

衝撃弾性波による深さの異なるコンクリート内部空洞の推定

東海大学土木工学科 ○学生員 佐々木 博文
東海大学土木工学科 学生員 宮田 義典
東海大学土木工学科 正会員 極檀 邦夫
東海大学土木工学科 学生員 河野 穂高

1. まえがき

コンクリート構造物に深さの違う内部空洞を探索する方法の基礎研究について報告する。

今回コンクリート供試体内部にかぶり厚さの違う6種類の擬似空洞を持つ供試体を使用し、空洞の有無を衝撃弾性波法より時間窓 MEM・接触時間・減衰時間から見つけ出す実験をしたところ良好の検査結果を得られた。

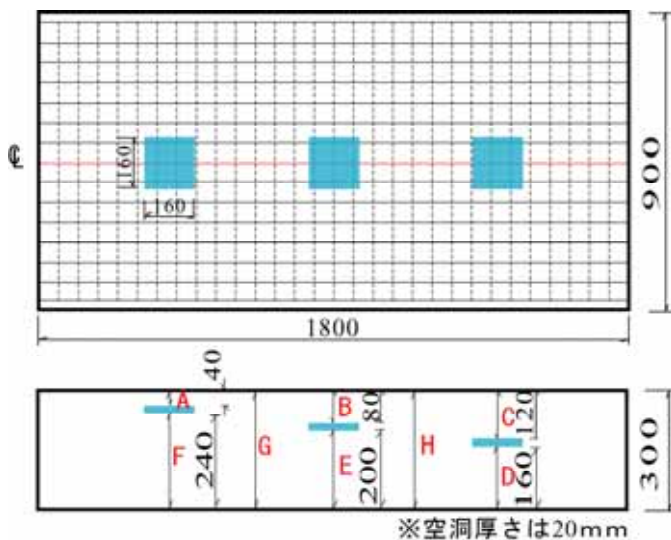
2. 供試体と測定方法

供試体を図-1 に示す。900×1800×300 の内部に発泡スチロール(160×160×20mm)で埋設して空洞(空洞は青い部分)とした。測点は、供試体の表面と裏面に60mmメッシュを設けて合計860点とした。空洞までの厚さは表面からは40,80,120mm裏面からは160,200,240mmとなる。弾性波の測定は、メッシュ交点を挟み、鋼球15mmで打撃し反対側の加速度計でおこなった。

弾性波の解析には時間窓 MEM(MEM スペクトログラム)を用いて供試体の厚さ、空洞の位置、厚さ、境界などを計算した。弾性波の多重反射波の固有周波数から次式で厚さを求めた。

$$D=V_p/2f$$

(D: 供試体厚さ、 V_p : 弾性波速度、 f : 周波数)



3-1 速度波形の比較

図-2 に供試体の中心線で測定した波形を示す。A~F は空洞部分、G・H は空洞の無い部分の波形である。

浅い空洞 A,B,C の波形は正弦波に近似した振幅の大きい波形で、減衰率(Attenuation coefficient :Ac)も緩やかである。E,F と空洞までの厚さが厚くなると空洞のない部分の波形に似てくる。鋼球接触時間(Time of contact :Tc)も A,B,C は他の部分よりも長い。すなわち、かぶり厚さの薄い A,B,C の波形は、弾性波の多重反射振動ではなく、空洞上部においてはたわみ振動が発生していると推測される。ただし、空洞160mm とかぶり厚さが160mmと同程度かそれよりも厚くなると減衰率、接触時間共に空洞の無いところとの差は小さくなる。

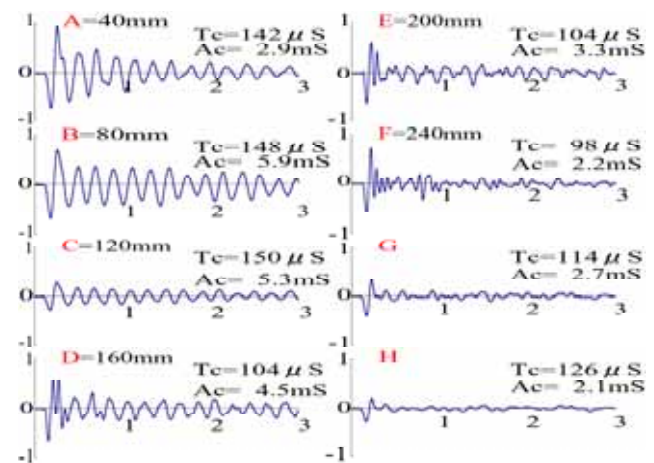


図-2 速度波形の比較

3-2 時間窓 MEM

図-3 に G の速度波形と時間窓 MEM の結果を示す。G は空洞がないので時間窓 MEM のスペクトログラムは300mmを示すと予想していたが、340mm付近に集中している。これは、近くに空洞があるため弾性波が遅くなる影響を受けたためと思われる。

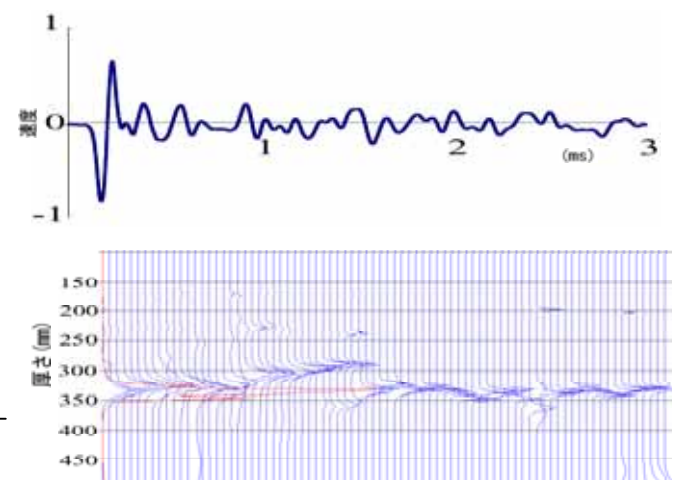


図-3 速度波形 (G 点)
時間窓 MEM による厚さ

3-3 中心線の厚さ測定

図-4は中心線の厚さを時間窓 MEM により求めたものである。供試体の厚さは 300mmであるが空洞部は 400mm以上を示している。また、空洞部周辺は空洞部の影響で弾性波速度が低下するので、300mm よりも厚めの値を示している。

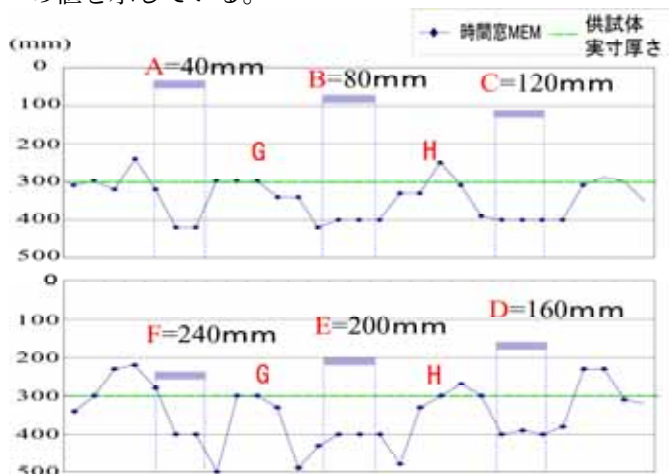


図-4 時間窓 MEM による厚さ (センターライン)

3-4 供試体厚さの平面分布

空洞がない部分は厚さ 300mm、空洞がある部分とその周辺、および供試体周辺では 400mmの値を示している(図-5)。これは、空洞部分ではたわみ振動が発生するためである。供試体周辺では側面からの反射波および弾性波の拘束条件(ポアソン比)の影響のためと推測される。しかしながら、空洞部分では空洞がない部分と明らかに違っている、空洞を発見することは可能である。

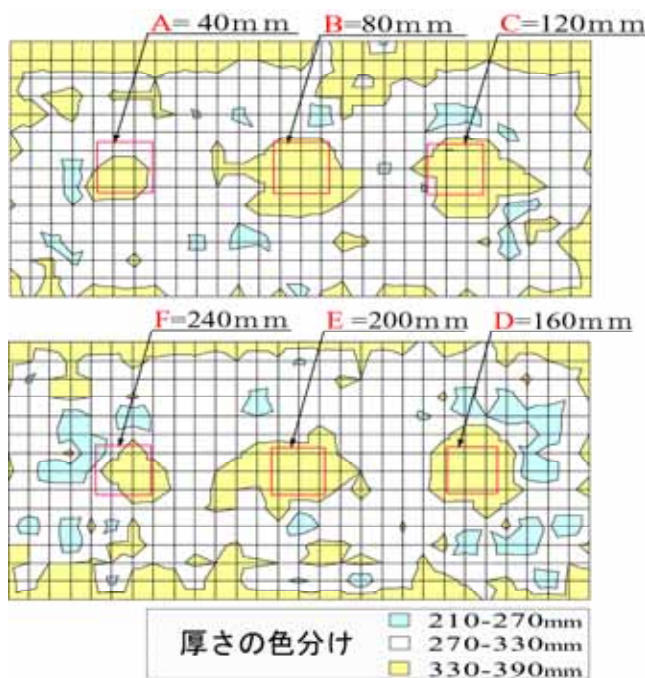


図-5 厚さの等高線表示 (860点)

3-5 減衰時間の比較

図-6に供試体全体の減衰時間を示す。空洞がない部分の振幅が 1/100 になる減衰時間は 2~3ms を示し、空洞部と供試体周辺では 3ms 以上になった。

かぶり厚さが 40mmでは減衰時間から空洞を検知できなかったが、その他の空洞では減衰時間が長くなっていることが一目瞭然である。ただし、かぶり厚さが厚くなるにつれて小さくなっている、240mm 以上では検知できないと思われる。

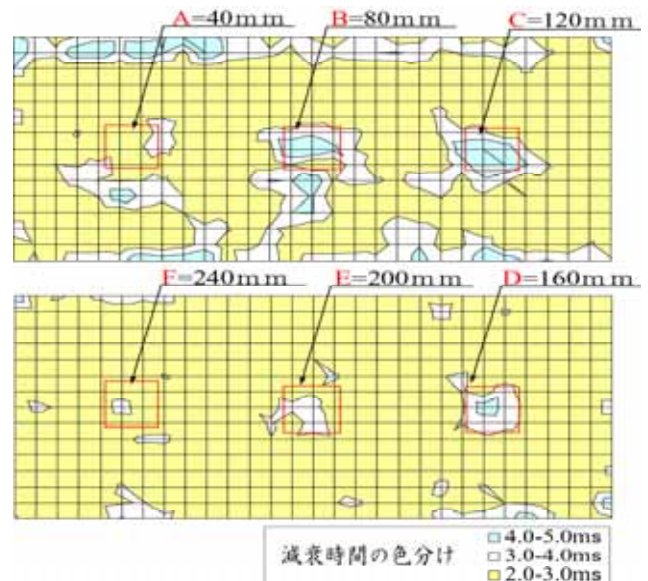


図-6 減衰時間の比

3-6 鋼球接触時間の比較

空洞がない部分では 100~130 μ s、空洞では 130 μ s 以上を示した。かぶり厚さが薄いと周辺も接触時間が 130 μ s 以上を示し影響される範囲は広がっている。これはコンクリートが薄いほど大きいたわみ変形が生じると推測。かぶり厚さ 160mm以上では差はなかった。

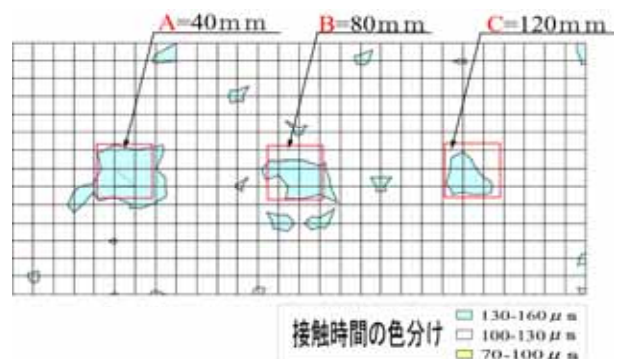


図-7 接触時間

4 まとめ

今回の実験結果を総括すると次のとおりである。

1. 時間窓 MEM に厚さの測定

空洞がない部分の厚さは正確に求められるが、空洞部分ではたわみ振動は生じるため実寸よりも厚くなる。この違いを利用すると空洞を検知することができる。

2. 弾性波減衰時間

浅い空洞では波形の減衰時間は空洞のない部分に比較して明確に長くなる。これは空洞部分ではたわみ振動が発生するためと思われる。

3. 鋼球接触時間

かぶり厚さ 40mm~120mmで鋼球接触時間が長くなる。打撃によってコンクリートがたわみ変形するためと推測される。