

リサイクルナイロン繊維のモルタル補強材としての有効性

Effectiveness of fishing net recycled nylon fibers in mechanical property of mortar

北海道大学工学部 ○学生員 海野 太貴 (Daiki Unno)
 北海道大学大学院工学研究院 フェロー 横田 弘 (Hiroshi Yokota)
 北海道大学大学院工学研究院 正 員 橋本 勝文 (Katsufumi Hashimoto)
 北海道大学大学院工学院 学生員 Shanya Orasutthikul

1. はじめに

現在、世界の漁業活動においては、合成繊維を用いた漁網が普及している。特に、刺網等には高耐久性と低価格の観点からナイロンが用いられており、ナイロン製の漁網の使用量は年々増加している。しかし、それに伴い海洋中に放置された漁網は毎年増加し、漁網の廃棄処理は重要な課題となっている。2009 年の国際連合食糧農業機関 (FAO) と国連環境計画 (UNEP) の報告によると、年間の海洋ごみの 10%にあたる約 64 万トンもの漁具が海に放置されていると推測されている¹⁾。海中に放置された漁網は何百年の間残存し、海岸に漂着するまで、アザラシをはじめとした海獣を巻き込み、死に追いやることになる。このように、海洋中に放置された漁網は海洋生態系を破壊するため、適宜回収され始めているが、そのあとの処理も有害物質を発生させる焼却処分だけでなく、リサイクルすることが重要となってくる。

また、引張脆弱性などの欠点をもつセメント系複合材料に対し、ひび割れ抑制等様々な性能の改善のため、短繊維補強の研究が行われてきた。そのなかでも有機繊維は、鋼繊維とは異なる特性を有し、材料運搬が容易な上、作業時の安全性等の利点が存在する。モルタル中の補強繊維として有機繊維を用いた研究事例²⁾もある。本研究ではモルタル中にナイロンを補強繊維として用いて、ナイロン繊維の繊維長、径、混入率の違いからモルタルの力学特性を比較することで、リサイクルした建設材料としてのナイロン製漁網の適用性を検討した。

2. 試験概要

2.1 ナイロン繊維

北海道根室市歯舞漁港にて使用されていたナイロン製の漁網を長さ 20mm、30mm、40mm に裁断し、モルタル補強用ナイロン繊維とした。再利用した漁網は 70mm 四方のメッシュ構造で直径が 0.39mm (タイプ A) と、40mm 四方のメッシュ構造で直径が 0.35mm (タイプ B) の二種類用意した。それぞれのナイロン繊維に対し、ナイロン繊維をポリプロピレンのシートにエポキシ樹脂で固定し、引張試験機のつかみ部に取り付けることで引張強度を測定した。つかみ間隔は 10mm とし、試験速度を 1mm/min とした。各繊維の引張強度は表-1 に示している。

2.2 供試体の作製と試験方法

作製したモルタル供試体は 40×40×160mm の角柱と φ 50×100mm のシリンダーとした。使用材料は、セメント

表-1 使用した繊維ごとの引張強度およびフロー値

繊維タイプ	繊維径 (mm)	引張強度 (MPa)	繊維長 (mm)	繊維混入率 (%)	フロー (mm)
タイプA	0.39	400~500	20	1.0	218
				1.5	209
				2.0	205
			30	1.0	216
				1.5	205
				2.0	188
			40	1.0	210
				1.5	207
				2.0	182
タイプB	0.35	320~490	20	1.0	231
				1.5	226
			30	1.0	229
				1.5	216
			40	1.0	217
				1.5	207

に普通ポルトランドセメント ($\rho=3.16\text{g/cm}^3$)、細骨材に川砂 ($\rho=2.71\text{g/cm}^3$) を用いた。ナイロン繊維の混入率は、タイプ A では体積比 1.0%、1.5%、2.0%の三水準、タイプ B では 1.0%、1.5%の二水準に設定し、W/C は 0.45、モルタルを構成するセメントと細骨材の質量比は 1:1.5 とした。練混ぜには、小型モルタルミキサーを用いた。セメントと細骨材を低速度で 1 分間空練りし、次に、ナイロン繊維を徐々に加えながら手練りした。最後に水を加えた後に、再び小型モルタルミキサーで 2 分間本練りを行った。なお、フレッシュモルタルの性状は、テーブルフロー試験 (JIS R 5201) により確認し、その結果を表-1 に示す。打ち込みから 24 時間後に脱型し、20℃の水中で材齢 28 日まで養生した。養生終了後、圧縮試験 (JIS A 1108)、および曲げ強度試験 (JIS A 1106) を行った。曲げ強度試験はスパン 120mm で中央集中荷重、載荷速度は 5mm/min とした。

3. 試験結果および解析

3.1 圧縮強度試験

圧縮強度試験の結果を図-1 に示す。これより、繊維長が長いほど、また、繊維混入率が高くなるほど、圧縮強度は低下する結果となった。最も大きく低下したのは、タイプ A の繊維長 40mm、混入率 2.0%のもので、プレーンモルタルと比べ、約 40%の圧縮強度の低下が見られた。この結果は、繊維径が大きいタイプ A の方が顕著であり、タイプ B の方は繊維長による変化は小さかった。ナイロン繊維は柔軟で変形しやすいため、供試体に生じる圧縮応力により、セメントペーストとナイロン

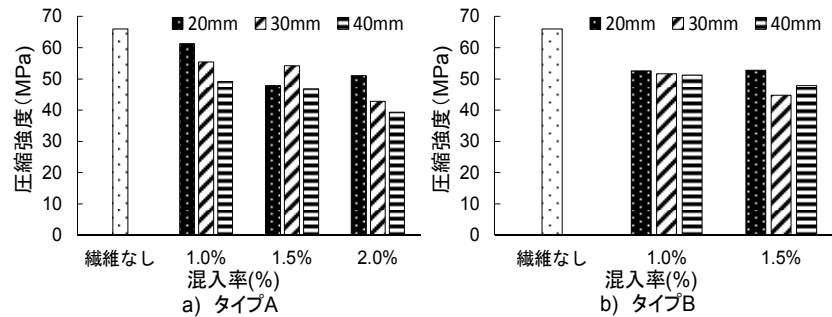


図-1 圧縮強度試験結果

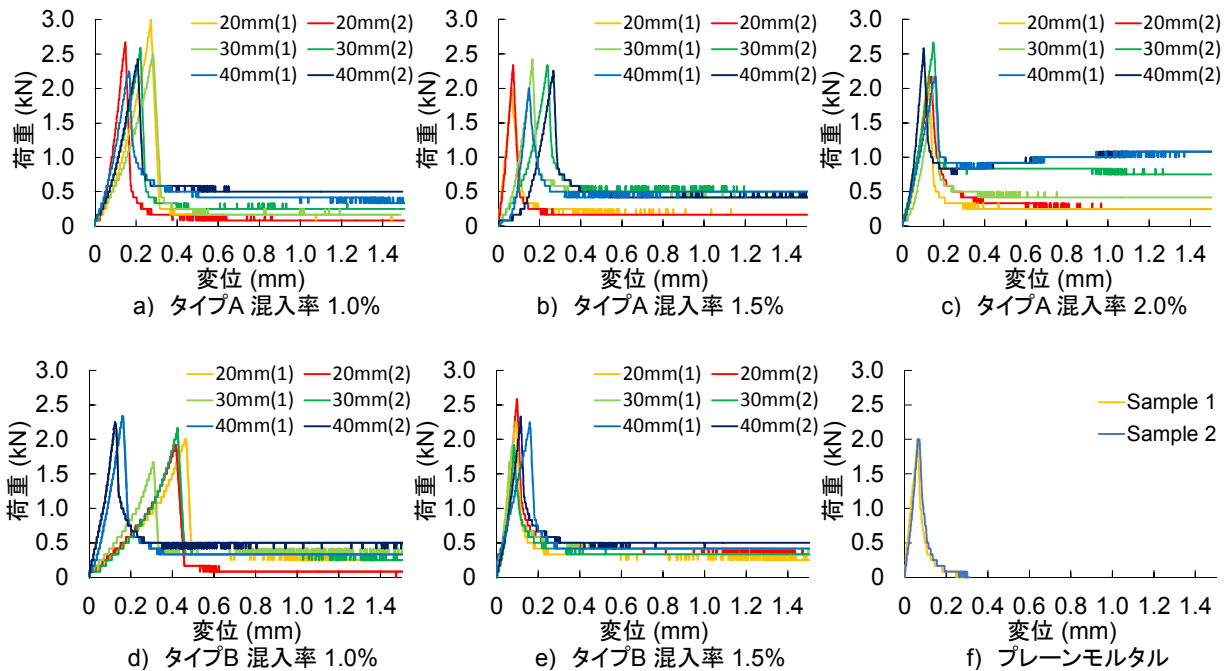


図-2 荷重変位曲線

繊維の間に空間が生じ、強度低下を引き起こしたのではないかと推測する³⁾。ナイロン製の漁網を建設材料として再利用する際には、任意の繊維の形状に対し、期待される性能と材料の配合設計を適切に行うことが重要であると考える。

3.2 曲げ載荷試験

荷重変位曲線を図-2 に示す。これより、繊維長が長いほど、また、繊維混入率が高いほどポストピーク時の保持荷重が高くなった。ポストピーク時の繊維の架橋効果は繊維の引抜け挙動に依存しており、繊維長が長いことでセメントペーストとの摩擦力が増し、繊維の引き抜け抵抗が大きくなると推測できる。また、繊維混入率が高いほど、応力が分散し、繊維一本あたりが負担する応力が小さくなると推測できる。一方で、タイプ A の 20mm の混入率を 1.0%とした場合に最も高い最大荷重を示した。繊維は小さなひび割れに架橋し、ひび割れの拡大を防ぐため最大荷重が増加する、そのため繊維数が多いほど効果は期待できるが、繊維混入率には閾値が存在すると推察する。

4. まとめ

本研究において得られた結論を以下に述べる。漁網をモルタルの補強繊維として再利用した場合には、ナイロ

ン繊維の繊維長が長くなるほど、また、繊維混入率が高くなるほど圧縮強度は低下した。一方で、曲げ試験でのポストピーク時の強度は増加した。最大荷重には繊維数と繊維混入率が関係していると考えられる。これらは、他の繊維素材と比較して高いとは言えないナイロン繊維とセメントマトリクスとの付着強度が結果に影響したと考える。そのため、ナイロン繊維とセメントマトリクスとの付着状態を向上させる、あるいは、繊維を混入する際に切断方法を工夫する等の検討を継続していく予定である。

5. 参考文献

- 1) Cappell Rod, Macfadyen Graeme, and Huntington Tim. Abandoned, lost or otherwise discarded fishing gear. FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper No. 523, UNEP Regional Seas Reports and Studies No. 185; 2009.
- 2) 谷ヶ崎世司ら：短繊維混入形ポリマーセメントモルタルの性能評価に関する研究、コンクリート工学年次論文集、Vol.31, No.1, 2009.
- 3) Spadea Saverio, Farina Ilenia, Carrafiello Anna, and Fraternali Fernando. Recycled nylon fibers as cement mortar reinforcement. Constr Build Mater 80, 200-209, 2015.