

## 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 —

#### Proposed Freeze-Thaw Test Method for Concrete Introducing Confining Stress

#### — Mechanism and Background in the Development of the Restraint Jig —

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

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

### 1. はじめに

積雪寒冷地に建造されるコンクリート構造物には、気象による凍結融解作用だけでなく、部材の自重やプレストレストコンクリートにおける圧縮力、打継目による拘束力などの応力が作用する。そのために、実際に即したコンクリート構造物の耐凍害性を評価するためには、作用力を考慮した凍結融解試験方法を開発する必要がある。本報では、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として、拘束治具の開発背景を述べた後に、拘束治具の機構について述べる。

### 2. 拘束治具の開発背景

積雪寒冷地に建造され凍結融解の繰返し作用を受けるコンクリート構造物は、凍結時に膨張圧が生じ、それが融解時に開放されることを繰返すことで凍害が発生する。積雪寒冷地のコンクリート構造物が所要の耐久性を保持するためには、凍害に対する抵抗性が不可欠であり、そのための材料および工法の開発、評価方法が様々に研究されている。ここで、凍害に対する抵抗性は耐凍害性と言われる。耐凍害性は「実際のコンクリート部材が供用される環境条件および荷重条件の中での凍害劣化に対する抵抗性」と定義でき、「材料としてのコンクリートにおける凍結融解の繰返し作用に対する抵抗性」と定義できる凍結融解抵抗性と区別されなければならない<sup>1)</sup>。つまりは、耐凍害性は部材、凍結融解抵抗性は材料を対象にしたものである。

室内試験の結果として凍結融解抵抗性に優れたコンクリートを用いて建造した構造物でも凍害劣化が生じる事例があり、その要因としてはポンプ圧送、振動締固め、養生などの施工が関係するとした報告<sup>2)</sup>がある。一方、コンクリート構造物には、自重に加え、プレストレストコンクリートに導入される圧縮力、プレキャストコンクリートを連結するための拘束力、打継目(目地)による拘束力な

どの応力が作用する。凍結圧は膨張圧であるために、部材に発生する凍結膨張圧の作用方向に対して、正あるいは負の方向の応力がある場合は、凍害を助長あるいは軽減することが考えられ、実際に即した耐凍害性を評価するためには作用力を考慮した凍結融解抵抗性を評価することが望ましい。

コンクリートの凍結融解抵抗性を評価するための試験方法には、内部損傷に対する試験方法として RILEM CIF, ASTM C 666 および JISA 1148 がある。表面損傷に対する試験方法としては、ONORM B 3306 およびこの試験方法を発展させた SS 13 72 44 や RILEM CDF あるいは ASTM C 672 がある。また、国内では、CDF 試験を基本にして提案された JSCE-K 572 やモルタル小片試験体を用いた JSCE-C 507 がある。一方、拘束したコンクリートの凍結融解抵抗性に関する研究は幾つかあるが、それらはコンクリート供試体内部に鋼材を配置したものである<sup>3,4)</sup>。また、拘束膨張および収縮を考慮した試験基準としては、JISA 6202 附属書 B (参考)があり、両端の拘束端板をコンクリート供試体中央に通した PC 鋼棒で固定する方法である。しかし、この試験基準は、凍結融解試験を想定したものではない。いずれにしても既存の試験は、コンクリート供試体の内部に鋼材を配置したものである。

著者らは、これらのことを背景に、実際に即した耐凍害性を評価するための試験方法として、鋼材などを含まないコンクリートだけに作用力を導入できる凍結融解試験方法を開発することにした。

### 3. 拘束治具の機構

#### (1) 拘束治具の開発上の留意点

本研究に類似する既存の試験は、いずれもコンクリート供試体の内部に鋼材を配置したものである。既存の試験のようにコンクリート供試体の一部あるいは全体に鋼材が埋設されている場合、凍結融解試験を行う際に次のような問題が生じ

\*鳥取大学大学院連合農学研究科, 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, 凍結融解抵抗性, 凍結膨張圧, 荷重管理, JIS A 1148, JIS A 6202

ると考えられる。第一に、コンクリート供試体への鋼棒の貫通または埋設による断面の変化に起因して、供試体軸方向にひび割れが発生<sup>9)</sup>し、内部損傷を正しく評価できない可能性がある。第二に、コンクリート供試体内部にコンクリート以外の鋼材が存在することで、共鳴振動法や超音波法による非破壊測定が困難になる可能性がある。これらを踏まえると、既存の試験基準である JIS A 1148, ASTM C 666, RILEM CIF で凍結融解試験を実施し、基準に記載の方法で凍結融解抵抗性を評価するためには、供試体内部ではなく外付けの拘束治具にした方が適当である。また、コンクリート供試体へ拘束圧を導入する際、断面内で圧力に大きな偏りが生じるのは望ましくない。拘束圧を調整する箇所が多いほどその管理は困難になるため、荷重を調整する箇所は少ないことが望ましい。加えて、端板が大きいたわむことがないように、十分な剛性を持った材料、寸法の端板を設計する必要がある。

## (2)拘束治具の設計・改良

本研究で開発した拘束治具を図-1に示す。本拘束治具は、下部の拘束端板と可動板の間にコンクリート供試体を設置し、上部の拘束端板からボルトを締めつけたときの軸力でコンクリート供試体に載荷を行う機構となっている。当初設計で考慮した点は、次の5つである。

- ① コンクリート供試体の断面を変化させず、コンクリートだけに作用力を導入するために、拘束棒をコンクリート供試体に通す設計ではなく、コンクリート供試体を板で挟み込む構造としたこと。
- ② ボルトの軸力のみで拘束を与えることで、荷重管理の負担を軽減し応力伝達の偏りを生じにくくしたこと。
- ③ 荷重管理をボルトに貼り付けたひずみゲージで行うために、ボルトのねじ切り部を削ったこと。
- ④ 既存の凍結融解試験装置でも試験ができるように、拘束端板と可動板は JIS A 1148 に用いるゴム製の供試体容器に収まる寸法にしたこと。
- ⑤ 既存の凍結融解試験装置でも試験ができるように、コンクリート供試体の寸法は 75mm×75mm×400mm にしたこと。(JIS A 1148 では粗骨材が 26.5mm ふるいを全通するとき断面寸法を 75mm としてもよいと規定)

試作した拘束治具を用い、組み立て作業、軸力の導入のためのボルトの締め付けなどを確認し

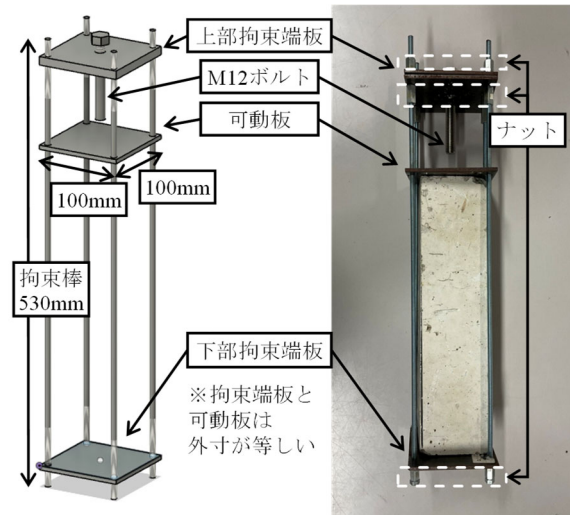


図-1 拘束治具の概要図

た結果、幾つかの課題が明らかになったため改良を加えた。一つ目は、ボルトを締め付けるときに上部の拘束端板に大きなたわみが生じるため、上部の拘束端板をより厚くした。二つ目は、可動板を通る拘束棒が孔壁へ接触するとボルトのひずみゲージの測定値に影響を及ぼすため、可動板の穴の直径を拘束棒の直径より大きくした。三つ目は、ボルトの締め付けによって可動板が穿孔されるため、拘束治具と同材料の板状の金属板をボルト先端と可動板の間に挟むようにした。

## 4. おわりに

改良を加えた拘束治具は、材料の線膨張係数が既知である SUS304 (弾性係数 193kN/mm<sup>2</sup>, 線膨張係数 17.3×10<sup>-6</sup>/°C) で全てを作製し、現在はこの拘束治具を用いて関連の研究を実施している。

本研究で開発を進めている拘束治具および試験方法は、特願 2023-181666「コンクリート供試体用加圧治具およびこれを用いた凍結融解試験方法」である。

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) 土木学会 359 委員会: コンクリート構造物の耐凍害性確保に関する調査研究小委員会報告書, pp.134-144, 2021
- 2) 前述 1) 報告書, pp.227-246
- 3) 竹下永造, 長塩靖祐: 海洋環境下における膨張コンクリートの性状, コンクリート工学論文集, 33, pp.23-32, 2022.3
- 4) Qin, X.-C. and et al.: Evaluation of freeze-thaw damage on concrete material and prestressed concrete specimens, Construction and Building Materials, 125: 892-904, 2016.10
- 5) 土木学会 363 委員会: プレストレストコンクリート黎明期に建設された茂喜登牛水路橋の解体調査研究委員会報告書, 2024