

(1) 衝撃弾性波によるコンクリートの巻厚測定

地質計測株式会社

三沢清扶

○成内律男

1. まえがき

衝撃弾性波法は、池田等¹⁾によって研究開発された方法で、従来、主としてボーリングによって調査を行っていた地下空洞、地下埋設物、コンクリート構造物の厚さ等の調査を非破壊法で行なうものであり、ある程度実用上満足すべき結果を得ている。そこで筆者等は、地盤と比較して均質と考えられるコンクリート構造物を対象として、そのコンクリート厚の測定を行ない、満足すべき結果を得たので、その測定例を紹介する。しかしながら、対象が地盤のような非均質媒体に対しては種々の問題点があり、今後の研究が必要である。

2. 測定原理および方法

本測定法は工業計測に広く使われている超音波探傷法を応用したものである。超音波探傷法の場合は、金属等の均質物質に限定され、コンクリートのような物質に対しては振動源が小さすぎる。波動発生はハンマー打撃法で行ない、受振センサー1をトリガーとし、受振センサー2でコンクリートとコンクリート以外の物質（空気層、岩盤等の異物）の境界からの反射波を捉えるのが衝撃弾性波の原理である。実際の測定にあたっては、測定波形を一時波形記憶器に記憶させ、オシロスコープに波形を描かせる方法で行なった。なお、鋭敏に反応するコンクリートの周波数帯域は100 KHz前後であるが、コンクリートの劣化状況によって多少異なるので周波数選択を任意に行なえるようにした（図1）。

コンクリートの厚さ T (cm) は、コンクリートの弾性波伝播速度を V (m/sec)、反射波到達時間を t (msec) とすると、次式で表わされる。

$$T = V \cdot \frac{t}{2} \cdot 10^{-1} \quad (1)$$

ここでも上記の方法で求まるが、コンクリートの弾性波伝播速度 V は別に求める必要がある。写真1に示すように、境界からの反射波が得られる場合は、(1)式よりコンクリートの厚さは決定されるが、写真2のようにコンクリートと岩盤との密着が良い場合は、波動は透過してしまうためコンクリート厚は不明である。

コンクリートの弾性波伝播速度は、従来、図2に示す透過法およびボーリングコアの超音波伝播速度によって求めていたが、この方法によると測定数が少ないため、

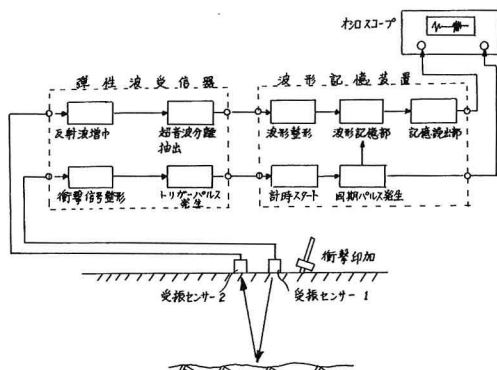


図1 衝撃弾性波測定装置

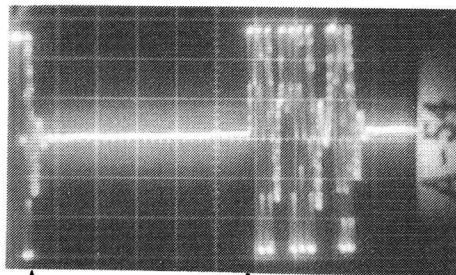


写真1 測定波形例(1)

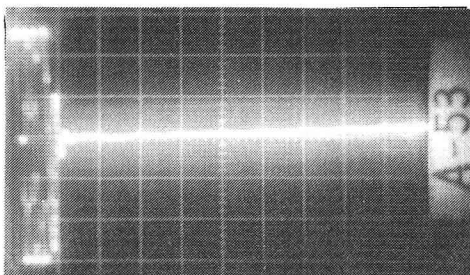


写真2 測定波形例(2)

調査対象となるコンクリートの速度の代表値しか求められず、局所的な劣化状態の違い、トンネルの場合の天端と側壁部との施工状況の差違等に起因する弾性波速度の変化が考慮されなかった欠点があった。そこで今回は透過法の他に図3(b)に示す超音波法によってコンクリートの弾性波伝播速度測定を行なった。図3(a)に示すコアの場合は、弾性波伝播速度は次式で求められるが、

$$V = \frac{x}{\Delta t} \quad (2)$$

図3(b)の場合は、センサーが壁面に対して鉛直に向いているため、(2)式をそのまま使用することは出来ず、実験を行なった結果、30cmで(2)式で得られる結果の1.1倍が妥当という結論を得た。

3. 測定例

3-1 鉄道トンネル路盤調査

トンネル路盤下の空洞の有無を判定するとともに、路盤の劣化状況を把握することにより、路盤の健全度判定および修繕方法検討の資料を得るために行なったものであり、衝撃弾性波測定の他に確認のために一部ボーリングによるコア採取を行なった。測定結果の例は写真3、4(A地点)、写真5、6(B地点)に示すとおりである。A地点の場合、弾性波速度は4,000 m/secで反射波は0.2 msecにあるので、(1)式より L は40cmと推定される。一方、ボーリング結果は写真4からわかるように均しコンクリートと基盤が分離しており、この路盤の厚さは約40cmとなり、衝撃弾性波による結果と良く一致している。B地点の場合には、写真5に示すようにショットマーク直後から不規則な波形があり分析不能であった。ボーリング結果(写真6)からは路盤コンクリートと中埋コンクリートの打継目に剥離があることがわかり、この打継目の剥離の影響によって不規則な反射波形が得られたものと解釈できる。なお、本調査地点では、上記の他に数多くの測定を行なっているが、衝撃弾性波による結果とボーリング結果は比較的良く一致している。

3-2 道路トンネル覆工巻厚調査

本調査は覆工コンクリートの巻厚測定とコンクリート

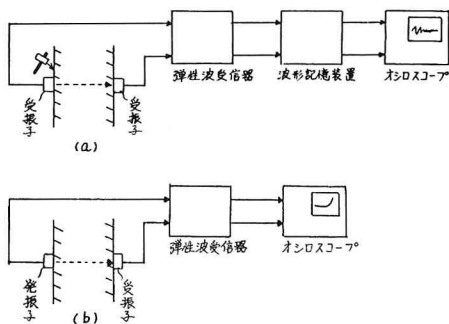


図2 弾性波伝播速度測定(透過法)



図3 超音波法

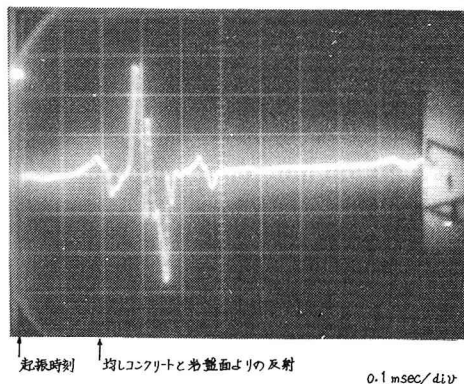


写真3 鉄道トンネル路盤調査A地点の測定波形

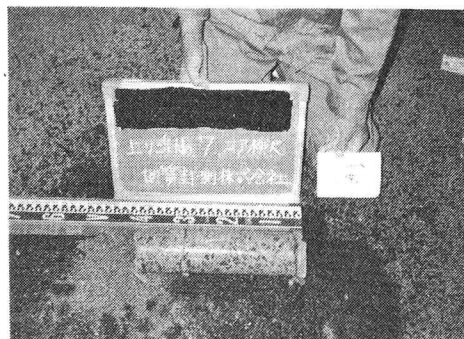


写真4 鉄道トンネル路盤調査A地点のコア採取状況

内クラックの有無を探知し、トンネル改築法決定のための基礎資料を得ることを目的としたものである。また、前記の調査と同様に、確認の意味で一部ボーリングを行っている。弾性波速度の決定にあたっては図3(b)に示す超音波法のみによって行なった。測定波形の1例を写真7に示す。この測定波形から巻厚は74 cmと推定される。ボーリング結果と衝撃弾性波法による結果の比較は表1に示すとおりであり、衝撃弾性波による結果は、ボーリング地点からの離れを考慮すれば、比較的ボーリングによる巻厚測定結果と合致すると言える。しかしながら、不明な所も多い。この不明な所はクラックの発達した所である。なお、測定状況を写真8に示す。

3-3 橋台の形状調査

橋台の形状および性状を把握し、改築のための設計・施工法確立のための資料を得ることを目的として実施したものである。橋台の状況は写真9に示すとおりであり、衝撃弾性波法による結果からは、平均コンクリート厚は3 m程度という結果が得られるとともに、橋台背面は垂直になっていると推定された。この結果は今後、実施される予定の改築工事に伴って明らかになろう。本調査地点の超音波法による弾性波速度は500 ~ 2,000 m/secと広範囲にわたってバラツキが認められる。これはコンクリートの経年変化のためにクラックの発達が著しいためである。本調査地点のようにコンクリートの厚さが大きい所では、コンクリートの表面と内部とでは弾性波速度がかなり違うことが考えられ、透過法も一部併用したがコンクリート厚の算定には困難が付きまとった。

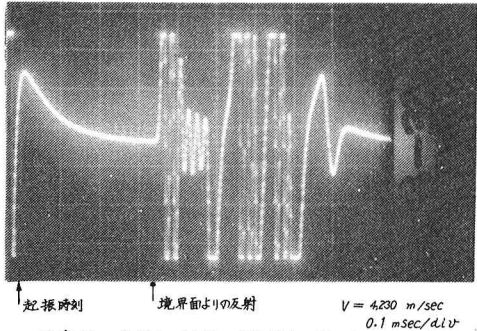


写真7 道路トンネル覆工巻厚調査(イ)地点の測定波形

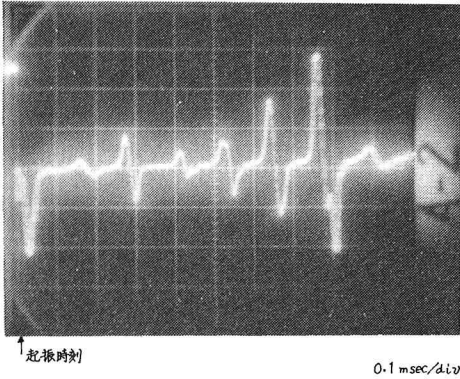


写真5 鉄道トンネル路盤調査B地点の測定波形



写真6 鉄道トンネル路盤調査B地点のコア採取状況

表1 道路トンネル覆工巻厚調査 巻厚測定結果の比較

測定点	ボーリングによる巻厚	衝撃弾性波による巻厚	差	ボーリング地点からの離れ
(イ)	80 cm	78 cm	-2 cm	6 m
(ロ)	55 cm	57 cm	2 cm	0.2 m
(ハ)	75 cm	71 cm	-4 cm	1.5 m
(ニ)	75 cm	不明	不明	1 m
(ホ)	65 cm	55 or 87 cm	-10 ~ 22 cm	1 m
(ヘ)	70 cm	74 cm	4 cm	3 m
(ト)	60 cm	不明	不明	4 m
(チ)	70 cm	不明	不明	2 m
(リ)	80 cm	57 cm	-23 cm	3 m
(ヌ)	90 cm	不明	不明	2 m
(ル)	60 cm	61 cm	1 cm	2 m



写真 8 道路トンネル覆工巻厚調査測定状況

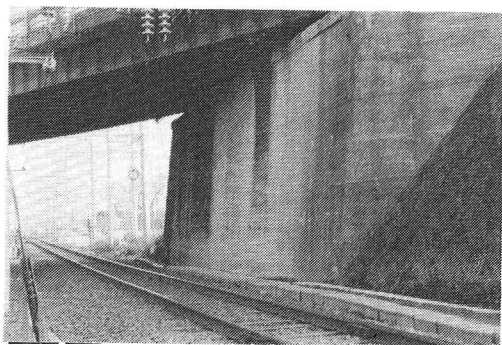


写真 9 橋台の形状調査測定現場

4. あとがき

衝撃弾性波によるコンクリートの巻厚測定例を二、三示したが、実用上ある程度満足すべき結果が得られた。今後、この方法は、コンクリートの巻厚測定による施工状況の検査、コンクリートの劣化状況およびコンクリート背面の状況調査等に有効であると考えられるが、現時点では測定例が少ないため、以下に示す点をより明確にする必要がある。

- (1) コンクリートの弾性波伝播速度の決定（劣化が大きい所は難）。
- (2) コンクリート背面の異物の決定（空気、水、岩等ならびに空洞の大きさの推定）。

しかしながら、上記の事項は今後、室内実験（モデル実験）および原位置でのボーリング結果との比較等を行なうことにより、より明確になるものと考えられる。

最後に、日本国有鉄道 新幹線総局 九州管理部、日本道路公団 新見管理事務所、日本国有鉄道 盛岡工事局 青森工事区の関係各位には、測定に際しては種々の御助言を賜わり、また発表を心よく御許可下さったことについて謝意を表します。

参考文献

- 1) 池田和彦，秋鹿為之；土木分野における衝撃弾性波による非破壊測定，土と基礎，29-12(287)，No.1275，December, 1981

(1) Measurement of Concrete Thickness with Impact Elastic Wave

Seisuke MISAWA

○Ritsuo NARIUCHI

Chishitsu Keisoku Co. Ltd.

Abstract

We measured concrete thickness by using impact elastic wave in a tunnel and a bridge. The impact elastic wave method is investigated and developed by K.IKEDA etc¹⁾. The method is showed in Fig.1 and elastic wave is oscillated by a hammer impact. Concrete thickness is estimated by measuring travel time of reflected wave from the boundary of concrete and any other. Concrete thickness is estimated by the following equation

$$T = V \cdot \frac{t}{2} \cdot 10^{-4}$$

where T is concrete thickness(cm) and t is travel time of reflected wave (msec). Elastic wave velocity V (m/sec) is estimated by measuring the velocity of ultra sonic wave.

Main results obtained are given as under.

- (1) The concrete thickness obtained by impact elastic wave agree with the result obtained by boring to a certain degree. Therefore, we think that this method is useful.
- (2) The error which occur in the case of estimating concrete thickness is large in the location where weathering has progressed and cracks have growed. Because it is difficult to measure elastic wave velocity in such location.
- (3) The sort of material (air, water, rock etc) and the size of opening which exist at the back of concrete are obscure in the present condition. However, they will clear to run a model test in a laboratory and compare the results obtained by impact elastic wave with those obtained by boring.