

微小骨材が鋼コンクリート境界面付着メカニズムに及ぼす影響の検討

法政大学 正会員 ○植田 祐司
法政大学 正会員 藤山 知加子

1. 背景

鋼コンクリート境界面には、鋼材表面の凹凸とコンクリートを構成するセメント硬化体や骨材がかみ合うことで付着力や摩擦力が発生すると考えられているが、設計に反映させるのは難しい。設計の合理性を高めるためにも、鋼コンクリート境界面の付着メカニズムを解明することは重要である。本研究は鋼材とコンクリートの付着や摩擦の発生メカニズムについて、骨材が与える影響に着目して検討する。

2. 試験方法

試験は円柱供試体と丸鋼を用いた片引抜き試験を採用した。試験装置を図1に示す。供試体寸法は $\phi 150 \times 300$ とし、供試体中心に配置した $\phi 12$ または $\phi 13$ の丸鋼を引き抜いた。また圧縮試験用として $\phi 100 \times 200$ の円柱供試体も作成し、圧縮試験を実施した。計測項目は引抜力と引抜量に加え、境界面の付着が材料表面のかみ合いによるものと仮定すると、丸鋼引抜時に供試体の体積変化が起こると考えたため、供試体側面にひずみゲージを貼り付けている。

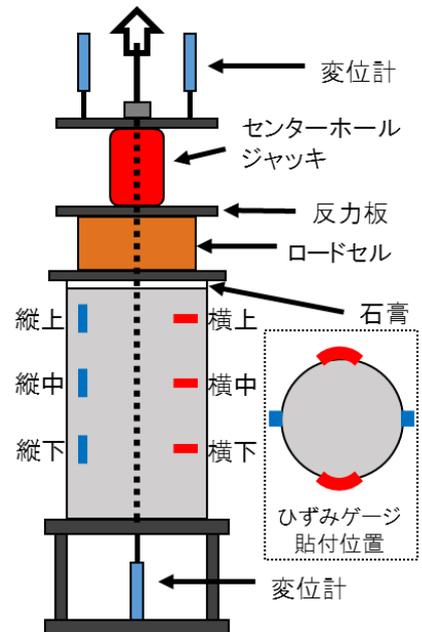


図1 試験装置

表1 試験パラメータ

	ガラスビーズ径 (mm)	混入率 (%)	引抜本数	圧縮本数
径に着目	5	85	2	6
	0.5	85	2	6
	0.05	85	2	3
	CP	0	2	3
骨材量に着目	0.05	85	2	3
	0.05	65	2	3
	0.05	45	3	3
	0.05	25	3	3
	CP	0	3	3

実験パラメータ表1に示す。境界面の付着に影響する骨材の径や強度を一定にするために、天然骨材の代わりに工業用ガラスビーズを使用した。ガラスビーズ直径は5mm, 0.5mm, 0.05mmの3種類である。またコンクリート中の骨材量の差が付着に与える影響を検討するため、径0.05mmの骨材について充填率を質量比25%, 45%, 65%, 85%の4種類の供試体を作成した。比較のため骨材を充填しないセメントペースト供試体(CP)も作成している。

打設前に鋼材の表面凹凸をレーザー変位計で計測し、その平均粗度は0.02mm程度であることを確認している。

3. 試験結果

1) 骨材径に着目した結果

付着応力と引抜量の関係について、各ガラスビーズ径の試験結果から1つずつ抽出したものを図2に示す。すべての実験ケースにおいて、引抜量が0のまま付着応力が増加し、最大付着応力に達した後に付着力が減少しながら引抜量が増加する。その後引抜量の増加に伴い、付着応力の減少量は小さくなっていくという傾向を確認した。また径0.05mmにおいて付着応力が最大となった。これは鋼材表面粗度に近いサイズのガラスビーズが、表面凹凸とかみ合ったためと考えられる。

また径5mmと0.5mmにおいても、セメントペースト供試体より大きな値を示していることから、比較的大きな径でも骨材を充填することによって付着に影響を及ぼす可能性も示唆される。

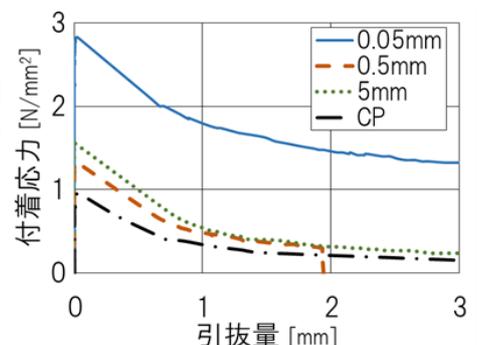


図2 付着応力ー引抜量

キーワード 骨材径, 充填量, 表面粗度, かみ合い, 付着応力, 引抜き試験
連絡先

2) 骨材充填量に着目した結果

径 0.05mm のガラスビーズを充填した供試体について、充填率に着目した試験結果を図 3 に示す。充填率 45%までは充填率上昇に応じて付着応力も増加するが、充填率 65%では付着力が小さな値を示し、充填率 85%ではばらつきが見られる。これは充填率が高くなるに連れて配合水分量が少なくなり、練混ぜ時の流動性が悪くなることで骨材が均等に練り混ぜられなかったためと考えられる。しかし充填率 85%のいくつかのケースで大きな付着応力を示していることから、均等に練り混ぜることができれば付着力は骨材の量に応じて増加する可能性がある。

3) 圧縮試験結果と付着応力の関係

圧縮強度と付着応力の関係を図 4 に示す。試験結果からは圧縮強度と付着応力に明確な関係性は見られない。縦弾性係数と骨材径の関係を図 5 に、骨材直径 0.05mm 供試体の縦弾性係数と充填量の関係を図 6 に示す。縦弾性係数は圧縮供試体に貼付けたひずみゲージから得られたひずみ値と圧縮強度より算出した。図 5 より骨材直径 5mm 供試体において縦弾性係数が最大となり、セメントペースト供試体で最小となった。また図 6 より骨材直径 0.05mm 供試体では 45%充填率の時に縦弾性係数が最大となった。充填率 65%は充填率 25%と、充填率 85%ではセメントペースト供試体と同程度の縦弾性係数になっていることから、充填率 65%、85%の供試体は均一に練り混ぜっていない可能性が考えられる。

4) 境界面の付着メカニズム

引抜供試体表面のひずみと引抜量の関係の一例として直径 0.05mm、充填率 85%のケースの結果を図 7 に示す。数値は小さいが体積変化が発生していることが確認できる。引抜量が 0 のままひずみが増加し、ひずみが最大値となると引抜量が増加することが確認できる。ひずみの傾向から、引抜きに伴い供試体上部が外側に膨らむような体積変化（弾性変化）が生じるが、一定以上膨らむと境界面のかみ合わせが失われ、引抜力を負担できなくなり、急激に引抜量が増加すると考えられる。このことから非常に微小な凹凸を持つ鋼材表面とコンクリートの境界面には、かみ合わせという機械的作用による付着があることがわかる。

4. まとめ

- ① 鋼材表面の凹凸に近いサイズである直径 0.05mm の骨材を充填した供試体において、付着応力が最大となった。
- ② 直径 0.05mm の骨材を用いたケースについて、充填量 45%までは充填量が多くなるに連れて付着応力も増加した。
- ③ 供試体のひずみ、圧縮強度と付着応力の関係より、鋼コンクリート境界面の付着には、圧縮強度よりも鋼材表面の微小な凹凸とコンクリートを構成するセメント硬化体や骨材とのかみ合いの影響が大きいと考えられる。

5. 謝辞

本研究は、平成 25 年度公益財団法人前田記念工学振興財団研究補助（土木分野）の助成を受け、実験には法政大学デザイン工学部（当時）佐々木慧祐氏に尽力いただいた。ここに謝意を表す。

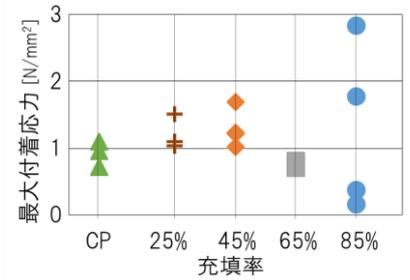


図 3 最大付着応力—充填率

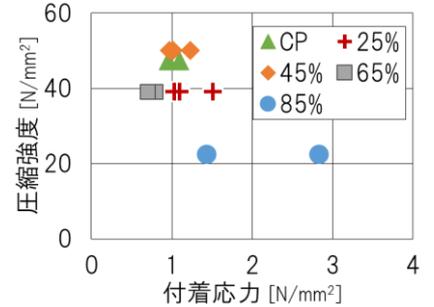


図 4 圧縮強度—付着応力

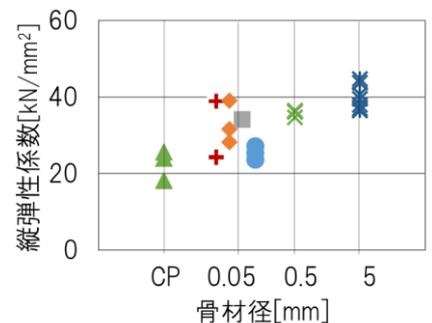


図 5 縦弾性係数—骨材径

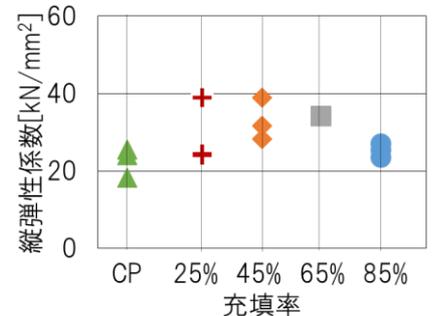


図 6 縦弾性係数—充填率

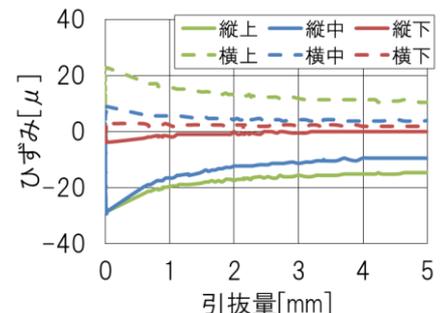


図 7 ひずみ—引抜量