

# 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

東京大学生産技術研究所 正会員 ○酒井 雄也  
東京大学生産技術研究所 フェロー会員 岸 利治

## 1. 研究の背景と目的

コンクリートは最も主要な建設材料と言えるが、十分な強度の発現には通常、数週間の養生が必要である。また乾燥に起因する収縮によりひび割れが生じるため、そのような短所の解決や制御を目的として研究が進められている。また他の材料と比較してリサイクルが困難なこともあり、環境負荷の観点から好ましくない材料と認識されることも少なくない。本研究では新たなアプローチにより、上記の短所を克服したコンクリートを作製することを目的としている。粉砕したセメントペーストを圧縮成形した場合、空隙率が同じであれば粉砕前後で同等の弾性係数や硬度を示すことが報告されている<sup>1)</sup>。報告ではセメント硬化体中の化学結合を論じるに留まっているが、上記の現象を活用することで圧縮成形により、新たな特性を有するコンクリートが作製できると考え、その可能性を検討した。具体的には、①作製後の養生が不要、②リサイクルが容易、③水分移動による体積変化が制御可能、というコンクリートの作製を圧縮成形により試みたものである。

## 2. 実験に用いた材料および試験器具

本論文では硬化セメントペーストおよび硬化コンクリート粉砕し、粉末にした試料を用いている。セメントペーストは約1年間、封緘養生していたW/C40%の供試体を粉砕した。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、20℃の室内で保

管した材齢約2年の供試体を粉砕した。骨材は川砂と碎石である。粉砕は振動ディスクミルで行い、ふるい目200μmを通過した粉末を用いた。圧縮成形には、4分割可能で中央にφ52.5mm、高さ120mmの空間を有する型枠を用いた(図1)。中央部に粉末を入れ、φ52mmの金属棒を万能試験機により押し込むことで圧縮成形し、所定の圧力を10分間保持した。成形体は2つずつ作製して測定を行っている。

## 3. 圧縮成形時の圧力と圧縮強度の関係

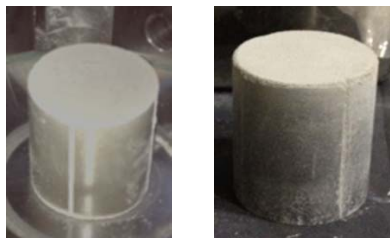
まず粉砕したセメントペーストを用いて、50~200MPaの圧力で成形した場合の圧縮強度の変化を検討した。成形体は型枠の都合上、φ50mm、高さ60mm程度の円柱供試体(図2(a))であり、一般的な測定値との比較はできない。測定結果を図3に示す。図中には成形体2つの測定値を高低線とし、また平均値を破線で連結しているが、測定値のばらつきは非常に小さい。図より、今回の検討条件では、圧力と圧縮強度はほぼ比例関係にあることが確認できる。以上は、高い圧力で成形することで、より強度の高い成形体を10分程度という短時間で作製可能であることを示している。

## 4. 粉砕後に圧縮成形したコンクリートの強度試験

次にコンクリートを粉砕して圧縮成形し、圧縮強度を測定した。成形圧力は型枠の最大耐圧である200MPaとした。測定された圧縮強度は8.5MPa程度であり、図3のセメントペースト(27MPa)を下回った。これは、骨材同士および骨材・ペースト界面



図1 圧縮成形用型枠



(a)セメントペースト (b)骨材のみ  
図2 作製した成形体の例(200MPaで成形)

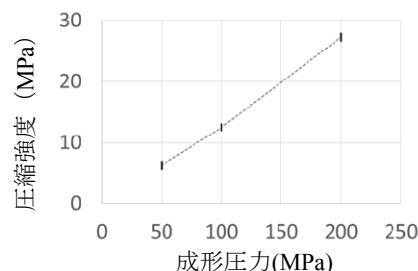


図3 粉砕したセメントペーストの成形圧力と圧縮強度

キーワード 圧縮成形, リサイクル, 養生不要, 体積変化, 収縮, 膨張

連絡先 〒153-8505 東京都目黒区駒場 4-6-1 東京大学生産技術研究所 Be406 TEL03-5452-6098 (ext. 58086)

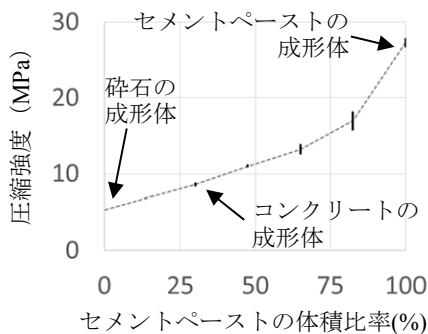


図4 セメントペーストの体積比率による圧縮強度の変化



図5 ひずみ測定用の成形体

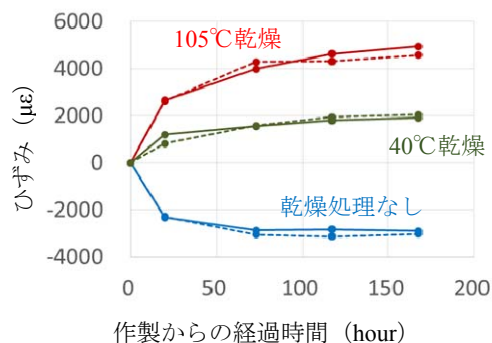


図6 成形体のひずみの推移 (実線：上面，破線：下面)

では結合生成および塑性変形において、より大きなエネルギーを要するためと考えられる<sup>2)</sup>。対策としては骨材表面の改質なども考えられるが今後の検討課題とし、今回は粉碎したセメントペーストの混和による改善効果を検討した。成形方法は3で述べた方法と同様であり、圧力は200MPaとした。粉碎したコンクリートにセメントペーストを混和して、セメントペーストの体積比率を変化させた場合の圧縮強度を図4に示す。図3と同様に、成形体2つの測定値を高低線として、また平均値を破線で連結している。コンクリートのみの場合、セメントペーストの体積比率は約30%である。また体積比率0%は、粗骨材(砕石)のみを粉碎して圧縮成形した結果である(図2(b))。図より、圧縮強度は体積比率80%程度まで、粉碎したセメントペーストの混和に伴い直線的に増加する結果となった。以上は、コンクリートは粉碎して圧縮成形するだけで再生可能であること、また十分な強度を得るには高い圧力を作用させる以外に、粉碎したセメントペーストの混和が効果的であることを示している。

5. 圧縮成形したセメントペーストの体積変化

本論文で報告している成形体は、作製時に水を必要としない。このため、完成時の含水量を調整することが可能であり、これにより水分逸散による体積変化を制御できる可能性がある。そこで粉碎したセメントペーストを対象に、成形前に40℃および105℃で24時間乾燥した粉末および無処理の粉末を200MPaで圧縮成形した。作製した成形体はφ5cm、厚さ1cm程度の円盤であり、20℃60%の環境で保管し、コンタクトゲージ(基長4cm)により適宜ひずみの変化を測定した。試験体は2つずつ用意し、圧縮成形により上下面が均質でない可能性があるため両面で測定を行っている。測定結果の平均値を図6

に示す。図では実線が成形時の上面、破線が下面での測定結果を示しており、正のひずみが膨張である。図を見ると、まず上下面でのひずみはほぼ同様であることが確認できる。また乾燥処理を行わずに成形した場合、大きく収縮する結果となった。これは、圧縮により滲み出た水分の逸散に起因すると考えられる。一方で、成形前に40℃、105℃で乾燥した場合にはいずれも膨張する結果となった。これは、湿度60%においても空気中の水蒸気を成形体が吸収し、膨張したためであると考えられる。以上は、圧縮成形前に粉末を適切に乾燥処理することにより、水分移動による体積変化を制御可能であることを示している。また砂漠のように水の不足する地域や、宇宙空間のように水の使用が困難な状態でのコンクリート作製にも応用できる可能性があり、検討を進める。

6. 結論

- 本研究で得られた結論を以下にまとめる。
- ・本論文で検討した条件では、セメントペーストの圧縮強度は成形圧力に比例して増加し、約10分という短時間で成形体を作製可能である。
- ・コンクリートは粉碎して圧縮成形することで再生可能であり、高い圧力で成形するか、粉碎したセメントペーストを混和することで、より高い強度を有する成形体を作製可能である。
- ・圧縮成形前に粉碎試料の乾燥処理を適切に行うことで、水分移動による体積変化を制御可能である。

謝辞

本研究は JSPS 科研費 25630183 の助成を受けて実施したものである。ここに記して謝意を示す。

参考文献

- 1) I. Soroka and P. J. Sereda: National Research Council of Canada. Division of Building Research, pp.67-73,1970
- 2) 酒井雄也, 岸利治:セメント技術大会梗概集, Vol.68, 2014