

拘束圧を導入したコンクリートの凍結融解試験方法の提案

— 拘束圧の管理方法 —

Proposed Freeze-Thaw Test Method for Concrete Introducing Confining Stress
-Management Method of Confining Stress Introduced in Concrete Specimens-

○筏津 春花*, 緒方 英彦*, 石神 暁郎**, 河合 正憲**, 横地 穰**

IKADATSU Haruka*, OGATA Hidehiko*, ISHIGAMI Akio**, KAWAI Masanori** and YOKOCHI Minoru**

1. はじめに

著者らは荷重が作用するコンクリート構造物の実際に即した耐凍害性を評価するため、拘束圧を導入したコンクリートの凍結融解試験方法の研究開発を進めている。前報¹⁾では、凍結融解試験中にコンクリート供試体だけに拘束圧を導入する拘束治具の開発背景を述べた。拘束治具は上部と下部の拘束端板を拘束棒に固定して上部拘束端板からボルトをねじ込み、可動板をコンクリート供試体に押し付け載荷する機構である。そのためボルトの軸力とコンクリート供試体への作用荷重は等しいと考えられる。本報では、この拘束治具でコンクリート供試体に拘束圧を導入するため、温度変化の生じない環境下で荷重の測定方法を確認した。また、気中凍結融解および水中凍結融解(JIS A 1148 A法)の条件下で荷重の管理方法を検討した。

2. 荷重モニタリング方法の検討

温度変化の生じない環境下で、拘束圧の測定方法を確認した。拘束治具は前報¹⁾で述べた改良前の拘束治具(ボルト、ナットはステンレス、それ以外は鋼材で作製した。以下、簡易拘束治具とする。)を用いた。ボルトの軸力を測定する方法として、トルク法、角度法、超音波法、ひずみゲージ法を検討した。ボルトの軸力は、荷重計(LCK-A-20kN, 株式会社共和電業)をコンクリート供試体と可動板の間に挟み込んで測定した。荷重計の測定には静ひずみデータロガー(UCAM-65B, 株式会社共和

電業)を用いた。荷重計の値とそれぞれの方法で測定・算出した軸力を比較し、誤差や測定方法の特性を踏まえた最適な荷重測定方法を検討した。コンクリート供試体は、材齢1年以上の100mm×100mm×400mmのコンクリート供試体を80mm×80mm×400mmに切断したものを用いた。軸力の測定方法を比較した内容を表-1に示す。各方法で求めたボルトの軸力と荷重計の測定値を比較した結果、ひずみゲージ法の精度が最も良好であった。ひずみゲージ法はひずみゲージの貼付けに問題が無ければ測定作業による測定誤差が生じづらく、他の管理方法と異なり載荷過程もモニタリング測定ができる。以上のことから、簡易拘束治具の荷重の管理方法はひずみゲージが適切と判断した。

試験で明らかになった課題を踏まえて簡易拘束治具を改良し、SUS304で作製した拘束治具(以下、改良拘束治具)を用いてひずみゲージ法による荷重測定を行った。試験には新たに作製した75mm×75mm×400mmのコンクリート供試体を用いた。コンクリート供試体の中心部には、測温機能付き埋設型ひずみゲージ(PMFL-50T-3TLJBT, 株式会社東京測器研究所)を埋設した。ひずみゲージ法で算出したボルトの軸力と、コンクリート供試体のひずみから算出した荷重および荷重計の測定値の関係を図-1に示す。ここで、ボルトおよび供試体ひずみは圧縮を正とした。ひずみゲージ法で算出した軸力は荷重計の値に対して誤差が小さかった。

表-1 ボルトの軸力測定方法の比較

測定方法	特徴
トルク法	<ul style="list-style-type: none"> ● ボルトの締め付けトルクはトルクレンチ本体に表示されるため、軸力の確認が容易である ● 誤差と誤差のばらつきが大きい
角度法	<ul style="list-style-type: none"> ● 一度締め付け回転角度が定まれば、計算式を用いなくてもレンチのみで荷重管理が可能である ● ボルトの有効長が同じでないと測定精度が悪い
超音波法	<ul style="list-style-type: none"> ● 荷重が小さくなるほど誤差が大きくなる傾向がある ● ノギスを用いたボルトの有効長は測定誤差が生じやすく、超音波法の精度が有効長の測定精度に依存する
ひずみゲージ法	<ul style="list-style-type: none"> ● 他の方法に比べて誤差が最も小さい ● 載荷過程・凍結融解行程もモニタリング測定が可能である ● 作業による測定誤差が生じにくい

*鳥取大学大学院連合農学研究所, The United Graduate School of Agricultural Sciences, Tottori University, **寒地土木研究所寒地農業基盤研究グループ水利基盤チーム, Irrigation and Drainage Facilities Research Team, Cold-region Agricultural Development Research Group, Civil Engineering Research Institute for Cold Region, 荷重管理, ひずみゲージ法, 気中凍結融解, 水中凍結融解, JIS A 1148

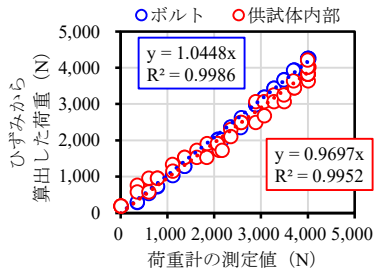


図-1 改良拘束治具での荷重管理

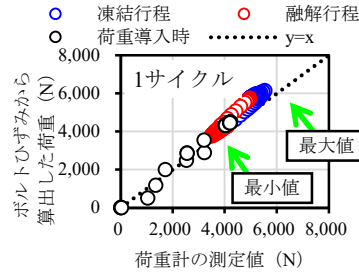


図-2 ボルトひずみから算出した荷重 (気中凍結融解1サイクル)

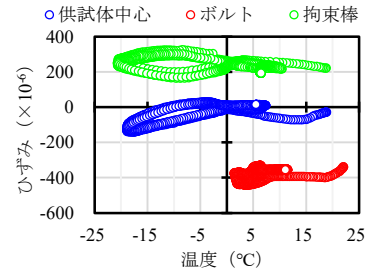


図-3 ひずみ-温度データ (水中凍結融解1-10サイクル)

また、ボルトの軸力はコンクリート供試体のひずみから算出した荷重とよく一致していた。以上の結果より、SUS304 で作製した改良拘束治具においてもひずみゲージ法による荷重管理が可能であった。

3. 気中凍結融解条件下における荷重管理

前章の方法で、気中凍結融解条件下での荷重の管理方法を確認した。凍結融解は、室温を+10～-15°Cに制御した低温実験槽内で3サイクル行った。この時、コンクリート供試体はボルトの軸力によって約4,000Nの荷重を導入した。測定間隔は、拘束圧導入時は3～4秒、凍結融解試験を開始してからは1分間隔とした。試験槽内の雰囲気温度はT型熱電対温度計で2箇所測定した。ボルトのひずみはボルトに貼り付けた2枚の測温機能付き一般用ひずみゲージ (FLA-1T-17-3TLJBT, 株式会社東京測器研究所) で測定した。

凍結融解3サイクルのうち、1サイクル目の荷重計の測定値とボルトのひずみから算出した荷重の関係を図-2に示す。図-2には、ボルトの締め付けによって荷重を作用させている段階の温度変化が生じていないデータも含まれている。ただし、凍結・融解行程は雰囲気温度に基づいて区別し、ボルトひずみは圧縮を正とした。荷重計の測定値とボルトのひずみから算出した荷重は1～3サイクルでほぼ同じ挙動であった。

荷重の導入が完了した際の荷重は、荷重計が4,189.0N、ボルトひずみから算出した荷重が4,446.7Nであり、両者には6.2%の誤差があった。1～3サイクルの各行程において、荷重計の実測値が最大または最小となるときの荷重計の測定値と、そのときのボルトひずみから算出した荷重を求めた (図-2の矢印で図示)。荷重計の値と比較して、ボルトひずみから算出した荷重は最大値 (凍結行程) では平均約10.2%、最小値 (融解行程) では平均8.2%の誤差があった。凍結行程でやや誤差が大きくなった要因として、コンクリートが凍結時に示す凍結膨張挙動がコンクリートの

細孔構造や内部相対湿度などに関連して複雑であることが考えられる^{2), 3)}。そのため凍結行程における凍結膨張挙動の影響を考慮すると、気中凍結融解試験では、凍結行程よりも融解行程で荷重管理を行うのが適当であると考えられる。

4. 水中凍結融解 (JIS A 1148 A 法) での検討

JIS A 1148 「コンクリートの凍結融解試験方法」に規定されている条件で水中凍結融解試験を実施した。試験開始前に約5,000Nの拘束圧を導入したコンクリート供試体における凍結融解1-10サイクルのボルト、コンクリート供試体中心および拘束棒の温度-ひずみの関係を図-3に示す。拘束棒の温度はコンクリート供試体のひずみゲージと同じ高さで測定した。拘束棒やコンクリート供試体中心の温度は凍結行程で-20°C付近まで低下したが、ボルトの温度は常に0°C以上であった。容器内でのコンクリート供試体は水中部、荷重管理を行うボルトは気中部であり温度履歴が異なることは、今後荷重の管理方法の検討の際に留意すべき点である。

5. おわりに

本報では拘束治具を用いた拘束圧の管理方法について、温度変化なしおよび気中凍結融解条件下での確認を行った。現在はJIS A 1148の水中凍結融解試験 (A法) での荷重の管理方法を検討すると同時に、試験方法の確立を目指した研究を実施している。

謝辞: 本研究は JSPS 科研費 基盤研究 (B) 23H02328 の助成を受けたものである。

参考文献

- 1) 緒方英彦ら: 拘束圧を導入したコンクリートの凍結融解試験方法の提案— 拘束治具の開発背景および機構—, 第73回農業農村工学会大会講演会 (投稿済み)
- 2) 光石尚道, 長谷川真吾, 赤堀弥生, 名和豊春: セメント硬化体中水分の凍結に伴う内部相対湿度変化と変形挙動, コンクリート工学年次論文集, Vol.28, No.1, pp.863-868, 2006.6
- 3) 堀江 諒, 新杉雄介, 名和豊春: セメント硬化体の凍結融解作用による変形挙動予測, セメント・コンクリート論文集, Vol.69, No.1, pp.425-432, 2016.3