

# プレパックド用大容量モルタルミキサの 開発についての一考察

## A STUDY ON THE DEVELOPMENT OF LARGE MORTAR MIXER FOR INTRUSION MORTAR

武川 恵之助\*  
By Keinosuke TAKEGAWA

### 1. ま え が き

長大橋の下部工などの大型構造物を海中に建設する場合、水中コンクリートとして優れているプレパックドコンクリートが使用されることが多い。マキノウ橋 (MacKinac Bridge)、大黒ふ頭連絡橋 (横浜市)、本州四国連絡橋の下部工などはその好例である。

このような大型海中構造物に均等質で品質の高いプレパックドコンクリートを大量に打設するためには、綿密な施工計画が必要であるのみならず、大量の注入モルタルを製造する大型モルタルプラントが必要不可欠のものとなる。モルタルプラントは長時間運転することになるので、運転中トラブルが生じないように制御システムを完備する必要があるとともに、プラントの能力を支配するモルタルミキサにも大型で高性能のものが要求される。

プレパックドコンクリートで施工したマキノウ橋 (アメリカ) の橋脚では、アルゴンキン号というモルタルプラント船にかくはん容量 3 cu.yd. (約 2.3 m<sup>3</sup>) のモルタルミキサを備えた例があるが、くわしい資料はまったく報告されていない。わが国では、本州四国連絡橋下部工の実験工事でかくはん容量 3.3 m<sup>3</sup> のモルタルミキサが試験され好成績をあげているようだが、現在一般に使用されているミキサの最大級のものでもかくはん容量は 0.6 m<sup>3</sup> である。

わが国において建設される大型海中構造物をプレパックドコンクリートで施工する場合にも、まず、プレパックド用大容量モルタルミキサの開発が要求される。

このような背景から大容量モルタルミキサ (かくはん容量 1.5 m<sup>3</sup>) の開発を行った。その開発途上に、モルタルミキサの形式によってモルタル材料の分散の程度が異なることが判明したので、この問題についてさらに実

験検討を現在行っている。

本文は、大容量モルタルミキサ (かくはん容量 1.5 m<sup>3</sup>) の開発の過程について論じ、大黒ふ頭連絡橋 P-6 橋脚施工の際の使用実績について報告したものである。

なお、この大容量モルタルミキサは、I 社などが開発した $\omega$ 型モルタルミキサが母体となっていることを付記し、本研究を行うに際して多大のご助力をいただいた関係各位に感謝する。

### 2. 開発の概要

横浜市大黒ふ頭連絡橋の P-4, P-5, P-6 橋脚がプレパックドコンクリートで計画された。この橋の縦断面図は図-1 のようで、最も大きい P-6 橋脚の正面図は図-2 のようであり、水面上 2.5 m より下の部分をプレパックドコンクリートで打設した。

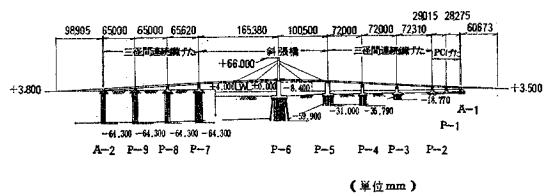


図-1 大黒ふ頭連絡橋縦断面図

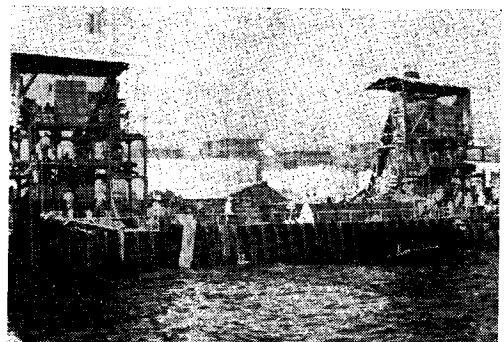


写真-1 旧型モルタルプラント

\* 正会員 清水建設 (株) 土木設計部部長

P-4, P-5 橋脚のプレパッド  
コンクリートは、かくはん容量  
0.6 m<sup>3</sup> のモルタルミキサを3基  
備えたモルタルプラント2セット  
で打設した。モルタルプラントは  
写真-1 に示すようで、注入モル  
タルの製造実績は、26.1 m<sup>3</sup>/hr.,  
37 m<sup>3</sup>/hr. であった。

このモルタルプラントで P-6  
橋脚のプレパッドコンクリート  
を打設するには約4昼夜かかり、  
注入管の配置、モルタルポンプ台  
数などを考慮すると、均等質で品  
質の高いプレパッドコンクリート  
を打設することが困難であつた。  
そのために、前述したモルタル  
プラントの約2倍(60 m<sup>3</sup>/hr.)  
の能力のモルタルプラントが必要  
で、モルタルミキサにも大容量の  
ものが要求された。

ちょうどこの時期に、I社がかくはん容量1.5 m<sup>3</sup> の  
ω型モルタルミキサを試作したのでこのミキサに着目した。  
このミキサは 図-3 に示すような構造で、底が ω  
型になっていることと、かくはん翼が板状であることが

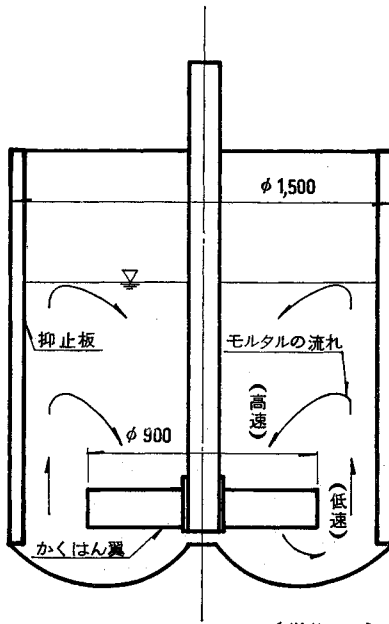


図-3 ω型モルタルミキサ

(単位mm)

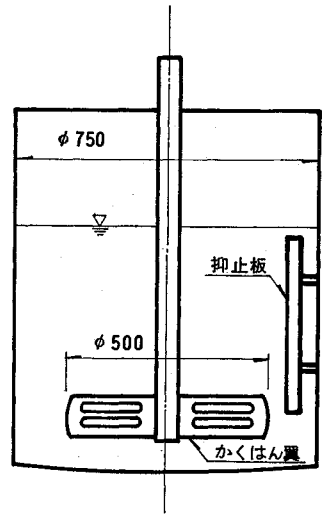


図-4 プレパッド用モルタルミキサの一例

従来のモルタルミキサ(図-4)と異なる点である。

ω型モルタルミキサの練りませ機構は次のようである。  
板状のかくはん翼を回転させると、モルタル材料が底に押しつけられて、ドラムに沿ってゆっくりと上昇し、上昇しきるとミキサ中央部に急速に吸いこまれる。  
すなわち、図-3 に示すように、モルタル材料に流れを生じさせ、モルタル材料相互に速度勾配をつけて、モルタル材料相互のせん断作用によって練りませるのである。

一方、一般に使用されているプレパッド用モルタルミキサは 図-4 のような構造であり、その練りませ機構は、図-3 のようなモルタル材料の流れ(ω型ミキサよりゆるやか)が生じるのみならず、穴の開いたかくはん翼自体でもモルタル材料がせん断され、さらにドラムに取付けた抑止板によっても材料がせん断される点が ω型モルタルミキサと異なる。

表-1 ω型モルタルミキサとプレパッド用モルタルミキサとの比較

項 目	ω型モルタルミキサ (図-3 参照)	プレパッド用モルタルミキサ (図-4 参照)
構 造		
かくはん翼の形状	板 状	穴開き板状
底 の 形 状	ω 型	平坦またはゆるやかな孤状
抑 止 板 の 大 き さ	小 (ほとんど有効でない)	大 (有効に働く)
練りませ状況		
モルタルの流れ (モルタル相互のせん断作用)	大	ゆるやか
かくはん翼、抑止板のせん断 (外的せん断作用)	小	大

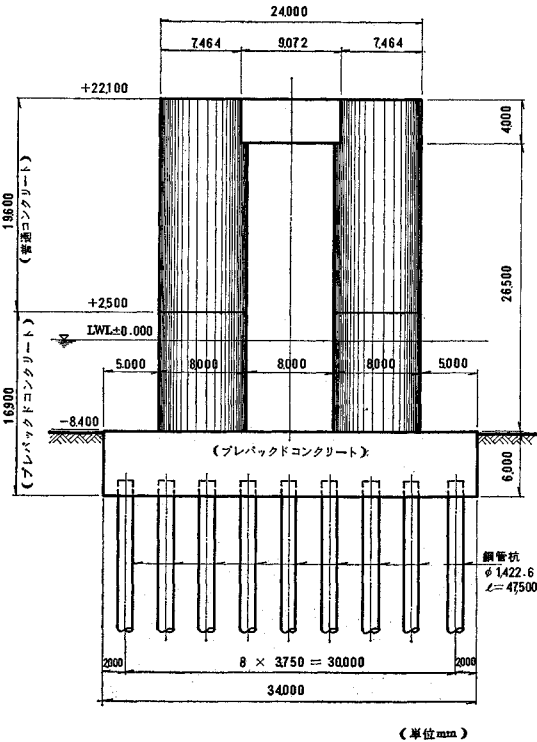


図-2 大黒ふ頭連絡橋 P-6 橋脚正面図

(単位mm)

表-2 大容量モルタルミキサの開発過程

試験日	試験名称	試験の内容	試験の結果	本文に記述した章
昭和47年9月8日	第1次大型の型ミキサ性能試験	●最適練りませ時間の選定 ●ミキサの性能試験	従来のモルタルミキサの場合に比べて圧縮強度が30%程度低い	4.
昭和47年10月11日	第2次大型の型ミキサ性能試験	第1次試験の確認	第1次試験と同じ結果	4.
昭和47年11月13日 昭和48年1月7日	第1次の型ミキサ開発試験 (小型の型ミキサ使用)	●ミキサの相似性の検討(大型ミキサと周速を等しくして試験) ●小型の型ミキサを用いて、最適な抑止板の開発	●小型ミキサの性能良好(相似則成立せず) ●抑止板の形状2種に決定	5.
昭和48年1月9日 昭和48年1月13日	第2次の型ミキサ開発試験 (大型の型ミキサ使用)	第1次開発試験の確認 (抑止板の形状を変えて練りませ試験)	A案に決定 (写真-4参照)	6.
昭和48年6月11日 昭和48年7月16日	実用化試験	大黒ふ頭連絡橋 P-6 橋脚施工のために使用	実用化に成功	7.

表-3 セメントの試験成績表

試験項目	比重	粉末度		凝結		安定性 (煮沸法)	フロー (mm)	曲げ強さ (kg/cm <sup>2</sup> )			圧縮強さ (kg/cm <sup>2</sup> )		
		ブレン (cm <sup>2</sup> /g)	88μ残分 (%)	始発 (時一分)	終結 (時一分)			3日	7日	28日	3日	7日	28日
M社フライアッシュ セメントB種	2.93	3290	1.6	2-54	4-06	良	244	32.1	46.3	65.8	131	232	388
JIS R 5213	2.75 以上	2700 以上	10 以下	1 以後	10 以内			14 以上	24 以上	38 以上	50 以上	100 以上	210 以上

試験項目	化学成分 (%)									水と熱 (cal/g)	
	強熱減量	不溶解分	シリカ	アルミナ	酸化第二鉄	酸化カルシウム	マグネシア	無水硫酸	合計	7日	28日
M社フライアッシュ セメントB種	0.6	17.5	17.3	4.8	2.7	53.5	1.3	1.7	99.4	64.8	75.1
JIS R 5213							5.0 以下	3.0 以下			

ω型モルタルミキサとプレパックド用モルタルミキサの比較をすると表-1 のようになる。ω型モルタルミキサは一般に硬練りのモルタルを練りませるのに有効である。

そこで、大型 ω 型モルタルミキサの性能試験を行った。その結果、まだ固まらない注入モルタルの試験結果は良好であったが、モルタルの圧縮強度が一般に使用されているプレパックド用モルタルミキサの場合に比べて約 30% 低かった。その理由として、注入モルタルのような軟練りのモルタルは硬練りのモルタルに比べてモルタル相互のせん断作用が小さいので、ω 型ミキサではモルタル材料(特にセメント、フライアッシュ)がよく分散しないために圧縮強度が低下したものと考えられた。

したがって、ω 型モルタルミキサの改良を行う必要が生じた。改良案として、モルタルに外的せん断力を与えることを考え、かくはん翼は特に加工しないで(モルタルの流れを尊重)、ドラムに抑止板を取付けることにした。表-2 に示すような順序で抑止板の開発を行った。

### 3. 使用材料および試験方法

#### (1) 使用材料

セメントは M 社製のフライアッシュセメント B 種

(F/C+F=16%)を用い、その試験成績は表-3 に示すように JIS R 5213 (フライアッシュセメント)を満足していた。

細骨材は千葉県富津産の川砂を用いた。粒度分布は図-5 に示すようで、粗粒率 1.48、比重 2.57、吸水量 2.47% であり、注入モルタルに適した砂であった。

混和剤は K 社製のイントルージョンエイドを使用した。練りませ水は上水道水を用いた。

プレパックドコンクリートの圧縮強度試験用供試体を作製する場合の粗骨材は、栃木県思川産の川砂利を 15 ~40 mm の粒度にふるい分けて使用した。

#### (2) 注入モルタルの配合

注入モルタルの配合は、表-4 に示すように大黒ふ頭連絡橋の場合と同一にし、すべてこの配合で試験を行った。

#### (3) 試験方法

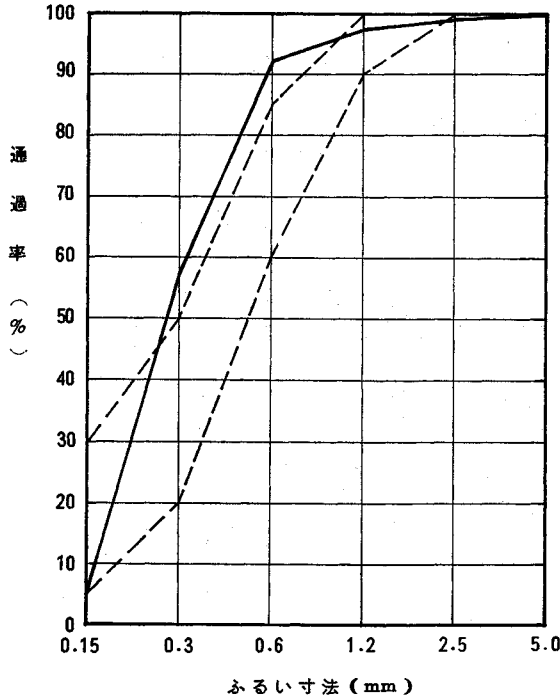
注入モルタルのコンシステンシー試験は、土木学会規準 H-III.1 (プレパックドコンクリートの注入モルタルのコンシステンシー試験方法)に準じて P ロート (容量 1725 cc) を用いて行い、その流下時間をフロー値とよんだ。

注入モルタルの膨張率・ブリージング率試験は、土木

表—4 注入モルタルの配合

粗骨材			流下時間の 圍	水材 結 合 比 W/(C+F) (%)	混和材 率 F/(C+F) (%)	砂材 結 合 比 S/(C+F)	単 位 量				
最小 寸 法 (mm)	最大 寸 法 (mm)	空 隙 率 (%)					W (kg)	C (kg)	F (kg)	S (kg)	混 和 剤 (g)
15	40	42	19±3	49	16	0.9	414.0	709.9	135.2	760.6	84.51

注) 混和剤は、減水剤とアルミニウム粉末の両方の効果を有するものを使用したので、アルミニウム粉末の項は省略した。



注) 破線は土木学会「コンクリート標準示方書」256条に示されている標準範囲である。

図—5 細骨材の粒度曲線

学会規準 H-III.3 にポリエチレン袋を用いる方法が規定されているが、簡略な方法として、1000 cc メスシリンダーの中に注入モルタルを約 800 cc 入れて試験した。モルタルを入れた時の目盛りの読みを  $V_0$ (cc) とし、 $t$  時間後における水面とモルタル面の読みを  $W_t$ (cc)、 $M_t$ (cc) とすれば、膨張率とブリージング率は次式で計算できる。

$$\text{膨張率} = \frac{W_t - V_0}{V_0} \times 100 (\%)$$

$$\text{ブリージング率} = \frac{W_t - M_t}{V_0} \times 100 (\%)$$

まだ固まらない注入モルタルの単位容積重量は、容量約 1 l のガラス製容器を用いて JIS A 1116 に準じて試験した。

注入モルタルの材料分離の生じ難さを示す一試験方法

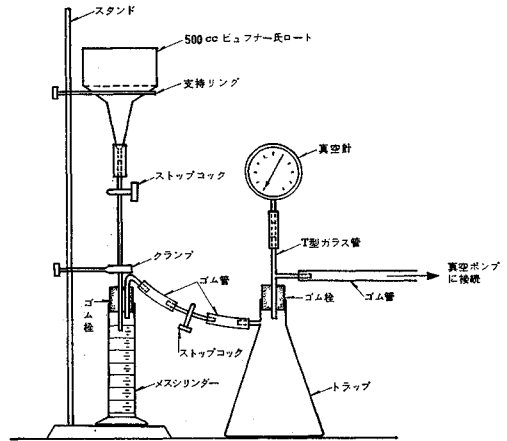
として保水性試験がある。この保水性試験は、注入モルタル中の水を真空で吸引する方法で、モルタル中の水の抜け難さを示すものである。試験方法について、2, 3 提案されているが<sup>2), 3), 4)</sup>、わが国では規準化されていない。アメリカの Corps of Engineers では、CRD-C 80 (Method of test for Water Retentivity of Grout Mixtures) に保水性試験方法を規準化しているの

ので、本研究では、この規準に準じて試験を行った。

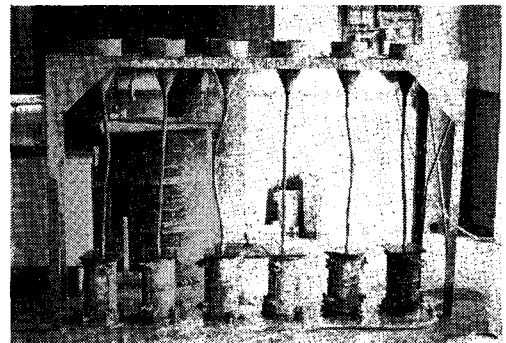
すなわち、図—6 のような試験装置を用いて、500 cc の注入モルタルをロートに入れ、これを -700 mmHg の真空で吸引して脱水量と経過時間との関係を求めた。60 cc 脱水するのに要する時間を注入モルタルの保水性と称した。

練りませ直後の注入モルタルの空気量試験は JIS A 1128 (空気室圧力方法) に準じて行った。

注入モルタルおよびプレパックドコンクリートの圧縮強度試験用供試体は、土木学会規準 H-III.4 (プレパックドコンクリートの注入モルタルの圧縮強度試験



図—6 保水性試験装置



写真—2 モルタル注入用架台

方法), 同 H-III.5 (プレパックドコンクリートの圧縮強度試験方法) に準拠して作製したがプレパックドコンクリートの供試体を作製する場合, モルタルの注入を写真-2 のような高さ 1.2 m の架台を用いた点が異なる。

#### 4. 大型 ω 型モルタルミキサ性能試験について

2. に述べた大型 ω 型モルタルミキサ (かくはん容量 1.5 m<sup>3</sup>) の性能が所要のものかどうかを確認するため, また, 適当な練りませ時間の選定のために, ミキサの性能試験を行った。

試験は, 図-7 のような試験用モルタルプラントを用いて行った。

材料の投入は, 粒子の小さいものから水, 混和剤 (I. A.), フライアッシュセメント (C+F), 砂 (S) の順に, 図-8 に示すようなサイクルタイムで行った。練りませ時間は, 材料投入後のかくはん時間で示した。

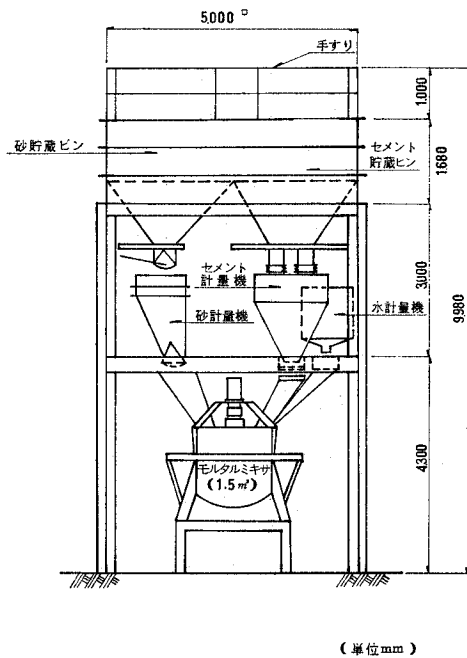


図-7 試験用モルタルプラント

時間(秒)	30	60	90	120	150
W, I. A.	20				
C + F	11	14	16		
S	25	35			

練りませ時間  
90 秒

図-8 サイクルタイム

#### (1) 最適練りませ時間の選定

プレパックド用モルタルミキサの性能はミキサの形式, 練りませ速度, 練りませ時間などによって異なることが報告されている<sup>2), 5)</sup>。たとえば, 岩崎<sup>5)</sup>は, モルタルのコンシステンシーにおよぼす練りませ速度および練りませ時間の影響について試験して, 練りませ速度が大きいほど短時間で十分な練りませ効果が得られたことを示している。

大型 ω 型モルタルミキサでも, かくはん翼の形状, 角度, 練りませ速度, 練りませ時間などによって性能が異なると思われるが, かくはん翼の形状, 角度および練りませ速度はメーカーの試験結果から決定した。すなわち, かくはん翼の形状は 図-3 のように板状で, 角度は 30°, 練りませ速度は 220~240 rpm とした。したがって最適な練りませ時間の検討のみを行った。

図-8 のようなサイクルタイムで材料を投入した後 1 分, 2 分, 3 分練りませて, ミキサ内の上部と下部 (排出し始め) からモルタルを採取してそれぞれのフロー値を試験した。その結果, 図-9 のように練りませ時間が長くなるにつれてフロー値が低下した。たとえば, ミキサの下部から採取したモルタルのフロー値は, 練りませ時間 3 分の場合 16.4 秒であって 1 分の場合より約 5 秒減少した。しかし, 練りませ時間が 1~3 分の範囲では, フロー値はいずれも標準範囲 19±3 秒に入っていた。

また, ミキサ内の上部と下部から採取したモルタルのフロー値の差は 1~2 秒であって, ほぼ均等であると考えられた。

一方, 大型モルタルプラントには 60 m<sup>3</sup>/hr. の注入モルタルを製造する能力が要求されたので, サイクルタイムを可能な限り短くする必要があった。練りませ時間も所要の品質の注入モルタルが得られる範囲でできるだけ短くした方が望ましいのである。

したがって, 以上のことを総合的に判断して, 19 秒

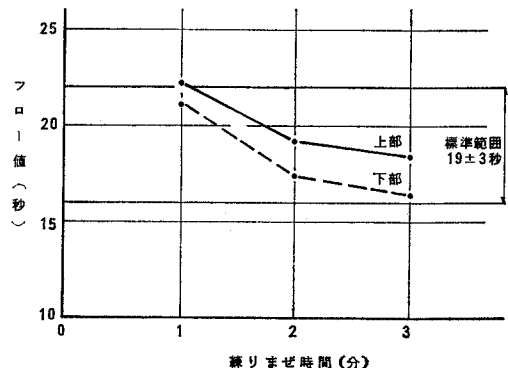


図-9 練りませ時間とフロー値との関係

のフロー値が得られる練りませ時間、すなわち 90 秒を大型  $\omega$  型モルタルミキサの練りませ時間に決定した。

## (2) ミキサの性能試験結果について

最適な練りませ時間を 90 秒と決定したので、図-8 のようなサイクルタイムで練りませ、注入モルタルのフロー値、膨張率、ブリージング率、空気量、圧縮強度およびプレパックドコンクリートの圧縮強度の試験を行った。モルタルの採取はミキサ上部からとした。

まだ固まらない注入モルタルの試験結果は表-5 のように、ほぼ満足できる値であった。空気量は 0.35% ときわめて小さかった。

表-5 注入モルタルの試験結果 (性能試験)

フロー値 (秒)	3時間後の 膨張率 (%)	3時間後のブ リージング率 (%)	空気量 (%)
16.4	4.65	1.93	0.35

しかし、硬化した注入モルタルおよびプレパックドコンクリートの圧縮強度は表-6 に示すようにかなり低かった。表-6 に、本試験と同一の材料を用いて同一配合の注入モルタルを PM-8 型ミキサで練りませた場合の圧縮強度を示した。この PM-8 型ミキサは、図-4 に示すような形式で、かくはん容量 0.2 m<sup>3</sup>、練りませ速度 200 rpm で、K社製である。

表-6  $\omega$  型ミキサと PM-8 型ミキサにおける  
圧縮強度の比較 (性能試験)

項 目	大型 $\omega$ 型ミキサ		PM-8 型ミキサ		①/② × 100 (%)
	① 圧縮強度 (kg/cm <sup>2</sup> )	変動係数 (%)	② 圧縮強度 (kg/cm <sup>2</sup> )	変動係数 (%)	
注入モルタル	201	13.2	315	14.1	64
プレパックド コンクリート	173	15.0	249	6.5	70

注) 材令 28 日の圧縮強度試験結果である。

大型  $\omega$  型モルタルミキサで練りませた場合の圧縮強度は、PM-8 型ミキサで練りませた場合より 30% 程度低い値であった。材料のばらつき、供試体作製におけるばらつきなどによる圧縮強度の変動を考慮しても、30% という低下は大きいのである。モルタルミキサの形式によって圧縮強度が異なる理由として次の 2 点が考えられた。

- 1) 練りませ時間が 90 秒では短かすぎる。
- 2) 練りませ機構に問題がある。

1) の練りませ時間について検討するために、改めて練りませ時間 60 秒、90 秒、120 秒のモルタルの圧縮強度試験を行った。その結果、材令 28 日でそれぞれ 207、201、204 kg/cm<sup>2</sup> であって、練りませ時間が 1~2 分の範囲ではモルタルの圧縮強度は大差なかった。赤塚<sup>2)</sup> は

高速偏心軸型モルタルミキサを用いて、 $W/C+F=47\%$ 、 $F/C+F=30\%$ 、 $S/C+F=1.0$ 、 $Poz. 5/C+F=0.5\%$ 、 $AI/C+F=0.01\%$  の配合の注入モルタルを 5~150 分練りませ、それぞれの練りませ時間におけるモルタルの圧縮強度試験を行い、練りませ時間の増加に応じてモルタルの圧縮強度が増加することを報告している。赤塚の場合でも、練りませ時間が 5~20 分の範囲ではモルタルの圧縮強度は大差ない。すなわち、練りませ時間が実用的な 5 分程度以内であれば練りませ時間がモルタルの圧縮強度に及ぼす影響はきわめて小さいものと考えられる。

したがって、前述したモルタルの圧縮強度の低下は 2) の練りませ機構に起因するものと思われる。 $\omega$  型モルタルミキサは図-3 のようなモルタルの流れを生じ、モルタル相互のせん断作用によって練りませる機構であって、硬練りのモルタルに対して有効である。注入モルタルのような軟練りのモルタルでは、単位水量が多いためモルタルの粘性、せん断降伏値が小さく、モルタル相互のせん断作用が小さいと考えられる。

T.C. Powers<sup>9)</sup> は、Papadakis, Ish-Shalom and Greenberg が試験した結果をまとめて次のように報告している。すなわち、 $W/C$  を変えたセメントペーストを回転粘度計で試験し、 $C/W$  (容積比) の増加にともなって粘性 (Plastic viscosity) と降伏値 (yield value) が増加することを示している。換言すれば、 $W/C$  の増加、すなわち単位水量が多くなるにともなって粘性および降伏値が減少するのであって、上述した論旨の妥当性を示している。

したがって、軟練りのモルタルを  $\omega$  型モルタルミキサで練りませると、モルタル相互のせん断作用が小さいためにモルタル材料 (特にセメント、フライアッシュ) がよく分散しないで、その結果としてモルタルの圧縮強度が低下したと考えられる。このような場合、練りませ時間を長くしてもそれほど効果がないと思われた。

## 5. 第 1 次 $\omega$ 型モルタルミキサ開発試験について

大型  $\omega$  型モルタルミキサでは注入モルタルのような軟練りのモルタルを十分に練りませられないので、ミキサの改良を行う必要が生じた。

ミキサの改良方法としてはいろいろ考えられるが、 $\omega$  型モルタルミキサの強力なモルタルの流れは大切にして、抑止板などによってモルタルに外的せん断力を与える方法が妥当であると考えた。

そこで、抑止板の最適な形状を検討するために、いろいろな抑止板を試作して練りませ試験を行った。

大型  $\omega$  型モルタルミキサでこの開発試験を行うことが望ましいが、抑止板の形状の目安をつける第一段階では、取扱いが容易な小型  $\omega$  型モルタルミキサ（かくはん容量 100 l）を使用した。そのために、まず大型  $\omega$  型ミキサと小型  $\omega$  型ミキサとの相似性について検討した。

(1) ミキサの相似性について

通常のコンクリートミキサを設計する場合、ドラムの周辺に着目してドラムの周速を等しくすることによってミキサの相似性を示しているの、小型  $\omega$  型モルタルミキサの場合にもこの考え方を適用した。すなわち、大型  $\omega$  型モルタルミキサと周速を等しくするには、小型  $\omega$  型ミキサの回転数を 360 rpm にすればよい（大型  $\omega$  型モルタルミキサの回転数 230 rpm に相当）。

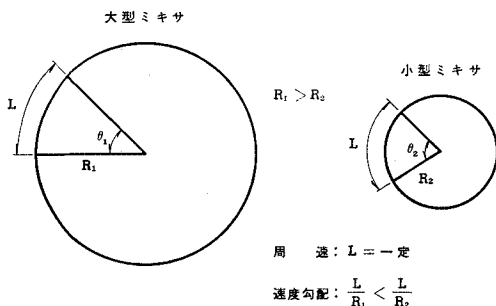
そこで、小型  $\omega$  型モルタルミキサを用いて、回転数を 360 rpm とし材料を約 1 分間で投入した後 90 秒練りまぜて、注入モルタルのフロー値、膨張率、ブリージング率、圧縮強度の試験を行った。

表一 小型  $\omega$  型モルタルミキサの場合の試験結果

ミキサの形式	フロー値 (秒)	3時間後の膨張率 (%)	3時間後のブリージング率 (%)	モルタルの圧縮強度 (kg/cm <sup>2</sup> )		
				$\sigma_7$	$\sigma_{14}$	$\sigma_{28}$
小型 $\omega$ 型ミキサ	18.6	5.4	2.1	200	313	324
PM-8 型ミキサ	18.8	5.8	2.0	208	254	315

その結果は表一に示すようであり、PM-8 型ミキサで練りまぜた場合とほぼ同じ値であった。すなわち、 $\omega$  型モルタルミキサでも小型の場合にはモルタル相互のせん断作用で十分に練りまぜることができるのである。この理由は次のように考えられる。

$\omega$  型モルタルミキサで注入モルタルを練りまぜるためには、モルタル相互のせん断作用、すなわち速度勾配が重要である。一つの考え方として大型  $\omega$  型ミキサと小型  $\omega$  型ミキサの速度勾配を比較すると、図一十のように周速を等しくすればドラムの半径が異なるために速度勾配が相違するのである。したがって、小型  $\omega$  型ミキサ



図一十 大型ミキサと小型ミキサにおける速度勾配の比較

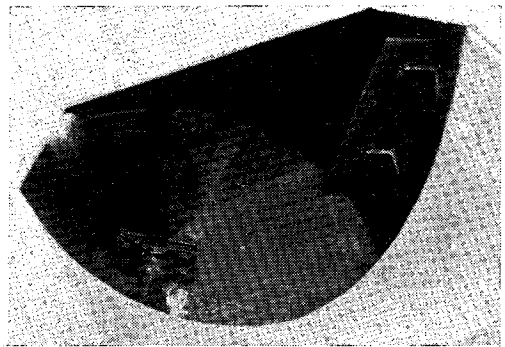
の方が速度勾配が大きいためミキサ内部でのモルタルの速度の変化がはげしく、練りまぜ効果がよく、その結果、PM-8 型ミキサと同程度のモルタル圧縮強度が得られたものと思われる。

一方、大型  $\omega$  型ミキサと小型ミキサとの速度勾配を等しくした場合には、周速が異なるために、小型  $\omega$  型ミキサの場合、ドラムとモルタルとの間のせん断作用も小さくなって十分な練りまぜ効果が得られない。

したがって、注入モルタルを練りまぜる場合には、通常のコンクリートミキサでいわれている周速を等しくする相似則が成立しない。注入モルタルを練りまぜる場合の相似則は、周速のみならずモルタルの速度勾配をも考慮して定める必要があるように思われる。

(2) 抑止板の効果について

一般に用いられているプレパックド用モルタルミキサの典型的な抑止板の形状は写真一三のようであって、約 5 cm 程度の幅の長方形の板をドラムに取付けたものである。 $\omega$  型モルタルミキサの場合、ドラムに沿ったモルタルの流れが図一三のようにゆるやかであるために、写真一三のように抑止板をドラム付近にのみ取付けても効果がなく、モルタルの流れが直接かくはん翼の影響を受けるミキサ中央部にまで抑止板を延ばした方がより効果的であると考えた。



写真一三 プレパックド用モルタルミキサの抑止板の一例

そこで、まず抑止板の形状として、図一十一の Trial 1 のような抑止板を試作して練りまぜ試験を行った。抑止板は 20×20 mm の山形鋼を加工して作製した。練りまぜ状況は、抑止板のない場合に比べてモルタルに乱流が生じ、よくかくはんされていたが、中央付近の垂直部材がモルタルの流れを阻害して好ましくなかった。練りまぜ時間 90 秒の場合のフロー値は 25 秒であって、抑止板のない場合より悪くなった。

次に、図一十一の Trial 2 のような抑止板を試作した。この抑止板は、Trial 1 の中央付近の垂直部材をなくし、抑止板をドラム壁から 8 cm 離して、さらに抑止

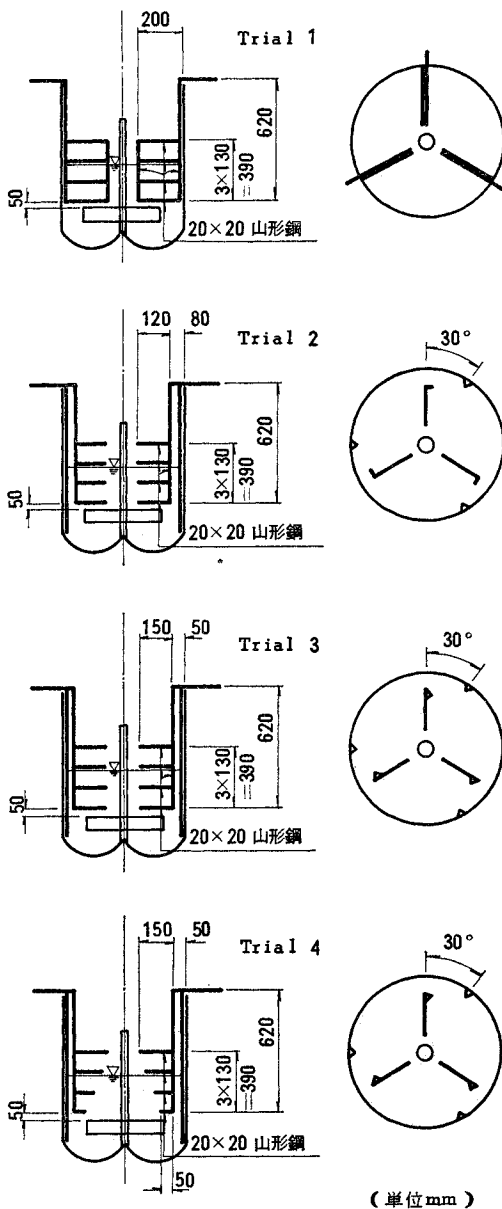


図-11 試作した抑止板の形状

板の前面 30° の位置に垂直に 20×20 mm の山形鋼を取付けてモルタルの流れをよりスムーズにした点に特徴がある。従来使われている抑止板の観念からすれば、抑止板をドラム壁から離すのは初めてのことである。この抑止板を取付けて練りませ試験を行ったところ、Trial 1 の場合に比べてモルタルの流れがスムーズになるとともに水平部材の効果が大きいようであった。フロー値は 18.6 秒であり、抑止板がない場合と大差なかった。しかし、モルタルの流れの状況から判断すると、モルタル材料の分散の程度は改善されているものと思われた。

次に、Trial 2 の水平部材を支える鉛直部材の方向を

Trial 3 のように変えてみた。その他は Trial 2 とまったく同じである。Trial 3 のように鉛直部材を取付けた方が、モルタルの流れに乱れを生じさせてモルタル材料の分散が促進されると思われたからである。同様に練りませ試験を行ったが、鉛直部材によってモルタルの流れが 2 方向に分かれ、抑止板の後方において渦が Trial 2 の場合より多かった。フロー値は 18.6 秒であり、モルタル材料はよく分散したものと考えられる。

しかし、水平部材の鉛直純間隔は約 10 cm であったが、ここにモルタル材料がたまりやすかったので、Trial 4 では、下部の水平部材を短くした。この練りませ試験を行ったところ材料のたまりはなくなったが、モルタル材料の分散の程度はあまりよくないようであった。下部の水平部材は、かくはん翼との間に強力なせん断作用を生じさせるのに有効であると考えられ、Trial 3 の方が優れていると思われた。フロー値は 18.2 秒と Trial 3 の場合と大差はなかった。

表-8 圧縮強度における抑止板の効果

項	目	原 型	Trial 2	Trial 3	Trial 4
モルタル	$\sigma_{28}$ (kg/cm <sup>2</sup> )	324	348	357	313
	百分率 (%)	100	107	110	97
プレパックド コンクリート	$\sigma_{28}$ (kg/cm <sup>2</sup> )	199	223	215	230
	百分率 (%)	100	112	108	116

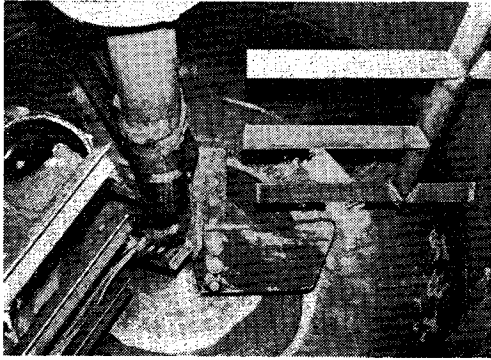
以上、抑止板の形状が異なると練りませ状況が相違することを示した。同時にモルタルの圧縮強度試験を行ったので、その結果を表-8 に示した。抑止板を取付けてもモルタルのフロー値は大差なかったが、モルタルの圧縮強度は表-8 に示すようにいくぶん増大した。たとえば、Trial 3 の場合のモルタル圧縮強度は原型の場合より 10% 増加した。すなわち、抑止板を取付けることによって、モルタル材料がよく分散するようになったと考えられる。

練りませ状況およびモルタルの圧縮強度試験結果を総合的に判断すると、抑止板は Trial 3 が最も望ましい形状であると考えられた。しかし、上述したように抑止板の水平部材に材料がたまりやすい点に問題が残された。

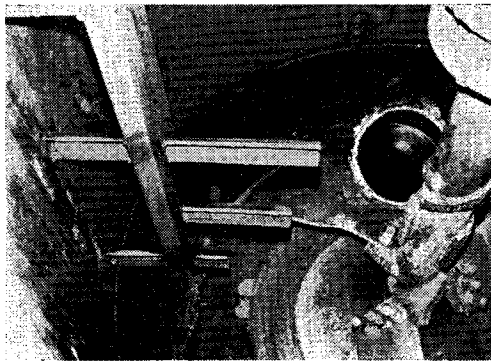
## 6. 第 2 次 ω 型モルタルミキサ開発試験について

小型 ω 型モルタルミキサで抑止板の開発試験を行ったが、5. に述べたように、プレパックド用モルタルミキサには周速一定の相似則が成り立たないので、大型 ω





A 案



B 案

写真-4 抑止板のA案およびB案

型モルタルミキサで試験しなければ抑止板の効果がわからないのである。そこで、開発試験の第2段階として、5. で適当であると認められた抑止板を大型の型モルタルミキサに取付けて、抑止板の効果の確認を行った。

抑止板の形状は 図-11 に示した Trial 3 と Trial 4 の2種とし、それぞれをA案、B案とよんだ(写真-4)。Trial 4 はモルタルの圧縮強度がいくぶん低かったが、材料の投入が容易であったために採用した。練りませ断面における抑止板の断面積が等しくなるように、大型ミキサの抑止板の形状を決めた。

練りませは、材料の投入を 図-8 に示したサイクルタイムで行い、その後90秒練りませで、ミキサの回転を停止した後、ミキサの上部、中部、下部からモルタルを採取して、図-12 のように試験を行った。

同時に、PM-8型モルタルミキサと同じ性能を有する小型試験用ミキサ(かくはん容量30ℓ)でも練りませで、同様の試験を行って、この結果を標準とした。

抑止板A、B案を取付けた場合の練りませ状況は写真-5、6 のようであり、いずれも良好であった。A案の場合は特に練りませが激しく、よく練りませられていた。

小型の型モルタルミキサの場合は抑止板の水平部材

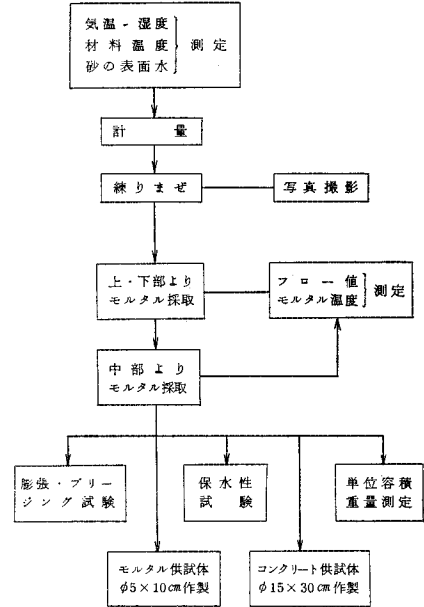


図-12 試験のフローチャート



写真-5 抑止板A案の練りませ状況

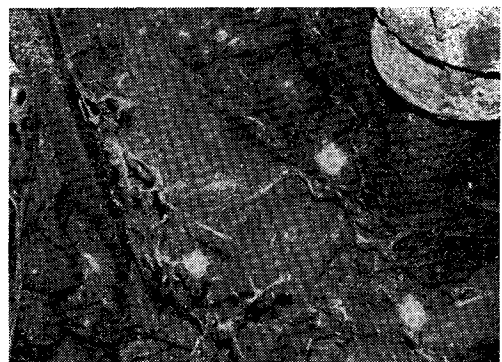


写真-6 抑止板B案の練りませ状況

に材料がたまりやすかったが、大型ミキサにおいては材料がまったくたまらなかった。練りませ状況から判断すると抑止板下部の水平部材とかくはん翼の間における

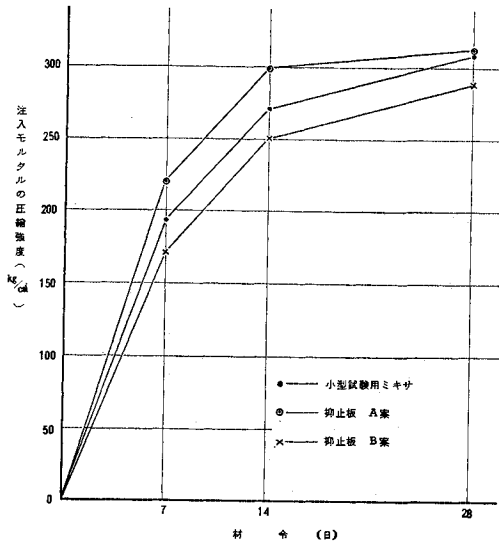
せん断作用が激しく、下部の水平部材が有効に働いているようであった。

まだ固まらない注入モルタルの試験結果は表一9のようであり、いずれの場合でも大差なかった。また、ミキサの上, 中, 下部から採取したモルタルのフロー値の差は最大で2秒であってほぼ均等に練りまぜられたもの

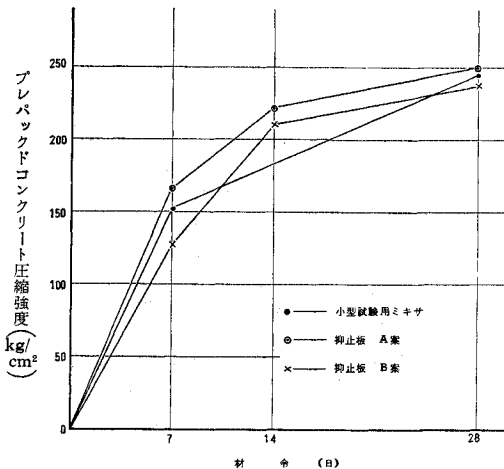
表一9 まだ固まらない注入モルタルの試験結果

ミキサの改良案	フロー値 (秒)			単位容積重量 (t/m <sup>3</sup> )	3時間後の膨張率 (%)	3時間後のプリージンク率 (%)	保水性 (秒)
	上部	中部	下部				
小型試験用ミキサ		19.2		2.01	6.0	1.0	328
A案	17.9	19.4	18.4	2.03	5.7	1.1	306
B案	16.1	16.4	16.0	2.02	5.0	1.3	299

注) 保水性は 60 cc 脱水に要する時間で示した。



図一13 注入モルタルの圧縮強度試験結果



図一14 プレパックドコンクリートの圧縮強度試験結果

と考えられる。

ミキサ中部から採取した注入モルタルおよびプレパックドコンクリートの圧縮強度試験結果は図一13, 14に示すようであった。いずれの場合でも大差ないが、A案の場合の圧縮強度が最も大きかった。すなわち、抑止板を取付ければ、従来のプレパックド用モルタルミキサの場合と同程度以上の圧縮強度が得られることが明らかとなった。

以上のことを総合的に判断すると、抑止板の形状としてA案が最も望ましく、小型ω型モルタルミキサの場合の結果と一致した。A案が最も望ましい理由として、抑止板下部の水平部材とかくはん翼との間におけるせん断作用が有効であることが考えられた。

したがって、大容量モルタルミキサとして、A案のような抑止板を取付けた大型ω型モルタルミキサを製作することにした。

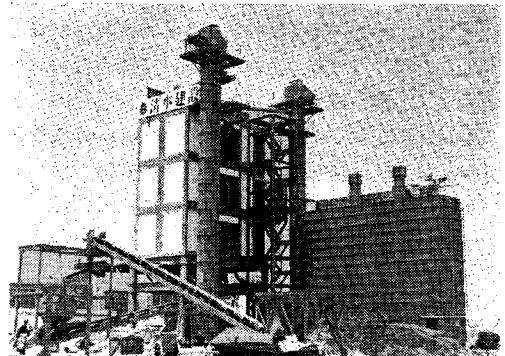
### 7. 大容量モルタルミキサの実用化——大黒ふ頭連絡橋 P-6 橋脚の施工

練りまぜ時間 90 秒で従来用いられていたプレパックド用モルタルミキサと同程度以上の練りまぜ性能が得られる大容量モルタルミキサ (かくはん容量 1.5 m<sup>3</sup>) が開発できた。そこで、このミキサを2基備えた大型モルタルプラント (60 m<sup>3</sup>/hr.) を製作して、大黒ふ頭連絡橋 P-6 橋脚の施工を行った。

本章では、P-6 橋脚施工時に行った品質管理試験をもとにして、大容量モルタルミキサの実用化試験という面からまとめた。

#### (1) 大型モルタルプラントの概要

大型モルタルプラントの形状は写真一7のようであって、船もしくは SEP に積載できるように設計した点に特徴がある。プラント本体のほかに、200 トンの横型セメントサイロおよびモーゲンセンサイザー式砂ふるい



写真一7 大型モルタルプラント

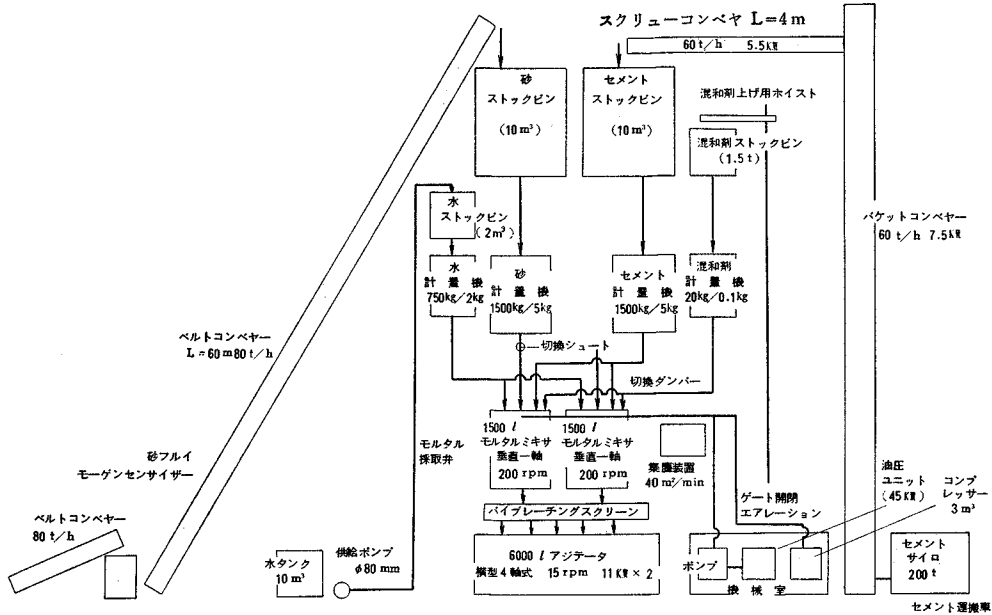


図-15 大型モルタルプラントのフローチャート

機がついている。プラント本体は、最上階に材料の貯蔵ビン、その下にロードセルタイプの計量機、続いて投入シュートの下にモルタルミキサがあり、パイブレーションスクリーンをとおしてアジテーターにモルタルが落ちる構造である。プラントのフローチャートは 図-15 に示すようになっており、すべての操作が全自動でできるようになっており、プラント中階に設けた制御室で操作する。それぞれの系統にはインターロックが付けてあり、ミスが出ないように配慮してある。

サイクルタイムは、計量 20 秒、材料投入 40 秒、練りませ 90 秒、排出 30 秒で合計 180 秒である。プラントの能力としては、いくぶんの余裕をみて 1 時間あたり 60 m<sup>3</sup> とした。

(2) 練りませ状況

P-6 橋脚のプレバックドコンクリートの施工は 4 回に分けて行った。プラントの稼働時間は、昭和 48 年 6 月 11 日から連続 38.5 時間、6 月 16 日から連続 21 時間、7 月 2 日は 7.6 時間、7 月 16 日は 6.75 時間で合計 73.85 時間であった。その間、モルタルミキサ自体のトラブルは一度もなく、連続運転も可能であることが証明された。

練りませ直後の注入モルタルのフロー値は平均 17.4 秒で、標準偏差も約 1.7 秒であり、一定のフロー値のモルタルを練りませることができたものと思われる。

(3) 品質管理試験結果について

品質管理のために、注入モルタルおよびプレバックド

表-10 品質管理試験結果

項目	材令	圧縮強度 (kg/cm <sup>2</sup> )	標準偏差 (kg/cm <sup>2</sup> )	変動係数 (%)
注入モルタル	7 日	171	22.3	13.1
	14 日	199	18.3	9.3
	28 日	276	18.4	6.7
	91 日	317	14.8	4.7
プレバックドコンクリート	7 日	151	19.1	12.6
	14 日	185	21.0	11.3
	28 日	247	11.0	4.5
	91 日	279	9.6	3.4

コンクリートの圧縮強度試験を行った。その結果を表-10 に示した。

注入モルタルの圧縮強度は材令 28 日で 276 kg/cm<sup>2</sup> であり、6. に述べた開発試験の場合より約 12% 低かった。この理由として、開発試験に使用した材料と必ずしも同一材料でないこと、現場試験であるために供試体の作製程度がいくぶん悪いことなどが考えられる。

しかし、プレバックドコンクリートの圧縮強度は開発試験の場合とほぼ同程度であった。プレバックドコンクリートの供試体には粗骨材が含まれるために、注入モルタルの供試体ほど材料および作製方法の影響が鋭敏でないためと考えられる。

総合的にみれば、ほぼ満足した圧縮強度が得られ、大容量モルタルミキサの優秀性が立証できたものと考えられる。

8. まとめ

短時間に、所要の品質の注入モルタルを大量かつ均一

に練りまぜることができるモルタルミキサを開発するために試験・検討を繰返した。

まず、大容量モルタルミキサとして、I社が開発した大型の型モルタルミキサ（かくはん容量 1.5 m<sup>3</sup>）に着目した。このモルタルミキサは、モルタル相互のせん断作用によって練りまぜる形式であるために、硬練りのモルタルに対して有効で、注入モルタルのような軟練りのモルタルは十分に練りまぜることができなかった。

軟練りのモルタルを十分に練りまぜるためには、モルタル相互のせん断作用のほかに、外的なせん断力を与えることが必要で、その一方法として抑止板を取付けることが有効であることを示した。

抑止板の形状もいろいろ考えられるが、写真—4 のA案のような抑止板が最も適当であることが明らかになった。この抑止板を取り付けた大型の型モルタルミキサであれば、練りまぜ時間 90 秒で一般に使われているプレパックド用モルタルミキサと同程度以上の性能が得られることを示した。

以上のようにして開発した大容量モルタルミキサの実用化試験として、大黒ふ頭連絡橋 P-6 橋脚を施工した時の記録を述べて、実用上十分に使用できることを確認

した。

今後急増するであろうプレパックドコンクリートの急速大量施工に、プレパックド用大容量モルタルミキサが果たす役割は大きく、意義もあるものと考えられる。

今後に残された問題として、モルタル材料の分散の程度の試験方法の確立、ミキサの回転数、かくはん翼の角度および形状などのミキサの諸因子とモルタルの諸性質との関係を明らかにすること、などがあげられる。これらの問題点を解明して、モルタルミキサの理論を確立する必要があり、今後さらに研究を行うつもりである。

#### 参 考 文 献

- 1) Dsvis, R.E. and C.E. Haltenhoff: Mackinac Bridge Pier Construction, Journal of ACI, 1956. 12.
- 2) 赤塚雄三: 注入モルタルに関する基礎研究, 港湾技術研究所報告, 第3巻6号, 1964.11.
- 3) 新見芳男: プレパックドコンクリート用モルタルの保水性試験方法について, 日本建築学会関東支部第39回学術研究発表会, 1968年.
- 4) General Specifications for Prepakt Concrete, Intrusion-Prepakt Inc., 1955.
- 5) 岩崎訓明: プレパックドコンクリートの施工方法に関する基礎的研究, 土木学会論文集, 第98号, 1963.10.
- 6) Powers, T.C.: Properties of Fresh Concrete.

(1974.8.30・受付)