

コンクリートの凍結融解時のA E発生機構

福島高専 学○佐 藤 世 一
福島高専 正 山ノ内 正 司

1. まえがき

近年、塩害、凍害またはアルカリ骨材反応などによるコンクリートの劣化の問題が注目されており、A E (Acoustic Emission) 法による劣化のメカニズムの解明や、劣化の程度の評価などが試みられている。本研究は、A E法を用いて凍結融解過程におけるコンクリートの挙動を明らかにするための基礎実験を行ったものである。温度低下時の凍害のメカニズムは、一般に 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によって説明される。これは水の凍結による体積膨脹が未凍結の水を移動させ、この水が凍害破壊を引き起こすのに十分な水圧を形成するものである。

本研究では、凍害破壊に対応する A E 検出のための計測条件を検討し、凍結融解時の A E 発生特性と上述の凍害理論との関係、および A E 法のコンクリートの劣化過程の解明に対する有効性について考察する。

2. 実験方法

<実験-1> 凍結融解時の A E を検出する際に最も重要な問題は、検出された信号が凍害破壊に対応しているかどうかの判別である。凍結融解時には水晶形成時の信号や水の移動による雑音、融解時の水の相変化に伴う信号など種々のレベルの信号が発生していると考えられる。そこで予備実験として信号レベルを推定するために次のような実験を行った。

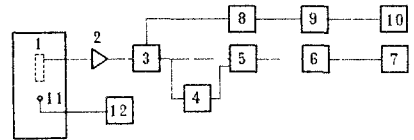
W/C=50% (A E 剤なし)、最大骨材寸法=25mmの角柱供試体 (10×10×40cm) について、養生14日の後、急速凍結融解試験 (凍結2.5時間、融解1.5時間、供試体中心温度 +8℃~-20℃) を行い、ディスクリレベルを最低の $V_L = V_H = 20mV$ としてイベントカウント、エネルギーカウントを約30サイクルにわたり計測する。次にディスクリハイレベル V_H を順次あげていき、検出信号分布の変化をみる。なお、A E センサは NF 社製 905S-WP (防水型) とし供試体内部に埋め込んだ。図-1 に A E 計測システムを示す。

図-2 にディスクリハイレベル V_H の信号分布に及ぼす影響を示した。この図から、1サイクルの凍結融解過程は信号レベルのうえから、

- (A) 凍結時 0℃ 付近
- (B) 温度低下区間
- (C) 融解区間

の3つに大別され、それぞれ次のような特徴を持っている。

(C) は他の2つの区間と比較して100秒あたりの平均エネルギーが極めて小さく、水の融解時に発生している雑音と考えられ、ディスクリレベルを $V_H = 100mV$ 以上に設定すれば、ほぼ消える。(B) の区間の平均エネルギーは (A) のそれと比較して数倍もの値を持っており、また水の相変化に伴う信号を計測したところ、この区間では平均エネルギー値が15以下の信号が連続して発生していたことから、(A) は水晶形成時の信号が卓越している区間、(B) では平均エネルギーが高い信号は凍害発生時の A E を表し、低いものは (A) と同様と推察される。



- 1 AEセンサー 5 チュルプカウンタ 10 ハードディスク
- 2 プリアンプ 6 テーパログ 11 温度センサー
- 3 ディスクリミネータ 7, 8 コントローラ 12 ハイブリッドレコーダ
- 4 エネルギープロセッサ 9 ウェーブメモリ

図-1 A E 計測システム

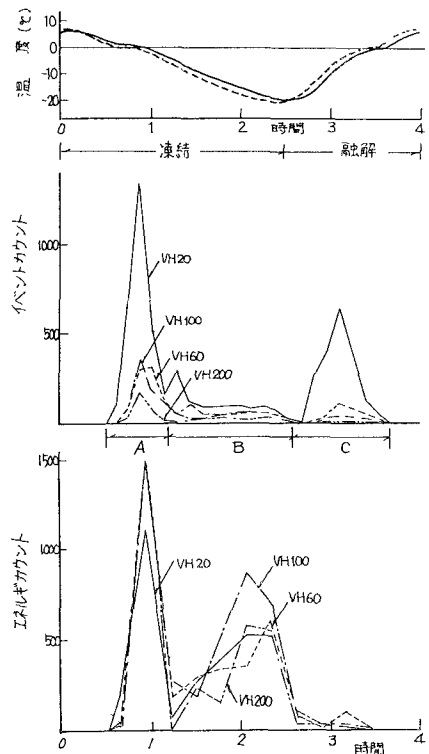


図-2 ディスクリレベルの影響

<実験-2> $W/C=50\%$ (AE減水剤としてポゾリス No. 5 L) と $W/C=75\%$ (AE剤なし) の2種類の供試体について凍結融解試験を行った。実験-1の結果に基づき $V_H=100mV$ とした。

結果として、温度低下時に高エネルギーの信号が断続的に発生する傾向が認められた(図-3)。このエネルギーカウントは、実験-1で得られた信号のうちで平均エネルギーが40前後のものと同程度の大きさを持っていた。またこの区間で検出された波形は、振幅が振り切れているものが多く、水晶形成時の波形ではこのような傾向は見られなかった。従って、温度低下時の高エネルギーの信号は、水圧説によって説明されるように未凍結水の移動により引き起こされた水圧が原因で破壊した時のAEである、と考えるのが妥当である。また、高エネルギーのAEが発生する位置がばらつく原因は、未凍結水が存在する毛細管径の大きさにより凍結温度が異なっていることによるものと考えられる。最後に空隙構造の違いによるAE発生特性の差異は確認されなかった。

3. 考察

以上の結果において、平均エネルギー E_{av} が重要なパラメータであることがわかった。

図-4は、実験-1の結果について100秒あたりの平均エネルギーが、それぞれ1、5、10、20、40以上の値を持つカウントの1サイクルあたりの総和をプロットしたものである。上の破線は、全カウント $E_{av}=0$ を表している。 $E_{av}=0\sim1$ の信号は、その多くは融解時に発生し、サイクル数の増加にあまり依存せず、ほぼ2000前後のカウント数である。

$E_{av}=40$ の曲線は温度低下時に発生する高エネルギーのAEに対応している。また、 $E_{av}=5\sim20$ の信号がサイクル数の増加と共に急増しているのが注目される。このレベルは弱いAEと水晶形成時の信号が混在していると考えられるところで、判別は困難である。

4. あとがき

イベントカウントとエネルギーカウントを計測することにより、平均エネルギーを用いてある程度の信号の判別を試みることができた。得られた結論は水圧説を否定するものではないが、弱い凍害の累積に関しては判別が困難である。

波形解析結果に関しては、当日発表の予定である。

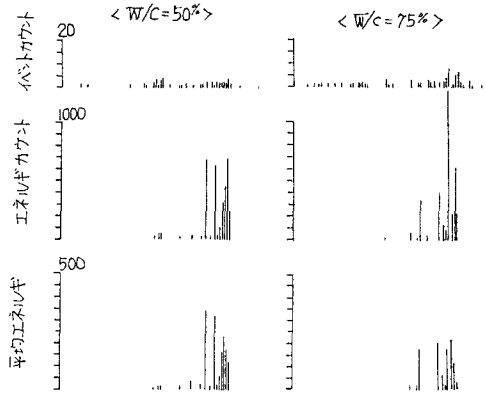


図-3 サイクル数19でのAE

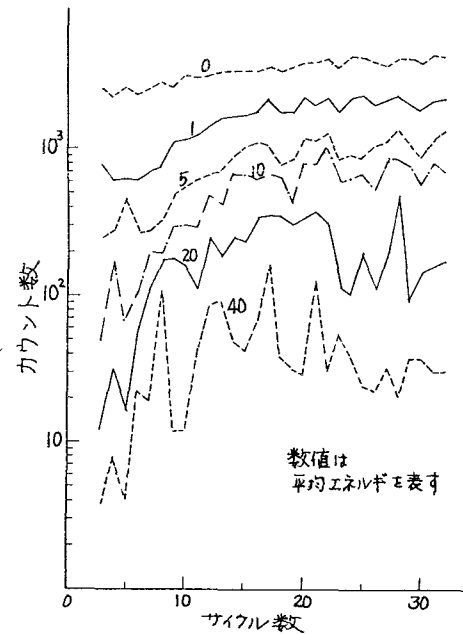


図-4 平均エネルギーの分布