

V-162 種々の乾湿条件下におけるセメント硬化体の長さ変化

岩手大学 学生員 小西 俊之

岩手大学 正 員 藤原 忠司

1. まえがき

コンクリート等のセメント系硬化体は、環境条件に応じて乾燥あるいは吸湿・吸水し、長さ変化を生じる。この長さ変化は、ひびわれの発生をはじめ、多くの問題に関連する可能性があるため、これに影響を与える要因をよく把握しておく必要がある。本実験では、乾湿条件を種々に設定した環境下における硬化セメントペーストの長さ変化を実測し、環境条件の影響を調べてみた。

2. 実験概要

セメントペーストの水セメント比は、35% および 50%、水中養生期間は28日とし、セメントには普通ポルトランドセメントを用いた。水中養生後の雰囲気条件は表-1に示す通りであり、測定期間は最長で5年余となっている。長さ変化は、転倒式コンパレータによって測定した。供試体は、4x4x16cmの角柱である。

3. 実験結果および考察

各種乾燥条件のもとにおける質量減少率と収縮の関係を図-1に示す。いずれも、水中養生直後の飽水状態から出発し、温度 105℃ のもとの絶乾状態までを測定しているが、水分の逸散量を示す質量減少率に対応する収縮ひずみは、途中の乾燥条件の違いによって、それぞれ大きく異なる軌跡をたどり、終局の収縮値にも著しい違いが見受けられる。

終局ひずみの最も小さいのは、炉乾燥の場合であり、乾燥が急激であるため、夥しい収縮ひびわれが発生し、長さ変化を減少させたと推察される。これに対し、湿度を徐々に低める乾燥の場合には、収縮ひびわれの発生がほとんど見られず、その影響は少ない。この条件における測定は長期にわたっており、収縮をもたらす力がクリープによって緩和された可能性もある。それにもかかわらず、終局ひずみはきわめて大きく、水セメン

ト比 50% の硬化ペーストは、 11×10^{-3} 以上もの収縮ひずみを示している。この値は、既往の測定例に比し、最大級のものである。

これらひびわれやクリープ等の影響を一応除外し、内部の水量の変化

表-1 実験条件

No	条件名	乾湿条件
1	段階的乾燥	水中→R.H.60%→R.H.30%→乾燥炉
2	徐乾燥	水中→（湿度を徐々に低める）→R.H.0%→乾燥炉
3	急乾燥	水中→R.H.0%→乾燥炉
4	炉乾燥	水中→乾燥炉
5	徐湿潤	水中→乾燥炉→（湿度を徐々に高める）→R.H.100%→水中
6	急湿潤	水中→乾燥炉→R.H.100%→水中
7	水中浸漬	水中→乾燥炉→水中
8	乾湿繰返し	水中→乾燥炉→水中→乾燥炉の繰返し
9	屋外放置	水中→屋外

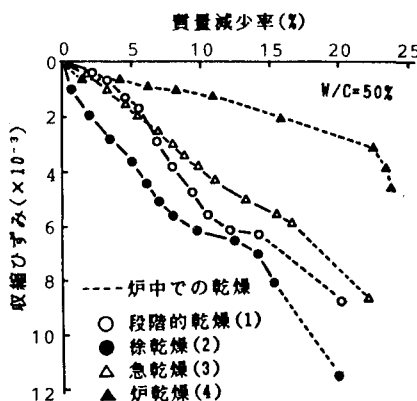


図-1 質量減少率と収縮の関係

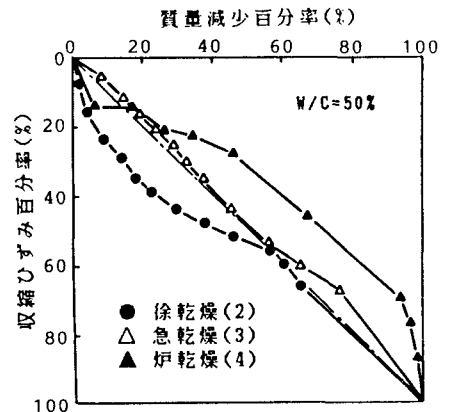


図-2 乾燥過程における長さ変化

に対応したひずみの変化の形態を乾燥条件によって比較するため、質量と長さの変化を絶乾時を 100% とした百分率で示したのが、図-2である。乾燥条件が厳しい場合、水分逸散の前半における収縮が比較的緩慢であり、乾燥の最終段階で著しい収縮を示す。一方、乾燥条件が緩ければ、水分逸散の初期における収縮が著しい。このように、同じ乾燥過程ではあっても、水分逸散に対応した収縮の発現には、乾燥条件によって差がみられる。この違いには、乾燥にともなう内部での水分の移動過程や硬化ペーストの細孔構造が関連していると推察され、この点を明瞭にできれば、セメント硬化体の収縮機構を説明する上で、有力な手がかりになると期待される。

図-3は、絶乾にした供試体を吸水あるいは吸湿させたときの質量と長さ変化の関係を、飽水時を 100% としたそれぞれの百分率で示している。乾燥時とは逆に、水分獲得によって質量が増し、膨張するが、質量増に対応する膨張の過程が雰囲気条件によって大きく異なっており、この点は乾燥時と同様の傾向にある。とくに、吸水と吸湿とは全く異なる軌跡を有しており、水分の浸透が液相あるいは気相のいずれを主とするかで、長さ変化に著しい違いをもたらすことを示唆している。

乾燥炉と水中での乾湿繰り返しにともなう長さや質量の変化を示したのが、図-4である。炉乾燥により減少した質量は、水中浸漬によってほぼもとに戻る。これに対して、収縮ひずみは残留し、サイクルの進行とともに、それが増大していく。不可逆な収縮は、層間水の逸脱によるゲル粒子間距離の短縮等によって説明可能であろうが、この例も、質量の増減に対する収縮の変化が必ずしも単純ではないことを示している。

以上のように、乾湿にともなうセメント硬化体の長さ変化は、質量の変化に比例的に対応するものではなく、しかもその対応は雰囲気条件によっても大きく異なることが判明した。図-5は、ペースト供試体を屋外に暴露した場合の質量と長さ変化との関係を示している。実験室で設定する条件とは違って、自然の乾湿条件は複雑であり、図にも明確な規則性がみられない。この見複雑な結果には、条件によって異なる関係を示す質量と長さ変化との単純でない関係が大きく関連しているように思われる。

4. あとがき

乾湿の条件により、セメント硬化体は水分の増減に対して複雑な長さ変化をする。しかし、大略的には乾燥による収縮、吸水・吸湿による膨張であり、たとえば乾燥時の膨張などは示さない。長さ変化機構としての毛管張力理論によれば、乾燥後期に膨張が生じるはずであるが、そのような傾向は本結果に見られず、この理論の妥当性を今一度検討すべきであると考えられる。

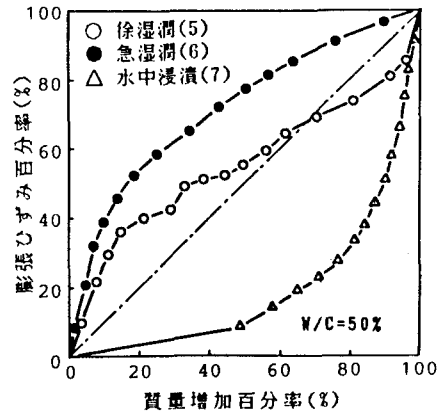


図-3 吸水・吸湿過程における長さ変化

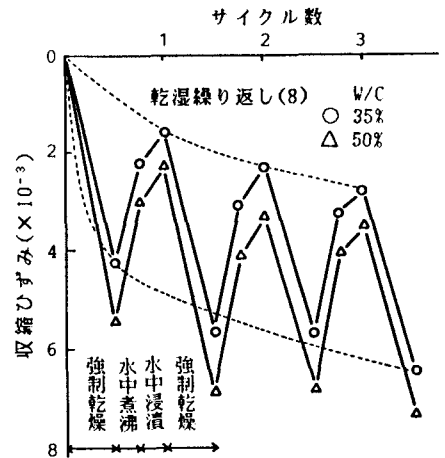


図-4 乾湿繰り返しによる長さ変化

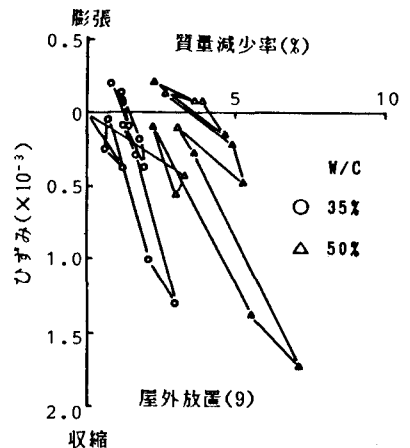


図-5 屋外における長さ変化