# コンクリートと鋼材の付着とひび割れ進展の関連評価

(公財)鉄道総合技術研究所 正会員 〇本田翔平,正会員 渡辺 健,正会員 谷村幸裕

#### 1. はじめに

鉄筋とコンクリートの相互作用である付着特性は、 構造物の力学特性において重要な役割を有する.本研 究では、鉄筋の引抜試験において、ひび割れが鉄筋と コンクリートの付着特性に及ぼす影響を明らかにする ことを目的とし、実験的研究を行った.

## 2. 実験概要

図-1に、試験体概要を示す.試験装置は左右対称と なっており、試験体に対してカウンターウェイトを設 置している.載荷点と支点区間に作用する曲げモーメ ントにより、試験体の軸方向鉄筋には引抜き力が作用 する.試験体は幅 230mm、高さ 300mm、長さ 1000mm の直方体とし、軸方向鉄筋には Φ23 の異形鋼棒(公称 断面積:415.5mm<sup>2</sup>)を2本配置した.載荷端には 100mm のアンボンド区間を設け,鉄筋定着長は 900mm とした. 表-1に、本実験で用いた試験体諸元を示す.試験体パ ラメータは、帯鉄筋(D16)の有無である.軸方向鉄筋は、 節間隔 12mm のねじ節鋼棒であり、グラインダーで節 間隔を 96mm(節数は 1/8)に加工した.

載荷は、荷重が低下した段階で終了とし、載荷にお ける測定項目は、軸方向鉄筋のひずみ、自由端のすべ り、およびアコースティックエミッション(以下, AE) である. ひずみゲージは載荷端から118mmの位置を基 準とし試験体中に 48mm 間隔で貼付した. また、試験 装置のアンボンド区間にも貼付している. 検討には鉄 筋の表裏に貼付したひずみゲージの測定値の平均を用 いた. また、自由端すべりは変位計により測定を行っ た. AE は図-1 に示す位置にセンサを設置した.

試験体 名称	軸方向鉄筋(Φ23)			世紀	コンク
	節 間隔 (mm)	降伏 強度 (N/mm <sup>2</sup> )	ヤング 係数 (N/mm <sup>2</sup> )	帝 新比 (D16)	リート 圧縮強度 <sup>*1</sup> (N/mm <sup>2</sup> )
F96-0	96	1019.3	208.6	0%	34.1
F96-S				1.38%	24.0

表-1 試験体諸元

※1 コンクリート圧縮強度は載荷試験時の値

### 3. 実験結果

図-2に、F96-0試験体の最終ひび割れ状況を示す. F96-0では、載荷端から200~250mmの位置において、 軸方向鉄筋に沿ったひび割れが生じた後、サイドス プリット型のひび割れが生じ、荷重が低下したため 載荷を終了した.また、F96-Sでは、載荷端から150 ~700mmの区間で、軸方向鉄筋に沿ったひび割れが 発生・進展した直後、2本の軸方向鉄筋を結ぶひび割 れが生じ、荷重が低下したため載荷を終了した.

図-3,図-4に、荷重の増加に対する付着応力, AE イベント数の累積値、および AE エネルギーの累 積値を示す.F96-0 では、表面にひび割れが確認さ れた以降も付着応力が増加した.一方で、F96-S で は表面のひび割れ発生直後に荷重が低下し、付着応 力も低下した.付着応力は、対象とするひずみ測定 位置およびその両側のひずみ測定位置の3点のひず みを2次放物線で近似し、その傾きから式(1)を用 いて算出した.

$$\tau = \frac{ED}{4} \frac{d\varepsilon}{dx} \tag{1}$$

ここで,τ:付着応力 (N/mm<sup>2</sup>),E:鉄筋のヤング係 数 (N/mm<sup>2</sup>),D:軸方向鉄筋の公称径 (mm),dε/dx: ひずみ分布の傾き (1/mm) である.





図-2 F96-0 試験体の最終ひび割れ状況

キーワード 鉄筋,付着応力,ひび割れ,アコースティックエミッション 連絡先:〒185-8540 東京都国分寺市光町 2-8-38 (公財)鉄道総合技術研究所コンクリート構造 TEL:042-573-7281



△ : 0~200kN での AE イベント ○ : 550~600kN での AE イベント

図-8 F96-0 AE イベント発生源

AEの測定結果より, F96-0 では載荷初期である 100 ~200kNでAEイベント数が増加した.その後,約550kN に達するまでは累積 AE イベント数に顕著な増加はみ られなかったが,荷重が低下する直前である約550kN から,AEイベント数が急激に増加した.試験終了直前 のAEイベント数の急増を除くと,付着応力の増加とイ ベント数の累積値には概ね相関があった.図-4 に示す 通り,F96-S でも同様であった.

図-5に、付着によるコンクリートのエネルギー吸収 量の算出方法を示す.付着カーすべり関係の曲線下の 面積から、初期剛性で除荷されると仮定して算出した ものである.コンクリートにおけるエネルギー吸収量 が、ひび割れ形成に変換すると考えられたことから、 AE エネルギーとの関連について比較した(図-6,図 -7).しかしながら、両指標の累積値について、荷重 の増加に伴い増加する傾向はみられたが、明確な相関 はみられなかった.今後、AE 計測結果の更なる分析が 必要である.

**図-8**, **図-9** に, 各試験体に設置した AE センサの 位置から構成される2次元平面でのAE イベント発生源

△ : 0~200kN での AE イベント ○ : 550~700kN での AE イベント

図-9 F96-S AE イベント発生源

位置を示す. F96-0 では,載荷初期である 0~200kN で は,軸方向鉄筋付近を中心として AE が発生している. 一方で,AE イベント数の急激な増加がみられた 550kN 以降では,軸方向鉄筋から離れた試験体上方において も発生源が分布している.この傾向は,F96-S でも同様 である.軸方向鉄筋周辺のコンクリートにひび割れ発 生・進展し,載荷とともにひび割れが広範囲に進展す る現象を捉えたものであると考えられる.センサの配 置を工夫することで,異形鉄筋の付着力の低下と,主 に節位置から進展するひび割れの関係について,AE の 発生源位置を特定することで評価できる可能性がある.

#### 4. まとめ

付着応力ー荷重関係とイベント回数ー荷重関係に相 関関係が見られた.また,載荷初期では,軸方向鉄筋 付近を中心に AE が発生し,荷重が低下する直前には AE イベント数が急増した.この時の AE イベント発生 源は,軸方向鉄筋位置だけでなく広範囲に分布した.

#### 参考文献

 島 弘,周 礼良,岡村 甫:マッシブなコンクリートに埋め込まれた異形鉄筋の付着応力-すべり-ひずみ関係, 土木学会論文集,第 378 号/V-6, pp.165-174, 1987.2