

## 若材齢コンクリートと異形鉄筋間の付着応力 - すべり関係

山口大学 正会員 吉武 勇  
 (株)エイトコンサルタント 正会員 三村陽一  
 山口大学大学院 学生会員 山口佳起  
 山口大学 正会員 浜田純夫

## 1 はじめに

マスコンクリートの温度応力(ひび割れ)予測の高精度化には、若材齢期におけるコンクリートの力学特性の把握が必要とされる。そこで本研究では、コンクリートの変形に伴う応力交換や温度ひび割れ幅の算定に必要不可欠である異形鉄筋とコンクリートの付着特性に着目し、若材齢期を中心に時系列な付着特性実験を試みた。得られた実験結果を基に、材齢進行に応じた付着応力 - すべり関係を求めた。

## 2 実験方法と付着評価について

## 2.1 実験供試体と配合条件

本研究では、角柱供試体(Case10:100×100×400mm, Case15:150×150×520mm)に対し、D13 および D19 鉄筋を両端より張り出し埋設を行った。本研究における定着長は、いずれも 320mm としたことから、D13 鉄筋では約 25D、D19 鉄筋では約 17D に相当する。なお、図-1 に示すようにコンクリート表面中央部および埋設鉄筋でひずみゲージを貼付した。本研究は、一般的なコンクリートの時系列な付着特性を把握するため、表-1 に示される配合条件のコンクリートを作製した。

## 2.2 実験プログラム

本研究では、鉄筋径および鉄筋かぶりを主な実験パラメータとし、試験材齢 1, 2, 3, 7, 14, 28 日において両引き試験を行った。また、一部の試験では両引き試験を行った供試体に対し、後日再載荷を試みた。いずれの実験でも両引き試験の最大荷重は、鉄筋降伏荷重直前までとし、その後除荷を試みた。ここで載荷～除荷過程において、D13 鉄筋では 0.98kN、D19 鉄筋では 1.96kN ごとに各所のひずみ計測を行った。

## 3 実験結果と考察

## 3.1 付着拘束を受ける鉄筋ひずみ

コンクリートによって付着拘束を受ける鉄筋ひずみおよび鉄筋単体ひずみを図-2 に表す。なお、同図における縦軸は張り出し鉄筋の応力度(自由端鉄筋応力)を表す。図-2 に示されるように試験材齢 1 日ではコンクリート中の鉄筋ひずみと鉄筋単体ひずみに大きな差異はみられないが、試験材齢が進行するにつれ、付着拘束を受けることによって鉄筋ひずみの発生が抑制される傾向にあった。また、材齢 7 日以降の鉄筋ひずみ挙動は、ほぼ試験材齢 7 日の鉄筋ひずみと同様であったことから、それ以降の付着特性(付着

表-1 配合条件

W/C %	単位量 kg/m <sup>3</sup>				AE 剤 リットル/m <sup>3</sup>
	W	C	S	G	
55	165	300	812	1047	0.75

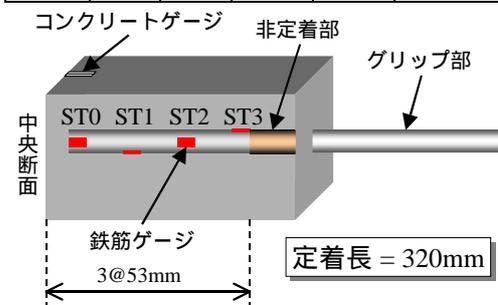


図-1 実験供試体の詳細

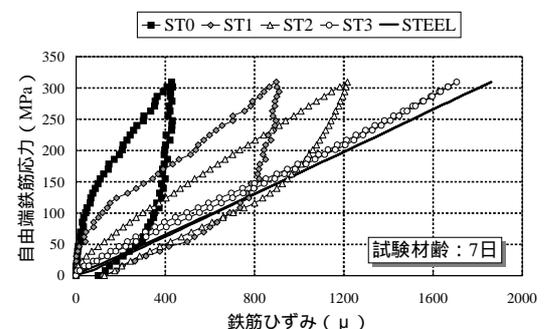
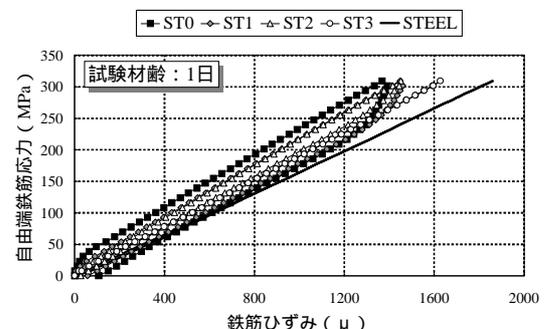


図-2 付着拘束を受ける鉄筋ひずみ(Case10, D13)

キーワード：若材齢コンクリート，両引き，付着応力，すべり，再載荷

連絡先 (〒755-8611 山口県宇部市常盤台 2 丁目 16 番 1 号 TEL 0836-85-9332 FAX 0836-85-9301)

応力 - すべり関係などは試験材齢 7 日のもので推定できるものと思われる。また、本研究で行ったいずれの試験材齢においても、除荷過程では鉄筋単体のひずみ挙動に漸近していく傾向がみられた。

### 3.2 付着応力 - すべり関係

本研究における荷重方法は両引きであることから、供試体中心部のすべりは零と仮定できる。そこで同中心点を基点として、コンクリート内部の各位置での鉄筋ひずみから、付着応力およびすべりの算定を行い、付着応力 - すべり関係を求めた。付着応力と相対すべり関係を示す図-3(Case10, D13)に着目すると、試験材齢の進行に伴い付着応力は増大するとともに、最大の相対すべりは減少していることが分かる。ここで、同結果における付着応力を圧縮強度で正規化を行ったところ、図-4 に示される結果を得た。図-4 の結果では、試験材齢 2~7 日において、ほぼ同程度の(正規化)付着応力 - すべり関係にあるとともに、試験材齢 1 日では極めて小さな付着応力であることが分かる。このことより、材齢 1 日では 2 日以降における付着機構とは異なる可能性が考えられる。

### 3.3 再荷重過程の付着挙動

図-5 に材齢 1 日において両引き試験を行った実験供試体(Case10, D13)に対し、材齢 2, 3, 7 日において再荷重を行った際の供試体中央部(記号: ST0)の鉄筋ひずみを示す。同図より、試験材齢 1 日に引抜き力を受けた鉄筋のひずみは、再荷重過程において試験材齢 1 日の場合や鉄筋単体のひずみと同様、ある応力域まではほぼ直線的となり、以降は急激にひずみ発生が抑制されていることが分かる。この結果に基づき、付着応力 - すべり関係を求めると、図-6 に示される結果が得られる。図-6 より、相対すべり 0.4%以下では、ほとんど付着応力は発生しておらず、以降において急激に付着応力が増大していることが分かる。これは、鉄筋を引抜く際に、すべり成分中に鉄筋ふしより損傷を受ける部位と弾性的に変形する部位(支圧抵抗部)が生じることに起因するものと考えられる。すなわち、再荷重時において鉄筋のすべりが損傷部内ではほとんど付着応力には寄与せず、鉄筋ふしが支圧抵抗部に到達した後、付着応力が大きく発生するものと推察される。なお、一般的な鉄筋の引抜き応力下では、鉄筋ふしを頂点とするコンクリート部の斜めひび割れが支配的とされているが、本研究の対象とした若材齢コンクリートでは、試験後の断面観察より斜めひび割れの発生は認められず、一部の鉄筋ふし跡が損傷を受けていることを確認している。これは、若材齢コンクリートと鉄筋の付着破壊機構は、鉄筋ふしによるせん断破壊が支配的であることを示唆するものと思われる。

## 4 まとめ

材齢 1 日では特性が異なるものの、材齢 2~7 日における正規化付着応力 - すべり関係は、ほぼ同程度であった。若材齢期に鉄筋の引抜き力を受けたコンクリートが再荷重を受ける場合、鉄筋近傍のコンクリート部位の損傷が著しく、ある応力域までほとんど鉄筋の付着効果は発揮されない。

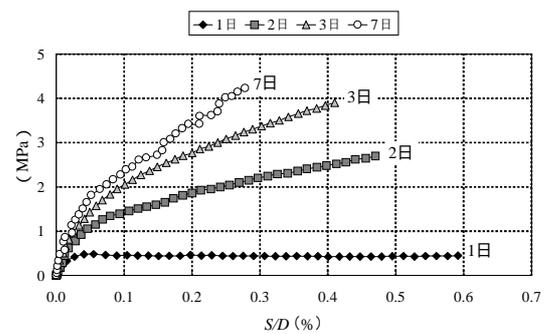


図-3 付着応力と相対すべり関係の材齢変化

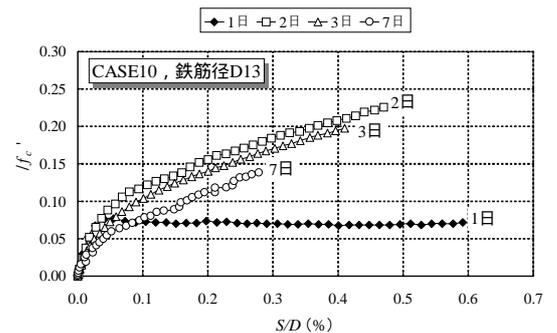


図-4 正規化付着応力 - 相対すべり関係

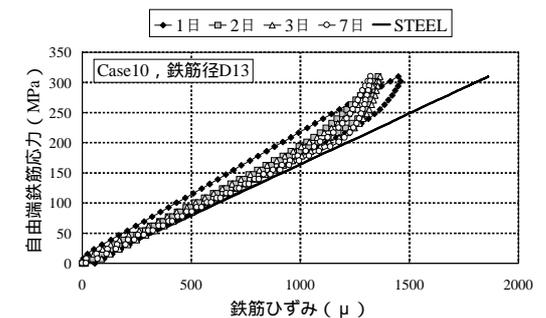


図-5 再荷重に伴う各試験材齢の鉄筋ひずみ

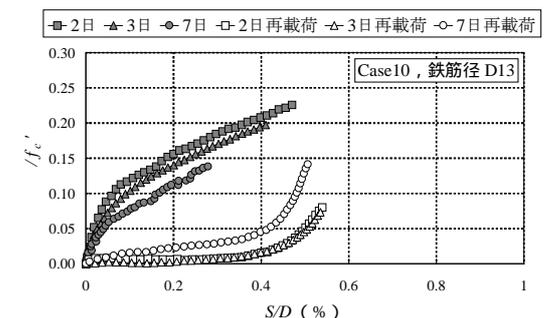


図-6 再荷重における付着応力 - すべり関係