

論文

[1192] 高流動プレミックス GRC を用いた外壁パネルの載荷試験

若宮 隆*1 朝日 清公*2 鈴木 忠彦*3 堀口 邦広*4

1. まえがき

GRC (ガラス繊維補強コンクリート) は、現在、カーテンウォールや内外装用建築材料として、広く使用されているが、主な製造法は、ダイレクトスプレー (吹き付け) 法である。ダイレクトスプレー法は強度が高く、薄肉軽量で造形性に優れるが、製造を主として人手に頼っているため、製造法の改善が望まれている。プレミックス (流し込み) 法は、ダイレクトスプレー法に比べ、強度性能では及ばないが、製造工程が単純なため製造を合理化できる可能性が大きい。

筆者らは製造の合理化の手段として、プレミックス GRC の流動性の向上に着目して開発 [1] を行ってきた。本研究では、筆者らが開発した軽量の高流動プレミックス GRC を用いたパネルを試作し、実大パネルの載荷試験を行う事により、高層建築物への適用の可能性を検討した。

2. GRC 配合の決定

2.1 配合

昨年筆者らが行った発表で示したように、軽量で流動性が大きく材料分離の無い配合を検討し、その結果に基づき、表-1 の材料を使用し、表-2 の配合を決定した。

表-1 使用材料一覧

材 料 名	種 類 (主 成 分)
セメント	GRCセメント(外割りで凝結調整剤を0.4%添加)
骨 材	シラスバルーンと珪砂の混合品(平均粒径0.1mm)
高性能AE減水剤	変性リガニン、アルキルアルスルホン酸系
AE助剤	変性アルキルカルボン酸化合物系
ガラス繊維	耐アルカリガラス、チョップドストランド、長さ:19mm

2.2 GRCの物性

本配合を用いたプレミックス GRC の代表的な物性例を表-3 に示す。

表-2 GRCの配合

水セメント比 (%)	骨材セメント比 (%)	高性能AE減水剤 (セメント×%)	AE助剤 (セメント×%)	ガラス繊維 (モルタル×%)
33.0	15.0	2.5	0.03	2.0

3. パネルの構成

パネルの構造は、周辺にリブを持つ GRC の板部と、鋼製の角パイプによる補強フレームを接合部材により複合化した仕様とした。

接合部材により、荷重を受ける際に板部とフレームが離れるのを防ぐと同時に、過大な荷重を受ける等により、万一板部が破損した場合でも、脱落しないように配慮した。

また、板部にはステンレスの溶接金網を入れる事により、万一板部が破損した場合でも、部材の脱落防止をはかる事とした。

表-3 GRCの物性

気乾比重	曲げ比例 限界強度 (kgf/cm ²)	曲げ強度 (kgf/cm ²)	曲げ ヤング率 (kgf/cm ²)
1.5	60	90	12×10 ⁴

*1 日本板硝子 (株) ビル建材部 (正会員) *2 日本板硝子 (株) ビル建材部
 *3 清水建設 (株) 技術開発センター (正会員)
 *4 秩父セメント (株) 中央研究所 (正会員)

4. 接合部材の検討

4. 1 実験方法

(1) 試験体

接合部材の形状、太さが引き抜き耐力へ及ぼす影響を、図-1に示す4種類について検討した。

試験体の形状を図-2に示す。

試験体は600×600×50mmの板状とし、中央に接合部材を入れた。

(2) 荷重方法

試験体の4辺をスパン 500mmで単純支持し、ロードセルを介してギヤ式ジャッキを用いて行った。

4. 2 実験結果

実験結果を表-4に示す。

比例限界荷重は、太さ 8mmでは3種類とも大差ないが、T型は比例限界以降の荷重の伸びが大きく、安全性が高い仕様である。

また、破壊状況は、J型及びT型 9mmでは金網の素線の破断によるものであったが、L型及びT型 8mmではGRC中に埋め込まれた腕の角度が開いて抜け落ちた。

以上の結果から、接合部材の仕様として安全性が高いT型 9mmを用いることとした。

5. パネル荷重試験

5. 1 試験方法

(1) 試験体

荷重用試験体の形状を図-3に示す。接合部材は、短辺方向フレームに 750mm間隔で、板部の中心深さに埋め込まれるように設けた。パネル周辺のリブ高さは水密性確保のため 125.5mmとした。GRC板部厚さは40mm、角パイプ高さは125mmとしたので、パネル全厚は165mmとなった。

また、パネル重量は 671kg (98.2kg/m²)であり、パネル厚さの割に軽量なものが実現できた。

(2) 試験方法

荷重方法は外壁としての用途を想定して、風荷重の正風圧と負風圧を模擬した荷重とした。

正圧荷重の荷重装置を図-4に示す。荷重はロードセルからの荷重の出力をみながら、2本の油圧ジャッキを操作し、分配ビームを介して4本の荷重ビームからパネルのGRC板部に均一に加わるように行った。荷重位置は、取付点間を8等分し、1:2:2:2:1に分かれる4カ所の位置か

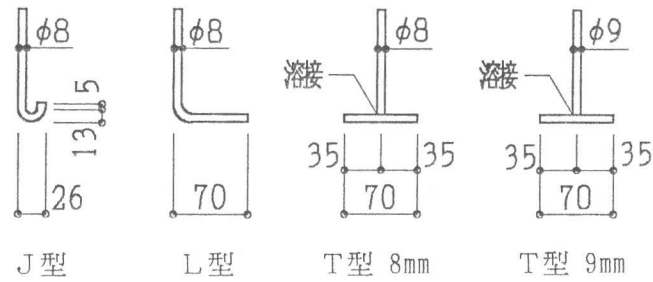


図-1 接合部材の形状 (単位mm)

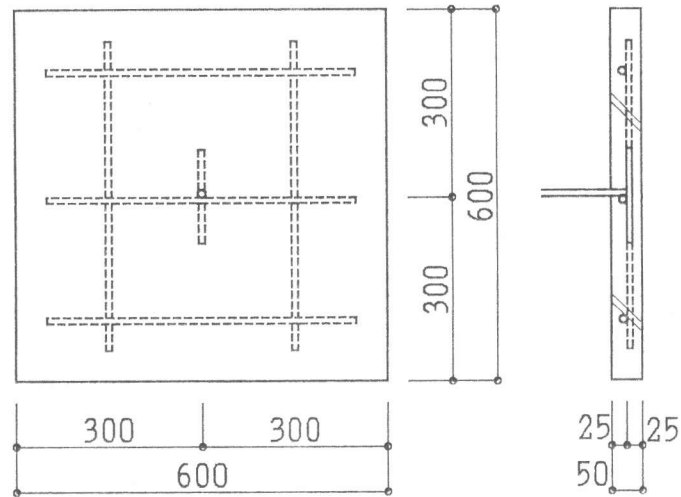


図-2 引き抜き試験体 (単位mm)

表-4 接合部材の引き抜き強度試験結果 (単位kgf)

形状	太さ (mm)	比例限界強度	破壊強度	破壊状況
J	8	723	925	金網素線の破断
L	8	670	965	接合部材抜け落ち
T	8	735	1515	接合部材抜け落ち
T	9	1000	1490	金網素線の破断

ら加力して、等分布に近い状態を再現させた。また、変位の測定はパネル支持点、荷重点及びパネル中央部で行った。

負圧荷重の場合には、図-4においてパネルを反転した状態で、フレーム側からGRC板部に加力を行った。

5.2 試験結果及び考察

(1) 荷重-変形曲線

試験結果は正圧荷重を図-5、負圧荷重を図-6に示す。

正圧荷重では、 1400kgf/m^2 付近で直線からずれ始め、 1600kgf/m^2 でクラックが確認された。さらに、荷重装置の加力限度の 2000kgf/m^2 まで荷重しても耐力は低下せず、破壊には至らなかった。

一方、負圧荷重では、 600kgf/m^2 付近で直線からずれ始め、 800kgf/m^2 でクラックが確認された。さらに荷重を続け、 1400kgf/m^2 で荷重の上昇が止まり破壊に至った。

(2) 破壊状況

正圧荷重では、 1600kgf/m^2 でリブ部に、板部と直交するクラックが確認され、荷重の増加とともに数が増え、板部と平行な方向に進展するものが一部にみられた。しかし、板部にクラックの発生はみられず、パネルの最終的な破壊に至らなかった。

負圧荷重では、 800kgf/m^2 で荷重点付近において、荷重ビームに沿うクラックが確認され、荷重の増加とともに進展していった。さらに、

1300kgf/m^2 で接合部材付近にも放射状の小クラックが発生し、荷重の増加とともに拡大した。最終的には、荷重ビームからのクラックがリブ部に延びて荷重の上昇が止まり破壊に至った。しかし、接合部材の引き抜け、GRCの脱落等は起きず、安全性の高い仕様である事が確認された。

● 変位測定位置

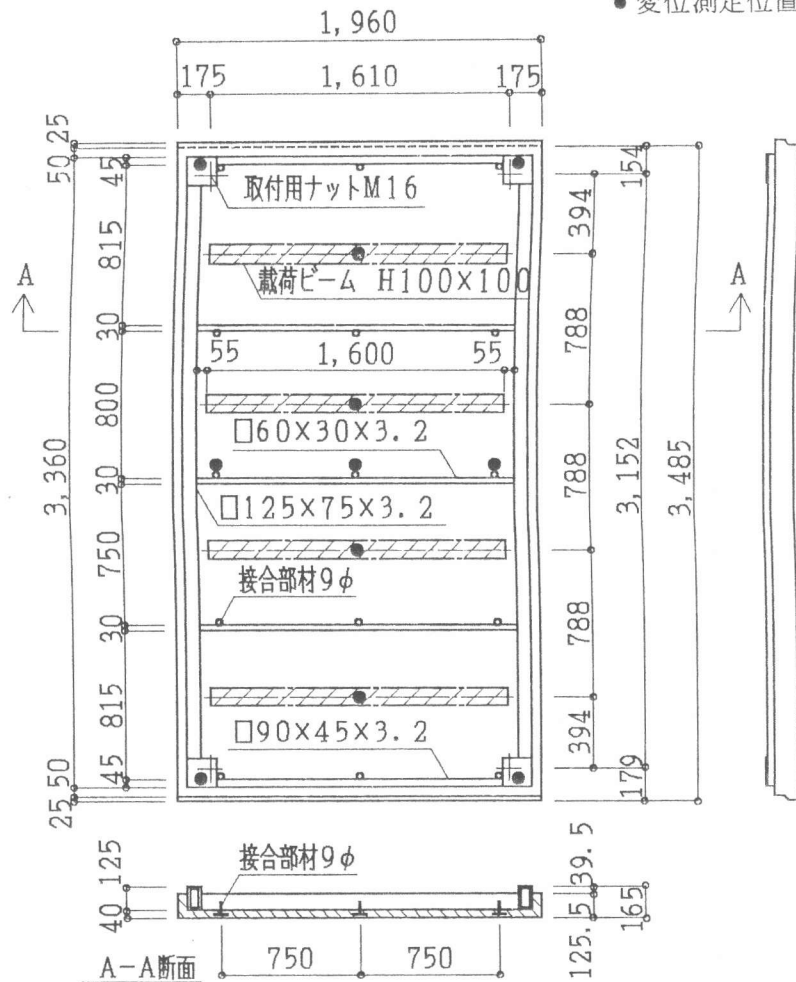


図-3 荷重試験体形状及び荷重位置 (単位mm)

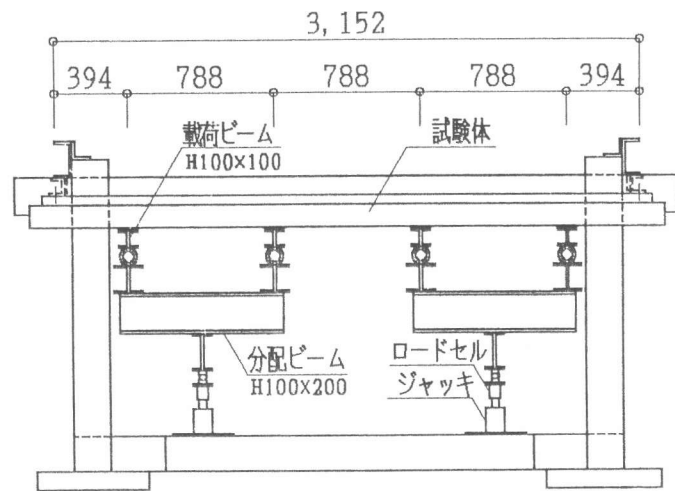


図-4 正圧荷重の荷重試験装置 (単位mm)

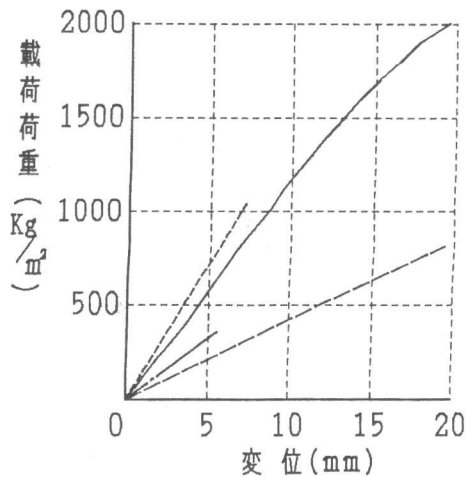


図-5 荷重試験結果（正圧）

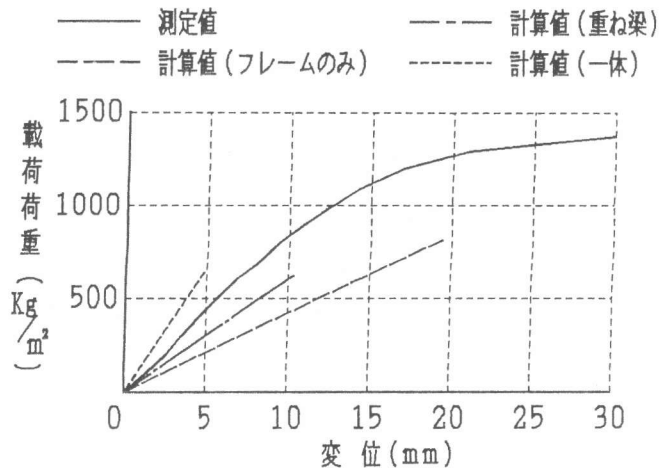


図-6 荷重試験結果（負圧）

(3) 測定値と計算値の比較

パネル変形は、図-5、図-6にプロットしたように、板部とフレームとが一体として動くとした場合と、板部とフレームが重ね梁として作用するとした場合の中間的な挙動を示しており、フレームのみで挙動を考えると、実験結果と大きな差がある事が確認された。また、板部とフレームの複合効果を考慮する事により、実際に近いパネル挙動の予測も可能性があると考えられる。

表-5 比例限界荷重値 (kgf/m²)

荷重試験の方向		正 圧	負 圧
計算値	一 体	1038.5	638.3
	重ね梁	356.0	617.2
測 定 値		1400	600

比例限界荷重値として、GRCの物性から求めた計算値およびパネルが非線形な挙動を示し始めた測定値の比較を表-5に示す。正圧荷重では一体および重ね梁のどちらの計算値よりも測定値の方が高く、負圧荷重では計算値と測定値がほぼ一致する。

6. まとめ

本研究の結果をまとめると、次の通りである。

- ①パネルの板部と補強フレームを複合化する接合部材は、T型 9mmの仕様の安全性が高い。
- ②パネル厚さの割に単位面積当たりの重量は軽く、パネルの軽量化が可能である。
- ③パネルの耐力はGRCの物性から求めた計算値に比べ、正圧荷重では高く、負圧荷重でもほぼ等しい。また、パネルの破壊に至るまで粘り強い挙動を示し、安全性の高い仕様である。
- ④パネルの変形は、板部とフレームが一体とした場合と重ね梁とした場合の中間的な挙動を示す。また、板部とフレームの複合効果を考慮する事により、実際に近いパネル挙動の予測も可能性があると考えられる。

高層建築物への適用は、これらの特徴を活用した用途として有効であると考えられ、実大パネルによる耐風圧性能確認試験を実施中である。なお、本研究は、清水建設(株)、秩父セメント(株)、及び日本板硝子(株)三社共同研究開発で実施した研究の一部である。

参考文献

- 1) 堀口邦広・横田博・鈴木忠彦・若宮隆：高流動プレミックスGRCに関する研究、コンクリート工学年次論文報告集、Vol.15、No.1、pp.963-968、1993.6