

V-198

凍結融解作用をうける複合硬化セメント
へのストの微小硬度変化

函館工業高等専門学校 正会員 ○藤井 卓
北海道大学 正会員 藤田 嘉夫
建設省東北地方建設局 藤本 宏司

1. まえがき

融氷剤溶液中で凍結融解作用を受ける硬化セメントへのストの劣化には、表層部の化学的物理的变化が重要な役割を果たしていることが指摘され、そのメカニズムの一部が明らかにされている。しかし、ポリマー、微粉末あるいは繊維を混入した複合硬化セメントへのストの凍結融解抵抗性については、まだ十分には明らかにされていない。そこで本研究においては、融氷剤溶液中において凍結融解作用を与えた水溶性ポリマー、高炉スラグ微粉末および炭素繊維を混入した複合セメントへのストの曲げ強さ、圧縮強さおよび微小硬度を測定するとともに電子顕微鏡による微構造観察を行い、複合セメントへのストの凍結融解抵抗性および劣化の挙動を、硬度および微構造の観点から検討した。

2. 実験方法

供試体はポリビニルアルコールを重量比でセメントの5%混入したW/C=35%(PVA)、高炉スラグ微粉末(ブレン8000cm²/g)を重量比でセメントの10%混入したW/C=20%(BS)、炭素繊維(ビニル系、繊維長18mm、φ12μm)を体積比で2%混入したW/C=30%(CF)および無混入のW/C=20%(NCP)の各セメントとし、普通ポルトランドセメントを用い、アミン系高性能減水剤を重量比でセメントの1.5%混和した。なお目標W/Cを20%とし、練り混ぜ困難な場合は、練り混ぜ可能な最小W/Cを用いた。供試体寸法は40×40×160mmとし、練り鉢で棒状ナイフプレータを用い練り混ぜ後ただちに型枠に詰め、材令7日まで20±1℃の水中で養生した。凍結融解前と120サイクル後において曲げ強さ、圧縮強さおよび微小硬度を測定し、電子顕微鏡SEMにより破面を観察した。浸漬液はCMA(CA/MA体比1.0)とNaClの各3%溶液および真水とした。硬度測定はマイクロ超微小硬度計を用い、載荷荷重を10gfとして、供試体製作時の表面端部から深さ50μmの所を始点とし、20点までは200μm間隔で、また20~50点は500μm間隔で深さ18.85mmまで測定した。

3. 実験結果及び考察

3.1 7日養生後の硬度：硬度の測定結果を順序統計量として扱い図-1に示す。複合セメントでは、W/C=40、50%の普通セメントに比べて全体的にバリエーションが大きい、特に硬度の大きい側でのバリエーションが著しかった。確率0.5に対応する硬度の平均値は、小さい方から順にPVA<CF<NCP<BSとなり、これは硬度の測定値50個の平均値の順序に等しかった。

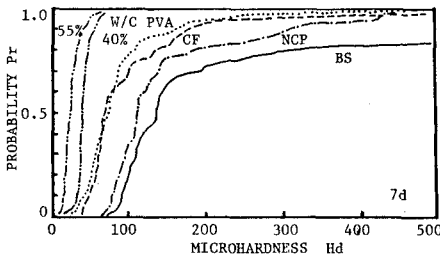


図-1 7日養生後の硬度の相違

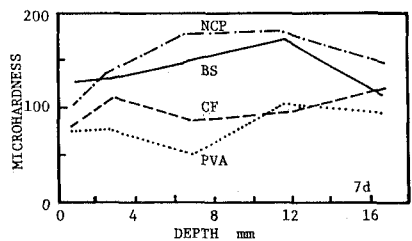


図-2 深さ方向の硬度分布(7d)

た。硬度の小さい側より大きい側での各複合セメントの相違が大きかった。このことは複合セメントへのストの平均強さが、大きい強さを有する個々の粒子数とその強さの大きさ

によって支配されていることを示し、これがバリエーションの大きかった理由と考えられる。深さ方向の硬度分布(図-2)は、必ずしも一定ではなく練り混ぜの不均一性、低W/Cに起因する水和反応の遅延あるいは未反応等が影響したと考えられる。表層部での硬度の順序は、曲げ強さのそれ(58.3,115,169,170kgf/cm²)と同じであり、また深さ8mm付近の硬度では、圧縮強さの順序(209,514,604,677kgf/cm²)と同じであった。

3. 2 凍結融解後の硬度：一例としてBSの場合を図-3に示す。各溶液ともに硬度の全体にわたって低下したが、CMA溶液の低下が大きかった。いずれの溶液においても硬度の大きい側において著しい低下を示した。CF、NCPの場合、NaCl溶液では硬度の全体にわたって低下したが、CMA溶液では硬度の小さい側で増大し、硬度の大きい側で低下の傾向を示した。高W/Cの普通ペーストでは硬度の小さい側から低下が始まり凍結融解サイクルの進行に伴い硬度の大きい側での低下を生じ、凍融前よりもバラツキが大きくなるが、複合ペーストはこれとは異なる挙動を示した。PVAの場合、形状は保持したが著しい膨張を生じ、構造材料としての機能を喪失すると言った特異な劣化挙動を示し、強さ、硬度の測定はできなかった。凍結融解120サイクル後の硬度分布（図-4）は、CF、NCPのCMA溶液では増大する部分もあるが、一般にいずれの複合ペーストでも0サイクルより低下した。CFの場合、NaCl溶液の低下が大きく、表面部ほど低下が大きかった。NCPの場合、NaCl溶液では特に低下が大きかった。CMA溶液では表面から4mm程度までは硬度が増大し、曲げ強さも増大した。またCMA溶液では内部でも硬度は大きかったが圧縮強さの増大にはつながらずむしろ低下した。BSの場合、各溶液とも表面部と内部（16mm付近）での低下が小さかった。CMA溶液では6mm付近から内部の硬度は最も小さかったが、圧縮強さは最も大きかった。

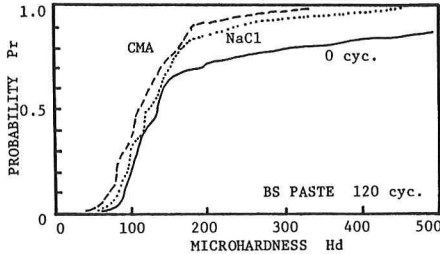


図-3 120サイクル後の硬度変化

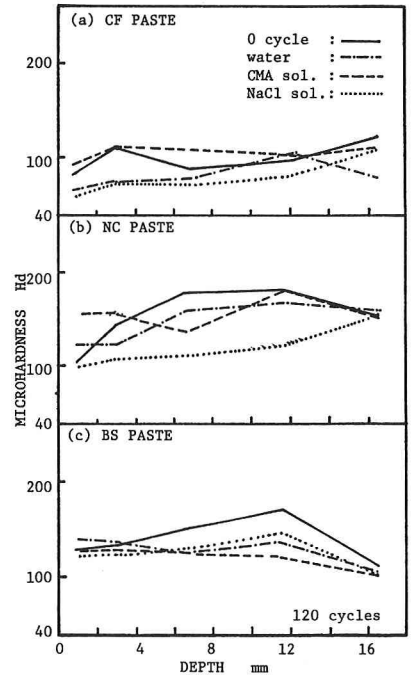


図-4 深さ方向の硬度変化

3. 3 微構造の観察：PVA複合ペーストの破面は緻密な形態を示したが、ポリマーでの粒内破壊（写真-1）が多数観察された。これからPVA複合ペーストの硬度が小さかったのは、ポリマーの特性が支配的であったためと考えられる。CF複合ペーストでは凍融前に既にCFとマトリクスとの付着が十分でなく、さらに凍結融解サイクルの進行によりCFの界面でCa(OH)₂が崩壊（写真-2）した。このことから凍融後の硬度の低下は、CFとマトリクスとの付着の喪失に

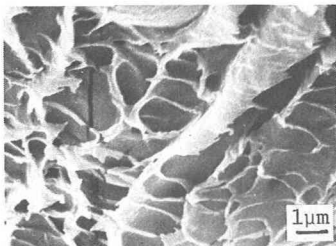


写真-1 ポリマーでの粒内破壊

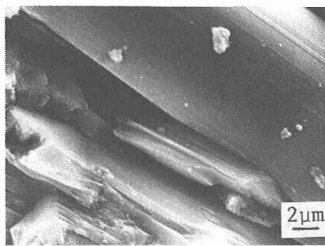


写真-2 CF付近のCa(OH)₂崩壊

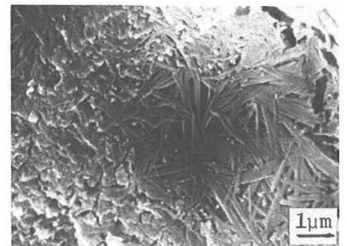


写真-3 緻密部の針状生成物

起因していると考えられる。BS複合ペーストでは網目状生成物が空隙を充填し、微構造は緻密な形態を示した。なお、Ca(OH)₂は殆ど認められず、内部において未水和セメント粒子が観察された。凍融後も特に表層部では元の緻密構造（写真-3）を保持した。表層部において硬度低下が著しく小さかったのは、このためと考えられる。