

透水性コンクリート材料の凍結融解試験に関する実験的考察

(株)四国総合研究所 正会員 ○多田東臣
エコ・テック(株) 野郷賢弘

1. はじめに

わが国では近年都市部の歩道を中心として舗装による雨水流出の弊害改善のため透水性舗装、透水平板舗装を採用されるケースが増えている。このうち透水平板については最新の技術によれば材料は20%程度の空隙を持って十分な透水性能を有しているうえに、平板としての曲げ強度は従来の普通コンクリート平板に対するJIS値を上回るものが出来るようになっている。その一例を表-1に示す。

表-1 透水平板の特徴	
透水係数	10 ⁻¹ cm/s以上
曲げ荷重強度	12 kN 以上
表面滑り抵抗	50 B.P.N 以上
凍結融解回数	250 以上
空隙率	約 20%
代表サイズ	30*30*6 cm
重量	約 11 kg

一方、積雪地帯などでは材料に空隙があることから耐凍害性が論議され透水平板に対する凍結融解試験の結果が必要になることも多い。このような背景の下で透水性材料について土木学会基準(JSCE-1986)に準拠した凍結融解試験を実施したところ、供試体がすべて縦に裂けるように割れてしまう結果を生じたのでこの原因を追求し、透水平板に対して改良実験の実施ならびにその結果の報告を行う。

2. 透水性供試体の凍結融解試験

セメントを使った透水平板は径2.5~5mmの単粒度採石を水比30%を切るペーストで栗おこし状に固めて振動を与えながら圧縮成形して作るものが多い。この透水性材料を用いて標準(10*10*40cm)の供試体に成形し、普通コンクリートに対する凍結融解試験(+5℃~-18℃周期4時間)を行ったところ十数回~30回の繰り返して図-1に示すように割裂した。通常のコンクリート供試体による試験では角が欠けるとか表面が剥がれるといった経過をとるのに対し、透水性供試体では縦方向の中央付近で破断面を生じ、供試体長さの半

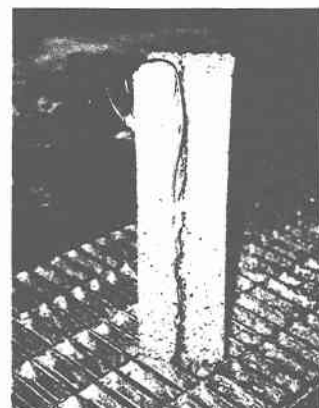


図-1 割裂した試験供試体

分以上で割れ目が広がったようになる。さらに試験を続けると供試体全体が2つに割れるが角欠けなどはあまり目立たない。このような状況は同じ凍結融解試験としてはあまりに違いが大きく、原因には材料の空隙率の違いが関係すると考えられた。すなわち普通コンクリートはエア量4~5%といわれるほぼ独立した気泡であるのに対し、透水性コンクリートは網の目のように連続した空隙が全体積の20%を占めている。この供試体は水没した状態でゴム製スリーブの中に納められ、さらにスリーブは

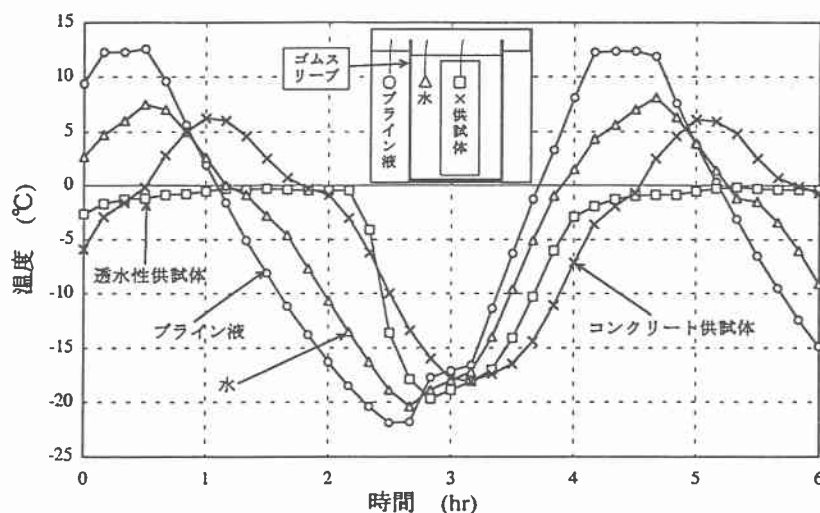


図-2 コンクリートおよび透水性供試体内の温度変化

ブライン液と呼ぶ冷凍液に回りを囲まれて温度変化を繰り返す。したがって試験の凍結期は供試体の周囲から凍り始め、最後に中心部が凍る。融解期には周囲から融け始め最後に中心部が融けることとなる。凍結期の最後に中心部が凍ると、水の体積膨張により過剰な引っ張り力が供試体内部に発生し、点状に近い骨材接着部分が少しずつ割裂して、この繰り返しのよりついには全体が割裂するものと考えた。実験状況を把握するためコンクリート供試体と透水性供試体に穿孔して温度センサー(熱伝対、精度±0.4℃)を挿入し、供試体の周囲温度とともに温度変化を記録したものが図-2である。ブライン液温度が先行し、コンクリート供試体中央部の温度がそれに追従して、ほぼ+5~-18℃の範囲を変化し試験が正常に行われたことを確認できる。これに対し透水性供試体の温度は融解期

にほとんど0℃を保ったままとなっている。これは融けた間隙水が連続する空隙内で対流をおこし水温が一様になろうとしている途中で凍結期に入るものと考えられた。そこで凍結融解の周期を2倍の8時間にしたところ同じセンサー位置で4℃まで上がることを確認した。なおこの場合には凍結融解試験により割裂するまでのサイクル数は少なくなった。理由は凍結期が長くなり十分に凍結して内部膨張圧が大きくなるからであろうと推定された。

3. 透水平板による改良実験

次に製品である透水平板について凍結融解試験を行い同様に割裂する事が分かった。我々には透水平板の耐凍害性を求める必要があったので、このような割裂を起こす試験方法は平板を地表に敷設し、冷気や雪により主に表面側から凍結作用を受け、暖気や日射によってやはり表面側から融解作用を受けるであろう現地の状況に比較して、基準の試験条件が厳しすぎるのではないかと考えた。そこで透水平板の地中側になる部分へ断熱材を当てた状態で

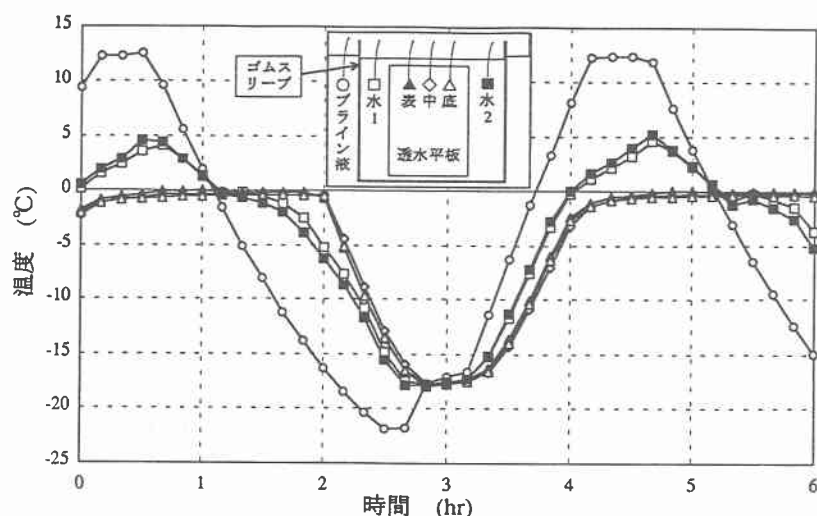


図-3 平板両面から凍結融解を行った実験

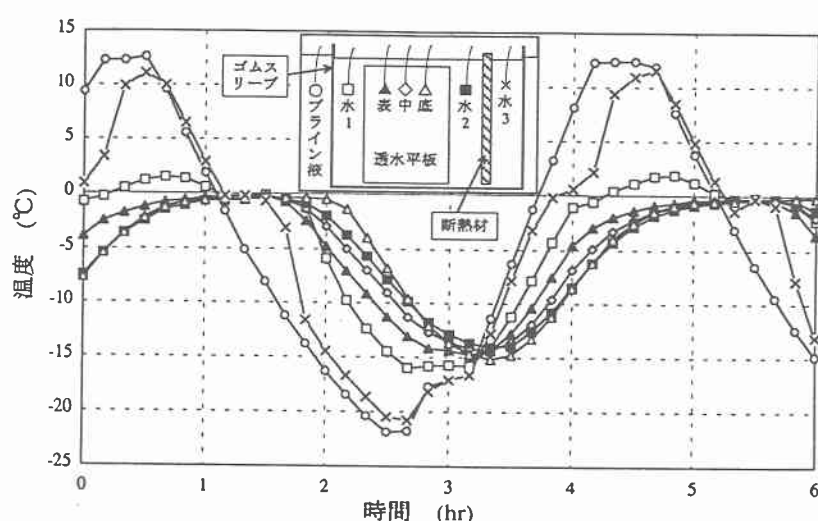


図-4 断熱材を使用し片面凍結融解とした実験

同様の試験を行うこととした。これにより平板の現地敷設状況がある程度考慮することが出来るものと考えたからである。断熱材としては市販の発泡スチロール板（厚さ9mm、熱伝導係数0.034 kcal/m・hr℃）を用いた。まず断熱材を用いないで行った試験について述べる。ゴムスリーブは平板のサイズに合わせ、ゴムの厚さ方向の断面形状は土木学会基準に合わせたものを使用した。透水平板には温度センサーを厚さ方向（6cm厚）に1cm、3cm、5cmの3カ所へ穿孔して埋設した。平板とスリーブの間には表、裏ともに温度センサーを張り付けて4時間周期の実験を行った。結果は図-3に示すとおりである。

ブライン液温に続いてスリーブ内水温が変化し、供試体と続く。3つの供試体内温度を詳細に見ると中心温度の変化が一番遅れていることが分かる。すなわち中心部が後から凍っていることになる。この実験では50～70サイクルで割裂した。これに対し断熱材を用いた実験結果は図-4に示すように平板の表層、中層、底層の順で時間的に早く温度が変化している。すなわち現地敷設状況として想定した順に凍結融解を繰り返していることが確認できた。この実験では300サイクルを越えても割裂しなかったためそこで試験を中止した。2つの実験でこれほど凍結サイクル数に違いを生じた理由は温度変化からは最後に凍るのが平板の中心部か、底面部かという違いであり、力学的には凍結による膨張圧が平板の中で拘束されるか底面から解放されるかという違いであろうと推察された。

4. おわりに

本実験の結果から凍結融解試験方法の是非を問うつもりは全くないが、供試体の割裂という現象があまりにも強烈で、解決に苦慮したことからあえて報告した次第である。実験の実施ならびに結果のとりまとめにあたっては（株）ダイソクの 中条正浩氏、河野晴夫氏他の方に大変お世話になった。深く感謝する次第である。