

リサイクルナイロン短繊維補強モルタルの耐凍害性評価

Evaluation of frost resistance of recycled nylon short fiber reinforced mortar

北海道大学大学院工学院

○学生員

松浦 悠 (Haruka Matsuura)

北海道大学大学院工学研究院

フェロー

横田 弘 (Hiroshi Yokota)

1. はじめに

現在、海洋中に放置されたナイロン製の漁網が増加しており、放置された漁網が海洋に漂う間に海獣に絡まって死に追いやったり、プランクトンの成長を妨げるなど海洋生態系を脅かすとして問題となっている。そのため、適宜回収され始めているが、その後の処理方法にも課題があり、有害物質を多く発生させる焼却処分に代わり、リサイクルの促進が重要となる。一方、引張脆弱性を持つセメント系複合材料に対し、その補強材料の一つとして短繊維が用いられてきた。そして、鋼繊維と異なる利点を有する合成繊維の活用方法や補強効果が研究されている。

凍害は寒冷地においてコンクリート中の水分が外気温差や日射による影響を繰り返し受けることで水分の凍結膨張圧によりコンクリートにひび割れや剥落が発生する現象である。コンクリートの空隙を通じて内部に侵入した水分は、凍結する際に約9%の体積膨張を起こす。コンクリート内部にその体積膨張を吸収するだけの空隙がない場合、凍結時の膨張を拘束し、この膨張圧により、コンクリートのひび割れ、剥離・剥落が発生する。ひび割れが生じた箇所は水分が侵入しやすくなり、外部から侵入した水分がさらに凍結膨張することでひび割れを拡大させ、損傷が悪化する悪循環となる。

本研究では、ナイロン製の漁網を寒冷地におけるモルタル補強用の短繊維として再利用することを目的に、その耐凍害性を評価するため、実験的検討を行った。

2. 試験概要

2.1 補強繊維

北海道根室市歯舞漁港および小樽市忍路漁港にて回収したナイロン製の漁網を裁断し、モルタル補強用のナイロン短繊維とした。再利用した漁網の繊維径は0.24 mm（以下、タイプA）と0.52 mm（以下、タイプB）の二種類とした。各繊維長の長さはタイプA、タイプBのどちらも20 mm、40 mmである。また、既往の研究により、漁網を裁断したナイロン繊維は十分な耐アルカリ性を有していることが明らかになっている¹⁾。本研究で使用したナイロン製の漁網と裁断後の外観を図-1に示す。

2.2 供試体の作製

作製したモルタル供試体は、40×40×160 mmの角柱とした。モルタルのW/Cは0.45、S/Cは1.5とし、セメントには、普通ポルトランドセメントを、細骨材には、川砂を使用した。ナイロン繊維は、体積比でタイプA-繊維長20 mmが1.0%と2.0%の二水準、タイプA-繊維長40 mm、タイプB-繊維長20 mm、40 mmがそれぞ



タイプA（上）タイプB（下）

図-1 ナイロン漁網の外観



図-2 試験槽の様子



プレーン（上），タイプB 20 mm 混入率2.0%（下）

図-3 試験後の供試体の外観

れ1.0%の一水準の混入率とし、外割りでモルタルに混

入した。供試体は打ち込みから 24 時間後に脱型を行い、その後 20℃ の水中で材齢 28 日まで養生した。

2.3 試験方法

水中凍結融解試験 (JIS A 1148 A 法) を採用し、凍結融解の 1 サイクルは供試体の中心温度が、最低値 -18℃ から最高値 5℃ になるように設定し、1 サイクルの所要時間は、3 時間以上、4 時間以内とした。供試体は 100×100×400 mm 用のスリーブに仕切りを入れて区切り、1 スリーブにつき 4 本の供試体を入れた。測定は、たわみ振動数の一次共鳴振動数、および質量とし、水中養生終了後、および凍結融解サイクルが 36 サイクルを超えない間隔で行った。相対動弾性係数が 60% を下回ったときを凍結融解試験の終了とした。凍結融解槽の様子を図-2 に、試験後の供試体の様子を図-3 に示す。

3. 試験結果と解析

3.1 相対動弾性係数

相対動弾性係数を式 (1) にて算出した。

$$P_n = \frac{f_n^2}{f_0^2} \times 100 \quad (1)$$

ここで、

P_n : 凍結融解 n サイクルでの相対動弾性係数 (%)

f_n : 凍結融解 n サイクルでの一次共鳴振動数 (Hz)

f_0 : 凍結融解 0 サイクルでの一次共鳴振動数 (Hz)

得られた相対動弾性係数の推移を図-4 に示す。ナイロン繊維を混入させた供試体はプレーンモルタルに比べ、劣化の進行が速くなるという傾向がみられた。これは、繊維が混入している方が繊維とモルタルマトリクスとの隙間から水分が侵入しやすく容易に凍結融解の作用を受けたため、劣化が速くなったと考えられる。

3.2 質量減少率

質量減少率を式 (2) にて算出した。

$$W_n = \frac{w_0 - w_n}{w_0} \times 100 \quad (2)$$

ここで、

W_n : 凍結融解 n サイクル後の質量減少率 (%)

w_n : 凍結融解 n サイクル後の供試体の質量 (g)

w_0 : 凍結融解 0 サイクルにおける供試体の質量 (g)

得られた質量減少率の推移を図-5 に示す。60 サイクル前後で質量減少率が減少しているが、これは微細なひび割れが供試体に生じた際にひび割れ部分から水分が侵入し、その分質量が増加したためと考えられる。プレーンモルタルに比べ、繊維を混入した供試体の質量減少率が大きくなったのは、繊維と繊維の間にあるモルタル分が凍結融解の作用を受けることで容易に剥落しやすくなったためであると考えられる。また、タイプ B に比べ、タイプ A の方が質量減少率が大きくなったが、これはタイプ A の方が繊維径が小さく、同じ混入率でも繊維の数が多いため、多くのモルタル分が剥落したためであると考えられる。

4. まとめ

本研究において次の結論を得ることができた。

- 1) 繊維を混入させた場合、容易に水分がモルタル内

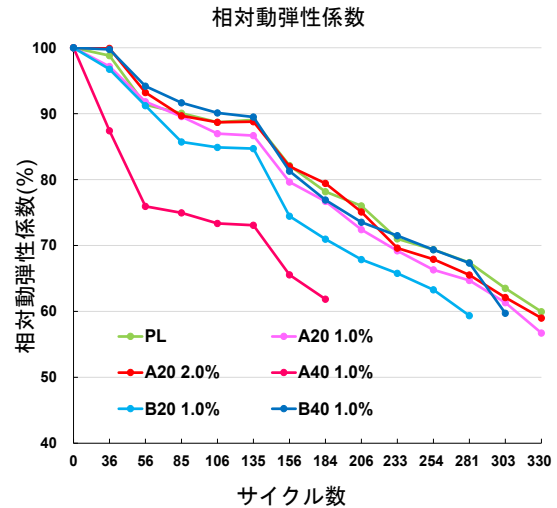


図-4 相対動弾性係数の推移

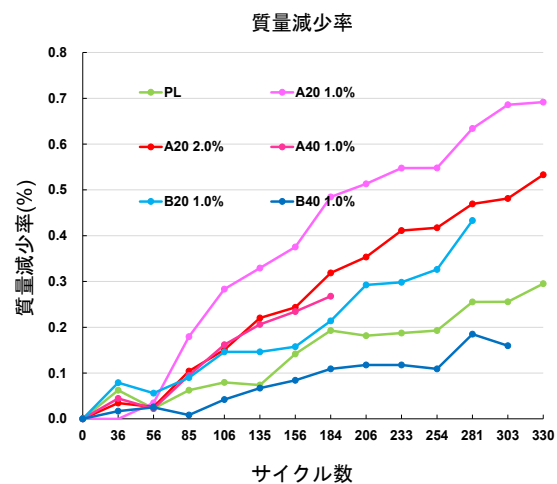


図-5 質量減少率の推移

に侵入することから、凍結融解の影響を大きく受ける。

- 2) 繊維を混入させた場合、モルタル表面にある繊維間のモルタル分が容易に剥離するため、質量減少率は大きくなる。

繊維の種類、混入量の違いによる凍結融解作用の影響の違いについての知見が得られた。今後はこの結果をふまえ、凍結融解作用を受けた後の力学試験を行い、圧縮強度や曲げ強度、じん性などの力学性能への凍結融解作用の影響を検討していく予定である。

謝辞

本研究は JSPS 科研費 17H03293 の助成を受けて実施したものである。また、実験の遂行にあたり国立研究開発法人土木研究所寒地土木研究所・内藤勲主任研究員の協力をいただいた。ここに深く感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 海野太貴, 横田弘: リサイクルナイロン繊維のモルタル補強効果に関する検討, 土木学会北海道支部平成 29 年度技術研究発表会論文報告集, 2018 年 1 月