

衝撃弾性波によるコンクリートの損傷度評価に関する基礎的研究
ーセンサの押しつけ力に関する検討ー

日本大学 学生会員 ○立石 皓太 加藤 広紀
日本大学 正会員 齊藤 準平 下辺 悟

1. はじめに

現在の日本のインフラを支えているコンクリートは高度経済成長期に作られたものである。今後、損傷劣化が進行する大量のコンクリートを永く使うためには、専門技術者の不足や維持管理費の減少に対応できるような損傷度評価の方法の確立が必要である。

非破壊試験においてセンサを用いた衝撃弾性波による診断は簡便な方法として古くより大きな注目を集めてきた。日本非破壊検査協会ではその方法がまとめられ¹⁾²⁾³⁾、さらに多くの研究によって一般にも受け入れられるように様々な課題に対して継続して検討されている。

本研究は衝撃弾性波試験(以後、打撃試験と称す)におけるセンサの固定方法に着目し、センサの押しつけ力について検討した。これは先の方法には具体的な取り付け時の圧力が明示されていないためにその影響を疑問視したためである。実験では、健全なコンクリート供試体、アルミニウム粉末を加え空隙を多くすることにより損傷度を高めた供試体、および載荷することで模擬的な損傷を与えた供試体を対象に打撃試験を行う。それによって、センサ取り付け時の押しつけ力と衝撃弾性波の定性的関係を明らかにすると共に、損傷したコンクリートへの押しつけ力作用の影響について検討を行った。

2. 実験方法

(1) 実験概要

本研究では各供試体に打撃試験を行い、図-1のように実験により得られた波形から最大振幅値を取得する。

(2) 供試体概要

今回の実験に用いる使用材料は早強セメント、山砂(最大寸法 2.5mm、表乾密度 2.65g/cm³)、を用い、打設後 28 日間の封緘養生を行い保管した。供試体の寸法は高さ 10cm×長さ 40cm×幅 10cm とし、表-1 に示す条件にて、配合と打設を行った。アルミニウムは外割りにてセメントの質量比 0.25%, 0.125% 添加した。単位容積質量は供試体の打撃試験後に AE センサ打撃点間の高さ 5cm×幅 10cm×長さ

10cm を二箇所抽出し測定した。打撃試験に先立った事前載荷は 10cm×10cm 断面に対して行った。供試体 D-100 の強度を基準に、各強度比 80%, 50%の応力を載荷した。

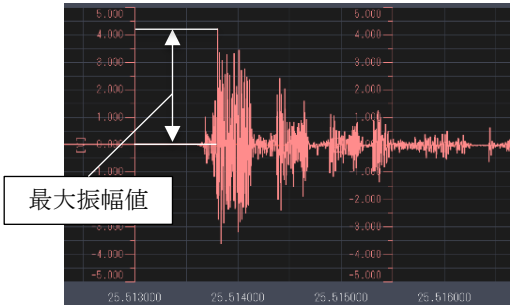


図-1 実験により得られた衝撃弾性波の波形

表-1 供試体の配合および試験条件一覧表

供試体 タイプ	供試体 番号	W/C (%)	S/C (vol%)	単位量(kg/m ³) W C S	アルミニウム 粉末添加量(%)	単位 容積質量 (kg/m ³)	圧縮強度 (N/mm ²)	事前載荷 荷重の 強度比(%)
A	A-N				0	2006	48.4	0
	A-1				0.125	1036	4.8	
	A-2				0.250	1065	4.8	
D	D-N	55	400	258 469 1576	0	2124	34.9	0
	D-1					2128		50
	D-2					2118		80
	D-3					2105		100

(3) 打撃試験概要

データの計測は、AE センサ(AE-901S)をプリアンプ(AE-912)を介して、データロガー(NR-600)へ接続し、サンプリング周波数は 500kHz、サンプリング時間は 1 秒間、入力レンジは 5V とした。

打撃試験の概要を図-2 に示す。ハンマの振り落としし角度は 30°、支点からの高さは 20cm で統一し、電磁石の ON

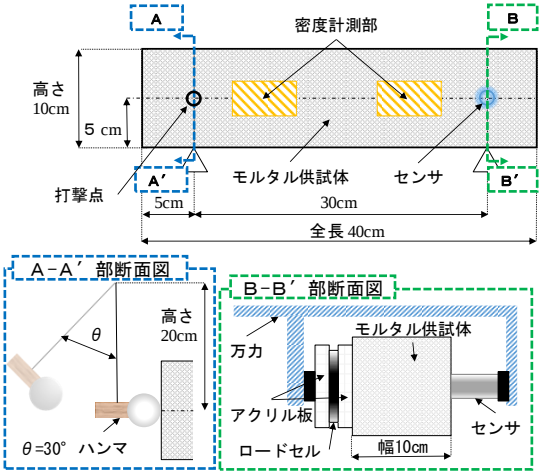


図-2 打撃試験概要

OFFにより一定の打撃力になるようにハンマ落下を制御した。押しつけ力を計測するロードセルはアクリル板ではさみ、ロードセルの中心とAEセンサが一直線になるように万力で押しつけた。この時、供試体にも力が伝達されることになる。押しつけ力の強さはロードセルのひずみの値より次の3条件(10μ (約80N), 15μ (約120N), 20μ (約160N))で制御した。なお、センサと供試体の間にはシリコングリスをはさみ密着性を高めた。

3. 実験結果および考察

(1) アルミニウム粉末を添加した供試体

図-3にアルミニウム粉末を添加した供試体(タイプA)への押しつけ力と最大振幅値の関係を示す。

図より、アルミニウム粉末を添加したA-1, A-2は押しつけ力が高まるにつれ最大振幅値は減少している。これはアルミニウム粉末の添加による内部構造が非常に脆いこと、押しつけ中に組織が崩れたことが認識できたことから、押しつけ力によってコンクリート内部の組織が破壊され振動が伝わらなくなっているのではないかと考えられる。従って、本センサは損傷の進行を捉えているといえる。一方、A-Nは打撃試験での打撃箇所部分的破壊に伴う衝撃弾性波の入力が不十分な点(図-3(a)の○)を除き、押しつけ力の増加に伴い最大振幅値がかなり大きく増加した。これはセンサと部材間における接触面の弾性波の伝達が良くなったためと考えられる。このことは、センサを用いて長期間に継続して損傷度評価を行うには接着や機械的な方法でセンサを固定する際に、押しつけ力を一定にする必要があることを示唆するものである。

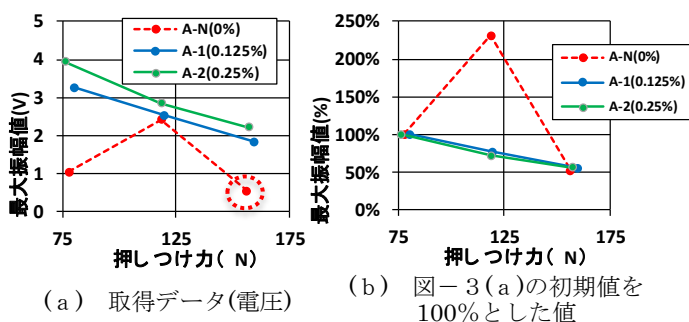


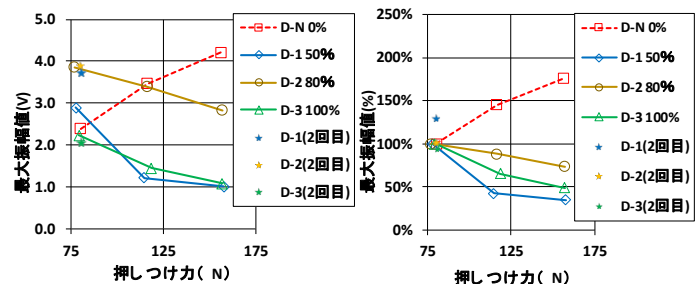
図-3 タイプAの押しつけ力と最大振幅値の関係

(2) 応力付加した供試体

図-4に応力を付加した供試体(タイプD)への押しつけ力と最大振幅値の関係を示す。

図より事前载荷をしなかった供試体(D-N)だけが、図-3のA-Nと同じく押しつけ力の増加に伴い最大振幅値の大きな上昇が見られた。一方、事前载荷をした供試体は、押しつけ力の増加に伴い最大振幅値が低下した。これはセ

ンサの押しつけを行ったことにより、事前载荷により生じた内部ひび割れが拡大し、伝達経路が分断し弾性波が伝わりにくくなったためと考えられる。なお、 20μ (約160N)までセンサを押しつけ、打撃試験を行った後、センサの押しつけを開放し、再度 10μ (約80N)にてセンサ押しつけた結果、概ね一回目の打撃試験と似た数値を示したことから、万力の押しつけにより一時的に内部の損傷に変化(微細ひび割れが開いた)があったことが裏付けられた。以上により、現状の損傷状態の評価においては部材自体に応力が発生するような例えば、本研究のように供試体にも圧縮力が付加されるようなセンサの機械的固定は注意が必要であるといえる。一方で、部材自体に内部損傷があるかどうかを計測する場合においては、本研究のような押しつけによる圧縮力の付加に伴う振幅の低下はその内部の損傷の存在を見きわめる有効な方法になると考えられる。



(a) 取得データ(電圧)

(b) 図-4(a)の初期値を100%とした値

図-4 タイプDの押しつけ力と最大振幅値の関係

4. まとめ

- ① 健全な供試体を対象とした打撃試験の場合、センサの押しつけ力が大きくなると最大振幅値は増加するため、適切な損傷度評価には押しつけ力を一定にする必要がある。
- ② 現状の損傷状態の評価においては、部材自体に応力が発生するようなセンサの機械的固定は注意が必要である。
- ③ 部材自体に内部損傷があるかどうかを計測する場合においては、押しつけによる振幅の低下は損傷を見きわめる有効な変化になると考えられる。

参考文献

- 1) 日本非破壊検査協会;アコースティック・エミッションによる機械診断;2014.1
- 2) 日本非破壊検査協会;アコースティック・エミッション試験 I ;2006.6
- 3) 日本非破壊検査協会;アコースティック・エミッション試験 II 2008;2008.12