

GRCと鉄筋の定着等についての基礎的研究

鹿児島大学 学生員○片岡 洋二

鹿児島大学

正員 松本 進

鹿児島大学 学生員 村上 統吾

インフラテック(株) 正員 橋口 隆

1. まえがき

近年の建築、土木における材料の開発は目を見張るものがあり、これによって新しい建築物や構造物が次々に誕生している。ガラス繊維補強コンクリート（以下、GRC）は、コンクリート中に短いガラス繊維を一樣に分散させたもので、引張および曲げ強度を大幅に改善でき、さらに靱性も著しく高めることのできる優れた複合材料である。本研究は、GRCを用いたRCと通常のRCの力学的特性の違いにより、埋め込まれた鉄筋の定着長に大きな差が生じることから、鉄筋の定着長とその位置に関する検討を行った。また、その際定着近辺の内部応力の状況を詳しく知るために有限要素解析を行った。

2. 実験の概要

梁の支点上で鉄筋の引張力が最大となるように、図-1に示す梁端部をモデル化した供試体による定着試験を行い、梁と同様の応力状態で鉄筋が降伏するまで载荷を行った。既往の試験により、GRCの場合、安全側の考え方としてフック部の付着がある場合には $L_0 (=L'+L)$ の長さを l_d 以上とすれば定着は十分であることが確認されており、本試験では曲げ内半径比 $r/\phi=3, 5, 7$ とし、フック部の効果についての検討を行った。定着試験要因を表-1に示す。なお、弾性限度滑り量の判定については、図-2に示すように、直線近似から外れ始める点を弾性限度滑り量とした。また、フック部周辺に発生している局部応力については、3次元FEMによる解析の検討を行った。

次に、以上の検討から得られた結果を考慮して、実際に梁供試体を作製した。供試体形状及び定着要因を図-3(a)と(b)に示す。定着要因は、①定着区間を $L_0=l_d$ としフック部には非付着加工を施したもの、②定着区間をフック部も含めて支点上から l_d としたものの2種類とした。なお、供試体は支点上より外側の部分をGRC、支点上より内側の部分に普通コンクリートを打設したGRC混成梁とした。材料の機械的性質を表-2に、供試体配合を表-3に示す。

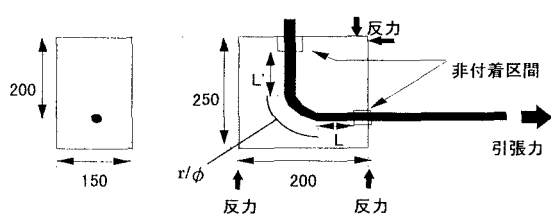


図-1 定着試験供試体形状 (mm)

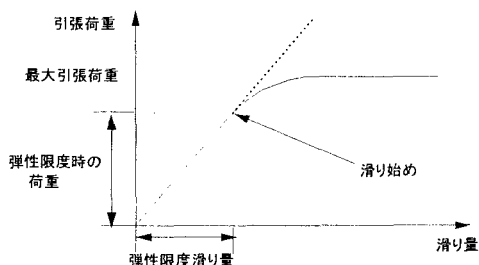


図-2 滑り判定モデル

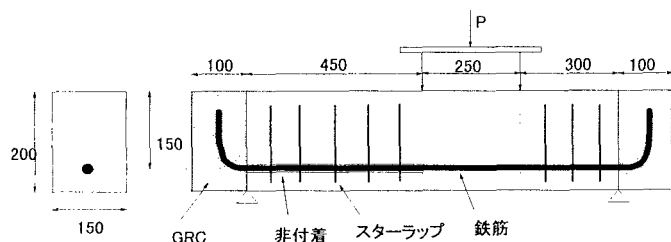


図-3(a) 梁供試体形状(mm)

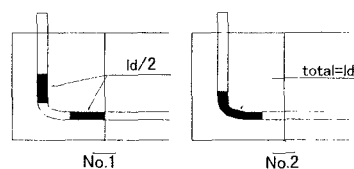


図-3(b) 梁供試体の定着要因

表-1 GRC定着試験要因

No.	r/ϕ	L'L'部	フック部
R3	3		
R5	5	付着無	付着有
R7	7		

表-2 材料の機械的性質(MPa)

鉄筋	降伏強度	破断強度
D13	343.5	432.9
コンクリート	圧縮強度	曲げ強度
GRC	41.5	14.5

表-3 GRC供試体配合

単位量 kg/m^3				
W	C	S	Ad	GF
327	650	1132	3.25	54

GF:体積比2% 圧縮強度:50MPa

3. 結果および考察

表-4 は定着試験結果を示したもので、弾性限度時の定着応力度は図-4 より求めた。R3, R5, R7 共に荷重の増加と同時に滑り始め、弾性限度時において、それぞれの滑り量が 0.242, 0.240, 0.173mm、また定着応力度が 14.56, 15.66, 16.21MPa となった。さらに、荷重が約 45～50kN 近辺に達すると大きな滑りが確認され、いずれの供試体も最大荷重を保ちながら鉄筋が降伏した。最大引張力と降伏引張力の比 T_m/T_y がそれぞれ 1.17, 1.10, 1.15 となることから、鉄筋の定着は十分であることが確認された。

次に、3 次元 FEM 解析を行った結果、詳細な図は紙片の都合上示せないが、分布性状は、荷重が増加すると引抜き側の鉄筋の付着のある部分に応力集中が生じ、最大引張応力度に達した後次の付着区間に移行し、最終的には、図-5 に示すようにフックの起点に応力の集中が生じている。全モデルとも引張力を受ける側のフック付着部に応力集中が生じているが、曲げ内半径の大きなものは、局部的に集中しておらず全体的に分布しており、曲げ内半径が大きい程引張応力の負担が軽減されて、より安全であると考えられる。なお、フック周辺のコンクリートには、割裂強度を越える引張応力度は一部に発生が見られたが、割裂破壊を起こすまでには至っていないものと考えられる。

次に、図-6 は GRC 混成梁の載荷試験結果を示したものである。供試体 No.1 は、荷重 10kN 程度から徐々に滑り始め、20kN で曲げモーメントが最大となる付近で曲げひび割れが生じ、荷重の増加とともに徐々に滑りが見られた後、荷重 30kN、滑り量 0.5mm を超えたところから大きな滑りが発生した。No.2 は、荷重 15kN から徐々に滑り始め、20kN で同様の位置に曲げひび割れが生じ、荷重の増加とともに徐々に滑りが見られた後、荷重 28kN、滑り量 1.2mm を超えたところから大きな滑りが発生した。

本試験において、供試体は曲げ破壊時の荷重約 25kN を上回り、また鉄筋は降伏ひずみに達していたことから、定着の観点からするといずれの供試体共に鉄筋の定着は確保されていることが分かる。

4. まとめ

鉄筋の定着部に GRC を用いた場合、コンクリート標準示方書に規定されていない曲げ内半径 10 φ 以下でも定着効果が認められ、付着長さ L_0 はフック部も含めて l_d 以上にすれば安全であると考えられる。また、鉄筋の滑り量の点からは、曲げ内半径比 r/ϕ が大きいほどより安全側の定着が可能であると考えられる。

謝辞：本研究を進めるにあたり、材料提供に御協力頂きましたインフラテック（株）に厚く御礼を申し上げます。

表-4 GRC定着試験結果

No.	弾性限度時		鉄筋降伏時		
	滑り量 (mm)	定着応力度 (MPa)	T_m 時滑り量 (mm)	最大引張力 T_m (kN)	T_m/T_y
R3	0.242	14.56	3.156	49.1	1.17
R5	0.240	15.66	1.855	46.2	1.10
R7	0.173	16.21	2.741	48.3	1.15

$T_y=41.9\text{kN}$ ：鉄筋の降伏引張力
ガラス繊維：体積比2%

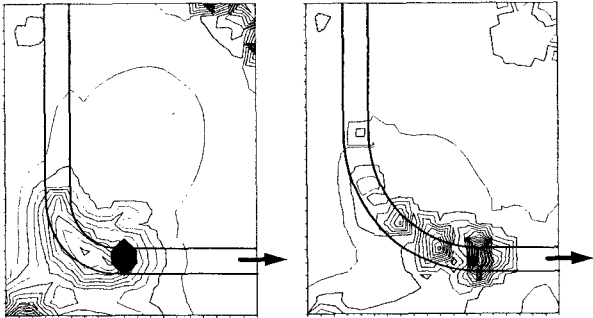


図-5 応力分布図(左:R3 右:R7)

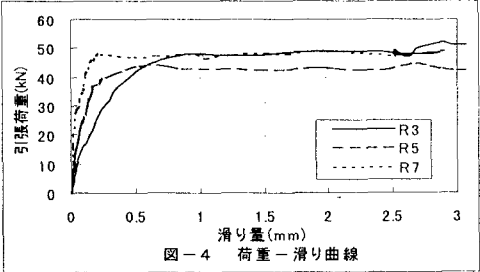


図-4 荷重-滑り曲線

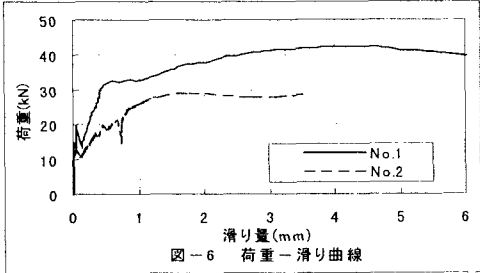


図-6 荷重-滑り曲線