

V-373

モルタルの曲げ強度に及ぼす水分移動の影響

北海道開発局 開発土木研究所 正会員 堺 孝司
 日鐵セメント 研究開発部 下林 清一
 日鐵セメント 研究開発部 星 俊彦

1. まえがき コンクリートが乾燥作用を受けると、水分逸散による収縮ひずみが生じ、コンクリートの耐久性にとって好ましくないひびわれの発生が問題となる。これまでコンクリートの乾燥収縮挙動に関して多くの研究がなされてきた。これらの研究は主としてコンクリート部材の表面の収縮ひずみ量を対象にしており、収縮ひずみ量に関する多くの予測式が提案されている。一般に、コンクリート部材における断面方向の乾燥程度の違いが内部応力を発生させているであろうことは明らかであり、そのような応力の発生メカニズムを探ることはコンクリートの曲げひびわれ発生および破壊現象を正しく理解する上で極めて重要となる。宮沢ら¹⁾は、乾燥収縮によるモルタル供試体の断面内応力分布とその曲げ強度に及ぼす影響についての検討を行っている。また、Al-Mudaiheem²⁾は、乾湿の作用を受けるセメントペーストおよびモルタルの挙動を動弾性係数を用いて評価しており、断面内の水分の移動による応力勾配に着目している。

本研究では、モルタルの曲げ強度に及ぼす水分移動の影響について実験的に検討し、内部応力による曲げ強度増減のメカニズムに関する考察を行った。

2. 実験概要 セメントは、普通ポルトランドセメント（OPC）と早強ポルトランドセメント（HPC）を用いた。HPCには同量の高炉スラグ微粉末を混合した。表-1に、セメント、高炉スラグ微粉末、および混合物の物理特性を示す。細骨材は、登別産海岸砂（比重=2.68, FM=2.73）およびスラグ細骨材（比重=2.80, 径1.2mm以下）を用いた。実験に用いたモルタルの配合を表-2に示す。配合AではOPCと細骨材、配合BではHPC+S、細骨材およびスラグ細骨材の組み合わせとなっている。

モルタル供試体の作成、曲げ強度試験、および圧縮強度試験はJIS R 5201によった。考慮した供試体の養生条件は、(a) 水中養生、(b) 7日間水中養生の後気中養生、(c) 7日間水中養生、7日間気中養生の後水中養生、の3ケースである。気中養生は、20℃±2℃、50% R.H. の恒温恒湿室で行った。

また、種々の状態におけるモルタル供試体の水分の測定は、圧縮強度試験終了後の供試体から中央部と表層部（0～3mm）の試料を40g程度採取し、110℃で24時間乾燥することによって行った。

3. 実験結果および考察 図-1にモルタルの曲げ強度試験結果を示す。多少バラツキはあるが、水中養生では材令の増加と共に曲げ強度が増加している。配合Aの場合、水中養生から気中養生に変えて6時間経過した曲げ強度は、7日間水中養生したものの約56%に低下した。その後は、材令と共に強度は回復し、最終的には水中養生の強度を上回った。また、14日後に再び水中養生して6時間経過した曲げ強度は、7日水中・7日気中養生の場合の約2倍の結果となった。その後1日程で急激に低下し、材令と共に水中養生の場合の曲げ強度に近づいた。配合Bでは、水中養生の場合、材令91日で配合Aに比べて曲げ強度が約46%大きくなっている。全体的な傾向は配合Aと同じであるが、気中養生開始直後の急激な曲げ強度の低下後、材令が大きくなっても曲げ強度の回復があまり見られなかった。しかしながら、材令14日で再び水中養生を行うと曲げ強度は急激に上昇し、水中養生したものとはほぼ同じとなった。このように、配合および養生条件により極めて特異な強度発現となることが明らかになった。図-2は、曲げ強度試験終了後の供試体を用いて

表-1 セメント、スラグ微粉末および混合物の物理特性

試料	比重	比表面積 (cm ² /g)
普通ポルトランドセメント (OPC)	3.15	3180
早強ポルトランドセメント (HPC)	3.13	4250
高炉スラグ微粉末 (S)	2.91	9940
混合物 (HPC+S)	3.02	5980

表-2 モルタルの配合

配合	結合材	水結合材比 (%)	高性能減水剤 (%)	単位量 (kg/m ³)			
				水	結合材	スラグ細骨材	細骨材
A	OPC	37.5	0.4	302	804	—	1205
B	HPC+S	37.5	0.4	300	800	534	668

行った圧縮強度試験の結果を示す。圧縮強度は材令と共に増加し、気中養生は圧縮強度を増加させている。しかし、養生条件による圧縮強度の違いは、曲げ強度のように大きなものではない。配合Bで水中養生の場合、長期強度の増進が著しかった。図-3は、モルタル中の水分の測定結果を示す。気中養生開始6時間後表層部の水分が逸散し、供試体内部との間で水分量に差が生じていることが分かる。気中養生開始直後の表層部の急激な収縮が曲げ強度を低下させた。すなわち、表層部の収縮を内部が拘束することによって表層部に引張応力が生じた。配合Aの場合その後、供試体内部と表層部の水分逸散がほぼ同じ割合で進んでいるにもかかわらず材令と共に曲げ強度が増加したのは水分移動の影響以上に水和による強度発現があったためであると考えられる。配合Bの場合、供試体内部の水分逸散が極めて小さく、モルタルが緻密な構造となっていることが分かる。このことがその後の曲げ強度に大きく影響し結果として曲げ強度の回復がならなかったものと思われる。配合Aの場合、水中養生直後(14日6時間)においては、供試体表層部の水分が内部の水分とほぼ同じ値となった。このようなモルタル表層部の急激な水分吸収

収が著しい曲げ強度の増加を引き起こした。すなわち、供試体表層部の水分吸収による膨張を内部が拘束するために、表層部に“プレストレス”が作用した。配合Bの場合も同様に考えられる。

水中養生から気中養生にした直後において、表層部に働く引張応力がモルタルの引張強度を越えた可能性が考えられる。しかしながら、その後の曲げ強度の回復および14日後に再び水中養生した際の著しい強度発現とその後の曲げ強度特性から、本実現の場合ひびわれは発生していなかったと思われる。Al-Mudaiheemも同様な議論をしているが、モルタルの配合や供試体の寸法などがその収縮膨張挙動に大きく影響することは明らかであり、更なる検討が必要である。

<参考文献> 1) 宮沢伸吾他：乾燥収縮応力場がモルタルの曲げ破壊に及ぼす影響，土木学会第44回年次学術講演会講演概要集，V-161 1989.10 2) J.A. Al-Mudaiheem：Dynamic modulus of Portland cement paste and mortar as affected by ambient relative humidity，MCR.1989. March

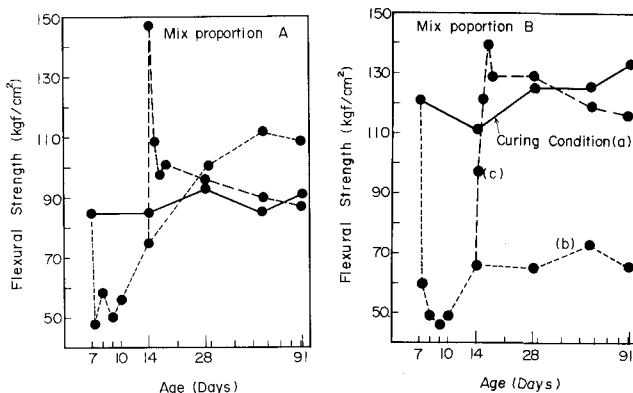


図-1 曲げ強度

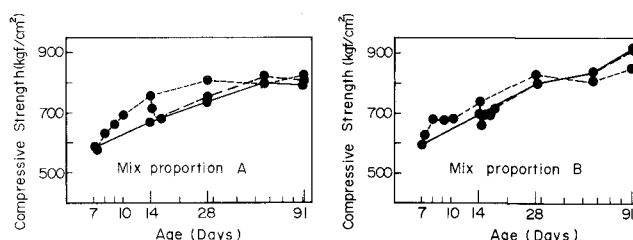


図-2 圧縮強度

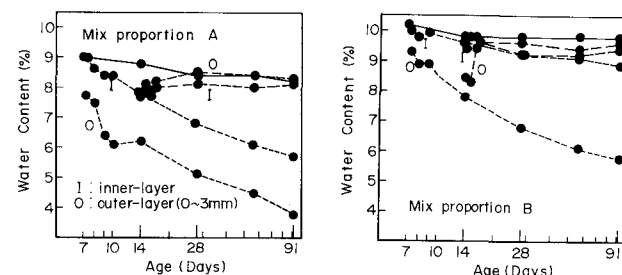


図-3 モルタル中の自由水量