

若材齢コンクリートの鉄筋付着に関する一考察

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

山口大学 正会員 吉武 勇
 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およびひび割れ幅予測の精度向上に際し、若材齢期におけるコンクリートの力学的特性の把握が重要となる。本研究では特に、若材齢期におけるコンクリートと鉄筋間の付着特性の把握を主眼とした両引き試験を行い、検討を試みた。

2 実験概要

2.1 実験供試体の詳細

本研究では、異型鉄筋をコンクリート断面中心に埋設し、鉄筋が両端より張り出した供試体を作製した。また鉄筋には、ひずみゲージを供試体中心部から等間隔に4カ所貼り付けた(図-1参照)。

2.2 実験方法

本研究では、供試体の両端より張り出した鉄筋をグリップで固定し、油圧式万能試験機を用いて、鉄筋降伏直前まで引張力(D13→39.2kN, D19→88.2kN)を与えた。なお、試験材齢は1,2,3,7,14,28日である。

3 実験結果と考察

3.1 鉄筋～コンクリート間における付着特性の材齢変化

3.1.1 付着拘束を受ける鉄筋ひずみの材齢変化

コンクリートにより付着拘束を受ける鉄筋ひずみの材齢変化の一例として、Case10, D13 鉄筋の供試体による両引き試験結果を図-2(試験材齢1日)および図-3(試験材齢7,28日)に示す。図-2および図-3より、試験材齢1日に比べ試験材齢7日では、コンクリート内の鉄筋ひずみが小さくなっており、材齢の進行に伴い付着による拘束効果が増大していることがわかる。また図-3より、試験材齢28日では、7日目とほぼ同様の挙動を示していることから、試験材齢7日以降における付着拘束効果の増進はほとんどないものと考えられる。

3.1.2 付着応力(τ)-相対すべり(S/D)関係の材齢変化

圧縮強度で正規化した付着応力と相対すべり関係の材齢変化の一例として、Case10, D13 鉄筋の供試体による試験結果を図-4に示す。ここで、付着応力 τ およびすべり S を以下に示す式(1)、式(2)を用いて算出した。

$$\tau = \frac{DE_s}{4} \cdot \frac{d \varepsilon_{s-b}}{dz} \quad (1)$$

$$S = \int_0^L \varepsilon_{s-b} dz \quad (2)$$

図-4より、試験材齢2～7日の結果に着目すると、概ね同様の曲線上にあることがわかる。一方、試験材

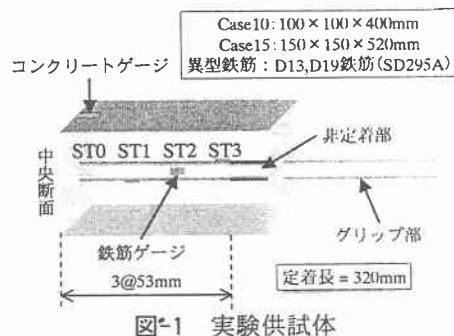


図-1 実験供試体

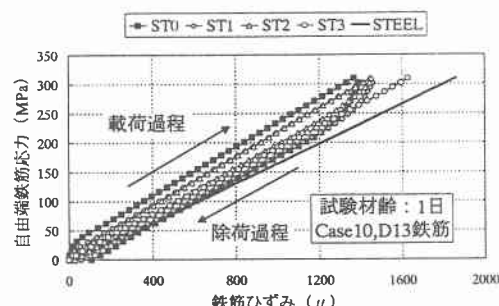


図-2 付着拘束を受ける鉄筋ひずみ(1日)

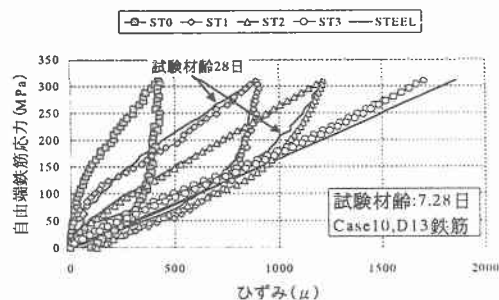
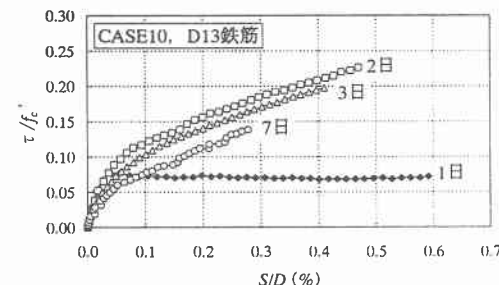


図-3 付着拘束を受ける鉄筋ひずみ(7,28日)

図-4 各試験材齢における τ/f'_c - S/D 関係

齢 1 日では試験材齢 2～7 日の挙動とは大きく異なっており、これは図-2 に示したように、鉄筋単体のひずみとほぼ同様の挙動を示したことに起因するものと考えられる。

3.1.3 等価付着損失領域

本研究では、自由端鉄筋応力とコンクリート内の鉄筋ひずみ曲線において、載荷～除荷過程により内部に形成される面積を付着損失領域と定義するとともに、鉄筋各部位ごとの最大ひずみに対する付着損失領域の比率を等価付着損失領域と定義する。試験材齢の進行に伴う等価付着損失領域の変化の一例として、Case10, D13 の試験結果を図-5 に示す。図-5 より、供試体中心部ほど等価付着損失領域が大きくなっていることがわかる。これは、コンクリート部が負担する応力が増加し、逆に鉄筋負担応力が小さくなっていることを示すものと考えられる。また、材齢の進行に伴い等価付着損失領域が大きくなっていることがわかる。これは、材齢の進行に伴う支圧抵抗の増進に起因しているものと考えられる。

3.2 鉄筋径および鉄筋かぶりが付着特性に及ぼす影響

鉄筋径および鉄筋かぶり(コンクリート断面寸法)の違いに伴う供試体内の $\tau/f_c' - S/D$ 関係の一例として、試験材齢 3 日の実験結果を図-6 に示す。図-6 より、鉄筋すべりを相対すべり (S/D) で評価したところ、鉄筋径の違いによる $\tau/f_c' - S/D$ 関係の差異は認められなかった。また、コンクリート断面寸法の違いでは、Case10 の場合が Case15 より若干ながら付着応力が大きくなる傾向にあった。

3.3 既往の付着応力-すべり関係評価式との比較

ある程度水和が進行した供試体を用いた片引き試験より構築された島・周らの提案式(島式; 式(3)参照)から算出した計算値と、実験値の整合性を図-7 示す。

$$\tau/f_c' = 0.73 \{ \ln(1 + 5000 \cdot S/D) \}^3 / (1 + \varepsilon_{s-b} \times 10^3) \quad (3)$$

図-7 より、島式では、若材齢期において引張応力場にあるコンクリート～鉄筋間の付着応力を過大に評価する傾向にあることがわかる。島式の若材齢コンクリートへの適用をおこなうため補正係数の算出を行ったところ、試験材齢 1 日では 0.4 程度、それ以降では 0.7 程度の結果が得られた。図-8 に補正係数を用いて修正した計算値と実験値の整合性を示す。図-8 より、各試験材齢に補正を行うことで、図-7 に比べて若干ながら整合性が向上していることが認められる。

4 まとめ

- ① 材齢の進行に伴い付着拘束が増大する傾向にあったものの、材齢 7 日以降では、付着拘束効果の増進は認められなかった。また、 $\tau/f_c' - S/D$ 関係は、試験材齢 1 日においては、付着応力が極めて小さくなる傾向にあったものの、試験材齢 2～7 日においては、概ね同様の曲線上にあった。
- ② 等価付着損失領域は、いずれの材齢においても供試体中心部に近づくほど大きくなるとともに、材齢の進行に伴い大きくなる傾向にあった。
- ③ 島・周らが提案している付着の評価式の適用性について検討し、同式の各試験材齢に対する補正係数の算定を行った。

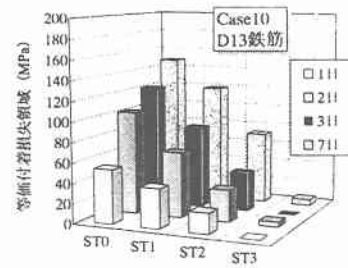


図-5 等価付着損失領域の材齢変化

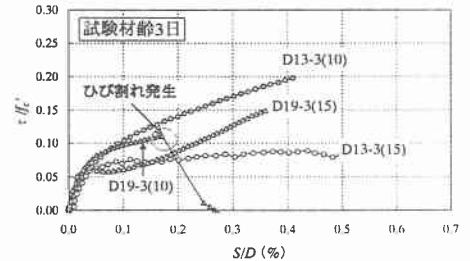


図-6 鉄筋径およびコンクリート断面寸法の違いが $\tau/f_c' - S/D$ 関係に及ぼす影響

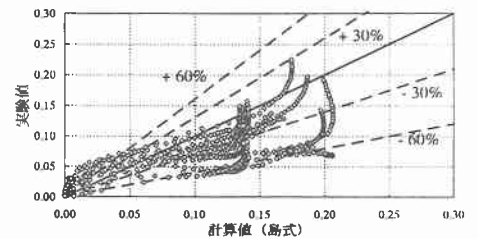


図-7 計算値(島式)と実験値の整合性

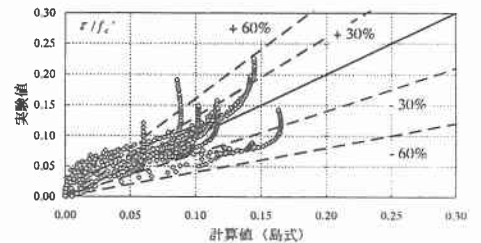


図-8 補正計算値と実験値の整合性