

マルチ水中衝撃波による高効率コンクリートサイクル技術

電気システム工学科

浪平隆男

1. まえがき

日本の高度成長期に建設された数多くのコンクリート構造物は、近い将来、次々と寿命を迎え更新されるようになる。そのために今後膨大な量のコンクリート廃材が発生することが予想され、そのリサイクル並びにリユースは必要不可欠である。現在のコンクリート塊のリサイクル率は、2000 年の「建設工事に係る資材の再資源化等に関する法律（建設リサイクル法）」の施行以降、98%と高い水準で推移している。このリサイクルされているコンクリート塊の大半は路盤材として再利用されているが、将来にわたる路盤材等へのコンクリート廃材の需要増は期待できない。そのため、コンクリート塊の高リサイクル率を維持し続けるには、コンクリート廃材からのコンクリート用骨材の再生が必要不可欠となってくる。本稿では、新しい骨材再生技術として、「水中パルス放電法」を提案するとともに、その基礎特性について報告する。なお、本方式の最終目標は、低コストかつ高速での良質な再生骨材の提供であり、表 1, 2 には再生骨材の指標となる標準骨材の規格を示す。^(1,2)

表 1 骨材の品質

Table 1 Quality of standard coarse aggregate

	Coarse aggregate (CA)	Recycled CA
Absorption ratio, %	< 3 ⁽¹⁾	< 7 ⁽²⁾
Density in absolute dry condition, g/cm ³	> 2.5 ⁽¹⁾	

表 2 骨材の粒度分布（最大寸法 20 mm）

Table 2 Granularity distribution of standard coarse aggregate

Sieve size, mm	Transmittance, %				
	25	20	15	10	5
CA ⁽¹⁾ and Recycled CA ⁽²⁾	100	90-100	-	20-55	0-10

2. 骨材再生化手法

図 1 には提案する「水中パルス放電方式骨材再生」のシステムを示す。本システムは、写真で示されるようにパルスパワー電源であるマルクス発生器と水道水

中へ沈められた放電電極からなる簡易なシステムである。マルクス発生器は、容量 $0.8 \pm 10\%$ μF のキャパシタ（ $0.04 \mu\text{H}$, Model 31392, Maxwell, USA）10 個から構成されており、充電電圧 40 kV 時に波高値 400 kV を有する正極性のパルス電圧が得られる。放電電極は点对半球電極であり、曲率半径 2 mm の先端部以外を架橋ポリエチレンにて覆われた銅製棒電極と直径 300 mm のステンレス製半球メッシュ電極で構成され、その電極間隔は 150 mm である。なお、半球メッシュ電極は、メッシュ大きさが 5 mm であり、5 mm 以下の粗骨材として利用できない骨材やモルタル等は電極下部へ落下する。また、模擬廃コンクリート塊としては、直径 100 mm、高さ 200 mm の円柱コンクリート供試体を用い、セメント、水、細骨材、粗骨材の質量比は全て一定条件の下、3 %と 9 %と異なる含有空気量の 2 種類を製作した。なお、コンクリート供試体へ使用した骨材は斑レイ岩であり、その品質を表 3（元骨材, Original coarse aggregate (CA)) に示す。

今回の骨材再生実験では、コンクリート供試体を半球メッシュ電極中に設置後、マルクス発生器を充電電圧 40 kV にて動作させた。その動作の際、供試体は内部での放電並びに水中での絶縁破壊に伴う衝撃波により処理される。なお、電極間への注入エネルギーは約 0.9 kJ/shot であった。



Marx generator
Capacitor: $0.8 \mu\text{F}$ -10 stages
Output voltage: 400 kV
Stored energy: 6.4 kJ/shot
Discharge electrodes
Point to hemisphere

図 1 パルスパワー電源と放電電極

Fig. 1 Pulsed power generator and discharge electrodes

3. 再生骨材の評価

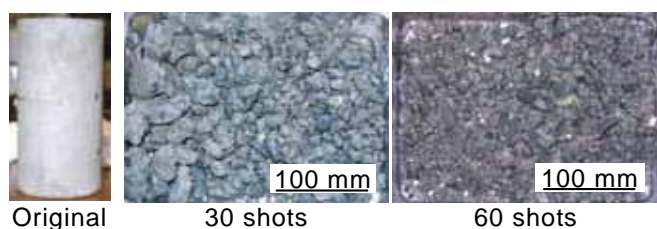
図 2 には 9 %の空気含有量を有するコンクリート供試体

Recycled coarse aggregate produced by pulsed discharge in water

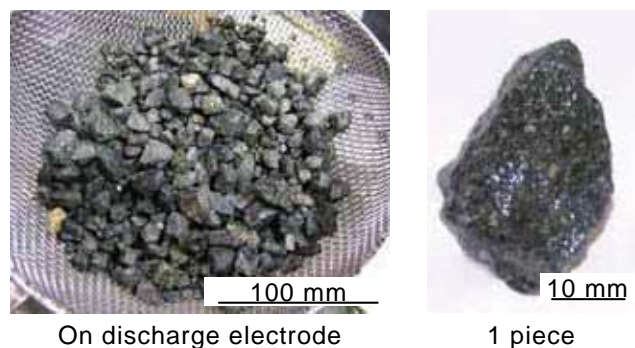
Takao Namihira
Department of Electrical and Computer Engineering

からの骨材再生過程を示す。図 2 より、放電回数の増加とともに、コンクリート塊が小さくなり、また、写真ではわかり難いが骨材とモルタルの分離が進んでいることが確認される。図 3 には 9 %の空気含有量を有するコンクリート供試体から 100 回の放電処理後に得られた再生骨材を示している。図 3 より、100 回の放電処理によりモルタル付着の非常に少ない再生骨材を得られていることが確認される。

表 3 には含有空気量の異なる 2 種類のコンクリート供試体（再生骨材 A: 3 %, 再生骨材 B: 9 %）に対する 100 回の放電処理前後での骨材の品質を示す。表 3 より、パルス放電処理により得られた再生骨材は、コンクリート供試体の元骨材に対して、どちらも絶対乾密度が低下し、吸水率が増加していることが確認される。この要因としては、骨材からの不完全なモルタル除去並びにモルタル塊の混入が考えられる。本結果は骨材としての品質低下を示唆するが、表 1 に示される粗骨材としての品質は十分に満たしており、再生骨材としての使用が可能である。図 4 には放電処理前後における骨材の粒度分布を示す。図 4 より、含有空気量の異なる 2 種類のコンクリート供試体に対する 100 回の水中パルス放電処理により得られた再生骨材は、コンクリート供試体の元骨材に対して、どちらも骨材が小粒径化していることが確認される。本結果は、粒度分布の指標となる粗粒率が元骨材の 6.7 に対して 6.4 へと低下していることから裏付けられる。しかしながら、



Original 30 shots 60 shots
図 2 骨材再生過程
Fig. 2 Process of coarse aggregate recycling



On discharge electrode 1 piece
図 3 再生骨材（100 shots）
Fig. 3 Recycled coarse aggregate after 100 shots treatment

どちらの再生骨材も表 2 に示される粗骨材としての標準粒度分布の基準は十分に満たしている。なお、被処理対象であるコンクリートの含有空気量の再生骨材品質への影響は皆無であった。

4. まとめ

提案する「水中パルス放電方式骨材再生システム」によって再生された骨材は、元骨材と比較すると少なからず品質の劣化があるものの、再生骨材として十分な品質を確保可能であった。

文 献

- (1) JIS A 5005-1993, “Crushed stone and manufactured sand for concrete”, 2000.
- (2) TS A 0006, “Concrete using recycled aggregate”, 2004.

表 3 試験骨材の品質
Table 3 Quality of original and recycled coarse aggregates

	Original CA	Recycled CA-A	Recycled CA-B
Absorption ratio, %	0.5	0.9	1.0
Density in absolute dry condition, g/cm ³	3.1	3.0	3.0

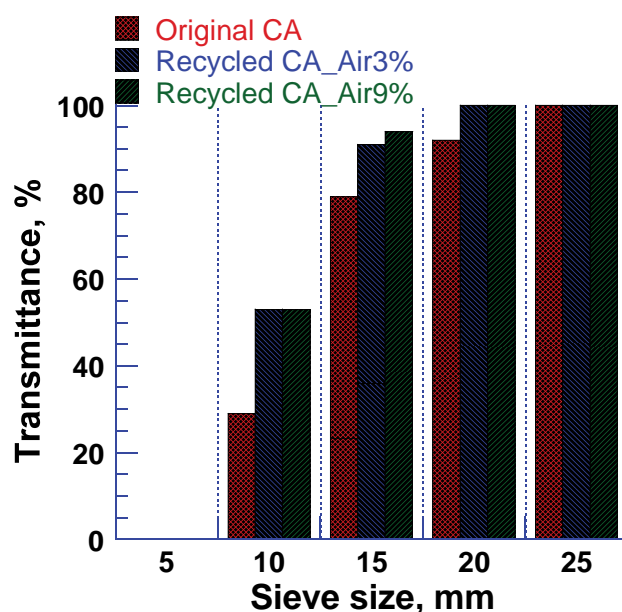


図 4 試験骨材の粒度分布
Fig. 4 Granularity distribution of original and recycled coarse aggregates