

高強度石膏を用いた構造

平居孝之

試作と実用例

最近石膏建材の開発が注目を集めている。これは亜硫酸ガスによる環境汚染防止のため、排煙中の硫黄を石灰で回収する場合にできる多量の石膏が原因となって、石膏があまってきているためである。1975年には77のプラントで排煙脱硫設備が完成し、うち55のプラントが石灰法を採用している。ここでつくられる石膏の量は確実に出てくるだけでも約170万tになり、表-1のようにあまっていく石膏は160万tに達する。これは石膏全需要の1/3に当たり従来の利用分野だけではとても使いきれない。そこで石膏利用の新しい市場としてもっとも有望なのが石膏建材の開発利用であり、わが国で試みられることの少なかった高強度石膏を利用した構造をもつ建築の研究が主な課題となっている。

高強度石膏とは

二水硫酸カルシウムである原料石膏を焼くと、焼成過程ではⅠ型無水石膏やⅢ型無水石膏もできるが、最終的にはα型半水石膏とβ型半水石膏とⅡ型無水石膏がつくられる。この3種は水と練って固めることが可能で、水硬性結合材として利用できる。その性状などのノートを表-2に示す。市販の焼石膏はβ型半水石膏を、硬石膏はα型半水石膏を主成分としている。Ⅱ型無水石膏を主成分とするものはキーンセメントと呼ばれて一時用いられたが、金属を腐食させたり焼成技術上の理由から最近では使われなくなった。これらのうちα型半水石膏とⅡ型無水石膏は凝結硬化性が異なるが、ともにセメントコンクリートと比べ小さな比重で同じ強度とすることが可能で、構造素材として建築に用いるのに有望である。現在では焼成技術も

進歩し、各種添加剤混入における凝結硬化の管理・補強材とのなじみ・品質の安定性などの理由で、Ⅱ型無水石膏のほうがα型半水石膏より利用しやすい場合が多い。

高強度石膏を構造的に用いる研究が進められ、まだ未解決のところもたくさん残っているが、利用上の配慮として重要と考えられるのは次の点である。

- 弾性係数が小さくセメントコンクリートの約半分である。
- 引張強度と圧縮強度の比は1/10前後で、セメントコンクリートに似ている。
- 表面がなめらかなものとの付着が弱く、補強材に応力を伝える工夫を必要とする。鉄筋は異形を用いる。
- 補強筋の防食性を確保する。
- クリープが大きい。
- 水に濡らすと急速に吸水し強度が大きく低下する。
- 長時間水分の影響を受ける場合は耐水処理が必要である。
- 気温が高い時に練ると強度が小さい。

高強度を生かした石膏の構造的な利用についてはまだまだ問題が多く残っているが、試作や実用例をまとめると表-3のようになる。ここで石膏コンクリートといているのは、骨材に軽量骨材や木片を用いたもので、セメントコンクリートにおける砂利は用いていない。石膏の場合、比重の大きい砂利や砂の混入は不利で、また人工軽量骨材のような多孔質の骨材のほうが付着面なじみがよい。表-3のうち幾つかについて紹介する。

写真-1,2は石膏ペーストを型枠下部より圧入して成型したサニタリーユニットで、鉄筋で補強している。これは石膏の成型性の良さや強度発現が早いことを生かしたものである。¹⁾²⁾³⁾

図-1は来年建設が予定されている現場打ち鉄筋石膏コンクリートによる2階建の住宅である。工業化住宅の主材料として用いることを目標としたものである。¹⁾²⁾⁴⁾

写真-3は押出し成型による中空プレキャスト板を鉄骨下地の床に用いた例である。¹⁾

写真-4は大型の石膏ブロックを石膏ベースの接合モルタルで間仕切壁に積上げていくところである。軽量なりに遮音性がよく、作業時間が短くてすむので使用量が増えており、とくに高層建築における耐火性軽量間仕切として有利である(西ドイツ)。⁵⁾

図-2はメタルエッジと金網で補強したプレキャスト

表-1 石膏の需給 万トン (通産省産業構造審議会)

	種類	主成分	1965年	1970年	1975年
需 要	セメント	二水石膏	110	177	232
	ボード	β型半水石膏	62	120	170
	プラスター	β型半水石膏	33	49	59
	他	α型半水石膏	18	19	22
		計	223	365	483
供 給	副産物		145	277	409
	天然		63	54	72
	輸入	二水石膏	5	19	9
	回収		0	34	167
	目減りロス		-7	-13	-19
	計	206	371	638	
	差引過不足		-17	+6	+155

表-2 水硬性石膏ノート

種 類		α型半水石膏	β型半水石膏	Ⅱ型無水石膏	
分 子 式		CaSO ₄ ·½H ₂ O		CaSO ₄	
焼 成	原 料	二水石膏 (CaSO ₄ ·2H ₂ O)			
	焼 成 温 度 °C	100~130	100~250	400~1,200	
	焼 成 技 術	低温熟成	最も容易	水和硬化性を強める添加剤	
凝 結 硬 化 性	水 和 式	CaSO ₄ ·½H ₂ O + ½H ₂ O → CaSO ₄ ·2H ₂ O CaSO ₄ + 2H ₂ O → CaSO ₄ ·2H ₂ O			
	凝 結 調 節 剤	遅 緩 剤		促 進 剤	
	調 節 可 能 範 圍	数分~数時間		数十分~数1時間	
	他材料との混合による影響	敏 感		鈍 感	
	理論水和水量 W/G %	18.6		26.5	
	通常水石膏比 W/G %	30~50	70~100	30~50	
硬 化 体	乾 燥 比 重 gr/cm ³	1.8~1.5	1.1~0.8	1.9~1.5	
	圧 縮 強 度 kg/cm ²	350~200	60~20	450~150	
	弾 性 係 数 10 ⁴ kg/cm ²	12~7	3~2	15~6	
	引張強度/圧縮強度	1/12~1/8	—	1/15~1/10	
	付着強度	丸 鋼	1/30~1/80	—	1/25~1/60
		異 形	1/5~1/7	—	1/4~1/7
	P.H. (浸水による)	6.9前後	—	6.9前後	
	吸 水 率 gr/cm ³ %	13~27	—	10~23	
	飽 水 時 間	数 分	—	数 分	
	飽水時圧縮強度低下率 %	45~60	—	45~55	

ト板を用いた屋根である。軽量で経済的な耐火構造の屋根が要求される場合によく使われる。取付けは簡単で鉄筋、木造、組積、鉄筋コンクリート骨組に用いられるが、水に濡れたり常に水分の作用を受ける所では使われず、また施工後できるだけ早く天候に直接晒させない処置を必要とする（アメリカ）⁶⁾

図-3は現場打ち石膏コンクリートによる屋根で、軽量、不燃、早強性、成型性の良さによりセメントコンクリートでは打設できない形をした屋根や、軽量の屋根しか支えられない骨組でも施工できるので、よく使われる。トラスまたは母屋にわたした成形板に幅1m当り5.7cm²以上の補強筋を配置して、5~9cmの厚さに石膏コンクリートを打設する。成型板には荷重を負担する役目はなく、施工後そのまま天井としての機能をもつ石膏板や繊維板が用いられる（アメリカ）⁶⁾

（ひらいたかゆき 東京大学建築学科岸谷菅原研究室）

試験研究者

- 1) 小野田セメント中央研究所
- 2) 竹中工務店技術研究所
- 3) 大成建設技術開発部
- 4) 東京大学岸谷菅原研究室

文献

- 5) BAUEN MIT GIPS Bundesverband der Gips- und Gipsbauplattenindustrie eV
- 6) CONSTRUCTION United States Savings and Loan League
- 7) ソビエトの新材 山海堂

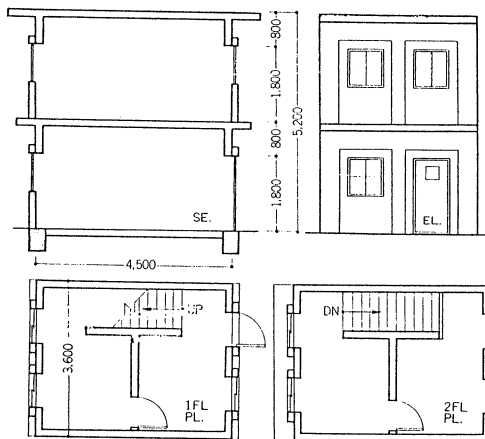
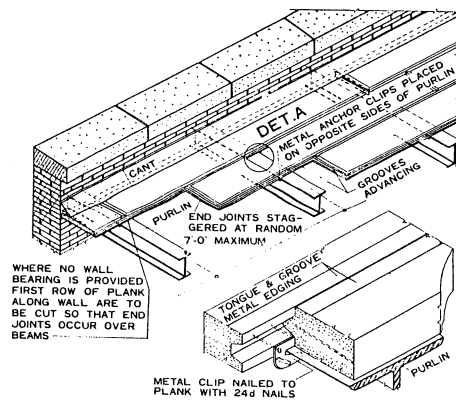
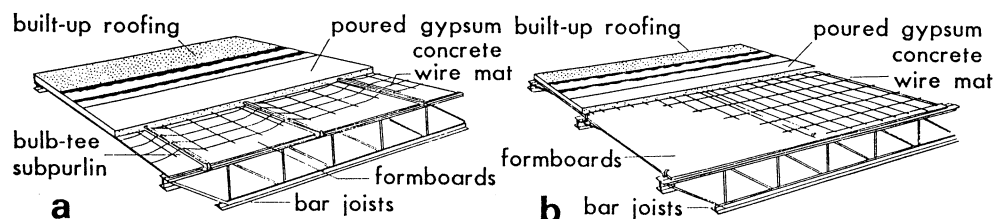


図-1 石膏住宅



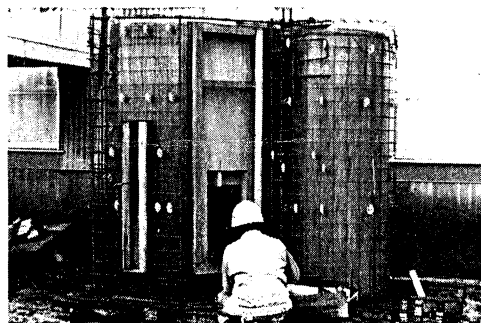
Typical gypsum plank roof construction with continuous spans and clip anchorage.

図-2 石膏プレキャスト板の屋根

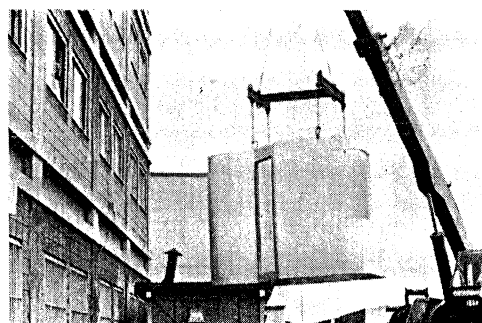


Gypsum concrete roof construction: (a) with subpurlins, (b) without subpurlins.

図-3 石膏コンクリートの屋根



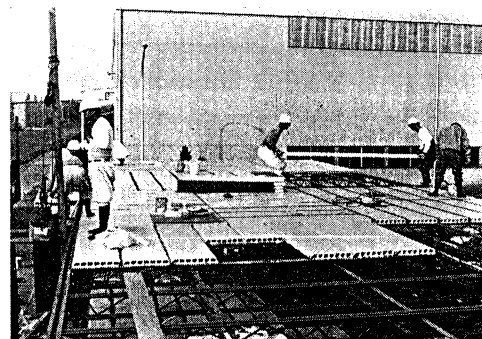
写-1 サニタリーユニット



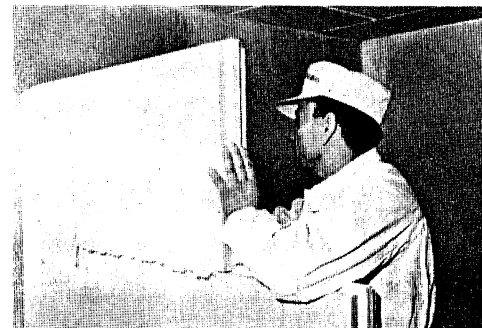
写-2 サニタリーユニット

表-3 試作と実用例(*印は本文で説明)

	用途	形態	内容	寸法	
実用	ソ連 ⁷⁾	間仕切	石膏コンクリートパネル	充実、孔あき、一部あし強化	8cm 12 × 階高 × 部屋 全長
		壁	石膏せんいパネル	紙パルプ、紡績くず、植物せんい	5cm × 120cm × 300cm 60 × 250
		屋根	石膏コンクリートブロック	充実、空洞	19cm 50cm 25 × 20cm × 70
	アメリカ ⁶⁾	間仕切	石膏せんいブロック	石綿、植物性せんい	5cm 15 × 30cm × 75cm
		現場打ち石膏	現場打ち石膏	エキスパンドメタル、メタルラス、石膏ラス強化	5~8cm厚
		屋根	石膏コンクリートパネル	四辺スチールエッチと金網による強化	5cm × 38cm × 300cm
西ドイツ ⁵⁾	間仕切	石膏ブロック	充填材を入れたのや発泡させたもの	6cm 12 × 67cm × 50cm	
		石膏パネル	高層建築に使用を目的とした軽量化	5cm 30cm 10 × 60 × 階高	
		石膏パネル	中空、押し成型（小野田Gパネル1500）	6cm × 60cm × (自由)	
試作	日本	サニタリーユニット	石膏ユニットブロック	鉄筋補強、型枠下部より圧入	1.45m × 2.2m × 2.0m
		住宅	現場打ち石膏コンクリート	鉄筋補強	延10坪、2階建



写-3 石膏プレキャスト板の床



写-4 石膏ブロックの間仕切