

圧縮におけるコンクリートとGRCパネル の接合性状に関する実験研究

何 仕栄，平居孝之，村上 聖

Experimental study on joining properties between GRC
panel and concrete under compression

Shirong HE, Takayuki HIRAI and Kiyoshi MURAKAMI

大分大学工学部研究報告 第36号

平成9年10月31日 発行

圧縮におけるコンクリートとGRCパネル の接合性状に関する実験研究

何 仕栄*, 平居孝之**, 村上 聖***

Experimental study on joining properties between GRC panel and concrete under compression

Shirong HE*, Takayuki HIRAI** and Kiyoshi MURAKAMI***

The joining properties between GRC (glass fiber reinforced cement) panel and concrete under compression was investigated by experiment. The strain compliance, which was defined as a ratio of the strain on GRC panel to that on concrete, was proposed as an index to estimate the joining properties between GRC panel and concrete. It was found that there were several behavior such as damage state and peeling state on the joining interface.

Key words : permanent form, stress transfer, joining interface, GRC, strain compliance, compressing-peeling test

1 まえがき

省資源、省力化、工期短縮を目的として型枠の解体が不要で廃材を出さない打ち込み型枠の使用が考えられている¹⁾²⁾。GRCで作ったパネルは型枠に必要な諸性能を満足できるため打ち込み型枠用せき板としての利用が試みられている。GRC打ち込み型枠にコンクリートを打設して一体化したものを建築用部材として使うとき部材の破壊はコンクリートやGRCの単一材料の破壊の他に接合面の破壊があるので、部材の強度を計算し評価するのに単一材料のコンクリート部材を評価する手法は単純すぎ、接合面の接合状態を考慮した

評価方法が必要になる。そのため、接合面の応力伝達状態と破壊機構を明らかにすることが重要である。

打ち込み型枠に用いるGRCパネルは形態上ではコンクリートに付着し、荷重状況として直接に端部から荷重を受けず接合面から伝達される伝達応力を受けるのが主な特徴である。伝達応力は内部力であり全体的に自己平衡力になるので伝達応力を量的に把握するのが難しく、直接に測定するのが不可能であり、評価しにくい状況とされている。一般にGRCパネルとコンクリートの接合面のせん断応力を伝達するためにGRCパネルの表面に凹凸や埋設物を設ける等の方法がある。個々の凹凸や埋設物は荷重状況により応力伝達状態が変化するので、接合面に多数の凹凸や埋設物を設けた場合これら凹凸や埋設物の状態は接合面の性能に影響すると考えられる。本研究ではせん断応

平成9年7月30日受理

* 大分大学大学院工学研究科

** 大分大学工学部

*** 熊本大学工学部

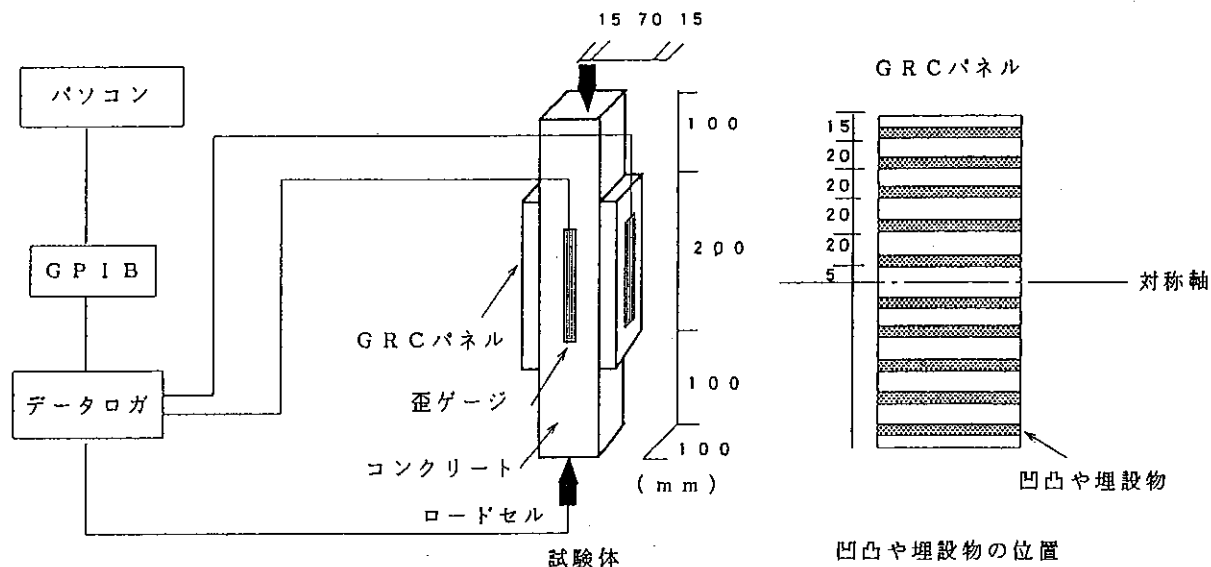


図1 圧縮剥離試験

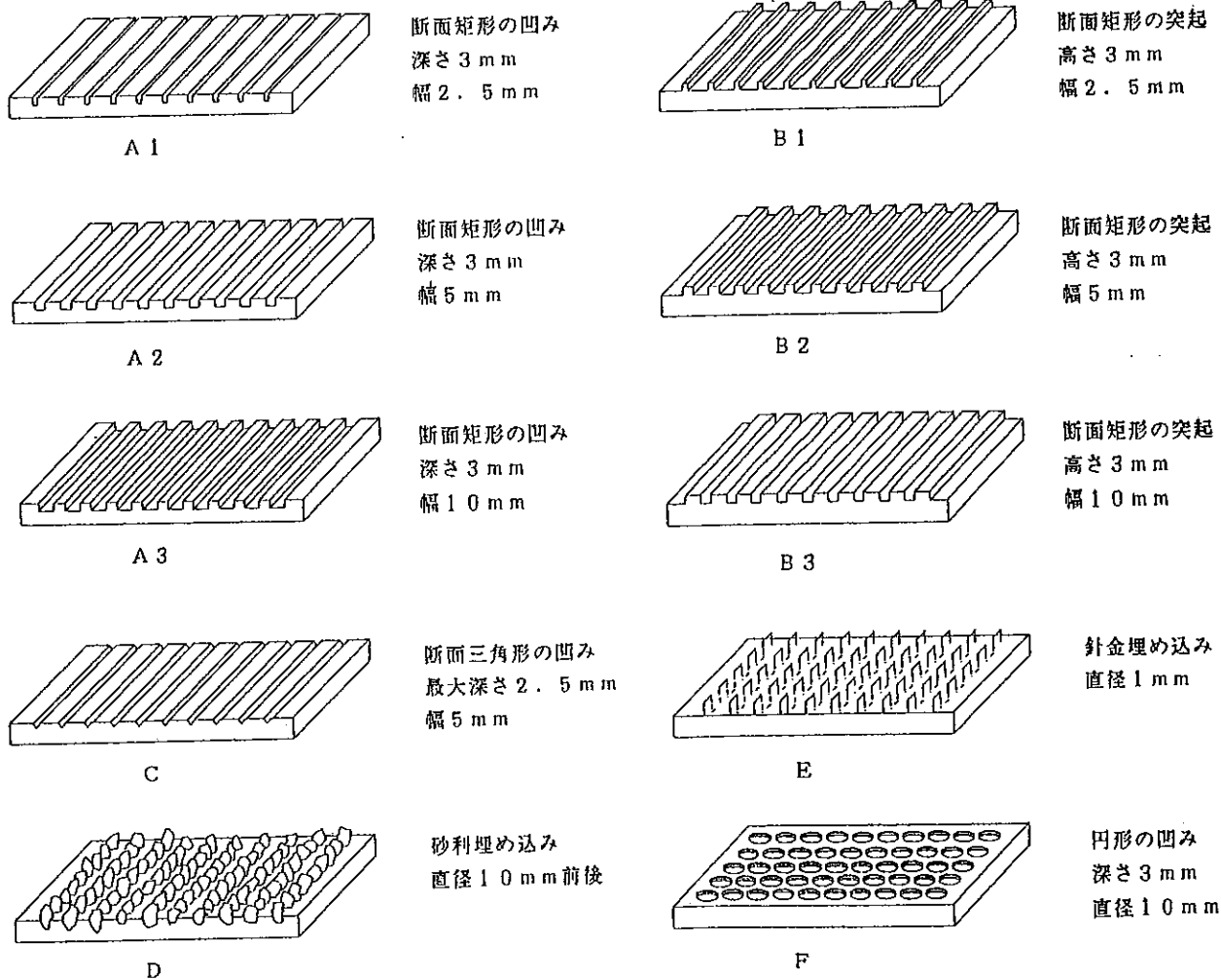


図2 表面状態のスケッチ

力の伝達に補強効果があると考えられる各種表面状態に成形したGRCパネルとコンクリートの接合性状について、圧縮における接合面の接合状況及び破壊機構を圧縮剥離試験で考察する。

2 試験方法

2.1 圧縮剥離試験

試験体の寸法形状及び凹凸や埋設物の位置を図1に示す。GRCパネルの表面状態のスケッチを図2に示す。またGRCパネル及びコンクリートの使った材料及調合を表1から表3に示す。表4は圧縮試験の結果である。

試験体の作製はまず接合性を高める効果があると考えられる表面状態のGRCパネルを造り、図2に示すように作り上げたGRCパネルを30日まで室内静置した後コンクリートを打設して試験体を作製した。試験体は打設後24時間で脱型し濡れた布で包みポリエチレンシートをかけて材令60日まで20°Cの恒温室で養生を行い、瞬間接着剤で歪ゲージを張り付け、翌日圧縮剥離試験を行った。試験体の数は、各種類ごとに3とした。

試験のときコンクリートの上下面から圧縮載荷し、GRCパネル表面中央およびコンクリート表面中央の圧縮方向の歪度を測定し、接合面の状況を観察した。

2.2 接合状況を調べる方法

接合面の応力伝達や破壊などの力学的挙動を的確に捕らえるためにGRCパネル表面中央の歪度とコンクリート表面中央の歪度を総合的に考慮した歪追従性を用いた。歪追従性 η は式(1)で定義するGRCパネル表面中央の歪度とコンクリート表面中央の歪度の比である。ここに、 ε_o と ε_c はそれぞれGRCパネル表面中央の歪度とコンクリート表面中央の歪度である。実験データより歪追従性 η を求めるのに ε_o はそれぞれ両側のGRCパネル表面の歪度を用い、 ε_c はコンクリート両側の歪度の平均値を用いた。GRCパネルは伝達応力だけを受けるので、GRCパネルとコンクリートの表面に生ずる歪度はコンクリートの荷重状況と接合面の接合状況に依存し、接合面に異変が起

きたとき伝達応力が変化し歪追従性にはその変化が反映できると考えられる。

$$\eta = \varepsilon_o / \varepsilon_c \quad (1)$$

3 接合面の破壊状況

3.1 追従性 η に見られる試験現象

図3に各種表面状態のGRCパネルの歪追従性 η と荷重 P の関係を示す。図3の最後に示すのは歪追従性 η の特徴を説明するための図である。圧縮剥離試験において歪追従性 η は次のような挙動を示す。

1) 荷重が小さいとき η に大きな起伏が見られる。それは接合面に生じる局所的な破壊や損傷によるものでなく、荷重が作用する端面の微細な凹凸や載荷治具の遊びが原因であると考えられる。

2) その後ある荷重 P_s までの間では η はほとんど変わらない状態にあり、接合面において応力は安定的に伝達されていると考えられる。この時接合面は接合状態にある。

3) 荷重が P_s から P_f までの間で η は徐々に減少するので接合面に非線形変形や微小損傷が生じ、せん断応力の伝達は幾分低下したと考えられる。ただし、 η が連続的で減少する程度はそれほど大きくないので、応力の伝達は依然として相当な程度で行われていると考えられる。この時の接合面は損傷状態にあり、損傷が始まる時点の荷重 P_s を損傷荷重と呼ぶ。

4) 荷重が P_f に達すると η は急速に減少し、試験中この段階ではすでに接合面に目立った亀裂が観察されたので、接合面において損傷域の拡大により大規模な破壊現象が起きたと考えられる。この時の接合面は剥離状態にあり、荷重 P_f を剥離荷重と呼ぶ。

5) 荷重がさらに増大し、最大荷重 P_{max} になる時点でコンクリートが圧壊される。

3.2 各種表面状態の接合性能の評価

各種表面状態の接合強度を比較するのに式(2)に示す最大荷重を基準にした相対損傷荷重 P_s' と相対剥離荷重 P_f' を用いた。また、接合

表1 GRCの使用材料と調合

使用材料	セメント100に対する重量比	備考
セメント	100	早強ポルトランドセメント
骨材	90	砕砂5号
混和材	10	マイクロシリカ
混和剤	3	AE減水剤
水	30	水道水
ガラス繊維	7	耐アルカリガラス繊維2.5mm

表2 コンクリートの使用材料

種類	仕様
セメント	普通ポルトランドセメント
粗骨材	砕石20mm、粗粒率B.70、JISA5005適合
細骨材	砕砂5mm、粗粒率2.83、JISA5005適合
混和剤	AE減水剤
助剤	AE助剤

表3 コンクリートの調合

スランプ ^a (cm)	15	
空気量 (%)	4.0	
水セメント比 (%)	55	
細骨材率 (%)	40	
単位水量 (kg/m ³)	166	
質量 (kg/m ³)	セメント	302
	細骨材	842
	粗骨材	1040
混和剤 (ml/m ³)	755	
AE助剤 (Cx%)	0.0025	

表4 圧縮試験の結果

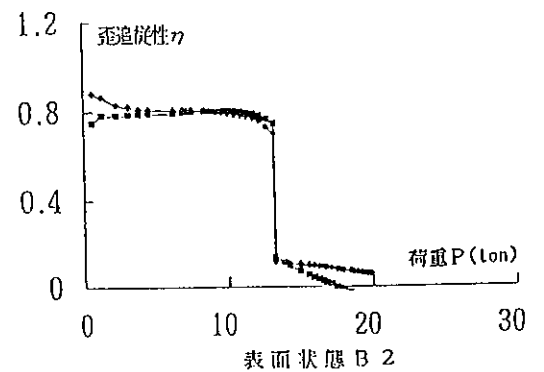
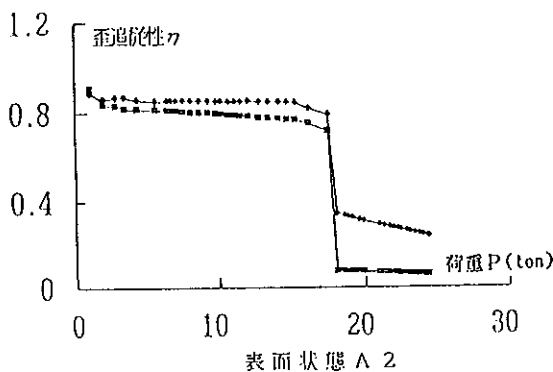
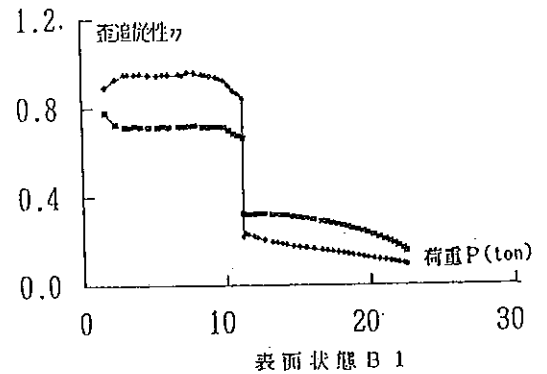
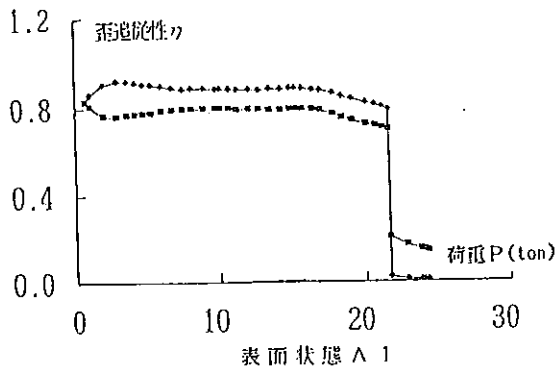
材料	ヤング係数 10 ⁵ kgf/cm ²	圧縮強度 10 ⁵ kgf/cm ²	養生日数
GRC	2.63	672	28日
コンクリート	2.12	297	60日

※試体：シリンダー(φ60×120mm)

表5 各表面状態の性能指標

記号	Ps'	Pf'	R	Pmax(ton)
A1	0.71	0.84	0.17	23.5
A2	0.70	0.80	0.15	23.4
A3	0.69	1.00*	0.46*	23.6
B1	0.56	0.61	0.10	22.0
B2	0.61	0.70	0.16	20.1
B3	0.82	0.98	0.22	19.4
C1	0.58	0.83	0.44	24.1
D	0.75	0.94	0.29	18.7
E	0.45	0.57	0.27	21.2
F	0.59	0.66	0.13	21.0
X	×	×	×	21.4
H	×	0	×	20.9

*は下限値を表す(剥離せず)
×は対応する現象がない



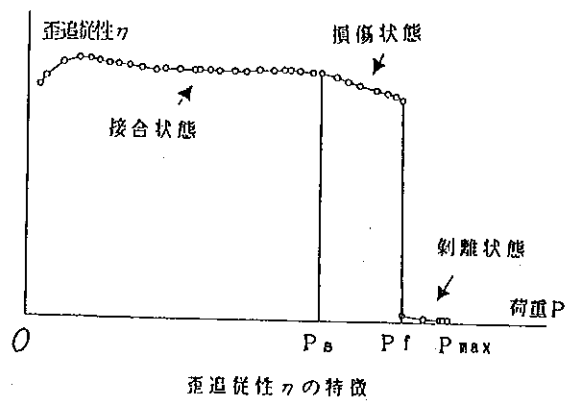
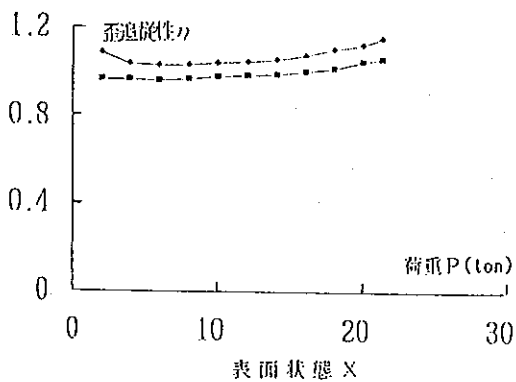
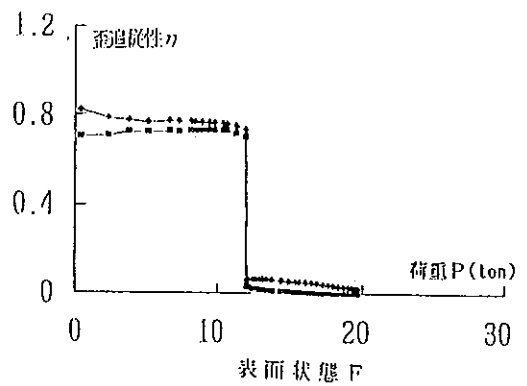
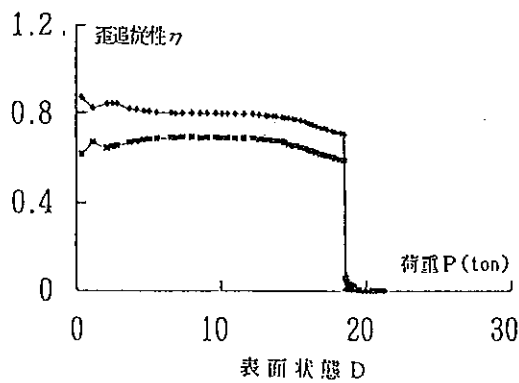
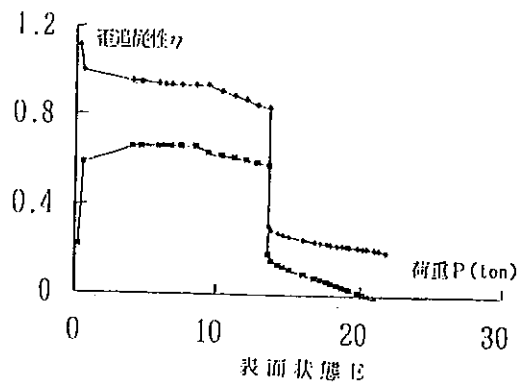
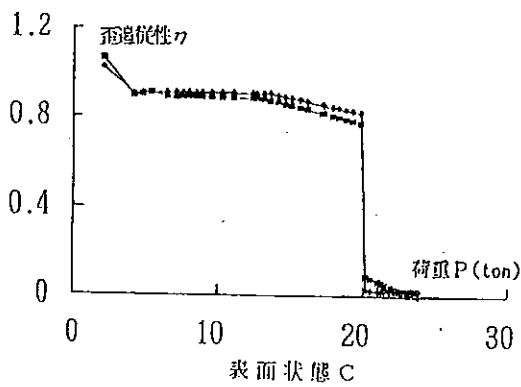
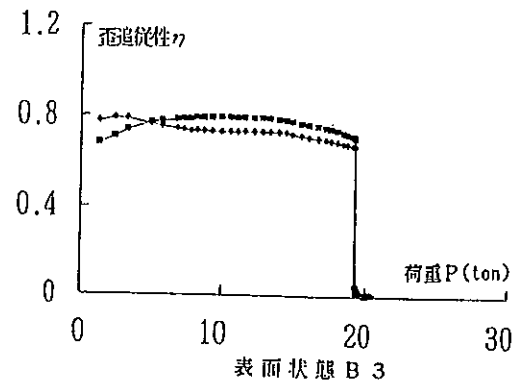
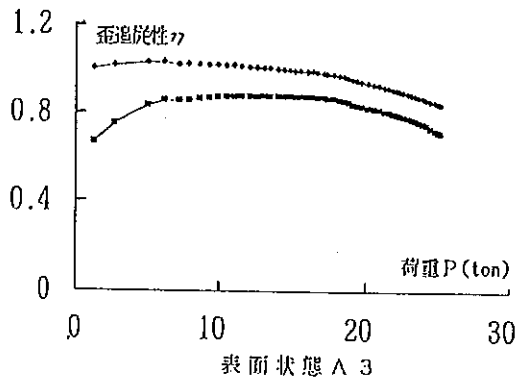


図3 歪曲従性と荷重の関係

面は損傷荷重の後でもせん断応力を伝達する能力があり、すぐには剥離しない。損傷荷重から剥離荷重までの間にせん断応力を伝達し続ける能力は接合面の靱性を表すので、この能力を式(2)で定義する剥離抵抗係数Rで表す。

$$\begin{aligned} P_s' &= P_s / P_{\max} \\ P_f' &= P_f / P_{\max} \\ R &= (P_f' - P_s') / P_s' \end{aligned} \quad (2)$$

各種表面形状の試験体の相対損傷荷重 P_s' 、相対剥離荷重 P_f' 、剥離抵抗係数R及び最大荷重 P_{\max} の平均値を表5に示す。

一般に部材の性能を評価するのに強度や靱性等が重要であり、接合面の性能は部材の性能の一部であるので、接合面の性能を表す相対損傷荷重 P_s' 、相対剥離荷重 P_f' 及び剥離抵抗係数Rが重要な指標であると考えられる。ただし接合面の強度を表す指標には相対損傷荷重 P_s' と相対剥離荷重 P_f' の二つがあり、荷重が剥離荷重になる前に接合面にすでに損傷が生じたことを考えれば、相対剥離荷重 P_f' を用いて評価する場合は過大評価になる可能性があるので、保守的な評価では相対損傷荷重 P_s' を使う方がよいと考えられる。

相対損傷荷重 P_s' について、各種表面状態の中で矩形凹みの表面状態A1、A2、A3、幅の大きい矩形突起B3、砂利埋め込みD等が相対損傷荷重が0.7前後またはそれ以上であり、大きい値を示した。針金を埋め込んだ表面状態Eは相対損傷荷重が0.45ぐらいでやや小さいが、それは埋め込んだ針金の直径が小さいためと考えられる。その他の表面状態の相対損傷荷重は0.6ぐらいである。また同じ矩形凹みの表面状態A類は凹みの幅が変わっても損傷荷重 P_s はほとんど変わらないが、矩形突起の表面状態B類は突起の幅が大きいほど損傷荷重 P_s が大きくなる。

相対剥離荷重 P_f' について、矩形凹みA1、A2、A3、幅の大きい矩形突起B3、三角形凹みC、砂利埋め込みD等の相対剥離荷重は0.8以上になり、大きい値を示した。針金を埋め込んだ表面状態Eの相対剥離荷重は0.57で最も小さく、その他の表面状態の相対剥離荷重は0.6から0.7の間にある。またA類やB類のような同じ表面状態では幅が大きいほど剥離荷重 P_f が大きい。特に表面状態A3はコンクリートが圧壊される最大荷重まで剥離しなかった。

剥離抵抗係数Rについて、A3とCがもっとも大きく、そのつぎに剥離抵抗係数Rが大きいのはB3、D、E等があり、その他の表面状態は小さい。またA類やB類のような同じ表面状態では幅が大きいほど剥離抵抗係数R大きく、接合の靱性がよい。

なお、表面が平坦な表面状態Hの試験体は載荷する時点で全面が剥離してしまった。また全体がコンクリートの試験体Xは最大荷重で圧壊されるまで接合面に相当する位置に異常が観察されなかった。

4 まとめ

圧縮剥離試験を用いて接合性を高めるような表面状態に成形したGRCパネルとコンクリートの接合面の接合状況と破壊挙動について検討し、次のような結果が得られた。

1) 接合面から伝達応力を受けるGRCパネルの圧縮における接合性状を調べるのに圧縮剥離試験は有効な試験方法である。GRCパネル表面中央の歪度のコンクリート表面中央の歪度に対する追従性により接合面の損傷や剥離等の挙動を調べることができる。

2) GRCパネルとコンクリートの接合面は、せん断応力を安定的に伝達する接合状態やせん断応力を不安定に伝達する損傷状態やせん断応力を殆ど伝達しない剥離状態等があり、荷重が増加するにつれて接合面の状態は特定の荷重点で変化し、接合面の性能を比較するのに損傷荷重や剥離荷重や剥離抵抗係数が有効である。

3) GRCパネルとコンクリートの接合性を高めるのにGRCパネル表面に凹凸を設置したり補強材を埋設したりする方法が有効である。これらの表面状態につき、寸法形状や配置位置等を工夫することにより、部材の要求性能を満たすような接合性の良い表面状態を作り出すことは可能であると考えられる。

付記：本研究は公益信託「岸谷国際建築材料防火技術研究基金」1997年度助成を受けており、ここに謝意を表します。

参考文献

- (1) 吉野敏郎, 羽木宏, 馬場明生, 江口正昭, 楨谷栄次, 佐伯紀男: 押出成形セメント板を用いた打込み型枠工法の開発 (その1: 開発工法の特徴と実大施工実験の概要), 日本建築学会大会学術講演梗概集 A 1, 1995, PP1245-1246
- (2) 中込昭, 原田忠則, 関口尊文, 西川秀則: 押出し成形セメント板を用いた薄肉打込み型枠工法 (その1 実大施工実験による施工性および安全性の確認), 日本建築学会大会学術講演梗概集 A 1, 1995, PP1241-1242
- (3) 武若耕司ほか: 塩害対策を目指したGRC埋設型枠工法に関する基礎的研究, コンクリート工学年次論文報告集, Vol. 14, No. 1, PP143-148
- (4) 岡本享久, 長瀧重義: 断面修復したコンクリート部材の新旧接合面におけるせん断特性, 第45回セメント技術大会講演集, 1991, PP 744-749
- (5) 日本GRC工業会: GRC打ち込み型枠調査研究委員会報告書 1995, 6