

第V部門

セメント硬化体を用いたレーザー励起弾性波の特性評価

京都大学 学生会員

○村瀬 春祐

京都大学 正会員 橋本勝文

服部篤史

塩谷智基

河野広隆

1. はじめに

レーザー励起弾性波とは、固体にパルスレーザーを照射した際に固体表面上で局所的な温度上昇やアブレーションを起こすことによって内部に励起される弾性波である¹⁾。この励起弾性波を種々の弾性波試験に利用²⁾することで、最終的には検出センサも非接触とすることで遠隔検査が可能となる。

コンクリート構造物の非破壊検査方法として弾性波を用いた検査方法が多く用いられているが、本研究ではレーザー励起弾性波に着目し、レーザー照射および、供試体表面の条件が励起弾性波の特性に及ぼす影響を評価した。

2. 実験概要

(1) 供試体概要

レーザーアブレーションにより生じる弾性波を計測するために、供試体寸法の影響を無視できる微小薄片供試体を用いた。供試体は速硬化の白色セメントを用いたセメントペーストとし、色のアブレーションへの影響が検討できるように白と黒（黒色顔料を添加）の2色を用いた（図1）。表面の粗さを均一にするため、100番の紙やすりで平滑化した。以下、供試体をセメントチップと称する。ペースト100gあたりの配合は表1に示す通りである。

(2) 計測概要

セメントチップをAEセンサにエレクトロンワックスを用いて貼り付け、YAGレーザーによりパルス（波長：1064 nm、パルス幅：6 nsec）を照射した。レーザー照射による供試体表面の形状変化を考慮し、レーザー照射条件毎に照射箇所を変えている。

また、レーザー出力と集光直径の影響を検討できるように表2に示す条件でYAGレーザーの出力及び集光径を変化させた。

(3) 使用機器

AEセンサは富士セラミックス社製の50 kHz共振型を使用した。また、レーザー発生装置は、YAGレーザー、Quantel社製のQ-smart450を使用した。



図1 セメントチップの形状と色
(写真左：黒，右：白)

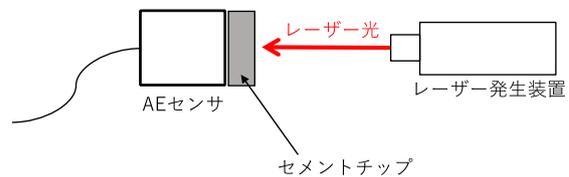


図2 レーザー照射概要図

表1 セメントチップの配合表

W/C (%)	配合量(g)				
	C	W	S	G	染料(黒)
26.9	78.8	21.2	0	0	3.0

表2 レーザー照射条件

出力	集光直径	色
30 mJ	1 mm	黒 白
130 mJ	2 mm	
300 mJ	3 mm	

3. 計測結果及び考察

以下に示す弾性波パラメータの数値は5回のレーザー照射で得られた結果の平均値を示している。

(1) レーザーフルエンスと弾性波の振幅の関係

単位面積あたりのレーザー出力であるレーザーフルエンスと励起弾性波の振幅の関係を図3に示す。

図より、レーザーフルエンス増加により一定値まで励起弾性波の振幅が大きくなるが、レーザーフルエンスが 5 J/cm² を超えると振幅の増加が頭打ちとなる。このことから本実験条件においては、レーザーを用いて励起できる弾性波の振幅に上限があり、レーザーフルエンスが 5 J/cm² あれば最大振幅（約 35mV）を効率的に得られることがわかった。

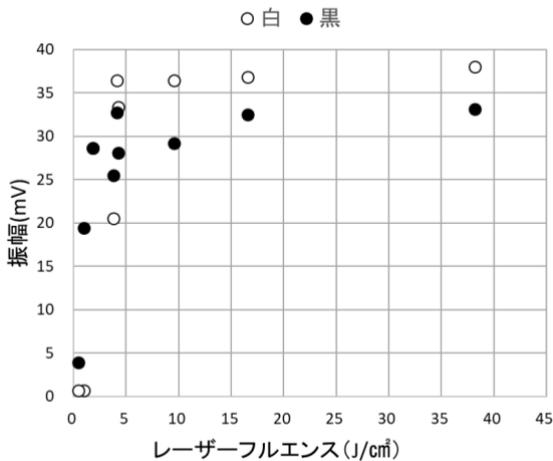


図3 レーザーフルエンスと振幅の関係

(2) 照射表面の色による比較

照射表面の色と励起弾性波の振幅の関係を図4に示す。図より、レーザーパルスの出力エネルギーが同じであれば、集光直径が大きいほど励起弾性波の振幅が小さくなる傾向があることが確認された。また、レーザーの出力が 30mJ の条件ではセメントペースト表面が黒の方が白よりも振幅が大きくなったが、出力が 130mJ あるいは 300mJ の条件では白の方が振幅が大きい結果となった。

既往の研究より、物体色と熱吸収の関係として、白と比較して黒の方が熱吸収量が大きいことが示されているため³⁾、レーザー照射表面のセメントペーストの色が黒の方が振幅が大きくなると予想されたが、今回の実験結果ではこの通りにはならなかった。一方で、弾性波の振幅はレーザーアブレーションによって放出される物質の量に影響されるとされ、エネルギーを吸収している方が振幅が大きくなると考えられる。そのため、130mJ、300mJ の条件下では白の方が黒よりも振幅が大きくなる他の原因があると考えられ、非破壊検査手法としてのセメント系材料を対象とした適切なレーザー照射条件を明らかとす

るためには、更なる物理化学的な側面からの物性評価を行う必要がある。

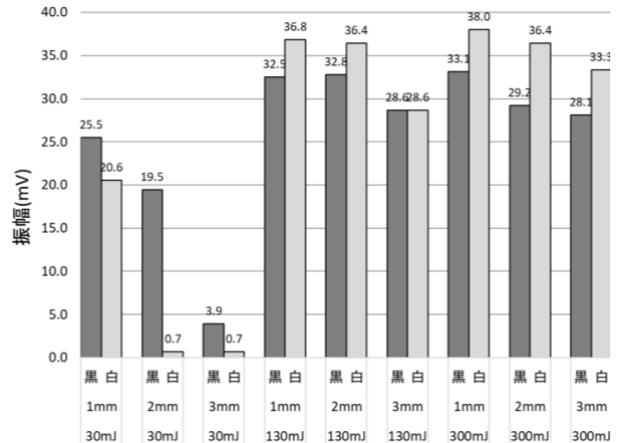


図4 照射表面の色による振幅の比較

4. 結論

本研究では、レーザーや照射表面の条件がレーザー励起弾性波に及ぼす影響について検討を行った。その結果以下の知見が得られた。

- ① レーザーフルエンスの上昇に伴って励起弾性波の振幅が大きくなるが、フルエンスが 5 J/cm² を超えると振幅の上昇が止まる。
- ② レーザーの出力が 30 mJ の条件では黒の方が白よりも励起弾性波の振幅が大きいが 130mJ あるいは 300mJ の条件では白の方が振幅が大きい。

5. 参考文献

- 1) レーザー学会（編）レーザーハンドブック（第2版），37章レーザーアブレーション応用，37・1 概説
- 2) 島田 義則，コチャエフ オレグ，レーザー超音波リモートセンシングを用いたコンクリート内部欠陥検出，電気学会論文誌C（電子・情報・システム部門誌），2009, 129 巻, 7号, pp. 1192-1197, 公開日 2009/07/01
- 3) 三根晴雄，物体色と熱吸収との関係についての研究，1959