V—26　モルタルの凍結融解時のＡＥ発生挙動に及ぼす空気量の影響

北海道開発局　開発土木研究所　正員　嶋田　久俊
北海道開発局　開発土木研究所　正員　堺　　孝司

１．はじめに

北海道のような寒冷地におけるコンクリート構造物は、十分な耐凍害性を有していることが要求される。一般に、コンクリートの凍害に対する検討は、ASTM C666 の急速凍結融解試験に準ずる方法によって行われているが、それらの結果と実際の耐凍害性との関連についての定量的な評価が十分なされていない。耐凍害性を合理的に評価するためには、凍害メカニズムの解明が重要である。

近年、微小ひびわれが生じる時に発生するＡＥの特性によって、コンクリートの破壊現象を明らかにしようとする研究が活発に行われている。著者らも凍結融解作用を受けるプレーンモルタルのＡＥ計測を行い、凍結融解過程におけるＡＥ発生挙動を得ることができた[1)]。

本研究は、空気連行がモルタルのＡＥ発生挙動に及ぼす影響を明らかにすることを目的に行ったものである。また、一つのセンサから発信された疑似ＡＥパルスを他のセンサが受信した際の振幅や到達時間差からもとめたＡＥ伝播速度が、凍結融解作用によるモルタルの劣化の指標として有効かどうかの検討を行った。

２．実験概要

２．１．使用材料及び配合

セメントとして普通ポルトランドセメント、細骨材として豊浦産標準砂を用い、水セメント比65%のプレーンモルタル及びＡＥモルタルを作製した。ＡＥモルタルに関しては、ＡＥ減水剤およびＡＥ助剤を用い、８%の空気量（コンクリート換算で約 4.5%）を連行した。表－１にモルタルの配合を示す。所定の材令（水中養生７、14日）終了後、ＡＥセンサの取り付け等を行った。

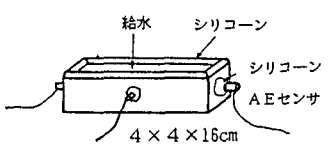
２．２　ＡＥ測定

図－１に、供試体設置状況を示す。モルタル打設面を供試体底面とし、供試体上面には給水のためシリコーンで高さ５mm程度の枠を設けた。共振周波数140KHzのＡＥセンサ（φ8.5mm × 22mm ）を４つ用い、センサを供試体側面の中心に感熱接着剤（エレクトロンワックス）で接着した後、さらにシリコーンで覆った。凍結融解サイクルは１サイクル６時間（槽内温度は最高＋12℃、最低－25℃）にセットした。供試体の温度は、中心部に埋め込んだ熱電対によって測定した。センサで受信したＡＥ信号を、50 KHz のハイパスフィルター内蔵のプリアンプで40dBに増幅した後、ローパスフィルターを 1000KHz、ディスクリレベルを55dBに設定したデータチェンバー

表－１　モルタルの配合

	W/C (%)	S/C	C (g)	W (g)	S (g)	No.70 (ml)	No.202 (ml)	Air (%)
プレーン	65	2.0	640	416	1280	—	—	1.2
ＡＥ		2.3	640	396	1471	16	4	8.0

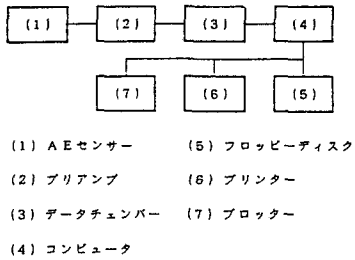
注）No.70 は10%溶液、No.202は１%溶液の値である。



図－１　供試体設置状況

Effect of Air Content on Acoustic Emission of Mortar Subjected to Freezing and Thawing
by Hisatoshi SHIMADA and Koji SAKAI

に記録し、コンピューターによる処理を行った。図－２にＡＥ測定ブロック図を示す。



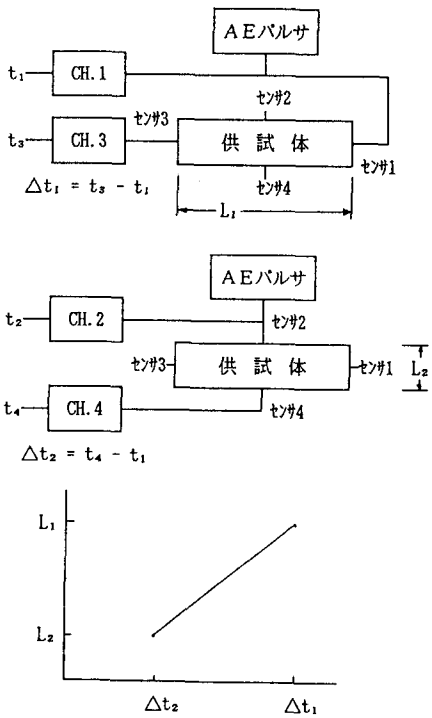
図－２　ＡＥ測定ブロック図

２．３　疑似ＡＥパルスの伝播速度および振幅の測定

図－３に示すように、センサ１から一定の疑似ＡＥパルスを発信させ、チャンネル１とチャンネル３が受信する時間差$\triangle t_1$を求めた。同様にセンサ２からＡＥパルスを発信させ、チャンネル２とチャンネル４が受信する時間差$\triangle t_2$を求めた。センサ１とセンサ３の距離をL_1(=0.16m)、センサ２とセンサ４の距離をL_2(=0.04m)とし、$V=(L_1-L_2)\div(\triangle t_1-\triangle t_2)$をモルタル中のＡＥ伝播速度とした。また、センサ１から疑似ＡＥパルスを発信させた場合に、センサ３が受信する際の振幅を測定した。

２．４　雑音その他の対策

微小ひびわれによって生じるＡＥを確実に捕えるためには、周辺雑音の除去を第一に考える必要がある。本研究の場合凍害によるＡＥを対象としており、供試体を低温槽に入れた状態でＡＥ測定を行うため、送風装置や冷凍機の振動等により、種々の雑音が発生するものと思われる。そこで、図－１に示したように、４つのセンサを用い、すべてをヒットするＡＥのみを選別した。また、給水のため供試体上部に存在する表面水がＡＥイベント数に及ぼす影響が大きいため、測定時には、表面水を除去した。



図－３　伝播速度および振幅の測定

３．結果および考察

３．１　ＡＥ伝播速度

表－２に凍結融解開始前に測定した伝播速度の結果を示す。一般的には空気量が少なく、材令が長い程、伝播速度は大きいと考えられるが、本実験においては、明確な傾向は見られなかった。

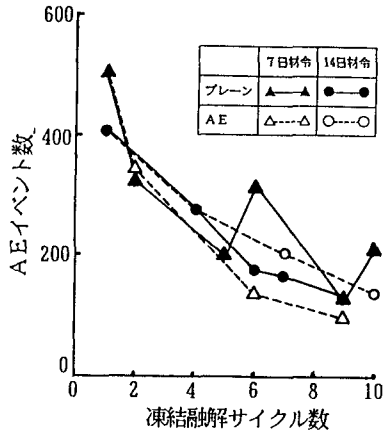
表－２　モルタルの伝播速度

	７日材令	14日材令
プレーン	3236 m/s	2921 m/s
ＡＥ	2222 m/s	2812 m/s

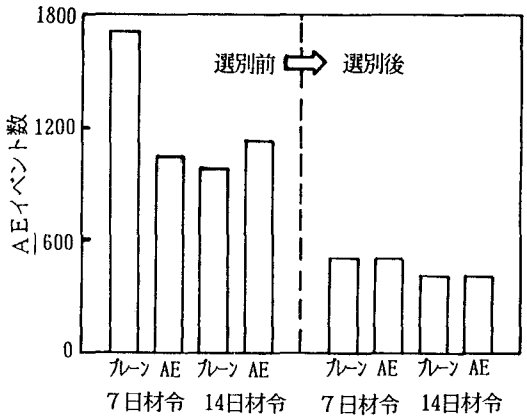
３．２　ＡＥ発生数

表－２に示したＡＥ伝播速度を用い、二次元位置が供試体内に標定されるＡＥのみを選別した。図－４に結果を示す。いずれの場合も１サイクル目に生じるイベント数が最も多い。これは、１サイクル目ですでに凍結融解作用による微小クラックが形成されており、その後はクラックの進展によりＡＥが発生しているものと考えられる。プレーンモルタルの水中養生７日以外に関しては２サイクル以降ＡＥイベント数は減少傾向にあることがわかる。しかし、空気量や材令の違いがＡＥイベント発生数に及ぼす影響はほとんど現われていない。

図－５に、位置標定による選別が１サイクル目に生じたイベント数に及ぼす影響を示す。ＡＥパルスで測

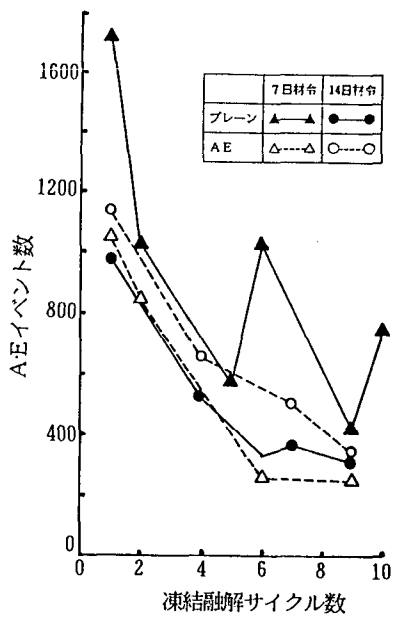


図－４　凍結融解サイクルとＡＥイベント発生数の関係（位置標定による選別済）



図－５　位置標定による選別がＡＥイベント数に及ぼす影響

定したＡＥ伝播速度を用いて供試体内に生じたＡＥを選別した場合、イベント数は½～⅓に減少する。しかし、供試体外に標定されたイベントも、４つのセンサーにヒットしたものであり、実際には供試体内から発生したものと考えられる。そこで、位置標定による選別をしない場合の凍結融解サイクル数と１サイクル当りのイベント数の関係を図－６に示す。この場合も１サイクル目に生じるイベント数が最も多く、ブレーンモルタルの水中養生７日以外に関しては、２サイクル以降ＡＥイベント数は減少傾向にあることがわかる。水中養生７日の場合、空気を連行することによりイベント数が減少しているが水中養生14日の場合、逆の傾向が現われており、空気量や材令の違いがＡＥイベント発生数に及ぼす影響は明らかでない。



図－６　凍結融解サイクルとＡＥイベント発生数の関係（位置標定による選別無）

３．３　受信時のＡＥパルスの振幅特性

表－３に凍結融解開始前の受信時のＡＥパルスの振幅を示す。一定のパルスを発信させているにも関わらず、受信時のＡＥの振幅は、供試体によって大きく異なっている。ＡＥイベントの収集は、受信時の最大振幅がディスクリレベルを越えたものを行っており、振幅の減衰特性が異なる場合、ＡＥイベント数にも影響を及ぼすと考えられる。そのため、空気量や材令の違いがＡＥイベント発生数に及ぼす影響が明らかにならなかったものと思われる。ＡＥの伝播特性が異なる場合、同一条件で得ら

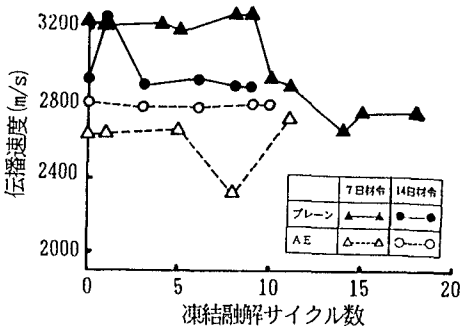
	7日材令	14日材令
プレーン	85 dB	73 dB
AE	71 dB	75 dB

表－３　受信時のＡＥの振幅

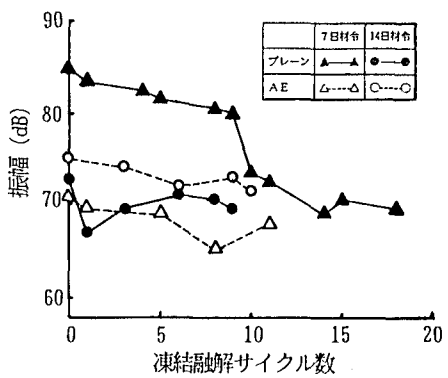
れたＡＥイベント数でそのまま劣化程度を評価することは適当でないと考えられる。

３．４　凍結融解作用による劣化の指標

凍結融解作用によってモルタルの内部に微小クラックが形成されるため、波動の伝播性能が衰えると考えられる。そこで本実験ではＡＥパルスから求めたＡＥ伝播速度と受信時のＡＥパルスの振幅特性が凍結融解作用による劣化の指標として有効かどうかの検討を行った。図－７に凍結融解サイクル数とＡＥ伝播速度の関係を示す。かなりばらつきが見られるが、10サイクル程度までは凍結融解作用によるＡＥ伝播速度の変化はほとんどない。それ以降のサイクルに関しては、プレーンモルタルの水中養生７日のみの結果しか得られていないが、凍結融解サイクルが増加するにしたがって、ＡＥ伝播速度が減少している。図－８に凍結融解サイクル数と受信時のＡＥパルスの振幅の関係を示す。受信時のＡＥパルスの振幅も凍結融解サイクルが増加するにしたがって減少しており、ＡＥ伝播速度と受信時のＡＥパルスの振幅は凍結融解作用による劣化の指標として有効であると考えられる。



図－７　凍結融解サイクル数とＡＥ伝播速度の関係



図－８　凍結融解サイクル数と受信時のＡＥパルスの振幅の関係

４．結論

本実験で得られた結果を取りまとめると以下のようである。

（１）空気量や材令に関わらず、１サイクル目に生じるイベント数が最も多い。これは、１サイクル目ですでに凍結融解作用による微小クラックが形成されておりその後はクラックの進展によりＡＥが発生しているものと考えられる。

（２）空気量や材令がモルタルのＡＥ伝播特性に及ぼす影響は大きく、ＡＥ伝播特性によって得られるＡＥイベント数が変化するため、得られたＡＥイベント数でそのまま劣化程度を評価することは適当でないと考えられる。

（３）ＡＥ伝播速度と受信時のＡＥパルスの振幅は、凍結融解サイクルの増加に伴って減少する傾向が見られるため、凍結融解作用による劣化の指標として有効であると考えられる。

５．あとがき

伝播特性のがＡＥ発生数に及ぼす影響が大きいと考えられ、空気量や材令が凍結融解作用を受けるモルタルのＡＥ発生挙動に及す影響を明らかにすることはできなかった。伝播特性を考慮したＡＥ計測、処理が今後の課題であると思われる。

参考文献

１）嶋田、堺、凍結融解作用を受けるモルタルのＡＥ特性、第44回土木学会年次学術講演会、平成元年10月