

I-PS17 超音波エコー法の高精度化の試み

東京工業大学 学生員 高橋政則
 (株) 橋梁検査センター 正員 加藤昌彦
 ホロソテック(株) 梅田晶一
 東京工業大学 正員 三木千寿

1. はじめに

超音波パルスエコー法によって、欠陥の形状、大きさなどを決定しようとする際、指標となるのは、エコーの高さ、伝播時間などである。現在のパルスエコー法においてはこのエコー高さによる欠陥の定量的評価はほぼ確立した感があるが、破壊力学理論を適用できる程度の高精度な定量的評価を行うためには、エコーの含んでいる情報をさらに多く引き出すことが必要であると考えられる。パルスエコー法における超音波を、音波としてではなく、固体中の弾性波として捉えることにより、従来より確実に欠陥の情報を得ることができる可能性がある。ここでは超音波数値シミュレーション及び実験から探傷の高精度化について検討を加えることを目的としている。

2. 超音波探傷のシミュレーション

2.1 解析手法 : ここでは、有限要素弾性応答解析により、超音波の数値シミュレーションを行った。時間積分には、線形加速度近似を用いた。諸定数は、要素サイズが0.25mm、タイムステップを0.025 μ sec、解析対象は14mm $\times$ 24mmのモデルとした。欠陥は、貫通円と貫通スリットの2種とした。

非破壊検査で注目すべき入射側表面上での欠陥による応答以外の底面、側面での反射波を取り除くため、3方向の境界にはCundallの方法¹⁾による無反射境界を設定した。入射波については、2MHzのsin波1波を垂直方向、及び斜角探傷を想定して45°方向に加振することにより入射した。45°傾けてタイムステップをずらしながら加振することにより、ホイヘンスの原理を利用して実際の斜角入射をシミュレートできる。表面波等の不用な波の影響を除去するため無欠陥の解析対象の解析を行い、欠陥のある場合との引算を行った。解析結果にはすべてこの処理を施した。

2.2 解析結果 : 円についてみると、反射波は入射方向に横波、欠陥の真上の方向に縦波と欠陥中心からみてほぼ45°周期でモードが変化している。(図-1)この規則的で不均一なモードと音圧の分布は面による横波の反射に於けるモード変換、反射角度による音圧レベルの変化によるものであることが判る。スリットに於いて卓越しているのは、スリットの面による面反射であるが、変位ベクトル図(図-2)をみるとスリット下端よりのエコーと思われる波が45°

T-T:横波波面 L-L:縦波波面 IT:入射方向

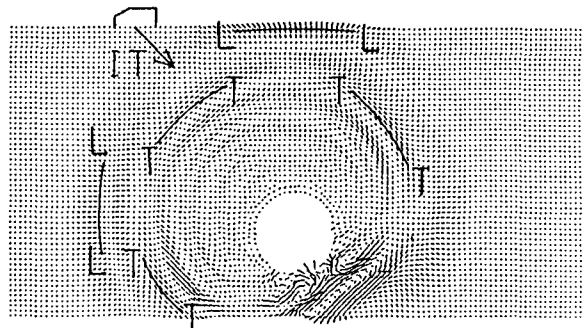


図-1 変位ベクトル図(円)加振後6 μ sec

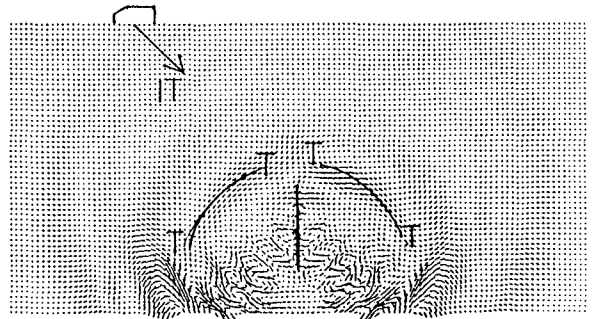


図-2 変位ベクトル図(スリット)加振後7 μ sec

付近にみられる。変位履歴グラフをみると $9.8\mu\text{sec}$ 付近に加振中央点に達したその横波の変位がみられる。（図-3）

3. 超音波探傷実験

3.1 実験概要：円、スリットの人工欠陥をもつ鋼試験体を水浸法を用い、受信側探触子を平面的に自動走査させることによって反射波の音場特性を測定し、解析によって得られた反射波の音場特性との比較を行う。受信探触子は、平面走査に加え試験体表面に対し角度を変化させることにより反射波のモードによる屈折角、伝播時間の違いを測定することによりモードの判別、そのエコーレベルの分布等を調べることができる。実験の概略図を図-4に示す。

3.2 実験結果：表-1に、円、スリットの場合での受信探触子の角度、受信した波の感度を示す。感度が(1)と(2)に分かれているのは得られたA-scope上に2つのピークがみられたため、分離して計測したものである。円、スリット共に θ_2 が小さいとき(1)の波が大きく、 θ_2 が大きくなると(2)の波が大きくなり、 $45^\circ \sim 50^\circ$ 付近では(2)の波も小さくなっていくことが判る。このA-scope上に現れる波は伝播路程差路より縦波と横波ではないかと予想され、その確認のためスリットの場合について伝播時間を測定し伝播路程を仮定し音速を算出した。その結果を表-2に示す。

スリットの縦波は欠陥直上で最大となっているが、全体的には最大となる横波に比べ微弱である。このことは解析解からも言えることである。横波は θ_1 と共に増加する端部エコーであることも考えられる。この点は解析解と一致しているといえる。円欠陥についても欠陥直上に縦波、入射方向及び反対側の 45° 方向の点で横波が卓越するという傾向も解析解と一致している。

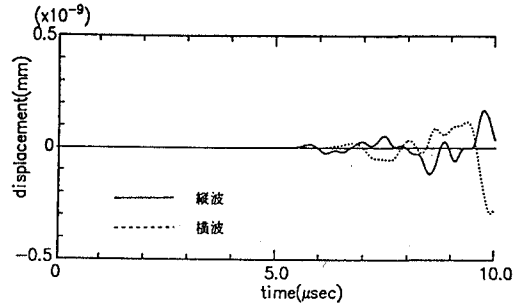


図-3 加振点の変位履歴（スリット）

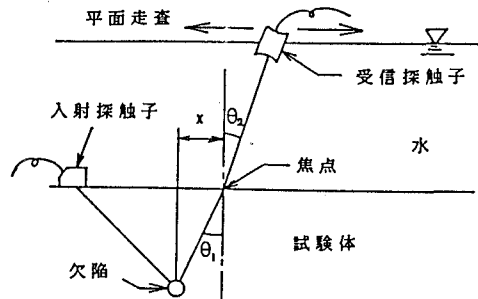


図-4 実験概略図

	θ_2 (deg)	(1)のdB	(2)のdB
円欠陥	0	65.7	-
	4.6	65.5	73.5
	9.1	70.4	65.9
	13.4	76.1	68.3
	17.4	-	68.7
	19.2	-	69.6
	20.9	-	69.7
スリット欠陥	0	73.6	-
	4.6	73.6	77.5
	9.1	76.1	69.4
	13.4	77.7	69.9
	17.4	-	71.5
	19.2	-	71.0
	20.9	-	71.8

表-1 受信角度と受信感度

x (mm)	0	5	8	10	12	14	15	16	18	20	22	24	25
v (1) (km/sec)	-	2.5	-	3.3	-	-	4.2	-	-	4.5	-	-	4.8
v (2) (km/sec)	-	-	-	2.3	2.3	2.6	-	2.6	2.6	2.7	2.7	-	-

表-2 (1)と(2)の波の速度

参考文献

- 1) Suzuki, Hakuno; "3-D Dynamic Analysis of Ground Motion by FEM with Non-Reflecting Boundary", PROC. OF JSCE Structural Eng./Earthquake Eng. Vol. 2, No. 1 April 1985