

1.1.1 Metoda impact-echo

1.1.1.1 Podstawy fizyczne

Metoda impact-echo (I-E) została opracowana w drugiej połowie lat osiemdziesiątych XX wieku w National Institute of Standards and Technology i Cornell University, USA. Należy ona do impulsowych metod echa i opiera się na propagacji fal sprężystych w badanym ośrodku. Ich częstotliwość jest niska, zwykle 1÷60kHz. Z tego względu charakteryzują się małą podatnością na rozpraszanie na elementach mikrostruktury betonu, takich jak ziarna kruszywa, pory, mikropęknięcia itp. W przypadku padania fali sprężystej na granicę ośrodków różniących się impedancją akustyczną, przy nieprostym padaniu fali następuje podział energii fali padającej, A: część energii przekazywana jest w postaci fali odbitej od granicy ośrodków, A_{od}, a część przenika przez granicę ośrodków i rozprzestrzenia się dalej w postaci fali załamanej. Podatność na odbicie fali na granicy dwóch ośrodków jest charakteryzowana współczynnikiem odbicia R (rys. 1 i tabl. 1).



$$R = \frac{A_{od}}{A} = \frac{Z_2 - Z_1}{Z_2 + Z_1}$$

Rys. 1. Schemat odbicia fali na granicy ośrodków o różnych impedancjach akustycznych: Z_1, Z_2

Tablica 1. Współczynniki odbicia dla najczęściej spotykanych w budownictwie powierzchni rozdzielnych

Powierzchnia rozdzielna	Współczynnik odbicia, R
Beton / powietrze	-0,99
Beton / woda	-0,71
Beton / grunt	-0,63
Asfalt / beton	+0,29
Beton / stal	+0,67
Polimer/beton	+0,39
PCC/beton	+0,12

Powierzchnia rozdzielna Współczynnik odbicia, R

Beton / powietrze - 0,99

Beton / woda - 0,71

Beton / grunt - 0,63

Asfalt / beton + 0,29

Beton / stal + 0,67

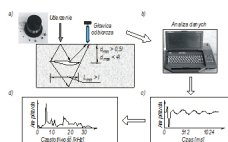
Polimer/beton + 0,39

PCC/beton + 0,12

Przy prostym padaniu fali na granicę ośrodków (kąąt padania równy 0°) występuje fala odbita oraz fala, która przenika granicę ośrodków i rozchodzi się w drugim ośrodku. Gdy impedancja Z_1 jest znacznie większa od impedancji Z_2 , energia fali odbitej jest większa od energii fali przechodzącej. W badaniach betonu tego rodzaju sytuacja ma miejsce, jeśli fala przenika granicę beton/powietrze (np. defekty w betonie czy zewnętrzna powierzchnia elementu betonowego). Towarzyszy temu zmiana fazy. Innym przykładem jest powierzchnia rozdzielna: beton-stal zbrojeniowa. W tym przypadku impedancja akustyczna stali jest kilkakrotnie większa niż betonu, Powoduje to, że fala odbita ma energię równą energii padającej, natomiast fala przechodząca ma dwukrotnie większą amplitudę. Nie występuje przy tym zmiana fazy fali.

1.2. Opis sprzętu i podstawowy zakres zastosowania

W metodzie I-E fale sprężyste generowane są w wyniku uderzenia stalowej kulki o powierzchnię badanego elementu (rys.2a). Przemieszczenia cząstek powierzchni badanego elementu, spowodowane powrotem fal odbitych, rejestrowane są za pomocą piezoelektrycznego przetwornika drgań, umieszczonego w bliskim sąsiedztwie miejsca wzbudzenia (rys. 2b). Przetwornik ten rejestruje fale P i R. Wyniki pomiarów prezentowane są w postaci rozkładu amplitudy w dziedzinie czasu, tzw. waveform (rys. 2c), oraz po przekształceniu za pomocą szybkiej transformaty Fouriera jako widmo częstotliwości (rys. 2d).



Rys. 2. Schemat metody impact-echo: a) droga fali sprężystej podczas badania elementu zawierającego wadę, b) komputer do akwizycji i analizy danych, c) przykład zarejestrowanego sygnału w dziedzinie czasu oraz d) jego widmo częstotliwości po przekształceniu za pomocą FFT

Rys. 2. Schemat metody impact-echo: a) droga fali sprężystej podczas badania elementu zawierająca wadę, b) komputer do akwizycji i analizy danych, c) przykład zarejestrowanego sygnału w dziedzinie czasu oraz d) jego widmo częstotliwości po przekształceniu za pomocą FFT

Zastosowanie metody I-E w budownictwie jest szerokie. Za podstawowe można uznać następujące kierunki:

- ocena grubości elementu konstrukcji betonowych przy dostępie z jednej strony;
- wykrywanie wszelkiego rodzaju nieciągłości wewnątrz betonu, takich jak rozwarstwienia, pustki, tzw. efekty „plastra miodu”, oraz lokalizacja zbrojenia;
- określanie głębokości rys powierzchniowych.

Dostępna na rynku aparatura pomiarowa standardowo zawiera komputerowe programy analizy wyników pomiarów w powyższym zakresie.

1.3. Badania układów wielowarstwowych

Metoda impact-echo, stosowana jest nie tylko do oceny integralności betonu w konstrukcji, lecz także do oceny stanu układów wielowarstwowych. Do podstawowych zastosowań w tym

zakresie należy:

- szacowanie grubości warstw;
- lokalizacja wad w poszczególnych warstwach układu;
- ocena skuteczności napraw elementów betonowych, głównie metodą iniekcji.

Metoda I-E jest wykorzystywana do oceny skuteczności napraw. Jednym z najczęściej spotykanych i udokumentowanych zastosowań jest ocena skuteczności iniekcji kanałów kablowych. Zalety i wady

1.4.1.1 Podstawowe obszary zastosowań metody impact-echo to:

- wykrywanie defektów w płytach betonowych, np. rozwarstwień, wad, pęknięć, odspojeń,
- pomiar grubości płyt betonowych,
- kontrola jakościowa przyczepności między warstwami młodego betonu a betonem podłoża,
- określanie głębokości pęknięć powierzchniowych, w tym wypełnionych wodą.

1.5.1.1 Zalety metody to:

- metoda w pełni nieniszcząca;
- relatywnie duża szybkość działania przy niewielkim zakresie prac przygotowawczych;
- możliwość prowadzenia badań przy dostępie z jednej strony.

1.6. Wady to:

- wykrywanie defektów o większych wymiarach;
- dokładność zależna od użytej średnicy impaktora;
- maksymalna głębokość detekcji wad poniżej 1m;
- najlepsze wyniki przy badaniu elementów płytowych i obecności wad zawierających warstwę powietrza;
- konieczność obecności eksperta do interpretacji wyników;
- relatywnie wysoki koszt sprzętu.