

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 4 月 9 日現在

機関番号：12601

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2014～2014

課題番号：26630201

研究課題名(和文) 新たな結合材の投入を必要としない完全リサイクルコンクリートの開発

研究課題名(英文) Complete recycling of concrete without additional bonding material

研究代表者

酒井 雄也 (Sakai, Yuya)

東京大学・生産技術研究所・助教

研究者番号：40624531

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,800,000円

研究成果の概要(和文)：本研究は新たな結合材を投入しない、コンクリートの完全なリサイクルを最終目的として実施したものである。粉砕したコンクリートに対して圧縮成形を行なうことで、十分な強度を有する成形体の作製を試みた。コンクリートのみを100ミクロン程度に粉砕し200MPaで成形した場合、圧縮強度は10MPa程度であった。より微粉化し、成形圧力を増加させることで強度は改善可能であることを示す結果を得ている。さらに、上記成形体に炭酸化処理を行った結果、30MPaを上回る強度が得られた。以上より、結合材を投入せずに十分な強度を有する成形体としてのコンクリートの再生に成功したことから、本研究の目的は達成されたと考えている。

研究成果の概要(英文)：A novel methodology is proposed to achieve complete recycling of concrete waste without any additional binding material. The concrete waste was crushed, milled and compacted to get compacts. When the size of the milled concrete powder was around 100 micron and the compaction pressure was 200 MPa, the average strength of the obtained compacts was 10 MPa. The obtained results showed that as the powder is finer and the applied pressure is higher, the strength of the compacts increases. Carbonation treatment was adopted and the obtained compacts had compressive strength of 30 MPa. As seen above, the objective of this research is successfully reached.

研究分野：コンクリート工学

キーワード：コンクリート リサイクル 再生 圧縮成形 炭酸化

### 1. 研究開始当初の背景

資源やエネルギー利用、環境負荷の大幅な抑制を目的として再生コンクリートやゼロエミッションコンクリートが世界的にも注目されているが、品質の良い再生骨材を取り出すためには多大なエネルギーが必要であり、また新たなコンクリートを作製するにはセメントなどの結合材を投入する必要があるなど、当初の目的を十分に達成するには至っていない。

本研究では、粉砕されたセメントペーストの破片を集めて圧縮成形すると、空隙率が同じであれば粉砕前と同様の剛性を示すという現象に着目した。上記は粉砕されたコンクリートガラも、圧力を加えて成形するだけで力学性能を再生できる可能性を示唆している。

### 2. 研究の目的

本研究では、新しい結合材を投入せずに、廃コンクリートガラのみからコンクリート部材の再生を試みた。構造部材に使える程度の強度が得られることが望ましいが、非構造部材としても廃コンクリートガラのみから再生できることは経済的にも環境負荷的にもメリットは大きいと考えられるため、少なくとも非構造部材として使用可能な完全リサイクルコンクリートの製造を行った。骨材とペーストの界面の接着力を向上させる処理の開発と、使用するコンクリートガラの粉砕程度の最適化を並行して行うことで上記達成を試みた。

### 3. 研究の方法

本研究では硬化コンクリート粉砕し、粉末にした試料を用いた。コンクリートは W/C40%、単位水量 174kg/m<sup>3</sup>、細骨材率 40%であり、打設後 28 日の封緘養生を与えた後、室内で気中養生した材齢約 2 年の供試体を粉砕した。粉砕は振動ディスクミ

ルで行い、ふるい目 200 $\mu$ m を通過した粉末を用いた。粉砕後は直ちに密閉式のプラスチック製容器で保管した。すべての作業および保管は、20°C に保たれた室内で実施している。含水率を求めるため、粉末を 105°C の乾燥炉に入れ、24 時間の重量減少が 0.01g を下回るまで乾燥した。測定の結果、コンクリートの含水率は 15.6%であった。ここで含水率は、105°C 乾燥前後の重量差を乾燥後の重量で除して算出した。

圧縮成形は、一方向からの载荷もしくは静水圧により行った。

一方向からの载荷による成形では、4 分割可能で中央に直径 52.5mm、高さ 120mm の空間を有する鋼製型枠（最大耐圧 200MPa）を用いた（写真 1）。4 つの型枠同士はボルトにより連結されている。型枠を厚さ 2cm の鉄板上に置き、中央部に粉末を入れ、直径 52mm の金属棒を万能試験機により押し込むことで圧縮した。成形圧力は、200MPa とし、圧力は 10 分間保持した。ここで圧力は、荷重を成形体の断面積で除した値である。200MPa は型枠の最大耐圧である。作製した成形体は直径 50mm、高さ 60mm 程度の円柱である（写真 2）。同量の粉末を用いた場合、成形圧力によって供試体高さが変化するため、同様の供試体高さとなるように粉体量を調整した。成形体は 2 つずつ作製した。

静水圧による成形では、中央に一辺 1cm の立方体状の空洞を有するシリコン製の型を用いた（写真 3）。型に粉末を入れ、シリコン製の板で覆い、真空パックにより密封した後に液中で所定の静水圧（130MPa、400MPa）を 10 分間与えた。作製した成形体は一辺が 10mm 程度の立方体である（写真 4）。型に入れる粉体の量が不十分な場合、成形後の形状がいびつになるため、粉体を押し込みながら型に詰めた。成形体は 3 つずつ作製した。



写真-1 一方方向荷重による成形で用いた型枠（左：成形中、右：分割の様子）



写真-2 一方方向荷重による成形体の例

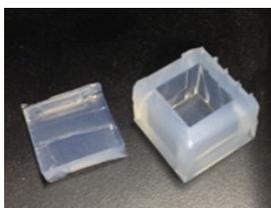


写真-3 静水圧による成形に用いた型枠



写真-4 静水圧による成形体の例

本論文で圧縮強度測定に用いた成形体は、いずれも標準的な試料寸法とは異なることに注意する必要がある。また炭酸化処理の効果を検討するため、成形後に炭酸化濃度90%以上の環境に1週間保管したケースも検討している。

圧縮試験には万能試験機を用いて、φ5cmの円柱成形体には30kN/minで、一辺1cmの立方成形体には1.5kN/minで載荷した。

#### 4. 研究成果

検討の結果、コンクリートは細かく粉砕するほど、その後同様の圧力で成形しても高い圧縮強度を有する成形体を得られた。静水圧による成形体において、600μm程度に粉砕した場合には2.5MPa程度の圧縮強度であったが、100μmでは約25MPaに増加した(図-1)。また成形方法また成形前の粉体の表面改質として、高炉スラグと水を混ぜたものや、シランカップリング剤と混ぜることで、成形後

の強度が増加することを確認した。これは、結合の生じにくい骨材表面にカルシウム等の、結合の生じやすい成分が生成したためであると考えられる。また上記のような表面改質以外にも、成形体に対する炭酸化処理が、強度増加には非常に有効であった。一軸荷重により成形した成形体において、10MPa程度の圧縮強度であったものが、炭酸化処理により約30MPaの強度を示すことを確認した(図-2)。以上より、本研究で目的とした条件を満たすコンクリートの作製は達成されたと考えている。

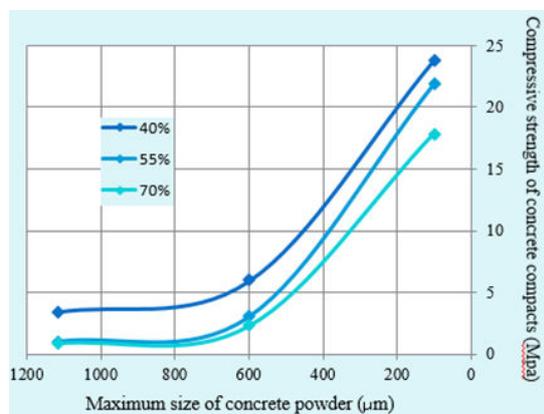


図-1 粒子径と水セメント比による圧縮強度の変化

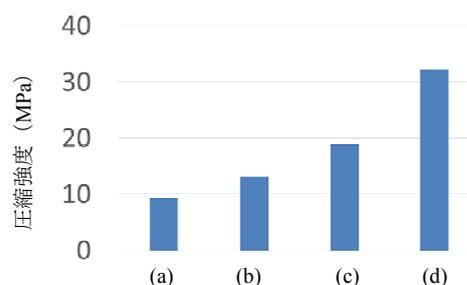


図-2 圧縮強度の改善効果

(a)コンクリートのみ、(b)セメントペーストと50%置換、(c)スラッジと50%置換、(d)コンクリートのみを炭酸化処理

#### 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[学会発表] (計4件)

酒井雄也, 岸利治: 圧縮成形によるコンクリ

ートの再生および体積変化の制御に関する研究, 土木学会第 69 回年次学術講演会, pp. 657-658, 2014

酒井雄也, 岸利治: 圧力作用によるセメント硬化体の再生と体積変化の制御, 第 41 回セメント・コンクリート研究討論会論文報告集, pp. 35-40, 2014

Yuya Sakai, Tarekegne Biruktawit Taye and Toshiharu Kishi : Complete recycle of waste concrete by compaction、International Conference on the Regeneration and Conservation of Concrete Structures (RCCS)、Nagasaki, Japan, 2015 (発表決定済)

Tarekegne Biruktawit Taye, Yuya Sakai and Toshiharu Kishi : UTILIZATION OF COMPACTION TO RECYCLE WASTE CONCRETE WITH INDUSTRIAL WASTE MATERIALS、The Fifth International Conference on Construction Materials、Canada, 2015 (発表決定済)

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

酒井 雄也 (SAKAI, Yuya)

東京大学生産技術研究所・助教

研究者番号: 40624531