

シボレックスについて

住友金属鉱山KK

シボレックス事業部* 名 執 三 郎**

1. ま え が き

最近、建築界の新しい傾向として、建物の軽量化、不燃化の問題、および、建築生産の工業化の問題が大きくクローズアップされて来ている。

これらの課題に対する一つの答として、最近、新聞雑誌等で大きく取上げられ、各関係者の関心を集めているものに、気泡コンクリート（シボレックス、イトン、シリカリチート）等の製品がある。

何れも海外からの技術導入による新建材であるが、この中のシボレックスについてその概要に触れてみたい。

2. シボレックスの概要

シボレックスは1930年初期、スウェーデンの有名なセメント化学者 Lennart Forsen 教授と、土木技師 Ivar Eklund 氏の2人によつて発明されたもので、現在北欧を始め、世界15ヶ国で広く使用されている、プレキャスト気泡コンクリートの代表的製品である。

シボレックスは主原料としてセメント、珪砂を用い、発泡剤としては AI 粉末を使用し、成型後オートクレーブで養生する点が、従来の気泡コンクリートと較べ、大きな特徴となつている。

外国ではこの種の製品を Autocraved Lightweight Concrete または Autocraved Cellular Concrete と称しており、わが国でもこの方面の関係者の間では ALC の略称を用いている。

オートクレーブで養生される、珪酸質の気泡コンクリート（シボレックス）は、普通コンクリートと全く違った反応を示し、セメントと砂（ SiO_2 ）が化学的に結合して細胞状の形で $\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ (Mono-Calcium silicate) という安定した結晶を形成している。

この結晶殻は破壊されることなく連続しており、遊離の石灰が存在しない特徴を有している。

気泡の空隙率は65~75%を占め極めて軽量で、断熱性の耐火性の点で優れていると共に、この種の製品にあり勝ちな、収縮率に関する欠点も完全に排除されている。その他、木材のように加工も容易であることから、“燃えない木材”とか、“水に浮ぶコンクリート”といった、

マスコミ用のキャッチフレーズが生れてきた。写真1はシボレックスの顕微鏡写真である。

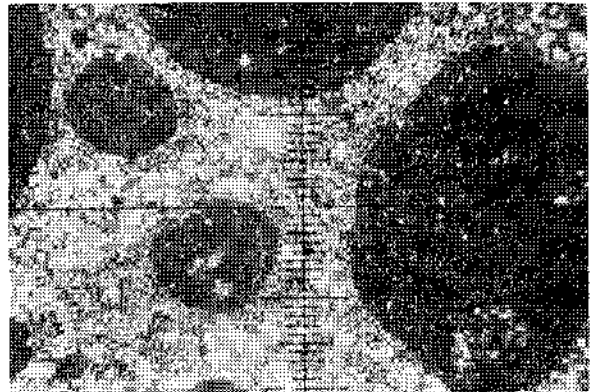
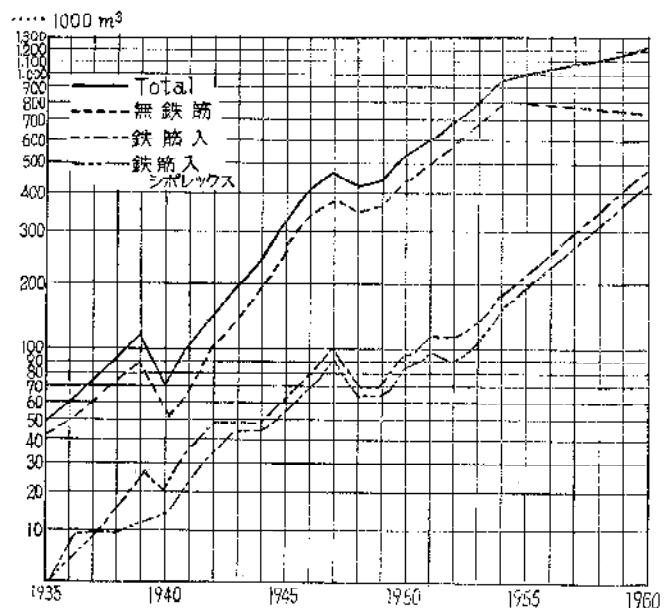


写真1 シボレックスの顕微鏡写真

ところで、シボレックスは、鉄筋入の大型プレキャストの版材（スラブ材）、およびブロック材、あるいは楕（まぐさ）の形で製造され、屋根、壁、床スラブ材として、あるいは断熱材として使用されるが、気泡コンクリートにおける鉄筋入スラブ材の製造には、多くの困難な問題が介在している。

- イ) 鉄筋との付着力と耐腐蝕性の問題
- ロ) 圧縮強度および撓みに関する問題



第1図 スウェーデンにおける気泡コンクリート（シボレックス、イトン、デュロック）の全生産量（王立建築委員会データ）

*東京都港区芝新橋5の12

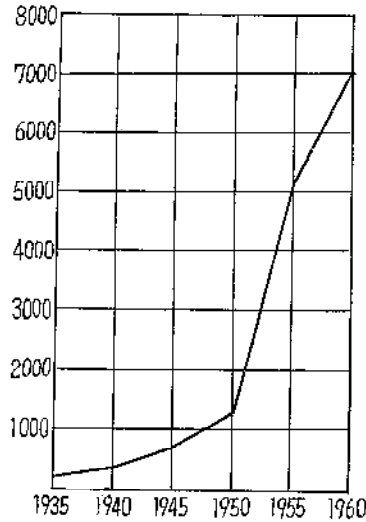
**技師

- ハ) 収縮率に関する問題
- ニ) 防水性の問題

などである。

図1は1935年から1960年の間のスウェーデンにおける気泡コンクリート製品の全生産量を示している。

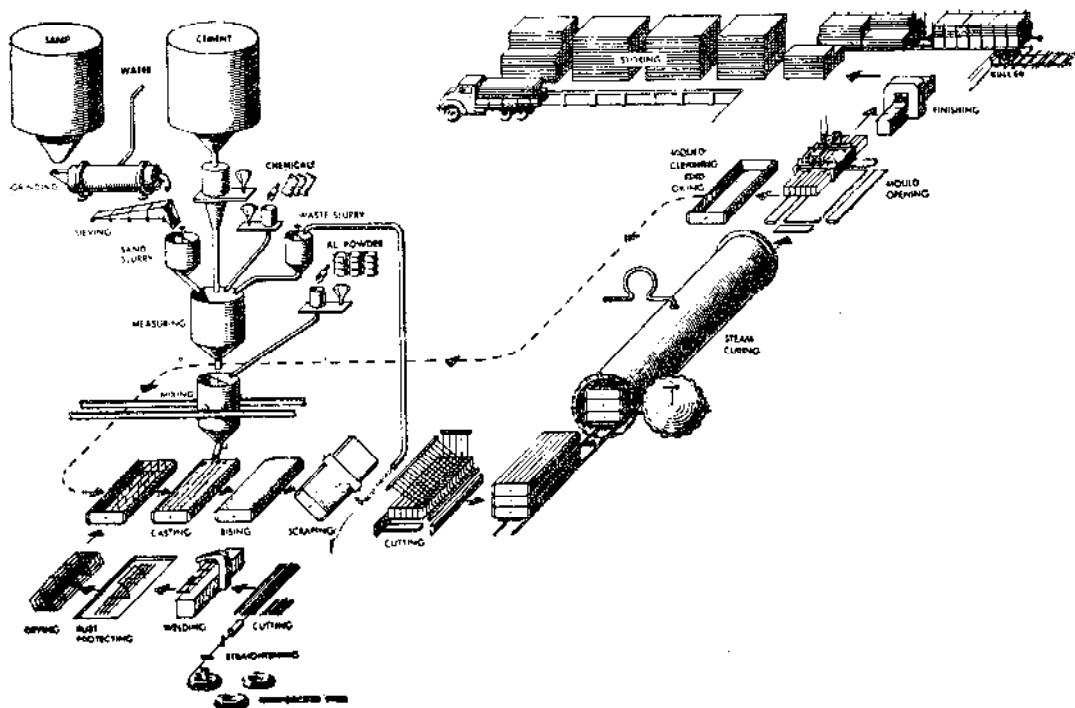
このグラフを見てもわかるようにシボレックスは鉄筋入スラブ材の製造に関しては豊富な経験と実績をもっており、図2に示すように、世界におけるシボレックスの全生産量は急激な増加の一途を辿っている。



第2図 シボレックス全工場の生産量

3. シボレックスの製造方法

シボレックスの製造フローシートを図3に示す。



第3図 シボレックス製造のフローシート

1) 原料

シボレックスの主原料は

- イ) セメント……普通ポルトランドセメント
- ロ) 砂……………SiO₂ 80%以上

- ハ) Al 粉末……高純度で粒度は 10,000cm²/g
- ニ) 化学薬品……若干

で、砂は湿式ボールミルで微細に粉砕し、これにセメントおよび化学薬品(若干)と Al 粉末を加へ混合機に入れられる。ここで完全に混合された母液は、移動ミキサーで運搬され、鉄板製型枠 (6M×1.5M×0.6M又は0.5M) の中に注入される。

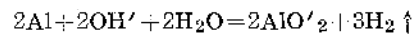
2) 補強鉄筋

あらゆるスラブ材は鉄筋によつて補強される。この鉄筋は直線機にかけて延ばした後、切断し、マット状にスポット溶接(梯子状)して、これを防錆のための特殊液の中に浸す。この防錆法はシボレックス独特の技術で、防錆の効果をあげると共に、鉄筋との付着力の増大に極めて役立つている。

こうした後で、スラブ1枚毎にかご状に組立てて、型枠の中に収めるのであるが、この際、鋳込中の鉄筋の移動を防ぐため、特殊な治具で正確に固定される。

3) 膨脹と切断

型枠の中で原料はAl粉末の作用によつて膨脹する。この時の化学反応は次のとおりである。



材料は約6時間静置して初期の凝結状態にいたつた後、型枠上端からはみ出た部分をスクレーパーで削り取る。

(削り取った材料は混合機に返し再び使用する。) ついで材料の切断が行なわれる。型枠の周囲を取外し(底板はその儘) 所要の間隔に張られたピアノ線によつて、自動的に切断するのである。

ここで造られるスラブの標準寸法は長さ1m~6m、巾60cm又は50cm、厚さ7.5cm~30cmで、精度は極めて高い。

4) 養生

切断の終わった材料は、型枠に収められたまま、台車に乗せられ、オートクレーブに装填される。気圧養生温度は約10気圧180°Cで、約18時間養生する。

オートクレーブを出た製品は使用個所に応じた適当な溝つけまたは面取りを行なつて完成品となるのである。

5) 製造上の問題点

一般的に気泡コンクリートの品質は、普通コンクリートに比べ、極めて微妙で、種々の条件に対して敏感に変動しやすい。

この問題については、各製品共独特の技術を持ち、機密事項に属する点もあるので、以下簡単にこの件に触れてみたい。

特に大きな問題を列挙すれば、

イ) 原料の品質の影響

これは型枠内における材料の発泡速度や凝固速度に微妙に反映してくる。

シボレックスの場合、セメントを使用する要因の一つは品質管理上のこの種の影響を防止するためである。

ロ) 鉄筋との付着力の問題

鉄筋入スラブ材を造る場合、最も考慮を払わねばなら

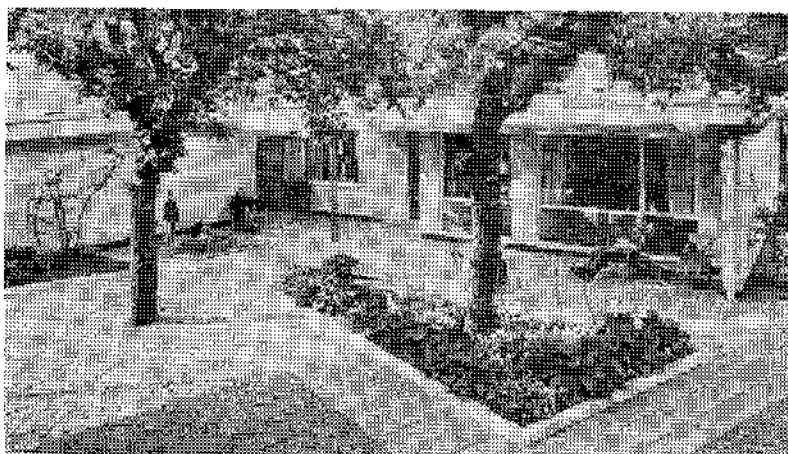


写真3 垂直壁スラブを使用した住宅

ないことは、鉄筋との付着力の問題である。これには配筋法が極めて重要な意義をもっているが、シボレックスは前述したように、防錆処理による薄い被膜がこの付着力の強化に役立つことに、大きな特徴がある。

ハ) その他

i) オートクレーブ内における反応の問題と、鉄筋と素材の熱膨張係数の相違によつて起る影響の問題。

ii) 水和作用による発熱および外部気温と硬化に関する

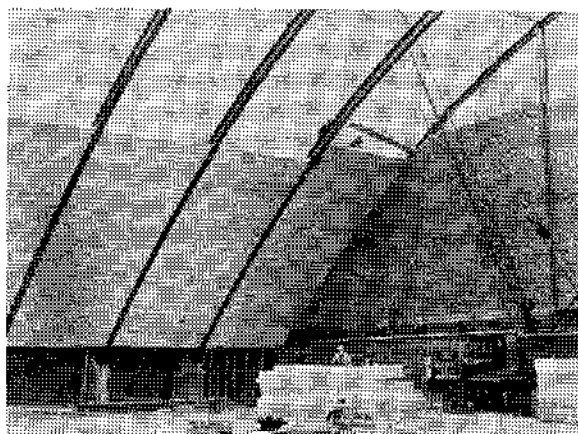


写真2 屋根スラブを使用中の体育館

る問題

iii) 打込み高さの問題などである。

※尚この件については建築技術6月号の白山和久、上村克郎両氏執筆の“気孔コンクリート4”を参照されたい。

4. シボレックスの種類

1) 屋根スラブ (R)

屋根スラブは鉄筋がダブルに配筋されおり、種々の荷重状態に応じて長さや厚みが定められる。

接合部は、2枚のスラブによつて形成される溝部に継ぎ鉄筋を配置しセメントモルタルを注入して接合する。

スラブの下面は素面の儘使用すると、吸音性および光線の反射条件が非常に良好となるが、若し平滑な仕上とする時は下塗の必要がなく、相接ペイントスプレー等が可能である。

2) 壁スラブ (WH, WV)

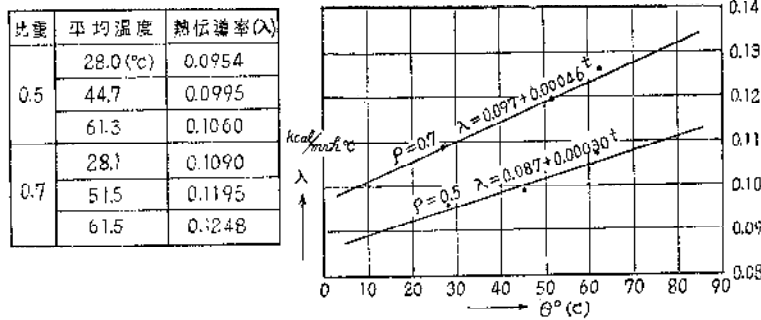
壁スラブには WH (水平壁スラブ) と WV (垂直壁スラブ) の2種類ある。水平壁スラブは構造体の柱間に落とし込むかあるいは張壁パネルとして用いる。

垂直壁スラブは張壁パネルとして構造体に張りかけるか、あるいは2階程度の小住宅等には耐力壁として用いられる。

一般に補強鉄筋はシングルで水平壁スラブの接合面は溝付けをしないが、垂直スラブには接合用の溝をつけておく。屋根スラブと同様工場建築の場合などは内部仕上をせず生地の儘の表面が好んで用いられている。

3) 間仕切スラブ (P)

間仕切スラブは一般に7.5cmまたは10cm厚のもので、



第 4 図

現場における縦方向の切断が可能のように、横筋に木材を使用した補強筋をシングルに配置している。接合にはグルーモルタル（特殊接着剤）を使用し、突付けで簡単に施工できるほか、仕上工事を極めて簡単化することができる。すなわち壁紙貼りやペイント仕上などの場合には、パテなどで表面を整へてから、直接施工することが可能である。

また左官仕上の場合などは、塗り厚を極めて少なくすることができる。

4) 床スラブ (F)

床スラブは、鉄骨構造建築の床、または住宅などの小建築の床に使用される。ラーメン構造の床のように剛性を必要とするところに使用する場合は、特別な考慮が必要である。

5) ブロック (Bi, Bp, Bb)

ブロック材にはインシュレーション用ブロック (Bi)



写真 5 間仕切スラブの使用例

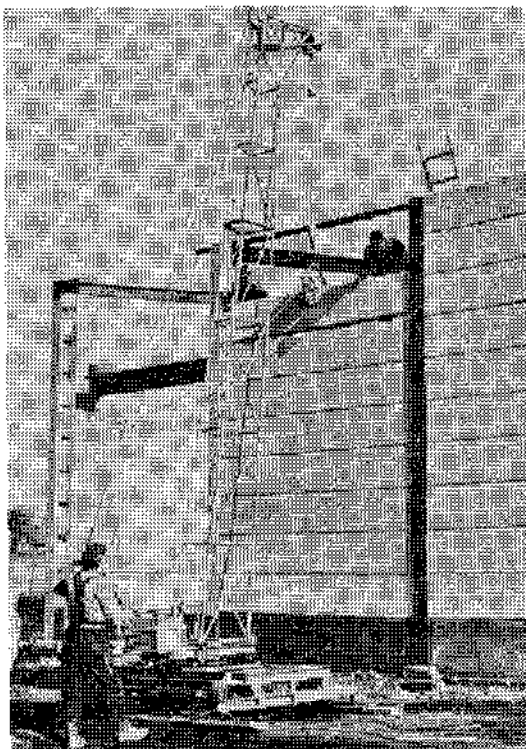


写真 4 水平壁スラブを使用中の工場

ビルディングブロック (Bb) 間仕切用ブロック (Bp) があり、極めて軽量で、寸法精度も高く、加工も容易で、取扱いが便利であることから、建築物以外の用途にも用いられる。

以上の各種材料の寸法規格を表 1 に示す。

※尚この寸法表はスウェーデンの現行規格によつたもので日本における場合はこれと多少の相違があり、目下検討中である。

5. シポレックスの特性

1) 比重

シポレックスの比重には0.4, 0.5, 0.6, 0.7の4種類の呼称があり、標準品は比重0.5のものである。

比重 0.5 と呼称するシポレックスは乾燥比重で0.51~0.54で、(他の呼称の比重のものもこれにならう) 構造計算の場合の自重は比重 0.6 として算出することになっている。

第 1 表

マーク	種類	巾 (cm)	厚さ (cm)	長さ (m)	各厚さに対する Max 長さ (m)									
					7.5cm	10.0	12.5	15.0	17.5	20.0	22.5	25.0		
R	※0.5/85	50cm 又は 60cm	7.5cm から 25cm まで @2.5cm 間隔	1m から Max長 さまで @25cm 間隔	2.25 ^m	3.5	4.5	5.5	6.0	6.0	6.0	6.0	※ 0.5/85 0.5~比重 85. 110...etc 許容荷重 kg/m ²	
	0.5/110				2.0	3.5	4.5	5.25	6.0	6.0	6.0	6.0		
	0.5/135				2.0	3.5	4.5	5.0	6.0	6.0	6.0	6.0		
	0.5/160				1.75	3.25	4.0	5.0	5.75	6.0	6.0	6.0		
	0.5/210				1.75	3.0	3.5	4.5	5.25	5.75	6.0	6.0		
	0.5/310				1.5	2.75	3.0	4.0	5.0	5.25	5.5	6.0		
W	V ※0.5/3.5	同上	同上	同上	Max 長さは 3m								※0.5/3.5~3.5 kg/cm ² 許容垂直圧縮 強度 0.5/80~80 kg/m ² 許容風荷重 ※0.5~比重	
	H 0.5/80				3.0	3.5	5.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0		6.0
P	※0.5	同上	7.50cm 10cm	階高に 応じて	3m(Max長) 4m	2.25 2.62	2.42 2.75	2.50 3.00	2.55 3.25...etc...	2.60 4.00				※0.5~比重
F	0.5/300	同上	12.5cm から 25cm まで @2.5cm 間隔	1mから Max長 さまで @2.5cm 間隔			2.75	3.5	4.25	5.0	5.5	6.0	※0.5/300, 0.7/300etc 0.5 0.7~比重 300, 400~ kg/m ² 許容荷重	
	0.5/400						2.75	3.5	4.25	4.75	5.0	5.5		
	0.7/300						3.0	3.75	5.25	5.25	6.0	6.0		
	0.7/400						3.0	3.75	5.25	5.25	5.5	5.75		

	種類	長さ (cm)	高さ (cm)	厚 さ (cm)													
Bi	0.4	50	50 25	5	7.5	10.0	12.5	15.0									
Bb	0.4/15	50	25														
	0.5/30																
	0.6/40			15	17.5	20.0	22.5	25.0	27.5	30	32.5	35.0					
	0.7/50																
Bp	0.6	50	25		7.5	10.9											

2) 断熱性

第 2 表

比重	kg/m ³	400	500	600	700
(圧縮強度)	kg/cm ²	(15)	(30)	(40)	(50)
熱伝導率	kcal/mh°C	0.0085	0.10	0.12	0.135

※コンクリートの約10倍の断熱性を有する。

建設省建築研究所で実施した熱伝導率試験の結果を図4に示す。

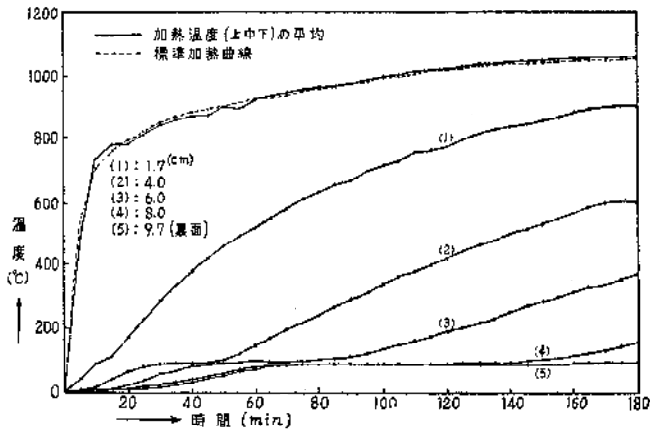
比重 0.5 平均値入=0.087+0.00030 t

比重 0.7 入=0.097+0.00046 t

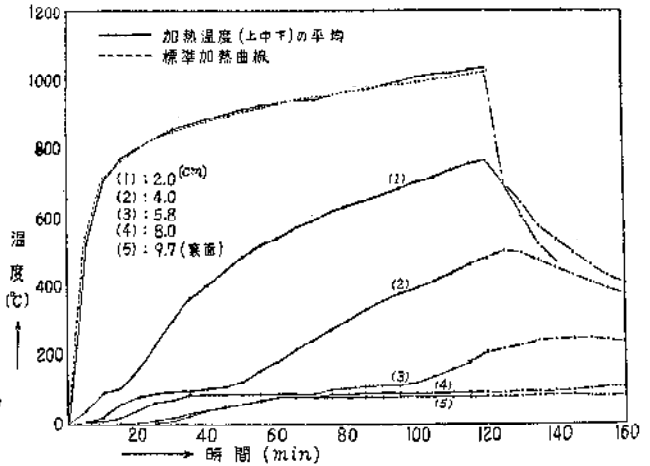
ただし 入:熱伝導率 kcal/mh°C
t:平均温度 (°C)

3) 耐火性

シボレックスは不燃材であり、建設省建築研究所における耐火試験結果は図5に示す通りである。



第5図 SIPOEX (厚さ10cm 比重0.7)
耐火試験成績表
1級 3時間加熱



第5'図 SIPOEX (厚さ10cm 比重0.5)
耐火試験成績表
2級 2時間加熱

第 3 表

音の周波数 (サイクル/秒)	125	250	500	1,000	2,000	4,000
未処理のシボレックスの吸音率 (%)	2	14	19	28	34	45

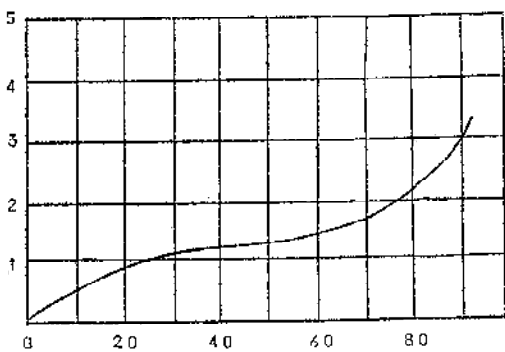
4) 収縮率

湿度20%から5%への乾燥による収縮率は0.01%以下であり、これはシボレックスの寸法安定度が高いことを示している。(コンクリートの収縮率は0.1%である)

温度20°Cで45%の相対湿度の空气中で、飽和状態から平衡状態への変化による収縮率は、過去多くの試験結果から0.01~0.05%であることが立証されており、製造工程における切斷機械の特殊性と相まって、製品の精度が極めて高い特徴を持っている。

5) 吸音性

シボレックスの吸音率は、低サイクルの音に対しては余り効果はないが、高サイクルの音に対しては、極めて高い吸音効果を持っている。遮音性は一般に材料の重量と密接な関係があり、シボレックスのように軽量なもの



第6図 気乾比重500kg/m³の吸湿性

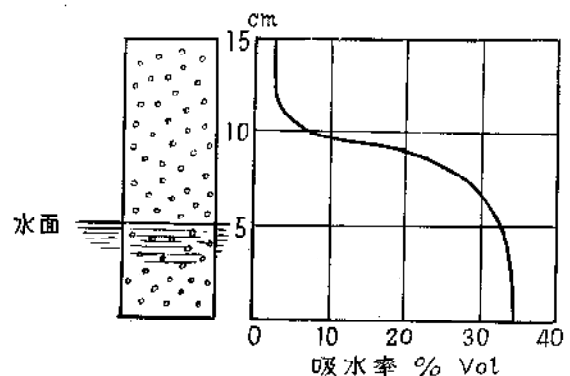
は、それ自体の遮音性が小さいのはやむを得ないが、適当な設計によつて、必要な遮音度を得ることは可能である。

6) 吸湿性

シボレックスの気泡は独立しており、かつ微細な気泡が少ないので吸湿性および毛細管現象による吸引作用はきわめて少ない。

図6は比重0.5のシボレックスの吸湿性を示すグラフである。

また図7は、毛細管現象による吸引作用を示すグラフで、水中に垂直に立てたシボレックス試験体の各高さにおける吸水量 (Vol%) をもつて表わしている。



第 7 図

また建設省建築研究所で行なわれた透水性試験では図

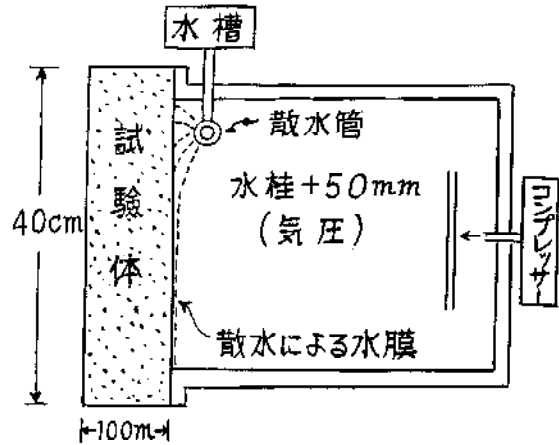
8に示すように水柱50mmの気圧差による水膜からの浸入水量を求めた結果、透水率12.3%で表面に浸透はみられなかった。

なお本試験は始め30分間は散水のみ行ない、続いて90分間は圧力も加へた。

試験体は比重0.5、厚さ10cm、高さ40cmの気乾状態のシボレックスである。

7) 加工性

シボレックスは木材と同様、鋸引き、切断、穴明け、あるいは釘打ちが可能であり、設備工事用の溝付け等も特殊工具を用いて容易に施工可能である。



第8図 透水試験装置

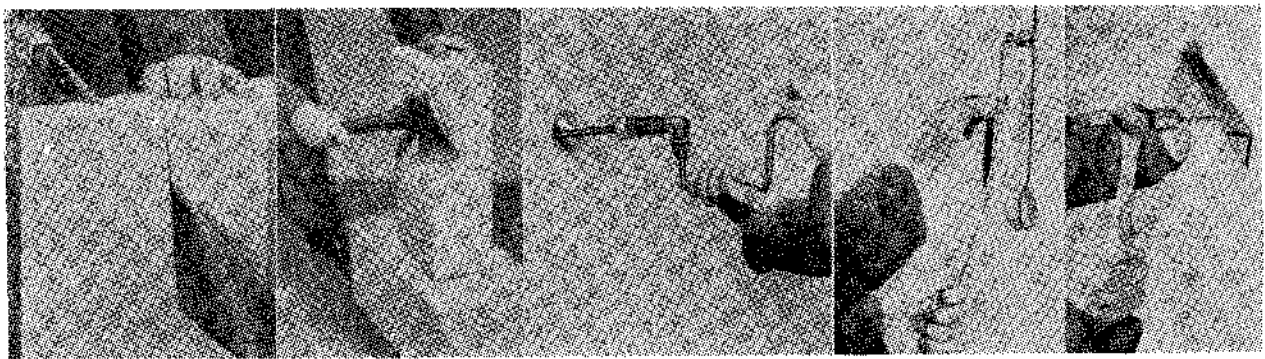


写真9 加工法を示す

8) 熱膨脹係数

建設省建築研究所の試験（試験場所、日本セメント研究所）では次の結果を示した。

比重 0.5	40°C	6.7×10^{-6}
0.7	40°C	8.0×10^{-6}

9) 強度

比重	0.4	0.5	0.6	0.7
圧縮強度 kg/cm^2	15	30	40	50
ヤング率 kg/cm^2	—	14,000	23,500	—
※最大付着 応力度 kg/cm^2	—	20.7	—	28.3

※については建築研究所における試験 data である。

鉄筋入シボレックス材の強度については、曲げ強度、撓み量、その他、詳細資料を御紹介する紙白が無いが、圧縮強度が余り期待出来ないこの種の気泡コンクリートでは鉄筋との付着力の問題が極めて重要な意義を持っている。

6. おわりに

以上述べてきたように、シボレックスは種々の特性を持った建材で、各関係者の関心を集めているが、最近学者、官庁等が中心になりALC研究会、LCP委員会等が結成され、施工、構造、寸法、その他の検討が進められている。

これらの結果については、何れまた御紹介する機会もあろうかと考える次第である。