

GRC 打込み型枠とコンクリートの接合面に おける応力伝達に関する基礎的考察

FUNDAMENTAL STUDY ON STRESS TRANSFER PROPERTIES ON JOINING INTERFACE BETWEEN CONCRETE AND GRC PANEL USED FOR PERMANENT FORM

平居孝之*¹, 岸谷孝一*², 村上 聖*³, 前田孝一*⁴
徳富久二*⁵, 何 仕栄*⁶

*Takayuki HIRAI, Koichi KISHITANI, Kiyoshi MURAKAMI, Koichi MAEDA,
Hisashi TOKUTOMI and Shirong HE*

The stress transfer properties on the joining interface between concrete and GRC panel used for permanent form were studied. The compressing-peeling test was used in the experiment to examine the strain on the concrete and GRC panel of the test specimen. The compliance which was the delivative of strain defferentiated by stress, was proposed as a parameter to make clear the stress transfer mechanism on the joining interface. It was considered that the compressive load at which the slip and the peeling ocured on the joining interface of the test specimen, could be evaluated by the behaviour of the compliance.

Keywords : *permanent form, stress transfer, joining interface, GRC, compliance*
打込み型枠, 応力伝達, 接合面, GRC, コンプライアンス

1. 緒言

工期短縮, コストダウン, 寸法精度の向上などを目的として型枠工法に関する研究が盛んに行われている。その理由は近年コストに占める材料費の比率は低下したのに対して人件費の比率は大きくなったこと, 建設工事の現場では型枠用パネルとして熱帯雨林帯のラワン材を多用していること, 工事現場からの型枠廃材が多いことなどがあげられる。これらの事情が背景になり, 型枠の解体が不要で廃材を出さない打込み型枠の使用が考えられている¹⁻³⁾。その一つとしてGRCを使った打込み型枠が

ある⁴⁾。

GRCは軽量, 不燃, 高強度, 造形性等の長所が認められ, 建築の内外装から, ストリートファニチャーやOAフロア等まで幅広く利用されている。しかし, 梁, 柱, 耐力壁, スラブ等の断面の一部として使用された実績はない。GRCパネルを鉄筋コンクリートの打込み型枠に使い, コンクリートと一体化して, GRCパネルを部材の一部とみなす方法は建設コストの低減に有効であり, 省資源, 環境保護にも寄与する有望な用途と考えられている。こうした要請に応じて平成5年から2年間にわたり日本

*¹ 大分大学工学部共通講座 教授・工博

*² 日本大学理工学部建築学科 教授・工博

*³ 熊本大学工学部建築学科 助教授・工博

*⁴ 千葉大学工学部建築学科 助教授・工博

*⁵ 鹿児島大学工学部建築学科 助教授・工博

*⁶ 大分大学大学院工学研究科 大学院生・工修

Prof., Dept. of Inter-departmental Study, Faculty of Eng., Oita Univ., Dr. Eng.

Prof., Dept. of Architecture, Faculty of Science and Eng., Nihon Univ., Dr. Eng.

Assoc. Prof., Dept. of Architecture, Faculty of Eng., Kumamoto Univ., Dr. Eng.

Assoc. Prof., Dept. of Architecture, Faculty of Eng., Chiba Univ., Dr. Eng.

Assoc. Prof., Dept. of Architecture, Faculty of Eng., Kagoshima Univ., Dr. Eng.

Graduate Student, Dept. of Architecture, Faculty of Eng., Oita Univ., M. Eng.

GRC工業会にGRC打込み型枠調査・研究委員会を設置して、研究が行われた。

調査研究はGRC打込み型枠を用いた鉄筋コンクリートを構造部材として利用するのに必要な構造力学的性能、耐火性能、耐久性能について行われた。これらの要求性能において、コンクリートとGRCパネルとの一体性が確保されることが重要である。一体性とは、コンクリートとGRCパネルが接合面で応力を伝達しながら、幾何学的に連続性を保つということである。本論文では、委員会における調査研究の結果をもとに、打込み型枠に使われたGRCパネルとコンクリートの接合面における応力伝達に関する基礎的な考察について述べる。

2. 研究方法

2.1 圧縮剥離試験

コンクリートに他の材料を接合した時の接合面における性質の解明は難しい問題であり、それを評価する試験方法は研究者により様々試みられているが^{5,6)}、標準的な試験方法はまだ確立されていない。本研究では各種の表面形状をしたGRCパネルとコンクリートとの接合面における応力伝達の状態を調べるのに有効と考えられる図1に示すような試験体を上下面から圧縮荷重する圧縮剥離試験（部分圧縮試験や付着剥離試験とも云う）を用いた。

圧縮剥離試験は一面せん断試験や二面せん断試験のように見かけのせん断強度を求めることは出来ないが、曲げの影響が少なく、接合面上でせん断応力は中央から端部へ行くにつれて次第に大きくなるので接合面上の局部的な剥離の発生とその進展を調べるのに適している。

圧縮剥離試験では試験体の上下面から圧縮荷重し、0.5 ton 刻みの荷重において、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、接合面の観察を行った。

2.2 GRCパネルの製作

GRCパネルの表面形状はコンクリートとの接合の性能に大きく影響する。GRCパネルの製造の経験から検討

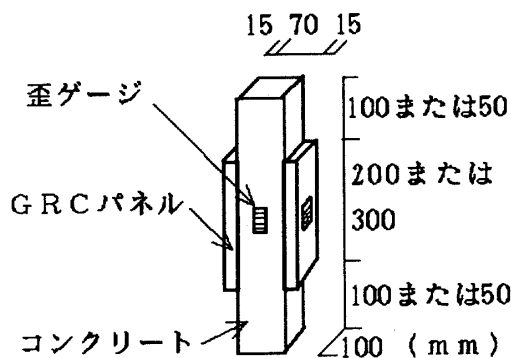


図1 圧縮剥離試験の試験体

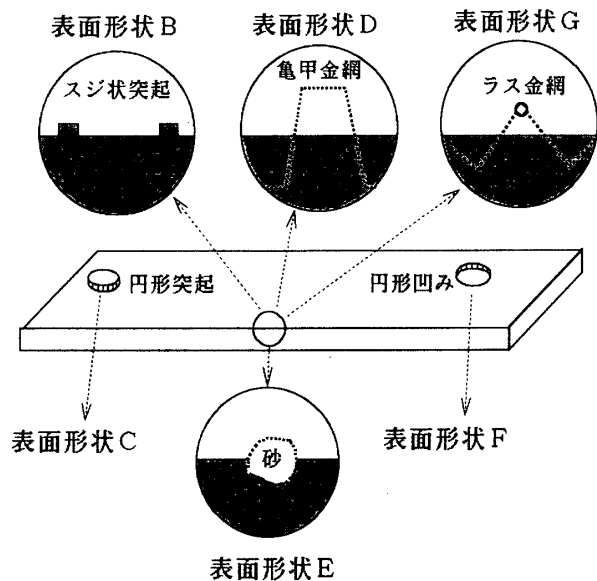


図2 各表面形状のスケッチ

した結果、表1のようにコンクリートとの接合性がよいと考えられる表面形状と、比較参考の価値があると考えられる表面形状のGRCパネルを製作した。ただし、記号Xで表したものは、試験体全体をコンクリートで一体に成形したもので、GRCパネルは使っていない。各表面形状のスケッチを図2に示す。

GRCパネルは、表2に示す材料と調合を用いて、プレミックス振動打込み法で厚さ15mmに成形した。成形後4時間40°Cの蒸気養生を行い、翌日脱型した。脱型6日後にダイヤモンドカッターで所定の寸法に切り出し、材令7日まで室内静置した。

GRCパネルの曲げ強度の試験結果を表3に示す。

2.3 試験体の製作

予めGRCパネルに十分吸水させてから、発泡スチロール（寸法15×100×100mmまたは15×50×100mm）を使用して寸法100×100×400mmの型枠中にGRCパネルをセットし、コンクリートを打設して突棒で十分に締め固めた。打設後24または48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13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。

コンクリートに使用した材料と調合を表4と表5に、またコンクリートの強度試験の結果を表6に示す。

3. 応力伝達機構

3.1 コンプライアンス

図3に示したのは、試験から得られた代表的な荷重と圧縮歪度の関係を表す曲線である。GRCパネルとコンクリートの接合面における応力伝達機構を解明するのに図3に示したような歪度では、すべりや剥離の発生時点と

表1 GRCパネルの状況

記号	長さ	GRCパネルの接合面の表面形状
A	20cm	無処理(平滑な金属型枠面)
B	20cm	2幅×2mm高さのスジ状突起を15mm間隔で1方向に設ける
C	20cm	10φ×2mm高さの円形突起を全面積の20%の部分に設ける
D	20cm	0.4φ×16×16mmの亀甲金網を30mmピッチで半分埋め込む
E	20cm	2.5~5mmの砂を1.5Kg/m ² 散布し1/3程度埋め込む
F	20cm	10φ×2mmの円形凹み(エアセルによる)を15mm間隔で設ける
G	20cm	高さ5mm厚さ0.6mmのラス金網(NET-600)を半分埋め込む
F'	30cm	10φ×2mmの円形凹み(エアセルによる)を15mm間隔で設ける
G'	30cm	高さ5mm厚さ0.6mmのラス金網(NET-600)を半分埋め込む
X	-	注:試験体の全体がコンクリート

表2 GRCパネルの使用材料と調合

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	A E 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3 GRCパネルの曲げ強度

試験材令(日)	試験体数	強度平均値(Kgf/cm ²)	
		曲げ比例限界強度	曲げ強度
7	6	144	220
14	6	115	205

表4 コンクリートに使用した材料

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、粗粒率6.70、JISA5005適合
細骨材	砕砂5mm、粗粒率2.83、JISA5005適合
混和剤	A E 減水剤
助剤	A E 助剤

表5 コンクリートの調合

スランプ (cm)	15	
空気量 (%)	4.0	
水セメント比 (%)	55	
粗骨材の最大寸法 (mm)	20	
細骨材率 (%)	40	
単位水量 (kg/m ³)	166	
重量 (kgf/m ³)	セメント	302
	細骨材	842
	粗骨材	1040
混和剤 (ml/m ³)	755	
A E 助剤 (Cx%)	0.0025	

表6 コンクリートの強度

試験体数	養生方法	試験材令(日)	項目	強度平均値(Kgf/cm ²)
3	20℃標準養生	14	圧縮	335
15	20℃気中養生	14	圧縮	324
3	20℃気中養生	14	割裂引張	28

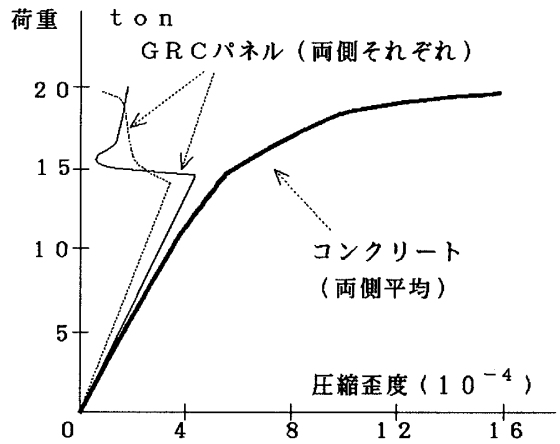


図3 荷重—歪度曲線(表面形状D)

進展過程を検討するのが困難であるため、荷重の増加に対するコンクリートとGRCパネルの歪度の変化がより端的に表れるコンプライアンスを用いた。

コンクリート表面中央部の圧縮歪度 ϵ_c を荷重 P で微分したコンプライアンス λ_c と、GRCパネル表面中央部の圧縮歪度 ϵ_c を荷重 P で微分したコンプライアンス λ_c をそれぞれ次のような式で定義する。

$$\lambda_c = d\epsilon_c/dP \quad (1)$$

$$\lambda_c = d\epsilon_c/dP \quad (2)$$

試験結果から λ_c と λ_c を求めるには、0.5ton 刻みの荷重増加分 ΔP に対して歪度の増加分 $\Delta\epsilon_c$ と $\Delta\epsilon_c$ を読みとり、つぎの式で近似する方法によった。

$$\lambda_c = \Delta\epsilon_c/\Delta P \quad (3)$$

$$\lambda_c = \Delta\epsilon_c/\Delta P \quad (4)$$

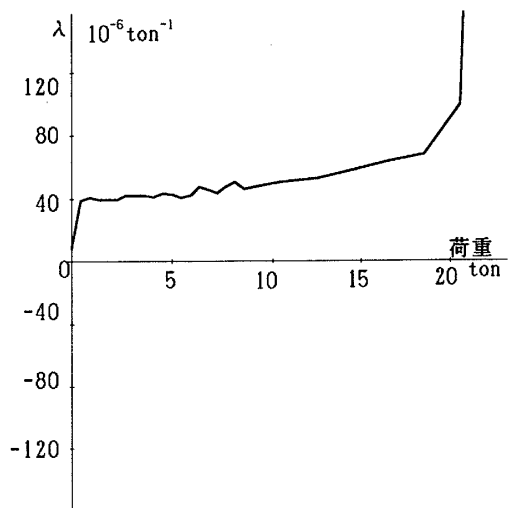
3.2 試験体に生じる現象とコンプライアンスの関係

図4は各試験体の代表的な λ_c , λ_c を示している。これらの図の中で図4の(2)GRCパネル表面形状Bの場合に示すように太い線はコンクリート両側の中央部の歪度の平均値で求めた λ_c であり、2本の細い線はそれぞれ両側のGRCパネル中央部の歪度で求めた λ_c である。

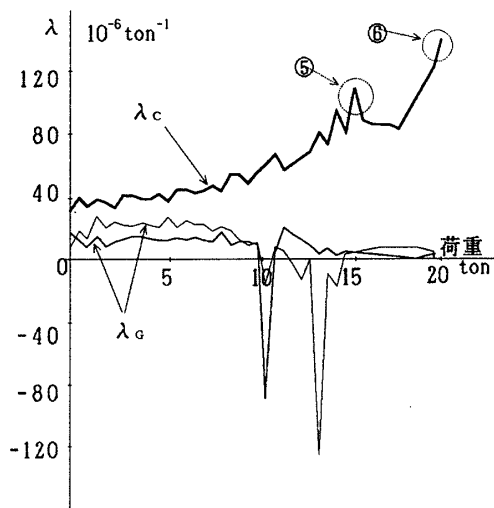
圧縮剥離試験において、試験体に生じる現象は次の①~⑦のようにコンプライアンスに反映されていると考えられる。

①接合面の緊密性 例えば図4(4)の①のように、荷重の初めの段階では荷重が増加しても、 λ_c と λ_c はいずれも全体的に見て変化が小さい。すなわち、コンクリートとGRCパネルの荷重分担の割合は一定のままであり、接合面にはすべりや剥離が生じていない。従ってこの段階において λ_c と λ_c の比が1に近いほど、GRCパネルとコンクリートの応力伝達が良好に行われているので、 λ_c と λ_c の比は接合面の緊密性を表していると考えられる。

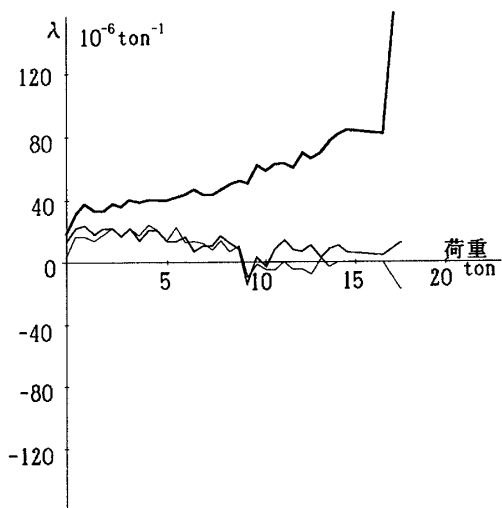
②接合面のすべり 例えば図4(6)の②のように λ_c と λ_c は最初の平行線から分かれて λ_c は減少し、 λ_c は増加する。荷重の増加に対してGRCパネルの分担してい



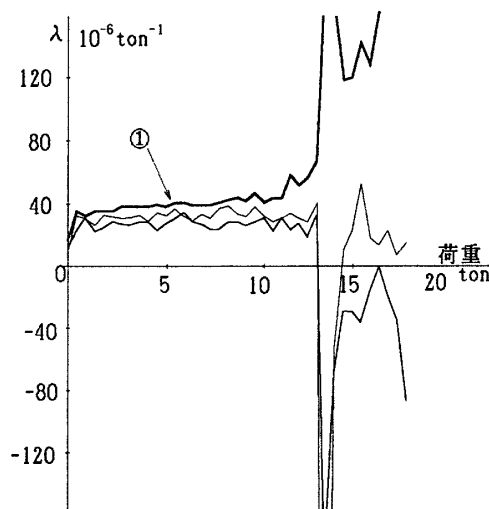
(1) GRC パネル表面形状 A



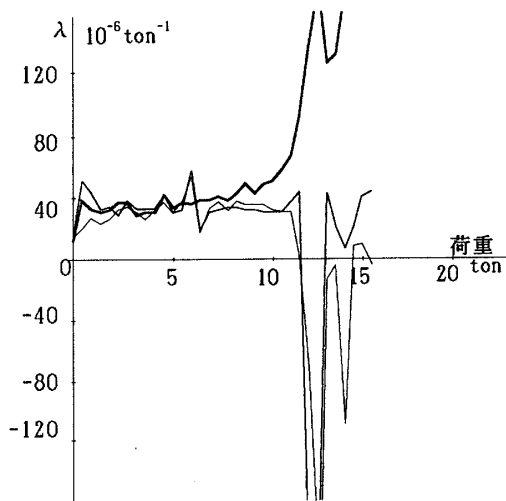
(2) GRC パネル表面形状 B



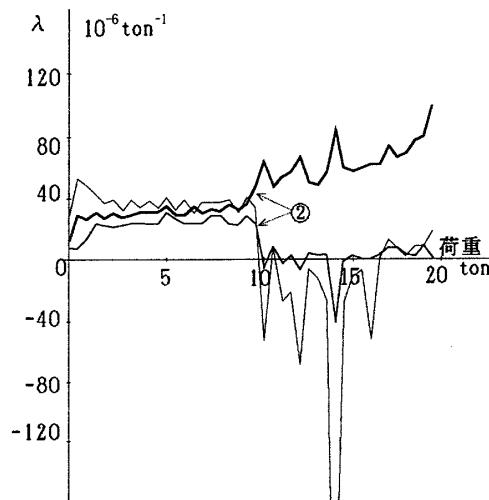
(3) GRC パネル表面形状 C



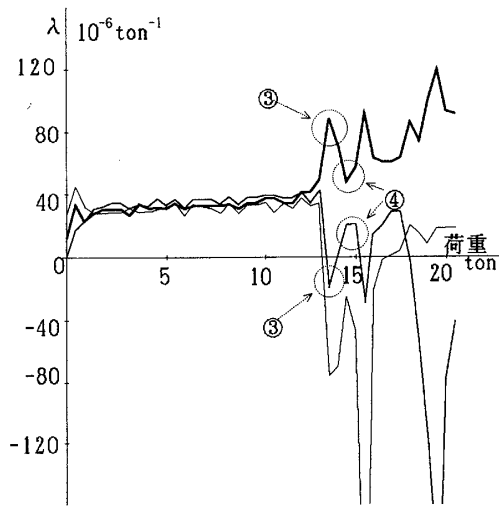
(4) GRC パネル表面形状 D



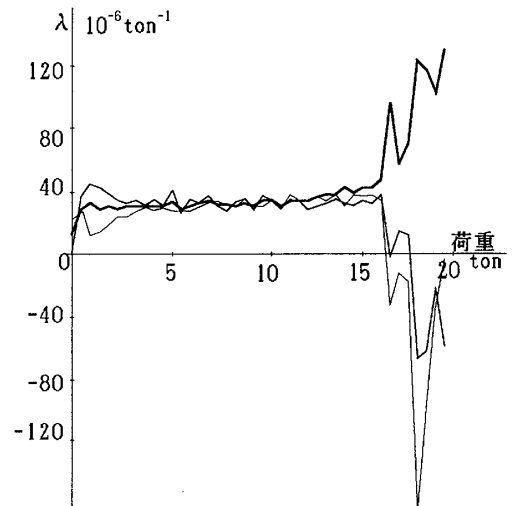
(5) GRC パネル表面形状 E



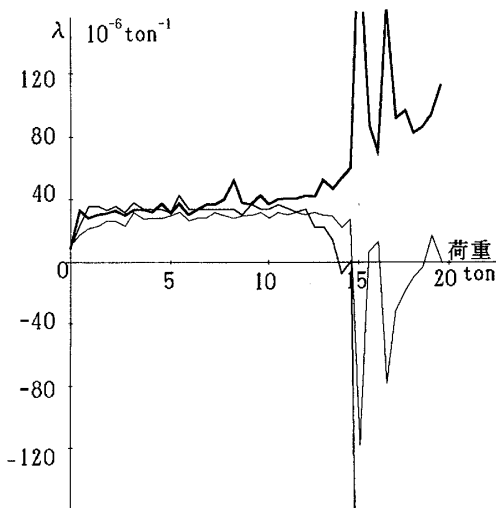
(6) GRC パネル表面形状 F



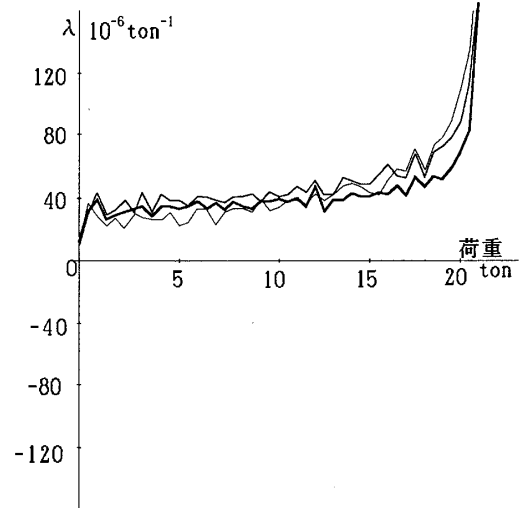
(7) GRCパネル表面形状 G



(8) GRCパネル表面形状 F'



(9) GRCパネル表面形状 G'



(10) 全体がコンクリートの試験体 X

図4 荷重—コンプライアンス関係

る荷重の増加の割合は小さくなり、すべりが生じたものと考えられる。

- ③接合面の剝離 例えば図4(7)の③のように λ_c はマイナスになり、 λ_c は増加する。GRCパネルの分担する荷重は減少しコンクリートの分担する荷重は増加するので、剝離した部分が接合面に生じたものと考えられる。
- ④接合面の応力伝達回復 例えば図4(7)の④のように、 λ_c はプラスに戻り λ_c は低下する。減少したGRCパネルの分担する荷重が再び増加するので、接合面の凹凸などの作用で、一旦低下した応力伝達的能力が回復したものと考えられる。
- ⑤コンクリートの局部損傷 例えば図4(2)の⑤のように、 λ_c に変化がないが λ_c が一時的には急に増える。コンクリートの分担する荷重が増えないのに、歪度が小幅でありながら顕著に増加するので、コンクリートの

局所的な損傷が起きたと考えられる。

- ⑥コンクリートの圧壊 例えば図4(2)の⑥のように λ_c が急速に増加する。荷重が増えないのにコンクリートの歪度が急速で大幅に増加するので、コンクリートの圧壊が生じたものと考えられる。
- ⑦GRCの損傷 コンクリートが圧縮破壊するまでGRCパネルに損傷が見られず、この現象を示す変化はコンプライアンスに表れなかった。

なお、荷重が約1 tonまでの間は λ_c と λ_c が極めて不安定であるが、それは載荷面の微細な凹凸や載荷治具間のおそびが原因であると考えられる。

3.3 応力伝達の状態を評価するパラメーター

前述の①～⑦に説明した試験体に生じる現象のうち、⑤～⑦のGRCパネルとコンクリートの損傷や破壊の検討は行わず、ここでは①～④の現象について接合面にお

ける応力伝達の状態を検討する。接合面における応力伝達の状態を評価するには次の4つのパラメーターを提案する。

1) 接合緊密性 (λ_G/λ_C)

①接合面の緊密性で説明した λ_G と λ_C の比である。

2) すべり開始荷重 (P_s)

②接合面のすべりで説明した時点における荷重 P_s である。

3) 剝離開始荷重 (P_b)

③接合面の剝離で説明した時点における荷重 P_b である。

4) 応力伝達回復性

④接合面の応力伝達回復で説明した性質である。応力伝達回復性は数値で表すのが難しいので、この性質は有るか無いかで定性的に表す。

3.4 各試験体の応力伝達の状態の評価

応力伝達性能を表す4つのパラメーターを、各々のGRCパネルの表面形状について3個の試験体の平均で示すと表7のようである。

全体がコンクリートのXの試験体は、接合面に相当する位置での亀裂などの損傷が見られず、最大荷重まですべりや剝離は発生しない。

無処理Aの表面状態の試験体は、接合面の強度が極めて小さく、圧縮荷重を始める時点で全面が剝離しており接合性がよい表面状態ではない。

無処理Aと全体がコンクリートのXの試験体を除いた他の試験体に関して、パラメーターに表れた応力伝達の特徴は以下のものである。

1) 接合緊密性

スジ状突起Bや円形突起Cの表面形状は、接合緊密性が比較的小さく、応力の伝達が不十分である。亀甲金網半分埋込みDと珪砂付きEの表面形状は、接合緊密性が0.9付近で比較的有効に応力を伝達できる。エアセル円形凹みGとG'およびラス金網半分埋込みFとF'の表面形状は接合緊密性が1.0近辺であり、応力の伝達が十分に行われている。

2) すべり開始荷重

スジ状突起Bや円形突起Cの表面形状は、比較的小さな荷重ですべりが発生する。これら以外の表面形状は、すべり開始荷重が11.2~16.0tonであり、比較的大きな荷重まですべりが生じない。

3) 剝離開始荷重

剝離開始荷重は10.3~16.9tonの範囲にある。すべり開始荷重との差が小さいほど剝離破壊の特徴として脆性に近い。表面形状の種類の中では、スジ状突起Bと円形突起Cが上述の差が大きいため弾塑性破壊の特徴を示す。そのほかの表面形状は上述の差が比較的小さい値であるため、接合面の破壊は脆性の特徴を示す。

4) 応力伝達回復性

いずれもある程度の応力伝達回復性が認められるが、なかでも亀甲金網半分埋込みD、珪砂付きE、ラス金網半分埋込みGの表面形状の試験体において顕著に認められた。

3.5 GRCパネルの長さの影響

表面形状のFとF'、またGとG'はGRCパネルの長さが異なるものである。これらの応力伝達の状態を評価する4つのパラメーターは表7のように、接合緊密性を除いて差が出ており、試験体におけるGRCパネルの長さの影響が見られる。

従って、接合面の応力伝達の性質を定量的に明かにするには、接合面の長さや試験体の寸法や歪度の測定位置などについて配慮する必要がある。

3.6 許容応力度の範囲における一体性

GRCパネルとコンクリートを接合したものを構造部材として見たとき、接合面の性能は部材の強度を基準にして評価しなければならない。GRC打込み型枠を使用した部材は、圧縮応力や曲げ応力が作用するが、ここでは圧縮剝離試験の結果から、試験体を圧縮材として見たときのコンクリートの許容応力度の範囲における一体性について検討する。

コンクリートの許容応力度は強度のばらつきを見て標準偏差の何倍かを強度から差し引いて考えなければならないが、ここではそのばらつきを考慮に入れず、全体がコンクリートのXの試験体の最大荷重の1/3を長期許容応力度に達する荷重、2/3を短期許容応力度に達する荷重と仮定する。

表7に示されるすべり開始荷重 P_s と剝離開始荷重 P_b は、無処理の表面の試験体Aを除いていずれも長期許容応力度に達すると仮定した荷重7.13tonより大きい。また珪砂付き、エアセル円形へこみ、亀甲金網半分埋込み、ラス金網半分埋込みの4種類の表面形状の試験体はすべり開始荷重 P_s と剝離開始荷重 P_b が短期許容応力度に達すると仮定した荷重14.26tonより大きい。また

表7 試験体の応力伝達の状態の評価

GRCパネルの表面形状	λ_G/λ_C	P_s ton	P_b ton	応力伝達 回復性
A 無処理(型枠面)	0.0	0.0	0.0	×
B スジ状突起	0.47	8.5	11.1	○
C 円形突起	0.59	8.7	10.3	○
D 亀甲金網半分埋込み	0.86	13.4	14.4	◎
E 珪砂付き	0.91	12.8	13.1	◎
F エアセル円形凹み	1.09	11.2	12.3	○
G ラス金網半分埋込み	1.03	14.3	15.4	◎
F' エアセル円形凹み	1.00	16.0	16.9	○
G' ラス金網半分埋込み	1.03	13.7	14.4	○
X 全体コンクリート	1.01	*	*	-

註：◎は顕著に認められる。○は認められる。×は認められない。
*は最大荷重21.4tonまで対応する現象が起きない。
-は判断できない

は近い値になっている。

このことから、図1に示したような形状の圧縮材の場合は、接合性を高めた表面形状のGRCパネルを用いることにより、コンクリートの短期許容応力度に達する荷重まで、GRCパネルとコンクリートの接合面にすべりや剥離を生じさせずに一体性を保つことが可能であると考えられる。

4. 応力伝達機構の数値解析による検討

4.1 計算モデル

圧縮剥離試験においてコンクリートとGRCパネルに生じる歪度と接合面上の接合状態の関係がどのようになるかを検討しておく必要がある。ここではGRCパネルとコンクリートを線形弾性体と見なし、図5のように接合面において剥離（応力が全く伝達されない状態）や、すべり（接合面に応力伝達を阻害する何らかの損傷が生じた状態で、接合した面に多少のずれは生じるがある程度の応力は伝達できる状態）を想定した次の3つのモデルを仮定して、異種材料の接合問題の解析に実績のある2次元境界要素法⁷⁾で接合面に生じる応力とコンクリートとGRCパネルの歪度の関係を調べた。

モデル1：接合面内にせん断するモードIIの応力拡大係数が限界値に達したときに剥離が進行する。限界応力拡大係数は $178\text{kgf/cm}^{3/2}$ と仮定する

モデル2：接合面のせん断応力度が 30kgf/cm^2 を超えるとせん断応力度の値は 30kgf/cm^2 のままですべりが生じる

モデル3：モデル2の仮定の上にさらに接合面ですべりが大きくなった部分は剥離してせん断応力度は0になる。剥離するときのすべり量は 0.005cm と仮定する。

図1に示した試験体のうち、GRCパネルの長さが 30cm のものを計算モデルに用いた。平面応力状態を仮定し、試験体の左右と上下の対称性から $1/4$ に切断した部分を解析の対象とした。コンクリートとGRCパネルのヤング率をそれぞれ 3.0 と $3.6 \times 10^5\text{kgf/cm}^2$ ポアソン比はいずれも 0.18 と仮定した。

図6はコンクリートとGRCパネルの表面中央に生じる圧縮歪度の解析の結果である。モデル1の場合は剥離が急激に進行して接合面が全面で一気に剥離し、それと同時にGRCパネルの歪度は急激に減少して0になり、コンクリートの歪度は急激に増加する。モデル2の場合はすべりが徐々に進展するが剥離は生じず、以後荷重が増加してもGRCパネルの歪度は増加しない。モデル3の場合は接合面にすべりが生じ次いで剥離が発生して進展するが、接合面の全面が一気に剥離することはない。また剥離の発生と同時にGRCパネルの歪度は一旦急激

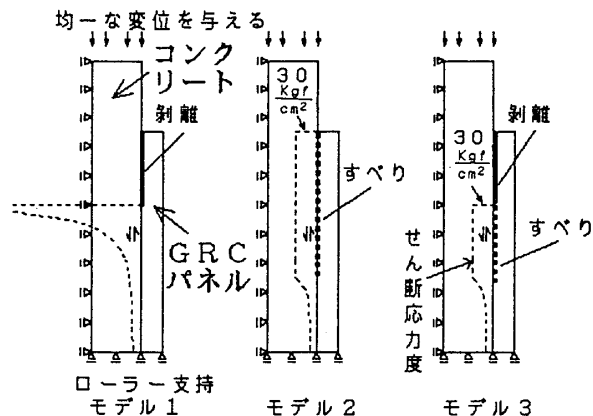


図5 計算モデル

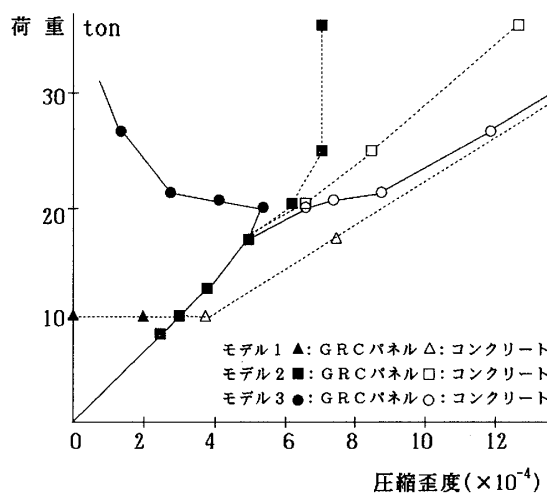


図6 数値解析結果

に減少するが0にはならず、以後荷重が増加するにつれて徐々に減少する。

4.2 解析結果の考察

図3の試験結果においてGRCパネルの歪度は最初に荷重に対して線形的に増加し、その後突然減少するが、一気に0にならず徐々に0に近づくという挙動を示す。図6の解析結果のなかではモデル3が試験結果に似ている。従って、接合性を高めるような表面形状に成形されたGRCパネルとコンクリートの接合面は、モデル3のようにすべりを生じながら応力を伝達し、すべりが大きくなった部分は剥離するというような現象が生じていると考えられる。

ただし、すべりが発生するときのせん断応力と剥離が発生するときのすべり量の値について今後更に検討する必要がある。また計算モデルは、コンクリートやGRCパネルが弾性的に変形することを仮定しているので、試験においてコンクリートやGRCパネルに生じる塑性的な性質や損傷を考慮するには、さらに計算モデルを工夫する必要がある。

5. 結論

打込み型枠に用いることを目的にして、型枠面、スジ状突起、円形突起、珪砂付き、エアセル円形凹み、亀甲金網半分埋込み、ラス金網半分埋込みの7種類の表面形状をしたGRCパネルを製作し、コンクリートとの接合面における応力伝達の状態を圧縮剥離試験により検討して次の結論を得た。

- 1) 接合性を高めた表面をもつGRCパネルとコンクリートの接合面の状態は、剥離やすべりがなく完全に接合した状態、接合面にずれは生じるがある程度の応力は伝達できるすべりの状態、応力が全く伝達されない剥離の状態に大別できると考えられる。
- 2) 圧縮剥離試験において試験体に生じる現象を調べるのに、荷重に対する歪度の変化率であるコンプライアンスを用いて検討する方法が有効である。コンプライアンスにより、接合面の緊密性、すべり、剥離、応力伝達回復等を調べることができる。
- 3) スジ状突起、円形突起、珪砂付き、エアセル円形凹み、亀甲金網半分埋込み、ラス金網半分埋込みの6種類の表面形状はGRCパネルとコンクリートの接合性を高めるための有効な方法である。特にエアセル円形凹みとラス金網半分埋込みは応力伝達性能が優れている。接合性を高めた表面形状のGRCパネルを使うことにより本研究で用いた試験体のような形状の圧縮材において、コンクリートの短期許容応力度に達する荷重まで、GRCパネルとコンクリートの一体性を保つことが可能であると考えられる。
- 4) 接合性を向上した表面形状のGRCパネルとコンクリートの接合面における応力伝達の状態をモデル化するには、はじめ荷重の増加に比例して伝達する応力が増加し、荷重が大きくなると接合面にすべりが生じながら応力を伝達し、すべりが大きくなると剥離が生じ

て伝達する応力は0になるというモデルが有効である。

謝辞

本研究に協力をいただいたGRC工業会技術部会（部会長大沼邦由氏）の会員各位、ならびにGRC打込み型枠調査・研究委員会の委員各位に感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 馬場明生，岸谷孝一，上村克郎，重倉祐光，友沢史紀，千歩 修：自動化適合型鉄筋コンクリート構法の開発(1)研究計画と開発目標，日本建築学会大会学術講演梗概集A，1991，pp.115-116
- 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，pp.1241-1242
- 3) 吉野敏郎，羽木 宏，馬場明生，江口正昭，槇谷栄次，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，pp.1245-1246
- 4) 徳富久二，久米国幹，橋口 隆，料所勝博，小吉尚久，増田 登：ガラス繊維補強コンクリート板を使用した打込み型枠工法の開発について，日本建築学会大会学術講演梗概集A，1991，pp.907-908
- 5) 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
- 6) 千歩 修，鎌田英治，馬場明生，松島泰幸：自動化適合型鉄筋コンクリート構法の開発(4)型枠・鉄筋構工法の開発（その8．コンクリートと打込み型枠材料の一軸圧縮時の一体性），日本建築学会大会学術講演梗概集A，1992，pp.809-810
- 7) 寺崎俊夫，瀬尾健二，平居孝之：残留応力のパラメーター，溶接学会論文集，第5巻，第4号，pp.103-107，1987

(1995年9月6日原稿受理，1996年2月8日採用決定)