

ASR 損傷コンクリート中の鉄筋の付着特性に関する基礎的研究

大阪工業大学大学院 学生員 ○澤井 健二 大阪工業大学大学院 学生員 高橋 勇希
 大阪工業大学工学部 正会員 三方 康弘 大阪工業大学工学部 正会員 井上 晋

1. はじめに

近年, ASR 損傷により構造物中の鉄筋が破断している事例が報告されている. これらの構造物を解析する際には, 鉄筋とコンクリートの付着特性がきわめて重要な項目であるが, ASR 損傷コンクリートを用いたこれらの実験データの蓄積はきわめて少ない. そこで, 本研究では ASR 膨張と鉄筋の付着特性との関係に関する基礎的データの収集を目的とし, 付着強度試験を実施した.

2. 試験概要

試験方法は, 土木学会規準「引抜き試験による鉄筋とコンクリートとの付着強度試験方法 (JSCE-G503)」に準じた引抜き試験を行なった. 供試体の詳細を図-1 に示す. 鉄筋には D6 ($f_{sy}=404\text{N/mm}^2$), D10 ($f_{sy}=325\text{N/mm}^2$, 356N/mm^2) および D16 ($f_{sy}=337\text{N/mm}^2$) の 4 種類を用い, 付着長は 4 ϕ ,

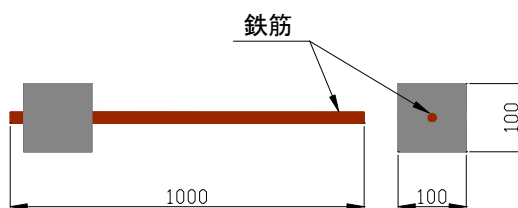


図-1 供試体図

5 ϕ , 10 ϕ , 15 ϕ の 4 種類とした. それぞれの付着長に合わせ, コンクリートの寸法を $100\times100\times100\text{mm}$, $100\times100\times160\text{mm}$ および $100\times100\times230\text{mm}$ とし, 角柱の中心に 1m の鉄筋を埋め込んだ. コンクリートの種類には普通コンクリート (実強度 $f'_c=28.8\text{N/mm}^2$), 総セメントの 40% を膨張材に置換した膨張コンクリート (1 週間膨張拘束後の強度 $f'_c=14.7\text{N/mm}^2$), 材齢 491 日の ASR コンクリート (実強度 $f'_c=27.7\text{N/mm}^2$) の 3 種類を選定し, 供試体を作製した. 供試体の詳細を表-1 に示す. ただし, 供試体数は普通・膨張コンクリートについては一水準あたり 6 体, ASR コンクリートは 2 体である.

表-1 供試体の詳細及び実験結果

供試体名称	コンクリートの寸法 (mm) 幅×奥行×高さ	コンクリートの種類	鉄筋径	付着長	0.002D時		最大	
					平均荷重 (N)	平均付着応力度 (N/mm ²)	平均荷重 (N)	平均付着応力度 (N/mm ²)
N-D6-4 ϕ	100×100×100	普通	D6	4 ϕ	2.3	5.1	4.6	10.4
N-D10-4 ϕ	100×100×100	普通	D10	4 ϕ	10.4	8.5	22.4	18.2
N-D13-4 ϕ	100×100×100	普通	D13	4 ϕ	17.5	8.4	31.4	15.1
N-D16-4 ϕ	100×100×100	普通	D16	4 ϕ	23.1	7.3	34.7	11
B-D6-4 ϕ	100×100×100	膨張	D6	4 ϕ	0.3	1.2	1.4	6.3
B-D10-4 ϕ	100×100×100	膨張	D10	4 ϕ	0.6	1	3.9	6.2
B-D13-4 ϕ	100×100×100	膨張	D13	4 ϕ	2.4	2.3	8.5	8.1
B-D16-4 ϕ	100×100×100	膨張	D16	4 ϕ	3.4	2.1	10.1	6.3
H-D10-5 ϕ	100×100×100	ASR	D10	5 ϕ	16.4	11.1	25.4	17.2
H-D10-10 ϕ	100×100×160	ASR	D10	10 ϕ	— * 1	— * 1	— * 1	— * 1
H-D10-13 ϕ	100×100×230	ASR	D10	15 ϕ	— * 1	— * 1	— * 1	— * 1
H-D13-5 ϕ	100×100×100	ASR	D13	5 ϕ	24.7	8.2	37.3	12.3
H-D13-10 ϕ	100×100×160	ASR	D13	10 ϕ	— * 1	— * 1	— * 1	— * 1
H-D13-15 ϕ	100×100×230	ASR	D13	15 ϕ	— * 1	— * 1	— * 1	— * 1

*1: — は付着破壊せずに鉄筋が降伏したものを示す

キーワード: アルカリ骨材反応, 付着強度, 鉄筋破断, 引抜き試験

連絡先: 〒535-8585 大阪市旭区大宮 5 丁目 16 番 1 号 大阪工業大学都市デザイン工学科 TEL 06-6954-4182

3. 載荷試験前のコンクリートの膨張とひび割れ状況

載荷時のコンクリートの自由膨張量は、膨張コンクリートで約 12000 μ 、ASR コンクリートで約 3300 μ と膨張コンクリートが ASR コンクリートの 4 倍となった。しかし、供試体に生じたひび割れ幅の最大値は膨張コンクリートで約 0.15mm、ASR コンクリートで約 0.30mm となった。このことから、ASR コンクリートと比べ膨張コンクリートの方が全体的に膨張し、分散してひび割れが入ることが伺える。

4. 試験結果および考察

(1) 平均荷重と平均付着応力度

抜け出し量 0.002D 時の荷重ならびに最大荷重の実測値と、それらを元に算定した付着応力度を表-1 に一括して示す。また、平均付着応力-すべり関係の一例を図-2 に示す。

(2) 破壊に至る挙動

今回の試験での破壊に至る挙動には、自由端変位が増大しながら、最大荷重から荷重が徐々に低下する挙動(図 3-(a))と最大荷重でコンクリートが割裂破壊に至る挙動(図 3-(b))および自由端変位がほとんど変化せず鉄筋が降伏に至る挙動の 3 種類となった。また、付着長 4 ϕ の供試体に関しては鉄筋径が大きくなるほど、割裂破壊する傾向にあった。これは、鉄筋径が大きくなるにつれ抜け出しに対する抵抗力は上がるが、それに伴い周方向に発生する引張力が増大する。これによって、割裂破壊が先行しやすくなるものと考えられる。

(3) 最大付着応力度

普通コンクリートは鉄筋径が大きくなるにつれ最大荷重は上がるが、図-4 に示すように、最大付着応力度は低くなる傾向にあった。これは、鉄筋径が大きくなるにつれ、ふしがコンクリートに与える力が増加し、付着応力度を発揮する前に割裂破壊してしまうことが原因だと考えられる。ただし、D6 は鉄筋径が他のものと比較してふしの形状が特殊なため、小さくなったと推測される。

膨張コンクリートは、普通コンクリートと違い、どの鉄筋径であっても付着応力度に差が少なく、また、図-4 が示すように普通コンクリートに比べ極端に低くなる結果となった。これは、膨張コンクリートはセメント部が均一に膨張するため、コンクリートの強度が低下し、また鉄筋近傍にもひび割れが多数入っていると推測され、これに起因していると考えられる。対して、図-4 から分かるように ASR コンクリートは普通コンクリートと付着応力に大きな差がない。理由として、今回使用した ASR コンクリートは材齢 491 日であり、現段階では圧縮強度にあまり差がなく、また強度に影響を及ぼすほどのひび割れが発生していなかったと考えられ、コンクリート強度が低下しなかったことが挙げられる。また、普通コンクリートが付着長 4 ϕ なのに対して、ASR コンクリートは付着長が 5 ϕ としたため、その影響が現れた可能性も考えられる。

5. まとめ

付着には、コンクリート強度と鉄筋の形状、内部ひび割れが大きく影響を及ぼす。本研究で対象とした程度の損傷の ASR コンクリートは普通コンクリートと同程度の付着強度を有していることが明らかになった。しかし、ASR の進行によって強度は変化すると考えられるため、さまざまな条件の供試体での実験が必要である。また、今回の ASR 損傷コンクリートを模擬した膨張コンクリートの膨張量が、ASR コンクリートに比べ極端に大きくなっているため、今後は ASR 損傷のコンクリートと同程度の膨張をさせた膨張コンクリートでの実験を行い、ASR コンクリートとどの程度の差があるのかを検討することも必要である。

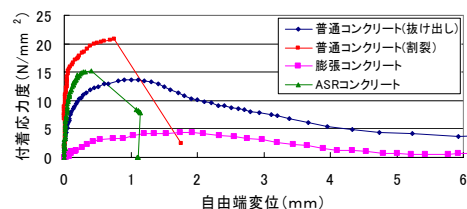


図-2 付着応力度-すべり関係



(a) 抜け出し破壊 (b) 割裂破壊

図-3 破壊状況

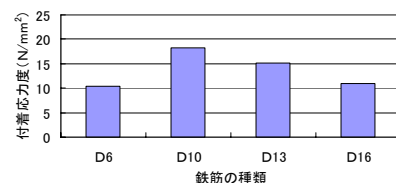


図-4 普通コンクリートの最大付着

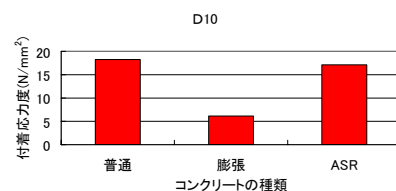


図-5 コンクリート別の最大付着