

北見工業大学	正 員	三 上 修 一
北見工業大学	正 員	大 島 俊 之
北見工業大学	学 生 員	重 清 浩 司
日大生産工学部	正 員	能 町 純 雄

1. まえがき

近年土木構造物における健全度評価や耐用寿命の判定の必要性が増大しているが、健全度、耐用性評価の要因は、社会的変化による要因と、物理的变化による要因に大別され、それらの関係は複雑で、単一の要因のみにより評価できないのが現状である。本研究では、物理的变化による要因のうち、構造が経年変化により風化等の作用を受けて老朽化したり、クラックの発生進展により健全度が変化することに着目し、弾性波速度を応用して、これらの判定の資料を得ることを目的とする。具体的には構造体の老朽化による弾性係数の変化や、クラックの進展が弾性波速度にどのように影響するかを明らかにすることである。

2. 解析手法

本研究では、図1のような円筒体を考え、円筒体は対称性を考慮して1/4の部分に対して計算を行なった。

解析は、三次元の運動方程式に、図2のような、Y, Z方向に一次の形状関数を仮定し、X方向に調和進行波を仮定した、三角形プリズム要素にガラーキン法を適用して節点力と節点変位の三角形プリズム要素関係式を得る。この関係式を用いて、図3、図4のように、分割されたモデルの各節点で節点力の動的釣合を考えると、固有値方程式が得られる。

ここで、円筒体の表面からクラックが進展してくるような場合のモデルとしては、図3のようにクラックの発生した節点では、X方向の節点力のつりあいを、クラックを隔てて T , T^* の二つに分けて考える。また、円筒体の表面近くの材料が、劣化することにより、弾性係数、密度、ポアソン比等が変化していることが考えられることから、図4のように、円筒体が材質ごとに層状にモデル化したものを考える。

3. 解析結果と考察

解析に用いた円筒体は、内径 $r_a=100\text{cm}$ 、外径 $r_b=150\text{cm}$ 、ポアソン比 $\nu=0.25$ 、波長は肉厚 $h(=r_b-r_a)$ との比 h/λ で表し、弾性波速度 C はせん断波速度 C_s の比 C/C_s を使って表す。また、弾性波速度は縦波動と曲げ波動について検討した。

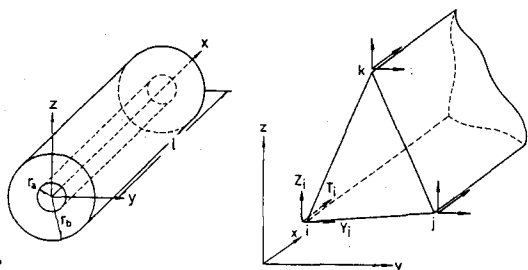


図1 円筒体

図2 三角形プリズム要素

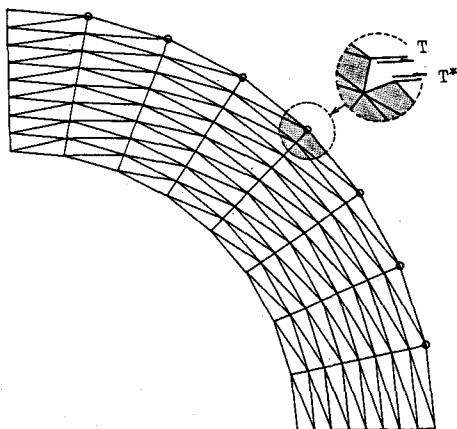


図3 クラックの発生した円筒体モデル

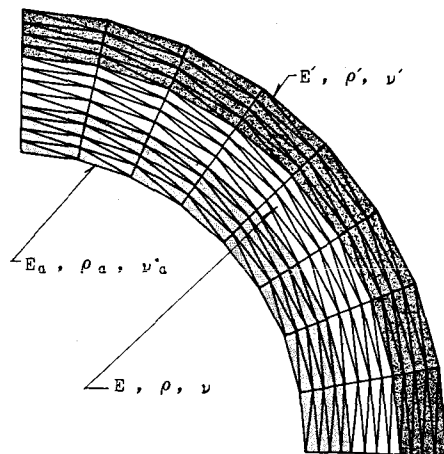


図4 老朽化した円筒体モデル

表1 クラックによる縦波動の影響

h/ℓ	C0	C1	C2	C3	C4
0.001	1.58110	1.58110	1.58110	1.58110	1.58110
0.05	1.52070	1.52070	1.52070	1.52070	1.52070
0.1	1.01990	1.01990	1.02010	1.02040	1.02080
0.3	0.68945	0.68930	0.68715	0.68743	0.68155
0.5	0.78371	0.78337	0.77951	0.77085	0.74393
1.0	0.88871	0.88787	0.87511	0.84481	0.81394
1.4	0.91743	0.91603	0.89452	0.85805	0.83074
2.0	0.93810	0.93535	0.90585	0.87412	0.85640
3.0	0.95651	0.95184	0.92439	0.90456	0.89613
4.0	0.96835	0.96349	0.94154	0.92878	0.92421
5.0	0.97644	0.97204	0.95484	0.94301	0.94310

表2 クラックによる曲げ波動の影響

h/ℓ	C0	C1	C2	C3	C4
0.01	0.07182	0.17300	0.35030	0.44091	0.45090
0.05	0.32772	0.56169	0.57801	0.58472	0.57575
0.1	0.53867	0.65972	0.65588	0.64879	0.63592
0.3	0.80673	0.59735	0.69011	0.68797	0.68343
0.5	0.86696	0.79038	0.79134	0.77558	0.76646
1.0	0.91363	0.89019	0.88191	0.86772	0.84903
1.4	0.92653	0.91720	0.90598	0.88513	0.88003
2.0	0.93788	0.93562	0.91912	0.89604	0.90399
3.0	0.95293	0.95185	0.93457	0.91802	0.90852
4.0	0.96452	0.96350	0.94876	0.93748	0.93250
5.0	0.97293	0.97204	0.96004	0.94191	0.94856

(1) クラックによる弾性波速度の影響

図3のような、円筒の厚さ方向に8分割、円周方向に8分割されたモデルに対して、図中の○印のある点から円筒の中心に向かってクラックが、C0(クラックなし)、C1($h/8$)、C2($2h/8$)、C3($3h/8$)、C4($4h/8$)と進展したときの影響を表1、2に示す。表1の縦波動は、 $h/\ell \leq 0.3$ の所ではほとんどクラックの影響は見られない。 $h/\ell \geq 0.5$ ではクラックの進展に伴い弾性波速度の減少の割合は増加していることがわかる。また波長が短くなるとクラックが進展しても弾性波速度の減少率は小さくなっている。

表2の曲げ波動は、 $h/\ell \leq 0.5$ ではクラック発生時(C1)の弾性波速度の変化率は、クラック進展があってもほとんど変化していない。 $h/\ell \leq 0.1$ で弾性波速度は、クラックのない場合より大きな値を示している。 $h/\ell \geq 1.0$ では、縦波動と同様の傾向を示す。

(2) 表面の劣化による弾性波速度の影響

図4のような円筒厚さ方向に12分割、3種類の材質の層によってモデル化して、老朽化による弾性係数の変化する層を外側の $h/3$ として、弾性係数比 $E'/E=1.0, 0.7, 0.5, 0.1$ について検討を行なった。

図5は縦波動分散曲線、図6は曲げ波動分散曲線を表しており、図中の破線は表面の劣化がない場合を示している。図5と図6を比較すると $h/\ell \geq 0.5$ では縦波動と曲げ波動は同じような値になっている。波長の短い所では、外層の劣化した層のRayleigh波速度に近づいているため弾性波速度は遅くなっていると考えられる。 $h/\ell \leq 0.3$ の波長の長い所では、劣化した層との平均弾性係数をもつ円筒としての弾性波速度となっている。

参考文献

- 1) 三上、大島、能町；有限プリズム法による繊維強化円筒シェルの弾性波速度の研究、土木学会北海道支部論文報告集、1985. 2

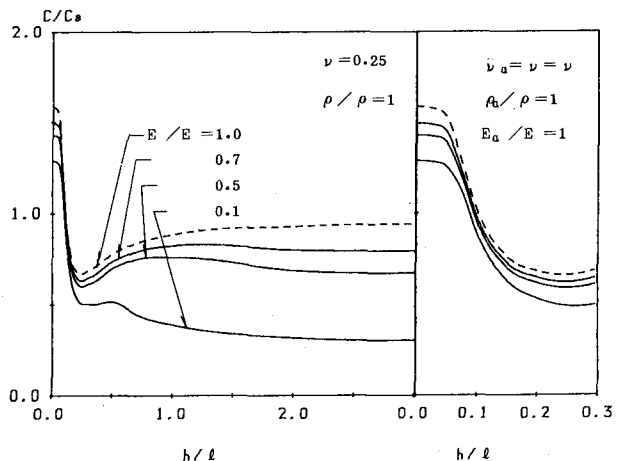


図5 外層の劣化による縦波動の影響

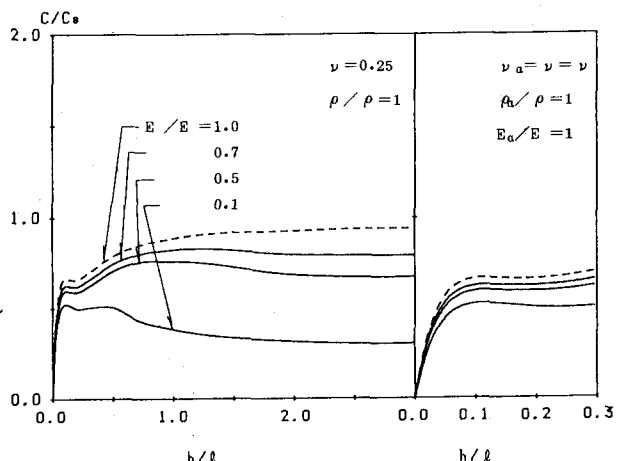


図6 外層の劣化による曲げ波動の影響