

# オイルタンクの補修工法に伴う基礎填充材の開発研究（その1）

大矢 一夫\*      斉藤 顕次\*\*  
尾崎 政隆\*\*\*    堀野 義郎\*\*\*\*

## 要 約

軟弱地盤上に建設されたオイルタンクの不等沈下などによる傾きを補正する工法において、修正したタンクの底板とマウンドの間の空隙に填充する材料には多くのものが考えられているが、それぞれに問題があり、これといった材料の確立はなされていない。西松建設オイルタンク委員会では、これら填充材に特殊アスファルト乳剤を用いた、アスファルト・セメントモルタルおよびこれに大量の気泡を混入した気泡アスファルト・セメントモルタルの利用に着目した。本文はこれら填充材の開発と基礎的な性状について実施した一連の実験の結果についての報告である。

## 目 次

- § 1. はじめに
- § 2. 填充材に要求される性状
- § 3. ASモルタルおよびASAモルタル
- § 4. 実験の方法
- § 5. 実験の結果
- § 6. まとめ
- § 7. 現場での施工実績

## § 1. はじめに

近年、多くのオイルタンクは軟弱地盤上に建設され、そのうちのいくつかは、地盤などの不等沈下により傾斜し、またあるものは底板が沈下し、建設当時とは逆に垂れ下った状態のものもある。

これらのタンクの修正には多くの方法が提案されているが、この内、ジャッキアップ工法が多く採用されている。ジャッキアップ工法はタンク側板をジャッキアップして傾きを修正するもので、この時底板は、吊り上げるかまたは注入材などの注入圧により整形を行なっている。タンクは、通常地盤上の砂のマウンド上に設置されており、ジャッキアップ工法により傾きを修正したのちは、マウンドを修正するかまたは修正、整形された底板とマウンドの空隙に填充材を填充する必要がある。填充材については従来よりいろいろと研究されており、実際に用いられたもの、実験、計画されたものには次のようなものがある。

- 1) 乾燥砂または重油、アスファルト乳剤などを混合した砂、または碎石ピリの吹込み（または手詰）
- 2) 気泡モルタルの注入
- 3) ペントナイトを添加した低強度モルタルの注入
- 4) シルトモルタルの注入

これらの材料は、タンク補修後、填充物が下のマウンドおよび地盤などが再び沈下した時に、それらの挙動に追従できること、さらに底板の変形によって集中応力を起こさないこと、などの理由で選定されている。しかしこれらの材料を用いた場合、それぞれ多くの問題点が指摘されている。すなわち、

- 1) 填充の確実さ（未填充の個所ができる）
- 2) 填充物の密度のバラつき
- 3) 填充物の硬化後のクラックおよび硬化に伴う収縮
- 4) 底板の錆の問題

などで、填充材については現在これといった材料および工法を確立するに至っていない。

本報告書は、これらの問題を解決し、より確実な填充材、および填充工法を開発することを目的として行なった表題の研究について、その成果を述べたものである。なお、この研究は西松建設(技術研究所)、麻生フォームクリート株式会社および日瀝化学工業株式会社の共同で昭和50年7月より12月にかけて行なったものである。

## § 2. 填充材に要求される性状

以上に述べたように、これら工法に用いられる填充材は、その施工方法とあいまって、次の性状を有すること

\* 技術研究所係長  
\*\* 技術研究所係長  
\*\*\* 技術研究所  
\*\*\*\* 技術研究所

が望ましいと考えた。

- 1) 填充が容易で確実にできること
- 2) 地盤、マウンドおよびタンク底板の挙動に追従できること
- 3) タンク底板に、大きな局部的集中応力を起こさないこと
- 4) 硬化後、収縮したりまた荷重などによりクラックの生じないこと
- 5) 底板を錆びさせないことおよび防錆効果のあること
- 6) 材料が容易に入手でき、その製造が容易であること
- 7) 安価であること

これより填充材は、

- 1) 流動性のある注入材でポンプなどで注入できるもの
- 2) 圧縮強度は小さく(5~10 kgf/cm<sup>2</sup>程度)で弾力性のあるもの
- 3) 注入材を製造するための水はできるだけ少なくする
- 4) 填充材そのものが防錆効果があり、通水性の少ないこと

の条件を満たす必要があると考えた。

### § 3. ASモルタルおよびASAモルタル

ASモルタルとは、日瀝化学工業製の特殊アスファルト乳剤、アスゾルBとセメントおよび砂にて作ったアスゾル・モルタルの略称である。アスファルト乳剤とセメントおよび砂にて作ったモルタルは、従来よりセメント・アスファルト・モルタル(またはアスファルト・セメント・モルタル)として実用に供され、多くの実験、研究がなされている。(注1) これらはセメントとアスファルトを混合して、それぞれの欠点を補い特徴を生かそうとするもので、アスファルト、セメント、砂の混合比を変えることにより弾力性のある、防錆効果を持つ注入材ができる。セメント・アスファルト・モルタルはアスファルト乳剤にセメント、砂および混和剤(膨張助剤)を混合して作るが、アスファルト乳剤にセメントを混合する場合、配合によっては、セメントを粉末のままでは混合が困難で、均一な流動性のあるモルタルを作ることができず、これに活性剤を添加することにより解決できると報告されている。さらにこれらの問題を解決するために、アスファルト乳剤の製造過程において、あらかじめ活性剤を添加して、セメントとの混合および反応をより有効に行なわせる特殊なアスファルト乳剤も開発されて

いる。

ASAモルタルは、アスゾル・エアーモルタルの略称で、ASモルタルに大量の気泡を混合したもので、このことにより材料の節約、および材質の改良が可能となる。本研究はこれらモルタルの基礎的な諸性質を試験し、タンク基礎填充材としての利用の適否を検討するものである。

## § 4. 実験の方法

### 4-1 使用材料

実験に用いた材料は次に示すとおりである。

- セメント : 秩父普通ポルトランドセメント  
 アスファルト乳剤 : 日瀝化学工業社製特殊アスファルト乳剤(アスゾル-B)  
 骨材 : 相模川産川砂で2.5mmを通過したFM=2.12のもの、物理試験の結果は表-1に示す。  
 混和剤 : 膨張剤としてアルミニウム粉末  
 気泡剤として動物系蛋白質の加水分解物(マールP液)  
 水 : 飲料水(井戸)

表-1 砂の物理試験の結果

産地	比重	吸水(%)	FM	
相模川	2.53	3.0	2.12	
フルイ分け(各フルイにとどまる量) %				
2.5~1.2	1.2~0.6	0.6~0.3	0.3~0.15	0.15以下
11.4	22.3	34.9	26.8	4.6

### 4-2 使用機械

実験に用いた機械、器具は次に示すとおりである。

- 混合・攪拌 : 容量 7.0ℓ グラウト試験用攪拌装置 3000rpm  
 流動性 : 土木学会 P-ロート  
 発泡装置 : 麻生フォームクリート社製

### 4-3 実験の方法

ASモルタルはグラウト攪拌装置を用い1バッチ約4ℓを混合した。混合はアスファルト乳剤に混和剤(アルミニウム粉末)、セメント、砂の順に投入し、攪拌は3,000rpmにて材料投入時間を含めて6分間とした。なお配合によっては別に水を添加する必要のあるものがあったが、この場合添加水はあらかじめアスファルト乳剤に加えた。ASおよびASAモルタルの配合は表-2に示すように砂率(S/C)を1.0、1.5、2.0、純アスファルト量を0.5、1.0、1.5とし、モルタルのフロー値が17~18秒になるよ

うに別に水を添加した。なおモルタルの収縮を防ぐためにセメント量の 1/10,000 のアルミニウム粉末を添加しモルタルに膨張性をもたせた。また A S モルタルに大量の気泡を混ぜた A S A モルタルは、材料の節約および性状の改良を目的としたものである。この方法としては直接気泡剤をアスファルト乳剤に添加して発泡させるミックストフォーミング方式と、別に発泡させた気泡を A S モルタルに混合するプレフォーミング方式が考えられたが、実験を行なったかぎりでは、アスファルト乳剤に気泡剤を添加して混合しても発泡が少ないこと、および気泡が均一でないことなどの理由で麻生フォームクリート社の有する技術であるプレフォーミング方式にて行なった。なお実験では A S モルタルに 50% の気泡を混合することを目標とし、気泡の混合は容器の中で手で攪拌、混合することにより A S A モルタルを作った。

以上のようにして作った各充填材について流動性、膨張、ブリージング率および材料分離に対する観察を行ない、さらに A S モルタルについては  $\phi 5 \times 10\text{cm}$  の型枠により、A S A モルタルについては  $\phi 5\text{cm}$  のポリエチレン袋に詰めて供試体を作製した。供試体は 1 日ないし 2 日で脱型し、以後は  $20 \pm 1^\circ\text{C}$ 、湿度 80~90% の養生室にて空中養生を行ない材令 7 日、14 日、28 日にて荷重試験を行なった。荷重試験は、モルタルの強度特性および変形特性を知るために行なうもので、強度特性は一軸圧縮試験により破壊応力とひずみの関係を調べ、変形特性については、繰り返し一軸圧縮試験により応力とひずみの関係を調べるものである。この内、一軸圧縮試験は土質工学会セン断試験法委員案 (JSF 規格 T16-69T) に基づい

て行ない、一軸圧縮強さ ( $\text{kgf}/\text{cm}^2$ )、および変形係数  $E_{50}$  ( $\text{kgf}/\text{cm}^2$ ) を求めた。

また、繰り返し一軸圧縮試験法は、三軸圧縮試験機を用いて応力制御方式で載荷、除荷を繰り返して圧縮試験を行なうもので、一軸圧縮強さ  $q_u$  の寸に相当する荷重を段階的に加え、各荷重段階においてヒズミの進行が停止したと思われる時点で除荷し、ヒズミの回復を待って次の荷重段階の載荷をし、応力とヒズミの関係を求めた。

表-2 充填モルタルの配合 (A S モルタル)

配合 No.	アスファルト率*		砂率	混和剤 (アルミ粉末)	配合比 (C:As:S)	フロー値 (秒)**
	純アスファルト	乳剤				
1	0.5	0.83	1.0	セメント量 $\times 1/10,000$	1:0.5:1.0	17~18
2			1.5		1:0.5:1.5	
3			2.0		1:0.5:2.0	
4	1.0	1.67	1.0		1:1.0:1.0	
5			1.5		1:1.0:1.5	
6			2.0		1:1.0:2.0	
7	1.5	2.5	1.0		1:1.5:1.0	
8			1.5		1:1.5:1.5	
9			2.0		1:1.5:2.0	

\* アスファルト乳剤はアスファルト分 60%、水 40% の比率にて混合されており、アスファルト率のうち純アスファルト率はアスファルト乳剤に含まれるアスファルト分のセメントに対する重量比を示す。  
\*\* 充填材のフロー値は P-ロートにて測定、所定のフロー値が得られるように別に水を添加する。

## § 5. 実験の結果

### 5-1-1 A S モルタルの流動性

A S モルタルの流動性については P-ロートにて測定して、そのフロー値が 17~18 秒になるように別に水を添加したが、アスファルト乳剤の多い配合については、乳剤に含まれる水だけで、モルタルのフロー値を所定の値にするのに過剰になるものもあった。各配合におけるフロー値および添加水、W/C などについては、表-3 に示すとおりである。

表-3 A S モルタル、A S A モルタルの配合および流動性試験の結果

種類	配合 No.	砂率 (S/C)	アスファルト率		1 m <sup>3</sup> 当り配合 (kg/m <sup>3</sup> )					純As量 (kg/m <sup>3</sup> )	フロー値 (秒)又は (mm)*	空気量 (%)	W/C (%)	単位容積重量 (kg/m <sup>3</sup> )	As 含有率 (%)**
			純As (As/C)	As 乳剤	セメント C	砂 S	乳剤	水	アルミ粉末 (gr)						
A S モルタル	1	1.0	0.5	0.83	518	518	432	157	51.8	259	17.2	4.1	63.7	1,625	15.9
	2	1.5	0.5	0.83	469	703	391	144	46.9	234	17.4	3.7	64.0	1,708	13.7
	3	2.0	0.5	0.83	416	833	347	130	41.6	208	17.1	6.0	64.5	1,725	12.1
	4	1.0	1.0	1.67	377	377	628	33	37.7	377	18.0	7.0	75.2	1,413	26.6
	5	1.5	1.0	1.67	357	536	596	31	35.7	357	17.8	4.7	75.4	1,520	23.5
	6	2.0	1.0	1.67	325	650	542	35	32.5	325	17.7	6.0	107.6	1,553	20.9
	7	1.0	1.5	2.50	300	300	750	0	30.0	450	16.3	3.5	100.0	1,350	33.3
	8	1.5	1.5	2.50	281	421	702	0	28.1	421	14.5	4.1	120.0	1,405	30.0
	9	2.0	1.5	2.50	250	499	624	51	25.0	375	17.4	4.7	60.5	1,425	26.3
A S A モルタル	11	1.0	0.5	0.83	284	284	273	86	28.4	142	273	47.5	63.7	745	15.9
	12	1.5	0.5	0.83	268	402	223	83	26.8	134	262	45.0	64.0	959	13.7
	13	2.0	0.5	0.83	209	418	174	65	20.9	105	239	53.0	74.5	920	12.1
	14	1.0	1.0	1.67	203	203	338	18	20.3	203	285	50.0	75.2	810	26.6
	15	1.5	1.0	1.67	197	296	328	17	19.7	197	283	47.5	75.4	850	23.5
	16	2.0	1.0	1.67	173	346	288	19	17.3	173	290	50.0	77.6	880	20.9

\* A S モルタルは (秒)、A S A モルタルは (mm) \*\* モルタル中の純アスファルト重量%

表-3より、水セメント比(W/C)とアスファルト含有率(A S含有率)の関係を図示すると図-1のようになり、A S含有率がW/Cに大きな影響を与えているといえる。

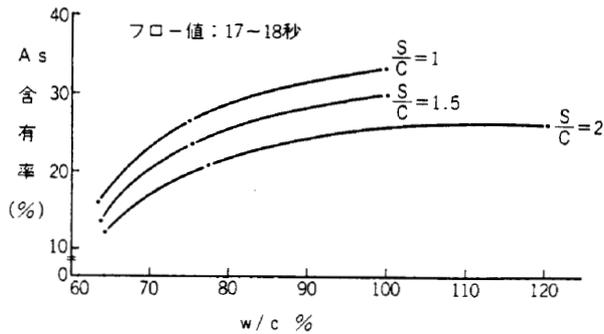


図-1 A SモルタルのW/Cとアスファルト含有率

実験結果よりアスファルト率の多い程所定の流動性を得るためのW/Cは多くなり、また砂率が2以下の場合には砂率が大きくなるにつれ、W/Cがやや大きくなるが、その傾向は通常のセメントモルタルのそれに比較すると少ない。ただし砂率が2以上になるとW/Cは急に増大する。これらのことはアスファルト乳剤の粘性が大きく影響していると考えられる。またA Sモルタルは混合後静置しておくと、モルタルの表面にこぼりが生じ、流動性が失われる。(フロー値が大きくなる。この場合砂の沈降などの材料分離は認められない)

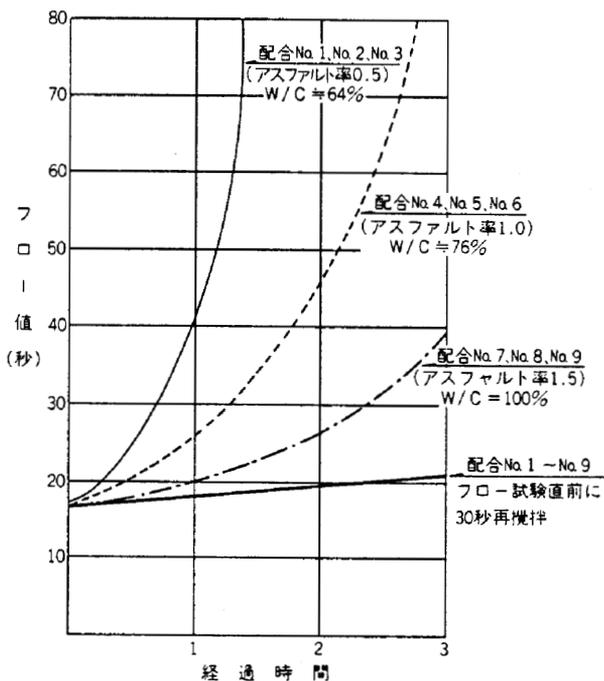


図-2 A Sモルタルの流動性の経時変化

図-2はA Sモルタルを混合後静置した場合の、フロー値の経時変化についての試験結果を示したもので、W/Cの少ないものほど、流動性の失われる傾向が大きいようである。ただしこれらの場合も再び攪拌することによりフロー値は小さくなり、フロー試験直前に再攪拌した場合のモルタルのフロー値の経時変化については図-2に示すとおりである。このことによりこれらモルタルを充填する時、何らかの都合で注入をストップした場合にもアジテーションすることにより、数時間は注入可能な流動性を保持し、施工には特に問題はないように考える。ただしA Sモルタルの流動性はアスファルト乳剤の粘性に影響を受けることが大きく、乳剤の粘性は、温度、製品、製造してからの期間などによって異なる。このことによりA Sモルタルは従来のセメントモルタルと比較してフロー値の変動も大きいようでその管理には充分注意する必要がある。

5-1-2 A S Aモルタルの流動性

A S AモルタルはA Sモルタルに約50%程度の気泡を混合させて作ったため、その流動性はP-ロートでは測定できない。このために、セメントの物理試験におけるフロー試験に用いるフローコーン(上面φ70mm、下面φ100mm、高さ60mm)に試料を入れ、フローコーンを取去ったのちのモルタルの広がり測定して、これを流動性に対する表示とした(この場合もフロー値と称しmmにてあらわす)。

A S Aモルタルの流動性は、材料分離の状況と注入ポンプの性能より決まり、通常のエアーモルタルの注入に用いるポンプではフロー値は230~260mmが適当とされている。今回の試験ではA Sモルタルの流動性を一定(17~18秒)とし、これに大量の気泡を混合した。このためにできあがったA S Aモルタルは表-4に示すようにフロー値はやや大きくなった。

しかし、アスファルトが混入されていることから、材料分離については安定し注入には問題ないようである。しかし全般的にA S Aモルタルを作るためのA Sモルタルは添加水を減らして、P-ロートでのフロー値を20秒程度にしておくといわれる。なおA S Aモルタルの空気量は今回は45~50%を目標としたが、この種のモルタルの気泡量としては50%以上の気泡の混合は不適当と思われた。

5-2 膨張率、ブリージング率

充填材を注入したのち、硬化に伴う収縮およびブリージングは、タンク底板との密着性を劣化させる。ジャッキアップ工法においては、充填材を充填したのち、ジャッキを外し、さらに水張り試験などを行うために、わず

かな空隙はその時点で消去され、特に問題はないと思われる。しかし填充材の収縮およびブリージングは防錆的にみて好ましくない。このために本填充材はセメントの1/10,000~2/10,000のアルミニウム粉末を添加してモ

ルタルに膨張性を持たせることにより収縮を防いでいる。各モルタルの膨張率、ブリージング率試験の結果は図-3および図-4に示すとおりである。

結果より、ブリージングについてはいずれの配合にお

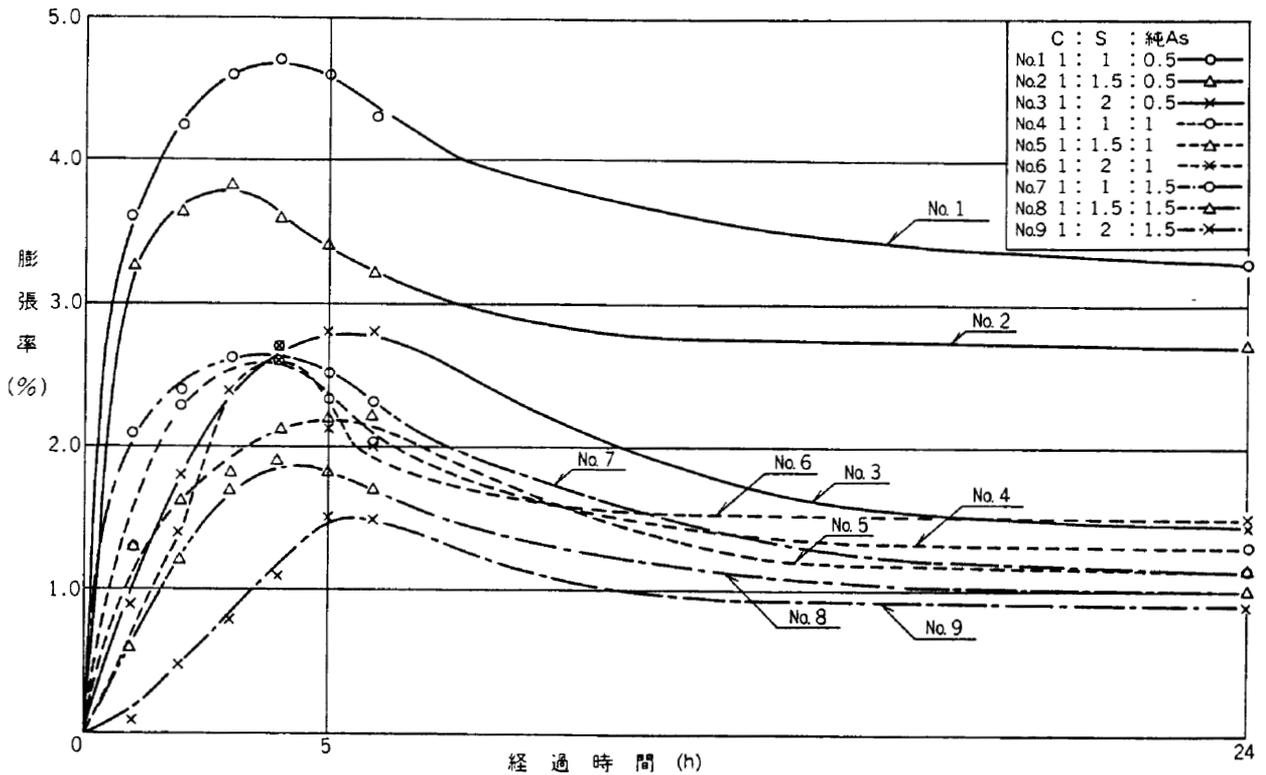
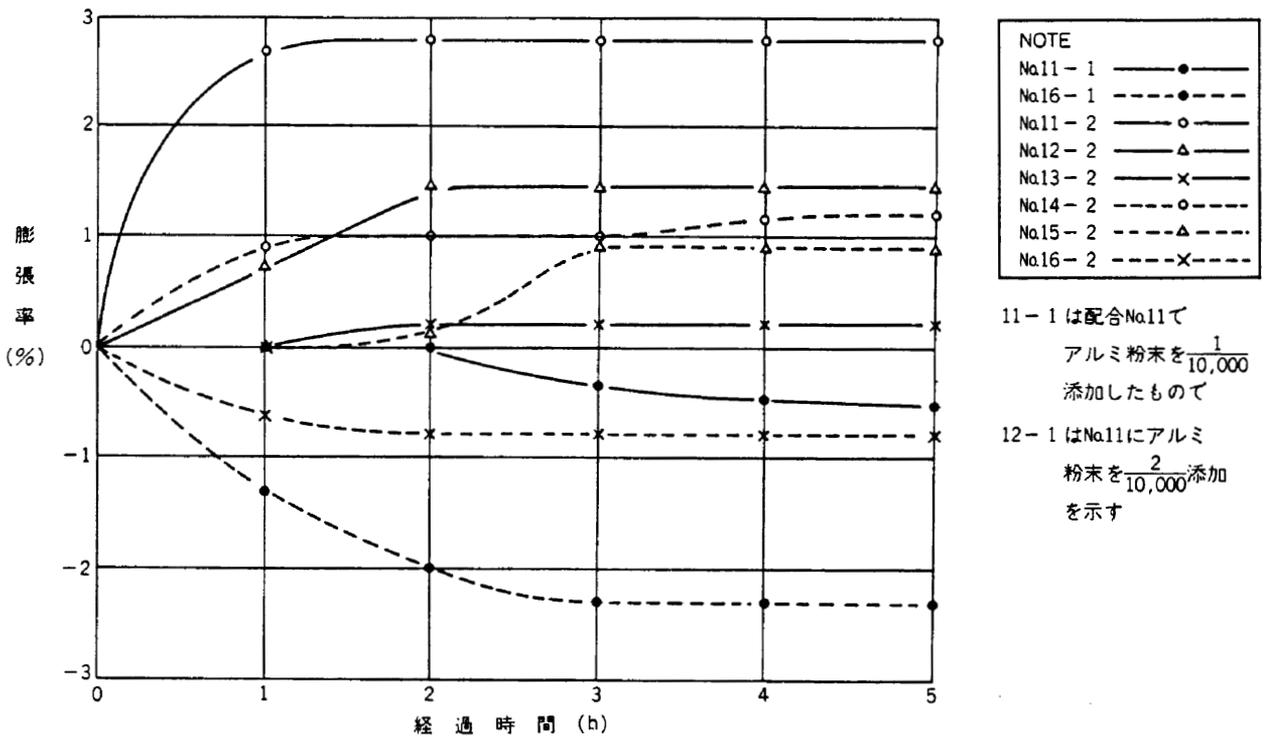


図-3 A Sモルタルの膨張



NOTE  
 No.11-1 ●  
 No.16-1 ○  
 No.11-2 △  
 No.12-2 ×  
 No.14-2 ○  
 No.15-2 △  
 No.16-2 ×

11-1は配合No.11で  
 アルミ粉末を  $\frac{1}{10,000}$   
 添加したもので  
 12-1はNo.11にアルミ  
 粉末を  $\frac{2}{10,000}$  添加  
 を示す

図-4 A S Aモルタルの膨張

いても全く認められなかった。これはアスファルトの影響と考えられる。また膨張については、ASモルタルでは0.9~3.3%で、アスファルト量の多い配合ほど、砂率の大きい配合ほど減少する傾向にあった。しかし、この場合アルミニウム量はセメント量に対して1/10,000と一定したため、アスファルト量、砂率により単位セメント量が異なり、これに伴いアルミニウム粉末の添加量が異なったためと考えられる。このためにセメント量の少ない配合においては単位アルミニウム量を増加させて、膨張量をコントロールする必要がある。ASAモルタルについては、ブリージングはいずれの配合においても認められなかったが、膨張はASモルタルに比較して小さい。これは、アルミ粉末を用いることによる膨張機構はアルミニウムがセメント中のアルカリと反応して水素ガスを発生することによるもので、大量の気泡を含むASAモルタルでは、これらの膨張力が気泡によって吸収されること、およびASAモルタルは単位セメント量が少なく、したがってアルミ粉末の添加量も少ないことによるためと考えられる。このため、アルミニウム粉末の添加量はセメント量の少ない配合については増加し、ASAモルタルの場合にはさらに増加する必要がある。しかし、いずれの場合も充填材の膨張はアルミニウム粉末を用いることにより容易に得られることが判明した。

5-3-1 ASモルタルの強度、変形特性

ASモルタルの試験結果を表-4に示す。この内、変形係数E<sub>50</sub>は次式によって計算する。

$$E_{50} = \frac{qu \times \frac{1}{2}}{qu \text{の} \frac{1}{2} \text{に相当するヒズミ}} \text{ (kgf/cm}^2\text{)}$$

また、変形係数E<sub>s</sub>、E<sub>e</sub>は繰り返し荷重試験を行なって図-5に示すような応力とヒズミの関係を求め、次のように計算した。すなわち、図-5において圧縮応力σに対するヒズミをε<sub>s</sub>とすると全ヒズミε<sub>s</sub>は残留ヒズミε<sub>p</sub>と弾性ヒズミε<sub>e</sub>の和で表わされる。曲線OAは、処女荷重曲線を、曲線ABは繰り返し荷重曲線を示している。各荷重段階におけるε<sub>s</sub>、ε<sub>e</sub>を求め、σ~ε<sub>s</sub>曲線、σ~ε<sub>e</sub>曲線を描くとσ~ε<sub>s</sub>曲線の割線勾配が処女荷重曲線による変形係数E<sub>s</sub>、σ~ε<sub>e</sub>曲線の割線勾配が繰り返し荷重曲線による変形係数E<sub>e</sub>となる。

ASモルタルでは圧縮応力σ=2kgf/cm<sup>2</sup>における割線勾配を、ASAモルタルでも、σ=2kgf/cm<sup>2</sup>における割線勾配をそれぞれ求めた。

図-6に変形係数の算出法を示す。繰り返し荷重曲線による変形係数E<sub>e</sub>(図-5の直線ABの勾配)は弾性係

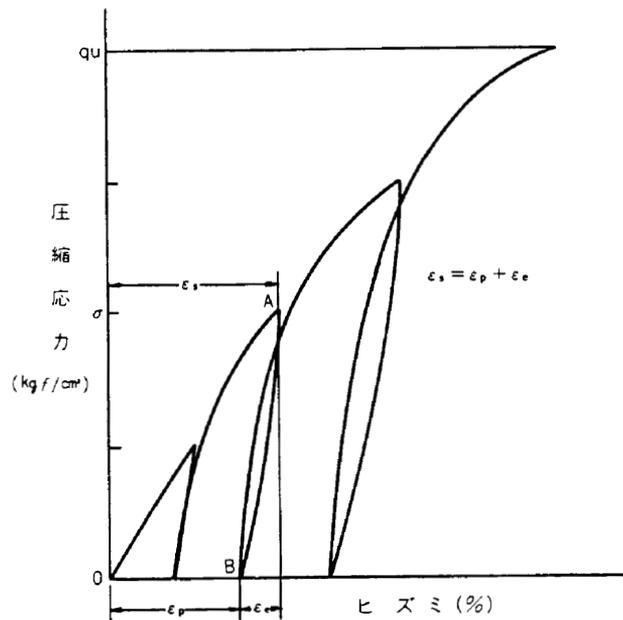


図-5 σ~εの関係図

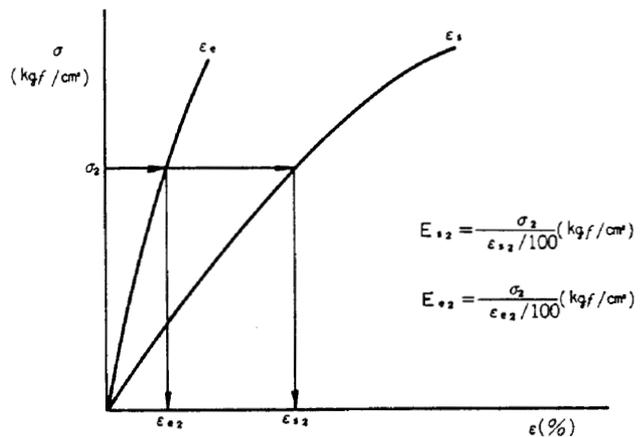


図-6 変形係数の算出法

数といわれるものである。

図-7は、一軸圧縮強さ(qu)に対する、W/C、AS含有率の影響を見るために図示したものである。W/C、AS含有率の増加によるqu<sub>28</sub>の低下が顕著に表われている。

林令によるquの変化を図-8に示す。28日強度は、7日強度の約1.5~2倍になっている。

quと変形係数(E<sub>50</sub>、E<sub>e</sub>、E<sub>s</sub>)の関係を図示したものが図-9である。E<sub>e</sub>にはquによる変化はあまり見られないが、E<sub>50</sub>およびE<sub>s</sub>にはかなり見られる。特にE<sub>50</sub>ではその変化が著しい。

5-3-2 ASAモルタルの強度、変形特性

ASAモルタルの試験結果を表-5に示す。

表-5により、林令によるquの変化を示すと図-10のようになり、28日強度は7日強度の約2.5~3倍程度に

表-4 A Sモルタル試験結果一覧表

配合番号	配合 (C : S : As)	W/C (%)	As 含有率 (%)	材 令 7 日					材 令 14 日					材 令 28 日							
				qu (kg/cm <sup>2</sup> )	su (%)	E <sub>so</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	E <sub>e</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	E <sub>s</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	$\frac{E_e}{E_s}$	qu (kg/cm <sup>2</sup> )	su (%)	E <sub>so</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	E <sub>e</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	E <sub>s</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	$\frac{E_e}{E_s}$	qu (kg/cm <sup>2</sup> )	su (%)	E <sub>so</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	E <sub>e</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	E <sub>s</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	$\frac{E_e}{E_s}$
A	1 : 1 : 0.5	63.7	15.9	29.7	0.88	7315	2467	1633	1.51	38.7	0.80	6653	1830	1126	1.63	46.8	1.18	6167	2639	1618	1.63
				32.0	0.57	7062	2235	1087	2.06	37.4	0.79	6994	1975	925	2.14	48.8	1.00	8512	2500	1502	1.66
				27.1	0.57	6512	2312	1241	1.86	33.6	0.77	5684	1676	761	2.20	47.3	1.69	9508	1854	1429	1.30
B	1 : 1 : 1	75.2	26.6	9.3	0.74	1844	2436	1033	2.36	11.1	1.13	1677	2083	769	2.71	14.7	0.99	2528	2483	1111	2.24
				8.0	1.03	1625	1953	972	2.01	11.9	0.78	2346	1244	655	1.90	15.1	0.85	2905	1835	1153	1.59
				7.4	1.10	1443	1850	959	1.93	11.5	0.83	2055	1871	974	1.92	14.3	1.09	2138	1746	1234	1.42
C	1 : 1 : 1.5	100.0	33.3	3.2	0.63	846	1307	310	4.22	4.6	0.98	832	1861	328	5.67	5.7	0.86	1261	1491	457	3.26
				2.6	2.06	207	1502	322	4.67	4.3	2.10	320	1348	440	3.06	6.4	0.97	832	1514	498	3.04
				1.7	1.96	182	822	193	4.26	3.0	0.79	593	1255	307	4.09	4.0	1.39	447	1814	401	4.52

注) 空気量は平均4.9%である。

表-5 A S Aモルタル試験結果一覧表

配合番号	配合 (C : S : As)	W/C (%)	As 含有率 (%)	材 令 7 日					材 令 14 日					材 令 28 日							
				qu (kg/cm <sup>2</sup> )	su (%)	E <sub>so</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	E <sub>e</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	E <sub>s</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	$\frac{E_e}{E_s}$	qu (kg/cm <sup>2</sup> )	su (%)	E <sub>so</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	E <sub>e</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	E <sub>s</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	$\frac{E_e}{E_s}$	qu (kg/cm <sup>2</sup> )	su (%)	E <sub>so</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	E <sub>e</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	E <sub>s</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	$\frac{E_e}{E_s}$
Aa	1 : 1 : 0.5	63.7	15.8	5.4	0.48	329	1313	680	1.93	9.1	0.62	1996	2097	936	2.24	15.7	1.13	2905	2328	1111	2.10
					0.59	310	1210	781	1.55	8.3	0.54	1820	1454	1054	1.38	13.0	1.00	3000	2355	1140	2.06
				4.6	0.86	692	1523	365	4.17	7.6	0.77	1279	2341	835	2.80	11.0	0.85	1848	2897	836	3.47
Ba	1 : 1 : 1	75.2	26.6	1.8	0.77	344	1257	668	1.88	3.0	0.87	473	991	310	3.20	6.4	0.86	1028	2393	696	3.44
				1.8	0.93	281	1694	421	4.02	2.8	0.94	402	1489	426	3.50	4.6	0.97	655	1313	471	2.79
				1.7	0.97	232	1332	352	3.78	2.6	0.69	524	1207	378	3.19	4.4	0.91	688	1559	502	3.11

注) 空気量は平均48.8%である。

なっている。quと変形係数(E<sub>50</sub>、E<sub>e</sub>、E<sub>s</sub>)の関係をみるとASモルタルの場合と同様にE<sub>e</sub>には、quによる変化はあまり見られない。

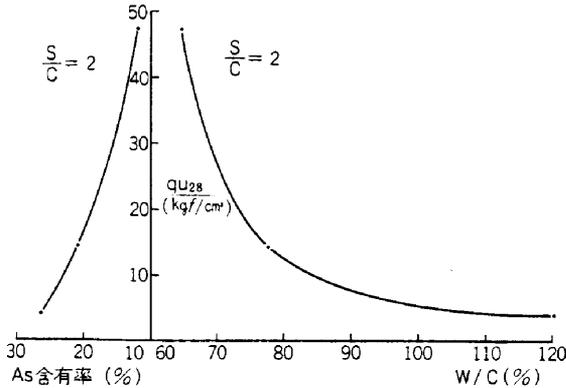


図-7 ASモルタルの圧縮強さquとW/C及びアスファルト含有率の関係

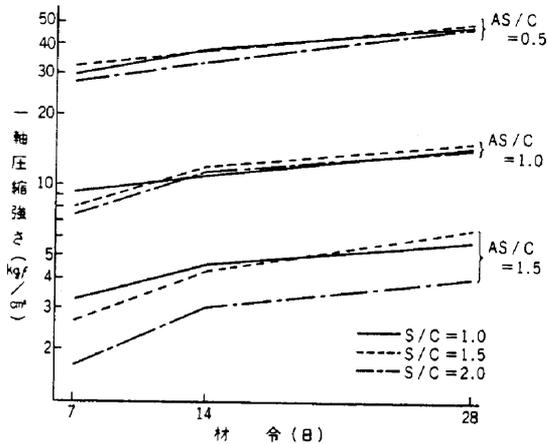


図-8 一軸圧縮強さと材令 (ASモルタル)

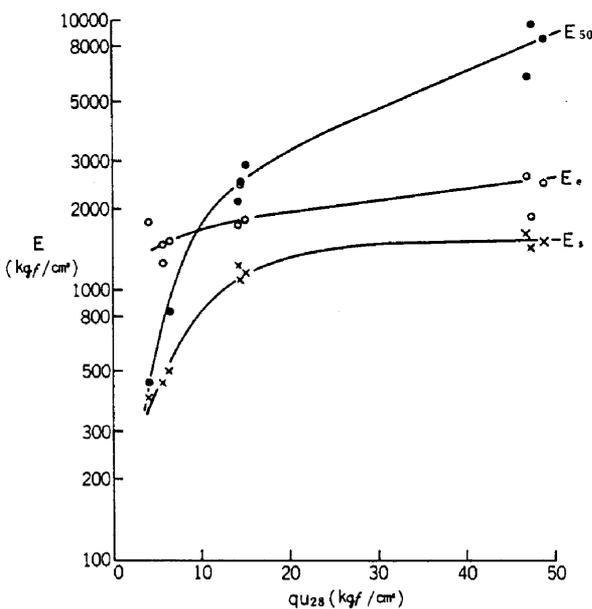


図-9 qu~E<sub>50</sub>、E<sub>e</sub>、E<sub>s</sub>の関係 (ASモルタル)

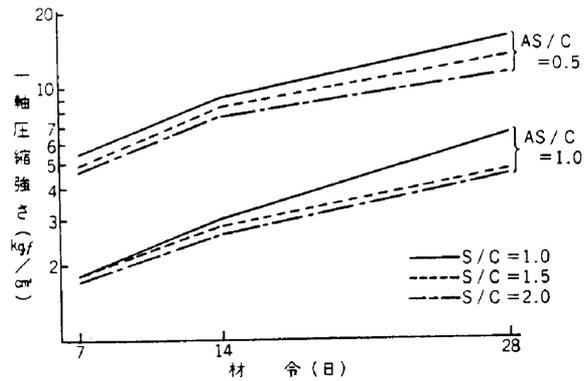


図-10 一軸圧縮強さと材令 (ASAモルタル)

### 5-3-3 強度、変形特性の検討

ASモルタルとASAモルタルの強度、変形特性を比較検討すると次のようになる。

#### (1) 強度特性について

同一配合において気泡の有無による一軸圧縮強さ(qu)、ヒズミ(ε<sub>u</sub>)の変化を検討すると、一軸圧縮強さ(qu<sub>28</sub>)は、気泡の混入(混入率、平均48.8%)によって、Aブロックの配合(AS/C=0.5)においても、Bブロックの配合(AS/C=1)においてもほぼ等しい。一軸圧縮強さ(qu<sub>28</sub>)による破壊ヒズミ(ε<sub>u</sub>)の変化は見られず、気泡の混入による破壊ヒズミ(ε<sub>u</sub>)の変化はないといえる。

#### (2) 変形特性について

一軸圧縮強さ(qu<sub>28</sub>)と変形係数(E<sub>50</sub>、E<sub>e</sub>、E<sub>s</sub>)の関係を気泡の有無によって検討すると、気泡の有無による大きな変化はみられない。

同一配合において気泡の有無による変形係数(E<sub>50</sub>、E<sub>e</sub>、E<sub>s</sub>)の変化を検討すると、Aブロックの配合においても、Bブロックの配合においても、気泡の混入においてE<sub>e</sub>の値はそれほど変化しないが、E<sub>50</sub>の値は、約半にE<sub>s</sub>の値は約半に低下しているといえる。

以上の事により、ASモルタルに気泡を50%程度混入すると一軸圧縮強度は半に、変形係数もそれに応じて低下する。qu=5~10kgf/cm<sup>2</sup>ではE<sub>s</sub>=500~1,000kgf/cm<sup>2</sup>程度のものが得られる。

## § 6. まとめ

オイルタンクの補修工法に伴う基礎填充材としてASモルタルおよびASAモルタルを用いるにあたり、種々の配合についてその性状を試験したが、これら填充材は次のような性質を有するとの結果を得た。

- (1) 一定のフロー値を得るためのASモルタルの水セメント比は、アスファルト混合率(セメント重量に対する純アスファルト重量比)の増大につれ増加す

- る。
- (2) A S モルタルは混合後放置するとアスファルト分が凝固してこわばりができ、フロー値(秒)は大きくなる。しかし再び攪拌することにより流動性は回復する。
- (3) A S モルタルは膨張剤としてアルミニウム粉末を添加することにより膨張させることが可能で、これにより硬化に伴う収縮を防止することができる。なお膨張剤の添加量はセメント重量に対し1/10,000~3/10,000程度で、セメント量の少ない配合ほど多く添加する必要がある。
- (4) A S および A S A モルタルのブリージングはいずれも認められない。
- (5) A S モルタルの一軸圧縮強度はアスファルト混合率により変化し、材令28日の強度は、アスファルト混合率が0.5の場合47~48kgf/cm<sup>2</sup>、1.0の場合は14~15kgf/cm<sup>2</sup>、1.5の場合は5~6kgf/cm<sup>2</sup>程度であった。
- (6) A S モルタルの弾性係数は E<sub>0</sub> は圧縮強度の増大につれ大きくなるが、今回の試験では、いずれも、1,500~2,500 kgf/cm<sup>2</sup>程度であった。
- (7) A S モルタルにプレフォーミング方式で気泡を混合することは、特に問題はない。
- (8) 気泡量50%程度の A S A モルタルは気泡を混合したことにより、一軸圧縮強度は約半に低下する。しかし破壊歪の変化はないようである。また、弾性係数 E<sub>0</sub> は特に変化はないが、変形係数 E<sub>50</sub> は約半に、E<sub>0</sub> は約半に低下している。
- (9) A S A モルタルは気泡量が50%以上、砂率が2.0以上になると砂分が沈み、材料分離を起こしやすくなるようである。
- (10) A S A モルタルはピストン式のエアモルタル用のポンプを用いて圧送が可能である。

以上により、アスファルト乳剤とセメント・砂および膨張剤にて作った A S モルタルおよびこれに大量の気泡を混合して作った A S A モルタルはオイルタンクなどの基礎填充材として、強度、弾性、変形の面から、また施工の面からも有効な填充材であると考えられる。

## § 7. 現場での施工実績

A S A モルタルは、昭和50年12月、船橋土木出張所にて実施した1,900 kℓのミナス重油タンクの補修工事に使用された。

表-6 は工事に用いられた A S A モルタルの配合および品質管理試験の結果を示したもので、施工および施工後のタンク水張り試験の結果も良好であったとの報告を

受けている。

なお、A S A モルタルは200 ℓのモルタルミキサーを用いて A S モルタルを製造し、これに発泡機にて製造した気泡を混合して製造した。また A S A モルタルの注入には、東邦地下工機社製のモルタルポンプ P A - 15 B 型を用いて施工した。

表-6 工事に用いた A S A モルタル

A S A モルタルの配合(計画)

配合比(C:S:As)	W/C	空気量	フロー値	膨張
1:1:0.5	42%	45%	230±30mm	0以上

A S A モルタルの m<sup>3</sup> 当りの材料(kg)

セメント	砂	アスファルト乳剤	水	アルミ粉末	気泡(ℓ)
338	338	282	30	0.051	900*

\*混合による気泡の消泡率約50%

品質管理試験の結果

圧縮強度(kgf/cm <sup>2</sup> )			膨張率3時間(%)	ブリージング率3時間(%)	
7日	14日	28日			
14.6	25.9	34.5	0.8	0	
フロー値		単位体積重量		空気量	
平均	変動係数	平均	変動係数	平均	変動係数
230mm	7.1%	0.98kg/ℓ	7.9%	45.9%	5.0%

以上で、オイルタンクの補修工法に伴う基礎填充材としての A S モルタルおよび A S A モルタルの諸性質に関する研究の報告を終るが、これら填充材についてはある程度の性状は把握したもの、今後さらに検討、研究する問題も多いと思われる。

例えば、オイルタンクは貯蔵するオイルの種類によっては保温して貯蔵するものもあり、この場合には填充材も当然熱に対する影響について考慮する必要がある。さらに電気的な諸性質、また防水、防錆に関する問題で、これらについてより詳細にその性質を把握することにより、これら填充材はオイルタンクの基礎のみならず、他の分野にも広く利用できるのではと考える。

研究を行なうにあたり、御協力、御指導をいただいた日澁化学工業中央研究所の佐藤氏、麻生フォームクリートの原田氏、さらに多くのアイデアをいただいた西松建設船橋土木(出)の細川氏に紙面を借りて感謝する次第であります。

なお、A S A モルタルについては、現在特許申請中であり、あります。

参考文献(注1)

- 樋口芳朗、杉山道行、小沢 喬 “セメントアスファルトモルタル” セメント技術年表 1967年 P511~514
- 樋口芳朗、杉山道行、原田 豊 “軌道用填充モルタルの諸性質と施工性” セメント技術年表 1973年 P363~368