

伊藤建設(株)	正会員	首藤 浩一
東海大学	正会員	極壇 邦夫
アプライド リサーチ(株)	正会員	境 友昭
伊藤建設(株)	正会員	岩野 聡史

1. 目的

現在、非破壊検査によるシース管のグラウト未充填部分の検出には主に X 線が用いられているが、測定時間が長く、人体への影響などの問題も多い。そこで本研究では衝撃弾性波法より、シース管のグラウト未充填部分検出が可能であるかを検討するため、供試体による実験を行ったので報告する。

2. 供試体および測定方法

今回用いた供試体は、65mm の空洞シース管がシース管表面からシース管直上の供試体表面までが 68mm, 155mm, 250mm と深さを変えて埋設した厚さ 440mm のコンクリート供試体である。この空洞シース管をグラウト未充填部分、シース管が埋設されていない部分をシース管にグラウトが完全に充填されている健全部分と想定して測定を行った。測定は入力波形と受信点へ到達する弾性波を測定するが、入力波形は打撃鋼球 10mm に衝撃加速度計(PCB 製)を取り付け、受信点には加速度計(PCB 製)を手で押しつけて測定する。打点と受信点は図 1 に示すとおり、シース管と直交するように配置し、打点受信点間距離 L を 40mm から 40mm 間隔で 600mm まで変化させた。またシース管では縦弾性波の反射面は曲面であり、空洞による影響が微弱である可能性があるため、同様の実験を板型欠陥においても行った。

3. 測定原理

鋼球でコンクリート表面を打撃した際の模式図を図 1 に示す。コンクリート表面を打撃すると表面に設置した加速度計には内部に半球状の縦弾性波と表面を伝搬するレイリー波が主に観測される。シース管にグラウト未充填部分が存在する場合は、シース管で反射する縦弾性波も発生、観測されるが、このときの各弾性波の性質は表 1 のようになる。加速度計への到達順序に着目すると最初に到達するのは速度が速く、経路の短い表面縦弾性波となる。次に到達する弾性波は L によって異なり、 L が短い範囲では経路の短いレイ

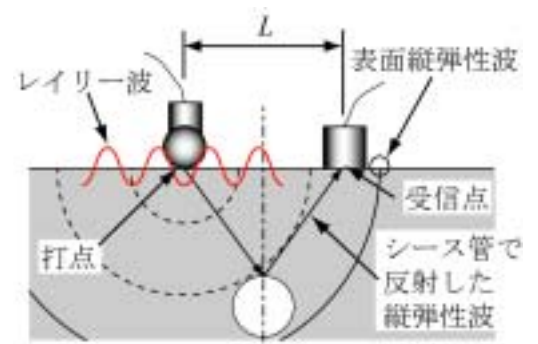


図 1 コンクリート表面打撃時の模式図

表 1 シース管近傍で発生する弾性波の種類と性質

種類	速度(m/s)	伝搬経路	到達時間	到達順序
表面縦弾性波	V_P	L	L/V_P	1
シース管で反射する縦弾性波		$\sqrt{L^2 + 4D_E^2}$	$\sqrt{L^2 + 4D_E^2}/V_P$	$L < L_0$ 3 $L > L_0$ 2
レイリー波	V_R 一般に V_P の 56%	L	L/V_R	$L < L_0$ 2 $L > L_0$ 3

リー波となるが、 L がある距離 L_0 より長くなると、速度の速いシース管で反射する縦弾性波が、レイリー波よりも先に到達することとなる。到達時の各弾性波の形状に着目すると、表面縦弾性波は上に凸であるのに対し、シース管で反射する縦弾性波は、反射面となるシース管表面が自由端

であるため、下に凸となると考えられる。従って、グラウト未充填部分が存在する場合に観測される第 1 波は、この両者が干渉することにより、上向きの振幅が健全な場合と比較して変化するこことなる。以上から、ある距離 L_0 以上離れた受信点で観測される第 1 波の振幅に着目すればシース管のグラウト未充填部分の検出に可能性があると考えられる。

キーワード 衝撃弾性波法, 空洞シース, 振幅, 位相, 伝搬時間

連絡先 〒143-0015 東京都大田区大森西 1-19-1 伊藤建設(株)技術研究所 TEL:03-5762-2058 E-mail : ksyutou@itoken.co.jp

4. 測定結果

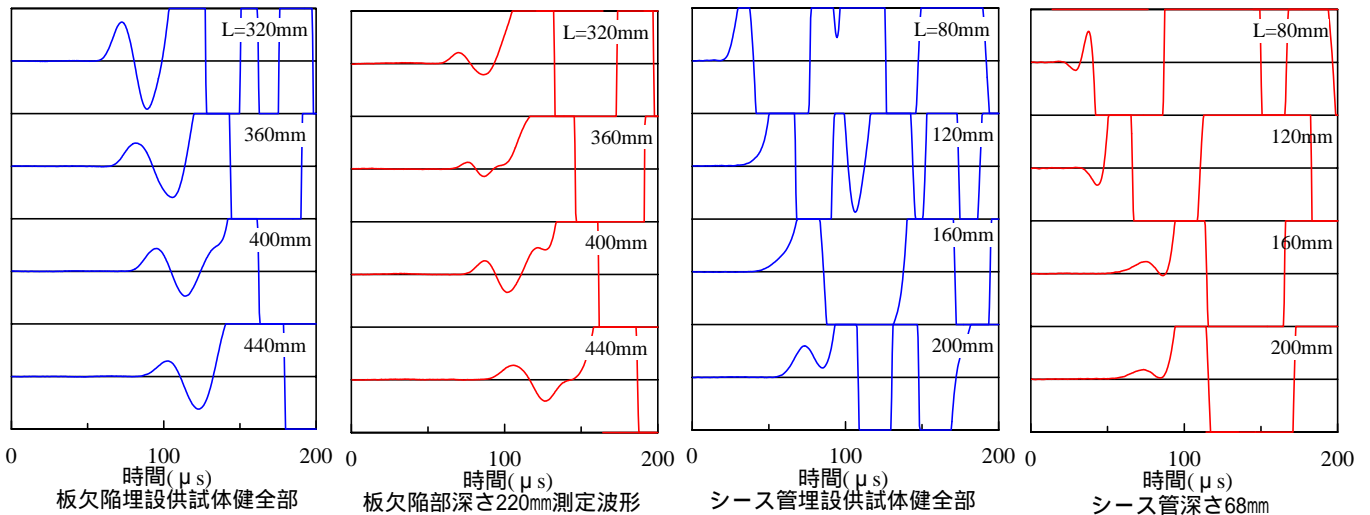


図2 各測定波形

板型欠陥を埋設した供試体と深さ 68mm 空洞シース管での受信波形を図 2 に示す。なお、受信波形は入力波形の最大振幅値で標準化したものである。また図 2 には、欠陥部で反射する縦弾性波がレイリー波よりも先に受信点に到達すると別途測定した縦弾性波速度から予想される距離のものを示した。図より健全部と欠陥部では第 1 波に着目すると、上に凸の振幅値に違いが見られる。

そこで第 1 波の上に凸の振幅値を比較したものを図 3 に示す。

板型欠陥埋設供試体では距離 240 ~ 400mm では欠陥部の振幅値よりも小さくなった。これは前述のとおり、表面縦弾性波と欠陥で反射する縦弾性波が干渉したものであると考えられる。しかし、 $L=440\text{mm}$ では同じ値となり、それ以降の距離においては逆に健全部の振幅値が小さくなった。空洞シース管埋設供試体でも板型欠陥の場合と同様に、深さ 68mm では L が 360mm までは欠陥部の振幅値は健全部よりも小さいが $L=360\text{mm}$ 以降となると両者の振幅値は同等の値程度となった。これは

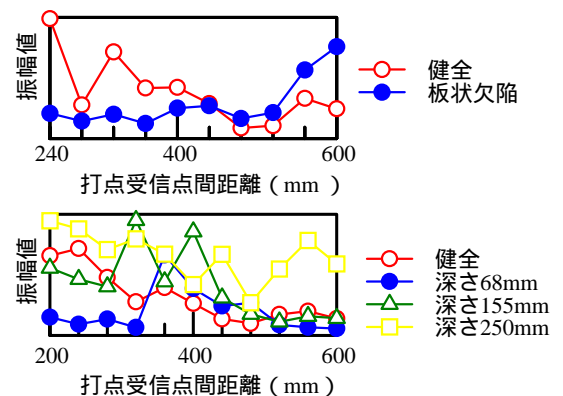


図3 第1波振幅値比較

モールの応力円で示されるように主応力から鋭角方向では主応力と負号が逆の力、鈍角方向では符合が等しい方向の力が作用することから欠陥部での反射角度によって発生する反射波の振幅、位相が異なるものと考えられる。つまり L が長くなると、反射角が大きくなり反射波の振幅は減少し、欠陥部での反射角度が 90 度になるときに振幅は最小となり、さらにそれ以上の角度の場合は反射波の形状が下に凸から上に凸に変化するといふものである。これから板型欠陥では反射角度が約 90 度となる $L=360\text{mm}$ から、深さ 68mm の空洞シース管では $L=320\text{mm}$ から振幅値の増加がみられたものと考えられる。深さ 155mm, 250mm の空洞シース管では健全部と振幅値を比較すると、距離による違いが見られなかった。これは、シース管は曲面であり、縦弾性波の反射面がせまく、深さも深いため、反射波が微弱となり、測定結果に影響を及ぼさなかったためと考えられる。

4. まとめ

受信点に最初に到達する表面縦弾性波の上に凸の振幅に着目し、空洞シース管検出の検討を行った。板型欠陥と深さ 68mm 空洞シース管では L を欠陥で反射する弾性波がレイリー波より先に到達する距離、かつ、反射角を 90 度未満とすれば振幅値が健全部より小さくなり違いが見られた。深さ 155mm, 250mm では反射波が微弱なため振幅値の変化は見られなかった。この結果から、検知する対象の深さ等の適用条件を考慮した測定を行えば、空洞シース管検出の可能性があると考えられる。