

# 樋門付属物周辺のコンクリートの 凍害劣化調査手法に関する検討

(独) 土木研究所 寒地土木研究所 道北支所 ○渡邊 尚宏  
(独) 土木研究所 寒地土木研究所 耐寒材料チーム 内藤 勲

積雪寒冷地の樋門コンクリートは、凍害が原因と思われる劣化事例が多く見られる。特に防護柵や拡幅版等が設置されたアンカー打込み箇所等では、特徴的な凍害劣化も見られるが、これらの劣化に対する点検手法は確立されていない。本報告では、トルクレンチと超音波法を併用した手法を用いて、実建造物の樋門付属物周辺の打込みアンカー一部における凍害劣化調査と、模擬試験体による室内実験を試験的に実施し、樋門コンクリートの凍害劣化の程度を点検する手法としての適用性を検討した。

キーワード：樋門コンクリート、凍害劣化、維持管理、樋門付属物、トルクレンチ

## 1. はじめに

積雪寒冷地である北海道の樋門コンクリートは、厳しい環境条件下にあり、角部の欠損等、凍害が原因と思われる特徴的な劣化事例が多く見られる<sup>1)</sup>。樋門コンクリートはその構造上、防護柵やソーラー支柱、ゲートストッパーなど、多くの付属物が打込みアンカー等で固定された構造となっており、後付けの影響によると思われる劣化・損傷も見られる。凍害劣化等による樋門コンクリートの付属物周辺での損傷事例を写真-1、2に示す。このような劣化・損傷が進行すると、災害時等にゲートの開閉が出来なくなる恐れもあることから、樋門コンクリートの適切な健全度評価が必要である。しかしながら、これら樋門付属物周辺における凍害劣化に対する点検手法は未だ確立されていない。

本報告では、トルクレンチと超音波法を併用した手法を用いて、実建造物の樋門付属物周辺の打込みアンカー一部における凍害劣化調査と模擬試験体による室内実験を試験的に実施し、樋門コンクリートの凍害劣化の程度を点検する手法としての適用性について検討した。



写真-1 損傷事例（操作台角部の欠損）



写真-2 損傷事例（門柱のひび割れ）

## 2. 検討概要

樋門コンクリートの点検や劣化判定は、これまで、主に目視の外観調査による定期点検の変状結果等から、経過観察が必要な箇所と詳細調査が必要な箇所を選定し、その後、詳細調査が必要と選定された箇所については、コンクリート強度や中性化、鉄筋腐食調査等の破壊試験が行われてきた。

樋門コンクリートには、防護柵やソーラー支柱、ゲートストッパーなど付属物が打込みアンカーにより固定されているが、これらのアンカー固定部は、後付けであることから、打込みによるコンクリートへの影響があり、凍害劣化において弱点部となり得る。しかし、これら付属物周辺における樋門コンクリートの凍害劣化の程度を

表-1 対象樋門の状況

	完成年度	付属物の種類及び設置年度	劣化損傷状況
A樋門	S44	操作台拡幅版(H17)	操作台表面に若干のスケーリング
B樋門	S46	防護柵(H20)	操作台表面に若干のスケーリング
C樋門	S56	防護柵(H25)	操作台端部に粗骨材の出る欠損
D樋門	S55	防護柵(H25)	操作台端部にスケーリングと欠損
E樋門	S56	ゲートストッパー(H15)	門柱表面に豆板とひび割れ
F樋門	S52	ゲートストッパー(H10)	門柱表面にスケーリングとひび割れ

表-2 凍害劣化調査箇所

	測定場所	アンカー径	調査項目		
			トルク測定	引抜き強さ確認試験	超音波法(表面走査法)
A樋門	操作台拡幅部アンカー固定部	M16	○	○	○
B樋門	防護柵アンカー固定部	M12	○	○	○
C樋門	防護柵アンカー固定部	M12	○	○	○
D樋門	防護柵アンカー固定部	M12	○	○	○
E樋門	門柱L側ゲートストッパーアンカー固定部	M12	○	—	○
F樋門	門柱L側ゲートストッパーアンカー固定部①	M12	○	—	○
F樋門	門柱R側ゲートストッパーアンカー固定部②	M12	○	—	○

調査することは、付属物自身が障害となり、従来の点検手法では困難である。そのため、著者らは、打込みアンカー固定部に着目し、既調査結果において、アンカー引抜き強さと超音波法によるコンクリートの劣化の程度には関連性がある結果を得た<sup>2)</sup>ことから、本検討では、アンカー引抜き強さとナットの締め付け力(締め付けトルク：以下、トルク)との関係、及びトルクとコンクリートの劣化の程度との関係を求めることにより、付属物周辺コンクリートの健全度を評価する手法について検討を行った。写真-3に調査対象樋門の一例を示す。



写真-3 B樋門の状況

## 2.1 現地調査

### (1) 凍害劣化調査の対象樋門

凍害劣化調査は、天塩川の6樋門で実施した。表-1に対象樋門の状況を示す。供用後30～40年程度経過した樋門に比較的新しい付属物を取り付けられている。

### (2) トルク・引抜き強さ確認試験

調査箇所は、表-2に示すように樋門付属物の防護柵、操作台拡幅部、ゲートストッパーの打込みアンカー部とし、ナットのトルク確認と引抜き強さ確認を併用した試験(以下、トルク・引抜き強さ確認試験)を、4箇所で行った。その他に、ナットのトルク確認のみを3箇所で行った。アンカー径は、M12とM16の2種類であった。

測定に使用した機器は、写真-4に示すデジタル式トルクレンチと、センターホール型荷重計によりナットの締め付け反力で測定するアンカー引抜き試験器(電気式非破壊試験器)を用いた。

測定方法は、打込みアンカーにより固定されている既設のナットを外し、センターホール型荷重計と専用ナットを取り付け、トルクレンチで締め付けて、トルクと引抜き強さ測定を同時に行った。計測した値は、接続した記録計に0.001秒毎に記録される。トルク確認のみの測定は、既設のナットを一度緩めてから、トルクレンチで既設のナットを締め付けて測定した。図-1にトルク・引抜き強さ確認試験のイメージ図を示す。



写真-4 トルク・引抜き強さ確認試験状況 (A 樋門)

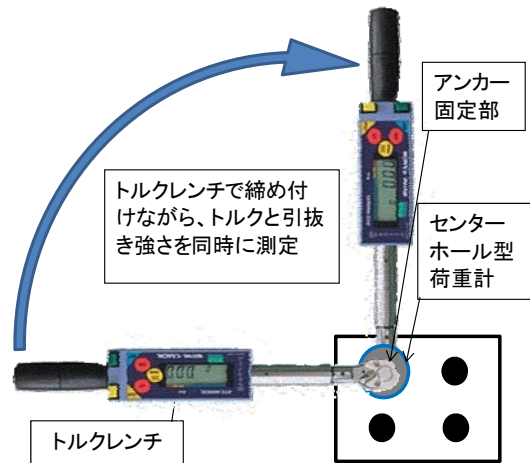


図-1 トルク・引抜き強さ確認試験のイメージ図

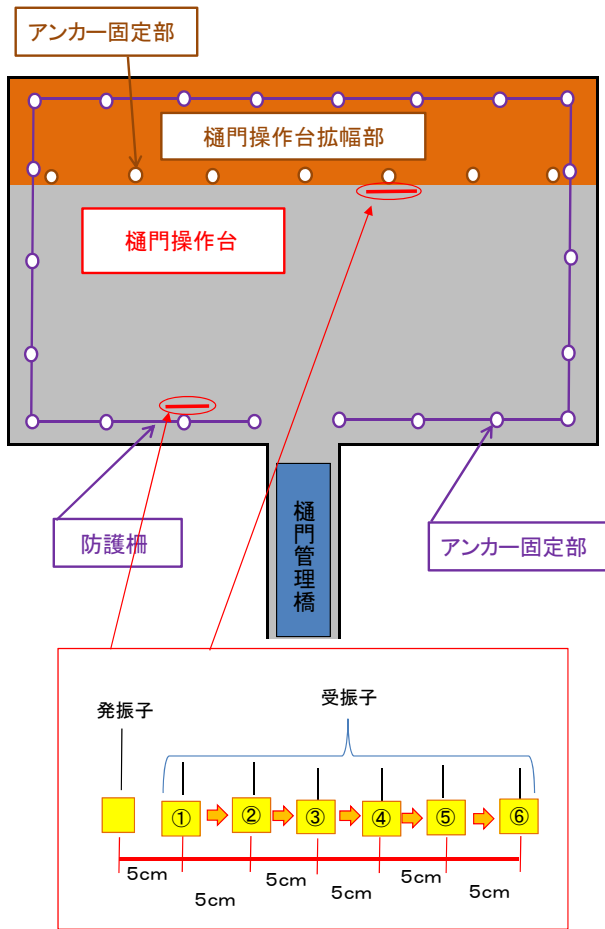


図-2 表面走査法測定箇所イメージ図

### (3) 超音波法 (表面走査法)

超音波の測定は、コンクリート表面からの劣化深さを推定する表面走査法<sup>3)</sup>を用いた。測定箇所は、図-2に示すように、調査対象の打込みアンカーから出来るだけ近い位置のコンクリートとした。

測定方法は、最初に発振子から5cm離れた地点に受振子を設置し測定を行い、その後、5cm間隔で受振子に移



写真-5 表面走査法による調査状況 (A 樋門)

表-3 コンクリートの配合

セメントの種類	最大粒径 Gmax (mm)	水セメント比 W/C (%)	細骨材率 s/a (%)	単位数(kg/m <sup>3</sup> )				スランプ (cm)	空気量 (%)
				水 W	セメント C	細骨材 S	粗骨材 G		
普通ポルト	20	45	43	160	356	835	1102	8	4.5

※AE剤なし

動させながら測定を行い、1箇所当たり6測点で実施した。調査状況を写真-5に示す。

## 2.2 室内実験概要

現地調査と比較するため、コンクリート供試体に打込みアンカーを施工した模擬試験体を製作し、室内実験による超音波法の測定とトルク・引抜き強さ確認試験を行った。

### (1) コンクリート供試体

表-3に実験に使用したコンクリートの配合を示す。コンクリート供試体は、写真-6に示すように直径20cm×高さ20cmの円柱形とし、材齢28日まで水中養生を行った後、円柱の中心に径12.7mmのドリルで穿孔深さ60mm、埋込深さ50mmとして、M12×120mm棒芯打込みアンカーを設置した。



写真-6 コンクリート供試体

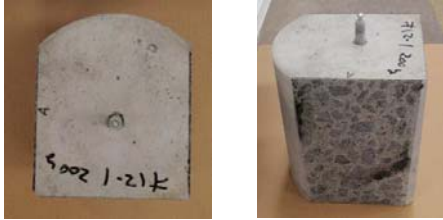


写真-7 模擬試験体

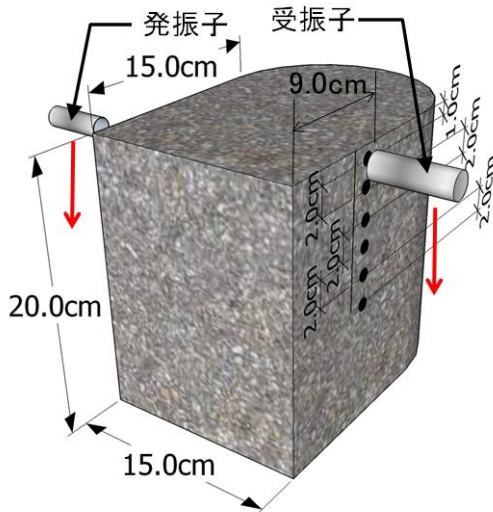


図-3 超音波法（透過法）の測定位置

## (2) 実験方法

写真-7に室内実験を行った模擬試験体を示す。模擬試験体は、トルク・引抜き強さ確認試験時に固定して反力が取れるように、幅15cm×長さ15cm×高さ20cmのサイズに切断した。

実験方法は、まず、超音波法の透過法を用いて上面より1cm下から2cm間隔で6点測定し、上面から深さ11cmまでのコンクリートの劣化の程度を確認した。図-3に、超音波法（透過法）の測定位置を示す。その後、現地調査と同様に、トルク・引抜き強さ確認試験を実施した。写真-8に室内実験（トルク・引抜き強さ確認試験）状況を示す。

## 3. 検討結果

### 3.1 現地調査結果

図-4にトルク・引抜き強さ確認試験の結果を示す。



写真-8 室内実験（トルク・引抜き強さ確認試験）

4箇所の傾向を比較すると、A樋門、B樋門のトルク及び荷重はスムーズな上昇傾向が見られ、アンカー径に違いはあるが、他の2箇所と比較すると高い値を示している。一方、C樋門、D樋門では、トルク及び荷重とも上昇勾配が緩く、低い値で停滞している傾向が見られる。各箇所のトルクと引抜き強さの上昇傾向は、ほぼ同じであった。なお、トルク値が0に戻って増減するのは、手動式トルクレンチのため、連続した締め付けではないためである。

図-5にトルク最大値と引抜き強さ最大値の関係を示す。図-4の結果と同様にトルクと引抜き強さは比例する関係が見られる。このことから、トルクと引抜き強さは、一定の相関があることを確認した。

### 3.2 室内実験結果

図-6に透過法による測定結果を示す。すべての測定箇所において、超音波伝播速度が、4,000m/s以上の値を示しており、健全な状態を示している<sup>1)</sup>。

図-7にトルク・引抜き強さ確認試験結果を示す。トルク・引抜き強さともに、最大値と上昇勾配が高い傾向が確認できたことから、健全なコンクリートにおけるトルクと引抜き強さの傾向が確認できた。

### 3.3 トルクと相対動弾性係数

図-8に、トルク最大値と表面走査法により算出した<sup>3)</sup>アンカー定着部付近の相対動弾性係数との関係を示す。相対動弾性係数はアンカー定着深さまでの最大値とし、アンカー定着深さは径毎に、M12を60mm、M16を70mmと仮定した。A樋門とB樋門の相対動弾性係数は50～60%程度でトルク最大値が70N・m程度であった。これに対し、C～F樋門の相対動弾性係数は30～50%の範囲にあり、トルク最大値は30～40N・m程度であった。このことから、相対動弾性係数が低くなるとトルク最大値は低下する傾向が見られた。

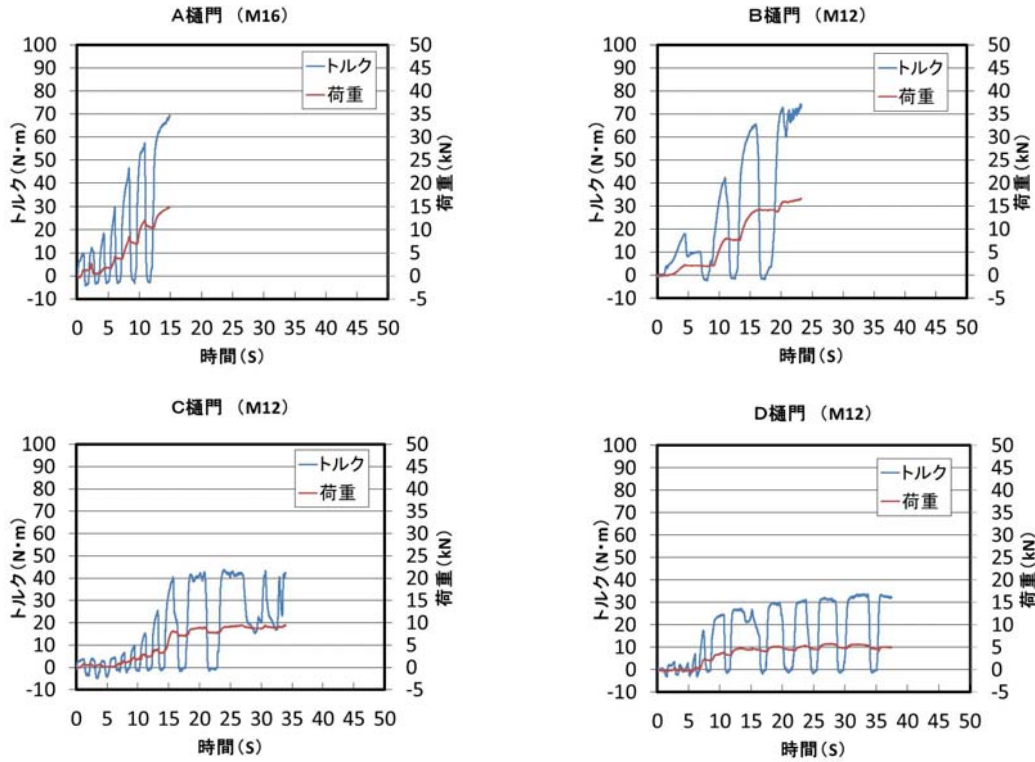


図-4 トルク・引抜き強さ確認試験結果

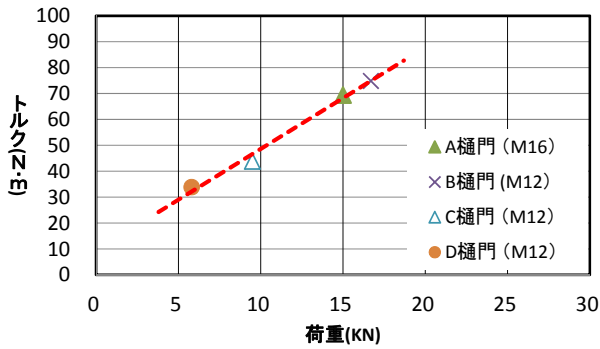


図-5 トルク最大値と引抜き強さ最大値

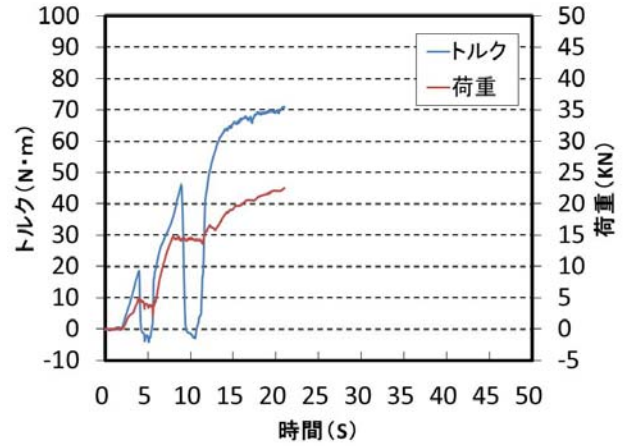


図-7 トルク・引抜き強さ確認試験結果 (室内実験)

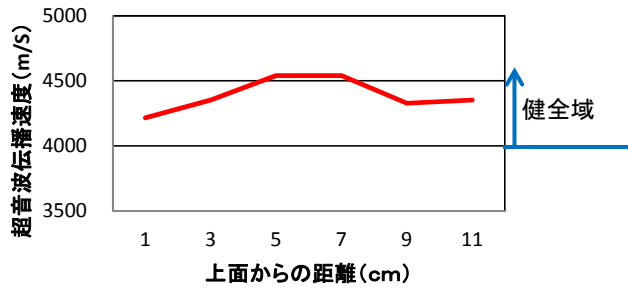


図-6 透過法による測定結果

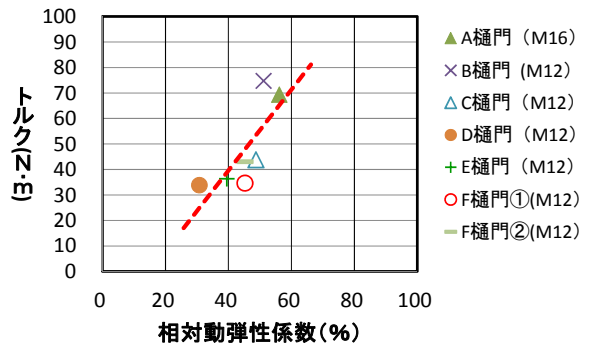


図-8 トルク最大値と相対動弾性係数

次に、室内実験で得た模擬試験体のトルク最大値を図-8のトルク最大値と相対動弾性係数との関係にプロットした結果を図-9に示す。模擬試験体は劣化していないため、相対動弾性係数を100%と仮定した。模擬試験体のトルク最大値は70N・m程度であったことから、A樋門とB樋門のトルク最大値とほぼ同じであり、トルク値の上昇傾向も似ていることから、相対動弾性係数が50~60%を境にトルク最大値はこれ以上増加しないと推測する。一般的に、相対動弾性係数が60%以下になると凍害劣化が疑われるため<sup>4)</sup>、本実験結果から、M12の打込みアンカーの場合、トルク値の上昇が早く、トルク最大値が70N・m程度であれば、コンクリートはある程度健全であり、トルク最大値が低ければ、コンクリートは劣化していると判断できると考える。なお、M12の打込みアンカーの一般的な最大引張荷重は17kN程度であり、今回、引抜き強さを測定したA樋門、B樋門、模擬試験体は15~22kN、C樋門、D樋門は5~10kNであった。以上のことから、樋門付属物の打込みアンカーのトルクを測定することによって、樋門コンクリートの劣化の程度をある程度評価できることが明らかとなった。

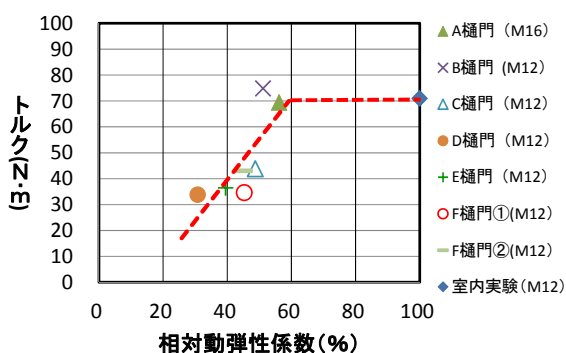


図-9 トルク最大値と相対動弾性係数  
(室内実験結果含む)

#### 4. 点検手法としての適用性

今回の現地調査及び室内実験で得たトルクと相対動弾性係数との関係から、樋門付属物周辺コンクリートの凍害劣化の程度を、トルクレンチで点検する手法の適用性について考察する。

今回の結果から、付属物固定アンカーのトルクは、樋門コンクリートの凍害劣化の程度を判断する材料として有効であり、トルクレンチを用いた調査は、簡易で短時間の作業であることから、定期点検時に十分実施が可能であると考えられる。また、これまでの樋門コンクリートの点検では、目視による外観調査が主であり、付属物固定アンカーのナットの緩み等の確認はほとんど行われていない。今回の現地調査時に、ナットが緩んだ箇所もあったことから、今後の定期点検において、ナットの緩み

確認や締め付けも必要であると考え、それを兼ねてトルクの点検手法を活用することは、樋門付属物周辺のコンクリートの健全度確認に有効であると思われる。

#### 5. まとめ

本報告では、積雪寒冷地の樋門コンクリートに対応した点検手法の確立を目指し、実構造物の樋門付属物周辺の打込みアンカーや、室内実験による模擬試験体の打込みアンカーにおいて、トルクレンチや超音波法等を併用した凍害劣化調査を試験的に実施し、樋門コンクリートの凍害劣化の程度を点検する手法としての適用性を検討した。その結果得られた知見は、以下のとおりである。

- (1) トルクと引抜き強さの値の上昇傾向はほぼ同じであり、トルク最大値と引抜き強さ最大値は比例関係にある。
- (2) トルク最大値が低下すると相対動弾性係数も低下する比例関係が確認できた。ただし、相対動弾性係数50~60%を境にトルク最大値はそれ以上増加しない。
- (3) トルクの上昇傾向とトルク最大値によって、コンクリートの凍害劣化の程度をある程度判断できる。
- (4) トルクレンチを用いた調査は、簡易的に測定が可能であり、定期点検時の樋門付属物周辺コンクリートの健全度確認に有効な手法であると思われる。

今回の調査は、試験的に実施したものであり、調査事例数や室内実験ケースが現時点では、まだ少ない状況である。今後は、調査事例や室内実験による凍害劣化した供試体による実験ケース等を増やし、点検手法の確立に向けて、調査検討を行っていききたい。

最後に、各種調査の実施にあたり、北海道開発局の関係の方々には、ご多忙の中、多大なご協力を頂きました。ここに記して、謝意を表します。

#### 参考文献

- 1) 内藤勲、島多昭典、渡邊尚宏：積雪寒冷地の樋門コンクリートの凍害劣化補修に関する研究、第57回北海道開発技術研究発表会、2014.2
- 2) 渡邊尚宏、内藤勲：樋門コンクリートの凍害劣化と点検手法に関する検討、第57回北海道開発技術研究発表会、2014.2
- 3) 遠藤裕文、田口史雄、林田宏：コンクリート部材の凍害診断への表面走査法の適用に関する研究、第55回北海道開発技術研究発表会、2012.2
- 4) 土木学会：2012年制定コンクリート標準示方書〔設計編〕、p 158、2013.3