

# 高水圧下でのプレパクトコンクリート用 グラウトの膨張性状に関する基礎研究

久保直志・森野奎二・津幡健一

A Fundamental study on the Expansibility of Grout used  
Prepacked Concrete.

Naoshi KUBO, Keiji MORINO, Kenichi TSUBATA

本研究では、注入グラウトの膨張圧力をブルドン管式ゲージを用いて測定した。この新考案によって得た測定値は、ボイルの法則による理論値とほぼ等しいものとなった。

従って、深海でのプレパクトコンクリート用グラウトの膨張剤（A $\ell$ 等）の使用量は、計算によって求めることができる。

## 1. まえがき

最近のように海洋開発が大きくクローズアップされるようになると、海中での土木構造物の施工が重要な問題となる。

従来より、海中工事に適したコンクリート施工法としては、プレパクトコンクリート工法が、最も有効な工法であるとされているが、更に深海での大型化する工事を対象とした研究が必要となってきている。

深海施工の我国での具体的な例として、本州四国連絡橋の基礎工事が上げられるが、本、四架橋を対象にした実験は、本州四国連絡橋公団を中心に行われており、その実験結果が発表されている。<sup>(1-3)</sup>

我々もまた、深海での施工に適する新材料の開発に独自に取り組んでおり、一応の成果をおさめている。

しかし、一方では、既存のプレパクトコンクリート工法に対しても、海中（つまり高水圧下）におけるプレパクトコンクリートの性状については未知の点が多い。

本論文は、プレパクトコンクリートの注入モルタルの高水圧下での膨張性状および強度に関して述べたものである。

水中施工では、水深10mにつき約1Kg/cm<sup>2</sup>の圧力が掛かるが、水圧下での膨張の状態を測定し、ついで、加圧下において、常圧と同程度の膨張量にするには、膨張剤をどれだけ増加すればよいか、そのときの強度はどのようになるか等を実験的に求め、理論値と比較検討する。これらを求めるためにはグラウトの膨張圧力を知る必要があるが、その測定は未だなされていないので、その測定方法の考案から開始した。<sup>(4-5)</sup>

このグラウトの膨張圧力の測定は、プレパクトコンクリートの型枠の強度および漏洩防止を考える上からも必要なことと思われる。型枠には、粗骨材の充填によって生ずる圧力、グラウトの密度に伴う静水圧、注入圧力等が大きく作用するものであるが、注入後に型枠が受ける圧力の増加、および漏洩の原因となるのは、膨張圧によるところが大きいと考えられる。

## 2. 使用材料

**セメント**：主として普通ポルトランドセメントを使用した。一部、高炉セメントB種、C種、および、フライアッシュセメントB種を使用した。これらのセメントはメーカーより実験用として直送して戴いた品質の安定したものである。

**砂**：（愛知県瀬戸地方産珪砂）グラウト用には一般の砂より細かいものが使用されるが、丁度、当地には、その粒度に適する珪砂が産するので、それを利用した。実験には気乾状態で使用した。粗粒率 1.80, 比重 2.61

**フライアッシュ**：（中電フライアッシュ）  
比重2.12 粉末度（網フルイ法）2.48%, （ブレン法）  
3780cm<sup>3</sup>/g

**粘土微粉末**：カオリン質焼成粘土微粉末に未処理粘土微粉末が一部混合されている耐火モルタル用の市販品である。これを粘性の点を考慮してフライアッシュの代りに使用してみた。

**混和剤**：

アルミニウム粉末

主として大阪金属粉工業KKのものを使用した。 1

表に示すように日本金属KK, 福田金属箔粉工業 KK, し, 種々のAl粉末を比較した, その他, 試薬用Al粉末, 塗装用Al粉末等を使用

表1 アルミニウム粉末の性質

( ) 内はメッシュ

Alの種類	項目	比表面積 (cm <sup>2</sup> /g)	粒子組成(通過%)					
			149μ (100)	88μ (170)	74μ (200)	61μ (250)	53μ (270)	44μ (325)
E-12	薄片状	3,890	100	50以上				
LG-12	"	9,470	100	80以上				
LP-12	"	12,850		98以上				70以上
OS-250	"	12,130			100	70	20	10
OS-300	"	12,800				100	60	40
AD-200	"	13,680						
AD	粒状	1,180	100	92				
Wako	粒状	670						20
Toso-No200	薄片状	12,040						
Toso-No300	"	13,670						
Toso-No900	"	29,940						
Toso-No1112	"	16,460						
K. G. A.		(7,650)	Al粉末の他に分散剤などの化学薬品が適量混合					

分散剤

スルホン酸系のおよびポゾリス

K.G.A. (Kubo Grouting Agent)

Al粉末, 分散剤および材料分離防止剤等が配合されている市販の注入助剤である。

3. 測定方法および実験装置

a 混合方法

グラウトの混合用ミキサーは高速回転ミキサーで数万回転まで可能のものであるが, グラウトが飛び躍ねて攪拌槽から出ない程度の回転数約 1000r.p.m. で使用した練り混ぜは, まず所定の水量を攪拌槽に入れ, 分散剤

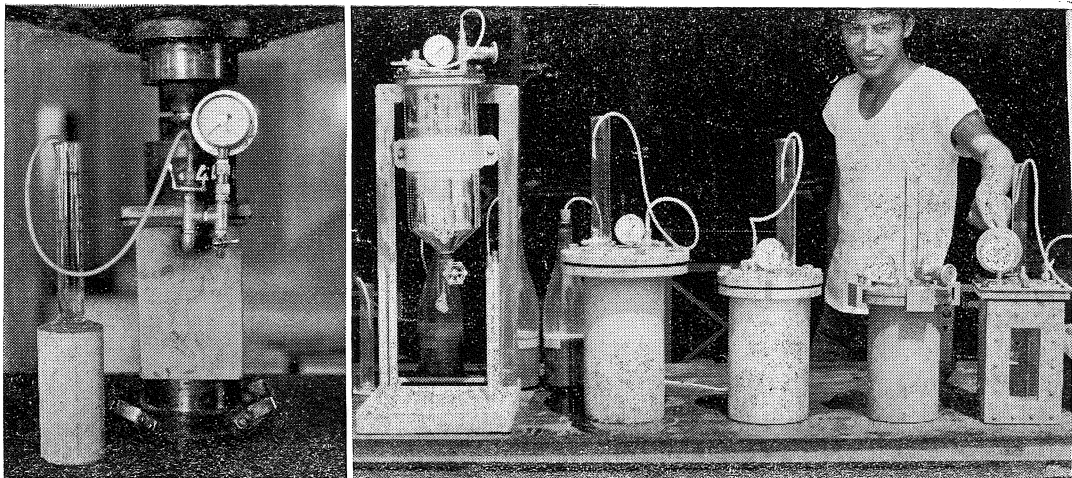


写真1 膨張圧力測定器

を溶解したのち、セメント、フライアッシュ、砂の順序で投入し、投入時間は1分間ですべて終了、全体で3分間混合した。A $\ell$ 粉末はセメントを投入する直前にセメントの中に混合して、セメントと同時に投入されるようにした。これは、後のグラウトの膨張率および膨張圧と経過時間との関係を求める際に、混合開始時間を常に基準に取ったために、特に注意した。

#### b 膨張圧の測定および圧力下での膨張率の測定

膨張圧の測定は写真1に示すような圧力容器に取付けられているブルドンゲージによって測定した。試料を容器の中に入れて、残りの空間は水で満たす。水は上から注ぎ込むのであるが、その際、水が濁るのを避けるために試料の上に紙を置いてから、静かに水を流し込んだ。

#### c 常圧での膨張率の測定

常圧における膨張率の測定は写真1の容器を使用することもできるが、写真2のような2 $\ell$ ビンから、膨張によって溢れ出た水量をビニールパイプを通して100mlのメスシリンダーで測定した。従来の1 $\ell$ のメスシリンダーの方法では時間が経過していくと上面が凸となり読み取りが難しくなるが、この方法では常に1mlの精度で測定できる。

特に都合がよいのは、長時間の測定でグラウトが硬くなったものは、そのまま廃棄しても惜しくない点である。また1 $\ell$ メスシリンダーに比べて断面が大きいので、側壁との摩擦の影響が少なく、より正しい値を測定しているものと思われる。

#### d 流動性の測定

一般に使用されている1725cc入りのフローコーンおよび単一回転粘度計（ビスコメーター）<sup>16)</sup>を使用した。

#### e 供試体作成

高圧養生槽として、オートクレーブ、コンクリート透水試験機、および試作の大型圧力容器等を使用した。

テストピースはJISの $\phi 5 \times 10$ cmおよび $4 \times 4 \times 16$ cmの鉄製型枠を使用し、その中にグラウトを入れ、上面が水で乱されないようにガラス板を型枠の上に置き、あらかじめ水で満たされている上記圧力容器の中に入れて、直ちに密封し、透水試験機の水圧ポンプおよび他のエアコンプレッサーで一定圧力に加圧した。

### 4. グラウトの配合

上蓋を閉じながら、コックより水が溢れ出るのを確認してグラウトを完全に封入した。（水が溢れ出ない場合は、一方のコックより注入し、他方のコックより水が出るのを確認してコックを閉じる。）

一定圧力下での膨張率の測定では、一定水圧を加えて、例えば、2Kg/cm<sup>2</sup>を掛けた場合であれば、しばらくすると発生した膨張力によってゲージ圧は2Kg/cm<sup>2</sup>を越えるが、越える度にコックを弛めて水を出し、ゲージの指針を2Kg/cm<sup>2</sup>に戻した。このようにして、一定圧力を保つために取り出した水量を膨張量とした。圧力容器の中に直接試料を入れずに、 $\phi 10 \times 20$ cm等の型枠とか、ビニール袋に入れておけば、膨張圧（率）を長時間にわたって測定することができる。

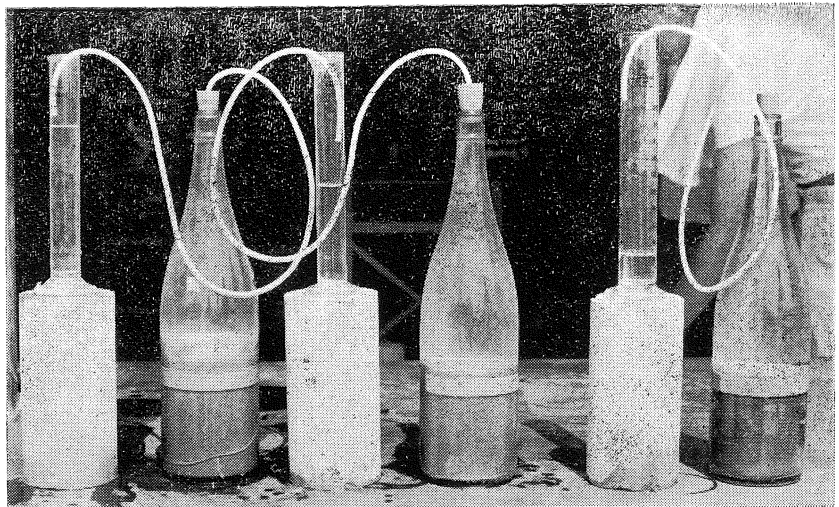


写真2 膨張率測定方法

注入モルタルの配合は主に、C:F:S=1:0.25:1.25, W/C+F=50.7%（フロー値18秒）とした。（2表参照）

表2 グラウトの配合

セメント	混和材	砂	W	W/C+F	
1	フ シ ラ イ ア ッ	0.10	1.10	0.567	0.515
1		0.25	1.25	0.534	0.507
1		0.30	1.30	0.645	0.496
1	粘  土	0.10	1.10	0.638	0.580
1		0.25	1.25	0.800	0.640
1		0.30	1.30	0.858	0.660

(注) A $\ell$ 粉末

OS-250 1/10<sup>4</sup> ~ 13/10<sup>4</sup>

アルミニウムの種類別の基礎実験ではセメントペーストのみで行ない、W/C=40,50,60%とした。

A $\ell$ 粉末はC $\times$ 1/10<sup>4</sup>（大気圧のときの膨張率，7%）の使用を基本として，C $\times$ 1/10<sup>4</sup>～C $\times$ 13/10<sup>4</sup>までの範囲で使用した。

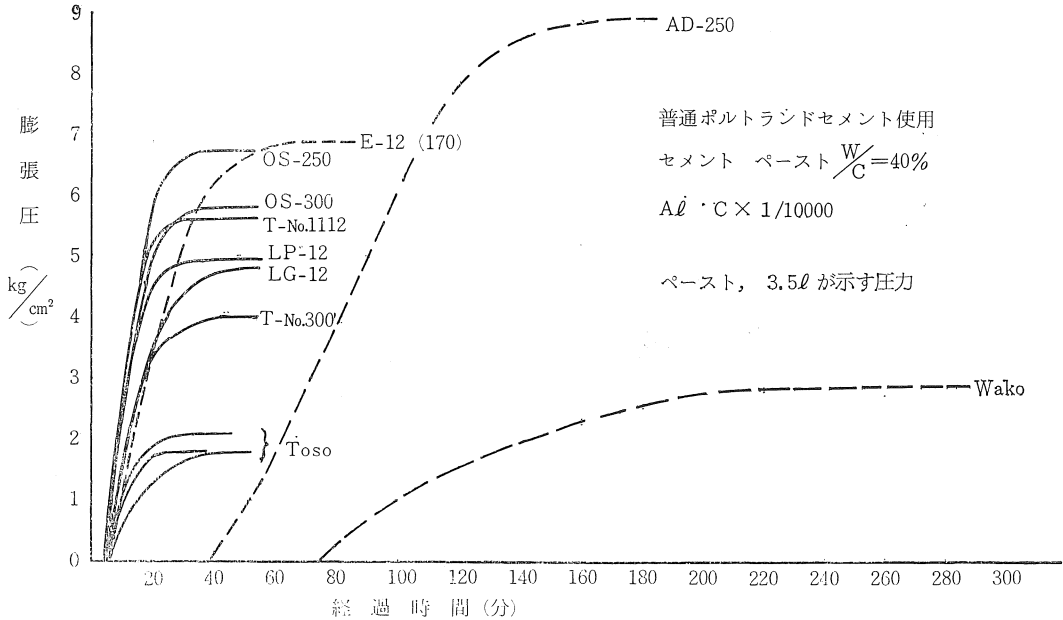
分散剤はセメントの0.2%を使用した。なお，K.G.A.は普通ポルトランドセメント用と高炉セメント用等がある

がいずれもセメントの0.4%使用を原則とする。

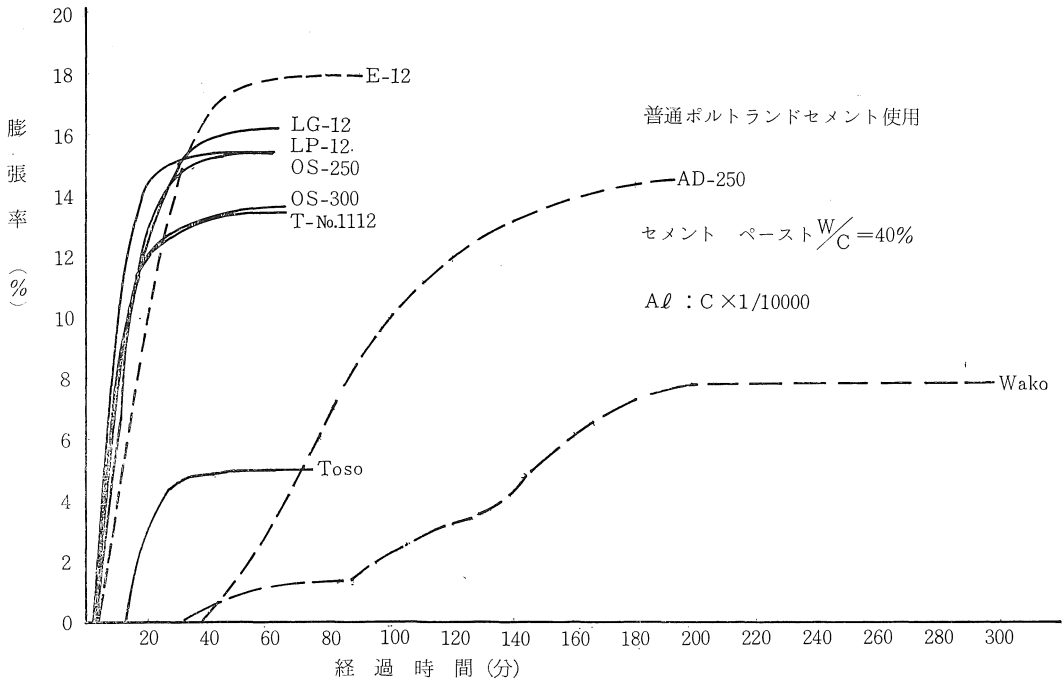
5. 実験結果

5-1 各種A $\ell$ 粉末の比較

各種A $\ell$ 粉末を使用して，膨張率および膨張圧の測定を行なった。その結果を1図，2図に示す。



1 図 各種アルミニウム粉末の膨張圧



2 図 各種アルミニウム粉末による膨張率の相違

1図、2図では、Aℓの使用量はセメントの1/10<sup>4</sup>であり、W/C=40%のセメントペーストでの結果である。

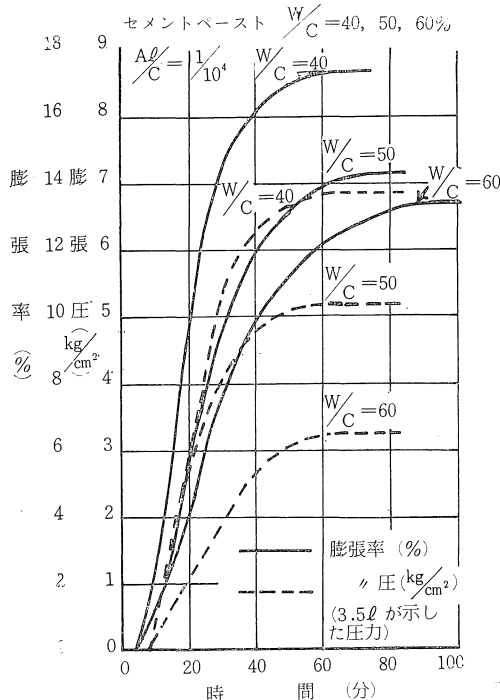
膨張圧は、3.5ℓの示した圧力である。Aℓ粉末の種類によって膨張圧(率)は著しく相違し、セメントペースト3.5ℓの圧力が1.5~8kg/cm<sup>2</sup>となった。Aℓ粉末の粒子の大きさ、および形状によって反応速度が異なるが、使用アルミの中でも最も多いタイプである薄片状で250~325メッシュのアルミニウム粉末はセメントと接触して1分以内で反応を開始しており、練り混ぜてから密閉するまでの時間の遅速が圧力の測定値に差違をもたらし、反応の速いものでは、1分程度の遅れで1Kg/cm<sup>2</sup>の圧力減少を示したりした。

AD=250, WaK<sup>o</sup>のような粒状で寸法も大きいものは、反応開始時間が遅く、薄片状のものとは異なった膨張曲線を示した。また膨張圧は、膨張率のように試料の容積によって単純に割ることに問題があるようなデータが、3表に示すように見受けられるので、1図では、測

表3 容積と圧力の関係 単位 Kg/cm<sup>2</sup>

容積(ℓ)	アルミ				
	OS-300	NO-1112	LP-12	OS-250	LG-12
1.75	2.00 (1.14)	2.50 (1.43)	2.70 (1.54)	3.40 (1.94)	3.95 (2.23)
3.50	5.80 (1.66)	5.65 (1.62)	5.00 (1.43)	6.70 (1.92)	4.80 (1.37)

(注) ( )内の数字は1ℓの圧力

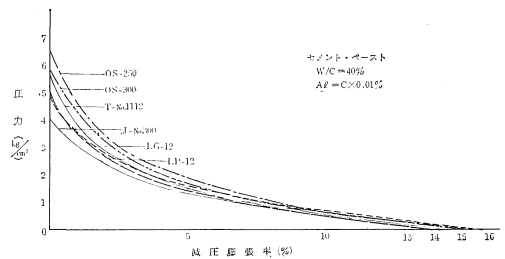


3図 経過時間と膨張率および圧力の関係

定容積3.5ℓによって得た値をそのまま表示した。一定容器内に入っているグラウトの膨張圧力は、圧力の発生源である水素ガスが、Aℓの量に比例して発生することから、グラウト量に比例するはずであるが、3表に示すように必ずしも比例関係にない。この原因は、アルミニウムの品質によるバラツキというよりは、密閉の不完全さによる漏洩、測定開始時間の遅れ、計量の不正確さ等の実験誤差による方が大きいと考えられる。このように、内壁に及ぼす圧力は、密閉条件によって、無限大から寡少にまで変化する。

また1図では、W/C=40%の結果のみ示したが W/Cの変化によって、膨張率(圧)は3図のように、セメントの減少に伴うAℓ量の減少分だけ小さくなる。

グラウト中で発生した水素ガスは、密閉容器内で拘束され、圧力となってゲージに現われるが、最高圧力に達した後、徐々に開放すると、ほぼ、常圧での膨張率と等しくなる。この減圧膨張率の1例を4図に示した。



4図 圧力開放時の膨張曲線

### 5-2 膨張圧および膨張率

#### 理論

プレパクトコンクリートのグラウトの膨張は、アルミニウム粉末によって発生する水素ガスによっているが、アルミニウムがセメントのアルカリと反応して発生する水素ガス量は、化学反応から、 $2Aℓ \rightarrow 3H_2$ となり、1gのAℓによって1,338ℓ(20°C)の水素ガスを大気圧中で発生する。

一方、水中施工では、水深10mにつき、約1Kg/cm<sup>2</sup>の水圧が掛かるために、グラウト中で発生する水素ガスの体積は、大気圧のときより小さくなる。この圧力と体積の関係は、実在気体の状態方程式として Van der Waals の式、 $(P+a/v^2)(v-b)=RT$ に従うと考えられる。この式に、水素のファンデルワールス定数、 $a=0.245$  ( $ℓ^2-atm$ )、 $b=0.0267$  ( $ℓ$ ) および  $RT=22.43$  ( $0^\circ C$ の水素ガス定数)を代入すると、

$$v^3 - (0.247 + \frac{22.43}{P})v^2 + \frac{0.245}{P}v - \frac{0.00654}{P} = 0$$

となる。

Pが1~10気圧程度では、a, bをvに対して無視しうる

から、 $Pv=RT$  の Boyle の法則が実用上使用できる。

一方、 $A\ell$  粉末は  $A\ell 1g$  とセメント中のアルカリ ( $Na_2O, K_2O, Ca(OH)_2$ ) と反応して、 $1.247\ell$  ( $0^\circ C$ ) の  $H_2$  ガスを大気圧中で発生する。

この発生ガスを膨張量と考えれば、次の式によって膨張率を求めることができる。

$$E = \frac{1.033}{1.033 + P} \cdot E_0$$

$$E_0 = \frac{1.247 \times A\ell}{V} \cdot \frac{273 + t}{273}$$

$P$  : ブルドンゲージ圧  $Kg/cm^2$

$E$  :  $P\text{Kg}/cm^2$  のときの膨張率

$E_0$  : 大気圧中での膨張率

$V_g$  : グラウトの体積

$A\ell$  : グラウト  $V\ell$  中に含まれている  $A\ell$  粉末の重量 ( $g$ )

$t$  : グラウト温度 ( $^\circ C$ )

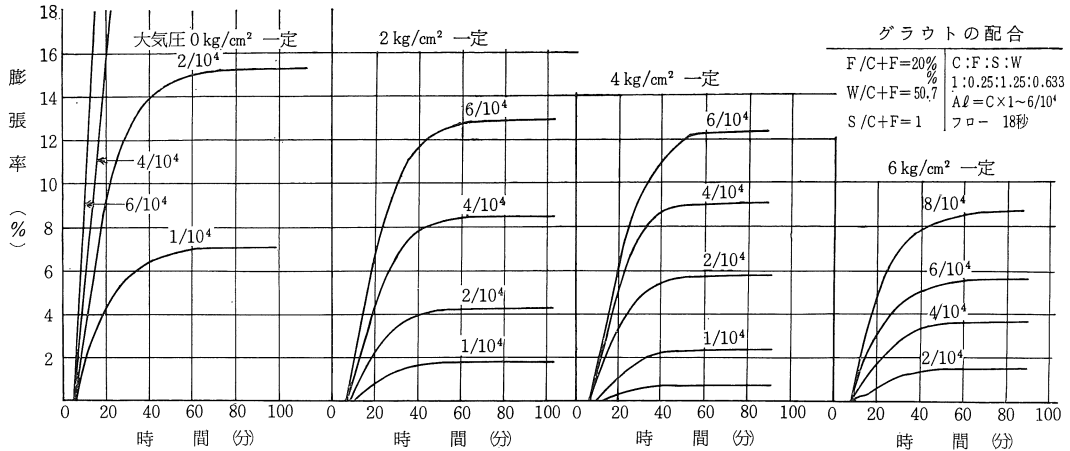
1.033 :  $mmHg$  を  $Kg/cm^2$  に換算する定数

したがって、海中での膨張率あるいは逆に、圧力下での膨張率を指定して、 $A\ell$  の量を求めることができる。

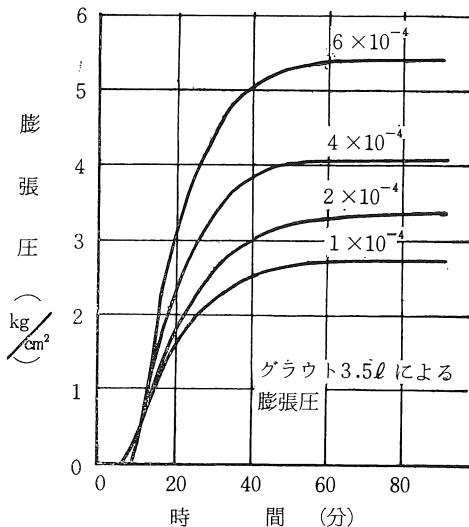
結果

(a)  $A\ell$  の量と膨張率との関係

各圧力下での膨張率および膨張圧の 1例は 5図および6図に示すとおりである。5図ではグラウトの膨張と経過時間との関係を示しているが、被圧状態によって反応時間は変化しないことがみとめられる。5図を取りまとめ、理論値と実測値の1例とを示すと7図のようになる。7図では、実測値が理論値よりも必ず小さく測定されているが、これは、 $A\ell$  の品質とセメントのアルカリ量によって、発生する水素ガス量は、理論値どおり百パーセント反応し難いことと、混合中の反応分は測定できないこと、および実験中に漏水する等の計測誤差に原因すると思われる。



5図 圧力が膨張率に及ぼす影響



6図  $A\ell$  の比率と膨張圧との関係

6図には、 $A\ell$  粉末をセメントの  $1/10^4 \sim 6/10^4$  倍使用した場合のグラウトの膨張圧力と時間を示しているが、本実験のような小型の圧力容器では、比較的大きく測定されているものと思われる。拘束状態が悪くなる大型の木製型枠等では、圧力は相当小さく測定される。

(b) 被圧下での膨張率の変化

大気圧中の膨張率と被圧下での膨張率との関係を 8図に示す。

7図では、理論値がグラウトの配合によって、つまり、使用材料の比重差によって生ずる体積変化だけ異なるが、8図の理論値は、配合によって変化しないので、フライアッシュと粘土の2種類の混和材について、 $F/C=10 \sim 30\%$  の6種類についてプロットした。 $A\ell$  量のみが異なり、他の配合は同じであるものを点線で結んである。

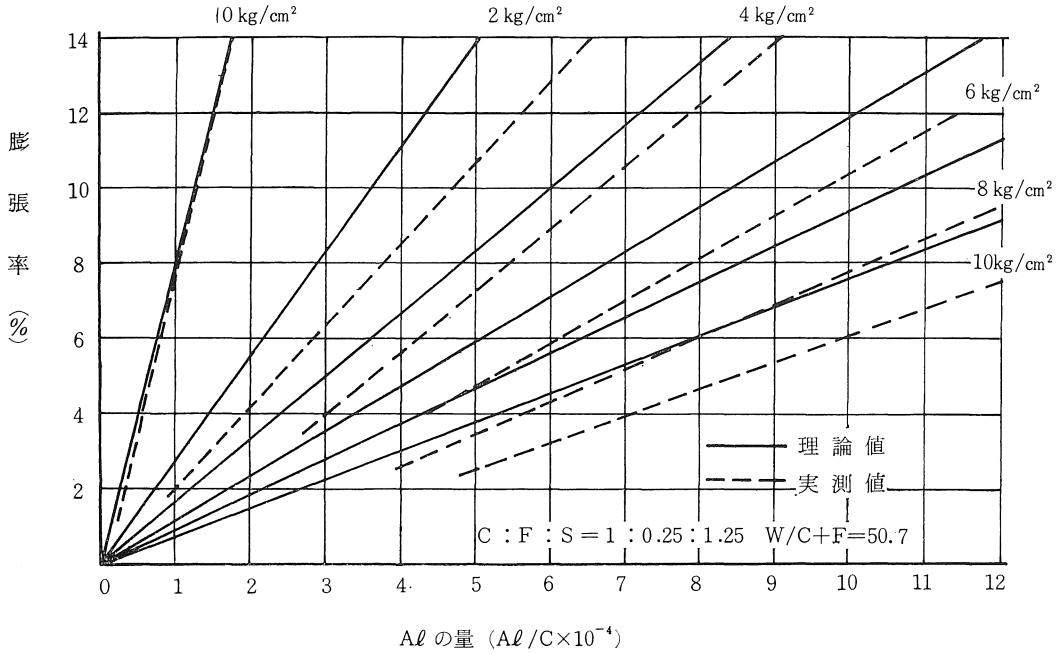
8図によると理論値と実測値との差は著しくないの

で、その差は実験誤差程度であると考えられる。

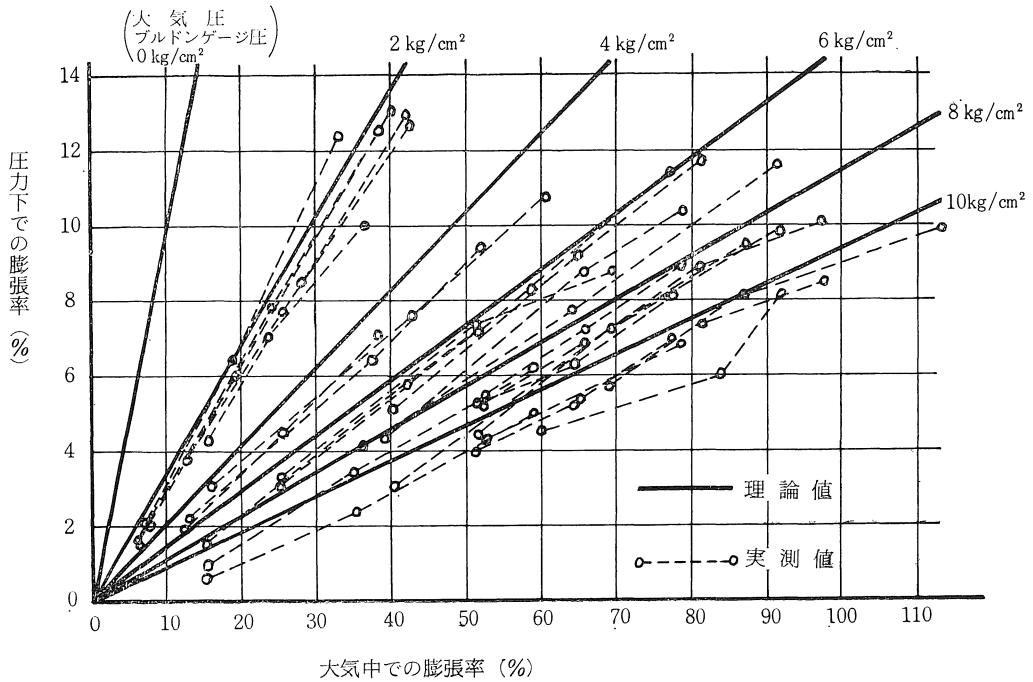
従って、海中施工では、水圧によって拘束されているから、密封ロスはないので、常圧で実測した膨張率（このとき  $A_l$ 、セメントの品質は補正される）から理論計算して求める値が、海中での膨張率として適当であると考えられる。 $A_l$  とセメントの品質が同一であってもグ

ラウトの膨張率は、その温度変化によって著しく異なることを9-1図、9-2図に示す、膨張状態が温度によって異なるのは、発生ガスの体積変化に加えてセメントと  $A_l$  の化学反応に影響される点が著しいと思われる。

(c) 各種圧力下で一定の膨張量に要する  $A_l$  量  
 0~10kg/cm<sup>2</sup> の水圧下で、膨張率が大气圧の場合



7 図  $A_l$  の量と膨張率との関係



8 図 被圧下での膨張率の変化

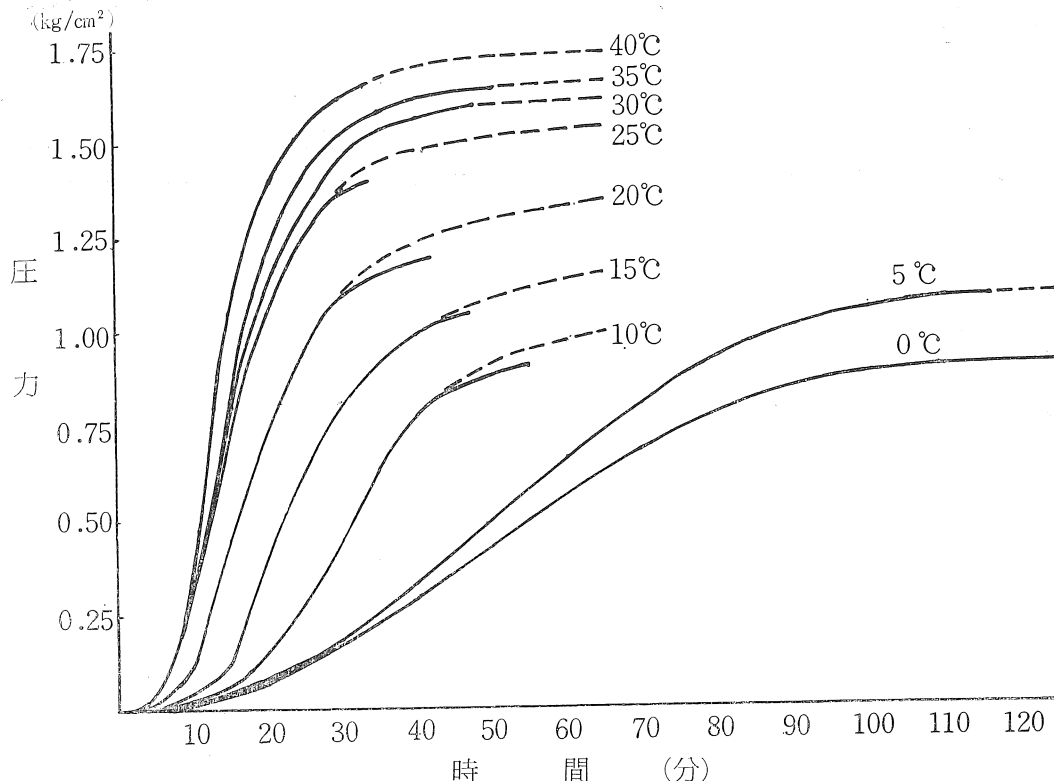


図 9-1 グラウト温度が異なる場合の膨張圧の相違

( $A l / C = 1 / 10^4$ )の膨張率(7%)と同程度になるようなAl量の実測値を示すと10図のようになる。理論計算によつては、(1), (2)式から、セメント 1Kgに対して必要なAl量は、例えば、 $C : F : S = 1 : 0.25 : 1.25$ であれば  $V_g = 1.588 (l)$ ,  $t = 20 (^\circ C)$

$E = 0.07$ を代入して

$A l (g) = 0.80P + 0.82 (Pは圧力)$  等の関係式を導いて求めることができる。

5-3 強度

(a) 使用アルミニウム量が一定の場合

従来のグラウトの強度試験用供試体の作成では、 $4 \times 4 \times 16cm$ の型枠が用いられ、型枠の上にガラス板を置き、その上に $15 \times 30cm$ テ

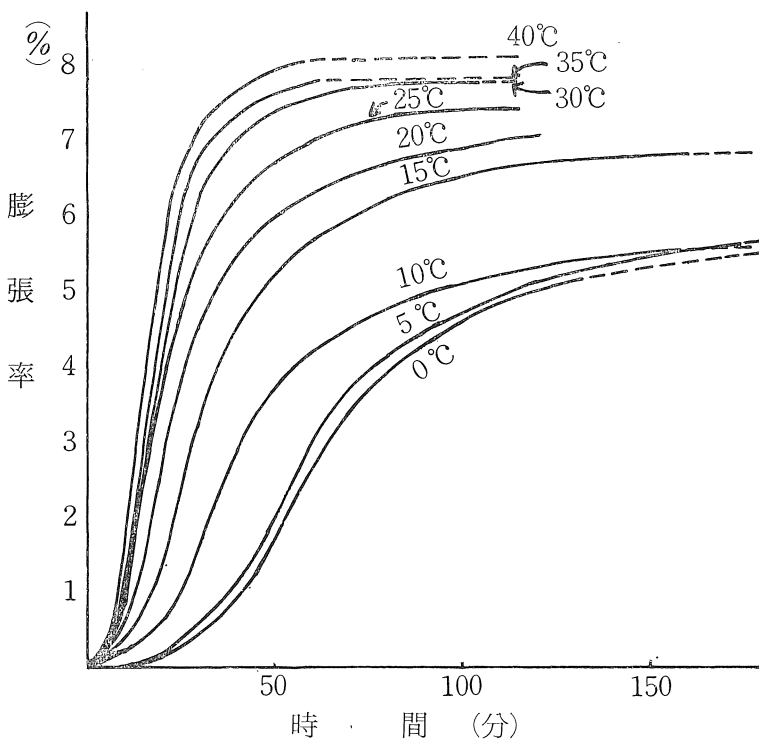


図 9-2 グラウト温度が異なる場合の膨張率の相違



表4 拘束荷重と強度との関係

加えた荷重 (Kg/cm <sup>2</sup> )	7日水切 重量(g)	28日水切 重量(g)	圧縮強度		標準偏差		備考
			7日(Kg/cm <sup>2</sup> )	28日(Kg/cm <sup>2</sup> )	7日(Kg/cm <sup>2</sup> )	28日(Kg/cm <sup>2</sup> )	
0	502	539	218	331	4.2	9.7	15×30cm のテスト ピース 1 本では 0.065 Kg/cm <sup>2</sup>
0.05	521	531	242	377	9.1	14.1	
0.10	520	529	247	366	10.9	13.3	
0.15	517	527	252	364	5.6	2.9	
0.20	519	527	252	360	4.2	12.4	
0.25	518	525	258	372	3.0	9.4	

C : F : S = 1 : 0.25 : 1.25

W/C + F = 0.507, A<sub>ℓ</sub>/C = 1/10<sup>4</sup>

フロー値18秒

ストピースが重りとして置かれて、膨張の抑圧がなされている。この抑圧程度では完全な密封状態ではないが、強度試験としては、安全側にあるために、一般にこの方法が行なわれている。今まで述べてきたように、グラウトの膨張圧力を考えれば、この程度の抑圧（1本の重量12.5Kg, 約0.065Kg/cm<sup>2</sup>）では、到底足りないことは明白である。

従って、重りを9.6Kg (0.05Kg/cm<sup>2</sup>) から48Kg (0.25Kg/cm<sup>2</sup>) まで、型枠に載せられる限度まで、増加した場合の結果を4表に示す。4表の結果では、予想外に、重りを

増加しても強度の増加はみられなかった。この理由は、0.05Kg/cm<sup>2</sup>以上の圧力ともなると、型枠の継ぎ目のグリスを押しやって漏水する点と、型枠にグラウトを入れてガラス板を置く成形時に、グラウトをオーバーフローさすが、このときに、型枠の上面とガラス板との間に、微砂が残り、この砂が重りを支えている状態となり、密封を防げるものと思われる。

次に抑圧状態を海中と同様にするために、圧力容器に入れ、1~10Kg/cm<sup>2</sup>の水圧を加えた。この結果を5表に示す。

表5 養生水圧と強度との関係

加えた水圧 (Kg/cm <sup>2</sup> )	7日水切 重量(g)	28日水切 重量(g)	圧縮強度		標準偏差		備考
			7日(Kg/cm <sup>2</sup> )	28日(Kg/cm <sup>2</sup> )	7日(Kg/cm <sup>2</sup> )	28日(Kg/cm <sup>2</sup> )	
1	520	527	258	407	7.0	9.8	
2	536	539	267	388	5.4	9.7	
3	533	539	274	430	7.4	9.1	
4	537	542	275	431	7.4	10.0	
5	533	535	262	414	3.9	6.2	
6	535	539	263	434	3.6	9.3	
7	538	539	262	416	8.9	8.9	
8	535	539	289	466	7.3	5.7	
9	540	540	284	410	6.5	9.9	
10	535	539	264	436	6.1	9.4	

配合は1表と同じ

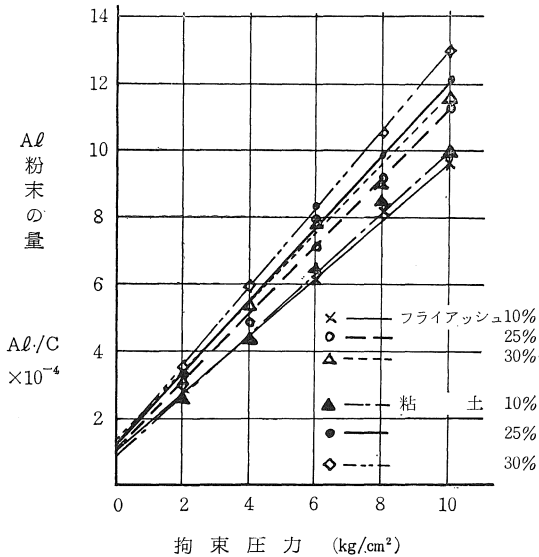
24時間水圧養生, 27日間標準養生

上面から荷重を加えただけのときは、強度が約50Kg/cm<sup>2</sup>(28日)増加しているが、1~10Kg/cm<sup>2</sup>の範囲内では、殆んど変化していない。

なお、供試体の重量においても、差は認められない。

(b) アルミニウム量が加圧力に比例して増加する場合

加圧下に於いて、一定の膨張率(7%)に要する Al 量は10図に示されているが、この Al 量を使用した、グラウトの強度は6表に示すとおりである(供試体寸法は



10図 被圧下で7%の膨張率に要するアルミニウムの量

表6 圧力下での膨張率が等しいグラウトの強度(膨張率7%)

混和材	F/C, Clay/C (%) 加圧力 (Kg/cm <sup>2</sup> )	1日水圧養生, 27日標準養生の28日圧縮強度 (Kg/cm <sup>2</sup> )		
		10%	25%	30%
フライアッシュ	0Kg/cm <sup>2</sup>	261	310	227
	2	260	235	273
	4	264	262	224
	6	247	240	235
	8	265	262	241
粘土	0Kg/cm <sup>2</sup>	240	126	116
	2	192	153	135
	4	213	150	133
土	6	気泡が1ヶ所に集中して供試体作成できず		
	8	気泡が1ヶ所に集中して供試体作成できず		

φ5×10cm). 6表では、Alの量が多くても、その膨張が抑圧されて、膨張率が一定であれば、強度に差が生じないことを示している。しかし、混和材に粘土を使用した場合は、Al量が多くなると、気泡が1ヶ所に集中する傾向を示し、強度試験ができるようなテストピースは作成できなかった。

5表と6表とでは、やや矛盾するようであるが、5表ではAlの使用量が1/10<sup>4</sup>と6表の使用量に対して微量であるため、圧力の効果が顕著に現われなかったためと思われる。なお、5表の28日強度では全体的な傾向としては、極微少なながら加圧力と共に増加の傾向を示している。

(c) 圧力養生時間の検討

この強度試験では、試験日まで加圧養生を続けることは、実験設備上、不可能であるから、供試体を24時間後に圧力容器から取り出して常圧のもとでの、水中養生を27日間行なった。この加圧養生時間に関しては、7表のような実験を行ない、強度に影響のなくなる時間を求めた。この加圧養生は、特にモルタルが硬化する頃に正しく一定圧力に保たれていないと、著しい強度低下を招くなど困難な点が多い。Alが多くなり加圧力が多くなると一定圧力を持続することは、装置が相当良くないと難しい。水圧10Kg/cm<sup>2</sup>の場合での正しい強度試験結果は得られなかった。

また、加えた圧力を開放する場合、急速に減圧するのと、ゆっくり減圧するのとでは、強度が異なるようなデータが得られ、24時間養生では、なお、不足であることを示した例もあり、また、加えた圧力が大きい場合には、グラウト強度が、密封された水素ガスの内圧に耐えるだけ、充分であるかどうか疑問である。また、24時間水圧養生と28日間全部水圧養生との関係についても不明である。これら、水圧下でのグラウトの物性に関して、更に、調べる必要があると思われる。

表7 水圧養生時間と強度との関係

養生水圧	フライアッシュ混和率 F/C (%)	Alの量 Al/C × 10 <sup>4</sup>	加圧時間 (時間)	圧縮強度 Kg/cm <sup>2</sup>	備考
6	25	8.5	6	176 179	圧力開放後、供試体が膨張
			24 48		
8	10	8.2	6	265 269	圧力開放後、供試体が膨張
			24 48		
(参) 2 6	30	1 1	6	170 51	減圧条件による、強度変化
			6		

6 結論

① グラウトの膨張圧力は、抑圧状態によって無限大から寡少にまで変化するが、今回の実験装置で得た値

は、A $\ell$ の使用量がセメントの0.01%（膨張率は7%）であるとき、グラウト1 $\ell$ につき、約1Kg/cm<sup>3</sup>を示す。

② グラウトの膨張は、その50%が混合開始より、20～30分で終了する（グラウト温度が25℃以上では、20分以内で、15℃前後では約30分で、その50%が終了する）。ほぼ、全部終了するのは、約2時間である。但し、A $\ell$ 粉末が粒状のものは、反応開始が40分後であり、反応終了は3時間以降である。

グラウト輸送時間によって、A $\ell$ 粉末の形状あるいは量を、また温度を考慮しなければならない。

③ 海中でのグラウトの膨張率は、大気圧中の膨張率から、ボイルの法則に従って求めれば良く、すなわち、同程度の膨張量を求める場合の必要なアルミニウム量は、水深10mでは、常圧での2倍、50mでは6倍、100mでは、約11倍にすればよい。

④ アルミニウム粉末の使用量を増加しても、拘束圧力が比例して高くなれば、一軸圧縮強度は低下しないようである。

⑤ グラウトの強度試験として、従来より行われている供試体作製方法では、膨張圧力を完全に拘束することはできない。しかし、型枠の上面に、 $\phi 15 \times 30$ cmのテストピースを重りとして用いる方法は、管理試験としては、安全側の結果を示すものとして有効である。この際、膨張圧を考慮すると、荷重は相当大きなものにならなければならない計算になるが、その必要はない。4 $\times$ 4 $\times$ 16cm等の型枠の上に、重りを増加しても、強度の増加は認められない。

## 参 考 文 献

1. 桜井紀郎, 宗沢修郎, 太田孝, 古賀和敏  
大寸法の砕石を用いたプレパケットコンクリート  
についての実験的研究—実験—I. モルタル流動特  
性実験—土木学会第25回年次学術講演集  
昭和45年11月. 同誌に、その他同様の発表論文 3編
2. 浅間敏生, 原田宏  
本州四国連絡橋基礎工に関するプレパケットコン  
クリートの大型施工実験—陸上実験概要—  
セメントコンクリート 昭和46年6月
3. 田中行男, 野口功, 桜井紀郎  
大寸法砕石を用いたプレパケットコンクリートの  
大型実験体による注入実験  
コンクリートジャーナル Vol.9, No.71971
4. 久保直志, 森野奎二  
グラウト膨張圧力の測定（第1報）  
土木学会第25回年次学術講演集昭和45年11月
5. 久保直志, 森野奎二, 津幡健一  
グラウトの膨張圧力の測定（第2報）  
同上第26回 昭和46年10月
6. 久保直志, 森野奎二, 津幡健一  
回転粘度計によるグラウトの流動性試験 土木  
学会 中部研究発表会講演概要集 昭和46年11月