

論文

高強度セッコウ板の試作 (第2報)

岸谷孝一* 平居孝之**

(* 東京大学工学部建築学科)

(** 大分大学工学部建設工学科)

Trial Manufacture of High Strength Gypsum Plank (Part 2)

Koichi KISHITANI* and Takayuki HIRAI**

(* Department of Architecture, Faculty of Engineering, Tokyo University)

(** Department of Architecture, Faculty of Engineering, Oita University)

Some glass roving reinforced gypsum planks were experimentally manufactured and flexural properties of the plank were improved by adopting an adhesive.

The strength of the adhesive-added glass roving planks corresponded to that of plywood in comparison with samples of the same thickness. Moreover, some properties facilitated forming process. The hardened adhesive covering the glass roving prevented the injury of the glass roving during the manufacturing process and made it possible to set the glass roving at the designed position in the cross section of the plank.

(Received Dec. 26, 1980)

1 緒 言

前報で、高強度セッコウ板を得るための補強方法を開発する目的で行った鋼板積層強化セッコウ板、ガラスクロス積層強化セッコウ板および連続ガラス繊維補強セッコウ板の試作と曲げ試験について報告した。

本報では、接着剤の使用方法に工夫を加えた成形方法を用いて行った付着性ガラス繊維補強セッコウ板の試作と曲げ試験について述べ、前報の試験の結果を含めて、試作したセッコウ板の性能と成形方法について考察する。

2 試験方法

2-1 付着性ガラス繊維メッシュの作成

連続ガラス繊維でセッコウを補強する場合は、両者の付着を十分に得る必要があり、その方法として接着剤がある。前報では、セッコウ板の成形時に接着剤を連続ガラス繊維に塗布する場合について述べたが、接着剤の粘性と硬化時期の調節の点で制約を受け、良好な成形方法とはいえなかった。また、この方法では、連続ガラス繊維が成形時に破損されることに対して、接着剤が保護被

覆層としてはたがらない。成形時のガラス繊維の破損は、ガラス繊維補強コンクリートの製造においても、大きな問題となっており、連続ガラス繊維補強セッコウ板の成形を考えるうえで、見のがすことはできない。

ここでは、これらの問題を解決するため、いったん乾燥硬化した後に水分が作用すると吸水軟化して再び接着性を示す接着剤に着目し、この性質をもつ接着剤を連続ガラス繊維に塗布し乾燥硬化させたものを利用することを考えた。

接着剤を塗布したガラスロービングを図1のように網

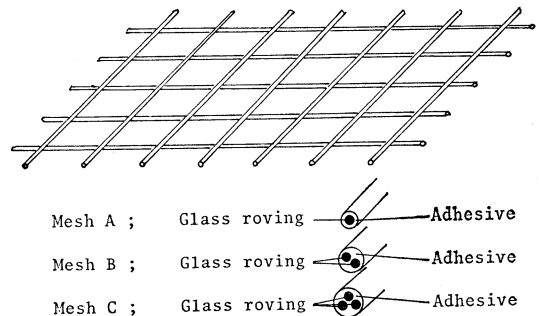


Fig. 1 Adhesive glass fiber mesh

Table I Adhesive glass fiber reinforced gypsum planks

Plank No.	Adhesive glass fiber (Fig. 3)	Mix proportions by weight			The mean value of two planks				Ultimate flexural load of each plank (kgf)
		calcium sulfate hemihydrate	Water	Aggregate	Thickness (mm)	Width (mm)	Bulk density (gr/cm ³)	Covering depth (mm) (Fig. 4)	
301	Mesh A	100	35	150	26.4	152	1.60	4.0	232, 200
302			40		26.9	152	1.57	4.4	220, 210
303			45		26.9	151	1.56	4.6	248, 180
304	Mesh B		35		26.1	152	1.60	4.3	370, 344
305			40		27.0	151	1.57	4.8	360, 240
306			45		28.0	152	1.54	4.7	382, 376
307	Mesh C		35		27.5	151	1.63	5.3	460, 447
308			40		26.5	151	1.56	3.8	452, 422
309			45		26.6	151	1.50	5.2	358, 314

目状に組み、接着剤を乾燥硬化させてメッシュを作成した。ガラスロービングは市販品 ER 770 (JISR 3412) であり、断面積は約 0.003cm² である。メッシュ A はガラスロービングを 1 本ずつ、メッシュ B は 2 本ずつ、メッシュ C は 3 本ずつ、いずれも 0.5cm の間隔で配向したものである。接着剤としては、市販の酢酸ビニル樹脂エマルジョンを用いた。このようにいったん乾燥硬化の後、ぬれると軟化し、再び接着性を示す接着剤で表面を被覆したガラス繊維で補強されたセッコウ板を、付着性ガラス繊維補強セッコウ板とよぶ。

2.2 付着性ガラス繊維セッコウ板の成形

付着性ガラス繊維メッシュが型枠の上層に 1 枚、下層に 1 枚配置されるように、 α 型半水セッコウ、構造用人工軽量細骨材、凝結遅延剤、水の混練物とともに型枠に積層して打設した。翌日、脱型し、二水セッコウの脱水が起こらないと考えられる 50°C に調節した熱乾燥器中で養生を行い、2~3 kg 前後の質量のセッコウ板の質量減少が 1 週間で 1g より小さくなった後、さらに 2 週間養生して曲げ試験を行った。セッコウ板の成形から曲げ試験までの養生期間は 28~45 日間である。セッコウ板の種類は表 1 であり、図 2 のような断面で、計画寸法を 25×150×550 (mm) として各 2 体ずつ成形した。

2.3 曲げ試験と基材の強度試験

セッコウ板の曲げ試験は、前報と同じくスパン 50cm²

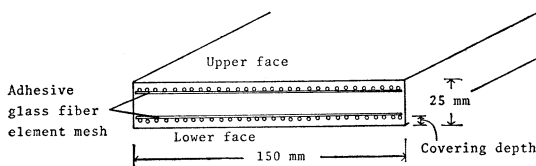


Fig. 2 Section of the adhesive glass fiber reinforced gypsum plank

で 2 等分点载荷単純曲げ試験により行い、荷重に対する中央たわみを測定した。

付着性ガラス繊維メッシュの作成に使ったガラスロービングの引張り強度を、ガラスロービングに接着剤で接合した载荷治具に重りをつり下げる方法で測定した。ガラスロービングは、付着性ガラス繊維メッシュの場合と同じく、酢酸ビニル樹脂エマルジョンを塗付し乾燥硬化させてある。

セッコウ板のマトリックスとなる α 型半水セッコウ、水、構造用人工軽量細骨材、凝結調節剤の混練物が硬化したものの圧縮強度を、4×4×16cm 直方体供試体によって測定した。調査と養生条件はセッコウ板と同じである。

酢酸ビニル樹脂で被覆されたガラスロービングである付着性ガラス繊維とセッコウマトリックスの付着強度は、付着性ガラス繊維を 1, 2 または 3 cm の長さでセッコウマトリックスに埋め込んだ供試体を作成し、重りをつり下げ付着性ガラス繊維を引きぬく方法で測定した。セッコウマトリックスの調査と養生条件は、セッコウ板と同じである。

3 試験結果

3.1 ガラスロービングの引張り強度

付着性ガラス繊維メッシュに用いたガラスロービングの引張り強度は、つり下げる重りを追加する方法で試験したため、段階的な測定値であるが、3 本の試験片ともに、12100 kgf/cm² の引張り応力度に耐え、12600 kgf/cm² の引張り応力度で切断しており、12100kgf/cm² 以上と考えられる。

3.2 セッコウマトリックスの圧縮強度

セッコウマトリックスの圧縮強度は、表 2 のようであ

Table 2 Theoretical and experimental ultimate flexural loads of adhesive glass fiber reinforced gypsum planks

Plank No.	Cross sectional area of a mesh (cm ²)	Bond strength (kgf/cm)	Strength of Gypsum matrix (kgf/cm ²)		Effective thickness (cm)	Possible flexural load caused by (kgf)				Theoretical ultimate flexural load (kgf)	Experimental ultimate flexural load (kgf)
			Compr-essive	Shea-ring		bond strength	shea-ring strength	tensile strength of glass roving	comperss-ive strength of the matrix		
301	0.09	τ _b	349	23	2.24	588	1352	213	258	213	232, 200
302			266	18	2.25	591	1063	214	198	198	220, 210
303			252	17	2.23	497	995	212	185	185	248, 180
304	0.18	5	349	23	2.18	572	1316	415	343	343	370, 344
305			266	18	2.22	583	1049	423	269	269	360, 240
306			252	17	2.33	612	1040	444	276	276	382, 376
307	0.27		349	23	2.22	583	1340	635	431	431	460, 447
308			266	18	2.27	596	1073	649	341	341	452, 422
309			252	17	2.14	562	955	612	293	293	358, 314

$$P_b = 2.30 \frac{7}{8} d \cdot \tau_b \quad P_s = 2.15 \frac{7}{8} d \cdot \tau_s \quad P_t = 12100 \frac{7}{8} d \cdot a$$

$$P_c = \frac{4}{50} \left\{ \sigma_f \cdot a \cdot (d - \beta) + \sigma_c \cdot a \cdot (\beta - 0.3) + 15 \frac{23}{54} \cdot f \cdot \beta^2 \right\}$$

$$\beta; \frac{4.15}{9.75} \beta^2 + 2a \cdot \beta - (d - 0.3)a = 0 \quad \sigma_f = \frac{75.3}{2} \frac{d - \beta}{\beta} \cdot f \quad \sigma_c = \frac{\beta - 0.3}{d - \beta}$$

Stress distribution on the middle section of the plank

る。

3.3 付着強度

図3は、接着剤を用いた場合のガラスロービングとセッコウマトリックスの付着強度である。ガラスロービングの太さとセッコウマトリックスへの埋め込み長さを変えて試験した結果を、付着長さ1cm 当りの付着強度で表している。図3の左側は前報で述べたエポキシ樹脂を塗布したガラスロービングの場合を参考に示したものであり、図3の右側が付着性ガラス繊維による場合である。付着強度は、もっとも小さい場合でも長さ1cm 当りにして5kgf/cm 以上がでている。

3.4 付着性ガラス繊維補強セッコウ板の曲げ試験

試作したセッコウ板の曲げ試験において耐えられる最

大荷重は、表1に示すように180~460kgf の範囲にあり、付着性ガラス繊維を構成するガラスロービングの本数が多くなるほど、耐えられる最大荷重が大きい。No. 307, 308のセッコウ板は、いずれも最大荷重が400kgf をこえており、きわめて高強度である。ちなみに400kgf の最大曲げ荷重の場合には、320kgf/cm² の曲げ引張り強度に相当する。

曲げ試験における荷重とたわみの関係は図4である。100kgf 前後の荷重で曲げ引張り側のセッコウマトリックスにクラックが発生する。クラック発生前の荷重に対

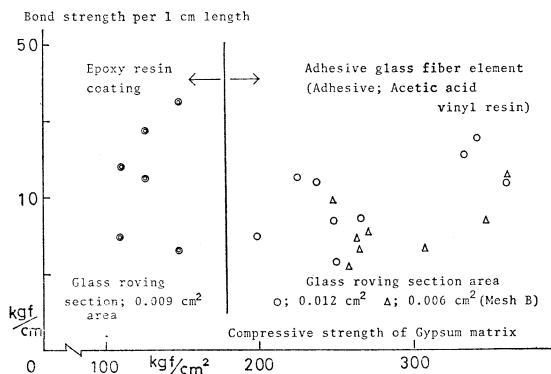


Fig. 3 Bond strength

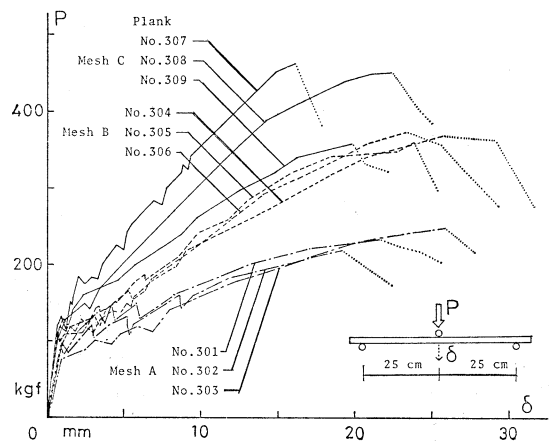


Fig. 4 Flexural load-deflections of adhesive glass fiber reinforced gypsum planks

するたわみは比較的小さく、以後荷重の増加につれてたわみはしだいに大きくなる。最大荷重に近づくと、セッコウ板中央部の圧縮側のセッコウマトリックスに局部的な破壊が観察され、最大荷重に達した後、応力を負担できるセッコウマトリックスの断面が減少するにつれて、耐えられる荷重が小さくなりながらたわみが大きくなる。最大荷重時のたわみは 1.5~2.5cm であり、スパンの 1/30~1/20に相当し、変形能力の点ですぐれている。

表2は、ガラスローピングの引張り強度を 12100kgf/cm² とし、セッコウマトリックスのヤング係数に対するガラスローピングのヤング係数の比を 7.5 と仮定して求めた試作セッコウ板の曲げ最大荷重の理論値を、実験値と比較したものである。セッコウマトリックスの圧縮強度は試験の結果であるが、せん断強度は圧縮強度から推定した値である。付着強度は図3で示したように、付着長さ 1 cm 当り 5 kgf/cm はあるとしている。表中の P_b, P_s, P_t, P_c はそれぞれ付着強度、セッコウマトリックスのせん断強度、ガラスローピングの引張り強度、セッコウマトリックスの圧縮強度が原因となる場合に耐えられる曲げ荷重であり、最大曲げ荷重の理論値は、これらの値のうちもっとも小さい値となる。理論値と実験値は近似している。また理論値では、No. 301 のセッコウ板を除いて、セッコウマトリックスの圧縮強度が原因となって最大曲げ荷重が定まっている。このことは、セッコウマトリックスの圧縮側が破壊するため、セッコウ板が終局的な曲げ破壊をするという実験結果で裏づけられる。

ぜい性破壊をするガラス繊維を補強用基材に用いる場合、部材の変形時のエネルギー吸収の主たる要因となるのは、付着面のすべりまたはマトリックスの圧縮における変形能力である。ガラス繊維を補強用基材とするセッコウ板の場合、高強度と強じん性の点で、付着強度が十分に得られており、セッコウマトリックスの圧縮強度が原因となって最大荷重が決まることが望ましく、ここで採用した補強方法はすぐれているといえる。さらに強じん性を得るためには、前報の連続ガラス繊維補強セッコウ板で試みたように、セッコウマトリックスをガラスチョップドストランドで補強する方法が有効と考えられる。

3.5 成形性

付着性ガラス繊維補強セッコウ板は、ガラス繊維で補強したセッコウ板として強度と変形能力のいずれにおいてもすぐれているが、同時に成形性においてきわだった長所をもつ。ガラス繊維を被覆している接着剤がすでに硬化した状態で使用されているので、成形時におけるガ

ラス繊維の破損を防止し、ガラス繊維を自由な形状に構成することが可能で所定の位置に配置することが容易である。また前報で用いたガラスローピングを型枠に配向して接着剤を塗布する方法において不可欠であった接着剤の粘性と硬化時期の調整を配慮する必要は少ない。

4 試作セッコウ板の性能の検討

図5は、前報で報告した鋼板積層強化セッコウ板と連続ガラス繊維補強セッコウ板を含めて、付着性ガラス繊維補強セッコウ板の曲げ荷重とたわみの関係を、JAS 2 類普通合板の場合と比較して示したものである。鋼板積層強化セッコウ板は、非常に大きな荷重に耐えている。今回の試験では、変形能力が小さくかさ比重が大きという結果となったが、金属板積層強化は、適切な断面を設計することにより、変形能力を高め軽量化を図ることが可能である。付着性ガラス繊維補強セッコウ板と連続ガラス繊維補強セッコウ板は、いずれもガラスローピングを補強用基材に使っており、ガラス繊維で補強したセッコウ板としては強度と変形能力においてすぐれている。なかでも付着性ガラス繊維による補強は、補強効果が大きく、同じ厚さの合板に匹敵する強度と変形性能が得られる。またセッコウ板の成形におけるきわだった長所があり、顕著な効力をもつ補強方法である。

図6は、試作したセッコウ板の単位面積当りの重量と曲げ試験における最大荷重の関係を表わしたものである。連続ガラス繊維補強セッコウ板の場合、空どうを設けるかペーパーハニカムを用いることにより軽量化を図っているのので、比較的軽量である。付着性ガラス繊維

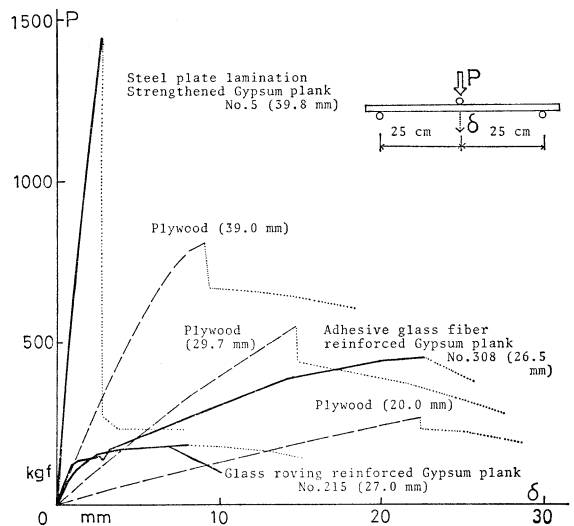


Fig. 5 Flexural load-deflections of planks

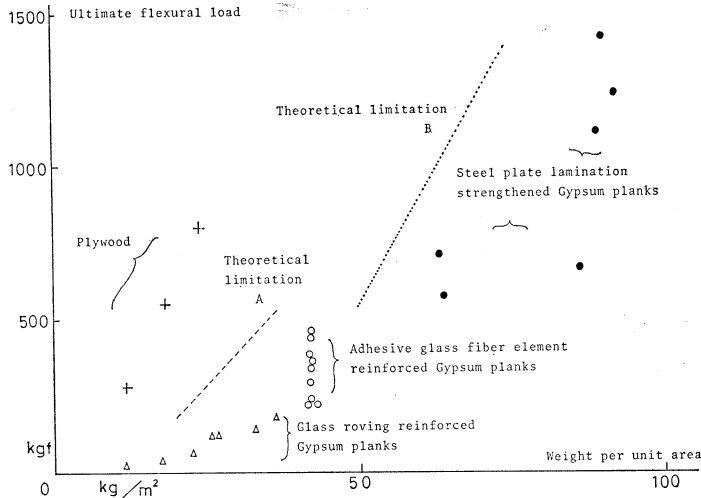


Fig. 6 Ultimate flexural load-weights of planks

補強セッコウ板の場合は、なんら軽量化の工夫をしていないのでいずれの試作板もかさ比重がほぼ 1.6 程度であるが、左官用人工軽量骨材や空どうの利用、また発泡セッコウとすることにより軽量化は可能である。軽量化を図るとそれぞれに応じてセッコウマトリックスの強度が減少するためセッコウ板の強度も小さくなる。図 6 中の点線 A は、軽量化を試みたときに、付着性ガラス繊維補強セッコウ板の強度と重量の関係がどの程度まで改善されるかを予測したものである。同じことは金属板積層強化セッコウ板にもあてはまり、図 6 中の点線 B は最適な厚さのアルミニウム板で積層強化した場合に可能と考えられる限界値を予測したものである。

5 結 論

いったん乾燥硬化した後に水分が作用すると吸水軟化

する接着剤をガラスロービングの表面に塗布して網目状に組み、接着剤を乾燥硬化させることにより作成した補強用メッシュを用いてセッコウ板を試作し、曲げ試験を行った結果、つぎのような結論となった。

- (1) 同じ厚さの合板にひびてきする強度と変形能力をもつセッコウ板が得られ、補強方法としてすぐれていた。
- (2) 試作板のかさ比重は 1.6 前後であった。軽量化は可能と考えられた。
- (3) 今回試みた付着性ガラス繊維補強と称する方法は、セッコウ板の成形において、付着強度の確保、ガラス繊維の所定の位置への配向、ガラス繊維の保護被覆という面で顕著な効果を示した。

(1980. 12. 26 受付)

第 9 回 Chemical Abstracts 利用法講習会

主催 (社) 化学情報協会 共賛 石膏石灰学会

日 時 9月24日 (木) 10時~17時

会 場 学会センタービル (文京区弥生 2-4-16)

参加申込締切 定員 (20名) になりしだい

内 容 Chemical Abstracts Service の情報サービスと CAS 化学物質登録システム/Chemical Abstracts の収録・索引方針と効果的な使い方

参加費 テキスト代を含めて 1名 14,000円、申込方法および申込先は24頁と同じ