

## 付着強度に及ぼす粗骨材径・量の影響に関する実験的研究

防衛大学校 学生会員 ○メーターワット・タンマギット  
防衛大学校 正会員 黒田 一郎, 山本 佳士, 古屋 信明

### 1. 研究目的

コンクリートは多くの場合、鉄筋コンクリートとして用いられるが、これが成立するための条件の一つが鉄筋とコンクリートの間の付着である。付着特性を解明するために多くの研究が行われ、実技術としてもほぼ確立している。しかし、付着強度と粗骨材最大寸法 ( $G_{max}$ )、あるいは  $s/a$  で表現される粗骨材量との関係に着目した研究は少ない。

そこで、簡便な手法である、コンクリート角柱に埋め込んだ異形棒鋼を引き抜く実験で、付着強度の比較を試みた。なお  $w/c50\%$  は文献 1 の結果であり、シリーズ F は実験中である。(当日発表の予定)

### 2. 実験方法

供試体(図-1 参照)は D16 を中心に埋め込んだ  $100 \times 100\text{mm}$  の正四角柱、付着長さは  $5\phi = 80\text{mm}$ 、かぶりは  $2.6\phi$ 、付着割裂破壊を生じることによる実験結果のばらつきを小さくするために、全ての供試体で付着区間に 2 本のスターラップ (D6) を均等に配置してある。引抜き側に油粘土による  $50\text{mm}$  の非付着区間を設けて、反力による影響を少なくした。粗骨材の材質は  $G_{max}10\text{mm}$  が硬質な豆砂利、 $20\text{mm}$  が石灰岩碎石であり、配合は  $w/c 50\%$ 、 $65\%$ 、 $s/a100\%$  (モルタル)、 $60\%$  (粗骨材少)、 $40\%$  (粗骨材多) である。

載荷実験では、アムスラーによって鉄筋を下向きに引抜き、ロードセルで荷重を、供試体上面で鉄筋すべり量を計測した。

### 3. 実験結果とその考察

#### 3. 1 実験結果の概要

付着実験用供試体は 12 本ずつ作製したが、充填不十分などの理由で明らかに最大引抜き荷重が過少のものは除外した。強度試験の数は圧縮が 3 本・割裂引張りが 3~5 本である。付着強度  $\tau_{max}$  は最大荷重を付着面積 ( $50\text{mm} \times 80\text{mm}$ ) で除して求めた。多くの場合、最大荷重は付着割裂ひび割れの発生時に生じ、その後の荷重~すべり量関係は不連続に下降したり、あるいははなめらかに軟化したりしている。

表-1 に実験の総括を示す。全体的には、 $w/c50\%$ ・ $65\%$  ともに粗骨材径と量の増加につれて  $f_t$  および  $\tau_{max}$

表-1 実験の総括

シリーズ	w/c	$G_{max}$ (mm)	s/a (%)	平均強度(MPa)				付着実験 の数
				$f'_c$	$f_t$	$f_t/f'_c$	$\tau_{max}$	
A	50	0	100	48.3	3.1	0.064	10.0	12
B		10	60	35.2	2.4	0.068	10.3	12
C		40	37.6	2.9	0.077	14.9	11	
D		20	60	27.5	2.2	0.080	11.2	12
E		40	38.6	3.3	0.085	15.4	11	
F	65	0	100					
G		10	60	23.3	1.9	0.081	8.9	11
H		40	33.4	1.9	0.056	12.0	9	
I		20	60	26.3	2.5	0.095	10.4	8
J		40	28.1	2.9	0.103	12.7	12	

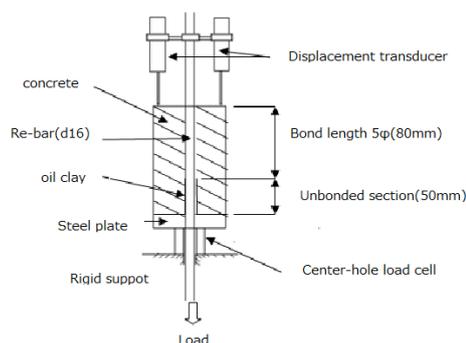
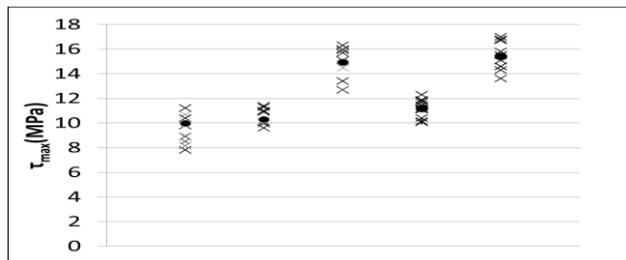


図-1 供試体および実験装置

が増加していく傾向を示している。特に  $f_t/f'_c$  で見ると、Hシリーズを除いて増加傾向は明瞭である。しかし、Dシリーズでは3つの強度が全て低め、Hの圧縮強度が高めでありよって  $f_t/f'_c$  は低め、という違和が見られる。これらの理由は現在のところ不明である。

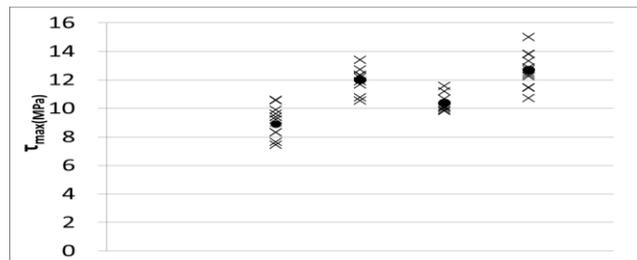
#### 3. 2 付着強度、無次元化付着強度の比較

図-2~7に、 $\tau_{max}$ 、 $\tau_{max}/f'_c$ 、 $\tau_{max}/f_t$  を  $w/c$  毎に示す。コンクリート標準示方書<sup>2)</sup>では、付着強度の設計値として  $f_{bok} = 0.28f'_{ck}$  が与えられており、また引張強度に対しては同様の式で係数のみを 0.23 に変えている。つまり、付着強度と引張強度は大きくは変わらないということが示されているので、供試体間コンクリート強度の違いを排除するために、 $f'_c$ 、 $f_t$  で割った値も求めてみた。



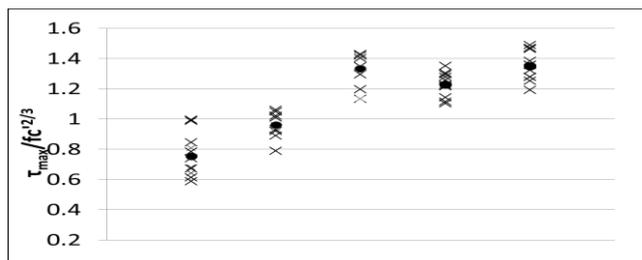
s/a(%)	100	60	40	60	40
G <sub>max</sub> (mm)	0	10		20	
シリーズ	A	B	C	D	E

図-2 τ<sub>max</sub>の比較 (w/c50%)



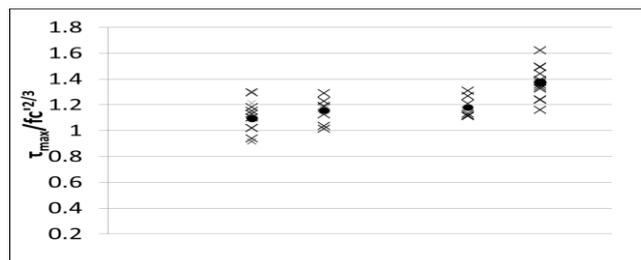
s/a(%)	100	60	40	60	40
G <sub>max</sub> (mm)	0	10		20	
シリーズ	F	G	H	I	J

図-5 τ<sub>max</sub>の比較 (w/c65%)



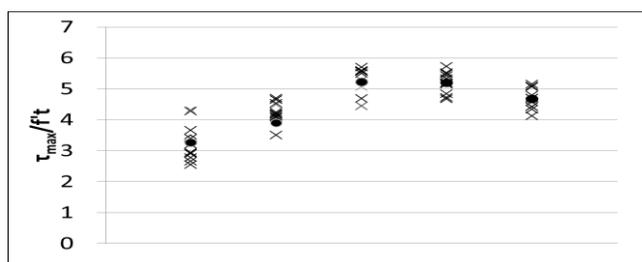
s/a(%)	100	60	40	60	40
G <sub>max</sub> (mm)	0	10		20	
シリーズ	A	B	C	D	E

図-3 τ<sub>max</sub> / f'<sub>ck</sub><sup>2/3</sup>の比較 (w/c50%)



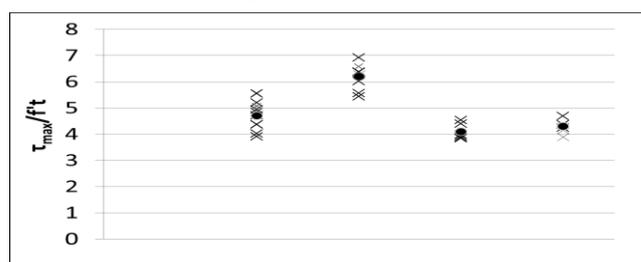
s/a(%)	100	60	40	60	40
G <sub>max</sub> (mm)	0	10		20	
シリーズ	F	G	H	I	J

図-6 τ<sub>max</sub> / f'<sub>ck</sub><sup>2/3</sup>の比較 (w/c65%)



s/a(%)	100	60	40	60	40
G <sub>max</sub> (mm)	0	10		20	
シリーズ	A	B	C	D	E

図-4 τ<sub>max</sub> / f<sub>t</sub> (w/c50%)



s/a(%)	100	60	40	60	40
G <sub>max</sub> (mm)	0	10		20	
シリーズ	F	G	H	I	J

図-7 τ<sub>max</sub> / f<sub>t</sub> (w/c65%)

Fシリーズが実験中ではあるが、図-2, 5を見ると、s/a100% (モルタル) に粗骨材が入ることによりτ<sub>max</sub>は増加し始めるが、G<sub>max</sub>10mmでs/a60% (粗骨材少) ではその効果は顕著ではない。G<sub>max</sub>20mmでもs/a60%であれば、同様である。概観すると、粗骨材径よりも量の方がτ<sub>max</sub>増加に寄与していると言える。

τ<sub>max</sub>/f'<sub>c</sub><sup>2/3</sup>, τ<sub>max</sub>/f<sub>t</sub>を比較した図-3~4, 6~7を見比べると、w/c50%の方が65%の場合より、粗骨材径と量の増加に伴う無次元化付着強度の増加傾向がはっきりしている。一方、w/c65%では、I, Jシリーズのコンクリート引張強度が大きかったということが、この傾向を見えなくさせている。水セメント比が大きくなると (モルタルが弱くなると)、中程度のw/cを有する場合と違って、粗骨材の存在が付着強度に対するよりも引張強度を高めるといふメカニズムがあるのかも知れないが、今後の課題としたい。

### 3.3 結論

粗骨材がコンクリートの圧縮・引張強度に影響を与えることはよく知られているが、付着強度にはより大きな影響を与えているらしいことがわかった。異形棒鋼周辺に発生した微小ひび割れが発達し、コンクリート表面に開口して付着強度状態に達するまでに、粗骨材がそれを妨害しているものと考えられる。

### 参考文献

- 1) 小谷かつお：粗骨材が鉄筋付着強度に与える影響に関する実験的研究，防衛大学校卒業研究論文，2013
- 2) 土木学会：コンクリート標準示方書設計編，2013