

北海道開発局土木試験所 正会員 小長井 宣 生

" " 太 田 利 隆

" " 根 本 任 宏

1 まえがき

コンクリートの凍結融解による劣化、すなわち凍害のメカニズムに関しては、従来、Powers の水圧説や、水分凍結温度がセメント硬化体中の毛細管径に依存することを考慮した鎌田らの理論¹⁾があるが、これらは、いずれも温度降下時、あるいは温度一定時において、水分が凍結し、体積膨張する際、未凍結水の移動に伴う水圧によりコンクリートが破壊するというものである。これに対して、Grübl²⁾は、凍結融解の繰り返し作用によらなくとも、長期にわたり凍結を受けた場合、コンクリートの細孔内で氷晶の形成が進行する結果融解時に、氷とセメント硬化体との熱膨張係数の違いによりクラックを生じ、劣化するという、水圧説とは全く異なる破壊理論を唱えている。また、現在一般に行なわれている A S T M の急速凍結融解試験では、自然環境に比べ条件が厳しすぎることから、実際の構造物の凍害抵抗性との関連が問題とされている。筆者らは、自然環境下の凍害メカニズムを明らかにし、より合理的な耐久性試験法、ならびに、凍害対策を定めることを目的として、今回、A E (アコースティックエミッション) 法を利用し、コンクリートの凍結融解過程における挙動を明らかにするために、実験的検討を行なった。

2 実験概要

凍結融解サイクルは、急速法 (1 サイクル 6 時間、供試体 + 7℃ ~ - 22℃) および、上面から吸水させた緩速法 (1 サイクル 24 時間、供試体 + 1℃ ~ - 18℃) について行ない、A E カウント数、供試体中心温度、一次たわみ振動数の測定を行なった。供試体は、図-1 に示す小型のもので、いずれもプレーンコンクリートを用いた。また、急速法では、供試体を水で満たしたゴム袋に入れ、周囲の氷厚が 3mm 程度となるようにした。緩速法では、上面に凹部を設けて、融解時に注水を行なった。A E の計測は、図-1 に示すシステムで行ない、トランスデューサーは、P Z T 圧電素子型 (Dunegan/Endevco 製、S1000 BM $\phi 7.9$ mm) を 2 チャンネル用い、

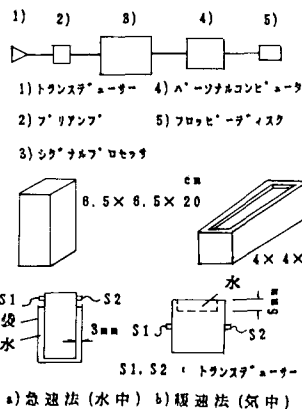


図-1 A E 測定ブロック図および供試体

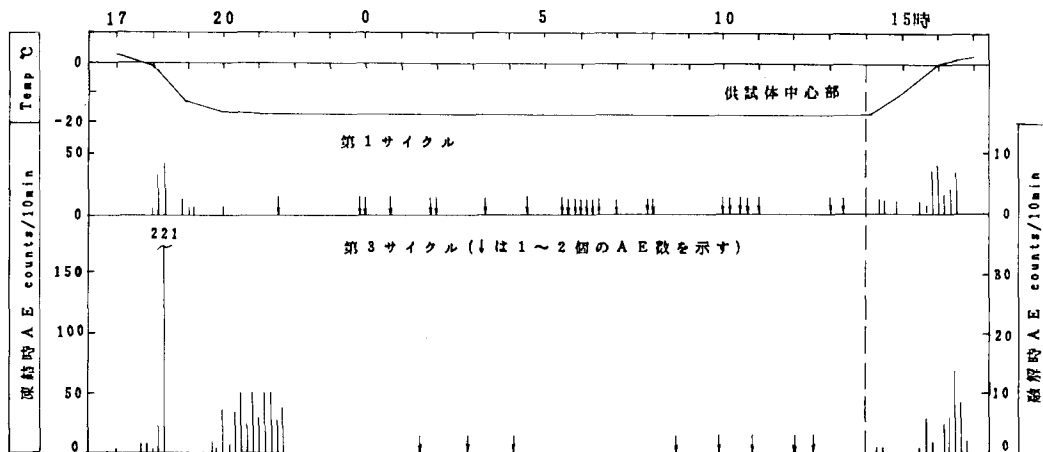


図-2 緩速サイクル下の A E カウント数-温度

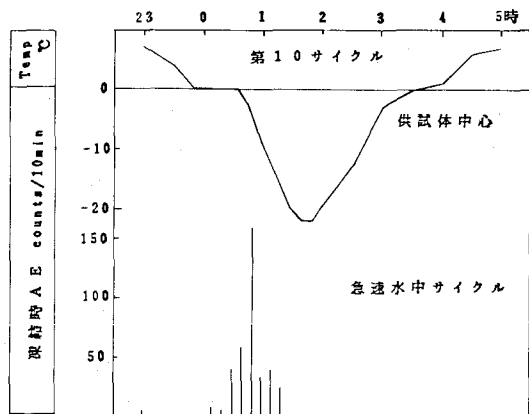


図-3 AEカウント数-コンクリート温度

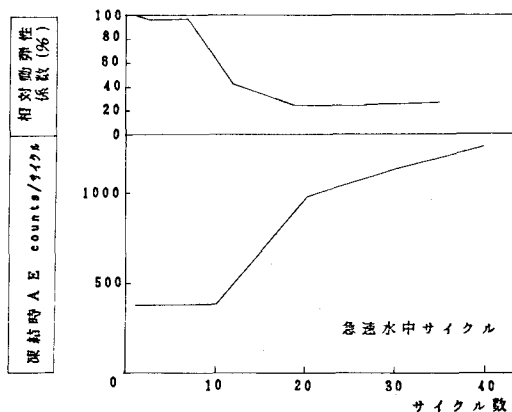


図-4 AEカウント数-凍結融解サイクル数

20 KHzのハイパスフィルター内蔵のプリアンプで40 dB増幅した後、シグナルプロセッサ(DART)にて処理した。なお、今回AEパラメータとしてAEカウント数のみを解析の対象とした。また、温度降下時にトランスデューサーがノイズを生じるため、DARTよりのデータをRS-232Cインターフェースにより、パソコン(If-800/30)に転送した後、2チャンネル同時ヒットしたイベントのみをAEとしてカウントし、フロッピーディスクに収録するようにソフトウェアにより処理した。

3 結果および考察

ここで用いたAE法は、従来の動弾性係数や長さ変化率などの事後的な、凍結融解による劣化の指標と比べ、コンクリート内部で微小クラックの発生時に生じるAEを直接とらえることにより、破壊の進行状況をリアルタイムで明らかにできることから、凍害メカニズムをより本質的に解明する上で、きわめて有用な方法であると考えられる。実験の結果、まず、緩速サイクル下において、温度降下時のAEとともに、長時間凍結後の融解過程においてもAEが発生することが確かめられた。これは、前述のGrüblの理論を裏付けるものであり、水圧説による凍結時の破壊のみでなく、融解時にも内部破壊が存在する場合があることを示すものである。この融解時AEのカウント数は、温度降下時に比べてかなり小さいが、サイクル数の増加とともに、わずかに増加傾向を示している。一方、温度降下時のAEは、サイクル数の増加につれ、明らかにカウント数が増大している。また、供試体上面からの吸水がなく、乾燥した場合には、AEの発生はほとんどなく、凍結融解によるAEの発生は、コンクリート内部の水分量に依存することが確かめられた。

温度一定時の劣化について、Powersの修正水圧説では、ゲル水の拡散により説明され、また、鎌田らは、毛細管中の過冷却水の拡散により生じるが、その程度は小さいとしている¹⁾。今回、図-2に示すように、温度一定時にもわずかながらAEの発生が継続的に認められたが、これは、温度条件、コンクリート空隙構造等にも左右されると思われるので、今後さらに検討が必要である。次に、急速サイクル下においては、図-3に示すように、凍結時AEは発生するが、融解時には全く認められない。これは、凍結時間が短いため、コンクリート内部の空隙内で、十分な氷晶が形成されない結果によるものと思われる。また、図-4に凍結融解繰り返しサイクル数と1サイクル中の凍結時AEの総数との関係を示したが、10サイクル以降AEが急増しており、これに対応して動弾性係数も低下し、コンクリートが劣化したことを示している。

4 あとがき

今回の実験で、AE法を用いて、興味深い事実が得られたが、今後、AE計測システムの処理能力の向上を図るとともに、自然環境下の温度、吸水条件ならびにコンクリートの内部空隙構造を考慮して、さらに検討を重ねて行きたいと考えている。

〈参考文献〉 1) 鎌田：セメント硬化体の微細構造とコンクリートの凍害、コンクリート工学Vol.19, №11, 1981

2) P.Grübl:Über die Rolle des Eises im Gefüge zementgebundener Baustoffe, beton 2, 1981