



【特許請求の範囲】

【請求項1】 被覆層により隠蔽された配管内に音波を伝播させる第1工程と、  
 前記配管内を伝播する音波を前記被覆層外の複数の位置で検出して、検出される音圧の空間的な分布を求める第2工程とを備え、  
 前記第2工程で求められる検出音圧の分布から、前記配管に発生している開口位置を推定する第3工程からなる管路検査方法であって、  
 前記第1工程において前記音波として複数の周波数成分を含むパルス音を使用し、  
 前記第2工程において複数の位置で音波を検出する場合に、検出位置に最初に到達する直接波を検出し、前記第3工程において前記直接波の検出位置に対応した音圧レベル分布に従って、前記開口位置を推定する管路検査方法。

【請求項2】 前記第1工程において、インパルス応答を得られるパルス音を管内に送り込む請求項1記載の管路検査方法。

【請求項3】 前記音波として複数の周波数成分を含むパルス音が、前記配管内の媒質の断面方向の共鳴周波数成分を除かれた音である請求項1または2記載の管路検査方法。

【請求項4】 被覆層により隠蔽された配管内に音波を伝播させる第1工程と、  
 前記配管内を伝播する音波を前記被覆層外の複数の位置で検出して、検出される音圧の空間的な分布を求める第2工程とを備え、  
 前記第2工程で求められる検出音圧の分布から、前記配管に発生している開口位置を推定する第3工程からなる管路検査方法であって、  
 前記第1工程において前記音波として、前記配管内の媒質の断面方向に於ける共鳴周波数成分を除いた音を使用し、  
 前記第2工程において複数の位置で音波を検出して、検出位置に対応した音圧レベル分布に従って、前記開口位置を推定する管路検査方法。

【請求項5】 被覆層により隠蔽された配管内に音波を伝播させる第1工程と、  
 前記配管内を伝播する音波を前記被覆層外の複数の位置で検出して、検出される音圧の空間的な分布を求める第2工程とを備え、  
 前記第2工程で求められる検出音圧の分布から、前記配管に発生している開口位置を推定する第3工程からなる管路検査方法であって、  
 前記第2工程において前記検出音圧を求める場合に、前記配管内の媒質の断面方向に於ける共鳴周波数成分の音を除いた処理済音の音圧を求め、検出位置に対応した処理済音の音圧レベル分布に従って、前記開口位置を推定する管路検査方法。

10

20

30

40

50

【請求項6】 少なくとも複数の周波数成分を含むパルス音を管内に発生させることができるスピーカと、前記スピーカにより発生され前記管内を伝播する伝播音を配管位置に対応して検出可能な検出装置とを設けた検査装置であって、  
 前記検出装置により検出される前記伝播音の音圧レベルを時間領域で求める音圧レベル導出手段と、前記音圧レベル導出手段により求められた音圧データより直接波の音圧レベルを求める直接波音圧レベル導出手段と、前記直接波音圧レベル導出手段により求められる直接波の音圧レベルを、その検出位置と関連付けられたデータ情報として処理するデータ処理手段を備え、  
 前記データ処理手段により得られる検出位置と直接波音圧レベルとのデータ情報を表示する表示手段を備えた検査装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、土、家屋の壁等の被覆層により隠蔽された状態にある配管に発生する開口位置を割り出す技術に関する。

【0002】

【従来の技術】発明者らは、配管の位置確認あるいは漏洩位置確認を目的として、配管内に音波を伝播させ、この音波を管外から検出して、配管の開口位置を探索することを提案している（特願平7-71167）。この手法にあっては、その第1工程として、被覆層により隠蔽された配管内に音波を伝播させる。そして、その第2工程として、配管内を伝播する音波を被覆層外の複数の位置で検出して、検出される音圧（音量）の空間的な分布を求める。このような検査を行った後、検出音圧（音量）が極大となる場所を、例えば開口破損がある位置と推定する。

【0003】この技術を使用するに当たっては、その音の性状に関しては、管内を伝播しやすく、配管外から容易に強い音圧で検出できる周波数の音を採用することが、好適であり、このような周波数の音を使用する。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】上記のように特定の周波数の音を伝播させて検査をおこなうことが好ましいが、たとえば、伝播音の周波数を固定しておく、管自身内にある媒質の固有振動との関係で、検出が難しい場合があることが判明した。さらに、このような固有振動数の音波のみを使用すると、例えば、開口破損部がある部位から管外へ漏れ出す音圧より、管内特定部位で共鳴し、大きな音圧レベルで外部に伝わる音を開口破損部からの音と誤認し、開口破損部以外の共鳴部位を、誤って、開口破損部と判断してしまう場合もあることが判明した。このような例に関して、図3を参照しながら説明する。図3に示すデータは、横軸が音源側から計測した配管の位置（距離m単位）を示しており、縦軸は、配管

上にある例えば地上各位置で検出される音圧レベルデータを示している。ここで、使用している配管の構成は、図1に示すようなものであり、発音側の立て管と、この立て管が接続されている主管を示している。そして、図3に於ける横軸は、上記主管に沿った位置である。同図において、原点側に音源があり、さらに、Aで示す位置に開口破損部がある。さて、図中、実線及び破線は、それぞれ、音源からの直接波を各検出位置で検出したものと、所定時間内に検出される音圧レベルの最高値を示したものである。ここで、音源から発生される音は、特定周波数の音ではなく、青島パルス音（これは複数の周波数成分を含むパルス音であり、音響系内に伝播させることにより、この音響系のインパルス応答を得ることができる音であり、計測技術vol.12-4 pp.35-43(1984)に詳しい)としている。この青島パルスは、最適化青島パルスあるいはTSP(Time-Stretched Pulse)とも呼ばれ、所定の周波数範囲で平坦なパワースペクトルを持つ時間信号を、時間軸上で引き延ばした信号である。形態的にはインパルス音に近いものであり、その周波数帯域は、一般に0

～10kHzまでにわたる。  
 【0005】上記のように、破線は所定時間内に検出される音圧レベルの最高値を示したものであり、これが、一般的に、通常の状態では検出される所謂音圧レベルである。さて、各位置における検出結果を参照すると、同図破線で示すように、開口破損位置Aに対応する位置で検出される音圧レベルが高いとともに、この開口破損位置よりも音源側にあるBで示す位置の音圧レベルも所定区間において高くなっている。この部位は、特に開口破損がある位置ではなく、通常の状態では検出される音圧レベルの最高値は、A位置に於けるものに対して、同等か、それ以上となる傾向を示しており、これまで説明してきた方法を採用しにくい状態にある場合を示している。

【0006】ここで、この例にあつては、検査音として青島パルス音を使用しているため、上記のB位置に於ける検出音圧レベルは比較的低いが、例えば、使用する音の周波数を、B部において共鳴する共鳴周波数に選択しておいた場合は、この傾向は、さらに顕著になり、誤検出の原因となることが判明した。ここでは、B部に於ける共鳴を問題としているが、現実問題として、検査対象の配管系の構造が比較的複雑であるため、誤検出を発生しやすい共鳴が、どの部位で、どのように起こるかに関して、予め特定の配管系を対象として、これを掴むことは、事実上不可能である場合もある。従って、特定の周波数の音を管内に伝播させ、この伝播音の所定時間内での音圧レベルを把握する手法には、無理な場合もある。本発明の目的は、上記のような問題を解消して、被覆層に覆われた配管に対する、その漏洩破損位置探査を、現場の状況に適應して迅速且つ容易に進めることができる

管路検査方法を得ることにある。さらに、このような方法に使用する検査装置を得ることにある。

【0007】

【課題を解決するための手段】この目的を達成するための本発明による被覆層により隠蔽された配管内に音波を伝播させる第1工程と、前記配管内を伝播する音波を前記被覆層外の複数の位置で検出して、検出される音圧の空間的な分布を求める第2工程とを備え、前記第2工程で求められる検出音圧の分布から、前記配管に発生している開口位置を推定する第3工程から構成される管路検査方法の特徴手段は、第1工程において前記音波として複数の周波数成分を含むパルス音を使用し、この第2工程において複数の位置で音波を検出する場合に、検出位置に最初に到達する直接波を検出し、さらに第3工程においてこの直接波の検出位置に対する音圧レベル分布に従って、配管の開口位置を推定することにある。この方法を採用する場合は、検査音として複数の周波数成分を含むパルス音を使用する。そして、各検査位置において検出されるデータにあつて、その直接音だけを、有意なデータとして使用する。この状況を図2を使用して説明する。図2は、図1に示す配管系において、音源側からパルス音を伝播させた場合の配管に沿った特定部位(図1のAで示す)で検出した結果を示したものである。この図からも判明するように、特定位置における検出音圧レベルは、複数の極大値が現れる状態となる。

【0008】さて、本願の方法にあつては、図2に示すデータから、直接波の音圧レベルを得て有意なデータとして使用するのであるが、このような直接波の音圧レベルSpのみ検出して、これを整理したものが、先に説明した図3の実線に示すデータである。ここで、直接波の音圧レベルとは、例えば、図2においてCで示される時点よりも遅れた時間帯において検出される最大音圧値、即ち、直接波が検出位置で検出されると推定できる時間帯(この時間帯は、音源からの距離(推定値でよい)/音速により決定できる)において検出される検出音の最大値である。このデータを見ると、開口部に対応する部位のみに音圧レベルのピークが発生しており、その他の部位で比較的低い音圧レベルを示していることが判る。従って、このように直接波の音圧レベルからなるデータを使用することにより、先に説明した管内に於ける音響共鳴の問題に起因すると見られる、誤検出を避けることができる。

【0009】さて、前記第1工程において、インパルス応答を得られるパルス音を管内に送り込むことが好ましい。即ち、所謂、単発のインパルス音、先に説明した青島パルス音等を使用するのである。このような音を使用することで、直接波の音圧レベルを、例えば所定時間帯で検出される音の最大値として、比較的容易に検出することができる。さらに、青島パルスを使用すると、通常のインパルス音に対して管内に効率的に音(エネルギー

一)を印加することができ、複数回の応答の平均処理が容易であり、信頼性の高い検出データを得ることができる。

【0010】以上説明した手法においては、共鳴の影響による誤検出を回避するために、所謂、直接波の音圧による検査をおこなうことを提案したが、逆に積極的に共鳴周波数の音を含まない音を検査用の音として使用することも提案できる。即ち、被覆層により隠蔽された配管内に音波を伝播させる第1工程と、前記配管内を伝播する音波を前記被覆層外の複数の位置で検出して、検出される音圧の空間的な分布を求める第2工程とを備え、前記第2工程で求められる検出音圧の分布から、前記配管に発生している開口位置を推定する第3工程からなる管路検査をおこなうに、前記第1工程において前記音波として、前記配管内の媒質の断面方向に於ける共鳴周波数\*

\*成分を除いた音を使用し、前記第2工程において複数の位置で音波を検出して、検出位置に対応した音圧レベル分布に従って、前記開口位置を推定するのである。ここで、配管内の媒質の断面方向に於ける共鳴周波数fは、次式で決定される。この手段に於ける管断面方向の共鳴周波数fは、次式により決定される。

$$f = C \times U_m / (2 a)$$

ここで、Cは管内音速(m/s)であり、管内内容物及び管内温度・圧力により公知の式に従って決定される。またaは、管半径(m)である。そして、U<sub>m</sub>は表1に示すような共鳴モードに依存する値であり離散的に存在する。ガス種、ガス圧と温度の情報は、管内音速Cの導出時における参考情報となる。

【0011】

【表1】

m \ n	0	1	2
1	3.832	1.841	3.054
2	7.016	5.331	6.706
3	10.173	8.536	9.969

【0012】各共鳴モードは、図6に示す振動パターンに対応する。具体的な数値例を示すと、例えば1気圧5メタンの場合、音速は434.1(m/s)であり、空気の場合、音速は334.5(m/s)である。この時、管半径0.1(m)の管に於ける共鳴周波数は低い側からメタンは1337、2187、2732、2999、・・・Hzとなる。また空気も低い方から1030、1685、2105、2310、・・・Hzとなる。表2に、上記条件下における空気の場合の、演算導出例を示した。尚、共鳴周波数は気温20として計算している。

【0013】

【表2】

No.	周波数(Hz)	共鳴モード(m, n)
1	1007	(1, 1)
2	1671	(1, 2)
3	2096	(1, 0)
4	2298	(1, 3)
5	2909	(1, 4)
6	3507	(1, 5)
7	3838	(2, 0)

【0014】従って、所謂管内における断面方向に共鳴を起こす共鳴周波数は、無限個のモードに対応して、無限個、離散的に存在する。そして、個々に、これらの共鳴周波数を現場の条件により導出することができる。

【0015】そして、挿入音において、共鳴周波数の成

10

30

40

50

分を除くことにより、この共鳴周波数の音以外の周波数の音の分布に基づいて、例えば、開口位置を見出すことができる。この場合、先に説明した共鳴による誤検出の可能性を低減できる。先に説明した直接波の音圧をベースとする検査を実行するにあたって、共鳴周波数成分を、挿入音から除外することで、より確度の高い検査をおこなうことができる。

【0016】さて、共鳴周波数成分を誤検出の問題とする場合にあっては、第2工程において検出される情報から、このような共鳴周波数成分を除外し、残余の周波数成分の音圧の合算量を、開口の検査データとすることもできる。即ち、被覆層により隠蔽された配管内に音波を伝播させる第1工程と、前記配管内を伝播する音波を前記被覆層外の複数の位置で検出して、検出される音圧の空間的な分布を求める第2工程とを備え、前記第2工程で求められる検出音圧の分布から、前記配管に発生している開口位置を推定する第3工程からなる管路検査をおこなうに、前記第2工程において前記検出音圧を求める場合に、前記配管内の媒質の断面方向に於ける共鳴周波数成分の音を除いた処理済音の音圧レベルを求め、検出位置に対応した処理済音の音圧レベル分布に従って、前記開口位置を推定する。このようにする場合は、第2工程で受音される音圧から、特定の周波数成分を除くことで、配管内の共鳴の影響を受けないデータを基にして、開口位置の検査を行え、誤検出の可能性を低減することができる。

【0017】上記のような管路検査方法を使用する場合に、必要となる検査装置は、以下のような構成とすることが好ましい。即ち、少なくとも複数の周波数成分を含

むパルス音を管内に発生させることができるスピーカと、このスピーカにより発生され検査対象の管内を伝播する伝播音を配管位置に対応して検出可能な検出装置とを設けた検査装置を構成するに、検出装置により検出される伝播音の音圧レベルを時間領域で求める音圧レベル導出手段と、前記音圧レベル導出手段により求められた音圧データより直接波の音圧レベルを求める直接波音圧レベル導出手段と、この直接波音圧レベル導出手段により求められる直接波の音圧レベルを、その検出位置と関連付けられたデータ情報としてデータ処理するデータ処理手段を備え、データ処理手段により得られる検出位置と直接波音圧レベルとのデータ情報を表示する表示手段を備えて構成するのである。このようにすると、後に示すように、配管位置に対応して検出される音圧レベル - 時間データから、配管位置に対応して直接音の音圧レベルデータを得、このデータを表示装置に表示することにより、表示結果を見ながら、上記方法により、検査をおこなうことができる。この場合も、共鳴周波数成分を除外処理したパルス音を挿入するように、スピーカへの入力を制御する共鳴周波数成分除去用の手段を設けておくことが好ましい。一方、検出音の処理においても、その検出音成分から共鳴周波数成分を除く、検出側共鳴周波数成分除去用の手段を設けておくことが好ましい。

【 0 0 1 8 】

【発明の実施の形態】本願の実施の形態例を図面に基づいて説明する。図 1 には、本願の管路検査方法を適応して、地中に埋設されたガス配管 1 に発生している開口破損部 A を探索している状態が示されている。この方法にあつては、開口破損部 A の探索に配管 1 内を伝播する音波が利用される。

【 0 0 1 9 】本願の管路検査にあつては、本願独特の構成を有する検査装置 2 が使用される。まず、この検査装置 2 の概要に関して説明する。検査装置 2 は、検査装置本体 3 と、スピーカ 4 と検出装置（マイクロフォンあるいは振動ピックアップ）5 とを主な構成機器として備えている。ここで、スピーカ 4 は防爆型のものであり、地上に露出している管端部 6 に取付可能に構成されている。このスピーカ 4 は、検査装置本体側から発音指令を受けて、駆動されて所定の音波を発生できる構成とされており、少なくとも複数の周波数成分を含むパルス音を検査対象の管内に送り込むことができる。次に検出装置 5 について説明すると、検出装置 5 は複数用意されており、地表側に配設されて地中から伝播してくる音を拾う地表側検出装置 5 a とされている。図 1 に示す例にあつては、地表側検出装置 5 a が 7 個装備されており、これらの検出装置で拾われた受音情報は、検査装置本体側に送られて、後の用に供される。

【 0 0 2 0 】次に、検査装置本体 3 の構成に関して説明する。装置本体 3 には、スピーカ 4 から青島パルス音を発生するため所定情報を格納した青島パルス発生手段 3

1、各検出装置 5 により検出された音の音圧レベルを音源に於ける発音時からの時間経過との関係で割り出す音圧レベル導出手段 3 2、さらに、音圧レベル導出手段 3 2 により経時的に求められた音圧レベルデータから、その最大値（これが直接波の音圧レベルに当たる）を導出する直接波音圧レベル導出手段 3 3、さらに、地表側検出装置 5 a の位置（この位置は別途入力装置 3 4 から入力される）と、各検出装置 5 a によって検出される受音の直接波音圧レベルとを関連付けて整理するデータ処理手段 3 5 とが備えられている。さらに、このようにしてデータ処理手段 3 5 により空間位置 - 直接波音圧レベルデータとして整理されたデータから、その所定空間領域（例えば、図 3 における位置座標が S より大きい領域）における最大値の割り出し、マーキングする直接波音圧レベル最大位置導出手段 3 6 が設けられている。

【 0 0 2 1 】図 1 に基づいて、以下、本願の検査方法の基本原則を、各家庭 7 の前面道路に埋設されているガス配管 1（埋設管の一例）を対象とする場合に関して説明する。図 1 には、各家庭 7 に対して都市ガスを供給する都市ガス配管系 B が示されている。即ち、各家庭 7 に対して、その前面道路 8 に埋設される低圧ガス配管 9 が設けられており、この低圧ガス配管 9 から、引き込み管 1 0 を介して、各家庭 7 の敷地内に引き込まれた配管は、一旦、地上部に立て管 1 1 として出された後、各家庭内のガス供給位置（図外）まで配管される。この立て管 1 1 の所定位置には、所謂、ガスメータ（図外）が配設される。探査作業にあつては、前述の立て管 1 1 を利用するため、立て管 1 1 からガスメータ（図外）を外して、この立て管 1 1 の管端部 6 に、前記スピーカ 4 を取り付ける。このスピーカ 4 は、先に説明した青島パルス発生手段 3 1 から情報を受けるとともに制御指令を受けて、管内に複数の周波数成分を含むパルス音を送り込む。

【 0 0 2 2 】一方、予め用意されたガス配管 1 の埋設位置に沿って、複数の地表側検出装置 5 a が、地上に配設される。従つて、これらの検出装置 5 a により、それぞれの受音域に対応する管内部から地中に漏れてくる音波を拾うことができる。各地表側検出装置 5 a からの情報は、検査装置本体 3 に集められ、音圧レベル導出手段 3 2 により時間領域で音圧レベルが求められ、直接波音圧レベル導出手段 3 3 によりその直接波の音圧レベル（直接波の最大値）が特定される。ここで、直接波の識別にあつては、青島パルス波の伝播を考慮する場合、基本的には、所定の時間帯に於ける最大ピークの音圧レベルを、この直接波の検出によるものと判断して、この音圧レベルとしてこれが特定される。ここで、最大値を割り出す時間帯は、予め、検出位置と音源との位置関係から、直接波が、この検出位置に到達すると推定できる時間帯（図 2 の評価時間帯）として設定する。また、直接波が到達しているかどうかを判断する必要がある場合

は、受音が無い状態と受音がある状態とは、予め設定されている閾値との比較において、閾値より大きい状態を受音がある状態、閾値より小さい状態を受音がない状態として判断する。このような情報は、データ処理手段 3 5 により、各地表側検出装置 5 a の位置に対応して直接波音圧レベルデータとして整理される。ここで、各地表側検出装置 5 a の位置情報は、別途、装置に備えられる入力装置 3 4 より予め入力されるものである。即ち、本体側において、図 3 に対応するようなデータの整理が行われ、空間位置 - 直接波音圧レベルデータとして整理される。さて、このようにして得られた情報は、直接波音圧レベル最大位置導出手段 3 6 により、所定領域内において、音圧レベルが最大となる空間位置の割り出しがおこなわれ、この位置の特定がなされ、開口破損位置 A ではないかとの推定が行われることとなる。データと特定位置を表示装置 3 7 に表示可能に構成されている。ここで、直接波音圧レベル最大位置導出手段 3 6 による処理は、図 3 に示す予め設定される位置 S よりも音源側から離間する位置において、その最大値を求めるものである。このような処理をおこなう場合にあって、複数の周波数成分を含むパルス音の伝播状態にあっては、音源から検出位置が離間すれば離間するほど音圧レベルが低くなるという単調減少傾向の特性を有することが一般的であるため、得られている空間位置 - 直接波音圧レベルデータに対して、指数関数フィッティングをおこない、求めるフィッティングデータを原データから除算した分のみに関して、その最大値を求める構成としてもよい。

【0023】以下、作業手順を追ってさらに、具体的に説明する。

1 作業者 1 2 は、図 1 に示すような作業現場 1 3 に到着する。この時点で、現場近くのガス配管 1 の埋設位置を示す埋設マップを用意している。従って、配管 1 の埋設位置及び方向は予め判明している状況にある。このような情報が得にくい場合は、地中レーダー（図外）等を使用して、配管 1 の位置を確認しておき、地上側で、少なくとも埋設配管の上側位置される。

2 特定の家庭 7 のガスメータ（図外）を立て管 1 1 より取り外し、この端部 6 にスピーカ 4 を取り付ける。

3 一方、予め判明している埋設管上位置に、複数の地表側検出装置 5 a を配設する。この位置関係（具体的には立て管からの離間距離）は、入力装置 3 4 より検査装置本体内に入力され、データ処理手段 3 5 による処理の対象とされる。

4 このような準備段階を終了した後、青島パルス発生手段 3 1 が働いて、スピーカ 4 から青島パルス音（帯域 0 ~ 10 kHz）をスピーカから管内に伝播させる。

5 配管内を伝播する青島パルス音は、発音側であるスピーカ 4 から離間する方向へ順次伝播する。この状態において、地上側において、配管上の位置に、その配設方向に沿って配設される各地表側検出装置 5 a により、受

音データが収集される。

6 上記のようにして、地表側検出装置 5 a で検出された検出信号は、検査装置本体 3 に送られ、先ず、音圧レベル導出手段 3 2 により、図 2 に示すデータとして音圧レベルが時間経過とともに特定される。そして、このデータから直接波音圧レベル導出手段 3 3 により、その直接波の音圧レベルが特定される。図 2 に示す S p でマークした点の音圧レベルである。次に、各検出装置からのデータがデータ処理手段 3 5 におくられ、各直接波の音圧レベルが空間位置との関係で整理され、図 3 に実線で示す構成の直接波音圧レベル - 空間位置との関係データとして整理され、直接波音圧レベル最大位置導出手段 3 6 により、所定領域内において、直接波の音圧レベルが最大となっている位置が特定される。例えば、表示装置側でマーキング可能な状態とされる。

7 さて、上記のようにして整理された情報は、検査装置本体 3 に備えられる表示装置 3 7 側に送られ、作業者が目視により確認できる。結果、作業者は、マーキングに従って、開口破損位置 A である可能性の高い配管上の位置を特定することができる。

【0024】〔別実施の形態例〕

(イ) 上記の実施の形態例においては、青島パルス音を使用した、本願の用途にあっては、複数の周波数成分の音から構成されるパルス音であれば任意の音を使用できる。さらに、例えば、所謂、インパルス音と呼ばれるほぼ全ての周波数成分が含まれる音を使用することが好ましい。このような音を総称して、複数の周波数成分を含むパルス音と称する。このような音としては、所定の時間帯だけ音波を発する矩形波、三角波も使用できる。

(ロ) さて、これまで説明してきた実施の形態例においては、所謂、青島パルスを使用する例を示したが、本願においては、音の共鳴周波数成分が、配管内に挿入すべき音においても、検出した音（あるいは音起因の振動）においても問題となることが、判明している。従って、同じく、青島パルスを使用する場合にあっては、例えば、配管の共鳴周波数成分を除去処理した音（例えば、帯域 50 ~ 800 Hz の音）を検査音と使用することができる。例えば、配管内半径が 0.1 m であり、配管内に存在するガスが空気、5、1 気圧の場合、この管内にある管断面方向のガスの共鳴周波数は、略 1030、1685、2105、2310、・・・ Hz となる。従って、800 Hz より高い周波数成分をフィルター等を使用してカットした青島パルスを使用することで、管断面方向の共鳴の影響の内、検査データを容易に得ることができる。この場合、共鳴周波数より高い倍調等の波のものも問題となりやすいが、断面方向の共鳴周波数の内、最小の周波数成分より大きな周波数成分を全てカットすれば、本願の目的は容易に達成できる。このような構成の説明図を、図 1 に対応して図 4 に示した。図 4 においては、検査対象の配管の径及び内部にある媒

質の種類および圧力・温度を予め調べておき、配管の径と内部の音速から共鳴周波数を求める。この共鳴周波数の導出は、先に説明した式に従う。そして、この周波数を含む周波数帯（例えば800Hzより上の周波数帯）を青島パルス発生手段に入力するのである。このようにすると、青島パルスの発生において、あるいは、発生後のフィルターリング処理で、所定の周波数帯を除いた信号をスピーカ4側へ送り、所望の検査をおこなうことができる。このようにして検出をおこなった場合の結果を、図5に示した。図5において、距離0とされている部位が、これまで説明してきたA点に対応する位置であり、その管軸方向の離間距離を横軸に示した。一方、縦軸は直接音の音圧に対応する最大振幅（ボルト）を示している。同図において実線が一般的な青島パルスであり、破線が特定の帯域制限を行った疑似青島パルスの結果である。このような狭い領域に於ける確度の高い検査に関しては、その位置・音圧分布の観点から、共鳴周波数成分を除いたパルスを使用するのが好ましい。このように、共鳴周波数成分を挿入音から除去する手法にあっては、先に示したように音圧の決定に際して、直接音の音圧を使用することが好ましいが、必ずしも第2工程において直接音を検出する必要はなく、一定の時間帯で検出される音の積分値を音圧とすることも可能となる。また、直接音を検出する必然性がないため、挿入する音としてパルス音を選択する必要もなく、連続音であってもよい。

【0025】（八）（ロ）の例にあっては、配管内に挿入する音に関してその音から、予め特定できる共鳴周波数の成分音を除去しておくことを提案し、その実施の形態を示したが、検出側において、このような共鳴周波数成分を除く処理を行ってもよい。例えば、先に説明した主な実施の形態例においては、挿入音として配管内の音響においてそのインパルス応答を得られるようなパルス音（青島パルス音）を挿入している。そして、検出側においては、インパルス応答を再現することにより、そのインパルス応答の強度を検出音の音圧として決定することができる。このような音圧決定手法を採る場合に

ては、検出音と入音信号（この信号にあっては、共鳴周波数成分は、例えば800Hz以上の音は、除去されて無い）との相関を取ることによってインパルス応答を得ることができる。このようにすると、実質上、共鳴周波数成分を除去することとなる。結果、このような相関処理が、デジタルフィルターの役割を果たし、共鳴周波数成分を除去した音圧を得ることができ、本願の目的を達成できる。上記のような相関処理の他に、挿入音の種類によっては、直接フィルターリング処理を施すことも可能である。即ち、上記の例にしたがっていえば、800Hzより高い周波数の音をカットすることで、その他の帯域のスペクトルの合計を音圧として検出してもよい。このような処理をおこなうことでも誤検知の可能性の少ないデータを得ることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本願の検査方法を使用してガス配管の開口破損部を探查している状態を示す説明図

【図2】時間領域における検出音の状態を示す図

【図3】直接音の音圧レベルの空間分布を示す図

20 【図4】帯域制限した青島パルスを使用する場合の説明図

【図5】帯域制限した青島パルスを使用する場合の検出状況を示す図

【図6】管内に於ける振動モードと振動の状態を示す図

【符号の説明】

1 ガス配管

2 検査装置

4 スピーカ

5 検出装置

30 5 a 地表側検出装置

3 2 音圧レベル導出手段

3 3 直接波音圧レベル導出手段

3 4 入力装置

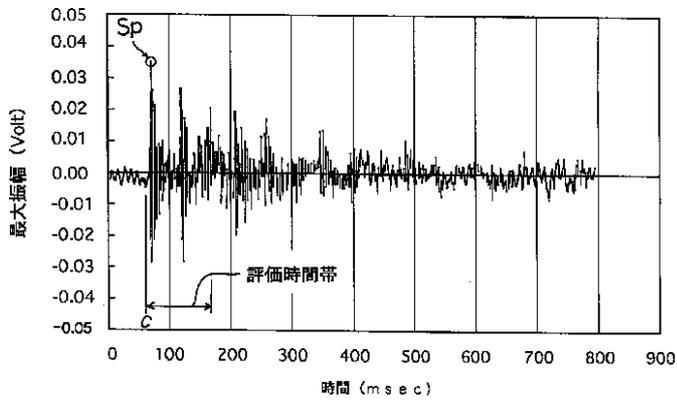
3 5 データ処理手段

3 6 直接波音圧レベル最大位置導出手段

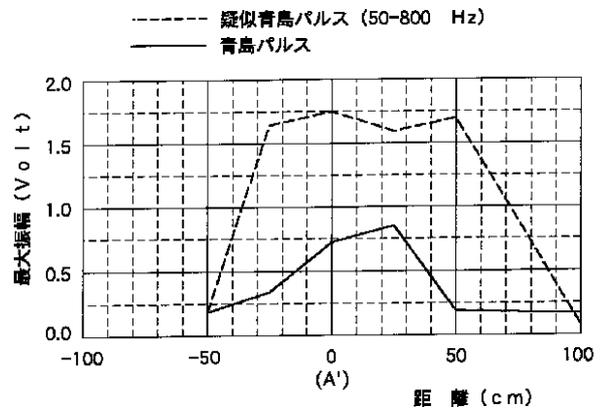
A 開口破損部



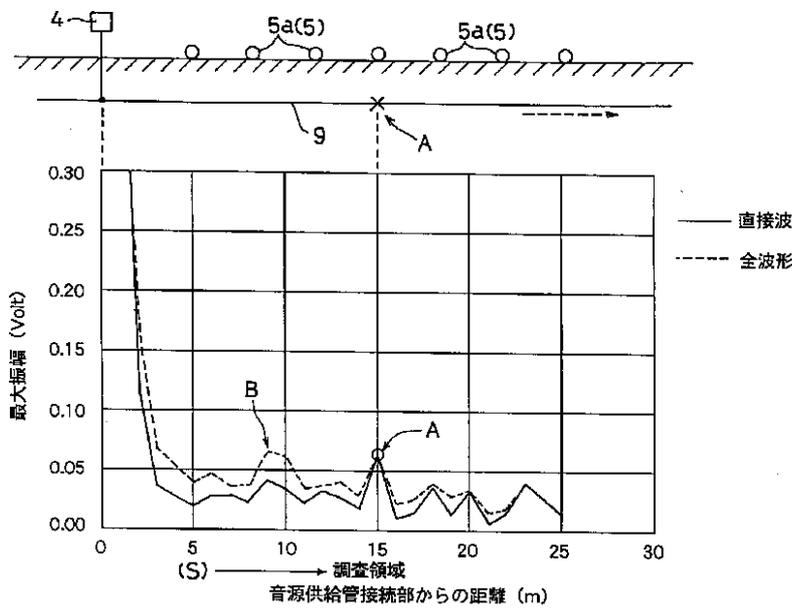
【図2】



【図5】

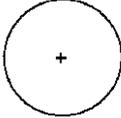
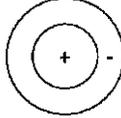
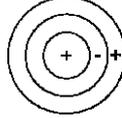
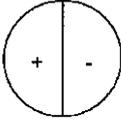
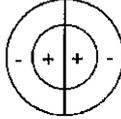
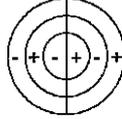
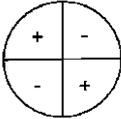
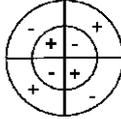
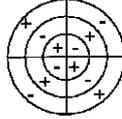


【図3】





【図6】

	m=1	m=2	m=3
n=0			
n=1			
n=2			

フロントページの続き

(72)発明者 岸 雅樹  
大阪府大阪市中央区平野町四丁目1番2号  
大阪瓦斯株式会社内

(72)発明者 青木 雅夫  
兵庫県神戸市西区美賀多台1 3 7301