

V-162

炭酸化によるコンクリートの物性変化

千葉工業大学 学生会員 遠藤 宗仁

千葉工業大学 正会員 小林 一輔

千葉工業大学 正会員 森 弥広

1. はじめに

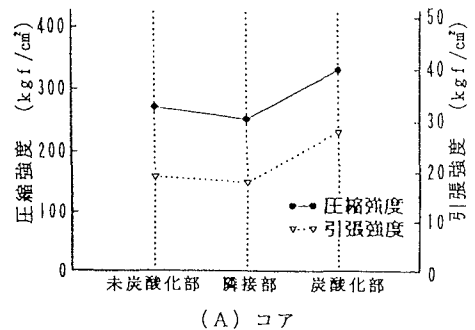
コンクリートの炭酸化によって生じる現象としてはアルカリ性の低下、即ち中性化が古くから知られているが、炭酸化に伴う強度などの力学的性質の変化に関しては、ほとんど明らかにされていない。本研究では、建設後24年経過して炭酸化が約35mmに達した鉄筋コンクリート建物の間仕切り壁から採取されたコア及び実験室で作製して促進炭酸化によって約30mm炭酸化させた $w/c=65\%$ のモルタル角柱体を用いて炭酸化が圧縮強度、引張強度並びにセメント硬化体組織の硬度に及ぼす影響を調べた。さらに、熱分析(TG)及び酸素拡散係数の測定などを通じて、炭酸化によって生じたこれらの力学的性質の変化の原因について考察を行なった。

2. 実験の概要

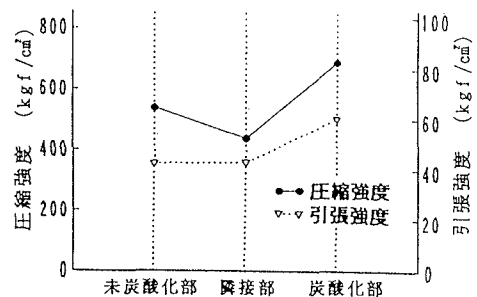
コアの寸法は直径が9cm、モルタル供試体は $10\times 10\times 20\text{cm}$ であり、それぞれを炭酸化部分、炭酸化部分に隣接する部分及び未炭酸化部分の3領域に切り分けたものを各種の試験に用いた。最初に、割裂方法によって引張強度試験を行なった。次に、この試験により2分された破片から角柱状に切り出した供試体を用いて、圧縮荷重試験を行なった。その際に、ひずみ測定も同時に行なって圧縮応力-ひずみの関係を求めた。さらに、微小硬度計を用いてセメント硬化体組織のビッカース硬さを測定した。熱分析試験(TG)では力学的性質の試験に用いたものを破碎して擦潰器と32 μm のふるいを用いて骨材を除去したものを試料とし1000℃まで加熱して水酸化カルシウムと炭酸カルシウムを定量した。酸素拡散係数は、JCI基準案(JCI DD5)に準じて窒素ガスをキャリアガスに用いる拡散セル法によって測定した。試験体は3領域を等しい厚さに切断して、絶乾状態にしたものを測定面を除いた全面を覆い外気との接触を断った。拡散係数は、試験体を拡散セルに装着して、試験体全面にそれぞれ窒素ガスを等圧力とした状態で酸素ガスを継続して一定量流し窒素ガス中の酸素濃度を微量酸素分析計で測定して求めた。

3. 実験結果と考察

図-1 (A) 及び (B) は、それぞれコアとモルタル角柱体の各領域における圧縮強度と引張強度を示したものであって、いずれの場合にも炭酸化によって強度が増大する傾向が認められる。一方、図-2 (A) 及び (B) は炭酸化による圧縮応力-ひずみの関係の変化を示したものであって、コア及びモルタル角柱体のいずれの場合も炭酸化部分とその隣接部分には脆化現象が起こっていることが分かる。以上のような炭酸化部分における強度の増大と脆化現象の生じた原因については、セメント水和物と二酸化



(A) コア



(B) モルタル角柱体

図-1 炭酸化と強度の関係

炭素との結合によるセメント硬化体組織の緻密化が考えられる。一般に炭酸화가進行するとセメント水和物中の水酸化カルシウムが大気中の二酸化炭素と反応して炭酸カルシウムに変化する。この際に約50%の体積増加を生じ、その分が毛管細孔に充填され緻密化されると言われている。図-3は建物間仕切り壁の5階、6階及び8階のコアから切り出した試験体を用いて酸素拡散係数を調べた結果である。この図から明らかなように炭酸化部分において酸素拡散係数は他の部分よりも小さい値を示しており、これは炭酸化によって組織が緻密化されたためと考えられる。一方、図-4は熱分析によって各領域における $\text{Ca}(\text{OH})_2$ と CaCO_3 を定量した結果を示している。この図から、炭酸化の進行に伴って $\text{Ca}(\text{OH})_2$ が CaCO_3 に変化していることが分かる。ここで注目すべきことは、炭酸化部分における CaCO_3 量が未炭酸化部分、あるいはその隣接部分における $\text{Ca}(\text{OH})_2$ の全量が炭酸化により CaCO_3 に変化した場合の総 CaCO_3 量に比べて約2倍近い量の CaCO_3 が生成されていることである。これは炭酸化部分においてC-S-Hが分解されていることを意味しており、脆化現象を起こした原因の1つであると考えられる。また図-2に認められるような炭酸化部分及びその隣接部分における脆化現象の原因は、炭酸化に伴う硫黄の移動・濃縮とこれによる多量のエトリンガイトの生成¹⁾が考えられる。

4. 結論

コンクリートは炭酸化によって強度は増大するが、同時に脆性も増大することが明らかになった。炭酸化の進行に伴ってコンクリートに生じるこのような物性の変化は、構造物が置かれている環境によって左右されると考えられる。例えば、橋脚や建物の基礎から立ち上がっている地表近くのコンクリートのように、土壌から供給される水分の移動が地中部分のコンクリートを通じて行なわれるような環境においては、炭酸化の急速な進行に伴って強度の著しい低下と顕著な脆化現象が認められる。このような物質移動を伴う場合の劣化機構に関してはさらなる検討が必要である。

参考文献

- 1) 小林一輔・白木亮司・河合研至：炭酸化によって引き起こされるコンクリート中の塩化物、硫黄化合物及びアルカリ化合物の移動と濃縮、コンクリート工学論文集、第1巻、第2号、1990年7月

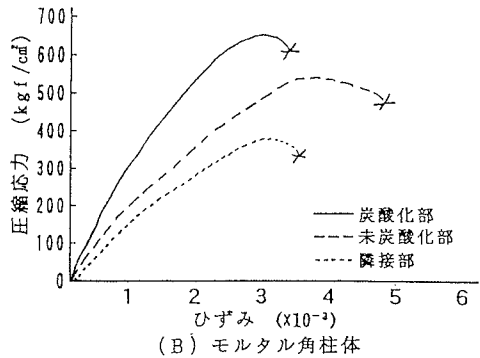
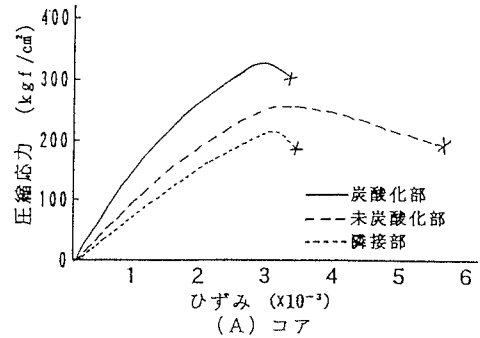


図-2 炭酸化と圧縮応力-ひずみの関係

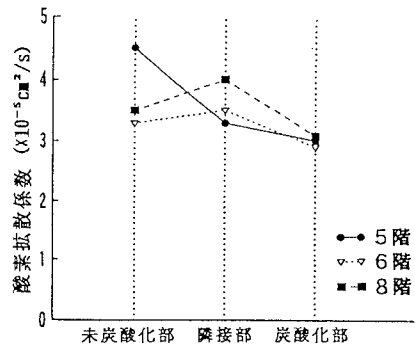


図-3 炭酸化と酸素拡散係数の関係

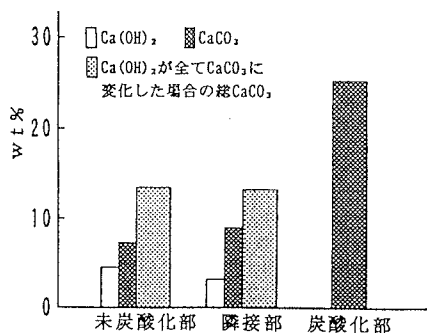


図-4 炭酸化と $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 及び CaCO_3 の関係