

V-15

一面凍結持続試験によるポーラスコンクリートの残留ひずみ

秋田大学 正 員 ○徳重 英信
秋田大学 フェロー 川上 洵

1. はじめに

ポーラスコンクリートは、粗骨材と通常のコンクリートに比べて少量のペーストもしくはモルタルによって構成され、5%～30%程度の空隙率、 10^{-2} cm/s～数 cm/s 程度の透水係数を有するコンクリートである。近年、その高い多孔性を利用して、雨水の地下浸透・貯留材料、透水性あるいは排水性舗装材料、緑化機能を含めた河川護岸材料、水質浄化材料への利用等、環境付加低減型材料としての適用も含めた施工実績が増加している。しかし、ポーラスコンクリートは普通コンクリートに比べて多量の大きな径の連続した空隙を有し、設置環境によっては多量の水分の供給が考えられる。その場合、特に寒冷地では耐凍害性を考慮する必要がある、性能の照査を適切な方法によって行わなければならないことがある。本研究では、ポーラスコンクリートの空隙が水分で満たされ、さらに一面から長時間の凍結を受ける環境を想定し、一面凍結持続試験により、ポーラスコンクリートの凍害メカニズムに関する一検討を行ったものである。

2. 実験概要

一面凍結持続試験には2種類のポーラスコンクリート供試体を用いた。いずれの供試体も普通ポルトランドセメントを用い、W/C=22%、セメントペースト粗骨材容積比 (p/a) が0.28であるが、骨材粒径が異なり、供試体 M は5～13mm(沙流川産6号碎石, 表乾密度2.79g/cm³), 供試体 G は0.8mm～7mm(勇払産川砂利, 表乾密度2.69g/cm³) を使用している。供試体寸法は、100×100×100mm の立方体である。一面凍結持続試験は、図-1 に示すように供試体側面を断熱材で覆い、上面を冷却面 (-10～-15℃) とし、下面からは恒温水 (5℃) を供給している。供試体内部には、図-2 に示すように、標点距離 30mm の埋込み型ひずみゲージを2本設置している。また、温度管理用供試体を同時に作製しており、熱電対によって、図-2 に示す温度分布となるよう、供試体上面(冷却面)の温度をコントロールしている。ひずみゲージによる変形の測定は連続的にを行い、凍結持続時間は約 800 時間とした。なお、ひずみゲージの設置位置および供試体内部の温度分布については、後述する仮想フロースン・フリンジの想定から決定している。

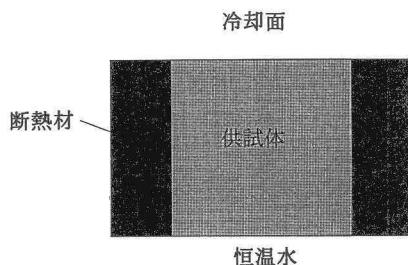


図-1 供試体の凍結環境

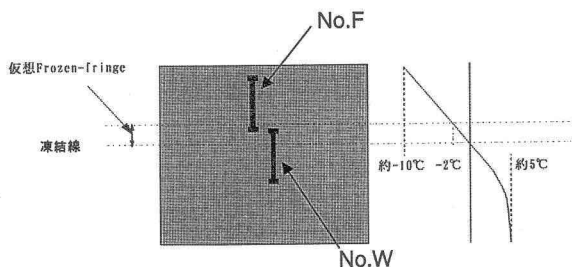


図-2 ひずみゲージの設置と供試体内の温度分布

3. 実験結果および考察

供試体 M および G の内部に設置したひずみゲージによる、ひずみと凍結経過時間との関係を図-3 に示す。図中の記号 No.F は、図-2 に示すように仮想フロースン・フリンジを含む凍結部のひずみ、No.W は凍結線から未凍結部に至る部分のひずみである。使用骨材の粒径が5～13mm である供試体 M では、No.F および No.W とともに、800 時間凍結を持續しても、ひずみはほとんど発生せず、劣化も認められなかった。一方、0.8～7mm の骨材を用いた

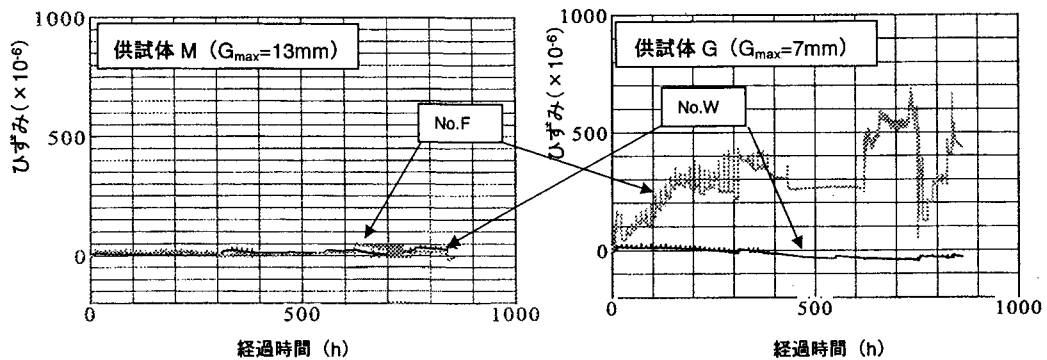


図-3 供試体 M および G のひずみと経過時間の関係

供試体 G については、凍結線から未凍結部域のひずみ (No.W) はほとんど変化がないが、凍結部から仮想フローゼン・フリンジを含む No.F のひずみは、引張側に最大 500×10^{-6} 発生した。試験終了後に供試体を観察した結果、特に顕著なひび割れ等は認められなかったものの、微少なひび割れが発生している可能性は大きいと考えられる。供試体 M と供試体 G は、骨材粒径以外の配合パラメータは全て同様であり、骨材粒径の差によって、空隙の分布やその径が異なると考えられる。一般に一面から凍結を受け変形を生じる現象、つまりアイスレンズが凍結面付近に形成され、その成長によって変形するような現象としては、土の凍上現象が想定されるが、一般に凍上が生じる土質はシルトや粘土であり、ポーラスコンクリートの空隙とはその径や分布は大きく異なる。また、本研究の実験結果では、凍結面付近で変形を生じているのではなく、その後方 (凍結側) で変形を生じており、一般的な凍上現象とも大きく異なる。したがって、従来の一般的な (毛細管力等で説明される) 凍上理論や、通常用いられている普通コンクリートの凍害メカニズム (Powers 等により説明される未凍結水の移動による劣化メカニズム等) では、一面凍結持続を受けるポーラスコンクリートの変形挙動に関しての説明が困難であると考えられる。

4. 熱力学 (氷と水の化学ポテンシャル) を考慮したアイスレンズの生成理論による考察

高志ら^{1),2)}は、土粒子間に働く最大凍上力について、氷と水の相平衡状態を仮定し、熱力学で一般的に用いられている化学ポテンシャルに関する平衡式である Clausis-Claapeyron を拡張し、アイスレンズの生成について説明を行っている。一般的な凍上理論では、毛細管張力を駆動力として未凍結水が氷面に供給され、凍結面でアイスレンズが成長することが説明されているが、ポーラスコンクリートのような空隙の大きな材料に対して、大きな毛細管張力が発生することはなく、前述した様に、現象として当てはまらない。しかし、高志らの熱力学を用いた説明と実験結果^{1),2)}では、一面凍結を持続して受ける多孔質材料において、アイスレンズの成長は凍結面ではなく、凍結面よりやや後方 (低温側 - フローゼン・フリンジ) で発生することが指摘されており、ここでは (空隙は連続していなければならないが) 空隙の大小や径の分布は問題にならない。本実験では、以上の説明から、フローゼン・フリンジを想定して、図-2 に示したように、ひずみゲージを設置して測定を行った結果、図-3 のように、供試体 M はフローゼン・フリンジで変形を生じており、上述の理論の適用の可能性が考えられる。

5. まとめ

本研究では、ポーラスコンクリートの凍害メカニズムに関する検討の一つとして、凍結線を一定に保持した一面凍結試験を行い、ポーラスコンクリートの変形に関して検討を行った。その結果、凍結面での変形は確認されず、粒径 $0.8 \sim 7\text{mm}$ の骨材を用いたポーラスコンクリートについては、凍結面より低温側のフローゼン・フリンジで変形を生じることが明らかとなり、一面凍結を受ける場合には、熱力学的考察の必要性が考えられる。

参考文献: 1) 高志勤ほか: 凍結中の空隙水圧測定による上限凍上力の推定, 雪氷, Vol.41, No.4, pp.277-287 (1979.12)

2) 高志勤ほか: 土の最大凍上力に関する実験的研究, 雪氷, Vol.43, No.4, pp.207-215 (1981.12)