

## 内部振動機で締固めた硬化コンクリート中の空気混入組織に関する研究

東洋大学  
東洋大学学生会員  
正会員○加藤 淳  
坂本 信義

## 1. まえがき

フレッシュコンクリートを内部振動機で締固めると振動機のごく周辺に気泡相の減少があり、消失する空気も大部分がエントラップトエアであることが報告されている。しかし、これらの報告は硬化コンクリート中の気泡相の特性値についての定量的な問題の解決に至っていないのが現状である。

このような状況を考慮して、気泡相から解析した特性値を抽出し、振動締固めたフレッシュコンクリートの性状過程に及ぼす気泡相の混入組織に関して解析した実験結果について報告する。

## 2. 実験概要

使用した混和剤の種類は一般的なAE剤ヴィンソルを使用した。また、混和剤を用いない通常コンクリート（PL）も作成した。コンクリートの配合に用いた各材料の密度は、セメント密度： $3.15 \text{ g/cm}^3$ 、細骨材密度： $2.60 \text{ g/cm}^3$ 、粗骨材密度： $2.61 \text{ g/cm}^3$ である。細骨材の粗粒率：2.71、粗骨材の粗粒率：6.53で骨材の最大寸法は20mmとした。尚、コンクリートの配合に当りスランプの値は、 $8 \pm 1 \text{ cm}$ と全てのコンクリートに対して同じ値のスランプ値を用いた。

圧縮強度試験に用いた供試体の形状を図2-1に示した。図2-2は気泡相を測定する為の切断面と位置を図示した。実験は振動数0Hz・100Hz・200Hz、振動時間0s・5s・10sと振動締固めの条件を設定しコンクリートを打設した。型枠の形状は（ $60 \text{ cm} \times 60 \text{ cm} \times 30 \text{ cm}$ ）のものを2つ作成し用意した。圧縮強度試験および気泡相測定用供試体は振動機の中心から15cm、20cm、30cmの距離別にコア抜き機で供試体を採取した。圧縮強度試験、動弾性係数の測定は20 的水中養生状態にあるコンクリートの材齢7日と28日の材齢ごとに測定した。気泡相の解析は、図2-2に示した供試体を3断面に切断し、各断面の上面と下面の計6断面に表面処理を施しデジタルカメラで撮影（写真2-1）した後、コンピュータに取り込み画像解析により、各断面 $10000 \text{ mm}^2$ （ $100 \text{ mm} \times 100 \text{ mm}$ ）当りの気泡相を測定し、6断面の平均値に関する特性値について解析を行った。尚、気泡相の測定は直径 $0.01 \text{ mm} \sim 1.00 \text{ mm}$ を測定範囲とした。

## 3. 実験結果の概略について

図3-1は、各種コンクリートの平均気泡個数と振動数、振動時間及び振動距離との関係を示したものである。通常コンクリートにおける平均気泡個数は振動数、振動時間の増大に伴い平均気泡個数の減少が見られる。さらに、振動機の中心から15cm、20cm、30cmと遠くなるにしたがい気泡の数が増加する傾向にあることがわかる。空気量4%のAEコンクリートにおいては振動締固め無しを基準にとって振動数100Hz振動時間5s、10sにおいては通常コンクリートと同様に平均気泡個数の減少が見られる。しかし、振動数を200Hzに上げると振動時間5s、10sともに振動距離20cm、30cmでは平均気泡個数の減少が見られない。さらに、空気量6%のAEコンクリートでは振動距離15cmにおいて多少平均気泡個数の減少が見られるが全般に見ると大きな減少はなかった。これは、振動締固め効果が有効に働き過ぎた為に本来抜けるべき気泡が抜けきらなかった為だと考えられる。

図3-2は、各種コンクリートの修正気泡間隔係数と振動数、振動時間及び振動距離との関係を示した。修正気泡間隔係数は、一般に報告されているように振動締固めによって気泡が抜け気泡個数が少なくなるにつれて大きくなる。本実験において通常コンクリートでは $320 \mu\text{m} \sim 400 \mu\text{m}$ の範囲にあり、混和剤を使用した空気量4%、空気量6%のAEコンクリートにおいては $230 \mu\text{m} \sim 260 \mu\text{m}$ の範囲にある。各種コンクリートにおいて振動数を高く、振動時間を長くするにしたがい気泡が抜け $20 \mu\text{m} \sim 50 \mu\text{m}$ 修正気泡間隔係数の増加することがわかった。

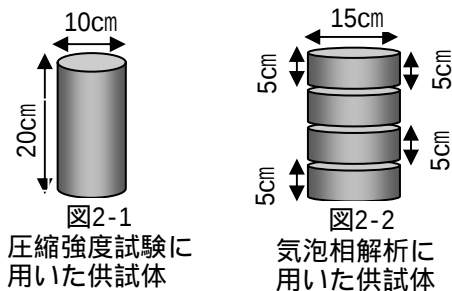


写真2-1  
画像解析処理に  
用いた切断面

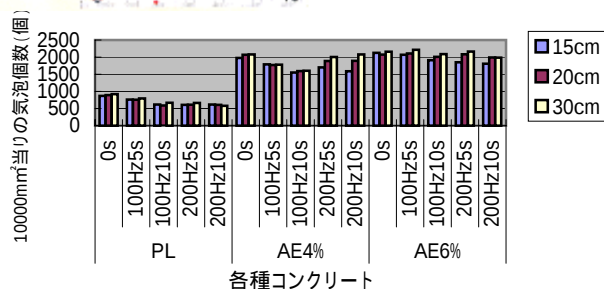


図3-1 各種コンクリートの気泡個数

キーワード：振動締固め、気泡個数、修正気泡間隔係数、気泡間セメントペースト平均厚さ

連絡先：東洋大学 工学部 環境建設学科 コンクリート研究室 tel 049-239-1410

図3-3は、各種コンクリートの気泡間セメントペースト平均厚さと振動数、振動時間及び振動距離との関係を示したグラフである。気泡間セメントペースト平均厚さは、空気量が多くなると気泡間セメントペースト平均厚さは薄くなることわかる。また、振動締固め効果によって気泡平均個数が少なく、修正気泡間隔係数が大きい通常コンクリートでは最も厚い8.34mmを振動数200Hz、振動時間5秒で示した。しかし、空気量4%、6%のAEコンクリートにおいては振動数が大きく、振動時間が長くしても気泡間セメントペースト平均厚さの値に余り変化が見られなかった。

図3-4は、硬化コンクリート中の品質の程度を評価する指標として用いられる各種コンクリートの圧縮強度と振動数、振動時間及び振動距離との関係を示したグラフである。通常コンクリート、空気量4%のAEコンクリートにおいては振動締固め効果によって圧縮強度の増大が期待される。しかし、空気量6%のAEコンクリートは他の2種類とは相違して、空気量の影響によって低下したものとする。

図3-5、3-6、3-7は図3-1に示した気泡平均個数を100%として気泡平均粒径の分布を各空気量ごとに示したグラフである。通常コンクリートにおいて0.00～0.01mmの気泡粒径の割合が振動数、振動時間の増加にともない減少傾向にあることが見て取れる。しかし、空気量4%、6%のAEコンクリートでは全般的に見ても大きな変化が見られなかった。

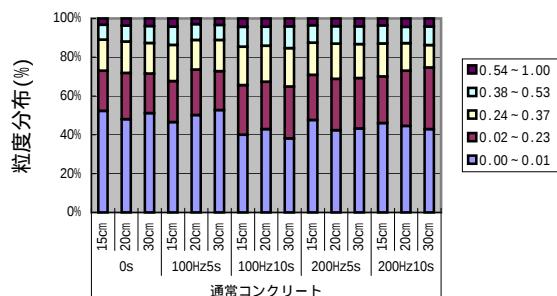


図3-5 粒度分布状況

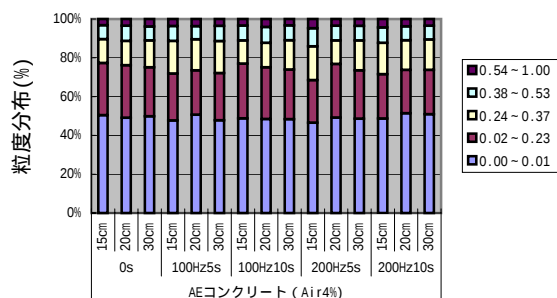


図3-6 粒度分布状況

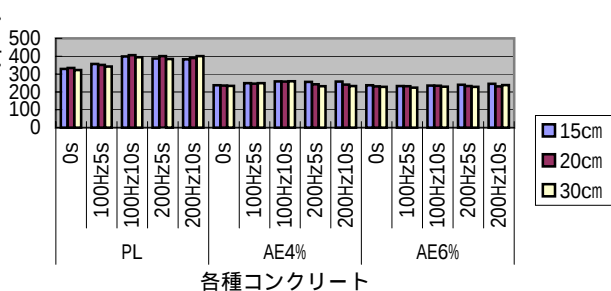


図3-2 修正気泡間隔係数

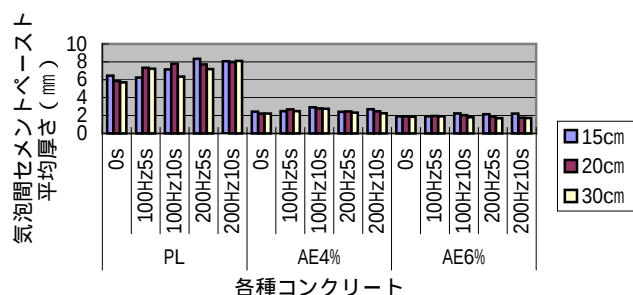


図3-3 気泡間セメントペースト平均厚さ

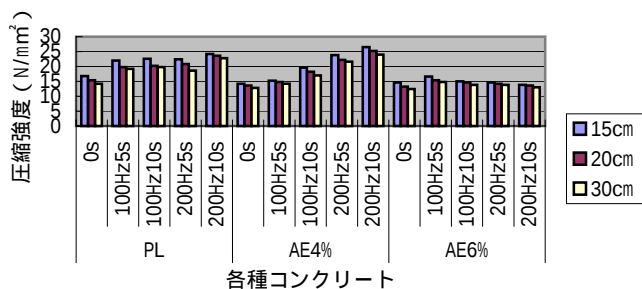


図3-4 圧縮強度

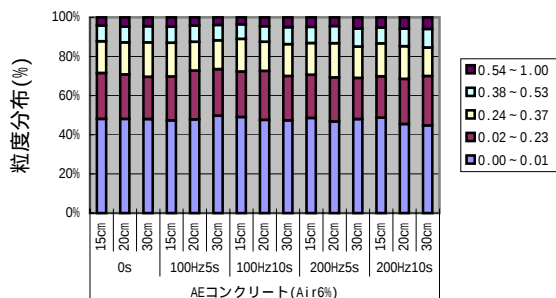


図3-7 粒度分布状況

#### 4. まとめ

実験に使用した供試体の測定面積が10000mm<sup>2</sup>当たりの平均気泡個数は、通常コンクリートに影響があった振動締固めた場合と締固めを行わなかった場合に約200～400個減少していた。しかし、空気量4%および6%のAEコンクリートにおいては締固めた状態と締固めない場合との差異が小さい関係にあった。このことは、気泡相の特性値にも影響が生じていて振動締固めによる気泡相の組織変化が少ない傾向を示したので、これらの関係を微視的に検討したいと考えている。

今後、振動締固めの減衰領域などを考慮して更に実験研究を遂行する予定である。