

# 骨材粒径が異なるコンクリートと鋼材の付着性状に関する実験的研究

中部大学 正会員 愛知 五男

中部大学 学生員 粕谷 尚弘

## 1. はじめに

コンクリートの打設時などにおいて材料分離を生じた場合、この箇所に鉄筋が存在し、コンクリート構造部材として構築されれば不均一な材質となり、付着による変形挙動にも影響を受け、さらに部材自体の強度と耐久性に対する評価も当然見直しを図らなければならない。本報告は実際のコンクリートの打設時に、材料が分離した状態を骨材の異なった粒径の集合体と捉え、骨材粒径の違うコンクリートと鋼材の付着性状を引抜き試験により求めた。検討した内容は、付着応力と滑り、最大引き抜き荷重に於ける骨材粒径とせん断強度、骨材粒径と周方向応力の関係等について整理し、骨材粒径が鋼材付着に与える影響を調べた。

## 2. 実験方法

**使用材料** 細骨材と粗骨材は、木曽川産の川砂(密度  $\rho_s = 2.60$ 、最大粒径5mm以下)、川砂利(密度  $\rho_g = 2.62$ )を使用した。最大骨材粒径は25mm、15mm、5mmである。コンクリートの配合は水セメント比を一定としたC25、C15、C5の3種類であり、この配合を表1に示した。付着試験時のコンクリート強度は、 $f'_c = 35 \sim 40 \text{ N/mm}^2$ ,  $f_t = 3.6 \sim 4.2 \text{ N/mm}^2$ ,  $E_c = 24 \sim 30 \text{ kN/mm}^2$ であった。

鋼材は丸棒鋼  $\phi 28$  (SS500,  $f_{sy} = 420 \text{ N/mm}^2$ ) から切削加工して、

図1に示すような2つのフシを持った鋼材を用いている。

コンクリートの割裂防止と鋼材周方向の応力伝達(付着環)を求める目的で、鋼管内径が  $\phi = 107, 133, 158 \text{ mm}$  の3種類(以下S, M, Lとする)、肉厚と高さは一定( $t = 4.5 \text{ mm}$ ,  $h = 140 \text{ mm}$ )とした拘束鋼管を用いている。

**供試体と試験方法** 供試体の作成は鋼材を鋼管の中央に配置して、コンクリートを縦打設した。締め固めにはテーブル型振動台を用いた。試験と測定は図2のように、鋼材引抜き側にカップラーを介して荷重並びに変位制御により荷重を加え自由端滑動量と付着応力、周方向応力と付着応力の関係を求めた。

**計算方法** 付着応力  $\tau = (P_a - P_n) / S_n (\text{N/mm}^2) \cdots (1)$  ここに、 $P_n$ : フシ部以外の引抜荷重(N),  $P_a$ : 引抜荷重(N),  $S_n$ : フシ部の表面積( $\text{mm}^2$ )

付着-滑り曲線<sup>1)</sup>  $\tau / \tau_u = e \{ \log(e - 1) S / S_u + 1 \} / \{ (e - 1) S / S_u + 1 \} \cdots (2)$

$\tau_u$ : 最大付着応力( $\text{N/mm}^2$ ),  $S$ : 滑り量( $\text{mm}$ ),  $S_u$ : 最大付着応力時の滑り量( $\text{mm}$ )

周方向応力  $\sigma = E \times \varepsilon (\text{N/mm}^2) \cdots (3)$   $E$ : 拘束鋼管の弾性係数( $\text{N/mm}^2$ ),  $\varepsilon$ : 周方向ひずみ

せん断強度  $\tau_u = P_u / S_u (\text{N/mm}^2) \cdots (4)$   $P_u$ : 最大引張荷重(N),  $S_u$ : フシ頂部間の周方向面積( $\text{mm}^2$ )

## 3. 結果と考察

**付着応力と滑りの関係** 骨材の最大骨材寸法の違いによる付着応力と滑り量の関係を図3(L鋼管)及び図4(S鋼管)に示した。L鋼管で拘束の影響が少ない場合、C5はC15とC25に較べてかなり付着応力が小さい。この原因は、C5は

表-1 コンクリートの配合表

| 記号  | 骨材寸法(mm) | スランプ値(cm) | W/C (%) | 空気量 (%) | S/a (%) | 単位量( $\text{kg/m}^3$ ) |     |      |     |
|-----|----------|-----------|---------|---------|---------|------------------------|-----|------|-----|
|     |          |           |         |         |         | W                      | C   | S    | G   |
| C25 | 25       | 13        | 57.0    | 3.2     | 45.7    | 171                    | 300 | 832  | 998 |
| C15 | 15       | 15        | 57.0    | 5.0     | 48.0    | 200                    | 351 | 796  | 870 |
| M5  | 5        | 18        | 57.1    | 7.3     | 100     | 231                    | 405 | 1473 | 0   |

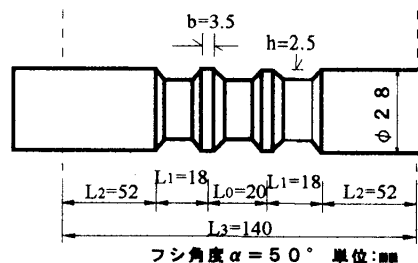


図1 切削加工した鋼材

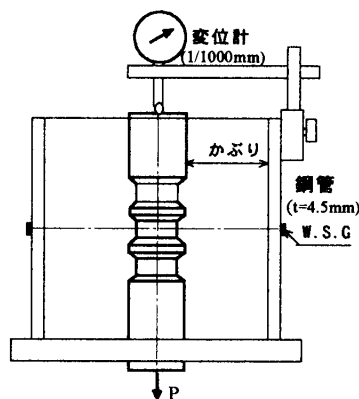


図2 試験方法と測定位置

キーワード: 骨材粒径、材料分離、付着-滑り曲線、付着応力

連絡先: 〒487-8501 愛知県春日井市松本町1200 TEL 0568-51-9567 FAX 0568-51-1495

粗骨材を含有していないため、鋼材のフシとコンクリートとの接触面におけるせん断抵抗と骨材相互間での応力伝達作用が十分に発揮されなかった結果であると思われる。また他の配合よりもセメント量が多く、コンクリートの硬化初期では、鋼材を取り囲むモルタルマトリックスの締付ける作用が生じた後、乾燥収縮による影響が関わり、荷重初期の段階から鋼材表面との剥離作用が生じたためだと考えられる。一般には鋼材からコンクリートに伝達される内部応力は、骨材を介してコンクリート全体に働きかけて抵抗する。しかし、C5は粗骨材のインターロッキング効果及び鋼材周囲との機械的付着作用が弱くなり低下したものと推察される。C15とC25で比較すると、25mmの粗骨材を使用している方が若干応力伝達作用が優れている事が確認できた。一方、初期の弾性域などでは大きな違いは現れなかった。

**付着応力と滑り量の曲線** 実測曲線と付着応力-滑り量の式(2)を用いて求めた曲線を併せて図4に示した。この式はコンクリートの強度に関わりなく、最大付着応力とそれに対応する滑り量の値を変化させたものである。C25は付着力が最大以降も滑りに対しては、式により算出して求めたものより低下は少なく骨材による内部抵抗が十分に作用した結果と考えられる。C15も良く適合している。C5は付着-滑り量がピーク前後でかなり不規則であり、鋼材のフシとコンクリートとの付着が切れ急激に力が低下し、式で求めた結果とは差異が生じている。

**周方向応力** 鋼管Sにより周方向応力を求めた結果を図5に示す。骨材寸法によりかなり大きな差が生じ、C5はC25に較べ約4割と極端に小さい結果となって現れている。この原因として骨材径が小さい場合は、内部での周方向エネルギーが空隙や骨材界面等で吸収されやすく、逆に大きくなれば、鋼材頂部から骨材粒子並びに粒子間への応力伝達が有効になされた結果と推察される。

**かぶり厚と周方向応力** C25のかぶり厚と周方向応力の関係を図6に示す。かぶり厚が大きくなるにつれて反比例的に推移している。周方向力が作用しない限界を求めると、自由端の許容ひび割れ幅0.25mmに相当する滑り量で鋼材径の2.3倍、最大付着応力で約3.0倍となることが予想され、コンクリートの引張強さを考慮すれば、この程度の倍率で割裂破壊が生ずることはないものと思われる。

**最大引拔荷重時のせん断強度** 式(4)から求めた骨材寸法とせん断強度との関係を図7に示した。骨材寸法を変化させた場合、せん断強度は、C5はC25とC15に較べて顕著に低下している。これは、骨材が鋼材のフシとのかみ合いによる応力伝達能力が不十分であるためだと考えられる。またコンクリート供試体径の大きさによる拘束力を変化させても、ほぼ同様な傾向が見られた。

#### 4. まとめ

コンクリートに含有する骨材の粒径により付着性にかんがりの変化が現れ、付着強度ではC5が通常の粒径よりも35%低下した。 $\tau \sim S$ 曲線にも違いが認められた。かぶりが鋼材の3倍あれば割裂破壊が生ずることはない。

【参考文献】1)岡村甫, 前川宏一: 非線形解析と構成則, 技報堂出版, pp. 162, 1991

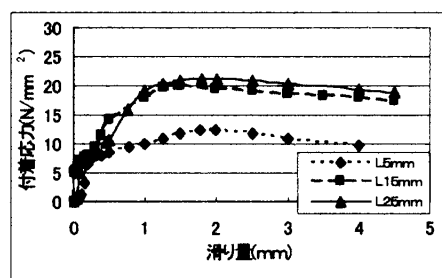


図3  $\tau \sim S$ 曲線 (L鋼管)

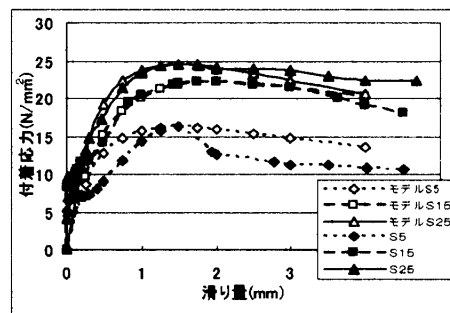


図4  $\tau \sim S$ 曲線 (S鋼管)

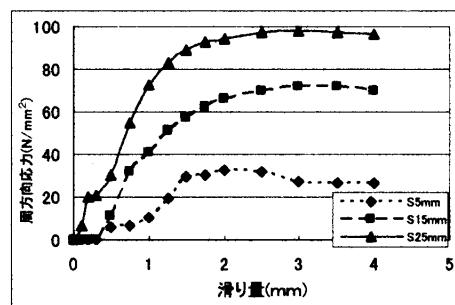


図5 骨材粒径と周応力の関係

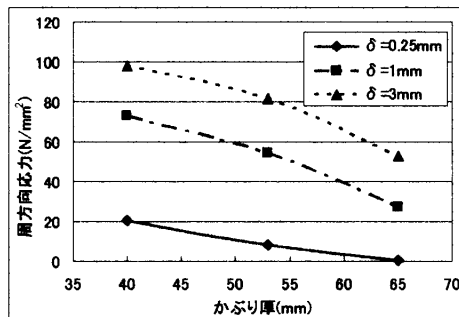


図6 かぶりと周応力の関係

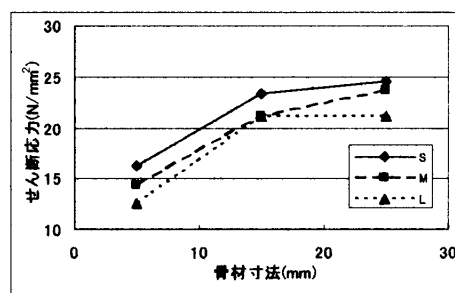


図7 骨材粒径とせん断応力の関係