

VI-26

マンホール鉄蓋劣化診断技術

日本電信電話株式会社 正会員 ○田中 茂久
同 正会員 木村 幸夫

1. はじめに

NTTでは、現在約66万個のマンホール設備を有している。地上からの入出孔に設ける鉄蓋は、車両の通過による振動や摩擦等の作用を受けるため、十分な安全を見込んで設計しているが、長期にわたる使用により目に見えぬ微細なクラックが発生・進行し、破損事故に至る場合がある。設備劣化が顕著となってきた現在、こうした事故を未然に防止する目的から、鉄蓋の劣化進行状況を定量的に計測できる技術が必要となっている。

本論文では、現在NTTで検討・開発中のマンホール鉄蓋劣化診断技術について紹介する。

2. 打撃振動法の原理

円板の弾性自由振動の運動方程式は、半径方向 r 、円周方向 θ の局座標を用いて、以下の式で表される。

$$\rho h \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} + \frac{E h^3}{12(1-\nu^2)} \left(\frac{\partial^2}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} + \frac{1}{r^2} \frac{\partial^2}{\partial \theta^2} \right)^2 u = 0 \quad (1)$$

ここで、 u : 変位、 ρ : 密度、 h : 板厚、 E : 弾性係数、 ν : ポアソン比である。(1) 式を解くと、共振周波数 f は (2) 式のとおりになる。

$$f = \frac{\lambda h}{R^2} \sqrt{\frac{E}{12(1-\nu^2)\rho}} \quad (2)$$

ここで、 λ : モードごとの係数、 R : 半径である。

劣化の進行に伴って板面全体に微小クラックが発生し、これらのうち一部が成長し破壊に至るものと考ええると、劣化の進行は板厚の減少と等価なものと考えられる。板厚が減少すれば、(2) 式により共振周波数 f は低下することになる。

以上により、鉄蓋の劣化程度は共振周波数 f で定量化可能であるが、材質の違いにより共振周波数 f がばらつくのが考えられるので、材質を問わず劣化程度を定量化するためには、もう1つのパラメータを必要とする。検討の結果、共振周波数 f 及び減衰係数 α により材質は特定できることがわかったので、減衰係数 α を用いることとした。

内部摩擦を考慮した場合の減衰係数 α は次式で評価され、劣化の進行に伴って増大する。 μ は粘性係数である。

$$\alpha \propto \frac{\mu}{\rho \cdot h} \quad (3)$$

打撃により得られる鉄蓋の自由振動波形を加速度計で測定し、波形処理を施して共振周波数 f 及び減衰係数 α を算定する。測定概要を図1に示す。予め実験により、劣化に伴う f 及び α の変化を求めておき、これを用いて劣化度の推定を行う。

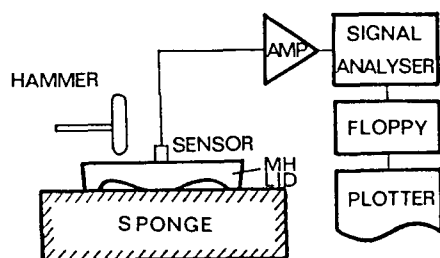


図1 打撃振動法による f 、 α の測定概要

3. 劣化進行に伴う f 及び α の変化

試験用鉄蓋に対し、

①破壊に至るまで静荷重を載荷（静荷重載荷試験）

②破壊に至るまで繰返し荷重を載荷（繰返し荷重載荷試験）

することにより、劣化進行に伴う f 、 α の変化を調べた。

実験結果は、以下のとおりである。

1) 静荷重載荷試験における f 、 α の特性

図2に、載荷荷重 W の増大に伴う共振周波数 f 、減衰係数 α の変化を示す。載荷荷重 W は破壊荷重 W_B で基準化し、 f 及び α は載荷前の値 (f_0 、 α_0) で基準化している。

周波数 f は載荷荷重 W の増加と共に減少し、減衰係数 α は増大する。特に、 W/W_B が90%を超える付近から目に見える亀裂が成長し、これに伴って f 及び α は急激に変化するが、この理由としては亀裂の進展による板厚の減少が考えられる。

2) 繰返し荷重載荷試験における f 、 α の特性

図3に、繰返し回数 N の増大に伴う共振周波数 f 、減衰係数 α の変化を示す。繰返し回数 N は、破壊までの繰返し回数 N_B で基準化してある。

共振周波数 f は繰返し回数 N の増加と共に減少し、減衰係数 α は増大する。亀裂発生後は、静荷重載荷試験と同様に、 f 及び α は急激に変化している。

4. 劣化診断器の試作

実験から、静的荷重及び繰返し荷重により鉄蓋に発生する微小クラックの発生度合を、共振周波数 f 及び減衰係数 α から検知できることが明らかとなった。劣化進行に伴って、 $f - \alpha$ は図4で示すように変化する。従って、 f 及び α の測定により、逆に現在の劣化状況を定量化できる。

この原理を用いて、マンホール鉄蓋の残存寿命を推定する『マンホール鉄蓋劣化診断器』を試作した。試作した診断器を用いて、現在実データの収集を行っている。

5. おわりに

本報告では、打撃振動法によるマンホール鉄蓋劣化診断の原理を述べ、実験により明らかとなった $f - \alpha$ の劣化進行に伴う変化を示した。現在収集中の実データを用いて本診断技術の妥当性を確認し、実用化を図る予定である。

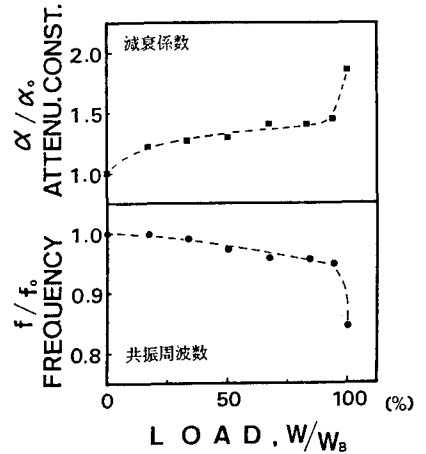


図2 荷重の増加に伴う f 、 α の変化

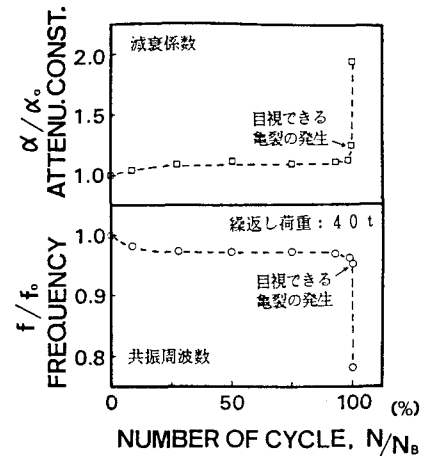


図3 繰返し数増大に伴う f 、 α の変化

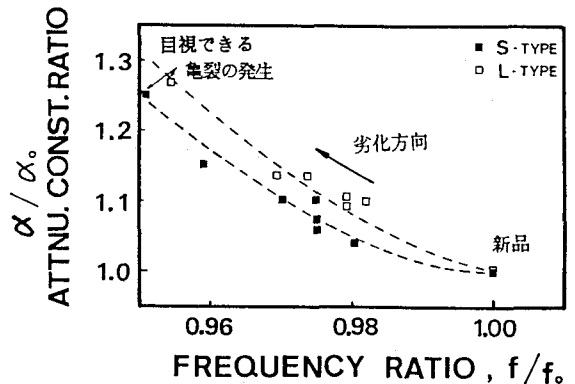


図4 劣化進行に伴う $f - \alpha$ の変化