

## レーザー加振を用いた再生骨材の品質評価手法の提案

Quality assessment method for recycled aggregate using laser vibration technique

北海道大学環境社会工学科  
北海道大学大学院工学院環境フィールド工学専攻  
北海道大学大学院工学研究院土木工学部門  
北海道大学大学院工学研究院土木工学部門

○学生員 茨木大輔 (Daisuke Ibaraki)  
学生員 彌永貫至 (Kanji Yanaga)  
正員 橋本勝文 (Katsufumi Hashimoto)  
正員 杉山隆文 (Takafumi Sugiyama)

## 1. 研究背景

従来、再生骨材コンクリートの主な再利用方法として路盤材としての適用がなされてきた。しかしながら、その需要の低下だけでなく、天然骨材の枯渇も問題となっており、再生骨材コンクリートへの積極的利用が課題となっている。

コンクリート用再生骨材は、品質の高いものから順に H, M, L と 3 段階に JIS で定められている。このうち、2018 年の JIS 改訂に伴い、品質の低い L 再生骨材と普通骨材の混合骨材が M 再生骨材の品質を満足する場合、再生骨材コンクリート M へ使用可能となった。しかしながら、再生骨材は母材コンクリートの用途や配合により品質に差があり、必ずしも全ての L 再生骨材と普通骨材の混合骨材が、M 再生骨材と同等の品質とされない場合があると考えられる。

本研究では、現在の再生骨材の品質を定める基準となっている密度や吸水率以外にも再生骨材の品質を定めることが可能な基準について、レーザー加振技術を用いた原骨材とモルタルの付着特性の評価手法について検討を行った。

## 2. L 再生骨材の品質評価の必要性

本研究では、約 50 年経過した寒冷地の鉄筋コンクリート建造物から製造した再生粗骨材 (RAG) と再生路盤材として市販されている再生粗骨材 (RAM) の 2 種類を使用した。再生骨材の体積割合を 0, 20, 50% とした場合の耐久性指数と FM 凍害指数を図に示す<sup>1)</sup>。寒冷地で求められる耐久性指数は少なくとも 60 以上確保する必要があり、FM 凍害指数は JIS において耐凍害品の場合は 0.08 以下と定められている。図 1 より、RAG を用いた供試体が耐久性指数と FM 凍害指数どちらの条件も満たしているのに対して、RAM を用いた蒸気養生の供試体は耐久性指数の観点から耐凍害性を満たしていないことが分かる<sup>1)</sup>。上記の結果に対して、現行の基準においては同品質 (L 再生骨材) とされる 2 種類の再生骨材を対象とし、原骨材とモルタル部分の境界層での付着力を評価するためのレーザー加振技術を用いた評価手法を提案することを本研究の目的とした。

## 3. 実験方法

吸水率が同程度であり現行の再生骨材の基準では同じ品質の 2 種類の再生骨材 (RAG と RAM) を表 1 および表

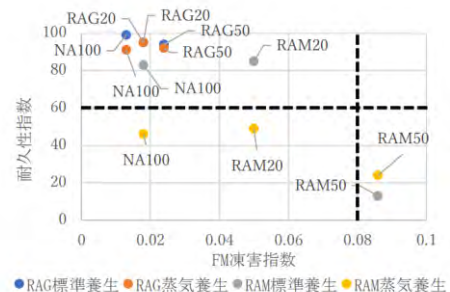
図 1 耐久性指数と FM 凍害指数の関係<sup>1)</sup>

表 1 RAG の質量と吸水率

RAG	表乾質量(g)	絶乾質量(g)	吸水率(%)
1	13.3	12.5	6.4
2	9.2	8.8	4.55
3	5.8	5.5	5.45

表 2 RAM の質量と吸水率

RAM	表乾質量(g)	絶乾質量(g)	吸水率(%)
1	8.2	7.7	6.49
2	9	8.6	4.65
3	7.7	7.3	5.48

2 に示すように三水準用意した。使用した再生骨材の質量、吸水率は表 1 および表 2 に示す。図 2 および図 3 に示すように、再生骨材に対して原骨材側にパルスレーザーを照射し、対面する付着モルタル側でレーザードップラー振動計を用いて振動波形を測定した。パルスレーザーのエネルギーおよびパルス幅はそれぞれ 919mJ, 5ns とした。

## 4. 実験結果

RAG と RAM の各試料について、吸水率が近いサンプル同士を比較した。なお、今回の実験では 40kHz までの結果について、図 4 に示すように周波数スペクトルの低周波領域において差異が見られた。特に、FFT により得られた周波数スペクトルのうち、0~150Hz の周波数帯について図 5, 図 6 および図 7 に示す。

0~150Hz において、全ての再生骨材サンプルで振幅の特徴が、50Hz および 130Hz 付近でピークが確認出来る。特に、いずれのピーク周波数においても、比較的品

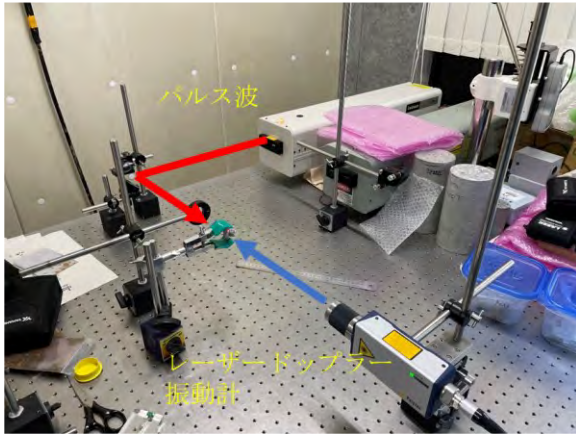


図2 レーザー加振試験の様子

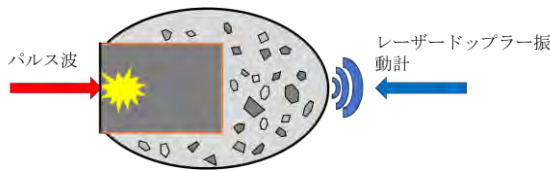


図3 再生骨材へのレーザー加振と振動計測

質の良い RAG の振幅が品質が比較的悪い RAM の振幅を上回る結果となっている。このことから、品質の良い再生骨材 (RAG) の方が上記の周波数で振幅が大きく、この結果から、振動特性から品質を分類できる可能性が示唆される。

また、RAG (品質:良) と RAM (品質:悪) の振幅差を比較すると、図 5、図 6 および図 7 から、RAG1 と RAM1 の差は大きく、RAG3 と RAM3 の差は小さいことが分かる。ここで、表 1 および表 2 を見ると、RAG1 と RAM1 の質量は RAG1 の方が大きい。また、RAG2 と RAM2 の質量は同程度であり、RAG3 と RAM3 の質量は RAM3 の方が大きい。吸水率が同じものを比較しており、モルタルの大きさは同程度と考えられることから RAG と RAM の質量差は原骨材の大きさの差と考えられる。このことから、原骨材の大きさの差が振幅の大きさに影響を与えており、吸水率が同じであっても原骨材の質量が大きいほど振幅が大きくなることが分かる。

以上のことより、レーザー加振を用いて再生骨材の品質を比較する場合、吸水率と質量の 2 つの条件を揃える必要があると考えられる。

## 5. まとめ

耐凍害性の異なる再生骨材にパルス波レーザーを照射し、レーザードップラー振動計を用いて再生骨材の振動を測定した。その結果、耐凍害性に差が生じる L 再生骨材の品質評価について、原骨材にレーザー加振を行った際の付着モルタルの 50Hz および 130Hz の振動周波数に着目することで骨材品質の差が生じることが分かった。

現在の密度や吸水率を用いて再生骨材の品質を分ける現行の材料水準を用いて再生骨材の品質分類が困難な場合があるが、本研究で提案したレーザー加振による評価手法を用いれば、再生骨材の原骨材と付着モルタル部分

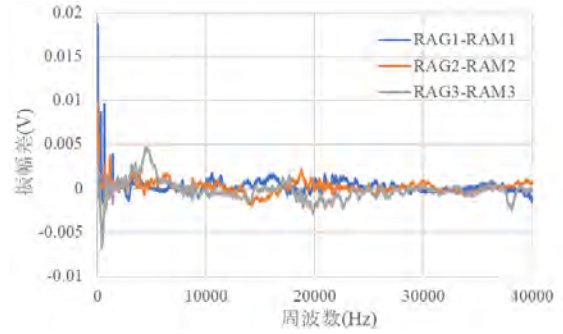


図4 RAG と RAM の振幅差 (RAG-RAM)

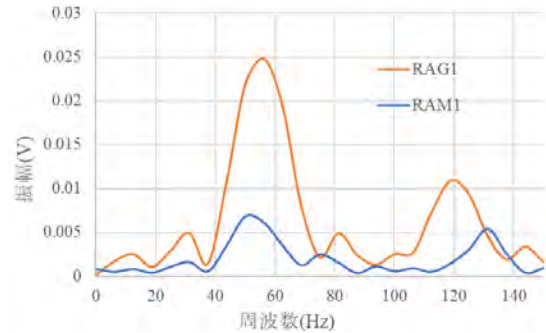


図5 RAG1 と RAM1 のレーザー試験結果

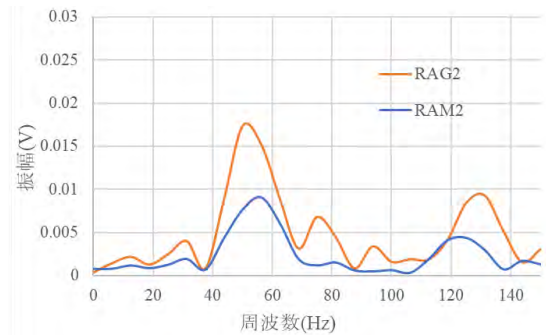


図6 RAG2 と RAM2 のレーザー試験結果

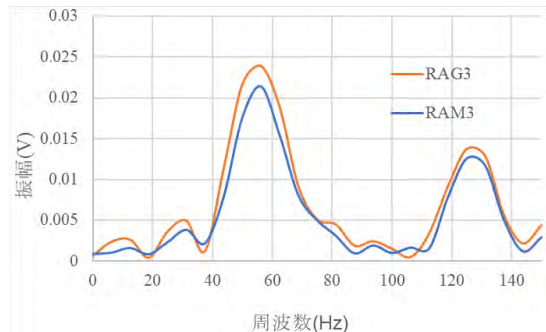


図7 RAG3 と RAM3 のレーザー試験結果

の付着力の差も品質項目として考慮できる。

## 参考文献

- 1) 彌永貫至ほか:生骨材を混合利用して蒸気養生したコンクリートの凍結融解抵抗性の評価, 年次学術講演会講演概要集, Vol.77, pp.V-495, 2022