

農業用水路に用いた L 型ブロックの凍結融解抵抗性の考察

Consideration on Resistance for Freeze-Thaw Action of L-shape Block Flume

(独)北海道開発土木研究所 ○正 員 秀島 好昭 (Yoshiaki HIDESHIMA)
 (独)北海道開発土木研究所 正 員 田頭 秀和 (Hidekazu TAGASHIRA)
 (独)北海道開発土木研究所 正 員 小野寺康浩 (Yasuhiro ONODERA)

1. はじめに

水田への灌漑目的のため、国や地方ではコンクリート製の開水路の整備を図ってきた。早くよりコンクリート製水路を建設した場所では約 40 年を経ようとしており、場所によっては老朽化や積雪寒冷環境による劣化を原因に水路の補修・補強さらに改築が必要となっている。農業用水路等に用いる水路コンクリートは、部材断面積が比較的小さいわりに表面積が大きいのが特徴である。灌漑期間には水路の大部分が水面下におかれ、流水による表面摩耗・浸食をうける。落水期間はまともに過酷な気候条件にさらされ、とくに積雪寒冷地では劣化現象の要因となる凍結融解作用や大きな温度変化を受けてしまう。また、水路背面は背後周辺からの浸透水の影響を受けやすい。北海道の水路コンクリートの大半は上述のように過酷な環境下で供用されており、現位置での環境やコンクリート部材の健全度を調査・評価のうえ、供用の継続・補修・補強さらに改修の選択を行う。

水路の供用性を調査するため、過年度より、道南の大野平野および倶知安近傍の L 型コンクリートブロックよりなる水路区間(前者は中央幹線用水路、大野川幹線用水路、一本木幹線用水路、後者は倶知安幹線用水路、発足幹線用水路)から、施工年の異なるコンクリートを採取した。これらの試料を使って、経年コンクリートの供試体の凍結融解試験を行い、その抵抗性や耐久性について考察した。

2. 試料および試験方法

2. 1 原位置試料

図-1 の位置図に示す場所において、水路側部を構成する L 型ブロックよりコアカッター(φ100mm)にてサンプリングした(写真-1 参照)。両地点での調査年次は異なり¹⁾、それぞれ付表のような供用期間を有する。約 40 年から 20 年未満の供用期間の水路である。

各用水路からのサンプルコア数は複数個であり、コア抜き円筒形状(水路側と背面は切削整形)のまま比重・吸水試験および圧縮強度試験(高さ補正した強度で表示)を行った。また、凍結融解試験ではカッターで角柱状(50mm×50mm×部材厚相当(切削整形)もしくは約 60mm×約 60mm×部材厚相当)に整形した試料を用いた。

2. 2 基準供試体の作成

原位置サンプルによる解析を補足するものとして、コンクリート水路構造物の設計基準強度(21N/mm²)を満足する配合(表-1)で、新しい供試体を作成し、これを凍結融解試験に用い、原位置試料と対照した。²⁾ 供試体の寸法は 50mm×50mm×100mm の角柱とし、供試体群の 1 部は側面四方を厚さ 2mm の樹脂で塗布保護した(水路側

と背面の 2 面からの吸水を意識した供試体を作成)。

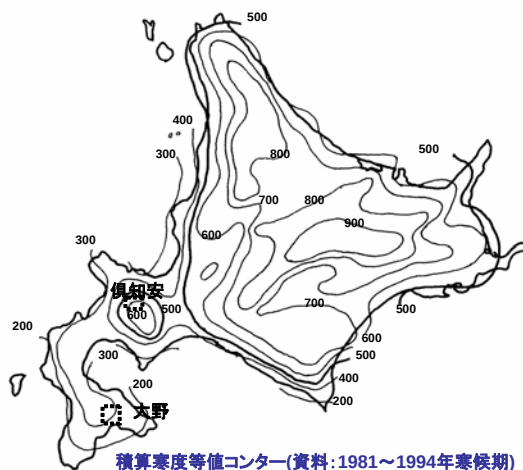


図-1 積算寒度の等値線図と調査位置



写真-1 L 型ブロックの断面

付表 用水路の諸元			
ゾーン	用水路	試料採取	寒候期供用年数
倶知安	倶知安幹線1972施工	2000年 (平成12年)	28
	発足幹線1974施工		26
	倶知安幹線1978施工		22
	発足幹線1980施工		20
	倶知安幹線1984施工		16
大野	中央幹線1966施工	2005年 (平成17年)	39
	中央幹線1967施工		38
	大野川幹線1972施工		33
	一本木幹線1976施工		29

表-1 基準供試体のコンクリート配合表

粗骨材の最大寸法(mm)	スランプ	空気量 (%)	水セメント比 (%)	粗骨材率 (%)	単位量(kg/m ³)			
					水	セメント	粗骨材	AE減水剤
20	8	5.0	47	40	170	369	720	1.090

*1 粗骨材粗粒率:6.87、*2 粗骨材粗粒率:2.85、*3 AE減水剤は5倍希釈

2. 3 凍結融解試験

凍結融解試験は、土木学会規準のコンクリートの凍結融解試験法(JSCE-G 501)に準拠し、水中凍結融解試験を 300 サイクルまで行い、その間、所定のサイクル時に観察(写真撮影含む)、重量測定を行った。このほか、比重・吸水率を測定した。

凍結融解過程は 1 サイクルが約 3.5 時間で、凍結過程は 2 時間で+5℃から-18℃に、融解過程は 1.5 時間で-18℃から+5℃と変化させた。

3. 試験結果および考察

3. 1 諸定数の関係

開水路に用いたコンクリート部材については、一般に、比重と吸水率および吸水率と圧縮強度にはある程度の相関が認められることが既報されている。³⁾ L型ブロックの試料は、39年～16年経過したもので、比重(絶乾)2.03～2.38、吸水率3.6～7.6%の範囲内にあった。図-2が示すように絶乾比重が大きいと吸水率は小さく、また、図-3では吸水率が大きなものは圧縮強度が小さいといった特徴が表されている。吸水率が一番大きな7.6%を示す試料の圧縮強度は約21N/mm²と最小の値を示した。コンクリート部材の所要強度として21N/mm²程度とする場合が多く、図-3では吸水率5.5%程度を超えたとこの所要強度より小さい供用部材の発現が示唆される。

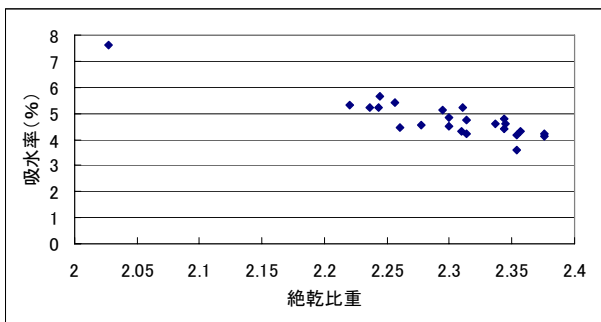


図-2 絶乾比重と吸水率の関係

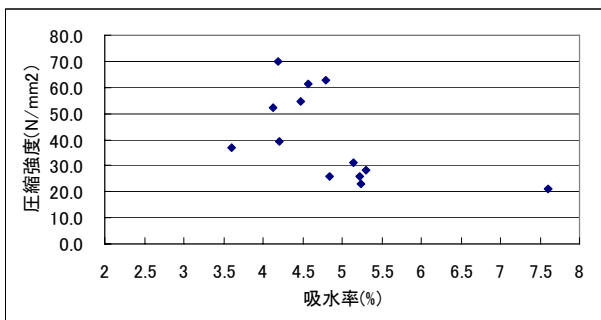


図-3 吸水率と圧縮強度の関係

3. 2 供用後の吸水率の変化

図-4に部材の吸水率と経過年数(寒候期経験年数)との関係を示したが、道内でも相対的に暖かい渡島(大野)と寒い後志(倶知安)で分離した群を構成する。これを経験した寒候期の積算寒度の累計値で表現し直すと図-5を得る(倶知安および大野の気象観測所のデータを用い、一部函館のデータで大野を補完)。図-5によれば分離した群は無くなり、一つの積算寒度累計値～吸水率の関係にプロットできる。すなわち、部材の吸水率の変化を予測する因子として、積算寒度の累計値をあげることが示唆される。統計資料が少ないことなどを理由にバラツキは大きいですが、図-5によればおよそ10,000℃日の積算寒度で吸水率の増加(Δw)が1.4%と示される(図中の回帰式の勾配を参照)。

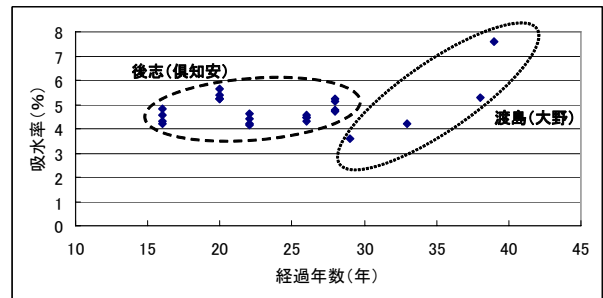


図-4 施工後の経過年数と部材の吸水率

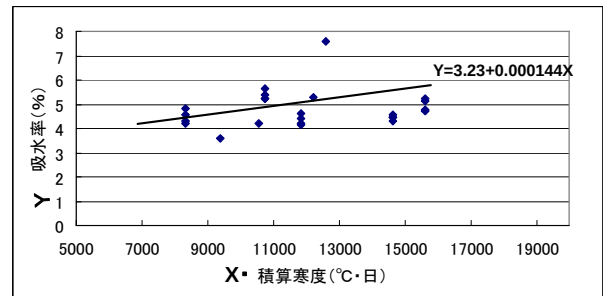
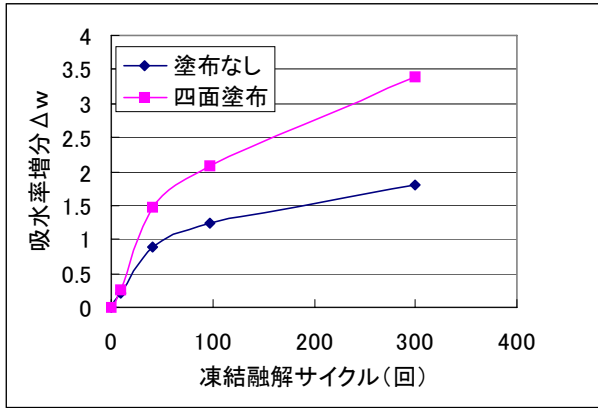


図-5 施工後の積算寒度累計値と部材の吸水率

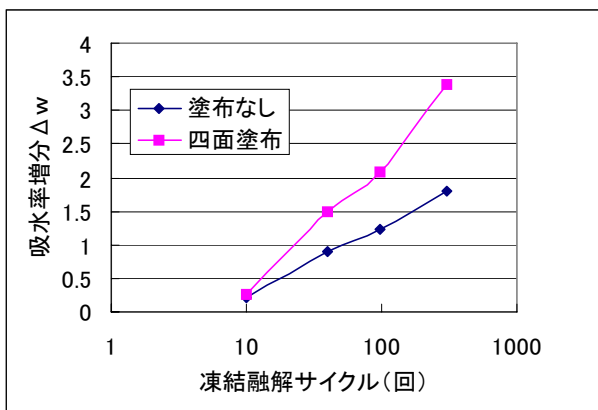
3. 3 凍結融解抵抗性

図-6、7は前述の基準供試体の凍結融解サイクル増に伴う吸水率の変化をそれぞれ等差軸と対数軸で表現したものである。図-6によれば凍結融解サイクルの少ない50サイクル程度までは吸水率の変化量は大きく、その後は緩やかな吸水率の変化を示す。この様子を対数で表現したものが図-7であり、図によればほぼ対数直線的な吸水率の増加割合を示すことがわかる。図-6の曲線と図-7の直線形状から、およそ50～100サイクル未満で凍結融解を被歴した場合の初期のコンクリートの物理性変化が見られ、また、100サイクルを超えて長期の吸水量変化(物理性変化)がとらえられることが示唆される。供用中のコンクリート水路の配合が基準供試体のものと異なることが予想できたり、各原位置でのコンクリート部材の初期吸水率が異なることも予想できるが、これが無視できるとすれば、以下のような考察ができる。

図-6の98-300サイクル間の吸水率増分(Δw)の変化量は平均で約1%である。これを前述の積算寒度累計値～吸水率増分の勾配から逆算するとおよそ7,150℃日相当と試算される($1/0.00014=7,150$)。これは約15～20年の寒候期間(それぞれ約500,300℃日/年の積算寒度として計算)の積算寒度累計値に相当する。長年供用中の水路のこれからの凍結融解抵抗性を検討するに200サイクル程度は、十分な試験サイクル数と判断できる。



図－6 凍結融解サイクルと吸水率変化



図－7 凍結融解サイクルと吸水率変化

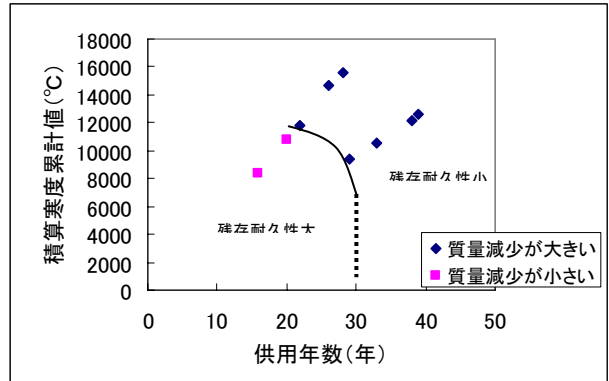
表－2は原位置コンクリート供試体の凍結融解試験結果の要約である。凍結融解作用を受けた場合の抵抗性の良否(残存性の高低)を判断するものとして、相対質量の変化(あるいは質量減少率)の閾値をどの程度と決定するかは難しい。一方、前述のように凍結融解200サイクル程度で現在から約20年先までの状態が予想できることが示唆される点、さらに、状態変化が大きく変わる値として相対質量90%(質量減少率10%)と考えれば、表－2の陰影を付けた発足幹線1974施工と倶知安幹線1984施工のものが今後の凍結融解に対しても抵抗性が残ると判断される。

図－8は残存抵抗性が有ると判断した前記2施工区間の特徴を積算寒度累計値と供用年数から分類したものである。吸水率～凍結融解抵抗性、積算寒度累計値～凍結融解抵抗性の対比較のみからは、うまく分類ができなかったが、積算寒度累計値・供用年数の2因子から図－8のようにおよそ分類できる。この理由は、原位置で乾湿繰返し作用も受け、この履歴が供用年数に関係するとすれば、寒候期は凍結融解作用、それ以外の期間では乾燥湿潤作用が通年で生じた結果と推察される。図－8から、供用年数30年を超えるものは今後の凍結融解作用に対して課題が残ると判断でき、また、供用年数が20年程度であっても積算寒度の大きな場所では、今後の凍結融解作用を留意して供用性を評価する必要がある。

表－2 原位置コンクリートの凍結融解試験結果要約

用水路名	相対質量平均値(%)			供用年数(年)	積算寒度(℃日)
	90サイクル	210サイクル	300サイクル		
倶知安幹線1972施工	90.1	46.4	23.7	28	15,619
発足幹線1974施工	95.6	23.5	21.8	26	14,627
倶知安幹線1978施工	94.9	43.7	23.0	22	11,850
発足幹線1974施工	98.0	91.5	69.8	20	10,740
倶知安幹線1984施工	99.3	97.9	97.4	16	8,338
中央幹線1966年施工	80.2	30.3	15.2	39	12,607
中央幹線1967年施工	74.5	50.2	48.3	38	12,210
大野川幹線1972年施工	84.8	13.8	0.0	33	10,559
一本木幹線1976年施工	66.9	14.1	0.0	29	9,837

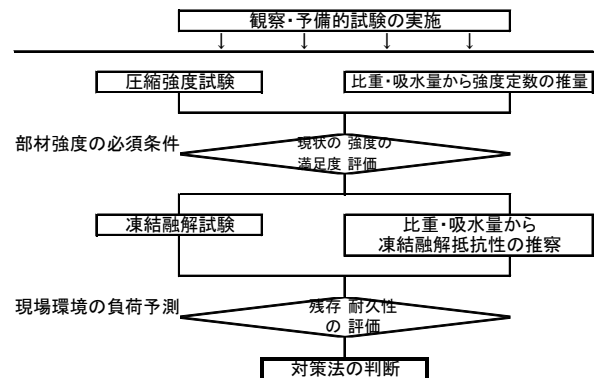
注:大野川幹線の用水路は、90,210サイクルがそれぞれ100,200サイクルのデータ



図－8 将来の残存耐久性を現在までの供用年数と積算寒度累計値で区分

3. 4 まとめ

開水路の供用性評価では、水理的機能性の良否判断と同時に構造的な安定性判断が行われる。後者の構造的評価の細目として、部材の耐久性等が検討される。図－9に本論の要旨と水路の補修・補強等対策判断のフローを示した。図に従えば、現況の部材強度を圧縮強度試験から推量するが、一方で、部材の吸水率(初期値が分かればその増分)から部材強度の特徴がおおよそ推察できる。水路部材の現況把握に吸水率等の物性値は有効な情報を与える。現況で剥離などが見られる部材を除いて、調査時に圧縮強度の大小が供用性を支配する場合は少ない。多くは、これからの寿命とその間の環境適合性(凍結融解作用・乾燥湿潤作用等)の評価に重点を置く場合が大半である。本論では30年前後を供用した水路の今後の凍結融解抵抗性を積算寒度と供用年数から分類する事例を示した。これらは同類の調査に大いに参考となろう。



図－9 水路部材の耐久性の考察

4. おわりに

農業用水路の耐用年数は、およそ 40 年程度と考えられている。一方で、プロジェクトコストの抑制や既社会資本の保全が重要とされ、用水路も軽微な改修等による供用性の延命化がみられる。このような背景のなか、一般の構造コンクリート部材に比べ薄い水路部材の物理性や力学性を要約し、用水路の供用性判断に資する技術内容を報じた。

参考・引用文献

- 1) 大深正徳ほか：経年変化したコンクリート水路の補修工法について、第 45 回北海道開発局技術研究発表会論文集（農業部門）(2002)
- 2) 大深正徳ほか：ポリウレタン塗装コンクリートの凍結融解抵抗性について、第 15 回寒地技術シンポジウム論文・報告集、pp197-201(1999)
- 3) 高橋和雄：コンクリート製品の凍害、岩手大学農業造構学講座発行第 1 版、pp32-34(1990)