

高周波衝撃弾性波法を用いた熊本地震被害基礎杭調査精度について

(株)第一テクノコンサルタンツ 正会員 ○塩月隆久

(株)第一テクノコンサルタンツ

甲斐健之

1. はじめに

近年、構造物の維持更新のために損傷等の状態調査の技術向上が求められている。今回、地震被害を受けた建物、橋梁の基礎杭の損傷度を高周波衝撃弾性波法による非破壊調査法を用いて調査を行い、本調査方法の適合性などいくつか知見を得ることができた。本文では特に調査精度について報告するものである。

2. 高周波衝撃弾性波法の概要

本調査法は、高周波数成分を用いた衝撃弾性波法である。発信側に従来の衝撃弾性波法と同じハンマーによる打撃を用い、受信側には高周波数域の共振周波数をもつ圧電センサーを用いている。このシステムにより高い指向性と明確な振幅の反射波形を得ることができる¹⁾。これによって、たとえば、フーチングまたは橋台の天端に測点を設け調査を行った場合、その下の基礎杭の亀裂など損傷位置（深度）を、得られた反射波の伝播時間（ Δt (ms)）および弾性波速度（ V_p (km/sec)）から検知することが可能となる²⁾。

3. 適応現場調査結果その1

地震被害を受けた建物基礎杭 PHC 杭 $\phi 600$ 深度 25.6m (杭長 24.3m+フーチング高さ 1.3m) の損傷状態を、高周波衝撃弾性波法を用いて調査した。測点は対象杭のほぼ真上のフーチング天端に設け調査した。調査の結果、杭先端部、複数の損傷（亀裂）およびフーチング下端と推測する反射波を得ることができた。その後、杭頭付近を掘削して目視で杭の損傷を確認した。その結果、フーチング下端と杭頭部接合部分の損傷および杭頭付近（フーチング下端から深度 1.0m）の縦方向の亀裂（長さ 0.6m、開口幅 1 cm、段差 1 cm）が確認できた。本調査結果の反射波の深度とほぼ一致することが分かった。図-1 の杭断面図に掘削で確認された損傷位置と本調査法の反射波の位置を示す。また、図-2 に得られた波形図を示す。写真-1 に掘削した杭の状態を示す。

4. 適用現場調査結果その2

同じく地震被害を受けた橋梁橋台の深礎杭 $\phi 2000$ 深度 12.9m (杭長 11.0m+フーチング高さ 1.9m) の損傷状態を、高周波衝撃弾性波法を用いて調査した。測点は対象杭のほぼ真上のフーチング天端に、対角する位置に2点設けた（測点 No. 3, No. 4）。調査の結果、杭先端部および複数の損傷（亀裂）と推測する反射波を得ることができた。その後、調査杭を対象にしたボーリングボアホールカメラ調査の結果と比較する機会が得られた。図-3 に橋台基礎杭断面図に得られた反射波位置と深度を示す。表-1 はボアホールカメラ結果亀裂位置（深度 A）と反射波深度 B の比較を示した。表中に、ボアホールカメラ結果の亀裂箇所とこれに対応した（合致した）反射波箇所の数と検知率 71.4%を、また、両者の誤差（B/A）0.91~1.10 を示した。

5. 考察

上述の適用現場その1では亀裂開口幅が大きく（1 cm）縦方向のせん断破壊である。また、適用現場その2は亀裂開口幅 0.3 mm程度である（亀裂の方向は不明）。これらの損傷の程度、形態が異なるケースにおいて高周波衝撃弾性波法はそれぞれ概ね損傷を検知できたと考えられる。

しかし、現場その1の場合では波形図の反射波だけでは破壊形態を把握するには十分でなく、これからのデータの蓄積、検証等が必要と考える。また、現場その2では亀裂が基礎杭全断面に開口幅が大きく広がっている場合は弾性波の反射成分が多く透過成分が少なくなり、それ以深の亀裂を検知できにくいことが他の箇所のボアホールカメラ調査結果と比較して知見された。今回の地震被害はこれまで経験したものと規模が異なるケースが多かった。今後の研究すべき課題があると考えられる。

キーワード 非破壊試験, 衝撃弾性波法, IT 試験, 基礎杭調査, 地震被害調査, 構造物損傷度調査

連絡先 〒882-0856 宮崎県延岡市出北 1-26-26 (株)第一テクノコンサルタンツ TEL 0982-34-2411

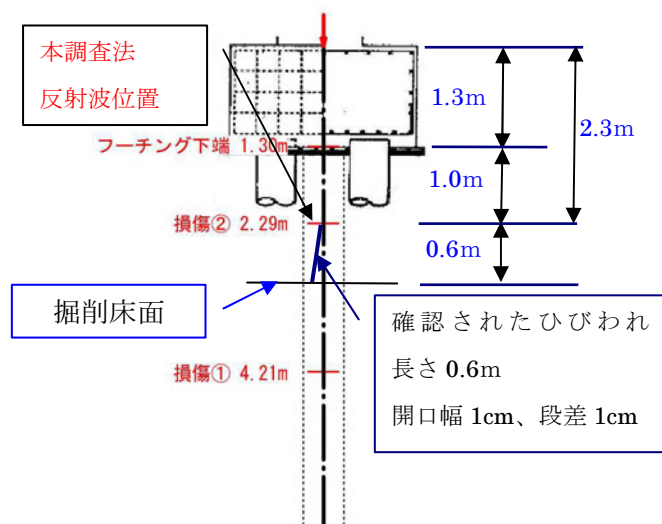


図-1 掘削亀裂位置と反射波位置比較断面図



写真-1 杭頭付近の損傷状態・拡大写真

表-1 ボアホールカメラ結果との比較

A2橋台			
車道側基礎杭 φ 2000深礎杭 L=11.0m+フーチング高さ=12.9m			
ボアホール カメラ結果 亀裂位置※1	高周波衝撃弾 性波法結果亀 裂位置※1	高周波衝撃弾 性波法結果亀 裂位置※1	誤差B/A
※1：フーチング天端からの深度を表す			
	測点No. 3	測点No. 4	
A (m)	B (m)	B (m)	
2.80		3.07	1.10
	3.62	3.82	
	4.53	4.60	
	5.58		
6.80		6.17	0.91
7.35	7.60	7.46	1.01
7.95	7.82		0.98
	8.75	8.68	
9.25			
9.95	10.05	10.06	1.01
10.90			
亀裂箇所数C	検知箇所数D		検知率 (D/C)
7	5		71.4%
杭先端部反射波深度			
設計値	No. 3調査結果	No. 4調査結果	平均誤差
12.90	12.89	13.06	0.6%

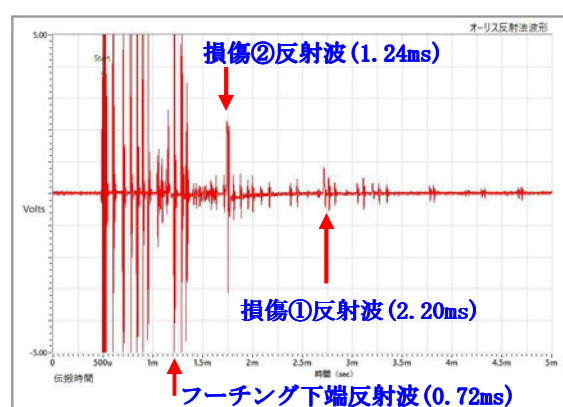


図-2 建物基礎杭の波形図

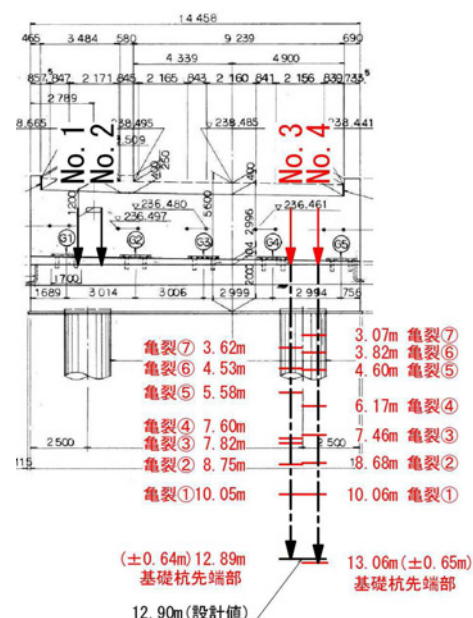


図-3 橋台基礎杭反射波位置断面図

6. おわりに

今回、調査現場において多くの方々のご協力を得た。謝辞を申し上げたい。

参考文献

- 1) 塩月隆久, 孫建生, 古川浩平: 高周波衝撃弾性波法による転石根入れ長さ探査, 土木学会論文集, 第 516 号/VI-27, pp.143~153, 2001 年 6 月.
- 2) 財団法人先端建設技術センター: オーリス(非破壊探査システム), 先端建設技術・技術審査証明報告書(審査証明依頼者: 青木あすなろ建設(株)), 1997 年 3 月 17 日.