

第V部門

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

大阪工業大学工学部	学生員	○高橋 勇希
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	波多野雄士
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 によるコンクリート構造物中の鉄筋破断が報告されており, 鉄筋とコンクリートの付着応力とすべり量の関係を考慮した解析を行なう場合が多くなっている. しかし, 解析に適用すべき ASR 損傷コンクリート中の鉄筋の付着性状については, 実験データの蓄積はきわめて少ない. そこで, 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て本研究を実施した.

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. 図-1 に示すような $100 \times 100 \times 100 \text{ mm}$, $100 \times 100 \times 160 \text{ mm}$ および $100 \times 100 \times 230 \text{ mm}$ のコンクリート角柱の中心に全長 1m の鉄筋を埋め込んだ供試体を対象とし,

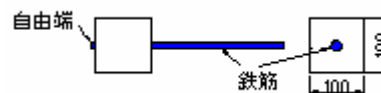


図-1 供試体図

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, 鉄筋径には, D6 ($f_{sy} = 404 \text{ N/mm}^2$) D10 ($f_{sy} = 325 \text{ N/mm}^2$, 356 N/mm^2) D13 ($f_{sy} = 308 \text{ N/mm}^2$, 333 N/mm^2) D16 ($f_{sy} = 337 \text{ N/mm}^2$) の 4 種類を, 付着長には, 4ϕ , 5ϕ , 10ϕ , 15ϕ の 4 種類を選定し, 各要因の組合せで合計 60 体 (普通・膨張コンクリートは各 6 体, ASR コンクリートは各 2 体) 作製した. 供試体の詳細を表-1 に示す.

表-1 供試体の詳細と載荷試験結果

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	11.0
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	1.0	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

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は、膨張コンクリートで約 12000μ 、ASR コンクリートで約 3300μ であった。また、ひび割れは膨張コンクリートの供試体は、 0.15mm 程度の幅のひび割れが供試体全体に渡って多数入っていたのに対し、ASR コンクリートの供試体はひび割れ幅が 0.30mm 程度の比較的大きなひび割れが少数入っていた。このことから、ASR と膨張コンクリートでは、膨張特性が異なることが推測できる。

4. 試験結果および考察

(1) 平均荷重と平均付着応力度

0.002D 時の荷重ならびに最大荷重の実測値と、それを元に算定した付着応力度を表-1 に一括して示す。

(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2-(a)）と最大荷重でコンクリートが割裂破壊に至る挙動（図2-(b)）および自由端変位は、ほぼ変化せず鉄筋が降伏に至る挙動の3種類となったが、付着長が 4ϕ の供試体は、コンクリートの種類によらず鉄筋径が大きいほど、割裂しやすくなる傾向にあった。これは、径が大きくなるにつれ最大荷重は上がるが、ふし周方向に発生する引張応力が大きくなるのが原因だと考えられる。



(a) 抜け出し破壊 (b) 割裂破壊

図-2 破壊状況

(3) 最大付着応力度

普通コンクリートは図-3に示すように、鉄筋径が大きくなるにつれ最大荷重は上がるが、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、ふしの高さが大きくなりふし前面におけるが支圧応力増加する。その結果、引抜け挙動が引抜けから割裂破壊に移行し、付着応力が小さくなったと考えられる。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。

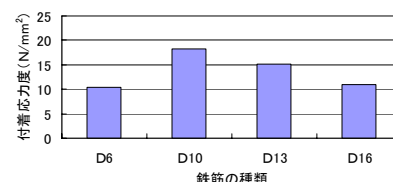


図-3 普通コンクリートの最大付着応力度

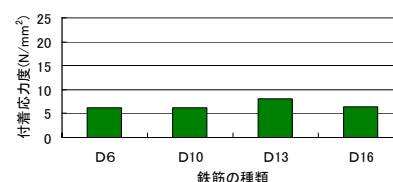


図-4 膨張コンクリートの最大付着応力度

膨張コンクリートは、普通コンクリートと違い、図-4のように、どの鉄筋径であっても付着応力度に差が少なく、また、図-5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。この理由として、膨張コンクリートはセメントが膨張することにより内部に微細なひび割れが入り組織が粗となるため、コンクリート全体の強度が低下したためと考えられる。対して、図-5からも分かるように ASR コンクリートが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、材齢 491 日では、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ためと推測できる。また、普通コンクリートが付着長 4ϕ なのに対して、ASR コンクリートは付着長が 5ϕ としたため、その影響が現れた可能性も考えられる。

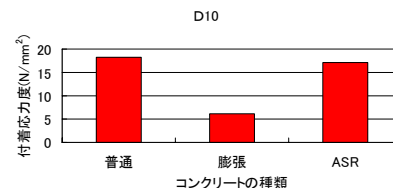


図-5 コンクリート別の最大付着応力度

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 の進行状況によって強度は変化すると思われるため、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、今回の実験結果をそのまま実構造物にあてはめることはできない。したがって、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、同程度の膨張で膨張コンクリートと ASR コンクリートにどの程度の差があるのかを検討することも必要である。