

鉄筋近傍領域の粗骨材配置が付着割裂破壊性状に及ぼす影響の評価

北海道大学大学院 学生会員 ○中瀬 皓太 吉原 伶
北海道大学大学院 正会員 橋本 勝文 杉山 隆文
清水建設 技術研究所 建設基盤技術センター 正会員 齊藤 亮介

1. はじめに

複合材料である鉄筋コンクリート（以下、RC）では、各材料間の界面の影響により、均質な物質とは異なる破壊性状を示す。例えば、鉄筋に引張力が作用する際、鉄筋近傍領域における粗骨材の空間的配置が当該領域の剛性の低下および破壊進展挙動に影響を及ぼす^{1) 2)}。RCにおける粗骨材の空間的配置は、複合材料間に形成される界面（遷移帯）の空間的配置と捉えることができ、セメントコンクリートを用いた新たな複合材料開発において重要な示唆を与えると考えられる。本論文では、鉄筋近傍領域の粗骨材の空間的配置が付着割裂破壊挙動に及ぼす影響を評価することを目的とした。

2. 実験概要

2.1. 引抜き試験

本論文では、D16鉄筋の表面から約16mm (=1D (D:鉄筋径)) までの領域を近傍領域、その外側領域を遠方領域と定義する。配合を統一し、鉄筋近傍および遠方領域における最大粗骨材寸法のみを変化させた円柱供試体 (φ100mm×190mm) を作製した。供試体中央にはD16鉄筋を埋設した。配合および供試体概要を表-1および図-1に示す。近傍領域の最大粗骨材寸法は8mmであり、遠方領域では20mmである。近傍および遠方領域に打設したコンクリートの28日強度はそれぞれW/C=0.4のとき、58.8MPa、61.1MPa、W/C=0.6のとき、21.4MPa、30.0MPaであることを確認した。比較用試験体として、遠方領域と同材料および同配合を用いて円柱供試体を同様に作製した。鉄筋近傍および遠方領域で粗骨材寸法を変化させた供試体をS、比較用試験体をNと呼称する。埋設鉄筋の引抜き側30mmをアンボンド区間とし、

それ以降の160mm (=10D) を付着区間とした。引抜き試験は載荷速度を2mm/minに制御し、片引きにより行った。

2.2. アコースティック・エミッション (AE) 法

引き抜き試験時にAE法により、破壊進展挙動を観察した。解析には、経時的な微小破壊数であるHit数および破壊の規模を評価するb値を用いた。加えて、センサを三次元的に配置し、AE発生源の位置標定を行った。

3. 実験結果

図-2に引抜き試験時の荷重およびAE Hit数の経時変化を示す。W/C=0.4のとき、0.4N（近傍領域の粗骨材径：大）および0.4S（近傍領域の粗骨材径：小）では、荷重およびHit数の増加の勾配に大きな差は見られず、近傍領域における粗骨材配置の影響がほとんどない。なお、W/C=0.4のとき、使用したコンクリートの圧縮強度が大きく、0.4Sでは95kNまで載荷を行っても終局破壊には至らなかった。W/C=0.6のとき、0.6Nでは、破壊までの時間が長く、累積Hit数も多い。それに対して0.6Sでは、破壊に至るHit数は少ないが、AE Hitの検出は早い。これは、W/Cが大きく、粗骨材とセメントペーストの物性が相対的に大きく異なることから、鉄筋近傍領域における粗骨材配置がより大きな影響を与えて

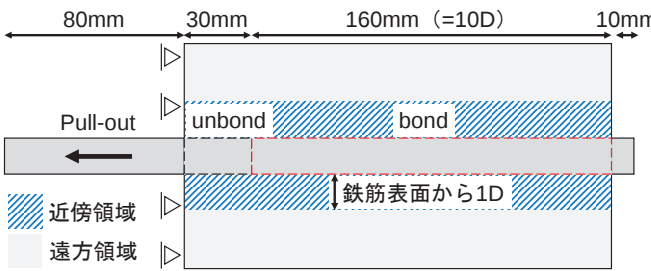


図-1 供試体概要

表-1 配合表

W/C (%)	s/a (%)	単位量 (kg/m ³)				
		W	C	S	G	AE 減水剤
40	43.4	170	425	750	962	0.128
60	47.4	170	283	879	956	0.085

キーワード 鉄筋コンクリート, 引抜き試験, 付着割裂破壊, AE法, ひび割れ

連絡先 〒060-8628 北海道札幌市北区北13条西8丁目 北海道大学工学部 A4-53室 TEL 011-706-6180

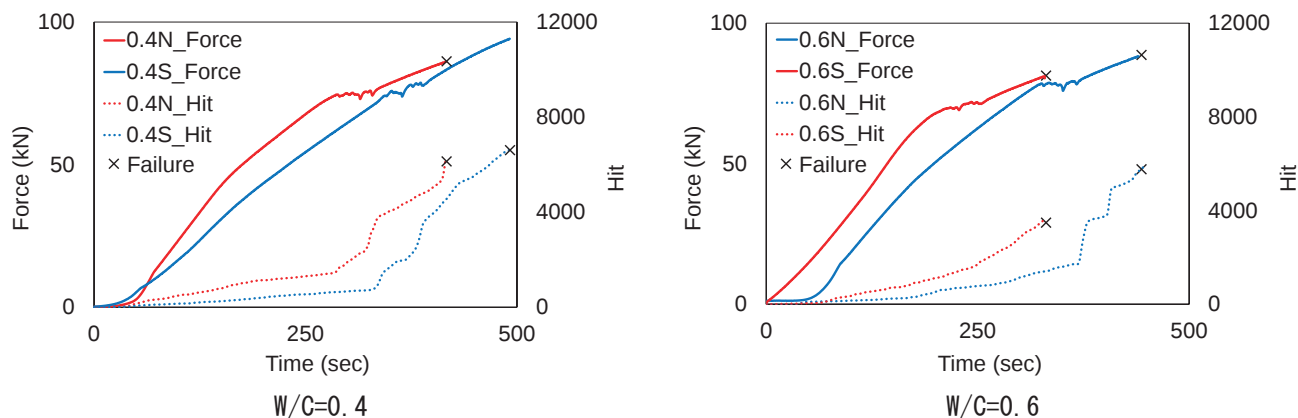


図-2 荷重および AE Hit 数の経時変化

いると考えられる。すなわち、0.6S では、鉄筋近傍領域における粗骨材径が小さいことから、ひび割れ進展の経路となる粗骨材一ペースト間の遷移帯が多く存在し、小規模な破壊が早い段階で発生していると考えられる。

図-3 に各供試体における b 値の比較を示す。AE 発生総数および振幅を対数でプロットしたとき、ほぼ一直線で示され、この傾き (b 値) により、破壊進展過程における破壊規模と発生比率を評価できる。どちらの W/C においても、 S に対して N の方が小さい b 値を示している。すなわち、 N では破壊進展挙動において規模の大きい破壊が多く発生している。このように b 値が相違することから、鉄筋近傍領域内の粗骨材の大小が破壊の規模に影響を及ぼしていると考えられる。

図-4 に AE 発生源の位置標定結果を示す。図中の折れ線が示すのは、供試体上面から高さ方向に 20mm ずつの区間内に標定された AE 源の存在割合である。 $W/C=0.4$ のとき、標定結果には大きな差は見られず、AE 発生源は鉄筋引抜き側に集中している。AE Hit 数と同様に W/C が小さいことで、破壊進展に及ぼす粗骨材の影響が低下したと考えられる。しかし、 $W/C=0.6$ のとき、0.6S では、AE 発生源は供試体全域に広く分布している。これは鉄筋近傍における粗骨材径が小さいことで、小規模な破壊が広範囲に分散していると考えられる。一方 0.6N では、鉄筋近傍領域に大きな粗骨材が配置されたことにより、ひび割れ進展経路が大きな粗骨材の遷移帯に限定され、AE 発生源も近傍領域に集中している。

4. おわりに

W/C が大きいとき、RC の付着割裂破壊性状における、粗骨材配置の影響が大きくなることが分かった。

参考文献

- 1) Salem, H. M, and Maekawa, K: Pre- and Postyield Finite Element Method Simulation of Bond of Ribbed

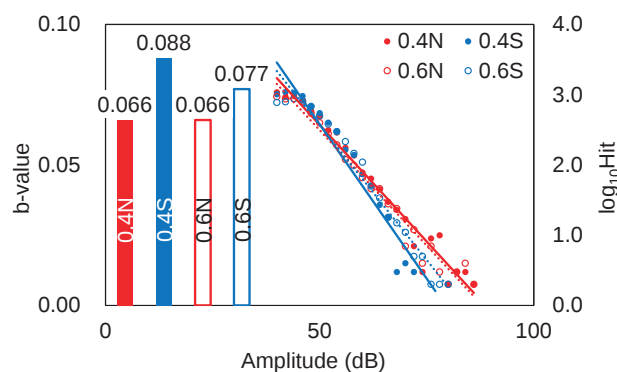
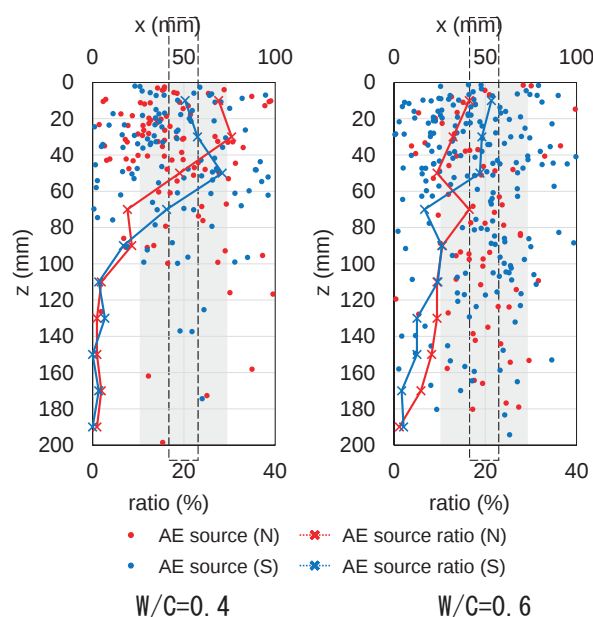
図-3 AE 測定における b 値の比較

図-4 位置標定結果

Reinforcing Bars, Journal of Structure Engineering, ASCE, pp.671-680, 2004.

- 2) 中瀬皓太ほか：コンクリート内部の粗骨材分布に関する X 線 CT 画像の三次元画像解析手法の構築，コンクリート構造物の補修，補強，アップグレードシンポジウム論文報告集，第 22 巻，pp.243-248，2022.