

## 昭和基地の不燃化に伴う石膏部材の開発と石膏建物の提案

佐藤稔雄\*・平山善吉\*・内藤正昭\*

### Study in Gypsum Usage and Proposal for Gypsum Concrete as Nonflammable Construction Material at Syowa Station

Toshio SATO\*, Zenkichi HIRAYAMA\* and Masaaki NAITO\*

**Abstract:** We pointed out the nonflammability and the low temperature quality of gypsum to gauge incombustibility of the buildings at Syowa Station. We assumed a building of gypsum concrete of which the main component is gypsum and experimented on the efficiency and strength of gypsum as a building material.

Gypsum in this report comprises  $\alpha$ -type hemihydrate gypsum, II-type gypsum anhydride and improved II-type gypsum anhydride (composed of 70% II-type gypsum anhydride and 30% sulfuric acid proof cement).

We investigated the properties of gypsum paste and gypsum concrete, especially their special quality in the low temperature environment and adaptability to the structural material available at Syowa Station.

For the experiment, we chose improved II-type gypsum anhydride and compared the strength and transformation of the reinforced gypsum concrete column made of this gypsum with the reinforced concrete column. We found that the strength and deformation quality of the reinforced gypsum concrete column are similar to or better than those of the reinforced concrete column, and that the gypsum concrete is a feasible building material at Syowa Station. We investigated the possibility of gypsum buildings at Syowa Station.

**要旨:** 昭和基地建物の不燃化を計るため、石膏の耐火性と低温特性に着目し、石膏を主材とする石膏コンクリートの建物を想定してその可能性を探るため、石膏の基礎的な諸性能および部材としての諸強度に関する実験を行った。

本報告で対象とした石膏は、 $\alpha$ 型半水石膏、II型無水石膏およびII型無水石膏改良品（II型無水石膏 70%、耐硫酸塩セメント 30%、重量比）で、これらの石膏をマトリックスとするペーストおよびコンクリートの性質について、特に低温環況下における特性および昭和基地骨材との適応性について検討を行った。

この結果、部材の試験ではII型無水石膏改良品を選定し、この石膏を鉄筋で補強した石膏柱の強度と変形を同一配筋の鉄筋コンクリート柱と比較した。

一般に石膏柱は鉄筋コンクリート柱に比べ、ほぼ同一の挙動を示し、耐力・変形性能についてはむしろ勝るものもあり石膏コンクリートが昭和基地において十分構造部材となり得ることが判明した。

最後にこの石膏を使用した昭和基地における石膏建物の提案を行い、その可能性について検討を行った。

\* 日本大学理工学部建築学教室. Department of Architecture, College of Science and Technology, Nihon University, 8-14, Kanda Surugadai 1-chome, Chiyoda-ku, Tokyo 101.

## 1. 不燃化の必要性

昭和基地が開設されてはや4分の1世紀が経過し、諸施設は年ごとに充実されながら、今日のような恒久基地の姿になった。この間、不燃化に対する試みは、1967年(第8次観測隊)の建物以来、種々検討されてはいるが、これらは主として木質パネルの表面に難燃材を張り付けるなどの、いわゆる簡易耐火建築を目指したもので、当初からの念願である不燃建築とは言い難く、輸送や作業機械、作業人員など、厳しい諸条件からその実現を見ずに今日に至っている。

一方、火災による事故は、各国とも十分な対策を立てながらも、表1に示すような事故があり、昭和基地においても同様で、不燃化の対策は急務とされている。

このような状況の中で、我々は昭和基地建物の不燃化のため、石膏の耐火性と低温特性に着目し、石膏建物の可能性について、その主材としての石膏に関する各種の実験を行ってきた。一般に、石膏はコンクリートに比べて、

- (1) 比重が小さい、
- (2) 比強度(強度/比重)が大きい、
- (3) 硬化時間が短く、かつ硬化に伴う収縮量が少ない、
- (4) 硬化開始時間は、混和剤によってかなりの幅で調節が可能である、
- (5) 耐火性に優れている、

表1 火災による事故  
Table 1. List of fire accidents in Antarctica.

発生年月日(隊次)	基地名(国名)	火災場所	原因・その他
1957. 7. 24 (1) 1957	昭和基地(日本) モーソン基地 (オーストラリア)	極光用カブース エンジンルーム	ストーブより出火、全焼 全焼
1960. 8. 3	ミールヌイ基地(ソ連)	気象棟	ストーブの過熱、8名死亡
1967. 12. 4	デセプション基地(チリ)		デセプション島火山爆発、全壊
"	"(アルゼンチン)		"
"	"(イギリス)		"
1967. 12. 22 (8)	昭和基地(日本)	食堂棟	コンロ火、ぼや
1968. 8. 10 (9)	昭和基地(日本)	放球棟	水素ガスもれ、引火
1974. 10. 25 (15)	昭和基地(日本)	第7発電棟	洗剤とさらし粉の化学反応
1975. 1. 29 (16)	みずほ基地(日本)	発電機室	煙突の過熱、ぼや
1978. 6. 15 (19)	"	"	"
1978. 7. 8 (19)	昭和基地(日本)	第10居住棟	暖房機の火の粉、ぼや
1978. 8. 22	マクマード基地 (アメリカ)	教会ビル	全焼
1980. 12. 30 (21)	昭和基地(日本)	放球棟	水素ガスに静電気引火
1982. 4. 12	ポストーク基地(ソ連)	発電機室	発電機の過熱、1名死亡
1984. 7. 26 (25)	昭和基地(日本)	作業棟、工作棟	ストーブの過熱、全焼

(6) 低温特性が良い,

などの長所を持っている。その反面、短所としては、

(1) 耐水性に乏しく、吸水率が高い、

(2) 長期のクリープ変形が大きい、

(3) 通常弱酸性である、

(4) 鉄筋や骨材などとの付着強度が小さい、

などが挙げられる。これらの短所は、防水剤や補強筋を使った複合材料として取り除くこともできる。

筆者らの対象とした石膏は、昭和基地建物の不燃化を前提に、我が国で入手できる各種石膏のうち、構造用石膏（日本建築学会東海支部、石膏構造分科会案）に限定し、これらに施工性を考慮してII型無水石膏改良品（II型無水石膏 70%、耐硫酸塩セメント 30%、重量比）とした。

## 2. 石膏の材料学的特性

石膏をマトリックス相として、ペーストおよび昭和基地で採取した骨材（以下「基地産骨材」という）との組み合わせによる石膏コンクリート（以下「基地石膏」という）の低温特性を検討した。

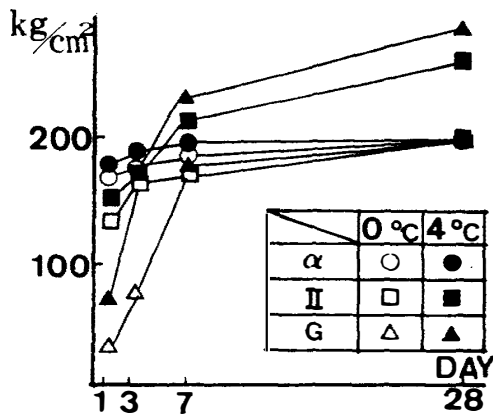


図 1 各種石膏ペーストの材齢と圧縮強度  
α: α型半水石膏, II: II型無水石膏,  
G: II型無水石膏改良品

Fig. 1. Relation between specimen age and compressive strength of gypsum paste.  
α: α-type hemihydrate gypsum, II: II-type gypsum anhydride, G: Improved II-type gypsum anhydride.

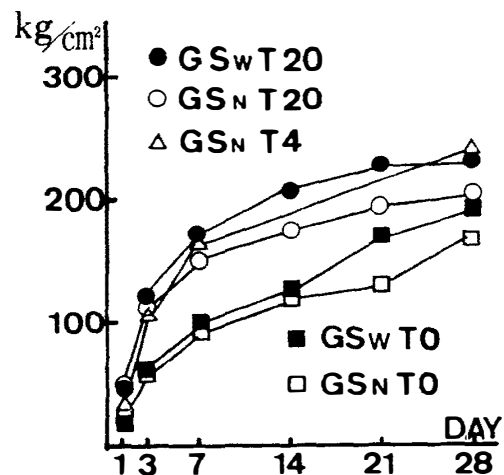


図 2 基地石膏の材齢と圧縮強度

G: II型無水石膏改良品,  $S_w$ : 水洗いした基地産骨材,  $S_x$ : 採取したままの基地産骨材, T20, T4, T0: 養生温度がそれぞれ 20, 4 および 0°C

Fig. 2. Relation between specimen age and compressive strength of gypsum concrete.  
G: Improved II-type gypsum anhydride,  $S_w$ : Washed Syowa Station aggregate,  $S_x$ : Not washed Syowa Station aggregate, T20, T4, T0: Curing temperature is 20, 4 and 0°C, respectively.

図1, 図2に養生温度をパラメーターとした各種石膏ペーストおよび基地石膏の材齢と圧縮強度の関係を示す。なお, 基地産骨材は泥分の有無による強度の影響を考慮し, 一度水洗いしたもの ( $S_w$  と略記) と採取したままのもの ( $S_N$  と略記) とに分け, それぞれ昭和基地での作業状況に近似させて混練, 打設を行った。

一般に石膏ペーストの圧縮強度は, 材齢7日以降は横ばいか若干低下する傾向にあると言われているが, 基地石膏では7日強度に対する28日強度は, 養生温度20, 4および0°Cの順でそれぞれ約1.3, 1.4, 2.0倍の強度上昇を示した。

### 3. 石膏柱の強度と変形

鉄筋補強石膏コンクリート柱 (以下「石膏柱」という) の強度と変形について, 鉄筋コンクリート柱 (以下「RC柱」という) と比較して, その性状を検討した。

試験体の形状, 配筋および変位の測定方法を図3に示す。載荷過程は正負とも初亀裂で除

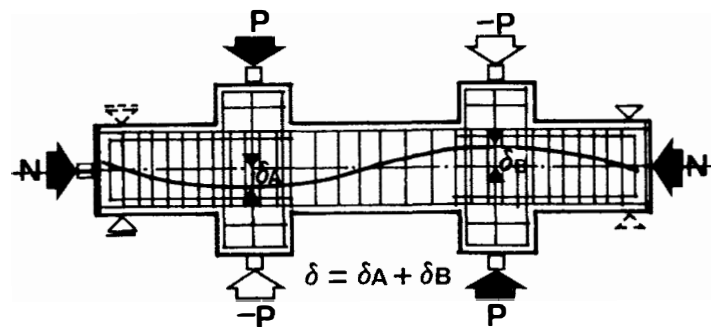


図3 試験体形状

Fig. 3. Details of column specimen.

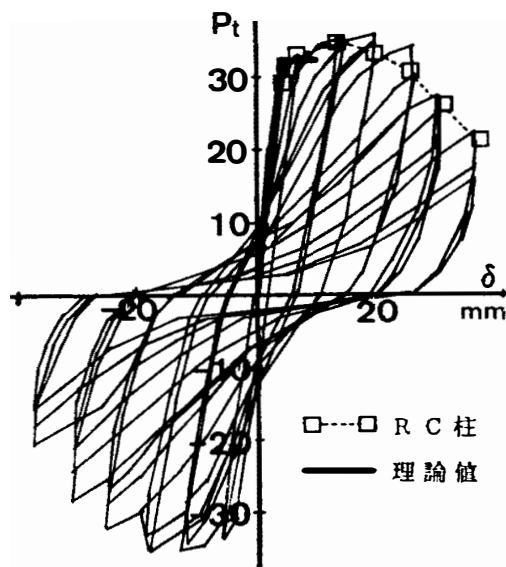


図4  $P$ - $\delta$  曲線

Fig. 4. Load-deflection curves of column specimen.

荷, その後降伏荷重までは増分変位を 2 mm とし, 降伏変位  $\delta_y$  以降は増分変位を  $\delta_y$  とする同変位で, 3 回の繰り返し载荷を行った. 図 4 に代表的な石膏柱の  $P-\delta$  曲線を示す. 図中の点線は同一配筋の RC 柱の正側包絡線で, 太線は有限要素法による解析結果である. 石膏柱と RC 柱は最大耐力, 変形性能ともに大きな差は見られないが,  $2\delta_y$  (降伏変位の 2 倍) を境に RC 柱の耐力が石膏柱のそれを下回った.

また図 5 は保有耐力の評価を  $P-\delta$  曲線の  $i$  サイクルのループ面積 ( $A_i$ : t·cm) をもとに山田 (1976) の共振容量 ( $C_{Ri}$ : t)

$$C_{Ri} = A_i / (\pi \cdot \delta_i) = 2H_{eq} \cdot Q_a$$

ここに,  $Q_a$  最大剪断力: t を用い, X 軸に最大変位 ( $\delta_u$ : mm), Y 軸に正負繰り返しサイクル数 ( $N_c$ ), Z 軸に共振容量 ( $C_R$ ) をそれぞれとり, 佐藤ら (1982) の三次元の空間として

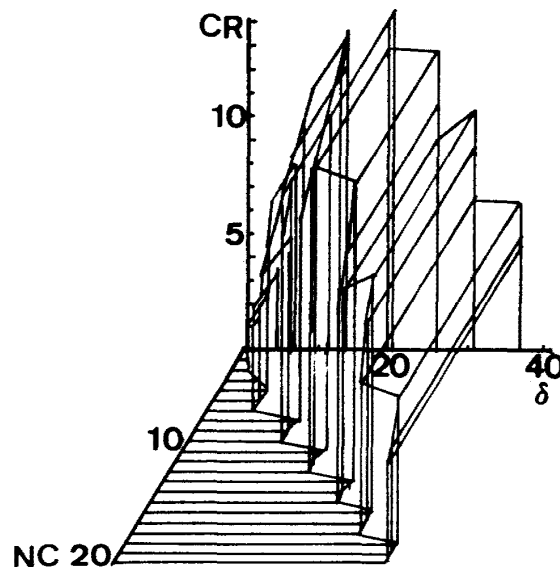


図 5  $CR-\delta-NC$  曲線

Fig. 5. Resonance collapse curves of column specimen.

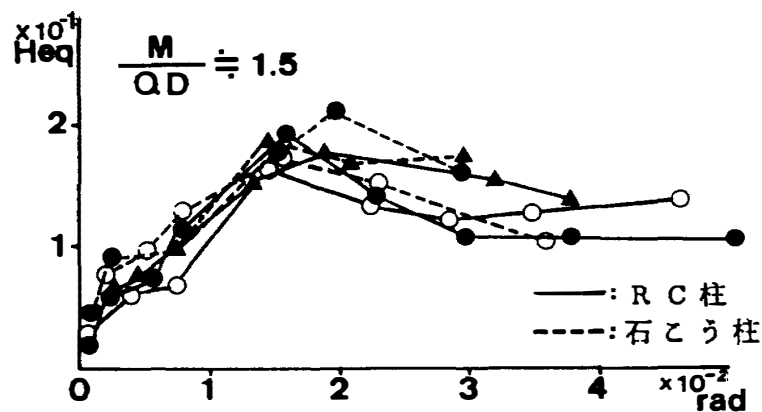


図 6 部材角と  $H_{eq}$

Fig. 6. Relation between joint translation angle ( $R$ ) and equivalent viscous damping factor ( $H_{eq}$ ) of column specimen.

表したものの一例である。石膏柱の  $C_R$  が  $\delta_a=20$  付近までは漸増し、その後劣化することがわかる。

図6は今までの実験から石膏柱、RC柱とも同配筋の試験体を選び出し、その等価粘性定数 ( $H_{eq}$ ) と部材角 ( $R: 2\delta/\text{クリアスパン}$ ) の関係を示したものである。図に示す例は剪断スパン比 ( $M/Q \cdot D$ ) = 1.5 ( $M$ : 端曲げモーメント,  $Q$ : 剪断力,  $D$ : 材全せい) の短柱で、すべて  $R=1.5$  付近で  $H_{eq}$  が最大となるが、それ以後  $H_{eq}$  は石膏柱がRC柱に比べて大きくな

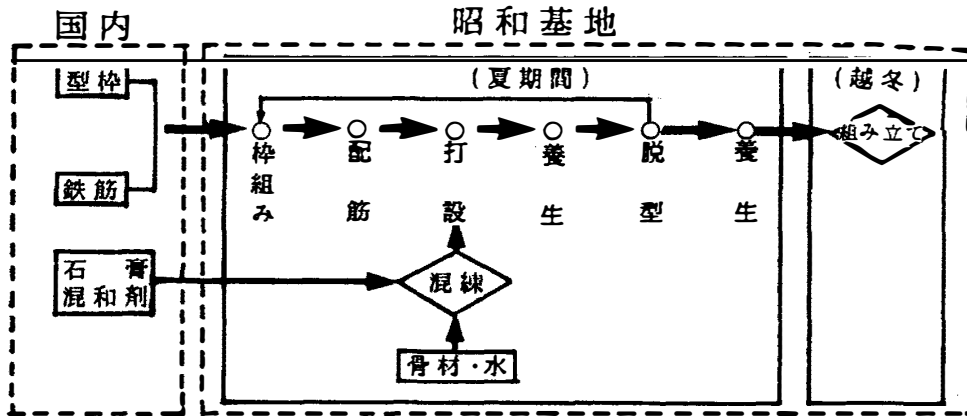


図7 昭和基地におけるプレキャスト部材の製造工程  
 Fig. 7. The manufacturing process of precasted members of building and the materials used at Syowa Station.

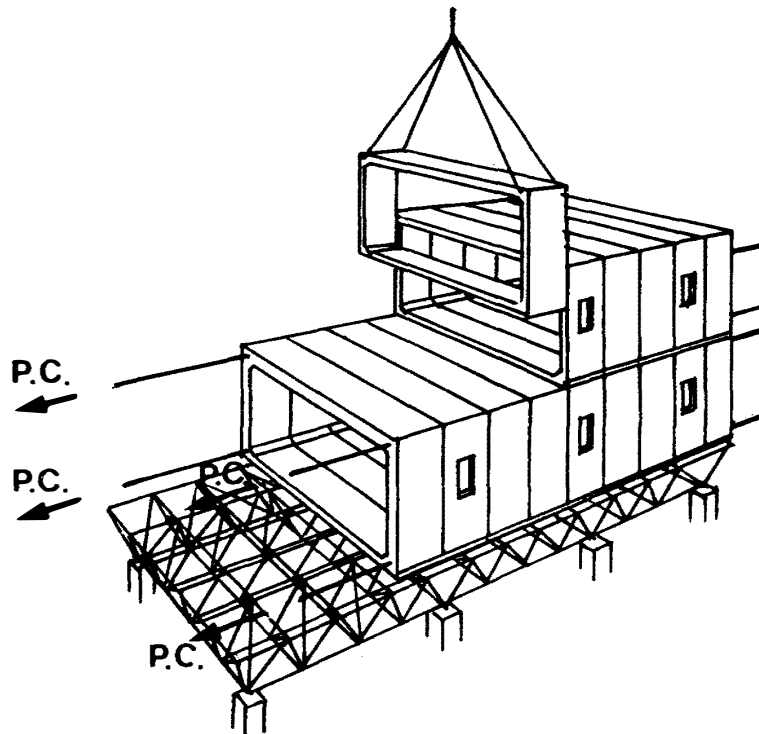


図8 石膏建物の施工方法  
 Fig. 8. Form of construction work for buildings at Syowa Station.

り、石膏柱の保有耐力が大きいことを示している。なお、これは他の例の図4および図5の傾向とも一致した。

#### 4. 不燃建築の提案

昭和基地に建設する石膏建物は、国内で一般に行われているような型枠を組み、コンクリートを打設する工法は不可能である。そこで夏の間にはプレキャスト部材を作り、越冬中にこれを組み立てる方法が考えられる。その製造工程を図7に示す。これは現在昭和基地で行われているプレファブリケーションシステムと同一の考え方で、木質パネルを石膏のプレキャストユニットに置き換えたものである。プレキャスト部材1個の大きさを幅5.0m、高さ2.4m、奥行き1.0mとすれば、重さは約3.0tとなり、建設機械さえ用意できれば、この方法は十分可能である。長手方向に延長可能な高床式2階建て建物の施工方法の概要を図8に示す。

以上の実験を通して、昭和基地産骨材を使用した石膏は低温域において良い特性を現し、石膏柱は耐力、破壊性状においてもRC柱とほぼ同様に挙動し、変形性能においてはむしろ優ることがわかった。また、昭和基地建物の不燃化は、その施工方法さえ検討すれば十分可能であろうと思われる。

#### 文 献

佐藤稔雄・平山善吉・岡田 満 (1982): 昭和基地建物の不燃化に伴う構造材料としての石膏の力学的特性. 南極資料, 74, 163-248.

山田 稔 (1976): 鉄筋コンクリート構造物の耐震安全性. 東京, 技報堂, 219 p.

(1984年12月15日受理; 1985年1月17日改訂稿受理)