

# 付着特性に及ぼす粗骨材の影響に関する実験的研究

防衛大学校 学生会員 ○竹中 直道

防衛大学校 正会員 黒田 一郎, 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ているが、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方法で、付着強度の変化を、2012 年には  $w/c=50\%$  を<sup>1)</sup>、2013 年度には  $w/c=50\%$  を<sup>2)</sup>、実験的に調べた。その結果4つのシリーズで理解に苦しむデータがあったので、今年度はその補備実験を行い、総合的な考察を試みることにした。

## 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  $w/c$   $50\%$  または  $65\%$ 、 $s/a$  は  $100\%$  (モルタル)、 $60\%$  (粗骨材少)、 $40\%$  (粗骨材多) である。

载荷実験では、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。

表-1 実験の総括 (ダッシュ付きが今年度の実験)

| シリーズ | w/c | $G_{max}$<br>(mm) | s/a<br>(%) | 平均強度(MPa) |       |            |              | 付着実験<br>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         |
| D'   |     |                   |            | 34.9      | 2.4   | 0.068      | 12.0         | 12         |
| E    |     |                   | 40         | 38.6      | 3.3   | 0.085      | 15.4         | 12         |
| E'   |     |                   |            | 測定中       |       |            |              |            |
| F    | 65  | 0                 | 100        | 33.3      | 1.9   | 0.057      | 9.5          | 11         |
| G    |     | 10                | 60         | 23.3      | 1.9   | 0.081      | 8.9          | 11         |
| G'   |     |                   |            | 37.6      | 2.6   | 0.069      | 11.3         | 12         |
| H    |     |                   | 40         | 33.4      | 1.9   | 0.056      | 12.0         | 9          |
| H'   |     |                   |            | 33.7      | 2.4   | 0.071      | 11.8         | 12         |
| I    |     | 20                | 60         | 26.3      | 2.5   | 0.095      | 10.4         | 8          |
| J    |     |                   | 40         | 28.1      | 2.9   | 0.103      | 12.7         | 12         |

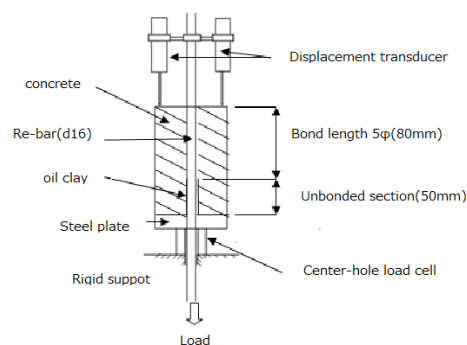
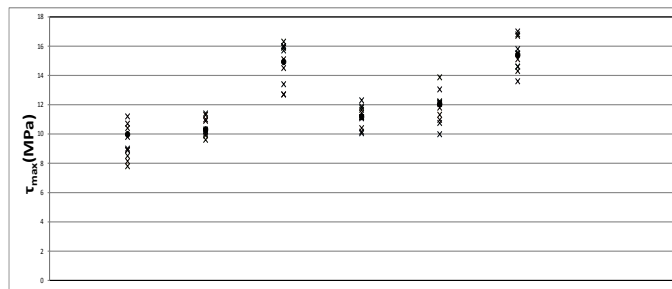


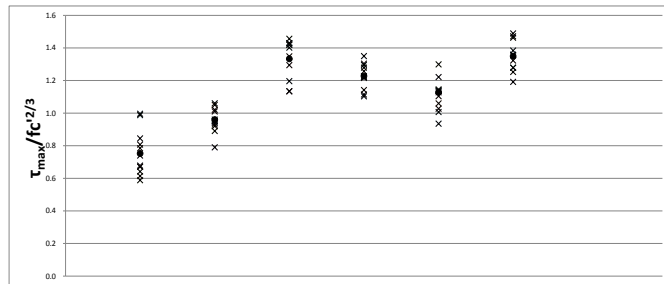
図-1 供試体および実験装置

### 3. 2 付着強度、無次元化付着強度の比較

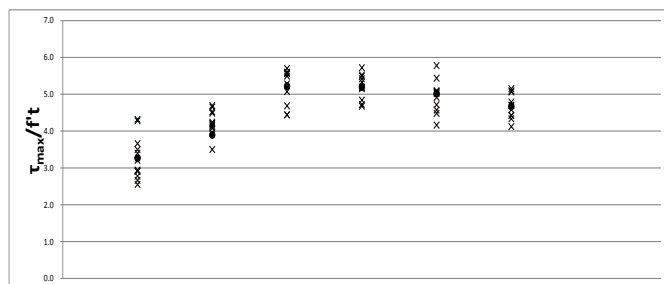
図-2～7に、 $\tau_{max}$ 、 $\tau_{max}/f'_c{}^{2/3}$ 、 $\tau_{max}/f_t$  を  $w/c$  毎に示す。×は1つ1つのデータ、●は平均値である。コンクリート標準示方書<sup>3)</sup>では、付着強度の設計値として  $f_{bok}=0.28f'_c{}^{2/3}$  が与えられており、また引張強度に対しては同様の式で係数のみを0.23に変えている。つまり、付着強度と引張強度は大きくは変わらないということが示されているので、供試体間のコンクリート強度の違いを排除するために、 $f'_c{}^{2/3}$ 、 $f_t$



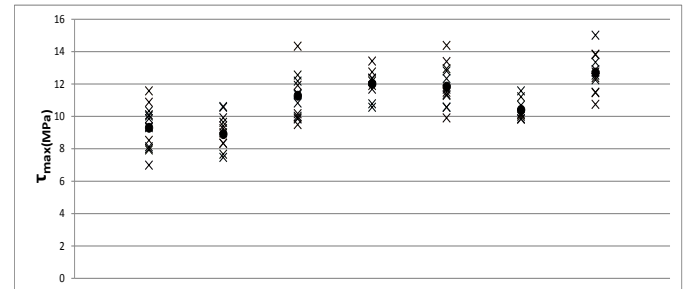
|                       |     |    |    |    |    |    |    |
|-----------------------|-----|----|----|----|----|----|----|
| s/a(%)                | 100 | 60 | 40 | 60 | 60 | 40 | 40 |
| G <sub>max</sub> (mm) | 0   | 10 |    | 20 | 20 |    |    |
| シリーズ                  | A   | B  | C  | D  | D' | E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

図-2  $\tau_{\max}$  の比較 (w/c50%)

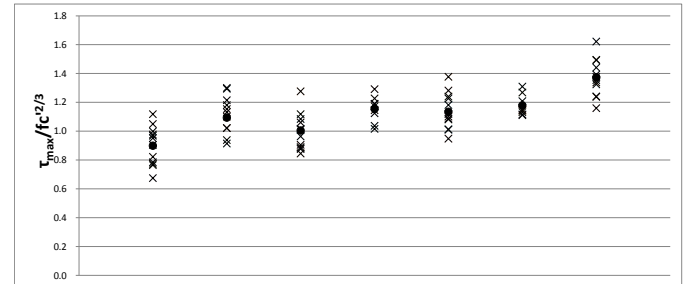
|                       |     |    |    |    |    |    |    |
|-----------------------|-----|----|----|----|----|----|----|
| s/a(%)                | 100 | 60 | 40 | 60 | 60 | 40 | 40 |
| G <sub>max</sub> (mm) | 0   | 10 |    | 20 | 20 |    |    |
| シリーズ                  | A   | B  | C  | D  | D' | E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

図-3  $\tau_{\max} / f_c^{2/3}$  の比較 (w/c50%)

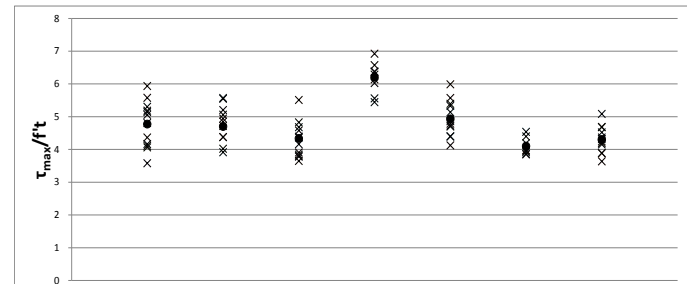
|                       |     |    |    |    |    |    |    |
|-----------------------|-----|----|----|----|----|----|----|
| s/a(%)                | 100 | 60 | 40 | 60 | 60 | 40 | 40 |
| G <sub>max</sub> (mm) | 0   | 10 |    | 20 | 20 |    |    |
| シリーズ                  | A   | B  | C  | D  | D' | E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

図-4  $\tau_{\max} / f_t$  (w/c50%) の比較

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

図-5  $\tau_{\max}$  の比較 (w/c65%)

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

図-6  $\tau_{\max} / f_c^{2/3}$  の比較 (w/c65%)

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

図-7  $\tau_{\max} / f_t$  (w/c65%) の比較

で割った値も求めてみた。

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

$\tau_{\max} / f_c^{2/3}$  を比較した図-3と6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。 $\tau_{\max} / f_t$  の比較を、図-4と7に示す。特にw/c65%の時は、 $G_{\max}$ 、s/aの変化に伴う無次元強度の変化が小さい。w/c65%でモルタルが弱くなると、粗骨材を変えることによる影響が付着強度、引張強度に対して同等に発揮されると言えそうである。

### 3. 3 結論

粗骨材がコンクリートの圧縮強度に影響を与えることはよく知られているが、付着強度に影響を与えていることがわかった。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の粗骨材による抵抗が、粗骨材量・径によって異なるためと考えられる。

### 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，第40回関東支部技術研究発表会（2013. 3）
- 2) メーターワット・タンマギット：付着強度に及ぼす粗骨材径・量の影響に関する基礎的研究，第41回関東支部技術研究発表会（2014. 3）
- 3) 土木学会：コンクリート標準示方書設計編，2013