レーザー誘起プラズマの分析によるモルタル強度の計測

鹿島技術研究所	正会員	露木	健一郎		
鹿島技術研究所	正会員	三浦	悟		
福井大学		香川	喜一郎		
福井大学		和田	崇秀		
University of Indonesia		H. KURNIAWAN			

1.はじめに

建設投資に占める維持管理の比重が高まる中,構造物の健全性調査技術の重要性が増しているが,現状の調 査法には効率などの点で課題もあり,自動化や客観的評価に適した計測手法の開発が望まれている.

本研究グループは、パルスレーザーを材料に照射した際に発生するプラズマを利用した新しい材料強度計測 手法を考案した.光による計測である本手法には、非接触・迅速という特長があり、大規模構造物等における 検査の効率化に資することが期待される.

本稿では,レーザー誘起プラズマの発光強度,発光の時間遅れが材料強度に依存して変化することに着目した2つの計測手法について述べ,手法の有効性を実験により検証した結果について報告する.

2. レーザー誘起プラズマと材料強度

継続時間が短く尖頭値の高いパルスレーザー光によれば,連続発振型レーザーのよう な溶融物を生成せずに照射部位の材料を瞬時に蒸散できる.その際,原子は高速で噴出 し,微小な空孔が形成されるが,噴出する原子のエネルギーには材料の硬さが反映され ると考えられる.すなわち,原子は材料の硬さに応じた反発力を得るため¹⁾,噴出した 原子によって誘起されるプラズマの発光強度には,材料の硬さが反映される.



、 写真 - 1 誘起プラズマ

また,繰り返し照射により空孔が深くなると,孔底で発生したプラズマが空孔出口へ 達する時間に微小な遅れが生ずる.照射回数と時間遅れの関係から得られる時間遅れの 変化率には,材料の硬さが反映されると考えられる.

3.実験概要

3.1 試験体及び実験装置

圧縮強度を5水準としてモルタル試験体を作成し,レ ーザー誘起プラズマの分析に供した.モルタル試験体の 配合及び圧縮強度を表 - 1に示す.また,図 - 1に実験 装置の構成を示す.プラズマ発光は,光ファイバで分光 器に導かれ,波長ごとの光強度が調べられる.

3.2 プラズマの発光強度と圧縮強度の関係

モルタルにレーザーを繰り返し照射し,発光強度の変 化を測定した.はじめ,レーザーエネルギー74mJで20 回照射した後,エネルギーを13mJに減じ160回照射し て発光強度を測定した.エネルギーを弱めることで,プ ラズマ発光強度が材料硬さに応じて敏感に変化するこ とを見出したためである.レーザー照射径は数百µm程 度と小さく,レーザーが骨材にあたって骨材強度を評価 表 - 1 モルタルの配合と圧縮強度

	W/C	S/C	W	С	S	混和剤	空気量	圧縮強度
	(%)	(%)	(kg/m ³)	(kg/m ³)	(kg/m ³)	C*.001=1A	(%)	(N/mm ²)
1	35	2.25	223	636	1431	1.5A	3.0	79.1
2	40	2.25	246	616	1386	0.5A	3.4	67.7
3	45	2.25	269	597	1343	1.5A	3.3	65.0
4	50	2.25	290	579	1303	3.0A	3.0	59.0
5	55	2.25	309	562	1265	4.5A	2.5	51.9



キーワード 健全性調査,強度劣化,微破壊検査,レーザー,プラズマ 連絡先 〒182-0036 東京都調布市飛田給 2-19-1 鹿島 技術研究所 TEL 0424-89-3172 することを避けるため,分光器によりセメント硬化体の主成分である Ca の発光(波長 422.7nm)を測定した. Ca の発光強度が著しく減少した場合,空孔が骨材に到達したとして照射位置を変えた.

繰り返し照射に伴う発光強度の変化を図 - 2 に示す.発光強度とモルタル強度の間に相関が認められる.さらに,30 ショット時点の発光強度と圧縮強度の関係を調べた(図 - 3).両者には高い相関が見られ,本実験の範囲では,同時に測定したシュミットハンマー反発硬度,超音波伝搬速度より高い正の相関係数 r_{xy}が得ら



3.3 プラズマ発光の時間遅れと圧縮強度の関係

モルタル側面に配置した光ファイバと光検出器でプラズマ発光を検出し(図-1),空孔が形成される前の 発光開始時刻を基準として,空孔深さの増加に伴う発光の時間遅れを調べた.プラズマは大気中を数~数+ km/s で伝搬するため,空孔深さが数百μmの場合,数+nsの時間で空孔出口に達する.

レーザーを繰り返し照射して,100ショットごとに発光の時間遅れを測定した結果を図-4に示す.測定された時間遅れにはばらつきも見られるが、回帰直線を求めるとその傾きとモルタル強度には負の相関が見られた.回帰直線の傾き k とモルタル圧縮強度の関係を調べた結果,両者には高い負の相関が認められた(図-5).



4.まとめ

レーザーの照射と誘起されたプラズマの観測に基づく非接触式の材料強度計測手法を考案し,モルタル試験 体を用いた実験を行って手法の有効性を検討した.その結果,以下のことが確認された.

- 1)レーザー誘起プラズマの発光強度とモルタル圧縮強度の間には高い正の相関が認められた.
- 2)照射により形成される空孔の深さをプラズマ発光の時間遅れとして計測した.プラズマ発光時間遅れの変 化率とモルタル圧縮強度の間には高い負の相関が認められた.

参考文献

- 1) Kagawa, et al.: Subtarget effect on laser plasma generated by transversely excited atmospheric CO₂ laser at atmospheric gas pressure, Jpn. J. Appl. Phys., 39, 2000, pp.2643-2646
- 2) Kagawa, et al.: Laser-induced shock wave plasma spectroscopy, Appl. Spectrosc., 2, 1998, pp.1-36