# 飽和間隙水の凍結が弾性波計測に及ぼす影響について

飛島建設　正会員　○桃木　昌平
飛島建設　正会員　蔡　華堅
飛島建設　正会員　熊谷　幸樹

## 1.　目的

近年，橋梁やダムなどの社会資本の老朽化が顕在化し，構造物を維持管理する上で，その健全性をいかに適切に，あるいは，合理的に評価するかが命題となっている．健全性を診断する手法として超音波などを用いた弾性波による方法があり，老朽化したコンクリート構造物の充填材による補修工法に対して，構造物を透過する弾性波の速度構造の変化から補修効果を評価する手法も実施されている[1), 2)]．しかし，ダムや擁壁・トンネルなどの土木構造物では地山や湖，河川と接するものも数多くあり，それらを介して構造物内部の間隙に水分が浸入している状況が一般的に考えられる．これらの構造物が寒冷地に位置する場合には，その間隙水が凍結するため，弾性波計測を行う際に通常は空隙やクラックによって反射・回折する透過波が，凍結した飽和間隙水を介して伝播し，速度構造に影響を及ぼすことが懸念される．そこで本研究では，飽和させたコンクリート供試体の凍結・融解過程における弾性波伝播速度を計測し，飽和間隙水の凍結が弾性波伝播速度に及ぼす影響について検証を行った．また，気乾させた供試体においても同様の実験を行い，コンクリート自体の温度変化による弾性波伝播速度への影響についても検証を行った．

## 2.　実験概要

### 2.1.　供試体

実験に用いる供試体は一辺 150 mm の立方体である．供試体の配合を表 1に示す．伝播速度計測用とは別に，供試体内の温度変化の参照用として，上面中央と表面近傍 2 箇所に熱電対を埋設した供試体も同配合にて作成した（図 1，図 2）．

**表 1　供試体配合設計一覧**

| 使用セメント | 水ｾﾒﾝﾄ比 | 細骨材率 | 単位量（ｋｇ／m3） | | | | | 単位量（ml／m3） | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | W／C (%) | ｓ／ａ (%) | 水 W | セメント C | 細骨材 S | 粗骨材 G1 | 粗骨材 G2 | 混和剤 Ａｄ１ | 混和剤 Ａｄ２ |
| 普通ポルトランドセメント（T社） | **55.0** | **45.5** | **154.0** | **280.0** | **835.9** | **621.7** | **414.5** | **840.0** | **6.2** |

### 2.2.　実験方法

実験概要を写真 1に示す．飽和供試体，気乾供試体の温度，重量および弾性波速度を測定し，温度参照用供試体とともに大型冷凍庫に入れ凍結させる．凍結完了は冷凍庫の設定温度（約-30℃）から判断し，5℃毎に弾性波速度の計測を実施した．次に凍結した供試体を冷凍庫から取り出し，室温（約 20℃）まで 5℃毎に計測を実施した．弾性波計測に用いたセンサは AE センサ（60kHz 共振型，PAC 製）で，パルス発振器からセンサを介して弾性波を発振し，受振センサへの到達時間から伝播速度を算出した．

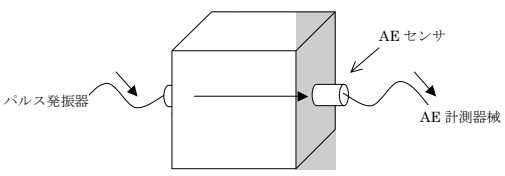


**図 1　供試体概要図**

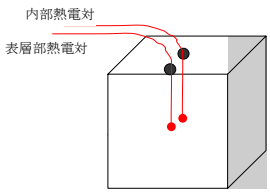


**図 2　温度参照用供試体**

キーワード　弾性波計測，間隙水，凍結
連絡先　〒270-0222　千葉県野田市木間ヶ瀬 5472　飛島建設(株)技術研究所　ＴＥＬ04-7198-7572

## 3. 実験結果と考察

図 3に，凍結過程における飽和・気乾供試体の弾性波伝播速度の経時変化を参照温度と合わせて示す．初期値において飽和供試体と気乾供試体との弾性波速度差が約 200 m/s を示し，内部間隙に存在する水分が伝播速度に影響していることが伺える．どちらの供試体も凍結するにつれて速度が漸増するが凍結前（0℃）では，ほとんど速度差は変わらなかった．当実験では，温度参照用の供試体の表層部と内部がともに約-25℃で定常状態となった．このときの速度差は約 300 m/s で，凍結前と比較して速度差の増加が確認された．図 4に，凍結過程，融解過程の飽和供試体と気乾供試体の各温度における速度差を示す．ここでは，実験前（冷凍庫投入前：約 20℃）の伝播速度を初期値（0 m/s）としている．飽和試験体の速度差は気乾供試体に比べ温度による速度差の変化が顕著であり，飽和間隙水による影響が明確である．当実験では，最大で約 350 m/s の速度上昇が確認された．実験期間中の供試体の重量変化を表 2に示す．ここで，気乾供試体の実験後の重量が実験前と比較して増加しているのは，冷凍庫内での急激な温度低下にともなう結露が影響していると考えられる．表からも飽和供試体が気乾供試体と比べて含水率が大きく，弾性波伝播速度の測定値を増加させている主要因であると考えられる．

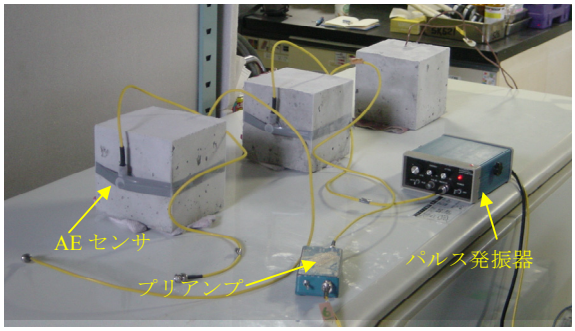


**写真 1 実験概要（融解過程）**

## 4. まとめ

本実験では，寒冷地の土木構造物を弾性波を用いて調査する際に懸念される飽和間隙水の凍結の影響について検証を行った．凍結した飽和供試体の伝播速度は，気乾供試体の伝播速度と比較して最大で約 350 m/s の増加が確認された．寒冷地での弾性波計測は，飽和間隙水の凍結により過大評価される可能性が示唆されるため，弾性波速度構造による健全性の診断を実施する場合，外部環境を考慮した適切な評価をすることが重要であると考えられる．

**表 2 実験期間中の供試体の重量変化**

| | 飽和供試体 | 気乾供試体 |
|---|---|---|
| 実験前 | 7888 g | 7667 g |
| 実験後 | 7786 g | 7711 g |
| 乾燥後 | 7501 g | 7385 g |
| 含水率 | 5.2 % | 3.8 % |

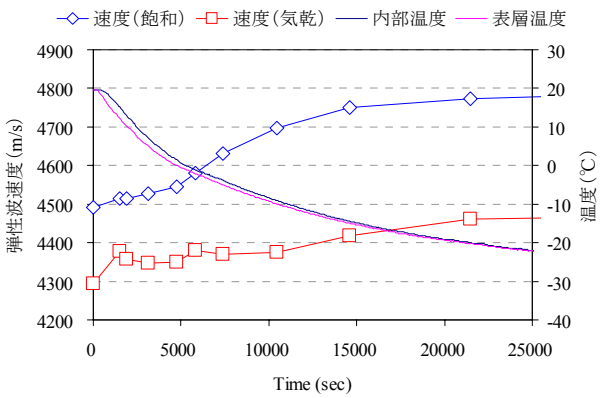


**図 3 伝播速度の経時変化（凍結過程）**

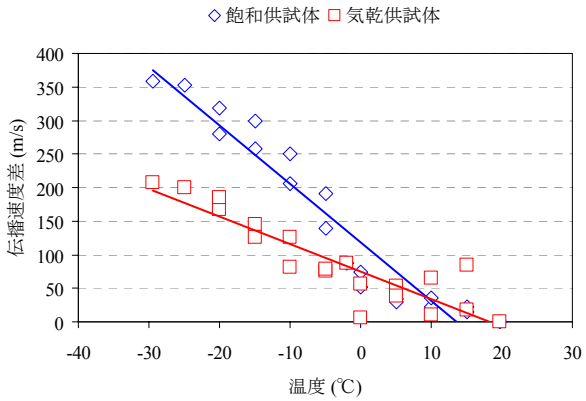


**図 4 各温度における弾性波速度差**

【参考文献】
1) 若松洋介，松山俊明，塩谷智基：老朽化したコンクリート構造物における補修改良効果検証について，電力土木 No. 330，pp. 27-30，2007.
2) 塩谷智基，D. G. Aggelis，桃木昌平：弾性波トモグラフィによるコンクリート構造物の健全性評価，とびしま技報 No. 56，pp. 111-116，2007.