

# Compressive Strength Property of Concrete and Visualization and Evaluation of Compressive Fracture Behavior by Using Analysis



コンクリートの圧縮強度特性と画像解析による圧縮破壊性状の可視化と評価

野間康隆 Yasutaka NOMA \*

## 要 旨

コンクリート構造物の設計は、圧縮強度等の材料特性を基に行われており、所定の要求性能を満足することが求められている。コンクリートの圧縮強度特性は、コンクリートを構成する材料や配合の影響を大きく受けることが知られている。これに関連するメカニズムを評価するには、コンクリートを構成する内部構造を圧縮破壊性状の観点から考察を行うことが有効な手段であると考えられる。

コンクリートの高強度化に伴い、材料や配合によって圧縮強度特性の変化が現れることが報告されている。本研究では、このような高強度コンクリートの圧縮強度特性に関する既往の実験結果に注目し、実証実験を行うとともに、この現象に対するメカニズムを圧縮破壊性状の相違という観点から評価することを試みた。この際、目視では観察困難なひび割れを含むとされる圧縮破壊性状の進展状況を画像解析により可視化することを試みた。本論文は全6章からなっており、その概要は以下の通りである。

第1章「序論」では、本研究の背景ならびに目的、論文の構成について述べている。

第2章「既往の研究」では、関連する既往の研究を示している。まず、コンクリート構造物の設計における圧縮強度特性の役割や構造・材料・配合条件がコンクリートの圧縮強度特性に及ぼす影響を概説している。次に、コンクリート構造の圧縮破壊性状とその評価方法に関する既往の研究も示している。また、本研究で扱った材料ならびにコンクリート構造への画像解析の適用例についても紹介を行っている。最後に、これらの既往の文献の内容を受け、本研究で実施する研究内容に関して議論を行っており、圧縮強度特性と圧縮破壊性状の関連性を評価する際に有用となる情報、圧縮破壊性状を評価する際の試験体寸法や形状の選択、ならびに画像解析により圧縮破壊性状を評価することの有意性等について記述している。

第3章「圧縮強度特性」では、既往の研究で報告されている材料や配合の相違によって高強度コンクリートの圧縮強度特性が変化する現象を実証・検討する実験の内容と結果について示している。

圧縮強度特性に影響を及ぼす因子としては、既往の文献で取り上げられている粗骨材種類、粗骨材絶対容積、ならびにモルタル部における水・細骨材・セメントの質量比(W : S : C)を取り扱っている。

これらの因子を用いた実証実験において得られた高強度コンクリートの圧縮強度特性に関して、粗骨材種類、粗骨材絶対容積、W : S : Cのいずれの影響も既往の研究で報告された結果と同様になることを確認した。

第4章「圧縮破壊性状の可視化」では、画像解析により高強度コンクリートの圧縮破壊性状として生じるひび割れを可視化することを試みる。ひび割れは、コンクリート構造物の破壊評価に対して有用となる視覚的情報である。特に、ひび割れ幅は、ひび割れがコンクリート構造物に与える影響を判断する際に頻繁に用いられている指標である。日本コンクリート工学協会が発行しているコンクリートのひび割れ調査、補修・補強指針-2009-では、調査において主にひび割れ幅 0.05mm 以上を有するひび割れを対象とすることを推奨している。このようなひび割れは、目視でその存在を観察できる。一方、コンクリートの圧縮破壊性状においては、目視で確認できない微細なひび割れの進展が支配的となるため、肉眼でひび割れの評価を行うことは不可能である。本研究では、このような微細なひび割れを画像解析より得られるひずみ量を用いて定量的に可視化することを試みた。この結果、第3章で用いた全配合において、作用する圧縮応力の増加とともに進展するひび割れ幅 0.01mm 以上のひび割れを圧縮破壊性状として可視化できる可能性を示した。

\* 技術研究所

第5章「圧縮強度特性ならびに圧縮破壊性状に関するメカニズムの評価」では、第3章で確認された粗骨材種類、粗骨材絶対容積、 $W : S : C$ に依存した高強度コンクリートの圧縮強度の変化現象のメカニズムを上記のように可視化されたと考えられる圧縮破壊性状を用いて評価し、考察を行った。この際、可視化した圧縮破壊性状におけるひび割れの分布状況やひび割れが発生している材料(モルタル部あるいは骨材部)等に注目するとともに、骨材の強度の観点からも議論を行っている。

第6章「結論」では、以上をまとめて、本研究で得られた知見を総括している。

キーワード：圧縮強度特性，画像解析，微細ひび割れの可視化，圧縮破壊メカニズム

## Summary

The compressive strength of concretes is influenced by the mix proportion and properties of materials, because the internal structure of concretes is changed depending on these parameters. It can be considered that the compressive fracture behavior of concretes is also different with the variation of the internal structure of concretes. In this research, evaluations of mechanisms related to compressive strength properties depending on the mix proportion and properties of materials were conducted in terms of the compressive fracture behavior of concretes. In this case, the compressive fracture behavior of concretes is tried to be visualized by using the image analysis.

It is reported that compressive strength properties of concrete are varied with the change of the mix proportion in mortar expressed by the mass ratio of unit weights of water, fine aggregate and cement ( $W : S : C$ ), the quality and the quantity of coarse aggregate. Firstly, tests were performed to confirm and examine these results under same water to cement ratio. As the results, compressive strength properties of concrete reported in previous works are confirmed.

Secondly, the image analysis by using the digital image correlation method was conducted to visualize the compressive fracture behavior of concretes. Although cracks generated during the compressive fracture of concretes cannot be observed by naked eyes because these are microscopic, cracks whose width ranges from 0.01~0.05mm were visualized in this research. It was confirmed that cracks generated during the compressive fracture were visualized in all cases used in the above tests related to compressive strength properties.

Finally, mechanisms related to compressive strength properties depending on  $W : S : C$ , the quality and the quantity of coarse aggregate were tried to be evaluated by using the compressive fracture behavior visualized by the image analysis. In evaluation, crack distributions and cracking phases were focused on as the compressive fracture.