

# 港湾技術研究所報告

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

第1巻 1号

Vol. 1 No. 1

港湾工事環境における鋼材の

腐食速度推定に関する実験研究.....善 一章

沖浜帯における波による砂移動について.....佐藤昭三・田中則男

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及ぼす影響.....小宮山正文・森口拓

1963年2月

運輸省港湾技術研究所



## 巻 頭 言

本研究所は37年4月、運輸技術研究所の港湾部門と港湾局調査設計室とを併合して世界に未だその例を見ざる港湾技術の総合研究所として発足したものであります。

かえり見ますれば、昭和21年5月、当所の前身が鉄道技術研究所の港湾研究室として発足以来多大の研究成果をあげ、港湾建設事業に大きな貢献をとげてまいりました。

近年、経済の急速な成長に伴い、港湾建設 臨海工業地域の造成 海岸防災等の事業量は増加の一途をたどっており、港湾技術の基礎研究機関として当所の果す役割は一段と重要度を加えてきました。

成立以来、一年に満ちませんが、鉄道技術研究所時代より17年間の成果をひきつぎ、研究面の充実をはかると共に国内はもとより A. A., ラテンアメリカ諸国の研修生を受け入れ海外技術協力の一翼をになつております。

更に、38年度は設計基準部の成立が確定し、当所の特色である総合性が、尚一層発揮せられる事と確信します。

この時にあたり、研究面の成果の結晶とも云うべき研究所報告の初刊号を刊行いたします事は誠に意義ある事と思えます。

当報告書が、港湾事業関係者に広く活用せられ、港湾建設の一翼をになう事を切望してやみません。

1963年2月

港湾技術研究所長

福 内 大 正

## 目 次

港湾工事環境における鋼材の腐食速度推定に関する実験研究	1
§1. ま え が き	2
§2. 実 験 の 概 要	3
§3. 室 内 実 験	6
3-1 測 定 電 極	7
3-2 腐食環境の調整	7
3-3 測 定 方 法	7
3-4 測 定 結 果	11
3-5 考 察	11
§4. 野 外 実 験	15
4-1 測 定 電 極	15
4-2 測 定 方 法	19
4-3 測定結果および考察	20
4-4 考 察	20
§5. む す び	21
§6. あ と が き	21
沖浜帯における波による砂移動について	23
§1. 概 要	23
§2. 波による砂の移動限界	24
§3. 砂移動の方向	28
§4. 砂移動の形式	31
§5. む す び	33
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及ぼす影響	35
§1. 緒 言	35
§2 使 用 材 料	36
2.1 セ メ ン ト	36
2.2 細 骨 材	36
2.3 粗 骨 材	36
2.4 ポ ゾ ラ ン	37
2.5 界 面 活 性 剤	37
2.6 発 泡 剤	37

§3 試験方法	37
3.1 注入モルタル	37
3.2 注入モルタルの練り混ぜ	37
3.3 空気量試験	39
3.4 流動性試験	40
3.5 強度試験	41
§4 試験結果およびその考察	41
4.1 アルミニウム粉末が注入モルタルの空気量におよぼす影響	41
4.2 アルミニウム粉末が注入モルタルの流動性におよぼす影響	42
4.3 アルミニウム粉末がモルタルおよびコンクリートの強度におよぼす影響	43
§5 結論	45

## Contents

Excerimental Study on Estimation of Corrosion Rate of Mild Steel under Maritime Enviroments .....	1
Laboratory Study of Sand Movement on offshore Zone .....	23
Effects of Powdered Aluminium as an Ingredient upon the Strengths of Mortar and Concrete.....	34

# 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

小宮山正文\*・森口拓\*

Effects of Powdered Aluminium as an Ingredient upon the  
Strengths of Mortar and Concrete.

By Masafumi Komiyama and Hiraku Moriguchi

Synopsis:

This paper presents the results of a study on the effects of powdered aluminium as an ingredient upon the air content, flowability and strength of prepacked concrete mortar and upon the compressive strength of prepacked concrete. From the results, it may be observed that employment of the optimum amount of powdered aluminium as an ingredient of prepacked concrete mortar scarcely affects the flowability of mortar but improves its compressive strength as well as that of prepacked concrete. The optimum amount is found between 0.01 and 0.02 percent of cement and pozzolanic material by weight.

## §1 結 言

発泡剤を含まないモルタルを粗骨材間の注入に使用すれば、モルタルの沈下収縮とブリージング現象によつて粗骨材の下面に空げきを生じ、その結果コンクリートの強度、水密性などの諸性質に好ましくない影響をおよぼすと考えられる。

この対策として、注入用モルタルには、ある種の発泡剤を混入してモルタルの膨張を促し、モルタルの沈下収縮作用を相殺させると共に、モルタルと粗骨材との附着状態を改善させることが行われている。発泡性を兼ねた混和剤としては、米国プレバクト社のイントリユージョンエイドが注入工法の初期に使用されたが、その後、アルミニウム粉末を界面活性剤と併用するプレバクトドコンクリート工法が発達してきた。

しかし、イントリユージョンエイドに代つて、注入モルタルにアルミニウム粉末とボゾリスを使用したコンクリートに関する資料は、比較的少ない現状である。

本文は、プレバクトドコンクリートにおいて使用されるアルミニウム粉末の添加量が、モルタルの空気量、流動性および強度、さらにこのモルタルを注入した場合のコンクリートの強度におよぼす影響について、1960年9月より1961年9月までの間に、運輸技術研究所材料研究室において実験研究した結果をとりまとめたものである。

本研究の計画および実施は、小宮山正文が、またその資料整理には、小宮山正文・森口拓が、主としてその任にあたり、本報告の製作については赤塚雄三技官の指導を仰いだ事を附記する。

\* 構造部材料施工研究室

\*\* 構造部材料施工研究室

## §2 使用材料

### 2・1 セメント

セメントは、小野田セメント株式会社田原工場製の普通ポルトランドセメントを用いた。その諸性質は表2-1に示す通りである。

表2-1 セメントの諸性質

比重	粉末度		凝 結			安定性	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 (%)	水量 (%)	始 発	終 結		3日	7日	28日	3日	7日	28日
				(時一分)	(時一分)							
3.15	3150	1.2	27.0	2-35	4-15	良	30.9	49.9	73.0	137	251	461

化 学 成 分 (%)								
Loss	Insol	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	SO <sub>3</sub>	Total
0.83	0.35	22.05	4.95	3.03	65.28	1.64	1.66	99.79

### 2-2 細 骨 材

砂は鶴沼海岸産のもので、その物理的性質は表2-2および図2-1に示す通りである。砂の使用にあたっては、あらかじめ 1.2mm 以上の粒を除いたものを湿潤状態で貯蔵し、使用するたびにその表面水を測定してこれを用いた。

表2-2 砂の物理的性質

比 重	吸水量 (%)	粒 度					粗 粒 率
		ふるいの呼び 寸法 (mm)	1.2	0.6	0.3	0.15	
2.64	2.45	通過率 (%)	100	82	28	17	1.73

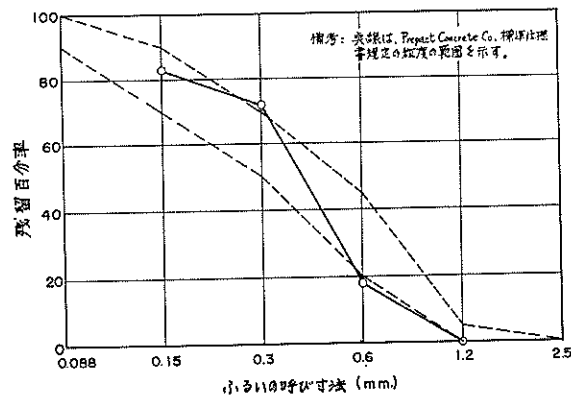


図2-1 砂の粒度曲線

### 2・3 粗 骨 材

砂利は酒勾川産のもので、その物理的性質は表2-3に示す通りである。砂利の使用にあたっては、あらかじめふるい分けたものを表2-3に示す粒度に配合し、表面乾燥飽和状態としてこれを用いた。

表2-3 砂利の物理的性質

比重	吸水量 (%)	単位容積量 (kg/m <sup>3</sup> )	空げき率 (%)	粒 度					
				ふるいの呼び 寸法 (mm)	40	30	25	20	15
2.79	2.16	1690	37.7	通過率 (%)	100	75	50	25	0

#### 2.4 ポゾラン

ポゾランは、宇部興産株式会社宇部窒素工場製の宇部ポゾランを用いた。その諸性質は表2-4に示す通りである。

表2-4 ポゾランの諸性質

比重	粉 末 度		単 位 水 量 比 (%)	圧縮強度比(%)		化 学 成 分 (%)					
	ブレーン (cm <sup>2</sup> /g)	44 $\mu$ (%)		28日	91日	Loss	H <sub>2</sub> O	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MgO	SO <sub>3</sub>
2.10	3150	11.1	94	71	92	0.6	0.3	57.0	25.2	1.2	0.8

#### 2.5 界面活性剤

界面活性剤は、セメント分散剤であるポゾリス No. 8 を用いた。

#### 2.6 発 泡 剤

発泡剤は、福田金属箔粉工業株式会社製の AA12 アルミニウム粉末を用いた。その諸性質は表2-5に示す通りである。

表2-5 アルミニウム粉末の諸性質

形 状	平 均 粒 径 ( $\mu$ )	粒 度 分 布 (%)			純 度 (%)	油 脂 分 (ステア リン酸) (%)	不 純 成 分 (%)		
		mesh +200	+325	-325			Si	Fe	Cu
鱗片状	25	< 1	10~25	75~90	99.2	2	0.11	0.010	0.21

### §3 試 験 方 法

#### 3.1 注入モルタルの配合

ポゾラン混和率、細骨材混和率およびポゾリス混和率を一定にした場合、アルミニウム混和率が0%のときのエフラックス値が16±1秒になるように水量を調節して水セメント比を定め、得られた水セメント比を一定に保つてアルミニウム混和率を変化させた。

この場合、アルミニウム混和率を除く配合要素およびエフラックス値は、当研究室で以前に行われた研究データ<sup>11)</sup>を参考にして定めたものである。注入モルタルの配合は表3-1に示す通りである。なお、アルミニウム

表3-1 注入モルタルの配合 (%)

配合番号	P/C+P	S/C+P	AE/C+P	Al/C+P	W/C+P	エフラックス値 (sec)
Al-1	20	100	0.25	0	K	16±1
Al-2	20	100	0.25	0.01	K	...
Al-3	20	100	0.25	0.02	K	...



混和率は、施工例および実験例などから変化範囲を定めた。

上表の記号は次に示す通りである。

C：セメント

P：ポゾラン

S：砂

AE：ポゾリス

Al：アルミニウム粉末

W：水

P/CP：ポゾラン混和率

S/C+P：細骨材混和率

W/CP：水セメント比

AE/C+P：ポゾリス混和率

Al/C+P：アルミニウム混和率

K：上記のようにして定められた水セメント比40.5%

### 3・2 注入モルタルの練り混ぜ

#### (1) モルタルミキサ

モルタルミキサは、ヤマトボーリング株式会社製高速偏心軸型実験用ミキサを用いた。その大要は写真3-1および図3-1に示す通りである。

混合槽は内径 45cm、高さ 40cm で、モータの馬力は 3 HPで、ミキサの攪拌翼の回転は 300~1,200r.p.m.の範囲で無段変速できる。

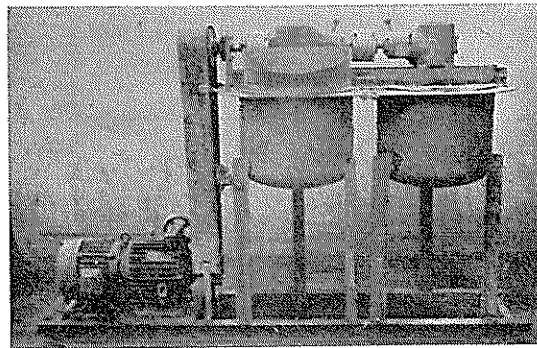


写真3-1 高速偏心軸型モルタルミキサ

モルタルミキサの使用方法によつてモルタルの性質は幾分影響されるので、ミキサの使用条件を偏心量 80mm 攪拌翼寸法200mm、攪拌翼の位置混合槽下端より 40mm、攪拌翼傾斜角度 15° となるように定めた。

#### (2) 練り混ぜ方法

表3-1 に示す配合のモルタルを 1 バツチの量を 35ℓ として、上記モルタルミキサを用いて練り混ぜた。材料投入の順序および練り混ぜ時間は、予備実験としてのモルタルミキサの性能試験結果から、表3-2のように定めた。

すなわち、まず 0 回転にて混合槽に水、ポゾリスおよびアルミニウム粉末を投入した。

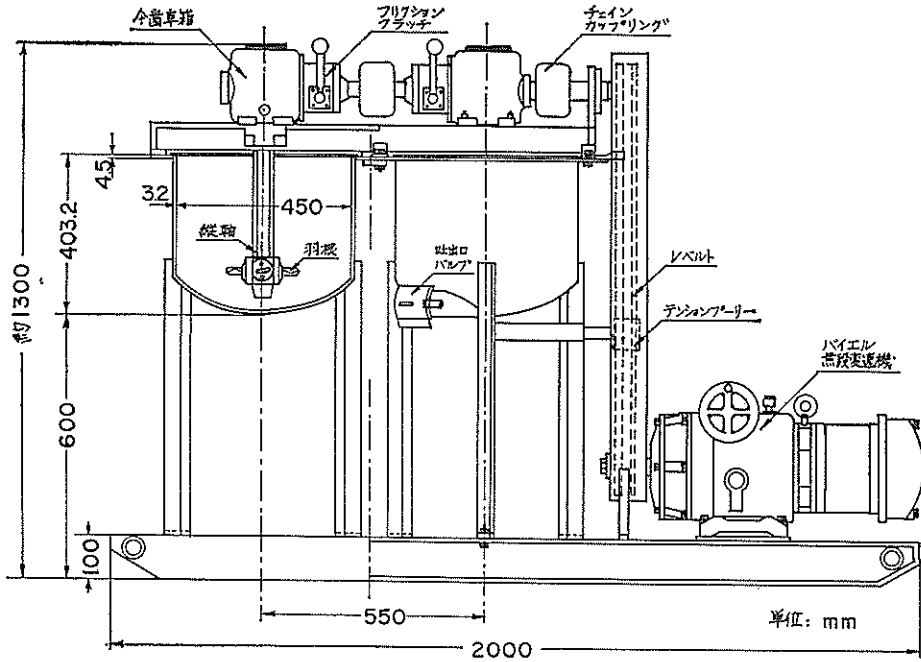


図3-1 高速偏心軸型モルタルミキサ  
 各混合槽容量 50ℓ  
 回転数 300~1,200r. p. m. 可変  
 攪拌軸 0~80mm. 可変  
 攪拌羽根位置および傾斜角度可変

表3-2 モルタル練り混ぜ方法

	材 料	回転数 (r. p. m.)	練り混ぜ時間 (min)
第 1 段 階	水+ボゾリス+アルミ粉末	0	0
第 2 段 階	ボゾラン+セメント	640	2
第 3 段 階	砂	810	3
第 4 段 階	全 材 料	1,100	5
合		計	10

次に、第2段階の回転数で攪拌しながらボゾランおよびセメントを2分間にわたって徐々に投入した。次に、第3段階の回転数に切り換えて攪拌しながら砂を2分間にわたって徐々に投入し、さらに1分間練り混ぜ、最後に第4段階の回転数に切り換え5分間練り混ぜ、合計10分間の練り混ぜ時間とした。

練り混ぜ終了後直ちに流動性および空気量の試験を行つた後、モルタルおよびコンクリートの強度試験供試体を製作した。

### 3.3 空気量試験

空気量測定は、写真3-2に示すような内容積 400cc (at 20°C) のステンレススチール製直円筒型の容器を用いて行つた。容器をあらかじめ乾燥した清潔な布で拭き、モルタルを静かに3層に分けて注ぎ込み各層毎に20回ずつ容器内壁に沿つてセメントナイフでスページングを行つて満たし、最上層は平らな面をもつガラス板でモルタ

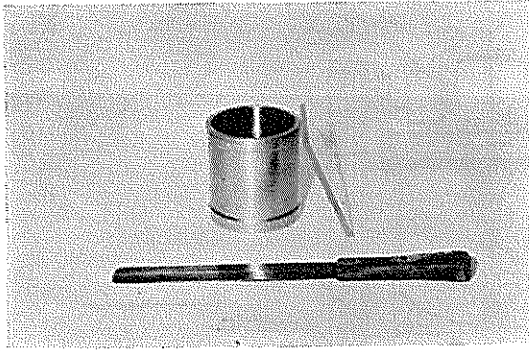


写真3-2 空気量測定器具

$W_s$ : 気泡追い出し前のモルタルの重量 (gr)

$W_s'$ : 気泡追い出し後のモルタルおよび加えた水の重量 (gr)

$V_s$ : 容器の容積 (cm<sup>3</sup>)

空気量の測定は、1バツテのモルタルについて1回これを行つた。

### 3・4 流動性試験

流動性測定装置は、プレパクトコンクリート社標準仕様書規定のものを用いた。その大要は写真3-3および図3-2に示す通りである。



写真3-3 流動性測定装置

ル面を均らしながら蓋をしてこれを秤量する。次に、容器をガラス板で蓋をしたまま両手に持つてよく振り、モルタル中に連行された気泡を十分追い出した後、その量に相当するだけ水を注いで再びガラス板で蓋をしてから秤量する。容器の重量および内容量はあらかじめ正確に求めておき、次式から空気量を算出する。

$$A = \frac{W_s' - W_s}{V_s} \times 100$$

ここに、 $A$ : モルタルの空気量 (%)

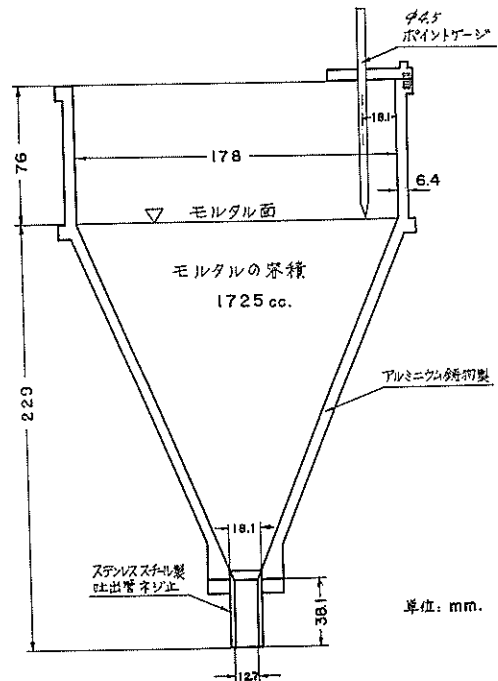


図3-2 流動性測定用フローコーン

フローコーンを三脚台上に据え、頂面が水平に保たれ振動のないように固定する。次にフローコーンの流出口に栓をしてあらかじめ水を満たし、試験用モルタルをフローコーンに入れる1分前に栓を抜き水をコーンから流し

出す。これは測定時の壁面を一定の状態に保つよう、壁面を常に水膜でおおつておくのである。水でポイントゲージを調節しコーンの流出管の下端に指をあてて塞いだ後、ポイントゲージの下端まで所定のモルタル1725ccを満たし、流出口から全量のモルタルを流下させるに要する時間(秒)を1/10秒目盛のストップウォッチで計時する。この所要時間(秒)をモルタルの流動性を表わす指数としてエフラククス値と呼ぶことにする。

流動性の測定は、1バッチのモルタルについて1回これを行った。

### 3・5 強度試験

#### (1) モルタルの強度試験

モルタル強度試験供試体の製作には、写真3—4に示すような4×4×16cmのセメントの強度試験用型枠を用い、厚さ5mmの補助枠を型枠上に載せ、盛つたモルタルはこの面でセメントナイフでかき均らした。その後20±3°C湿度85±5%の恒温恒湿室で、常に十分ぬらした2重の麻布でおおい約24時間養生した後、補助枠を外して表面仕上げを行い、直ちに水槽へ入れた。

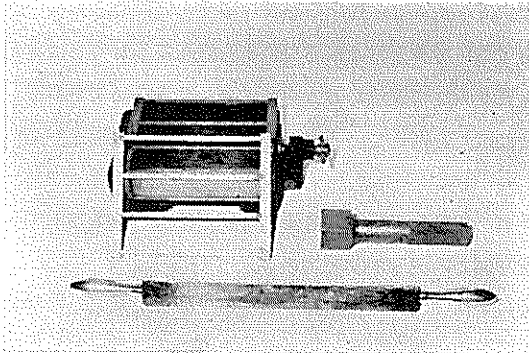


写真3—4 モルタル強度試験用型枠

供試体を20±1°Cの水中で養生した後、材令4週、13週および26週において、容量20トンの圧縮試験機を用いて強度試験を行った。試験方法はJISR5201-1956（セメントの物理試験方法）に準じて行い、供試体3個の試験値の平均値をもつて

強度とした。

#### (2) コンクリートの圧縮強度試験

圧縮強度試験供試体は、直径15cm、高さ30cmの円柱形で、これらを造るには、直径15cm高さ30cmの円柱形型枠に表面乾燥飽和状態の砂利を3層に分けて詰めた。各層は突き棒で25回均等に突き固め、注入モルタルをバケツを用いて各層の上面より10cmの高さから砂利が漸く隠れる程度まで注ぎ込み、型枠の側面を木づちで20回たたいてモルタルの粗骨材間への行き渡りを促進した。各層を突く際突き棒の突き入れは、その前層に漸く達する程度とした。骨材の最上層は型枠の頂面から僅かに下まで詰め、できあがり上面が型枠の頂面から僅かに下になるようにした。

最上層にモルタルを注入した後、供試体はガラス板でおおつて、20±3°C湿度80±5%の恒温恒湿室で約24時間養生した後脱型し、20±1°Cにおける水中養生を行った。

キャツピングは、硫黄キャツピングを行った。

強度試験は水中養生後、材令1週、4週、13週および26週において、100トン万能試験機を用いて行った。試験方法は、JISA1108-1950（コンクリートの圧縮強度試験方法）に準じて行い、供試体3個の試験値の平均値をもつて強度とした。

## §4 試験結果およびその考察

### 4・1 アルミニウム粉末が注入モルタルの空気量におよぼす影響

モルタルに連行される空気量は、モルタルの他の性質を左右する一つの主要な要素であると考えられるので、アルミニウム粉末の使用がこの空気量におよぼす影響について試験した。試験結果は表4—1に示す通りである。

表4-1 空気量試験結果

配合番号	配 合 ( % )					空気量 ( % )	エフラク クス値 (sec.)
	P/C+P	S/C+P	AE/C+P	Al/C+P	W/C+P		
Al-1	20	100	0.25	0	40.5	0.25	16.2
Al-2	20	100	0.25	0.01	40.5	0.24	18.9
Al-3	20	100	0.25	0.02	40.5	0.24	17.8
備 考	試験値は1回の試験値である。						

本実験の範囲内では、注入モルタルの空気量におよぼすアルミニウム粉末の影響はほとんど認められない。しかし、これは必ずしもアルミニウム粉末がモルタルの空気量に影響をおよぼさない事を意味するものとは考えられない。本実験で行ったような試験方法がモルタルの空気量測定に有効かどうかを考察してみる必要がある。

まず、本実験方法が1%以下の空気量の測定に必要な鋭敏性を備えているかどうか、さらに、操作上空気の追い出しが完全であったかどうかである。

次に、アルミニウム粉末とセメントペースト中のアルカリ成分との反応に必要な時間と、セメントペーストとアルミニウム粉末が接触してから空気量測定までの経過時間との関連が問題である。

前者については、本実験に関連して行つた補足の実験結果によれば、モルタルを容器上面まで満たした場合は気泡の追い出しが極めて困難となり、空気量の微小差を得る事は難しいが、モルタルを容器の1/2~2/3程度満たし、その上に水を注いで上面まで満たして前述の方法で試験する場合は十分な鋭敏性を期待できる事がわかつた。

後者については次のような事が言えるように思われる。アルミニウム粉末の微小粒子は通常、酸化アルミニウム皮膜で覆われた上に、製造過程に混入するステアリン酸などを含む油脂皮膜で囲まれている。両皮膜ともセメントペースト中のアルカリ成分に溶解するが、その溶解にはある程度時間を要する。アルミニウム粉末を混入したセメントペーストの膨張率の測定に関する資料<sup>9)</sup>によれば、膨張効果は20時間程度持続するようである。膨張率の時間的経過を考慮すると、本実験の場合のように、アルミニウム粉末とセメントペーストの接触後10分程度で空気量を測定する事はあまり意味がないように思われる。

#### 4・2 アルミニウム粉末が注入モルタルの流動性におよぼす影響

本実験は、ポゾラン混和率、細骨材混和率、ポゾリス混和率および水セメント比を一定にした場合、アルミニウム混和率の変化が注入モルタルの流動性におよぼす影響について試験したものである。試験結果は表4-2および図4-1に示す通りである。

表4-2 流動性試験結果

配合番号	配 合 ( % )					エフラク クス 値 (sec.)
	P/C+P	S/C+P	AE/C+P	Al/C+P	W/C+P	
Al-1	20	100	0.25	0	40.5	16.2(1.00)
Al-2	20	100	0.25	0.01	40.5	18.9(1.17)
Al-3	20	100	0.25	0.02	40.5	17.8(1.10)
備 考	1. 試験値は1回の試験値である。 2. ( )内の数値は、アルミニウム混和率0のエフラククス値を1とした場合のエフラククス値比を示す。					

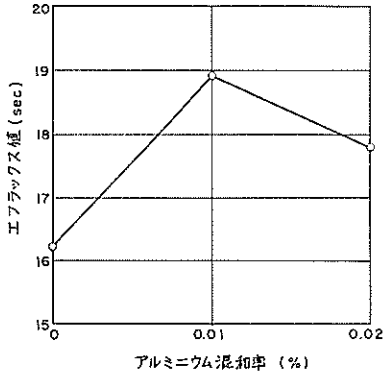


図4-1 アルミニウム混和率と流動性との関係

と粗骨材との附着状態は改善されるが、空気量の増大のためモルタルおよびコンクリートの強度はある程度低下すると考えられる。

そこで本実験は、ボゾラン混和率、細骨材混和率、ボゾリス混和率および水セメント比を一定とした場合、アルミニウム混和率の変化がモルタルおよびコンクリートの強度におよぼす影響を試験したものである。

表4-3 強度試験結果

配合 番号	配合 (%)					エフラス 値 (sec)	モルタル 空気 量 (%)	モルタル						コンクリート			
	P/ C+P	S/ C+P	AE/ C+P	Al/ C+P	W/ C+P			曲げ強度 (kg/cm <sup>2</sup> )			圧縮強度 (kg/cm <sup>2</sup> )			圧縮強度 (kg/cm <sup>2</sup> )			
	4週	13週	26週	4週	13週			26週	1週	4週	13週	26週					
Al-1	20	100	0.25	0.40	0.5	16.2	0.25	93 (1.00)	116 (1.00)	125 (1.00)	[1.00] 573 (1.00)	[1.00] 623 (1.00)	[1.00] 833 (1.00)	148 (1.00)	[0.41] 237 (1.00)	[0.48] 298 (1.00)	[0.40] 330 (1.00)
Al-2	20	100	0.25	0.01	0.5	18.9	0.24	80 (0.86)	108 (0.93)	116 (0.93)	[1.00] 604 (1.05)	[1.00] 637 (1.02)	[1.00] 859 (1.03)	154 (1.04)	[0.41] 249 (1.05)	[0.48] 306 (1.04)	[0.43] 366 (1.08)
Al-3	20	100	0.25	0.02	0.5	17.8	0.24	62 (0.67)	77 (0.66)	79 (0.63)	[1.00] 309 (0.56)	[1.00] 431 (0.69)	[1.00] 467 (0.56)	141 (0.95)	[0.68] 211 (0.89)	[0.65] 281 (0.94)	[0.65] 305 (0.92)
備考	1. 強度試験供試体は、モルタルおよびコンクリートの場合、それぞれ 4×4×16cm および φ15×30cm である。 2. ( ) 内および [ ] 内の数値は、それぞれアルミニウム混和率 0% の強度を 1 とした場合およびモルタルの圧縮強度を 1 とした場合の強度比である。 3. 強度は、供試体 3 個の試験値の平均値である。																

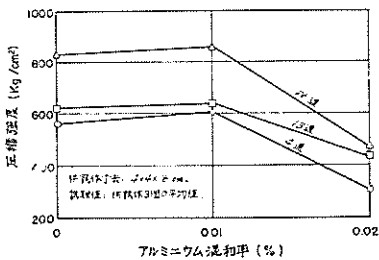


図4-2 アルミニウム混和率とモルタルの曲げ強度との関係

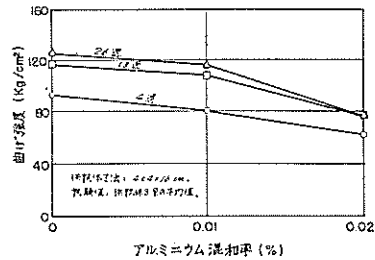


図4-3 アルミニウム混和率とモルタルの圧縮強度との関係

他の材料の混和率を表4—3に示すように一定とした場合、アルミニウム混和率が 0, 0.01および0.02%の各場合について、モルタルについては材令4週, 13週および26週における曲げおよび圧縮強度を、コンクリートについては材令1週, 4週, 13週および26週における圧縮強度を試験した。なお、コンクリートの場合砂利の最小寸法は15mmで、空げき率は37.7%であった。試験結果は表4—3, 図4—2, 図4—3および図4—4に示す通りである。

表4—2, 図4—2および図4—3から、注入モルタルの強度におよぼすアルミニウム粉末混入の影響について、次のような事が認められる。すなわち、アルミニウム粉末混入によつて、圧縮強度は僅かながら増加する傾向がある。混和率0.01%の場合、2~5%増を示している。しかし、混和率がさらに増加して0.02%の場合には、逆に圧縮強度は著しく減少する。曲げ強度は、アルミニウム混和率の増大とともに減少する。圧縮強度の場合、ガス発生によるモルタルの膨張が型枠の存在によつて抑制される結果骨材とセメントペーストとの付着が改善され、それに伴つて強度も僅かながら増加するものと考えられる。しかし、空気量がさらに多くなると、それによる強度の減少が付着の改善による増加を上まざる結果として、強度の絶対的な減少が生ずるものと思われる。他方、曲げ強度の場合には、空気量の増加は必然的に有効断面の減少を伴い、これが強度減少の原因であると考えられる。

コンクリートの圧縮強度については、表4—2および図4—4から次のようなことが認められる。すなわち、アルミニウム粉末混入によつて、ある程度圧縮強度の増加を期待することができる。混和率0.01%の場合、混入しないものに比較して、コンクリートの強度は4~8%の増加を示している。しかし、混和率0.02%の場合には、逆に6~11%減となつており、以上の傾向は材令によつてほとんど影響されない。このことはモルタルの圧縮強度の場合と極めて類似しており、モルタルの圧縮強度に関するアルミニウム粉末混入の機能的説明を裏づけるものと考えられる。

モルタルの圧縮強度とコンクリートのそれとの差異は、混和率0.02%の場合に著しい。前者の場合には、混入しないものに比べて31~44%減少しているのに対し、後者の場合の減少は僅か6~11%に止つている。これはコンクリートの強度が粗骨材によつて非常に影響されることに起因しているものと思われる。すなわち、モルタルの強度がある値以上である場合、コンクリートの強度は粗骨材自体の強度、モルタルと骨材との付着状態および粗骨材のかみ合いの状態によつて影響を受ける。これはアルミニウム粉末を混入しない場合のコンクリートの強度がモルタルの強度の40~48%である事からも明らかである。

適量のアルミニウム粉末の混入は、モルタルの圧縮強度を僅かながら増大させるだけでなく、粗骨材とモルタルとの付着状態を改善し、コンクリートの強度の増加に寄与する。しかし、過量の混入は、モルタルの強度を著しく低下させる結果として、コンクリートの強度がある程度モルタルの強度によつて影響される結果を招くものと考えられる。ある程度までは、アルミニウム混和率の増大とともにモルタルと粗骨材との付着状態が改善される結果として、モルタルおよびコンクリートの圧縮強度は増加するのであるが、混和率0.02%の場合には、混和率0%の場合より、モルタルについては31~44%、コンクリートについては6~11%それぞれ減少していることは、この事を示すものと思われる。

本実験は、アルミニウム粉末の混和率が0.01および0.02%の場合しか行つていないので、この間においてコンクリートの強度がどのように影響を受けるかは明らかでない。しかし、傾向としては menzel<sup>4)</sup>の実験結果と良く一致している。コンクリートの圧縮強度から判断した場合のアルミニウム粉末の最適混和率は0.01~0.02%の

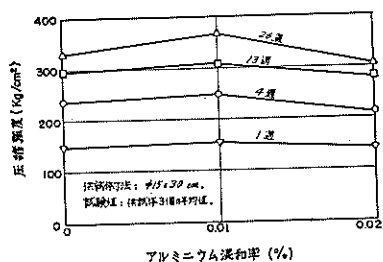


図4—4 アルミニウム混和率とコンクリートの圧縮強度との関係

間にあるものと考えられる。

## §5 結 論

本実験の範囲内で次の事が言えると思われる。

(1) アルミニウム粉末の混入量が、セメントおよびボゾランの重量の 0.01~0.02% においては、モルタルの流動性は多少低下するが、注入作業に著しく悪影響を与えるほどではない。アルミニウム粉末を混入しないもののエフラックス値が16秒程度の場合には、2~3秒の増加が期待される。

(2) アルミニウム粉末の混入によつて、モルタルの曲げ強度は減少する。モルタルの圧縮強度は、混入が適量の場合は増加するが、適量を越える場合は逆に減少する。モルタルの圧縮強度より判断した場合の混入最適量は、大体セメントおよびボゾランの重量の 0.01~0.02% の範囲内にある。

(3) アルミニウム粉末の最適量の混入は、コンクリートの圧縮強度を改善する。コンクリートの圧縮強度より判断した場合の混入最適量は、大体セメントおよびボゾランの重量の 0.01~0.02% の範囲内にある。

さらに、本実験から次の事が考えられる。アルミニウム粉末の混入がモルタルの空気量におよぼす影響は、モルタルの攪拌混合終了直後においてはほとんど認められない。また、この段階で空気量におよぼす影響を測定することは、発泡機構を考えた場合、あまり意味がないように思える。アルミニウム粉末の混入最適量と、それがコンクリートの強度を改善する割合をさらに明確にするには、アルミニウム混和率を 0.01~0.02% の範囲内で細分して変化させた実験を行うことが必要であると考えられる。また、本実験ではコンクリート供試体の製作には、注入法とは異なる方法を用いた。従つて、ポンプによつて圧力注入した場合の強度と本実験による方法との相関性を求める実験を行うことが必要であると考えられる。

## 参 考 文 献

- 1) 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性質に関する港湾建設局共同研究” 港湾建設局共同研究報告，運輸省港湾局調査設計室，1961年12月
- 2) 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，1959年8月
- 3) 土木学会PCグラウト専門委員会：“PCグラウト共通試験” 未公刊，1961年4月
- 4) Menzel Car A.: “Som Factors Influencing the Strength of Concrete Containing Admixtures of Powdered Aluminum”, ACI Proceedings Vol. 39-1943