる。また発生した水素ガス気泡の体積が、ボイルの法則にしたがって圧力の影響を受けるものと考えれば式(4)の関係が求められる。

$$E_p = \frac{1.03}{1.03 + p} E_0 = \frac{1.033}{1.033 + 8.0} E_0 = 0.114E_0 \dots (4)$$

$$\text{ここに } p: \text{加圧力 } \text{kg/cm}^2 \text{ } E: \text{膨張率 } (\%)$$

式(2)と式(4)の係数は近似的に等しい。

したがって温度条件が同一な場合には圧力下モルタルの膨張率は大気圧下の膨張率から式(4)によって大略の値を推定できるものと考えられる。

プレパクトモルタルのブリージング率は、イントルージョンエイドを添加することによって減少することはよく知られていることである。

これはイントルージョンエイドがモルタルの保水性を高める効果を有するためであり 図-9 にも明らかにその傾向が示されている。本実験では IA/C+F=1.0% で IA 無添加に比べて約 2% のブリージング率の減少であった。またブリージング率は加圧力 8kg/cm<sup>2</sup> によって大

気圧下より大きくなる傾向にある。加圧力 8kg/cm<sup>2</sup> によるブリージング率増加量は約 1~1.5% であった。図-10 に示した大気圧下のブリージング率は経過時間 3 時間の測定値であり膨張率が 20% 以上のものは 3 時間以前に最大のブリージング率となり最大値より低い値となった。

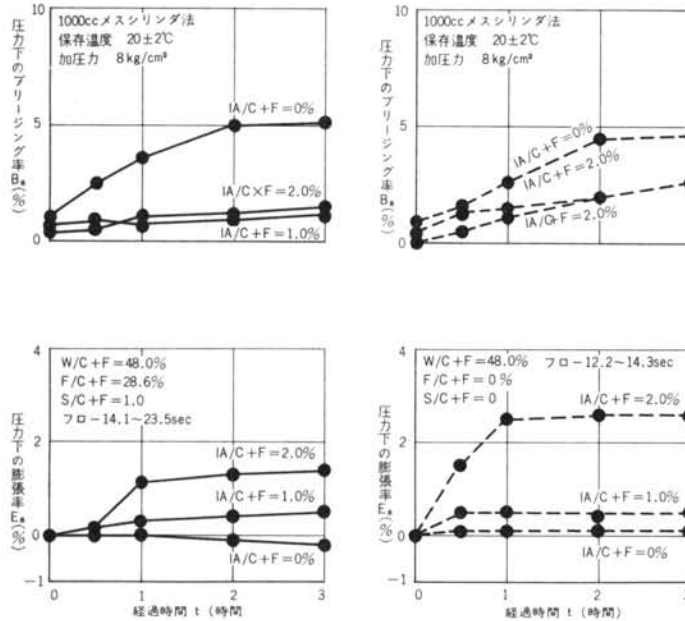


図-7 圧力下モルタルの膨張率，ブリージング率 (AI 粉末無添加の場合)

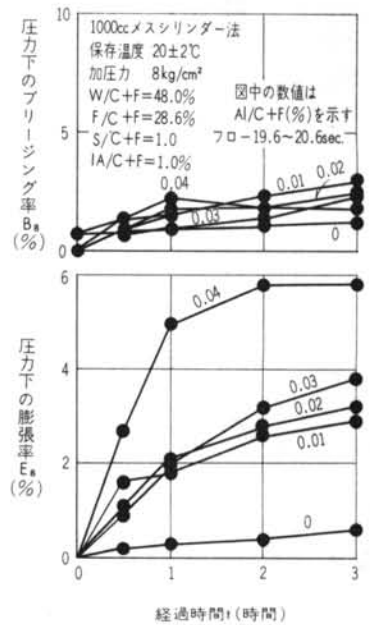


図-8 圧力下モルタルの膨張率，ブリージング率 (AI 粉末添加の場合)

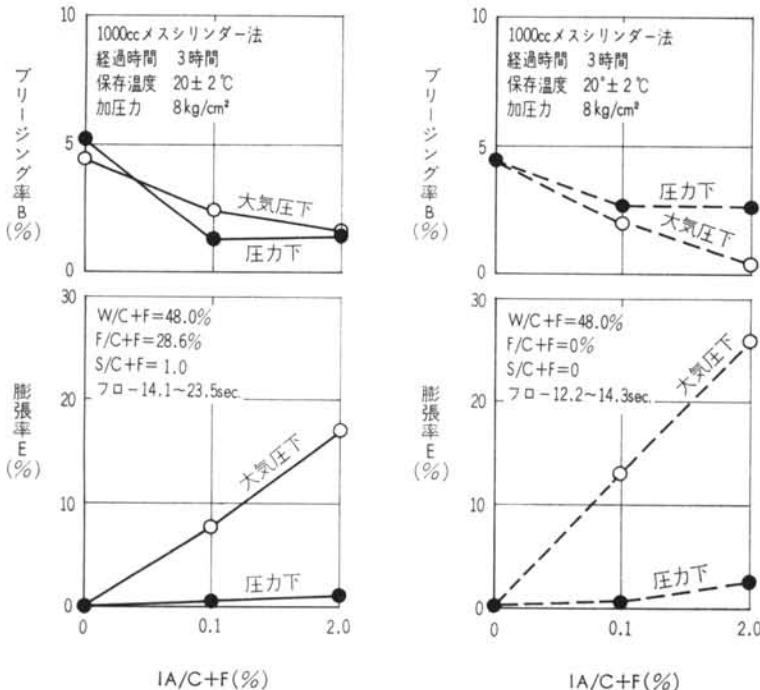


図-9 IA/C+F と膨張率，ブリージング率との関係



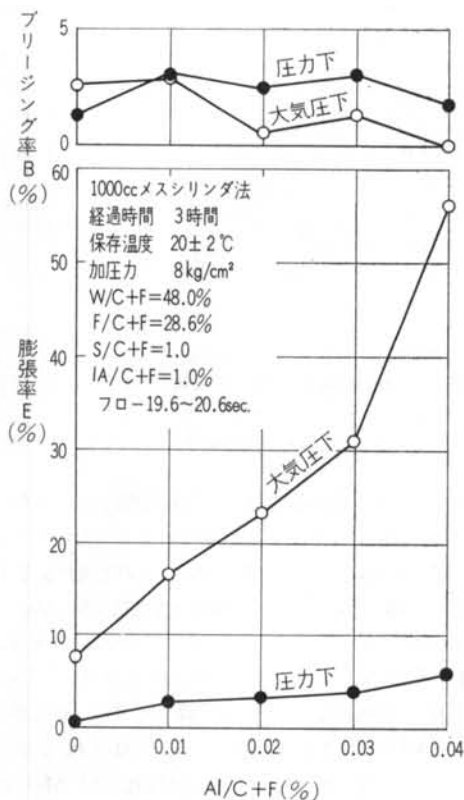


図-10 AI/C+F と膨張率、ブリージング率との関係

混和剤率(%)		膨張率*(%)		比率 $E_a/E_0$ (%)	備 考
IA/ C+F	AI/C+F	大気圧下 $E_0$	圧力下 $E_a$		
1.0	0	12.9	0.6	4.7	W/C+F=48.0% F/C+F=0% S/C+F=0
2.0	0	26.0	2.5	9.6	
1.0	0	7.6	0.6	7.9	
1.0	0.01	16.7	2.9	17.4	W/C+F=48.0% F/C+F=28.6% S/C+F=1.0
1.0	0.02	23.3	3.2	13.7	
1.0	0.03	31.0	3.8	12.3	
1.0	0.04	56.0	5.8	10.0	
2.0	0	17.1	1.5	8.8	

経過時間 3時間, 保存温度20±2℃ 加圧力8kg/cm<sup>2</sup>  
\*1000ccメスシリンダ法(2本の平均値)

表-3 膨張率におよぼす圧力の影響

### 5.3 プレパクトモルタルの凝結時間におよぼす圧力の影響

プレパクトモルタルの凝結時間は、セメントの物理試験方法の始発針または終結針の貫入抵抗または支圧抵抗によって判定している。本実験では ASTM C 191 の方

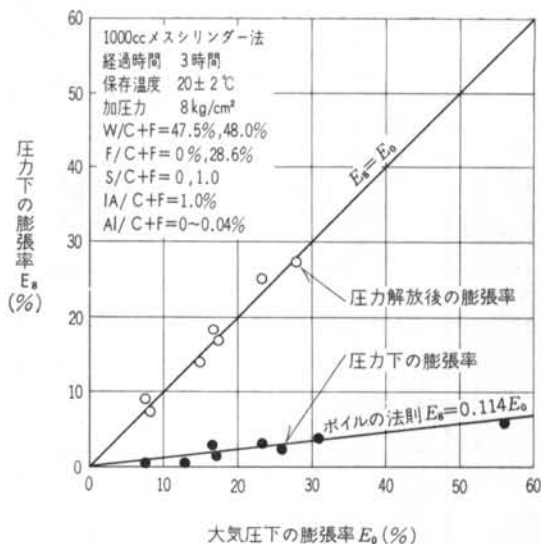


図-11 大気圧下と圧力下の膨張率の比較

法に準じて、針入深さが25mmとなる時間をもって凝結時間とした。経過時間と針入深さの測定結果ならびに針入深さが25mmとなる経過時間を図式的に求めた凝結時間を付表-4に示した。表-4、図-12は大気圧下の凝結時間( $T_0$ )と圧力下の凝結時間( $T_a$ )とを比較したものであり実験値の間には式(5)の関係が得られた。

$$T_a = 0.9T_0 + 40 \text{ (単位: 分)} \dots (5)$$

圧力下の凝結時間は大気圧下の凝結時間よりわずかに減少する傾向が認められるが、圧力下の凝結時間を3つの測定値から図式的に求めたために定量的に論ずることはできない。

プレパクトモルタルの凝結時間は 8 kg/cm<sup>2</sup> 程度の加圧力によっては、実用上ほとんど影響を受けないものと考えてよい。

凝結時間*(時一分)		比率 $T_a/T_0$ (%)	備 考
大気圧下 ( $T_0$ )	圧力下 ( $T_a$ )		
5-40	5-40	100	W/C+F=48.0% F/C+F=0% S/C+F=0
10-50	10-25	96	
19-05	17-45	93	
6-00	5-55	99	W/C+F=48.0% F/C+F=28.6% S/C+F=1.0
9-50	9-30	97	
12-15	12-00	98	

保存温度 20±2℃ 湿度 75±5% 加圧力 8kg/cm<sup>2</sup>  
\* 針入深さが 25mm となるまでの経過時間 (測定値から図式算定した値)

表-4 凝結時間におよぼす圧力の影響

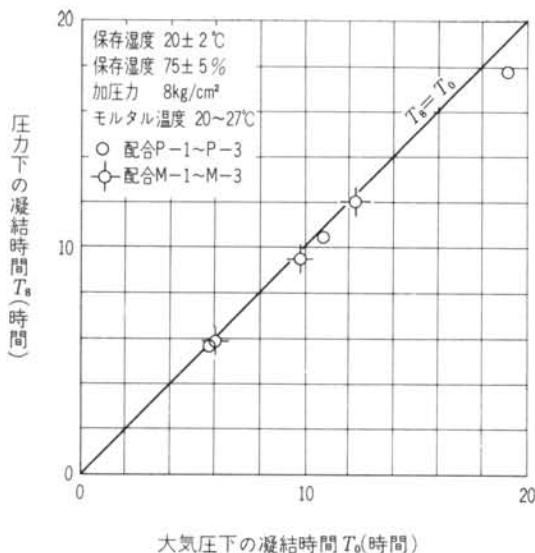


図-12 大気圧下と圧力下の凝結時間の比較

#### 5.4 プレパクトモルタルの圧縮強度におよぼす圧力の影響

プレパクトモルタルの圧縮強度は、モルタルの膨張を抑制しない場合と、抑制する場合とは異なる。

前者は後者よりも強度が低い。また発泡剤率が大きくなると前者の強度は低下し、後者は増加する傾向が認められている<sup>11)</sup>。これはモルタル中の気泡量の多少によるモルタル密度の変化、ブリージング水の押し出しによる水セメント比の変化および膨張圧力によるセメントペースト中のイオン流動の抵抗増大<sup>6)</sup>等が影響しているものと考えられている。

プレパクトモルタルの圧縮強度試験結果を付表-5に示した。図-13はIA添加率および供試体(φ15×30cm)の単位体積重量と圧縮強度との関係を示したもので、圧

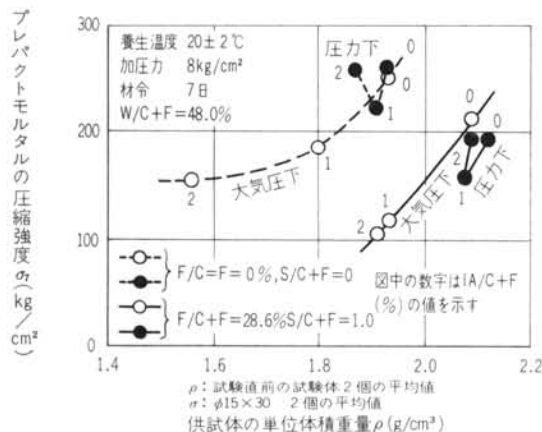


図-13 供試体の単位体積重量と圧縮強度

W/ C+F (%)	F/ C+F (%)	S/ C+F	材令 (日)	強度比*(Ms/Mo)		
				IA/C+F =0%	IA/C+F =1%	IA/C+F =2%
48.0	0	0	7	1.04	1.20	1.65
48.0	28.6	1.0	7	0.90	1.35	1.90
			7	—	1.42	—
47.5	28.6	1.0	14	—	1.27	—
			21	—	1.30	—
			28	—	1.38	—

養生温度 20±2°C 加圧力 8kg/cm<sup>2</sup>\*

\*同一配合モルタルの圧力下(Ms)と大気圧下(Mo)との圧縮強度比

表-5 プレパクトモルタルの圧縮強度におよぼす圧力の影響

力下モルタルの単位体積重量ならびに圧縮強度が大気圧下モルタルに比べて大となる傾向にあることを示している。大気圧下(Mo)と圧力下(Ms)との圧縮強度比(Ms/Mo)は表-5の通りであった。強度比(Ms/Mo)はIAの添加量によって異なった。材令7日では、IA無添加の場合(Ms/Mo)は1.04~0.90(平均0.97)、IA/C+F=1.0%の場合、(Ms/Mo)は1.20~1.35(平均1.28)。IA/C+F=2.0%の場合、(Ms/Mo)は1.65~1.90(平均1.73)となった。この強度比(Ms/Mo)は材令を通じてほぼ一定の値となるようである。

圧力下モルタルの圧縮強度が大気圧下モルタルの圧縮強度より大となったのは、主にモルタル単位体積あたりの気泡体積の減少によるものと考えられる。

#### 5.5 プレパクトコンクリートの圧縮強度におよぼす圧力の影響

プレパクトコンクリートの圧縮強度は、主に注入モルタルの圧縮強度ならびに粗骨材とセメントペーストとの付着の良否によって異なるものと考えられる。

実験の結果を、図示すると図-14、図-15の通りである。なお実験の結果は付表-6に示した。

図-14は、IAの添加率とプレパクトコンクリートの圧縮強度との関係を示したもので、圧力下の圧縮強度はIAの添加率の多少にかかわらず大気圧下の圧縮強度より小となった。圧力による強度減少は、図-15から明らかのように、材令が経過してもほぼ一定の減少率を保つ。圧力下の圧縮強度Csと大気圧下の圧縮強度C0との強度比(Cs/C0)は表-6の通りで、IA添加率によって異なった。

注入モルタルの圧縮強度は、5.4に述べたように、加圧力によって増加する傾向がある。モルタル(M)とコン

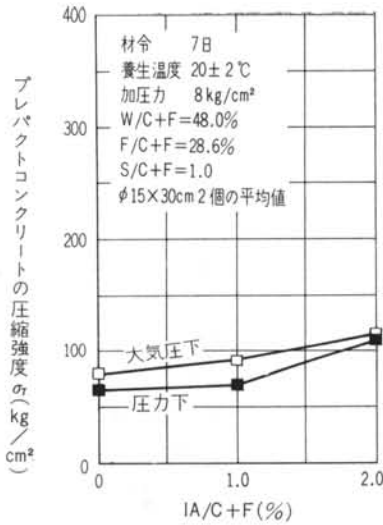


図-14 プレキャストコンクリートの圧縮強度 (IA/C+F との関係)

W/C+F (%)	F/C+F (%)	S/C+F	材令 (日)	強度比*(C <sub>s</sub> /C <sub>0</sub> )		
				IA/C+F =0%	IA/C+F =1%	IA/C+F =2%
48.0	28.6	1.0	7	0.84	0.76	0.94
			7	—	0.81	—
47.5	28.6	1.0	28	—	0.74	—
			91	—	0.86	—

養生温度 20±2℃ 加圧力 8kg/cm<sup>2</sup>

\*同一配合のモルタルを使用したコンクリートの圧力下(C<sub>s</sub>)と大気圧下(C<sub>0</sub>)との圧縮強度比

表-6 プレキャストコンクリートの圧縮強度におよぼす圧力の影響

クリート(C)との圧縮強度比を求めると表-7の通りである。

強度比(C/M)は、IAの添加率によって異なり、大気圧下の場合にはIA添加率を増すと1.0に近づく。しかし、圧力下の場合にはIA/C+F=2.0%でも大略0.60にとどまった。

粗骨材とセメントペーストとの付着の良否は粗骨材間に注入したプレキャストモルタルの純膨張率の有無に起因するものと推定される。5.2に示した膨張率、ブリージング率の実験結果から純膨張率を算定すると表-8の値を得る。純膨張とはモルタルの実体積(ブリージング水を除いた体積)が増加することを示し、純膨張率は次のようにして算定した。

$$E' = E - B$$

E': 純膨張率 (%)

配合記号	W/C+F (%)	IA/C+F (%)	材令 (日)	大気圧下			圧力下		
				圧縮強度 (kg/cm <sup>2</sup> )		比率 C <sub>0</sub> /M <sub>0</sub>	圧縮強度 (kg/cm <sup>2</sup> )		比率 C <sub>s</sub> /M <sub>s</sub>
				モルタル M <sub>0</sub>	コンクリート C <sub>0</sub>		モルタル M <sub>s</sub>	コンクリート C <sub>s</sub>	
M-1	48.0	0	7	211	80	0.38	193	67	0.35
M-2	48.0	1.0	7	116	92	0.79	157	70	0.45
M-3	48.0	2.0	7	103	117	1.14	193	110	0.57
			7	179	109	0.61	254	88	0.35
C-1	47.5	1.0	28	275	195	0.71	357	145	0.41
			91	—	260	—	—	223	—

F/C+F=28.6%, S/C+F=1.0, 養生温度 20±2℃, 加圧力 8kg/cm<sup>2</sup>  
供試体は φ15×30cm, 圧縮強度は2つの平均値

表-7 モルタルとコンクリートとの圧縮強度比

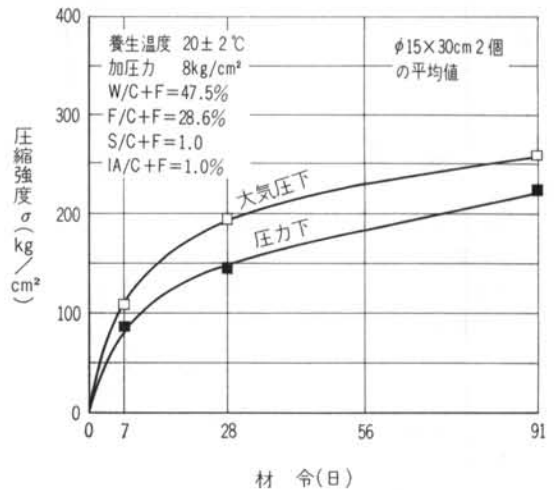


図-15 プレキャストコンクリートの圧縮強度 (材令との関係)

E: 膨張率 (%)

B: ブリージング率 (%)

プレキャストモルタルの純膨張率は作用圧力によって激減する。たとえばIA/C+F=1.0%の場合には、大気圧下の5.1%に比べて圧力下では-0.6%となっている。

このことから、圧力下のプレキャストコンクリートの強度が大気圧下のそれより小となる主なる原因は、圧力によって注入モルタルの純膨張が抑制され、粗骨材とセメントペーストとの密着が妨げられることが考えられる。したがって、圧力による強度低下を防止するためには、IAに適量のAl粉末を追加して、圧力を受けた状態で適量の純膨張を確保することが必要である。たとえば8kg/cm<sup>2</sup>程度の圧力下の場合には、IA/C+F=1.0%でAl/C+F=0.04%を追加すれば純膨張率4.0%が得られる。

配 合 号	W/ C+F (%)	IA/ C+F (%)	AI/ C+F (%)	流下時間 (sec)	純膨張率* (%)	
					大気圧下 E <sub>0</sub>	圧力下 E <sub>s</sub>
M-1	48.0	0	0	23.5	-4.1	-5.4
M-2	48.0	1.0	0	20.6	5.1	-0.6
M-3	48.0	2.0	0	14.1	15.4	0
M-22	48.0	1.0	0.01	20.0	13.9	-0.1
M-23	48.0	1.0	0.02	19.6	22.8	0.7
M-24	48.0	1.0	0.03	19.8	29.7	0.8
M-25	48.0	1.0	0.04	19.7	56.0	4.0
C-1	47.5	1.0	0	17.9	5.3	-0.9

F/C+F=28.6%, S/C+F=1.0  
 保存温度 20±2°C, 加圧力 8kg/cm<sup>2</sup>  
 \*100ccメスシリンダー法(2つの平均値)

表-8 プレパクトモルタルの純膨張率

## § 6. 結 論

以上の基礎的実験から圧力がプレパクトモルタルの諸性質におよぼす影響ならびに圧力がプレパクトモルタルとプレパクトコンクリートの強度におよぼす影響について次の結論を得た。

1) プレパクトモルタルの流動性は 8 kg/cm<sup>2</sup> 程度の圧力作用下では大気圧下とほぼ等しい。すなわち圧力によって、流動性が極端に変ることはない。

2) プレパクトモルタルの膨張率は、圧力の作用によって見かけ上減少する。圧力下モルタルの膨張率は、配合、作用圧力、保存温度、経過時間等によって異なるので、定量的に求めるには実験によらなければ困難であるが、ボイルの法則を用いて大気圧下の膨張率から次式によって大略の値を推定できる。

$$E_s = \frac{1.03}{1.03 + p} E_0$$

E<sub>s</sub>: 圧力下のモルタル膨張率

E<sub>0</sub>: 大気圧下のモルタル膨張率(%)

p: 加圧力 (kg/cm<sup>2</sup>)

3) プレパクトモルタルのブリージング率は加圧力に

よって大気圧下のそれより大となる傾向にある。

加圧力 8 kg/cm<sup>2</sup> によるブリージング率の増加は、IA/C+F=1.0% で約 1~1.5% であった。

4) プレパクトモルタルの凝結時間は 8 kg/cm<sup>2</sup> 程度の加圧力によってほとんど変わらず、実用上大気圧下の凝結時間と同一と考えてよい。

5) 圧力を受けて硬化したプレパクトモルタルの圧縮強度は、大気圧下で硬化したものより大となる。加圧力 8 kg/cm<sup>2</sup> による強度増加は IA/C+F=1.0% で大略 30%, IA/C+F=2.0% で大略 80% であった。

6) 圧力下で製作、養生したプレパクトコンクリートの圧縮強度は、同一配合のモルタルを使用した大気圧下プレパクトコンクリートの圧縮強度より小となる。圧力による強度減少は、注入したモルタルの純膨張が作用圧力によって抑制され、粗骨材とセメントペーストとの密着が妨げられることに起因するものと考えられる。

加圧力 8 kg/cm<sup>2</sup> による強度減少は IA/C+F=1.0% で大略 20%, IA/C+F=2.0% で大略 5% であった。

7) 圧力によるプレパクトコンクリートの強度減少を防止するためには、例えば IA に適量の AI 粉末を追加して、注入モルタルの純膨張を確保することが必要である。

## § 7. あとがき

本実験では深水中にプレパクトコンクリートを施工する場合に必要な圧力下の試験方法を検討し、プレパクトモルタルの配合設計上の基礎資料を得ることができた。しかし、長大橋の下部構造のように大量の水中コンクリートを深水中に施工する場合には、粗骨材の粒径の選択、注入パイプの構造および配列、モルタル面の検知方法、打ち継ぎ面の問題等、今後の実験研究にまたなければない点がある。

末筆ながら、本実験にご助力くださった安孫子淳三氏ならびに材料試験室のかたがたに謝意を表します。

## <参考文献>

- 1) R.E. DAVIS and C.E. HALTENHOFF: "Mackinac Bridge Pier Construction" A.C.I. Journal, Vol. 28, No. 6 December (1956) pp. 581~595
- 2) CARL A. MENZEL: "Some Factors Influencing the Strength of Concrete Containing Admixtures of Powdered Aluminum" A.C.I. Journal, Vol. 14, No. 3, January (1943) pp. 165~184
- 3) 吉田徳次郎: "最高強度コンクリートの製造に就いて" 土木学会誌, 第26巻, 第11号 (昭和15.11)

- 4) 松本幸夫, 手塚徳平: "圧気工事下のコンクリートの強度"セメントコンクリート, No. 64, (1952.6) pp. 7~8
- 5) 富田高久: "セメントモルタルの圧縮強さに及ぼす加圧の影響について" 土木技術, 第7巻, 第9号(昭27.9) pp.11~13
- 6) Y. Freyssinet: "The deformation of Concrete" Magazine of Concrete Research, (1951.12)
- 7) Prepakt-Concrete. Inc.: "General Specification for Prepakt-Concrete", (1955) Edition.
- 8) 日本材料学会編: "工業材料規格便覧(セメントコンクリート)" 朝倉書店, (1965) pp.12
- 9) 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(昭38.5) pp. 71~73
- 10) 新見芳男, 堀口寛, 嶋野二男: "深海におけるプレパクトコンクリートの現場実験" 清水建設研究所報, 第9号(昭42.4) pp.93~101
- 11) 赤塚雄三: "注入モルタルに関する基礎研究" 運輸省港湾技術研究所報告, 第3巻6号(1964.11) pp. 119~132

試験項目		試験成績	JIS規格
比重	標準フライ88μ残分(%)	3.11	3.05以上
		4.24	10以下
標準軟度水量(%)		29.5	—
始発時間(時一分)		3-10	1以後
終結時間(時一分)		5-25	10以内
安定性		良	良
フロー値(mm)		244	—
曲げ強さ(kg/cm <sup>2</sup> )	3日	20.5	15以上
	7日	40.8	25以上
	28日	71.6	40以上
圧縮強さ(kg/cm <sup>2</sup> )	3日	65	55以上
	7日	163	110以上
	28日	340	220以上

a) セメント物理試験成績 (JIS R 5201 による)

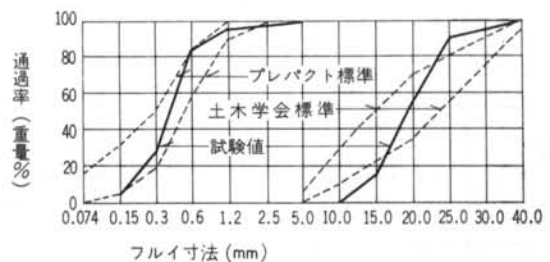
試験項目		試験成績	JIS規格
比重	標準フライ 88μ (%)	2.14	1.95以上
		16.7	25以下
単位水量比 (%)		95.7	100以下
フロー値 (mm)		244	—
材令 28日強度比 (%)	曲げ	80.4	—
	圧縮	71.7	63以上

b) フライアッシュの物理試験成績 (JIS A6201 による)

		細骨材	粗骨材
産地		利根川	利根川
粒大		1.2mm以下	30mm以下
粗粒率		1.88	7.49
比重		2.60	2.60
単位体積重量		1540kg/	1580 kg/m <sup>2</sup>
吸水率		0.5%	1.0%
空隙率		40.8%	39.2%
最小寸法		—	15mm

フルイ寸法(mm)	0.15	0.3	0.6	1.2	2.5	5.0	10.0	15.0	20.0	25.0	30.0	40.0
細骨材	0	2	26	86	98	99	100	—	—	—	—	—
粗骨材	—	—	—	—	—	—	—	0	16	55	89	96

b) 細骨材と粗骨材の試験成績



付表一 使用材料の試験成績

配合記号	W/C + F (%)	F/C + F (%)	S/C + F (%)	IA/C + F (%)	測定フロー値(秒) f <sub>0</sub> f <sub>s</sub>	f <sub>0</sub> /f <sub>s</sub> (%)	α (cc)	*モルタル温度 (°C)	備考
P-1	48.0	0	0	0	28.0 26.0	93	0	23.9	P:ポート使用 f <sub>0</sub> : 大気圧下のフロー値 f <sub>s</sub> : 圧力下のフロー値 (加圧力 = 8 kg/cm <sup>2</sup> ) α: 加圧による体積減少に対する補正モルタル量
P-2	48.0	0	0	1.0	14.2 14.4	101	124	25.2	
P-3	48.0	0	0	2.0	13.5 12.5	93	191	26.5	
M-1	48.0	28.6	1.0	0	32.0 33.3	104	21	20.9	
M-2	48.0	28.6	1.0	1.0	24.2 23.4	97	69	22.0	
M-3	48.0	28.6	1.0	2.0	27.6 24.1	87	86	21.3	
C-1	47.5	28.6	1.0	1.0	25.7 24.3	95	69	20.9	

\*練りませ直後の温度

付表二 流下時間測定結果



配合 記号	F/C+F (%)	S/C+F (%)	IA/C+F (%)	AI/C+F (%)	*** 流下時間 (sec)	*** モルタル 温度(℃)	膨張率E、ブリージング率B、純膨張率E' (%)										備 考											
							測定項目	0	0.5時間	1時間	2時間	3時間	3時間後 圧力調整	3時間後 圧力調整	3時間後 圧力調整	3時間後 圧力調整		3時間後 圧力調整										
P-1	0	0	0	0	14.3	17.5	E <sub>0</sub>	0	0.3	0.2	0	0.2	0.1	0	0.1	0	0.1	配合C-1は W/C+F=47.5% その他の配合は W/C+F=48.0%  1000ccノスリシタ使用  保存温度20±2℃ 加圧力 8kg/cm <sup>2</sup>  E = $\frac{V_0 - V_t}{V_0} \times 100$  B = $\frac{V_t}{V_0} \times 100$  E' = E - B (E'は平均値をも 計算した。)  ここに V <sub>0</sub> : 測定時のモルタル 体積 V <sub>t</sub> : 測定時の (モルタル+ブリー ジング水)の体積 V <sub>0</sub> : 測定時のブリージ ング水の体積  *** 流下時間は繰り返し直 後の大気圧下の値  *** 繰り返し直後の温度	0.3	0.3	1.3	1.4	2.4	2.5	3.8	4.4	3.8	4.4
							B <sub>0</sub>	0.3	0.3	1.3	1.4	2.4	2.5	3.8	4.4	3.8	4.4											
							E <sub>0</sub>	-0.3	-0.3	-1.2	-1.2	-2.3	-2.3	-4.2	-4.2	-4.3	-4.3											
							E <sub>0</sub>	0	0	0.1	0.1	0	0	0.3	0.2	0	0.3											
							B <sub>0</sub>	1.0	0.8	1.6	1.5	2.5	2.5	3.8	4.5	3.8	4.4											
							E <sub>0</sub>	-0.9	-0.9	-1.5	-1.5	-2.5	-2.5	-4.3	-4.3	-4.4	-4.4											
P-2	0	0	1.0	0	12.2	17.5	E <sub>0</sub>	0	8.0	8.0	11.8	11.8	12.9	12.8	12.9	12.9	14.8	14.9										
							B <sub>0</sub>	0.7	0.7	1.3	1.3	1.3	1.3	1.8	1.8	1.8	1.8	1.9	1.9									
							E <sub>0</sub>	-0.7	-0.7	6.7	6.7	10.5	10.5	11.0	11.0	11.0	13.0	13.0										
							E <sub>0</sub>	0	0.3	0.6	0	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	13.7	14.1										
							B <sub>0</sub>	0.8	0.7	1.3	1.3	1.7	1.5	1.6	2.0	2.6	2.6	3.3	3.2									
							E <sub>0</sub>	-0.7	-0.7	-1.0	-1.0	-1.5	-1.5	-2.0	-2.0	-2.0	10.7	10.7										
P-3	0	0	2.0	0	12.4	17.5	E <sub>0</sub>	0	18.6	18.5	23.5	23.4	23.5	25.8	25.7	26.4	26.0	28.0	27.8									
							B <sub>0</sub>	0.4	0.3	0.9	0.7	0.2	0.3	0.0	0.3	0	0.6	0.3	0.0	0.6	0.3							
							E <sub>0</sub>	-0.3	-0.3	17.8	17.8	23.2	23.2	25.4	25.4	25.7	25.7	27.5	27.5									
							E <sub>0</sub>	0	1.4	1.6	2.5	2.5	22.8	2.7	2.5	2.5	27.2	27.3										
							B <sub>0</sub>	0	0	0.6	0.5	1.1	1.1	22.4	2.1	2.5	2.5	22.7	3.0									
							E <sub>0</sub>	0	0	1.1	1.1	1.4	1.4	0.6	0	24.3	24.3											
M-1	28.6	1.0	0	0	23.5	18.0	E <sub>0</sub>	0	0	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1											
							B <sub>0</sub>	0.6	0.7	1.7	1.6	2.6	2.5	3.4	3.3	4.1	4.0	4.5	4.5									
							E <sub>0</sub>	-0.7	-0.7	-1.7	-1.7	-2.6	-2.6	-3.4	-3.4	-4.1	-4.1	-4.6	-4.6									
							E <sub>0</sub>	0	0	0	0	0	0	-0.2	-0.1	-0.2	-0	0										
							B <sub>0</sub>	1.1	1.1	2.3	2.5	3.3	3.6	4.7	5.1	5.0	5.2	5.1	5.3									
							E <sub>0</sub>	-1.1	-1.1	-2.5	-2.5	-3.6	-3.6	-5.3	-5.3	-5.4	-5.4	-5.3	-5.3									
M-2	28.6	1.0	1.0	0	20.6	15.2	E <sub>0</sub>	0	2.5	2.5	4.6	4.5	6.6	6.6	7.6	7.6	7.6	7.6										
							B <sub>0</sub>	0.3	0.6	0.8	1.1	1.2	1.5	1.6	1.8	2.3	2.5	2.3	2.5									
							E <sub>0</sub>	-0.6	-0.6	1.4	1.4	3.0	3.0	4.8	4.8	5.1	5.1	5.1										
							E <sub>0</sub>	0	0.3	0.2	0.4	0.3	0.5	0.4	0.7	0.6	0.6	0.6	0.6									
							B <sub>0</sub>	0.4	0.7	0.7	0.9	0.8	0.9	1.1	1.1	1.2	2.0	2.0	2.5									
							E <sub>0</sub>	-0.7	-0.7	-0.6	-0.6	-0.7	-0.7	-0.6	-0.6	6.5	6.5											
M-3	28.6	1.0	2.0	0	14.1	17.5	E <sub>0</sub>	0	4.9	5.0	10.1	10.0	15.3	15.1	17.3	17.1	17.5	17.4										
							B <sub>0</sub>	0.3	0.3	1.1	1.0	1.3	1.1	1.5	1.3	1.8	1.7	1.8	1.7									
							E <sub>0</sub>	-0.3	-0.3	4.0	4.0	8.9	8.9	13.8	13.8	15.4	15.4	15.7	15.7									
							E <sub>0</sub>	0	0.1	0.2	1.1	1.1	1.1	1.1	1.6	1.5	16.7	16.9										
							B <sub>0</sub>	0.3	0.4	0.4	0.6	1.1	1.2	1.2	1.3	1.3	1.5	3.0	3.0									
							E <sub>0</sub>	-0.4	-0.4	-0.1	-0.1	-0.2	-0.2	0	13.9	13.9												
M-22	28.6	1.0	1.0	0.01	20.0	25.6	E <sub>0</sub>	0	6.0	5.9	10.8	10.4	15.4	15.1	16.2	16.7	17.9	16.7										
							B <sub>0</sub>	0.4	0.4	1.4	1.7	1.9	1.9	2.3	2.6	2.5	2.8	2.6	2.8									
							E <sub>0</sub>	-0.4	-0.4	4.2	4.2	8.5	8.5	12.9	12.9	13.9	13.9	13.9										
							E <sub>0</sub>	0	1.7	1.6	1.8	1.8	2.4	2.6	3.0	2.7	2.9	18.7	18.3									
							B <sub>0</sub>	0	0	1.3	1.2	1.5	1.5	2.1	2.3	3.1	3.0	4.4	4.1									
							E <sub>0</sub>	0	0.4	0.4	0.3	0.3	0.3	-0.1	14.2	14.2												
M-23	28.6	1.0	1.0	0.02	19.6	24.0	E <sub>0</sub>	0	7.6	7.7	11.6	12.6	19.7	19.8	23.5	23.3	23.5	23.3										
							B <sub>0</sub>	0	0.1	0.7	0.9	1.1	1.1	1.1	1.0	0.7	0.5	0.7	0.5									
							E <sub>0</sub>	-0.1	-0.1	6.8	6.8	11.5	11.5	18.8	18.8	22.8	22.8	22.8										
							E <sub>0</sub>	0	1.4	1.1	2.2	2.1	2.9	2.8	3.4	3.2	24.4	25.1										
							B <sub>0</sub>	0	0	0.8	0.7	1.6	1.7	1.7	1.9	2.9	2.5	4.3	4.3									
							E <sub>0</sub>	0	0.4	0.4	0.4	0.4	0.9	0.7	20.8	20.8												
M-24	28.6	1.0	1.0	0.03	19.8	23.2	E <sub>0</sub>	0	8.3	8.0	16.5	16.3	26.4	26.4	30.9	31.0	—											
							B <sub>0</sub>	0.7	0.7	2.1	1.3	2.0	1.3	2.0	1.5	1.9	1.3	—										
							E <sub>0</sub>	-0.7	-0.7	6.9	6.9	15.0	15.0	24.9	24.9	29.7	—											
							E <sub>0</sub>	0	1.2	0.9	2.4	2.0	3.4	3.2	4.2	3.8	—											
							B <sub>0</sub>	0.3	0.8	1.2	1.0	1.5	1.4	2.2	2.3	3.0	3.0	—										
							E <sub>0</sub>	-0.8	-0.8	-0.1	-0.1	0.6	0.6	0.9	0.8	—												
M-25	28.6	1.0	1.0	0.04	19.7	25.8	E <sub>0</sub>	0	21.6	21.7	36.1	36.6	49.4	49.7	55.8	56.0	—											
							B <sub>0</sub>	1.3	0.9	0.7	0.9	0.6	0.7	0	0	0	—											
							E <sub>0</sub>	-0.9	-0.9	20.8	20.8	35.9	35.9	49.6	49.6	56.0	—											
							E <sub>0</sub>	0	2.0	2.7	5.2	5.0	6.0	5.5	6.0	5.8	—											
							B <sub>0</sub>	0.4	0.8	1.5	1.4	2.2	2.2	1.9	1.8	2.0	1.8	—										
							E <sub>0</sub>	-0.8	-0.8	1.3	1.3	2.8	2.8	4.0	4.0	—												
C-1	28.6	1.0	1.0	0	17.9	17	E <sub>0</sub>	0	3.4	3.5	4.4	4.6	6.9	7.0	7.6	7.7	8.4	8.2										
							B <sub>0</sub>	0.5	0.4	1.8	1.5	1.4	1.4	2.3	2.1	2.8	2.4	2.8	2.4									
							E <sub>0</sub>	-0.4	-0.4	2.0	2.0	3.2	3.2	4.9	4.9	5.3	5.8	5.8										
							E <sub>0</sub>	0	0	0.2	0.3	0.2	0.3	0.3	0.1	0.1	7.3	7.4										
							B <sub>0</sub>	0.5	0.6	0.8	0.9	1.0	1.1	1.1	0.8	1.1	1.7	1.9										
							E <sub>0</sub>	-0.6	-0.6	-0.7	-0.7	-0.7	-0.8	-0.8	-0.9	-0.9	5.5	5.5										

付表-3 膨張率、ブリージング率測定結果

配合記号	F/C+F (%)	S/C+F	IA/C+F (%)	流下時間 (sec)	経過時間 (時一分)	針入深さ (mm)		凝結時間* (時一分)		モルタル** 温度 (℃)
						大気圧下	圧力下	大気圧下	圧力下	
P-1	0	0	0	12.0	4-56 5-40 7-15	37 25 6	38 26 3	5-40	5-40	22.8
P-2	0	0	1.0	11.0	9-22 10-51 12-03	38 25 10	39 18 17	10-50	10-25	23.3
P-3	0	0	2.0	10.8	17-10 19-05 20-33	36 25 9	40 14 8	19-05	17-45	19.0
M-1	28.6	1.0	0	17.4	5-15 6-20 6-45	39 15 3	39 19 17	6-00	5-55	20.3
M-2	28.6	1.0	1.0	13.9	9-15 10-00 10-40	33 22 10	38 15 6	9-50	9-30	19.4
M-3	28.6	1.0	2.0	14.2	10-16 12-16 13-56	37 25 10	40 23 9	12-15	12-00	24.5

・保存温度 20±2℃ 湿度 75±5% 加圧力 8kg/cm<sup>2</sup>

\*凝結時間 針入深さが25mmとなるまでの経過時間(測定値から図式算定した値)

\*\*モルタルの温度は練りませ直後の温度

付表-4 凝結試験の結果

配合記号	W/C+F (%)	F/C+F (%)	S/C+F	IA/C+F (%)	流下時間* (sec)	材令 (日)	大気圧下		圧力下			
							$\rho_0^{**}$	圧縮強度*** (kg/cm <sup>2</sup> )	$\rho_s^{**}$	圧縮強度*** (kg/cm <sup>2</sup> )		
P-1	48.0	0	0	0	12.5	7	1.91 1.94	239 260	250	1.92 1.93	242 276	259
P-2	48.0	0	0	1.0	11.2	7	1.78 1.81	177 192	185	1.90 1.91	233 215	224
P-3	48.0	0	0	2.0	13.2	7	1.55 1.57	152 160	156	1.84 1.89	242 271	257
M-1	48.0	28.6	1.0	0	21.3	7	2.08 2.09	203 219	211	2.13 2.11	191 196	193
M-2	48.0	28.6	1.0	1.0	15.9	7	1.92 1.94	108 124	116	2.08 2.08	156 157	157
M-3	48.0	28.6	1.0	2.0	16.6	7	1.92 1.90	103 103	103	2.10 2.07	203 182	193
C-1	47.5	28.6	1.0	1.0	19.1	7	1.96 1.96	183 175	179	2.09 2.11	258 249	254
					20.8	14	1.93 1.86	220 237	229	2.07 2.08	285 297	291
					20.8	21	1.94 1.96	275 274	275	2.08 2.09	351 362	357
					19.6	28	1.90 1.90	268 308	288	2.05 2.02	374 419	397

養生温度 20±2℃ 加圧力 8kg/cm<sup>2</sup>

\*流下時間は練りませ直後の大気圧下の値(Pロット使用)

\*\*試験直前の供試体の単位体積重量 (g/cm<sup>3</sup>)

\*\*\*φ15×30cm 供試体

付表-5 プレバクトモルタルの圧縮強度試験結果

配 合 号	W/ C+F (%)	IA/ C+F (%)	流下時 間* (sec)	材 令 (日)	圧縮強度**(kg/cm <sup>2</sup> )	
					大気圧下 C <sub>0</sub>	圧力下 C <sub>8</sub>
M-1	48.0	0	23.7	7	72 } 80 88 }	69 } 67 65 }
M-2	48.0	1.0	15.8	7	91 } 92 93 }	69 } 70 71 }
M-3	48.0	2.0	19.6	7	120 } 117 114 }	112 } 110 108 }
C-1	47.5	1.0	18.2	7	113 } 109 104 }	85 } 88 91 }
			17.3	28	187 } 195 203 }	143 } 145 147 }
			22.5	91	258 } 260 262 }	207 } 223 238 }

養生温度 20±2℃ 加圧力 8kgcm<sup>2</sup>

\*練りませ直後の大気圧下の値 (Pロート使用)

\*\*φ15×30cm 供試体

付表-6 プレバクトコンクリートの圧縮強度試験結果