

清水建設株式会社 正会員 北山 昇
 " " 武川 恵之助
 " " 奥村 忠彦

1. ま え が き

最近、海洋開発に伴ない海中に大型のプレバクトコンクリート構造物を建設する機運が高まっている。本州四国連絡橋、横浜市大黒心頭連絡橋の下部構造などは好例であり、これらの重要構造物はプレバクトコンクリートに所定の強度を要求している。このように、均等質で品質の高いプレバクトコンクリートを大量に施工するためには大型のモルタルプラントが必要である。従って、モルタルプラントの能力を支配するミキサにも大容量で、高性能のものが要求される。

モルタルミキサについて、「プレバクトコンクリート施工指針(案)」にはセメントやフライアッシュ粒子を分散させる強力なものが望ましい、と示されている。従来のミキサを相似に拡大した大容量ミキサについて試験を行なったが、粒子がよく分散しなかったので、検討の結果、粒子をよく分散させるためには、モルタルに外的せん断力を与えることが必要であった。

本文は、短時間に、所要の品質のモルタルを、大量かつ均一に練りまぜることができる大容量モルタルミキサ(練りまぜ容量1.5 m^3)を開発するために行なった試験の一部を、モルタル材料の粒子の分散効果という観点からとりまとめたものである。

2. 使用材料およびモルタルの配合

セメントは三菱セメント社製のフライアッシュセメントB種($F_c+F_f=16\%$)を用い、その試験を表-1に示す。粗骨材は富津産川砂を用い、比重2.57, 吸水量

表-1 セメントの試験成績表

比重	比表面積 (cm^2/g)	凝 結 (時-分)		安定性 (煮沸法)	曲げ強さ(kgf)		圧縮強さ(kgf/cm^2)	
		始発	終結		7日	28日	7日	28日
2.93	3290	2-54	4-06	良	46.3	65.8	232	388

2.47%, 粗粒率1.48であった。混和剤はコンケム社製のイントルージョンエイドを(C+F) $\times 1\%$ 用いた。水は上水道水とし、粗骨材は思川産川砂利(15~40mm)を用いた。

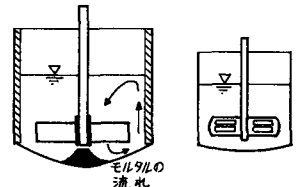
モルタルの配合は、 $W_c+F_f=49\%$, $F_c+F_f=16\%$, $S_c+F_f=0.90$, $I.A_c+F_f=1\%$ とした。

3. ミキサの概要および試験方法

3.1 ミキサの概要

従来のモルタルミキサは、図-1(2)に示すように穴の開いたかくはん翼を1段または2段備え、このかくはん翼の回転によりモルタルがゆるやかな流れを生じ、さらにかくはん翼がモルタルにせん断力を与えて練りまぜる型式である。

大容量モルタルミキサとしては、中部電力株式会社と石川島コーリング株式会社が開発した $\omega-1500$ ミキサ(練りまぜ容量1.5 m^3)に着目した。このミキサは図-1(1)に示すようであって、特に硬練りのモルタルに対して有効でパワーの大きなミキサである。穴の開いていないかくはん翼(3枚羽根1段)を回転すると、図のようなモルタルの流れが生じ、モルタル相互のせん断作用によって練りまぜるものである。



(1) $\omega-1500$ ミキサ (2) 従来のミキサ
 図-1 ミキサの種類の比較

3.2 試験方法

大容量モルタルミキサの練りまぜは、ミキサの回転を開始してから、水、イントルージョンエイド、フライアッシュセメント、砂の順序に材料を約35秒間で投入した後、90秒間かくはんした。ミキサを停止した後、ミ

キサの上, 中, 下部よりモルタルを採取し, それぞれのモルタルについて以下の試験を行なった。

また, 従来のミキサの典型としての小型試験用ミキサの練りまぜは, 同様の順序で材料を2分間で投入した後, 3分間かくはんした。

採取したモルタルについて, フロー値 (Pロート 1,725ccによる流下時間), モルタル温度, 単位容積重量 (JIS A 1119 (1967)), 膨張率, フリージング率, 保水性, モルタル圧縮強度 ($\phi 5 \times 10$ cm), プレバクトコンクリート圧縮強度 ($\phi 15 \times 30$ cm) を試験した。

4. ミキサの分散効果について

大容量モルタルミキサについて練りまぜ試験を行なった。まだ固まらないモルタルについては良好な結果を得たが, 硬化したモルタルおよびコンクリートの圧縮強度は従来のミキサの場合より30%程度低い値を示した。その理由として次のことが挙げられる。

通常のコンクリートミキサでは粗骨材がセメント粒子などの分散に有効に働くが, モルタルミキサでは粗骨材の効果がない。さらに, プレバクトコンクリート用のモルタルは通常のモルタルおよびコンクリートに比較して単位水量が多い。従って, この大容量ミキサでプレバクトコンクリート用モルタルを練りまぜると, 上述した理由によってモルタル相互のせん断作用が小さいので, 粒子がよく分散せず, その結果圧縮強度が低下したと考えられる。

そこで, 粒子の分散効果を上げ, 圧縮強度を増加するための一方法として, モルタルに外的せん断力を与えることを考えた。検討の結果, ミキサのかくはん翼は特に加工せず, ドラムに抑止板を取り付けてモルタルにせん断力を与えることにした。

4.1 ミキサの相似則について

上述した抑止板の効果を検討するために, 図-1(1)と同型式の小型8切ミキサを用い, 大容量ミキサと周速を等しくして数多くの試験を行なった。その結果, モルタルの練りまぜ状況は, 抑止板のない場合, 層流のようなきれいな流れであったのに, 抑止板を取り付けるとモルタルにかなりの乱れが生じよくかくはんされた。しかし, モルタルのフロー値, 単位容積重量, 圧縮強度については抑止板の効果が見られなかった。

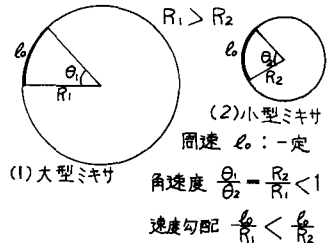


図-2 大型ミキサと小型ミキサの比較

通常のコンクリートミキサの場合, 周速を等しくすることによってミキサの相似則を示しているが, 軟練りのモルタルミキサの場合はそれが成り立たないと思われる。図-1(1)のような型式のモルタルミキサの場合はモルタル相互のせん断力, すなわち速度勾配が重要である。大容量ミキサと小型ミキサとを比較すると, 図-2に示すように周速が等しくても, ミキサのド

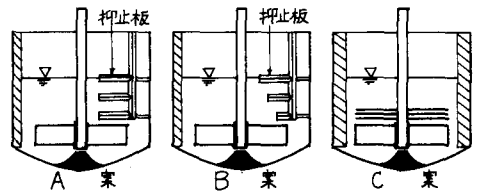


図-3 ミキサの改良案

ラムの半径が異なるので角速度が相違し, 必然的に速度勾配が異なってくる。従って, 周速を等しくした場合, 小型ミキサの方が練りまぜ効果が良く, 上述のように抑止板の効果が明瞭に出なかったと考えられる。

4.2 ミキサの改良案

小型ミキサでの試験結果は一部に満足したものが得られなかったが, モルタルの練りまぜ状況は抑止板によって相当の差が見られた。そこで, 比較的良好と思われた2案, すなわち図-3に示すAおよびB案, また抑止板とは異なる

表-2 まだ固まらない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 (g/cm ³)	3時間後の膨張率 (%)	3時間後のフリージング率 (%)	保水性 (秒)
	上	中	下				
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
C 案	18.6	19.8	19.6	2.02	6.1	0.8	298

注1) それぞれの値は, 3バッチの平均である。
 2) 保水性は, 60cc 脱水に要する時間である。

った観点から2段羽根にしたC案の3案を大容量ミキサに適用して、各種の試験を行なった。

5. 大容量ミキサの押し板がモルタルの諸性質に及ぼす影響について

4. に述べた大容量ミキサの改良案A, B, Cについて練りませ試験を行なった結果を表-2, 図-4, 5に示す。また、比較のために同時に小型試験用ミキサについても同様な試験を行なった。その結果、表-2に示すように、まだ固まらないモルタルの試験結果はいずれの改良案でも大差なかった。しかし、モルタルの練りませ状況はA案が最も良好であった。また、いずれの改良案の場合でも、ミキサの上, 中, 下部より採取したモルタルのフロー値および単位容積重量は大差なく、均等に練りませられていた。

硬化したモルタルおよびコンクリートの圧縮強度は、図-4, 5に示すようにA案が最も高く、小型試験用ミキサよりも上まわった。このことは、モルタルにせん断力を与える押し板を取り付けることによって、粒子の分散が改善されて圧縮強度が増加したと考えられる。小型ミキサでは押し板の効果が明らかでなかったのに、大型ミキサではこのように著しい差が認められたことは、軟練りのモルタルミキサに周速を等しくする相似則が成り立たないことを明確に示している。

改良案の中でA案が最も良好であったのは、押し板の最下部の水平部材が長く、この水平部材とかくはん翼との間にもせん断力が働いたためと考えられる。

6. あとがき

以上、短時間に、所要の品質のモルタルを、大量かつ均一に練りませることができミキサを開発するために種々の試験・検討を行なった結果、プレパクトコンクリート用モルタルのように軟練りのモルタルを練りませるにはモルタルに外的せん断力を与えることが必要で、図-3 A案のような押し板を取り付けたミキサであれば、粒子の分散も良く、高品質のモルタルが得られることが明らかになった。

これらの試験結果より、A案のような押し板を取り付けた大容量ミキサ(練りませ容量 1.5 m^3)を2機備えた大型モルタルプラント(モルタル製造能力 $60\text{ m}^3/\text{hr.}$)を作製し、6月中旬に横浜市大黒ふ頭連絡橋P-6橋脚(約 $6,500\text{ m}^2$ のプレパクトコンクリート量)の大量施工を順調に完了させた。

最後に、本研究開発は石川島コーリング株式会社と共同で行なったことを付記し、このミキサの開発に携わっていた方々に深く感謝の意を表する。

(参考文献)

- 1) 赤塚雄三「強制混合式ミキサの練りませ性能ならびにミキサ練りませ性能試験方法に関する研究」
港湾技術研究所報告第3巻4号, 1964年8月
- 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年11月
- 3) 新見芳男・武川恵三「プレパクトコンクリート工法」 山海堂, 1973年6月

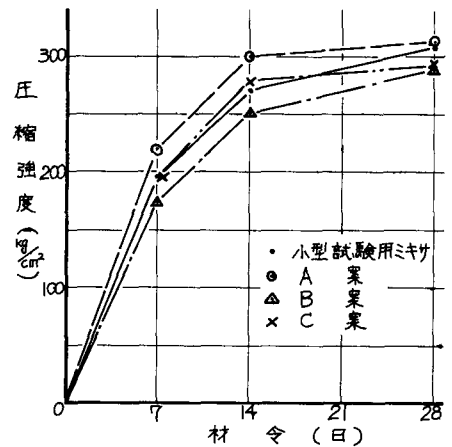


図-4 モルタルの圧縮強度試験結果

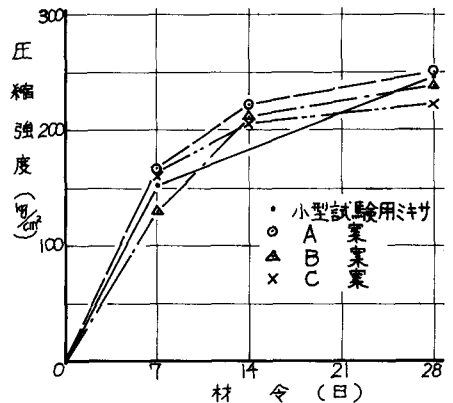


図-5 コンクリートの圧縮強度試験結果