

V—10 乾湿に伴うコンクリート露出面の水和度の変化

北見工業大学 正会員 ○ 鮎 田 耕 一

北見工業大学 正会員 林 正 道

北見工業大学 正会員 猪 狩 平三郎

1 ま え が き

コンクリート露出面の強度性状を把握するために別報¹⁾のように微小モルタル供試体の圧縮強度を用いることは、直接強度が求まる点で有効な方法である。ただ、供試体寸法による強度の補正が必要であり、またもっと小さな径の供試体を用いて圧縮強度を測定する場合、測定値がばらつきやすいなどが欠点といえる。そこで、本研究では圧縮強度を求めたあとの微小モルタル供試体のセメントの結合水量を測定することにより、供試体寸法による圧縮強度の補正の適否を検討するとともに、さらに、直径が小さい供試体 ($\Phi 5 \text{ mm}$) を用いて、より露出面に近い部分の水和性状を明らかにすることを試みた。

2 実 験 概 要

(1) 供 試 体

別報¹⁾の圧縮強度を測定した後の供試体を用いて、セメントの結合水量を測定した。また、この他に $\Phi 5 \text{ mm} \times 10 \text{ mm}$ の供試体を作製し、その結合水量も測定した。

(2) セメントの結合水量の測定方法

圧縮強度測定後、ペーストキャッピングの部分を取り除いた残りをハンマーで粉砕し、 1.2 mm ふるい通過分を試料とした。試料は 105°C で約24時間乾燥後重量を測定し、磁器のつばに $15 \sim 20 \text{ g}$ ずつ入れた。ただし、直径 5 mm の供試体は容積が少ないため、 2 g 程度を試料とした。乾燥試料は、 250°C に予熱した電気炉の中に入れ、2.5時間かけて徐々に 1000°C まで温度をあげ、 1000°C になってから30分間その温度を保ち、これをデシケータの中に移し放冷し重量を測定した。また、セメント、標準砂の乾燥重量、強熱重量も同様の方法で測定した。

(3) セメントの結合水量の計算方法

硬化したモルタルのセメントの結合水量 (W) は次式であらわされる。

$$W = (M_D - M_I) - (C_D - C_I) - (S_D - S_I)$$

ここで、 M : 試料の重量, C : セメントの重量, S : 標準砂の重量

添字の D : 105°C 乾燥, 添字の I : 1000°C 強熱

したがって、セメント重量当りの結合水量 (W_c) は次式から求められる。

$$W_c = \frac{M_D - M_I}{M_I} (m + 1) - a - b m$$

$$\text{ここで } m = \frac{S_I}{C_I}, \quad a = \frac{C_D - C_I}{C_I}, \quad b = \frac{S_D - S_I}{S_I}$$

さらに $m = \frac{S_n}{C_n} \times \frac{1 - S_i}{1 - C_i}$ であらわされる。ここで $\frac{S_n}{C_n}$ は当初配合比であり、 C_i , S_i は、使用

材料の強熱減量である。なお、本実験に用いた材料の強熱減量は、

普通ポルトランドセメント $C_i = 0.49\%$, フライアッシュセメント $C_i = 0.59\%$

豊浦標準砂 $S_i = 0.39\%$ であった。

3 実 験 結 果

別報¹⁾の表-1に示した5種類の温度・湿度条件別のセメントの結合水量の測定結果を図-1～5に示した。

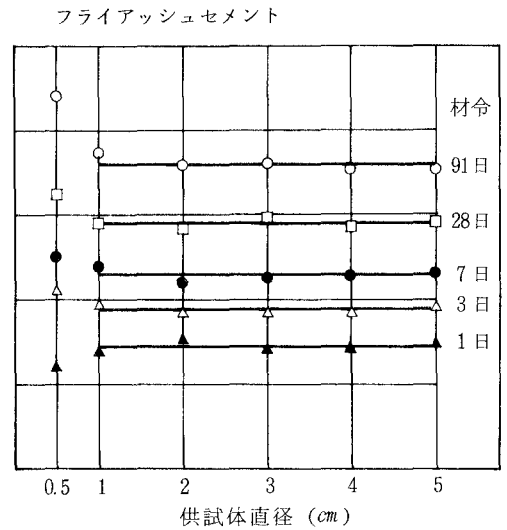
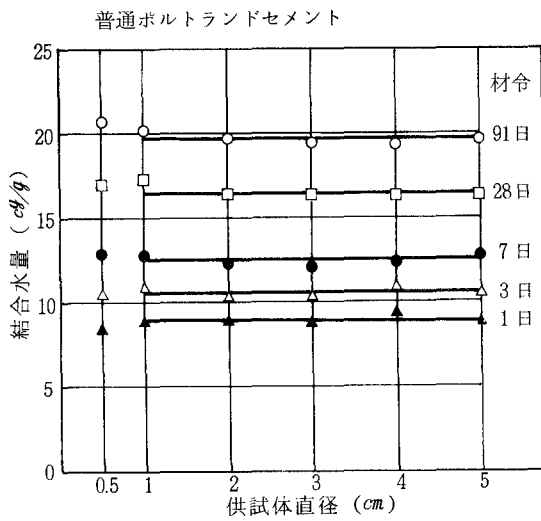


図-1 水中養生

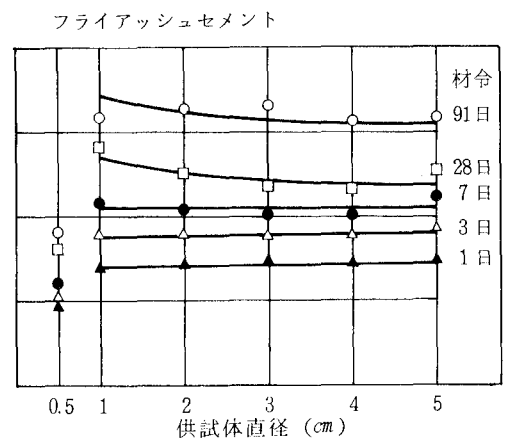
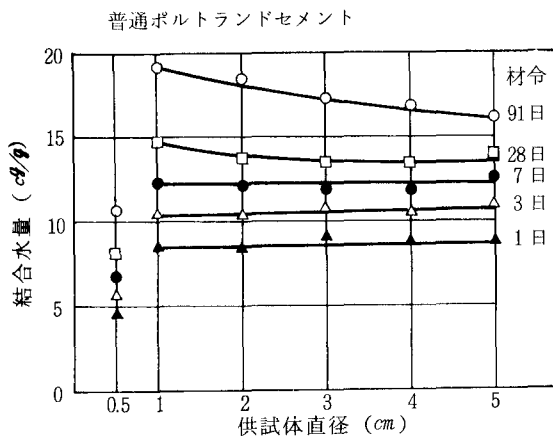


図-2 湿度 50 %

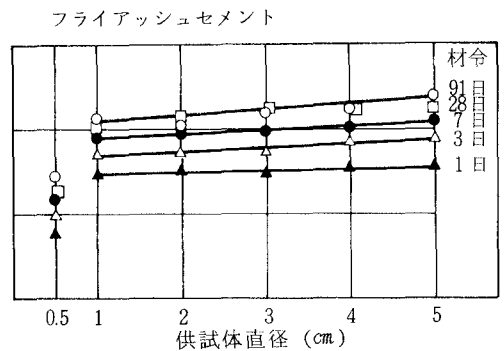
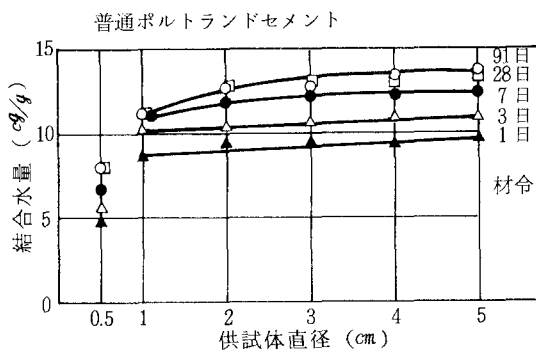


図-3 強制乾燥

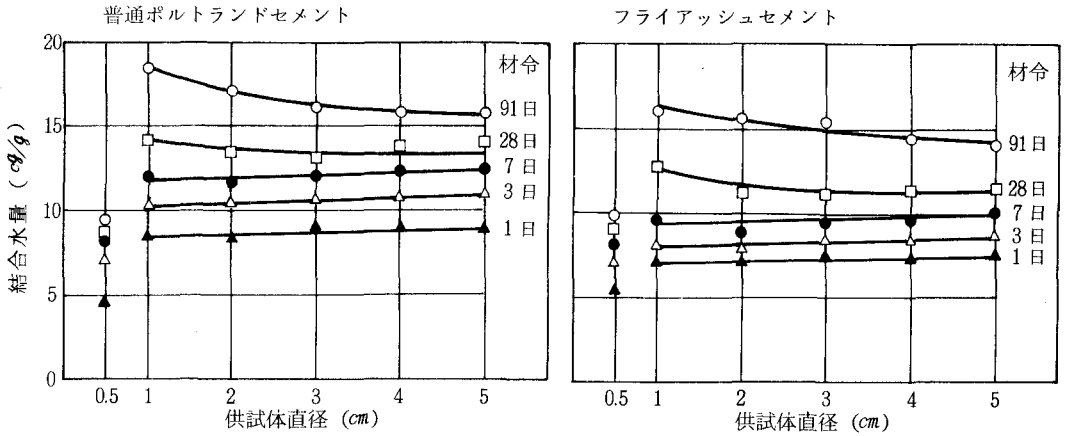


図-4 乾 湿 繰 返 し

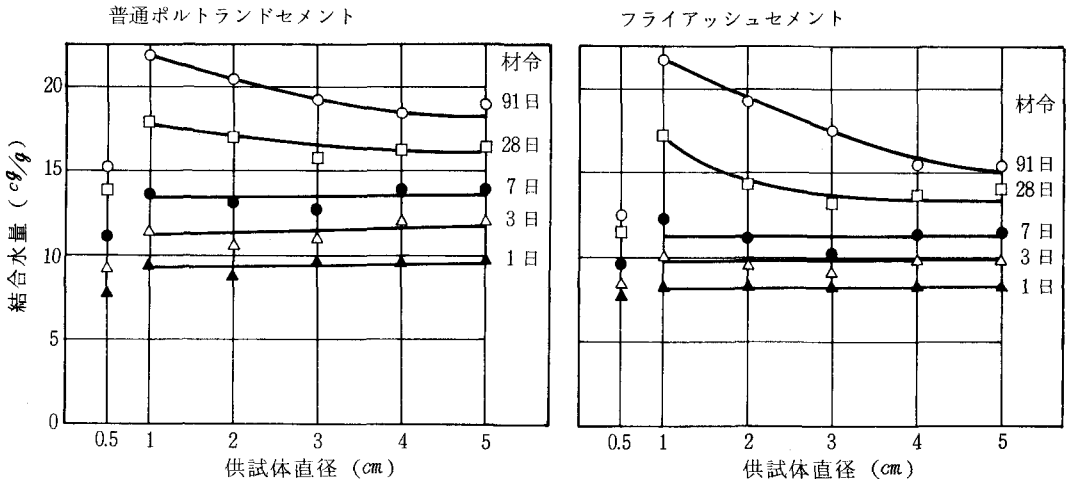


図-5 屋 外 曝 露

4 考 察

(1) 乾燥に伴う結合水量の変化について

温度・湿度条件によるセメントの結合水量の比較を、材令28日、91日の場合について図-6、7に示した。この結果から明らかなように、強制乾燥の場合、供試体寸法が小さくなるほど結合水量が少なくなっていて、相対湿度25%のもとではコンクリート露出面の水和は停滞することを示している。一方、他の乾燥条件において供試体の結合水量は、直径が1～5cmの範囲では、寸法が小さい程多くなる傾向を示しているが、これは炭酸化によるためと思われる。すなわち、ここで求めた結合水量は炭酸化による重量変化がないと仮定して求めた値であり、炭酸化がほとんど進行しない水中養生あるいは強制乾燥の場合は妥当なものであるが、それ以外の条件下では炭酸化による重量増分が結合水量の測定値の中に含まれてしまい、実際の結合水量より大きい値を示す。そのため、炭酸化した部分の容積が供試体容積に占める割合の多い小さい供試体ほど水和水が進行しているような状態を見掛け上示している。また、このような条件下の直径が5mmの供試体の場合、長期材令では供試体全深に炭酸化が進行していると思われるが、結合水量の測定値は寸法の大きな供試体に比べてかなり少ない。このことは、水和水がほとんど進行していないことを示していて、これらのことから、コンクリート露出面の近傍では乾燥により水和水が著しく停滞することが明らかである。

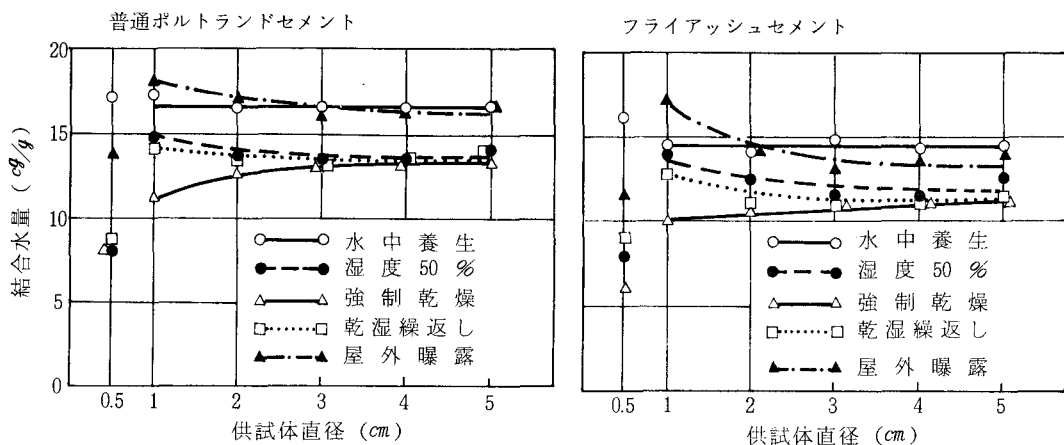


図-6 温度・湿度条件の比較 (材令28日)

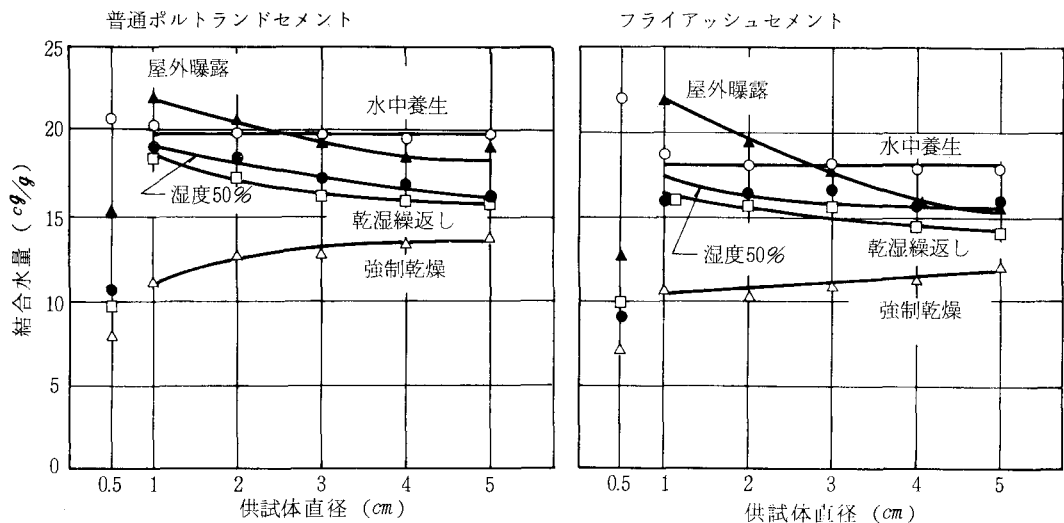


図-7 温度・湿度条件の比較 (材令91日)

水中養生の場合、直径が1～5cmの供試体のあいだには、結合水量の差は、ほとんどなく、ほぼ同じ水和程度といえるが、直径5mmの供試体の結合水量がやや多く測定されている。

(2) 材令の経過に伴う結合水量の変化について

供試体直径5cmと0.5cmの場合の結果を図-8, 9に示した。前述のように、乾燥条件によっては、炭酸化による見掛けの結合水量の増加があるため、この結果からのみでは、コンクリート露出面の材令に伴う水和性状の変化を十分に把握することができないが、乾燥により初期材令で、コンクリート露出面の水和が停滞することがうかがえる。

(3) セメントの種類の影響について

図-10にセメントの種類による結合水量の比較を3つの条件について示した。いずれの条件の場合も普通ポルトランドセメントを使用した場合の結合水量が多く測定されていて、この実験の場合、材令91日でもフライアッシュのポゾラン反応がまだ十分に発揮されないことを示している。また、屋外曝露の場合、供試体寸法が小さくなるにつれて、フライアッシュセメントの結合水量が普通ポルトランドセメントと等しくなる

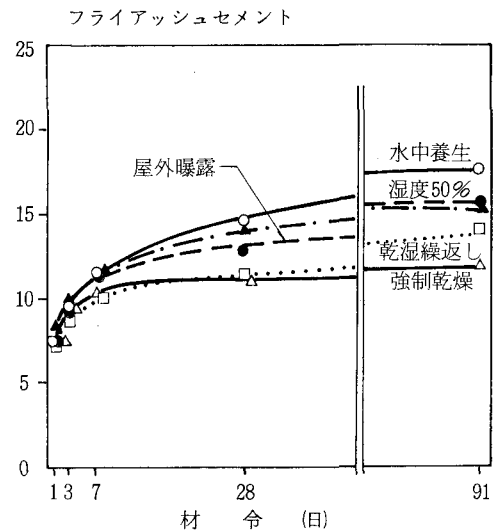
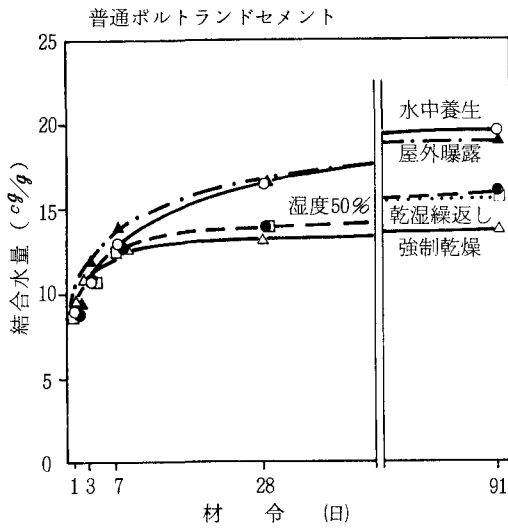


図-8 材令の経過に伴う変化 (Φ 5 cm)

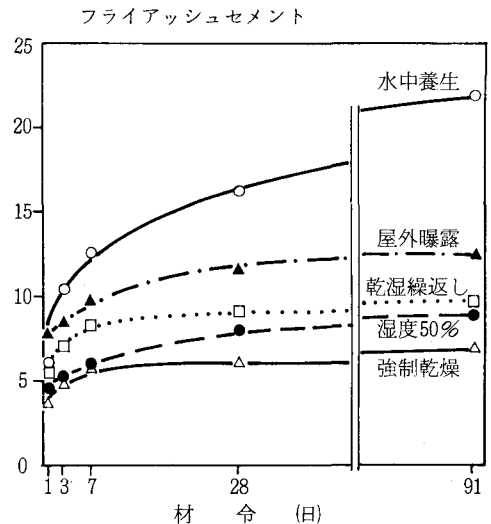
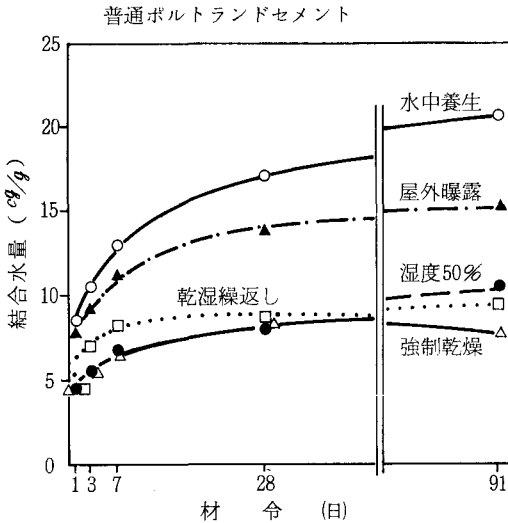


図-9 材令の経過に伴う変化 (Φ 0.5 cm)

傾向にあるが、これは、フライアッシュセメントの方がより炭酸化の影響を受けやすいと思われる。

(4) セメントの結合水量とモルタルの圧縮強度との関係について

水中養生の場合のセメントの結合水量と別報¹⁾のモルタル供試体の圧縮強度との関係を図-11に示した。両者は極めてよい相関を示している。このことから、供試体寸法による圧縮強度の補正は、ほぼ満足できるものであったといえる。他の温度・湿度条件の場合の1例として、フライアッシュセメントを使用した直径1 cmの供試体の結果を図-12に示した。温度・湿度条件によってセメントの結合水量とモルタルの圧縮強度の関係は異なっていて、特に水中養生の場合と乾燥した場合では、まったく違う傾向を示している。これは乾燥した供試体では炭酸化による圧縮強度の増加があるものの、それ以上に重量増分が多いためであろう。したがって、セメントの水和性状からモルタルの圧縮強度を推定するためには、セメントの結合水量に及ぼす炭酸化の影響についての詳細な検討が必要となろう。

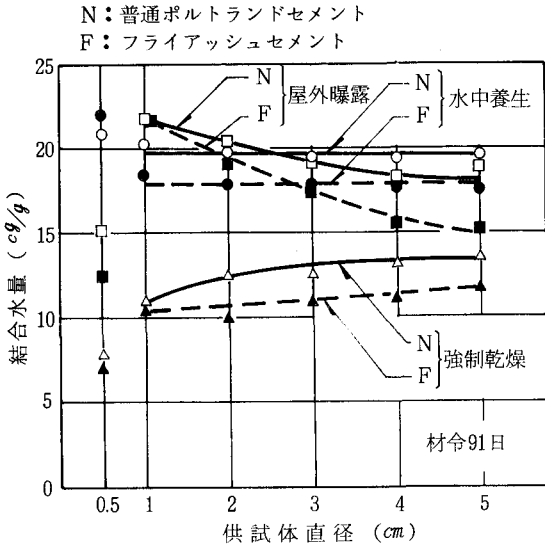


図-10 セメントの比較

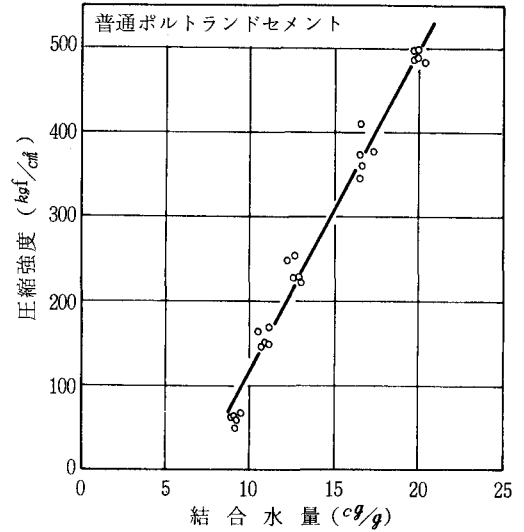


図-11(1) 結合水量と圧縮強度の関係

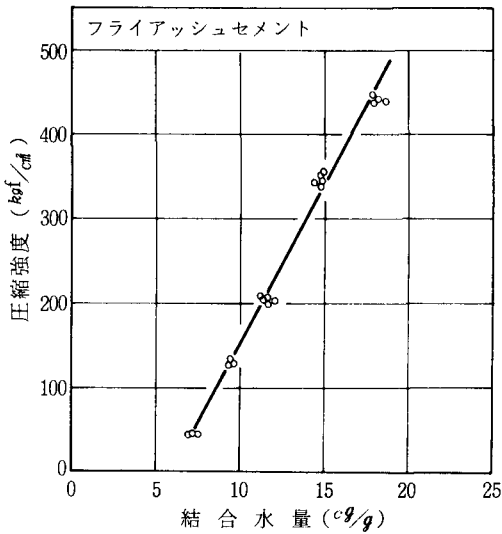


図-11(2) 結合水量と圧縮強度の関係

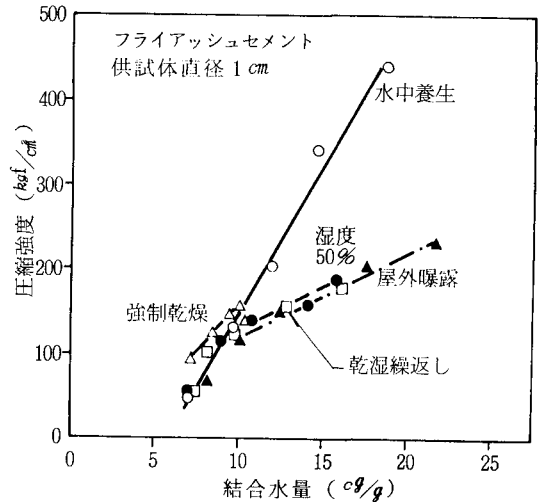


図-12 結合水量と圧縮強度の関係

5 まとめ

乾湿に伴うコンクリート露出面の水和性状について実験を行った結果、次のことが明らかになった。

- (1) コンクリートの露出面は乾燥によって内部より水和が停滞する。
- (2) セメントの結合水量の測定値は、炭酸化の影響を受ける可能性が大きく、その結果、炭酸化が促進される乾燥状態の場合、結合水量の測定から水合程度を把握するためには、炭酸化による重量増分の補正が必要になる。
- (3) 水中養生の供試体のセメントの結合水量とモルタルの圧縮強度との関係から、別報¹⁾のモルタル供試体の寸法による圧縮強度の補正は妥当であったことが確認された。

参考文献 1) 林, 鮎田, 長山, 乾湿に伴うコンクリート露出面の強度の変化, 土木学会北海道支部論文報告集 第37号 昭和56年2月