

低温がコンクリート・モルタルの自己収縮と水和反応に及ぼす影響

出雲 健司 [北海道大学大学院工学研究科／助手]

背景・目的

コンクリート構造物の劣化は、セメントなどの結合材料部分に欠陥が生じることによりそこから劣化因子が侵入して起こる可能性が高い。その欠陥を引き起こす要因として、自己収縮が挙げられる。自己収縮では水和による水の消費が関係していると多くの論文・報告で指摘されている。この時、温度の影響は大変大きなものと考えられるが、低温環境下での研究が少ない。そこで、本研究では低温環境がコンクリート・モルタルの自己収縮と水和反応に及ぼす影響を、自己収縮ひずみ、内部の相対湿度、内部の温度変化によって検討をした。

内容・方法

本研究はモルタルを使用し、その配合の単位水量を一定に設定し、水セメント比を25%～65%の間で5段階変化させている。使用材料は20℃一定で保管しており、目標スランプフローを得るためにポリカルボン酸系の高性能AE減水剤を適量使用している。供試体の寸法は自己収縮ひずみと供試体内部の相対湿度測定用ともにφ50×100mmを使用している。

供試体は打設直後に封緘し、10℃と20℃に一定に保たれているそれぞれの恒温恒湿槽に設置し、材齢182日まで自己収縮ひずみと内部の相対湿度、内部の温度を測定した。自己収縮ひずみの測定法は埋め込み式のひずみゲージを用いて測定している。供試体には熱電対が埋め込まれており、この熱電対で測定した内部の温度を測定して、水和反応の考察を行っている。内部の相対湿度の測定法は埋め込み式のセラミックセンサーを用いて測定を行っている。

結果・成果

温度に関わらず水セメント比25%～45%の範囲では水セメント比が低いほど、自己収縮ひずみが大きくなる。同一水セメント比で10℃の方が20℃に比べると、自己収縮ひずみが大きくなるという結果が出てきている。同一配合で自己収縮が20℃より10℃の方が大きい水セメント比25%,35%,45%は以下の傾向が示されている。内部温度は打設直後、雰囲気の温度に近づき、その後、内部温度が上昇する。この温度の上昇はセメント鉱物であるエーライト($3\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$)の反応と対応していると言われており、内部温度が上昇すると共に水和反応が開始され、内部の温度がピークで最も水和反応が活発で、その後水和反応が鈍くなっていくと考えられる。雰囲気温度10℃

では20℃と比較すると水和の開始が遅く、水和反応が長い期間行われている。ひずみとの対応を考えた場合、雰囲気温度に関わらず、打設直後にひずみが増大ていき、内部温度がピークに達するところでひずみの増大が一旦止まることから、内部温度のピークに達する材齢が遅い雰囲気温度10℃の方が20℃より自己収縮ひずみが大きくなっている。つまり、水和反応の遅れが自己収縮に大きく影響していることが示されている。供試体の内部の相対湿度の変化は、水セメント比が低いほど、内部の相対湿度も低くなるわけではない。ただし、内部の相対湿度を測ったデータがまだ少なくここでははつきり傾向はまだ論じられないが、水の消費量で自己収縮が一律に決まるという傾向は見られない。また、供試体の内部相対湿度と自己収縮ひずみの関係は、温度に関わらず内部の相対湿度の変化で線形的に自己収縮ひずみが決まるというわけではない。水セメント比が低いほど、打設直後、相対湿度が保たれたまま、自己収縮ひずみが増大している。その後、温度・配合に関わらず相対湿度が低下とともに自己収縮ひずみが増大するが、その勾配は一定ではなく、なおかつ温度・配合によって大きく異なる。このことから自己収縮ひずみは今まで自己収縮の原因とされてきた水の消費以外の要素が考えられる。自己収縮ひずみと同様に、ある程度材齢が進むと、内部の相対湿度が平衡状態になり、自己収縮ひずみが平衡に達する材齢とほぼ一致する。内部の相対湿度がほぼ平衡に達し、自己収縮ひずみがほぼ増大しなくなるということはそこで水和反応がほぼ停止していると考えられる。水和反応は化学反応であるから雰囲気中の温度や反応物質の量や濃度に影響されるのは自明のことであるが、本データにより水和反応に必要な内部の相対湿度が初めて存在することが示された。

今後の展望

本研究で得られた成果は、北海道などの寒冷地のコンクリート構造物は東京などのコンクリート構造物と比べて劣化する確立が高いことを示している。したがって、今後の展望として、ひずみのデータだけを揃えるのではなく、そのメカニズムの解明が急務となってくる。そこで、メカニズムの解明のために、今後は強度・水和生成物の検討を行い、自己収縮と乾燥収縮とリンクさせていく予定である。このメカニズムの解明によって、その後はコンクリート構造物を劣化させないような対策に取りかかる予定である。