

鋼板接着補強コンクリート部材のはく離・破壊挙動に関する研究

長崎大学大学院 学生会員 ○藤野 義裕 長崎大学 正会員 松田 浩
 長崎大学 正会員 出水 享 長崎大学 非会員 山下 務

1 序論

耐荷力を失ったコンクリート構造物を補強する方法として、鋼板接着工法がある。これは、コンクリートと鋼板が一体となって外力に抵抗する合成構造として機能し、耐荷性能の向上を図ることができる。しかしながら、十分な接着面積が得られないと、接着端部からはく離し、破壊に至ることがある。これまで、鋼板のはく離・破壊挙動に関して様々な研究が行われているが、定着長に関するものが多く、接着幅方向に着目した研究は少ない。そこで本研究では接着幅の違いが鋼板接着端部のはく離・破壊挙動に及ぼす影響について実験と解析を行い、接着界面の限界応力を算出した。さらに、その限界応力を接着界面に適用して、RC はりの解析を行った。

2 試験および解析概要

2.1 試験概要

試験は図 1 に示す両引き試験により、鋼板のはく離・破壊現象を評価した。供試体は、図 2 に示すようなコンクリートブロックにエポキシ樹脂を塗布し、接着幅 B を 30, 50, 70, 100mm と変化させた鋼板を接着した。またコンクリート内部には、異型鉄筋 D25 およびスパイラル筋を埋め込んである。今回用いた材料物性を表 1~3 に示す。

2.2 解析概要

汎用 FEM コード MARC を用いて、両引き試験をシミュレートした。要素平均寸法は、7mm 角の 8 節点アイソパラメトリック要素、解析モデルは、1/2 対称モデルとした。また鋼板のはく離を再現するために、コンクリートと樹脂要素間、樹脂と鋼板要素間の節点を共有しないクーロン摩擦の接触条件を適用した。その際、接着部の要素間のかい離条件は、コンクリートの引張強度まで相対変位が生じないように拘束し、その後応力を開放することとした。図 3 に本解析モデルを示す。

3 試験および解析結果

図 4 に接着幅と破壊荷重および破壊荷重を接着面積（接着幅 $B \times$ 接着長 100mm）で除した平均はく離強度との関係を示す。試験と解析を比較すると、解析の破壊荷重は線形的に大きくなっているが、試験では接着幅が 70mm 以上になると横ばいになる傾向にあった。また平均はく離強度においても差異が見られ、精度良く試験結果をシミュレートできなかった。

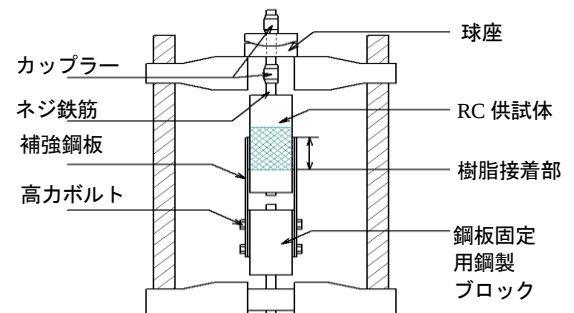


図 1 試験概要図

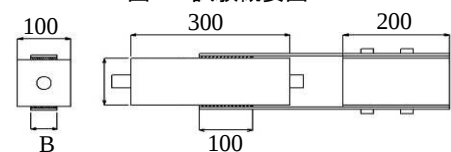


図 2 供試体概要図

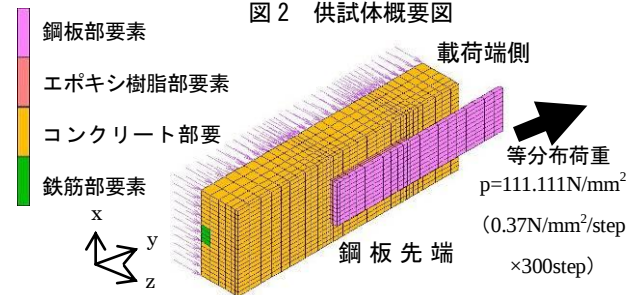


図 3 解析モデル概要図

表 1 コンクリートの物性値

供試体	圧縮強度 f_c (N/mm ²)	引張強度 f_t (N/mm ²)	静弾性係数 E_c (N/mm ²)	ポアソン比 ν_c
A	15.7	1.44	1.42×10^4	0.16
B	36.9	2.55	2.77×10^4	0.16

表 2 使用鋼材の物性値

鋼材	降伏点 f_{sy} (N/mm ²)	引張強度 f_{su} (N/mm ²)	静弾性係数 E_s (N/mm ²)
鉄筋 D25	405	595	1.93×10^5
鋼板 $t=4.5$ mm	347	443	1.88×10^5
スパイラル筋	390	575	1.90×10^5

表 3 接着材（エポキシ樹脂）の物性値

圧縮強度 f_e (N/mm ²)	引張強度 f_{ey} (N/mm ²)	引張せん断 強度 τ_e (N/mm ²)	静弾性 係数 E_e	ポアソン 比 ν_e
76.8	57.9	12.6	2800	0.39

キーワード：鋼板接着工法，接着幅，三次元有限要素法解析

住所：長崎県長崎市文教町 1-14 長崎大学大学院生産科学研究科環境システム工学専攻

電話，FAX：095-819-2590

4 接着界面の限界応力

3の結果を受け、コンクリートの内部鉄筋の付着力および接着幅とコンクリートの断面幅の違いを考慮することにより接着幅の違いを正確にシミュレートすることが可能であると考えられる。これらより接着界面の限界応力 σ_n を次のように算出した。

$$\sigma_n = \frac{A_{sp} \cdot \pi \cdot l_e}{s} \cdot \frac{1}{B_p \cdot t} \cdot f_t$$
 式 (1)

B_p : 鋼板接着幅, A_{sp} : スパイラル筋の断面積
 t : 鋼板厚さ, l_e : 有効範囲内の定着長 (鋼板接着長)
 f_t : コンクリートの引張強度
 s : スパイラル筋ピッチまたは鉄筋の節間隔

5 RC はりの解析

5.1 荷重—たわみ関係

式 (1) より求めた限界応力をコンクリート樹脂接着間に適用し、RC はりの曲げ試験の解析を行った。解析より得られた荷重—たわみ関係を図 6 に示す。これより、鋼板のはく離が生じた No.1, 3 供試体では、鋼板のはく離が生じる最大荷重までの挙動を良好にシミュレートできた。はく離後の挙動もある程度シミュレートできているが、解析結果の剛性の低下が小さく、試験値より高い位置で推移している。これは、鋼板のはく離が生じた際、はく離範囲が、試験と解析で差異があったためと考えられる。一方、鋼板のはく離が生じなかった No.2, 4 供試体に関しては、弾性域から降伏点以降の終局に至るまで、精度良くシミュレートできている。

5.2 破壊形態

No.1, 2 供試体の計算終了時のひび割れ分布図を図 7 に示す。はく離が発生した No.1 供試体では、ひび割れが全体的に広がっており、はく離を生じた鋼板端部でのひび割れが顕著である。一方、はく離が生じなかった No.2 供試体では、載荷点近傍のひび割れが顕著となり山形の分布を示しており、鋼板の定着長さの違いが確認できる。これらより、鋼板接着長の違いによるひび割れ性状も十分シミュレートできている。

6 まとめ

- ・ 鋼板接着幅がコンクリート断面幅に近づく と破壊荷重は大きくなる傾向にあるが、平均はく離強度は小さくなった。
- ・ 鋼板接着幅の違いにより、コンクリートの破壊形態は異なり、コンクリートの物性や内部鉄筋の付着などに密接な関係があると考えられる。
- ・ 式 (1) で算出した限界応力をコンクリート樹脂接着間に適用することにより、RC はりの曲げ解析において、はく離が生じるまでの最大荷重の挙動、ひび割れ性状を精度良くシミュレートできた。

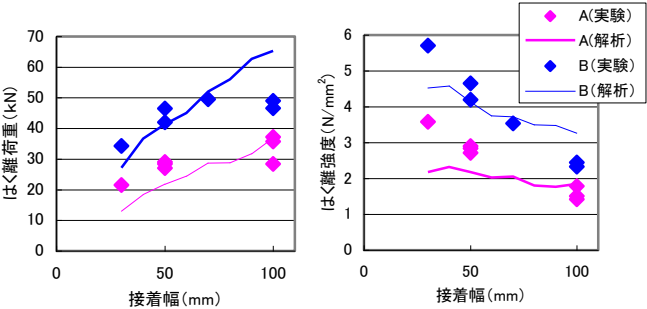


図 4 破壊荷重、平均はく離強度



(a)接着幅 50mm (b)接着幅 100mm

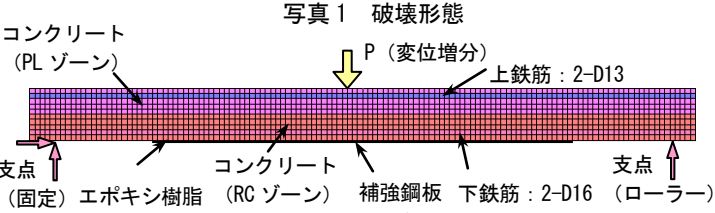


図 5 解析モデル (No. 1)

表 4 解析概要

供試体 No.	鋼板 SS400			コンクリート		限界応力 (N/mm ²)	はく離
	接着長 (mm)	接着幅 (mm)	降伏強度 (N/mm ²)	圧縮強度 (N/mm ²)	静弾性係数 (N/mm ²)		
1	1640	75	334	40.4	27800	1.64	有
2	2220					2.22	無
3	1840	150	318	40.0	28500	0.92	有
4	2280					1.13	無

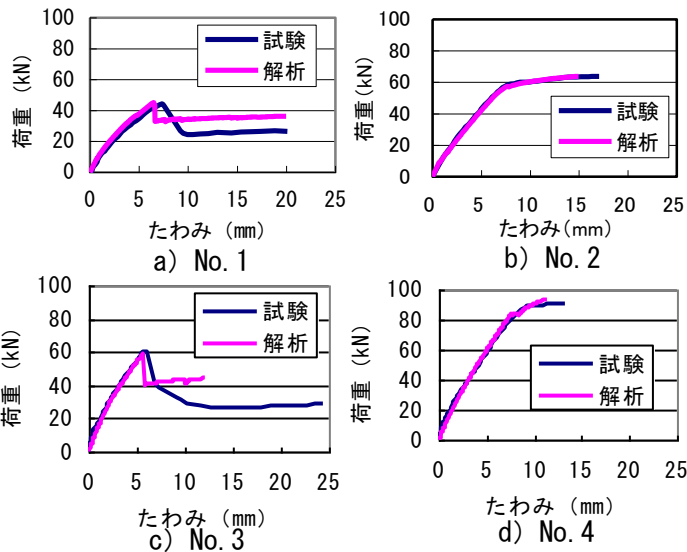
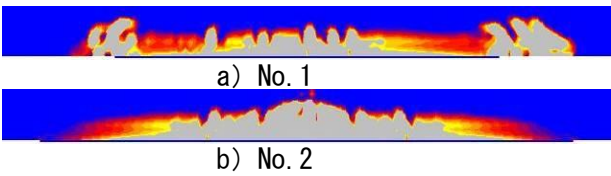


図 6 荷重—たわみ関係



a) No. 1 b) No. 2

図 7 ひび割れ状況