

漁網繊維補強コンクリートの耐久性と その特性把握について

(国研) 土木研究所寒地土木研究所 寒冷沿岸域チーム ○石澤 健志
函館開発建設部 築港課 長谷 一矢

循環型社会の構築として建設工事においては廃棄物の3Rが推進されている。一方、全国1位の漁業生産量を誇る北海道では毎年約2,000tの漁網が廃棄され、その8割は再利用されずに処分されている。本研究ではこの廃棄漁網を繊維補強コンクリートに再利用する取組を進めるため、漁網繊維補強コンクリートの寒冷地における耐久性評価、および漁網繊維の平均長さ・径、混入率と曲げ靱性係数の関係を調べ、特性の把握を行ったので報告する。

キーワード：循環型社会、リサイクルナイロン繊維、廃棄漁網、靱性強化

1. はじめに

これからの北海道の港湾・漁港づくりでは、就業者数の減少、気候変動、施設の老朽化に対して港湾・漁港の機能を維持していくことが重要となっており、「持続可能」をキーワードとした技術開発を進めることが急務となっている。そのため、北海道開発局港湾建設課及び水産課にて、令和3年3月に「北海道の港湾・漁港の技術開発ビジョン」¹⁾がとりまとめられ、これらの急激な社会・環境変化に適応するための港湾・漁港の将来像が示された。技術開発ビジョンの実現のため重点的に実施すべき技術開発、さらに関係機関と連携した技術開発の進め方や社会実装のために必要な取り組みを、「持続可能な北のみなとづくり技術開発宣言」として整理している。また、建設工事全般においても環境への負荷が少ない循環型社会構築に資するため、廃棄物の3Rが積極的に推進されているとのことである。

一方、全国1位の漁業生産量を誇る北海道では、毎年約2,000tもの漁網が廃棄され、その実に約8割は循環利用されずに廃棄処分されており、この廃棄漁網を繊維補強コンクリートに再利用する取り組みが上記技術開発ビジョン¹⁾に盛り込まれている。

本報告は、上記技術を現地実装することを目的とし、廃棄漁網をコンクリートに混入させ、漁網繊維補強コンクリート(写真-1)を試作し、漁網繊維の平均長さ、平均径、混入率と曲げ靱性係数の関係を調べて特性の把握、および寒冷地における耐久性の評価を行ったので報告する。

2. これまでの成果

(1) 混入する漁網繊維の形状とその管理について

写真-2 にリサイクル工場で裁断された漁網繊維の代表的な形状を示すが、過年度の報告^{2,3)}により、数十cmの極端に長尺の漁網繊維はフレッシュコンクリートの材料を分離させる恐れがあるため、練り混ぜ前に取り除くことが望ましい。

フレッシュコンクリートに漁網を混入するとスランプは低下し、漁網の繊維長が長くなるほどスランプの低下傾向は強くなるため、作業効率は低下するものと思われる。よって、漁網の裁断にあたっては、裁断後の繊維長を管理することが必要である。裁断した漁網のふり分けにより、極端に長尺の漁網繊維の除去、および結び目あり・なしの分離が可能であることから、形状の選別ができる可能性がある。



写真-1 漁網繊維補強コンクリート

混入する漁網の最適形状は今後も検討する必要があるが、本研究の試験条件の範囲内で言えば、長さ 18mm 程度、混入率は 2% が現地実装の際の一つの目安になるものと思われる。

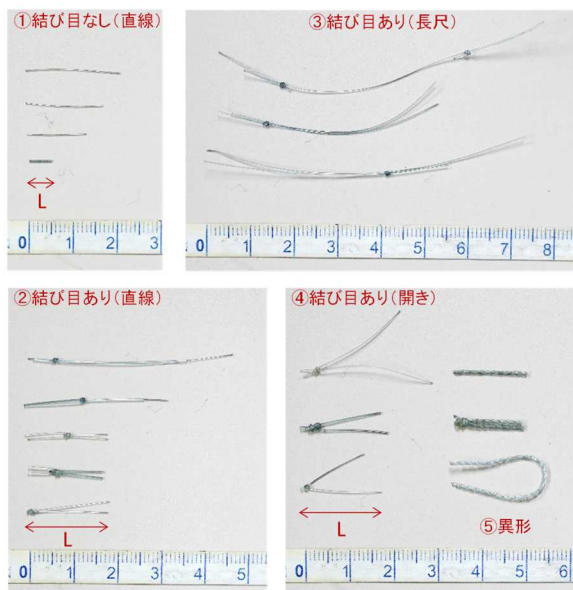


写真-2 工場で裁断された漁網繊維の代表的な形状

(2) 繊維補強コンクリートの試作

繊維補強コンクリートの試作にあたっては、コンクリート舗装 (C-7S) への適用を想定して配合した (表-1)。表-2 に試験ケースの一覧を示す。

(3) 硬化した漁網入りコンクリートの特性について

図-2 に示すとおり漁網繊維の混入率が高いほどスランプが低下し (内部摩擦の増大⁴⁾)、また繊維の長さが長いほどその傾向が強くなった (漁網繊維のかさばり効果⁴⁾)。圧縮強度にはほとんど変化ないが強度のバラツキが見られた。曲げ強度は漁網が長いほど、また混入率が高いほどやや増加する傾向は見られたが、その差は僅かであった。美観については、供試体表面で漁網が見てとれる状態であった。図-3 は凍結融解試験の結果であるが、プレーンコンクリートと比較しても凍結融解抵抗性は低下しない結果となった。また、塩化物イオンについては、洗浄した漁網を混入したこともあり、塩分量増加への影響はなかった (図-4)。

表-1 ベースコンクリートの配合

	セメント種	粗骨材の 最大寸法 (mm)	水セメント比 W/C (%)	細骨材率 s/a (%)	単位量(kg/m ³)					(目標値)	(目標値)	(目標値)
					水	セメント	細骨材	粗骨材	AE減水剤	設計基準 強度	スランプ	空気量
					W	C	S	G	A	(N/mm2)	(cm)	(%)
配合A	N	40	40.25	40.41	130	323	771	1,137	3.23	曲げ 4.5	6.5	5.5
配合B	N	20	40.36	43.65	136	337	822	1,061	3.37	曲げ 4.5	6.5	5.5

表-2 試験ケース一覧

No.	供試体作成日		ベース 配合	裁断間隔 (mm)	漁網混入率 (%)	結び目		流動化材 (%)	圧縮強度試験 JIS A 1108	曲げ強度試験 JIS A 1106	曲げタフネス試験 JSCE-G552-2013	凍結融解試験 JIS A 1148
	2022.7.20	2022.11.17				あり	なし					
1	○		A	0	0.0	○			○	○		
2	○		A	10	0.5	○			○	○		
3	○		A	10	1.0	○			○	○		
4	○		A	10	2.0	○			○	○		
5	○		A	15	0.5	○			○	○		
6	○		A	15	1.0	○			○	○		
7	○		A	15	2.0	○			○	○		
8		○	A	40	2.0	○			○	○		
9		○	A	0	0.0	○			○	(○)	○	
10		○	A	15	2.0	○				(○)	○	
11		○	A	40	2.0	○				(○)	○	
12		○	A	15	2.0		○		○	(○)	○	
13		○	A	15	2.0		○	1.2%	○	(○)	○	
14		○	A	40	2.0		○	1.2%	○	(○)	○	
15		○	B	0	0.0	○						○
16		○	B	15	2.0	○						○
17		○	B	40	2.0	○						○

※ 曲げ強度試験の (○) は、曲げタフネス試験によるもの。

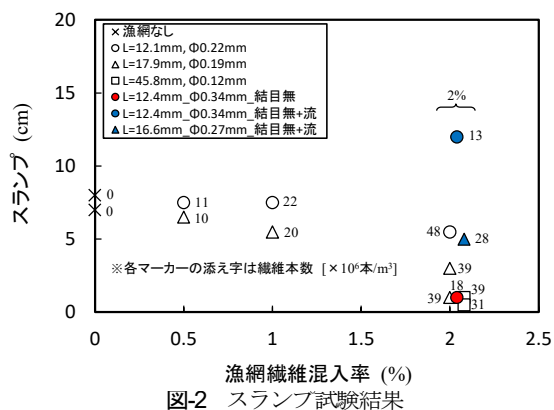


図-2 スランプ試験結果

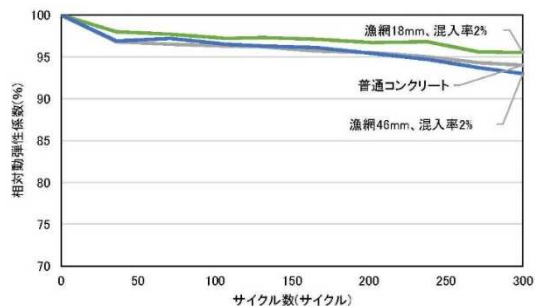


図-3 漁網入りコンクリートの凍結融解試験結果

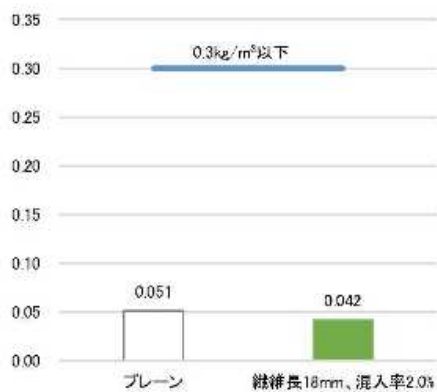


図-4 塩化物含有量試験結果

(4) 漁網入りコンクリートの曲げ靱性係数

図-5 曲げタフネス試験結果によると、たわみの増加を遅延させ、曲げ破壊後の変形を遅延させる効果があることがわかった。繊維長が長ければ曲げ強度が平均 1.65N/mm^2 程度と、 1.4N/mm^2 以上（NEXCOの基準⁵⁾）の値を示した。繊維長が短くても 1.35N/mm^2 の値だった。漁網の架橋効果⁶⁾により曲げ靱性を上げていると考えられる。

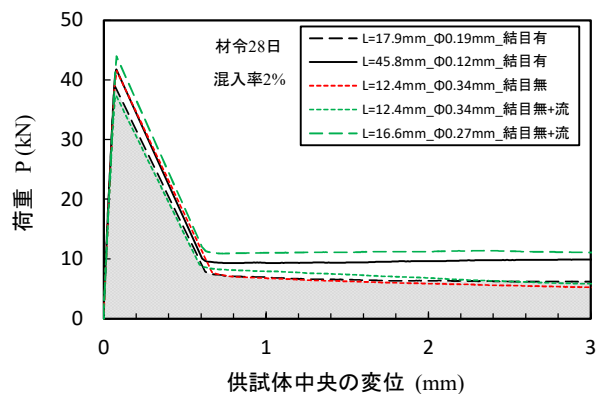


図-5 曲げタフネス試験結果（荷重と供試体中央の変位）

曲げ靱性係数は破壊の発展しにくさを示しており、曲げ靱性係数が高いほどひび割れが進行しにくく、浮き・はく離の進行の抑制効果を期待できる。

表-2 の試験ケースに基づき、平均繊維径、平均繊維長、曲げ靱性係数の関係の推定を試みた（図-6）。なお、漁網繊維のコンクリート混入率は 2%とした。平均繊維径が細くなるに従って、また平均繊維長さが短くなるにしたがって曲げ靱性係数は増加する傾向となった。今後、試験結果を蓄積し、推定精度を向上させることで、最適な漁網混入条件を明らかにしたいと考えている。

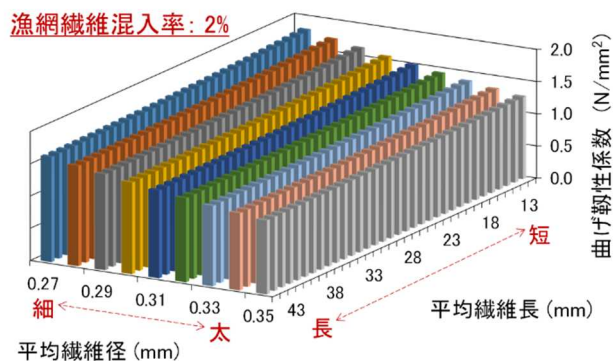


図-6 漁網繊維形状と曲げ靱性係数の関係

以上の試験結果から、漁網入りコンクリートは曲げ強度の大幅な増加は望めないものの、架橋効果により曲げ破壊を生じた後のひび割れを大幅に低減・遅延できる可能性はあると考えている。

港湾構造物の無筋コンクリートでは、ひび割れ幅は 1cm を閾値として劣化度を判定している。例えば、網入りコンクリートにひび割れが発生した場合は、漁網のひび割れ幅抑制効果により、ひび割れ幅 1cm 未満までは劣化度を c 判定のまま抑えられることが可能となり、維持補修を行うまでの時間的猶予が確保出来ることによって、維持管理の平準化が期待できる。

3. まとめ

1. 漁網繊維補強コンクリートは、曲げ破壊後のひび割れ抑制に効果を発揮すると考えられる。
2. 限られた試験結果から推定すると、平均繊維径が細くなるにしたがって、また平均繊維長さが短くなるにしたがって靱性係数は増加する傾向が見られた。
3. 本試験条件の範囲内においては、混入する漁網の形状として、長さ 18mm 程度、混入率 2%程度が望ましい結果となった。
4. プレーンコンクリートと比較しても凍結融解性能は遜色なかった。
5. 漁網のひび割れ幅抑制効果により、維持管理の平準化が期待できる。

今後も試験データを蓄積し、混入する漁網繊維条件を明確にする必要があると考えている。また、ひび割れ抑制効果の定量的な評価についても検討を継続する必要があると考えている。

参考文献

- 1) 国土交通省北海道開発局 Web : https://www.hkd.mlit.go.jp/ky/kk/kou_ken/ud49g7000000jypy.html (2024 年 10 月 24 日確認)
- 2) 長谷一矢・本間薫・水口陽介：漁網繊維補強コンクリートの繊維形状管理に関する研究，北海道開発局技術研究発表会論文集，第 66 回，2023.
- 3) 長谷一矢・青野奨・恵原寿輝：廃棄漁網を再利用した繊維補強コンクリートの試作とその室内試験結果，北海道開発局技術研究発表会論文集，第 67 回，2024.
- 4) 小林一輔：繊維補強コンクリートー特性と応用一，(株)オーム社，1981.
- 5) 国土交通省道路局国道・技術課：トンネル覆工のはく落発生抑制技術ガイドライン（案），p. 10，令和 5 年 3 月，2023.
- 6) 井戸康浩・田中徹・仁平達也・笹田航平：採取したコア供試体を用いたバサルト繊維補強コンクリートの曲げタフネス評価、コンクリート工学年次論文集、Vol40、No. 1、pp. 345-350、2018.