

第V部門

ASR 劣化コンクリートと鋼材の付着・定着特性に関する研究

京都大学 学生会員○成清 公平 正会員 山本 貴士
正会員 服部 篤史 フェロー 宮川 豊章

1. 研究目的

ASR 劣化構造物中の鉄筋破断事例が報告され、構造物の耐荷性の前提であるコンクリートと鉄筋の一体性に与える ASR 膨張の影響について知見を得ることが急務となっている。そこで本研究では、反応性骨材を用いて促進膨張を行った供試体中の鉄筋に対して引抜き試験を行い、ASR 劣化が鉄筋の付着・定着特性に与える影響を明らかにすることを目的とした。

2. 実験概要

2. 1 供試体

供試体の形状・寸法を図 1 に示す。幅×高さ=200^B×300^Hmm の矩形断面を有する全長 400 もしくは 500mm の引抜き供試体とし、引抜き対象の鉄筋は、主筋を想定した供試体(D16、D19、D22)で隅角部に 4 本、せん断補強筋を想定した供試体(D10)で断面短辺中央上下縁に 1 本ずつ(合計 2 本)配置した。最小かぶりはいずれも 25mm とした。

2. 2 実験要因

ASR 劣化の有無の影響を検討するために、促進膨張供試体は、反応性細・粗骨材(北海道産安山岩)と非反応性細・粗骨材をペシマムとなる割合で配合し、等価アルカリ量 8.00kg/m³ となるよう NaOH を添加して作製した。この供試体を、4 日間 40℃、95%RH、3 日間 20℃、60~70%RH を 1 サイクルとする環境下に 277 日間置き、促進暴露した。

また、かぶり鉄筋径比 c/ϕ の影響を検討するために、かぶり 25mm 一定として D16、D19、D22 の鉄筋を使用することで、それぞれ $c/\phi=1.57$ 、1.31、1.13 とした。

横補強筋の有無の影響を検討するために、D16、D19 および D22 供試体では、横補強筋なしに加え、横補強筋として D6 スターラップ 2 本を供試体軸方向に間隔 200mm で配置(面積比 0.16%)した。また、横補強筋破断の有無の影響を検討するために、D19 供試体において、図 1 に示すように D6 直線筋を組み合わせ隅角部の破断を模擬した。

ASR 膨張劣化コンクリート中の鉄筋が降伏まで機能する定着長を検討するために、D10 供試体において付着長さを 200mm、300mm、400mm の 3 種類を設定した。

2. 3 载荷方法

引抜载荷試験の状況を図 3 に示す。引抜対象の鉄筋をセンターホール型油圧ジャッキに接続し、引抜鉄筋の端部に溶接した鋼板にて引抜端の反力を取り引抜载荷を行った。引抜き荷重、自由端変位および荷重端変位を測

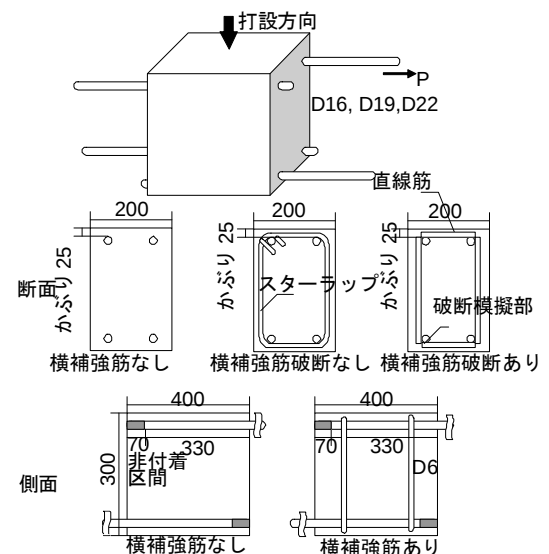


図 1 D16、D19 および D22 供試体形状・寸法(単位: mm)

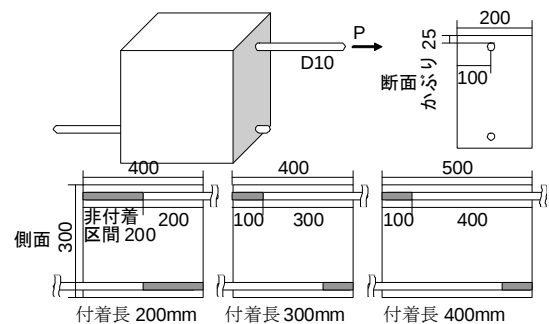


図 2 D10 供試体形状・寸法(単位: mm)

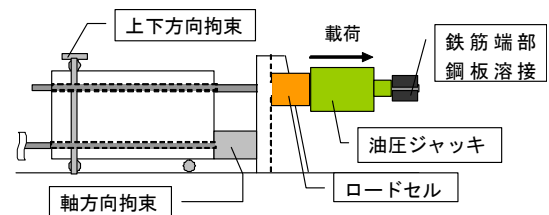


図 3 载荷試験状況

定した。

3. 実験結果および考察

3. 1 劣化指標

促進膨張供試体劣化指標を表1に示す。また、膨張量測定位置を図4に示す。なお自由膨張量は、同一環境下においた2体の管理供試体(100×100×400mm)において、3496 μ であった。鉄筋径が大きくなるにつれ軸方向膨張量が小さくなる傾向が得られた。また、超音波伝播速度は、鉄筋の影響の少ない供試体量側面の中央位置に発振子と受振子を設置し、透過法により測定した。伝播速度は3500m/sを若干下回るものが多く、一般的な健全コンクリートに比べると低下した。

3. 2 付着強度

軸方向膨張量と付着強度の関係を図5に示す。付着強度および膨張量は、各要因2体の平均値でプロットした。

供試体軸方向の膨張量が1500 μ 以下で、超音波伝播速度が3300～3500m/s程度までの劣化では、付着強度の顕著な低下は見られず、いずれもコンクリート標準示方書[構造性能照査編]¹⁾の付着強度(コンクリート強度30N/mm²で2.70N/mm²)を満足した。しかし、横補強筋なしのD16供試体とD19供試体では、 c/ϕ の小さいD19供試体の方が付着強度の低下が大きく、かぶり部分のASR膨張の影響を敏感に受けている可能性がある。

また、横補強筋なしでは付着強度が低下するものもあったが、横補強筋ありで隅角部破断のないものは、付着強度の増加が見られた。横補強筋の膨張拘束による引抜き鉄筋周辺への圧縮応力の作用によって付着力が向上したと考えられる。ただし、 $c/\phi=1.31$ で本研究と同形状・寸法の供試体による試験結果²⁾では、横補強筋なしの場合、軸方向膨張量2000 μ で約40%の付着強度の低下に至ったとしている。

さらに、横補強筋隅角部が破断しているものでは付着強度が低下傾向にある。横補強筋の破断部分で膨張に対する拘束効果が小さく、付着強度を増加させるまでの鉄筋周辺への圧縮応力の作用が得られなかったと考えられる。

以上から、主筋定着部の曲げ加工部等において鉄筋が破断しているとき、横補強筋がない、または横補強筋隅角部が破断しているといったような有効な拘束効果が得られない場合は、付着強度が低下して、定着機能が低下する可能性があるといえる。

一方、D10供試体の全ての付着長において鉄筋が降伏した。従って、 c/ϕ が2.6の条件において、4000 μ 程度の膨張であっても定着長20 ϕ が確保できているといえる。

4. 結論

引抜き鉄筋拘束方向の膨張量が1500 μ 以下で超音波伝播速度が3300～3500m/s程度までの劣化では、付着強度の大きな低下は見られなかった。しかし、横拘束筋がない、あるいは横拘束筋の隅角部が破断しているなど有効な拘束が得られない場合、付着強度が低下する傾向を示した。

参考文献

- 1) 土木学会：2002年制定コンクリート標準示方書[構造性能照査編]，pp.21，2002.3
- 2) P.S.Chana：Bond Strength of Reinforced in Concrete Affected by Alkali-Silica Reaction，Transport and Road Research Laboratory，England，Contractor report

表1 促進膨張後の劣化状況

劣化	鉄筋径	付着長(mm)	横補強筋	破断	軸方向膨張量(μ)	超音波伝播速度(m/s)
促進膨張	D10	200	-	-	4845	3360
	D10	200	-	-	4719	3450
	D10	300	-	-	4565	3450
	D10	300	-	-	3694	3500
	D10	400	-	-	3714	3580
	D10	400	-	-	2947	3630
	D16	330	なし	-	1140	3450
	D16	330	なし	-	1332	3420
	D16	330	あり	なし	832	3450
	D16	330	あり	なし	662	3470
	D19	330	なし	-	395	3260
	D19	330	なし	-	585	3480
	D19	330	あり	なし	606	3360
	D19	330	あり	なし	410	3440
	D19	330	あり	あり	1188	3410
	D19	330	あり	あり	767	3330

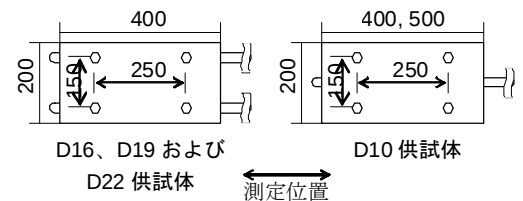


図4 膨張測定位置(単位: mm)

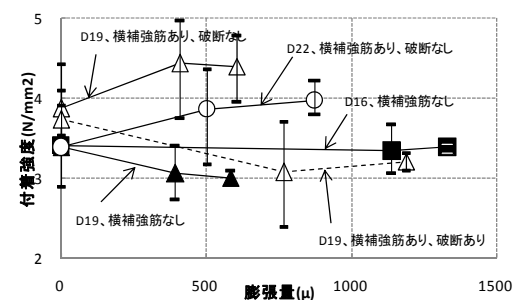


図5 付着強度と膨張量の関係