



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	Investigation and Estimation of Restrained Expansion and Shrinkage Behavior of Expansive Concrete Structures [an abstract of dissertation and a summary of dissertation review]
Author(s)	Prayuda, Hakas
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(工学)
Dissertation Number	甲第15369号
Issue Date	2023-03-23
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/89616
Rights(URL)	https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/
Type	doctoral thesis
File Information	Hakas_Prayuda_review.pdf, 審査の要旨



学位論文審査の要旨

博士の専攻分野の名称 博士(工学) 氏名 Hakas Prayuda

審査担当者 主査 准教授 松本 浩嗣
副査 教授 杉山 隆文
副査 教授 松本 高志

学位論文題名

Investigation and Estimation of Restrained Expansion and Shrinkage Behavior of Expansive Concrete Structures

(膨張コンクリートを用いた構造物の拘束膨張および収縮挙動の検討と評価)

収縮は、コンクリートに発生するひび割れの代表的な要因である。コンクリート構造物の多くは、補強材や外部からの固定等による拘束を受けている。コンクリートの収縮が拘束されることで引張応力が生じ、それが引張強度相当に達すると、ひび割れが発生する。練混ぜ時に膨張材を添加したコンクリートは膨張コンクリートと呼ばれ、硬化に至るまでの若材齢時に体積膨張が生じることで収縮が低減され、ひび割れの発生を防止する効果がある。膨張コンクリートに関する規準として米国コンクリート工学会や土木学会の規準、JIS 等があるが、膨張材の種類や養生条件に制約があり、またフライアッシュ等の混和材との併用については明確な記載がない。また、ひび割れ防止効果を定量的に評価するためには、拘束力を受けるコンクリートに膨張が生じた際に発生する応力を求める必要がある。しかし、与えられた拘束条件と自由膨張ひずみから算出される応力は、実際の応力を過大評価することが知られており、その解決方法が望まれていた。

本論文は、拘束を含む各種条件下の膨張コンクリートおよび膨張コンクリートを用いた構造物の挙動を検討したものであり、以下の5つの章で構成されている。

1章では、研究の背景、研究の意義と目的、論文の構成が説明されている。

2章では、拘束力を受けない膨張コンクリートの膨張ひずみと圧縮強度特性について、膨張材の添加量、紛体量、養生方法、養生時の温度の影響を実験的に検討している。膨張材の添加量が多いほど膨張ひずみは増加するが、過剰な添加は圧縮強度を低下させることが示されている。また、封緘養生と比べて、湿潤養生では膨張ひずみ、圧縮強度ともに増加することが示されている。さらに、養生時の温度は膨張ひずみと圧縮強度に大きな影響を及ぼし、いずれも増加することが説明されている。

3章では、拘束力を受ける膨張コンクリートの膨張ひずみと圧縮強度特性について、拘束力の大きさの指標である鉄筋比、膨張材の添加量、紛体量、養生方法、養生時の温度、フライアッシュの添加量の影響を実験的に検討している。膨張材の添加量、紛体量、養生時の温度、フライアッシュの添加量が大きいくほど、膨張ひずみが増加することが示されるとともに、鉄筋比が大きいくほど膨張ひずみは小さくなることが確認されている。また、拘束された膨張コンクリート試験体をモデル化した FEM 解析を実施し、拘束されていない条件下で生じる自由膨張ひずみを用いてコンクリートに生じるひずみを算出した結果、実験値を過大評価する傾向が認められた。そこで本論文では、自由膨張ひずみに低減係数を乗じた有効膨張ひずみを新たに定義し、解析結果が実験値と合致する低減

係数の値を逆解析で求めている。各試験体に対して求めた低減係数を整理し、低減係数の算出式を提案している。この算出式を用いることで、各種条件が異なる膨張コンクリートに生じる応力を、より正確に求めることができるようになった。

4章では、3章で提案した低減係数および有効膨張ひずみの有用性を検討することを目的として、実構造物(土間コンクリートスラブ、柱上スラブ、杭基礎スラブ、水槽壁)のひずみ計測およびFEM解析が行われている。すべての構造物は鉄筋コンクリートであり、補強材として異形鉄筋がコンクリート中に配置されている。ひずみ測定の結果、膨張材を用いていない構造物では収縮によりコンクリートと鉄筋に圧縮ひずみが生じ、コンクリート表面にひび割れが発生した箇所があった。一方、膨張材を用いた構造物はコンクリートと鉄筋に引張ひずみが生じていることが確認され、顕著なひび割れは確認されなかった。本論文で提案した低減係数の算定式から得られる有効膨張ひずみを用いて、各対象構造物のFEM解析を行っている。解析で得られたコンクリートと鉄筋のひずみは測定結果と良く一致しており、本論文で提案された手法により膨張コンクリートを用いた構造物の挙動を精度良く評価することができることが示されている。

5章では、本論文で得られた結論と、今後の課題がまとめられている。

これを要するに、著者は、膨張コンクリートを用いた構造物の挙動をより精度良く評価するための手法を確立することを目指して、拘束条件をはじめとした各種要因が膨張挙動に及ぼす影響に関する要素実験に加えて、その評価手法を提案し、実構造物への適用性を確認している。これらの成果は、主にコンクリート工学、建設材料学の分野において、新たな知見を見出すことに貢献するとともに実務への適用性にも大なるものがある。よって著者は、北海道大学・博士(工学)の学位を授与される資格があるものと認められる。