

PSV-14 コンクリートの乾燥収縮およびクリープに及ぼす細孔構造の影響

広島大学 正 員 米倉亜州夫

広島大学 学生員 田中敏嗣

1. まえがき

本研究は、コンクリートの乾燥収縮およびクリープをコンクリート中の細孔構造と関連づけて、その機構について検討したものである。細孔構造を変化させるため水セメント比、標準養生期間、製造時の養生方法、混和材混入率等を変化させた。ここに報告したものは著者らが約10年間に行った研究を総括したものであるが、紙数の関係でここでは一部のみ報告する。

2. 実験概要

使用した材料は早強または普通ポルトランドセメント、シリカフェーム、高炉スラグ微粉末、高性能減水剤等である。コンクリート、等の配合は水セメント比を20~65%に変化させた。供試体は15×15×53cmまたは10×10×40cmの直方体でクリープ供試体はPC鋼棒にて載荷時の応力-強度比が0.3となるように応力を導入した。標準養生期間は材令28日のものと1~28日まで変化させたものがある。供試体は所定の標準養生後、基長と重量を測定し、温度20℃湿度約50%の室内に静置したものと、20℃水中に静置したものがある。長さ変化は埋込みゲージまたはコンタクトゲージで測定した。長期間乾燥後、残留水量の測定を炉乾燥によって求めた。また、一部のものは細孔径分布を水銀圧入法ポロシメーターによって測定した。

3. 試験結果および考察

(1) コンクリートの乾燥収縮

図-1に示すように、単位セメントペースト量当りの乾燥収縮は圧縮強度が大きいもの程小さくなり、両者の間にほぼ直線関係があることが認められる。またオートクレープ養生した場合の乾燥収縮は標準養生した場合と比較して同一圧縮強度において約1/2である。図-2よりコンクリート中のセメントペーストの細孔容積は圧縮強度が大きくなる程小さくなり、オートクレープ養生した場合が標準養生した場合より同一圧縮強度において大きい。細孔容積が大きいほど変形し易いことを意味すると思われるので、オートクレープ養生した場合に乾燥収縮が小さいのはどのような理由によるか検討する。毛細管張力理論によれば毛細管張力による収縮力によって乾燥収縮が生じる。温度20℃湿度50%で乾燥させた場合には、細孔半径16Å以上の細孔に存在する水分は蒸発すると言われているので、細孔半径7.5~15Åといわれるセメントゲル空隙に存在する水分は長期乾燥後においても蒸発せず、従って、本研究の乾燥条件下では、この部分の細孔に発生する毛細管張力が最大となる。毛細管張力は $2\gamma/r$ (γ : 表面張力, r : 細孔半径) で表わされるので、細孔半径が小さい程大きくなる。従って長期乾燥後供試体内に残留していた水分が多いもの程収縮力は大きいことになる。このことを図-3に示すがオートクレープ養生した場合の残留水量は同一圧縮強度において標準養生した場合の約1/2となっている。このことが細孔容積が大きくてもオートクレープ養生したコンクリートの乾燥収縮を小さくした理由の1つと思われる。コンクリートの乾燥収縮を細孔に発生する毛細管張力による応力による弾性変形とクリープ変形であると考えて、計算値と実測値を比較した場合大略一致することを確かめている¹⁾。コンクリートの乾燥収縮をこのような考え方に基ずいて検討した場合、乾燥収縮は毛細管張力による応力と変形のし易さの程度の兼ね合いによって決まると言える。変形のし易さの程度は細孔容

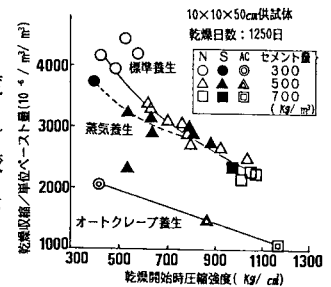


図-1 乾燥収縮と圧縮強度との関係

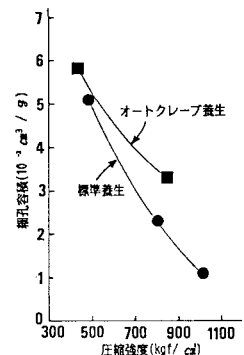


図-2 細孔容積と圧縮強度との関係

積や圧縮強度によって決まる。細孔構造を水セメント比、標準養生期間、混和剤混入の有無、製造時の養生方法等によって変化させることによって乾燥収縮にどのように影響するかを調べ、上記の考え方を確かめている。^{2) 3) 4)}

(2) コンクリートのクリープ

図-4はコンクリートの単位クリープと圧縮強度との関係を示した一例である。単位クリープは、圧縮強度が大きくなる程直線的に小さくなり、空中環境における場合が水中環境における場合より低強度であるほど大きくなっている。圧縮強度が1000kgf/cm²以上になると空中、水中における場合のクリープの差はなくなり、逆に空中におけるクリープが小さいという結果になっている。ここでクリープ歪は、クリープ供試体の全収縮ひずみより弾性変形および無載荷状態の乾燥収縮歪を差引いて求めている。これは、便宜的なものでクリープの機構に基づく本質的なものではない。クリープ試験用供試体のコンクリート中の細孔は載荷時に弾性変形として、ある程度変形しているためクリープ供試体の乾燥収縮は無載荷の乾燥収縮とは異なることが考えられる。図-5は水中養生したコンクリートの場合で弾性変形も含めたクリープ変形について標準養生した場合とオートクレーブ養生した場合について示し、さらに乾燥収縮歪についても示したものである。これらの図より無載荷の乾燥収縮歪の経時変化がクリープ歪よりも大きく特にオートクレーブ養生

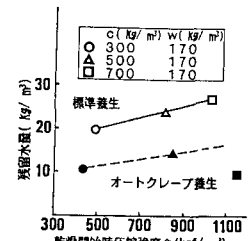


図-3 残留水量と圧縮強度との関係

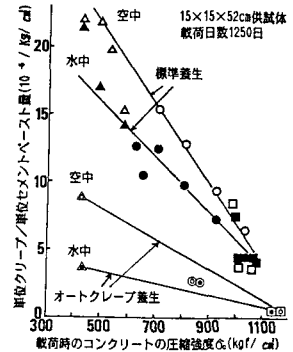


図-4 単位クリープと圧縮強度との関係

した場合、両者の差が著しいことが認められる。乾燥収縮供試体の毛細管張力による応力は最終的には標準養生の場合105～115kgf/cm²、オートクレーブ養生の場合約60～65kgf/cm²と計算されたが、これに対しクリープ供試体の載荷応力は200～300kgf/cm²となっており乾燥収縮供試体の場合の2倍以上の応力が作用していることになる。それなのに、クリープ変形は載荷後、乾燥収縮歪より小さい。これは乾燥収縮の場合乾燥開始時、細孔は全然変形していなかったため、大きな細孔は小さな応力でも容易に変形すると思われる。一方クリープ供試体の場合は変形しやすい大きな細孔は弾性変形時に変形してしまっており持続応力作用時は小さな細孔の変形となり、骨格構造に妨げられて小さな変形となると思われる。従って、クリープ供試体の乾燥収縮は無載荷乾燥供試体の場合の収縮より小さいと思われる。このことが高強度コンクリートにおいて、クリープ供試体の全歪より乾燥収縮分を差引き過ぎたため空中養生した場合のクリープが水中の場合より小さくなった原因だと思われる。オートクレーブ養生した場合、図-5より弾性変形が大きいのに、図-1、図-4に示すように乾燥収縮とクリープが小さくなっているが、これは大きな細孔が多く、微細孔が少ないためである。又、空中養生した場合の単位クリープが水中養生した場合より低強度において特に大きいのは、乾燥によって発生した毛細管張力による応力が載荷応力とともに作用しているのに、これを無視して単位クリープを計算したためで毛細管張力による応力と載荷応力による純然たるクリープに対して単位クリープを計算した場合、水中養生した場合の基本クリープと一致して、いわゆる乾燥クリープは存在しないことになる。

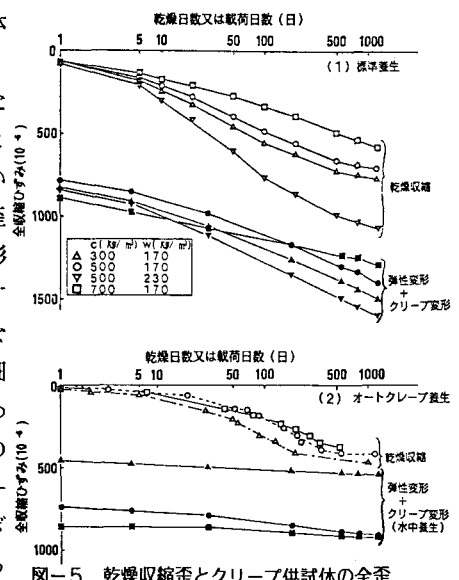


図-5

乾燥収縮歪とクリープ供試体の全歪