

V-332 応答スペクトルによるコンクリート部材のひび割れ評価に関する一考察

九州東海大学 工学部 正会員 ○坂田康徳
熊本大学 工学部 正会員 大津政康

1. はじめに 近年、コンクリート中を通過する超音波の周波数特性に着目した非破壊評価法(超音波スペクトロスコーピー)の研究が行われているが、筆者等は以前より発信器のスイープモードを利用した応答スペクトルによるコンクリート中の各種欠陥評価法について種々検討を重ねている。ここでは、応答スペクトル計測時におけるスイープ時間が応答スペクトルに及ぼす影響について検討すると共に、人工ひび割れを有する部材を用いて、材料の相違や部材の幾何形状が応答スペクトルに及ぼす影響を検討したので報告する。

2. 実験概要 応答スペクトル測定のためのスイープ時間の調査では、 $10 \times 7.5 \times 40$ cm角柱供試体に発信および受信トランスデューサを取り付け、測定周波数領域を0~51.1kHz間に固定したまま、スイープ時間を5msから100sまで段階的に増加させて測定し、同時に測定したフーリエスペクトルと比較検討した。

人工ひび割れを有する部材によるひび割れ深さの評価については、水セメント比や骨材寸法あるいは空気量など材料の異なるケースと、供試体断面が一定でその長さが異なる場合や断面寸法が異なる場合など、部材の幾何形状の異なるケースについて実験的に検討した。表-1は今回使用したコンクリートの配合条件を示している。

3. 結果および考察 図-1はスイープ時間の増加に伴う応答スペクトルの変化状況を示している。スイープが非常に短いと応答スペクトル上のピークが鈍って高周波数側へ大きく偏るが、スイープ時間が長くなるに従ってピーク周波数の偏りは小さくなり、約1sより長くなると、ピーク周波数がほとんど一定になると共に、同じ状態で測定した高速フーリエ変換(FFT)によるフーリエスペクトルとほとんど等価であることが判る。これより、本方法におけるスイープ時間は約1秒間以上とるのが好ましいことが判る。

図-2はW/C=45%における人工ひび割れ深さの増加に伴う周波数領域0~30kHz間の応答スペクトルを示している。図中のピークA,B,Cは今回着目した応答スペクトル上の主要なピークを示している。ピークA,Bはひび割れ深さの増加に伴って漸次低周波数

表-1 使用コンクリートの配合条件と特性値

配合	ϕ	SL(FL)	AIR	W/C	W	f _c	E	ν
A	20	4	1.3	45	187	496	3.31	0.21
B	20	4	1.3	55	187	410	3.23	0.21
C	20	4	1.4	65	187	351	3.07	0.21
D	5	(186)	3.2	55	293	344	4.46	0.22
E	15	5	2.5	55	193	406	3.18	0.21
F	30	5	1.2	55	180	391	3.18	0.20
G	20	5	3.5	55	175	334	3.02	0.21
H	20	5	6.7	55	166	350	2.99	0.22

ϕ :粗骨材最大寸法(mm), SL:スランプ(cm), FL:フル値(mm)
AIR:空気量(%), W/C:水セメント比(%), ν :ポアソン比
W:単位水量(kg/m³), f_c:圧縮強度(kg/cm²)
E:弾性係数($\times 10^5$ kg/cm²)

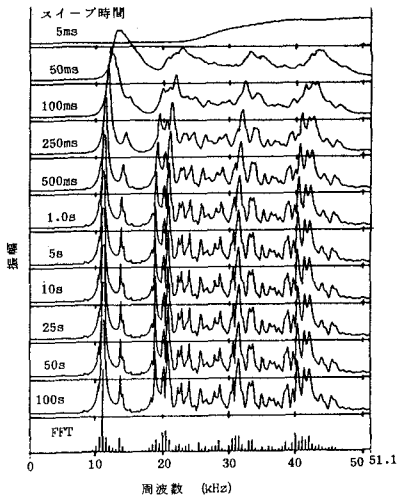


図-1 スイープ時間の相違に基づく応答スペクトルの変化とフーリエスペクトルとの関係

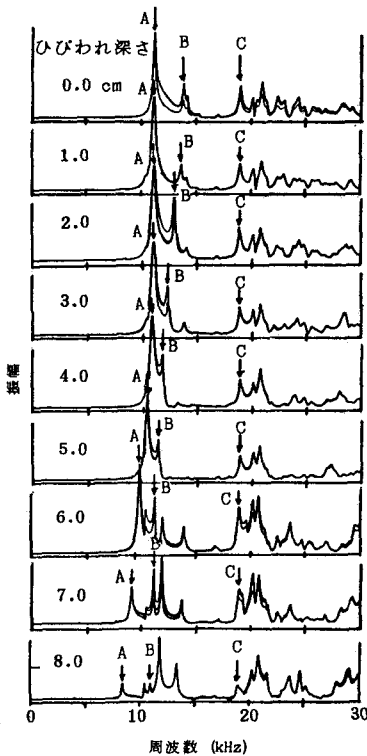


図-2 W/C=45%のコンクリートにおけるひび割れ深さhの増加に伴う応答スペクトルの変化状況

側へ移動し、またピークCはひび割れ深さにほとんど関係無くほぼ同じ位置にあることが判る。

図-3は供試体寸法が $10 \times 7.5 \times 40$ cmで骨材寸法や空気量が異なる場合の無ひび割れ部材の応答スペクトルを示している。このように配合が異なる場合においても、図-2のピークA, B, Cに相当するピークは同様に存在している様子が判る。

図-4-(a), (b)は供試体寸法 $10 \times 7.5 \times 40$ cmで水セメント比、骨材寸法、空気量など配合が異なる場合の、ひび割れ導入前に対する、ひび割れ導入後の、人工ひび割れ深さ h の増加に伴うピークA, Bのピーク周波数比 f_{Ah}/f_{Ao} , f_{Bh}/f_{Bo} と h との関係を示している。これより、材料の相違すなわち材料中の音速に関係無く、ひび割れ導入前後のピーク周波数比はほぼ一つの曲線で表されることが判る。これは、ピーク周波数比を用いれば、材料の相違に関係無くひび割れ評価が可能であることを示している。

図-5は $W/C=55\%$ 、断面一定(10×7.5 cm)でその長さが $40 \sim 34$ cmまで2 cm毎に短くなる場合の無ひび割れ部材の応答スペクトルを示している。部材長さが短くなれば、ピークA, B, Cは一様に高周波数側へ移動している様子が判る。すなわち、これらのピークは部材長さに関係しており、部材長さに応じた共振現象によって生じたものであることが判る。

図-6は $W/C=55\%$ で、 $15 \times 15 \times 53$ cm角柱供試体におけるひび割れ深さの増加に伴う、周波数領域0~20 kHz間の応答スペクトルの変化状況を示している。部材の断面寸法が異なれば、応答スペクトルの形状やピーク出現状況も異なってくるが、約8~10 kHz付近にはひび割れ深さの増加に伴って低周波数側へ次第に移動する2つのピークがあり、これらは図-2のピークA, Bに相当するものと考えられる。これより、断面寸法が異なる場合においてもひび割れ評価は可能であることが判る。

3. 結論 応答スペクトル上のピークは部材の共振現象に基づいて生じており、応答スペクトルの形状は部材の断面寸法や部材長によってかなり変化するが、ひび割れ導入前後のピーク周波数比は材料の相違にほとんど関係しない。それ故、形状寸法の定まった断面寸法や厚さ一定の壁部材あるいは床板等では、材料の相違に関係無くピーク周波数比を用いてひび割れ深さの評価が可能であると考えられる。

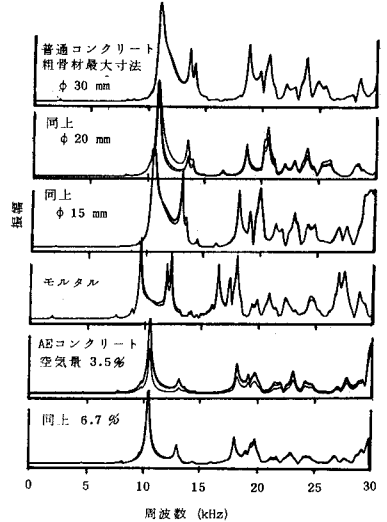


図-3 空気量や骨材寸法が変化する各種のコンクリートにおける無ひび割れ部材の応答スペクトル

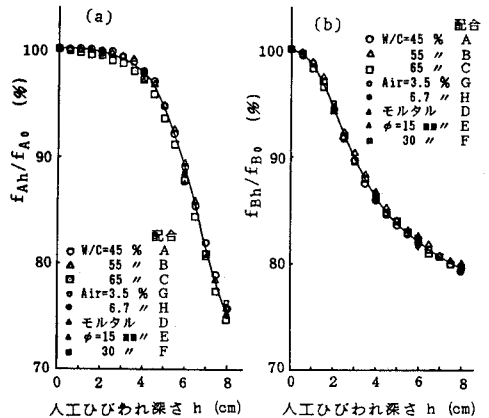


図-4 水セメント比、空気量、骨材寸法が異なる部材のひび割れ導入前後における、 f_{Ah}/f_{Ao} , f_{Bh}/f_{Bo} と h の関係

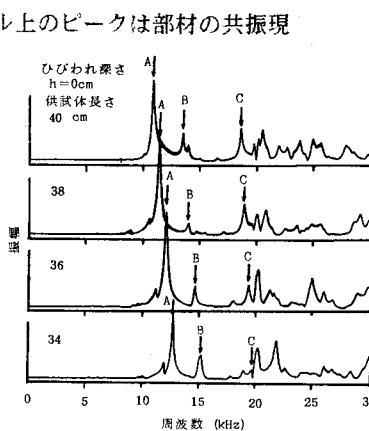


図-5 部材断面一定でその長さが変化する場合の応答スペクトルの変化状況

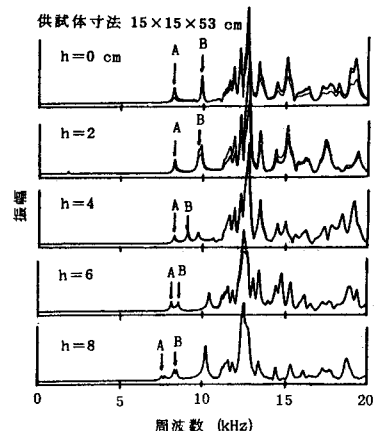


図-6 $15 \times 15 \times 53$ cm 供試体におけるひび割れ深さ h の増加に伴う応答スペクトルの変化状況