

関東学院大学工学部 正員 牧 直

防大土木工学教室 正員 加藤 清志

関東学院大学工学部 正員 ○杉本 実

1. まえがき

長期継続振動締固めを受けたモルタル強度の発現は、標準モルタル強度と比較して著しく増加する事実を実験確認し報告した¹⁾²⁾。その1例を図-1、-2に示す。本報告ではさらにこのモルタル強度発現に及ぼす化学・物理的諸因子の影響度について分析し考察した。

2. 実験方法と考察

(1) 洗浄作用測定

振動機は Vee-Bee Consistometer の振動台で、性能は振動数 3,000 rpm、振幅は 0.15 mm から 1.0 mm の4段階の振動子によつて振動加速度を変換することができる。本実験では振幅 0.6 mm の1種類としたが、このときの振動加速度は 2 G であつた。また、型わくはセメント強さ試験用の三連モールドである。使用材料は普通ポルトランドセメント、標準砂、水道水である。また振動締固めによる洗浄効果を観察するため骨材モデル（ガラス玉、径 20 mm、10 mm、5 mm・普通天然粗骨材、径 20 mm、10 mm）の界面に粘土質汚泥および石膏を水に溶かして十分に塗り、24 時間空気中乾燥してから、モルタル内部に埋設して長期継続振動を与えた。モルタルの W/O は 50%・65%、セメント・砂重量比は 1:2 とし、振動時間は 4 時間とした。

振動締固めモルタル中の骨材モデル洗浄効果の形況を写真-1、-2、-3に示す。写真-1は無塗付骨材、写真-2は塗付骨材、写真-3は洗浄作用を受けた骨材である。写真-3から一般に石膏のような比較的付着力の大きいものでも、骨材界面はかなりよく洗浄されている。粘土質汚泥などの付着骨材界面はほとんど洗浄されてしまつてい^着のが観察できた。また骨材表面を包んだモルタル部分はセメントの安定性試験にもちいるガラス板付^着面の試料と非常によく似ており、ボン

図-1 圧縮強度の増加率と振動時間との関係

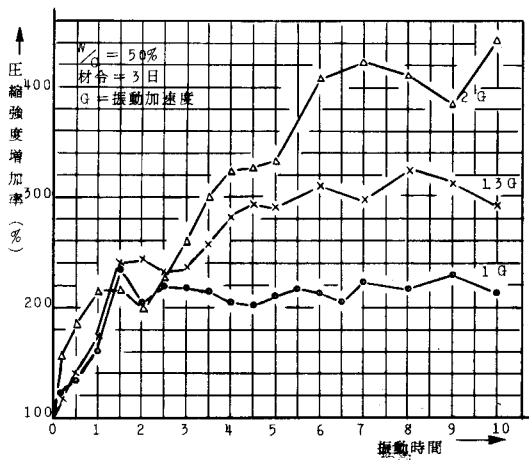


図-2 曲げ強度の増加率と振動時間との関係

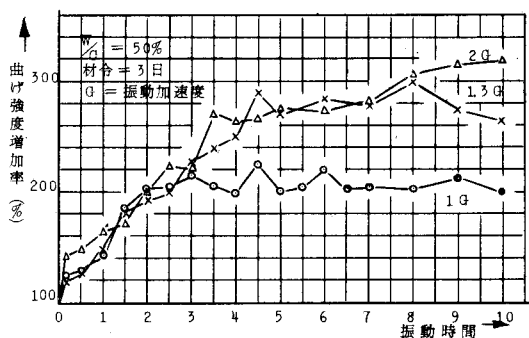


写真-1 無塗付骨材モデル

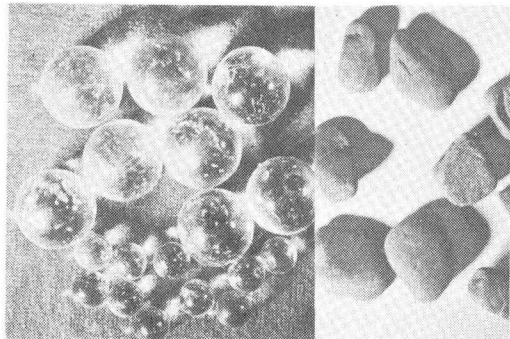
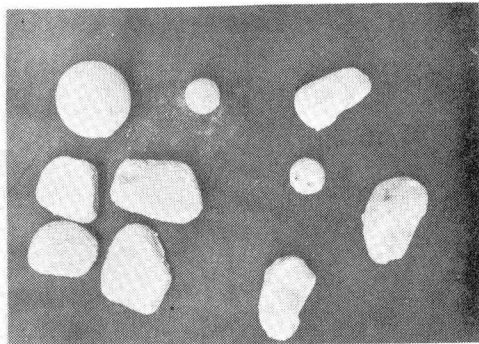
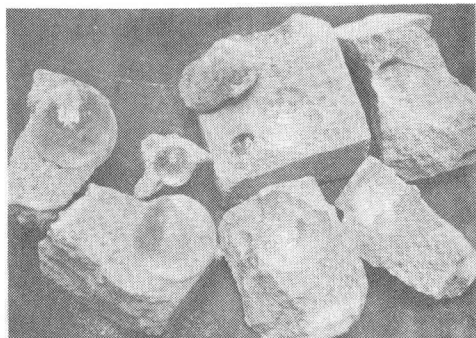


写真-2 塗付骨材モデル



も極めて強く、強度発現の主たる要因の1つと考えられよう。一方、洗浄作用の効果は $\frac{W}{O}$ の相違にあまり影響されていないが、全体として $\frac{W}{O}$ の小さいものが界面（骨材を包むモルタル表面）に空気泡が多く見られ、とくに骨材底部側の界面に多く残存し、 $\frac{W}{O}$ の大きなものほど材料分離は著しい。さらに骨材粒径の大小の洗浄作用への影響度については粒径の大きなものが容易に洗浄される傾向にある。また、これらの洗浄された物質（石膏、

写真-3 洗浄作用を受けた骨材モデル



粘土質汚泥）はモルタル内部に混入されてしまうものと考えられる。以上から振動による洗浄作用の主な要因は①粒子相互細骨材、またはセメントペーストとが接触して摩擦し、これによつて骨材界面上のシルト質汚泥が洗浄されること、②機械的振動によつて骨材粒子界面に一種の吸引剝離現象³⁾がおこっているものと考えられる。また、これらの作用と併行して骨材界面上の小孔隙ないしは粗面にセメントゲルが深く浸入して、くさび効果あるいは付着面積を大にする。これらが総体的に作用しあつて洗浄された骨材界面のボンドを高め、密実堅硬なモルタルに形成されるものと思われる。

(2) 内部摩擦熱測定

使用器具、器材は(1)と同様である。温度測定には棒状温度計（ $\frac{1}{10}^{\circ}\text{C}$ 目盛、最高 50°C ・ $\frac{1}{1}^{\circ}\text{C}$ 目盛、最高 100°C ）を使用した。また測定には恒温恒湿養生室（温度： $23^{\circ}\text{C} \pm 0.5^{\circ}\text{C}$ 、湿度： $85\% \sim 90\%$ ）中で行い、容量1.6ℓのポットを振動台に固定し、ポットに $\frac{W}{O} 50\%$ モルタルを填充した。なおこれと無振動標準モルタルの発熱状況とを比較した。

振動締固めモルタル中の内部摩擦熱の測定は写真-4～写真-9に示す。測定結果は図-3に示す図-3から振動によるモルタル温度の増加は5時間までで、以下低下している。写真-6、-7は測定終了後ポットの中ピンを破壊して硬化モルタルをとりだし、写真-8、-9はこれをクローズアップしたものである。さらに写真-10、-11はコンクリートカッターおよびロックカッターで4cm立方体の圧縮強度試験用供試体を製作したときの切断面であり、写真-12、-13はこれをクローズアップしたものである。これらの様相はいずれも前報告¹⁾²⁾と同様であり、振動モルタルの空気泡は極端に述

写真-4 温度測定状況

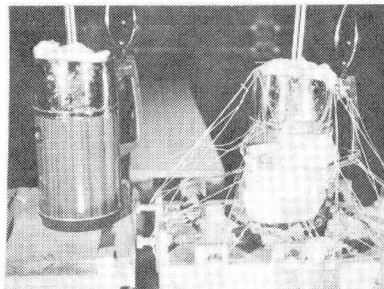
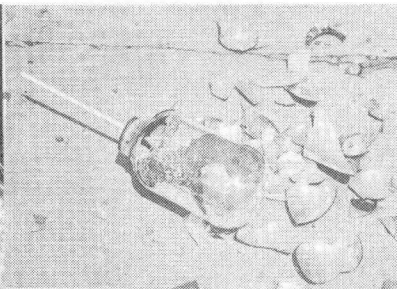


写真-6 ポット破壊状況



(標準) 写真-7 (振動)



写真-8 標準モルタル界面

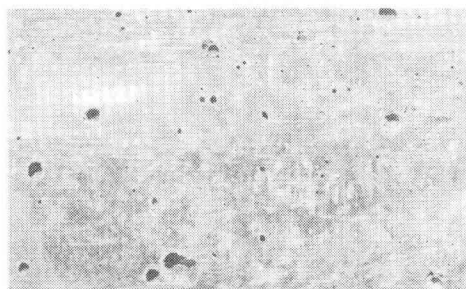


写真-9 振動モルタル界面

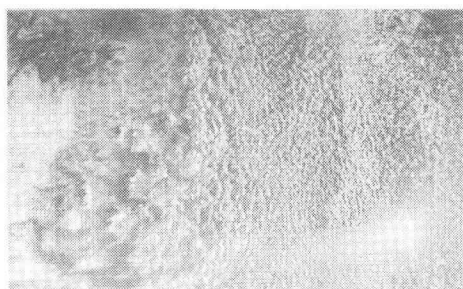


写真-10 標準モルタル切断面の形況

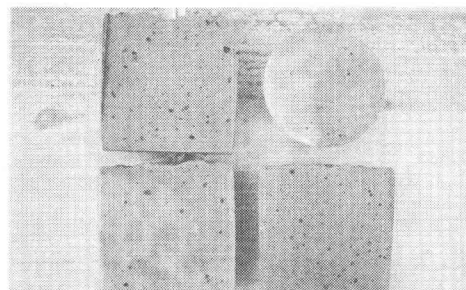


写真-11 振動モルタル切断面の形況

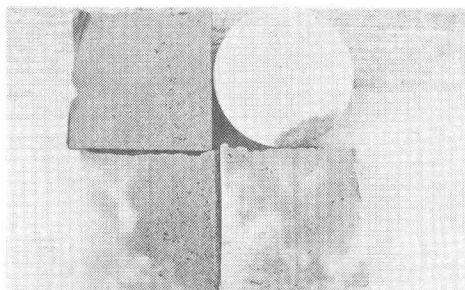


写真-12 標準モルタル (クローズアップ)

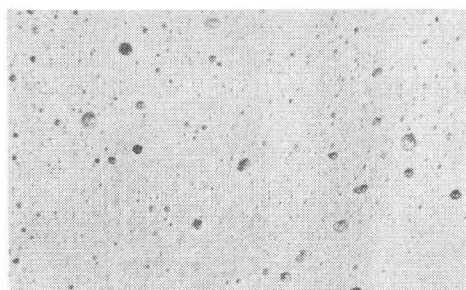


写真-13 振動モルタル (クローズアップ)

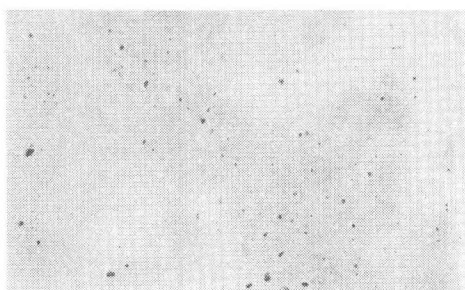
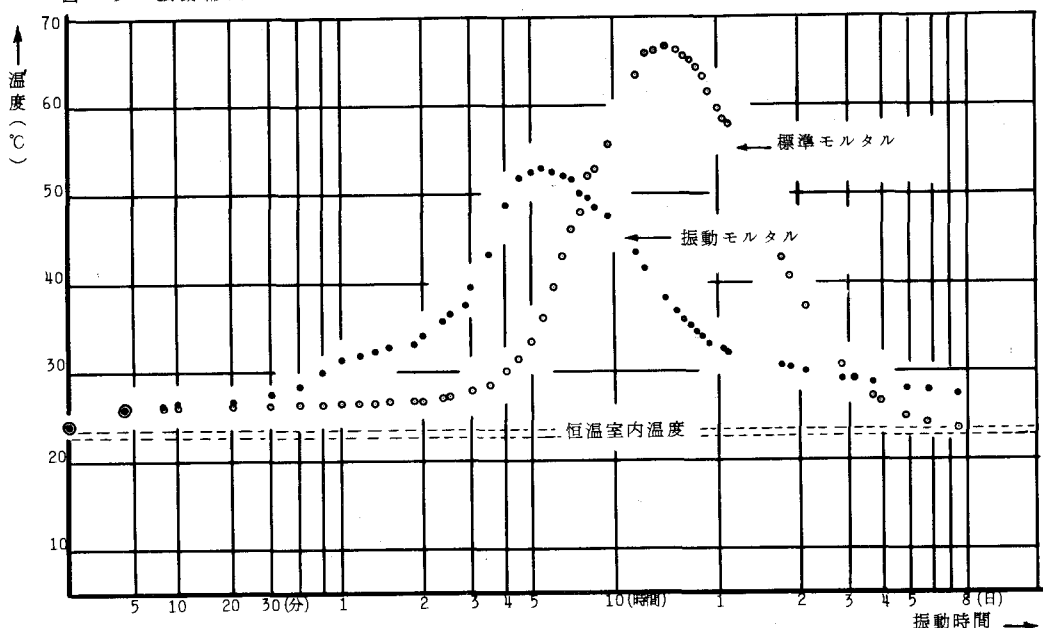


図-3 振動締固めモルタルの内部摩擦熱温度測定図



げ去つておらず、標準モルタルよりも全体的に空気泡は小さく、数も少ない。一方、図-3から標準モルタル温度と振動モルタル温度とを比較すると、振動モルタル温度の発熱は早期の短時間内に著しく増加しており、セメント凝結の終結時間（3時間50分）約4時間において振動モルタル温度の発熱は約50°C（標準モルタル発熱温度の約4倍）である。発熱温度と時間との関係は振動5時間までの熟成度（maturity）について考察した。振動モルタル温度が $3.3^{\circ}\text{C}\cdot\text{mm}/\text{cm}^3$ 、標準モルタル温度が $0.98^{\circ}\text{C}\cdot\text{mm}/\text{cm}^3$ となり振動モルタルの熟成度は約3.3倍である。以上から振動モルタルの初期の内部摩擦熱は標準モルタルの場合に比し約3.3倍の熟成度をもち、これが初期強度発現に著しく影響をもたらすものと思われる。またこの内部摩擦熱の生じる要因として考えられることは①洗浄作用と併行して粒子相互間の接触によつて生じる内部摩擦熱、②振動によつてセメント粒子が分散されその結果水和が促進され、従つて水和熱が大となる。

3. むすび

長期継続振動締固めモルタル強度の発現は、振動モルタル中で細骨材粒子界面が洗浄作用を受け、セメントペースト・マトリクスと細骨材粒子界面とのボンドが極めてよくなること、またセメント粒子が分散され水和が促進されること、水和熱と内部摩擦熱によつてセメント水和粒子が早期生長をうながされ、モルタル硬化が著しく進行すること、などについて述べた。なお、目下実験継続中であり、今後さらに研究する余地があるものと思ふ。

参考文献

- 1) 牧・加藤・杉本；長期継続振動を受けたモルタルの強度に関する基礎的研究、関東学院大学工学部研究報告、第13巻第1号、433
- 2) 同上、第22回セメント技術大会講演、435
- 3) 実吉・菊地・熊本；超音波技術便覧、日刊工業新聞社、35.11