

リサイクルできる紙製風門の開発

清水建設株式会社 正会員 ○宇野 昌利
正会員 宮瀬 文裕
正会員 一瀬 康弘
正会員 末吉信一郎

1. はじめに

近年、建設産業では、作業員の高齢化と女性作業員が増加している状況である。しかし、体力に恵まれていない高齢者、女性には、重量物の運搬など多くの課題があり、ロボット化なども進められている。しかし、ロボットは高価であり、臨機応変な作業が困難など現場の適用にはまだ多くの課題がある。そこで、筆者らは体力に恵まれていない高齢者や女性作業員にも取り扱いが容易な、軽量な材料である紙素材に着目した。

紙素材は、軽量であるだけでなく、加工により高強度、高剛性、耐候性を確保し得るため、建材として利用できる。特に大きな特徴として、使用后、ほぼ100%リサイクルが可能である。そのため、持続可能な開発目標であるSDGsに適合できると考える。

本報告では、大規模な道路トンネルと小規模なダム監査廊に設置して使用性能、耐久性などを確認した。本論文では、開発の経緯や技術の概要を述べる。

2. 紙素材の適用

今回適用した紙素材は、厚さ15mm、3層構造の段ボールである(図-1)。この素材は、機械など重量物の梱包に多く使用されている。表面に耐水加工することで、マグロの輸送用のケースなどにも利用されている(図-2)。面密度は、 2.2kg/m^2 であり、型枠の合板サイズ(1.8m×0.9m)であれば、4kg未満と軽量であるため人力運搬も容易である。紙素材の耐候性は、湿潤環境にある湧水の多いトンネル内に1年間放置して耐候性試験を実施した(図-3)。その結果、湿潤環境下において、1年間、吸湿、乾燥を繰り返すが、3層構造であるため内部まで劣化することはなかった。そのため、仮設材として十分な耐候性を有すると考えられた。

また、紙素材の最大のメリットは、段ボールのリサイクル工場が全国各地にあり、リサイクルシステムが確立しているため、ほぼ100%リサイクルできることである。

様々な紙素材を建材として新しく利用する方法を、「KAMIWAZA」と名付けて活用を進めている。



図-1 3層構造の紙素材(厚さ15mm)



図-2 適用例：マグロ梱包箱



図-3 耐候性試験の様子

3. 道路トンネルへの風門の適用

風門は、トンネル貫通後の外気流入による坑内温度、湿度の急激な変化を防ぎ、覆工コンクリートのひび割れ発生を防止するためにトンネル全面に設置される。今回適用した道路トンネルは、長崎県発注の一般県道諫早外環状線((仮称)4号トンネル)である。トンネル断面は、 100m^2 程度の大断面である。風圧に耐えることができるように、事前に支保工を構築してそれと一体化して設置した。

キーワード 紙素材, 生産性向上, 軽量, リサイクル, SDGs

大断面であると座屈する恐れもあるため、1m 四方のパーツを基本として、トンネル形状にあわせて事前に工場で裁断して搬入し現場で組み立てた。組立は高所作業車のみで、人力で簡単に設置できる（図-4）。端部調整はカッターナイフで容易に切断できるため、現場合わせが可能である。なお、土砂運搬用の重ダンプが走行するため、中央部には、開口（幅 5m×高さ 4m）が必要となる（図-5）。土砂運搬しないときは、扉を閉める構造とした。背面は、支保工にワンタッチで固定することにより、一体化している。設置から2ヶ月後に、西日本豪雨によって30cm程度冠水したが、顕著な破損は確認できなかった。

4. ダム監査廊への風門の適用

今回適用したダム監査廊は、山口県発注の平瀬ダムの現場に適用した。監査廊は、コンクリート製のプレキャスト材である。そのため、監査廊周りにコンクリートを打設すると、水和熱で打設部分が温度上昇する（図-6）。その状態で冬場に監査廊に外気が流入すると、急激な温度変化が生じる。堤体コンクリートの内部が温度上昇している時に冷気で冷やされると、堤体コンクリート自体にひび割れが発生し、それに伴ってプレキャスト監査廊もひび割れが発生する。そのため道路トンネルと同様に、外気の流入を防ぐため風門が必要となる。

監査廊の大きさは、幅 2.0m 高さ 2.5m であり、ダムの点検員が利用する通路である。従来は、型枠大工が合板で製作していた。監査廊のサイズに合わせて、現地で加工・組立をするため、型枠大工 2 人で半日かかる人工を必要とした。

今回、紙素材で風門を 3 分割で製作した。材料は軽量であり作業員 1 名で人力のみで運搬することが可能である。設置時間は、作業員 2 名でわずか 10 分であった。大幅な生産性向上が認められる（図-7）。

5. まとめ

紙素材を利用した風門は、大規模な道路トンネルと小規模なダム監査廊で実証実験をした。

従来、建材には適さないとされてきた段ボールなどの紙素材であるが、加工することで耐水性、難燃性・防災性能のある材料となり、適用範囲が広がっている。

今後、「軽さ」、「リサイクル性」のメリットを生かして様々な建設現場に適用し、生産性向上、環境性能向上に寄与して行きたいと考えている。紙素材は、SDGs のキーとなる技術と考える。



図-4 クレーン不要、高所作業車のみで設置

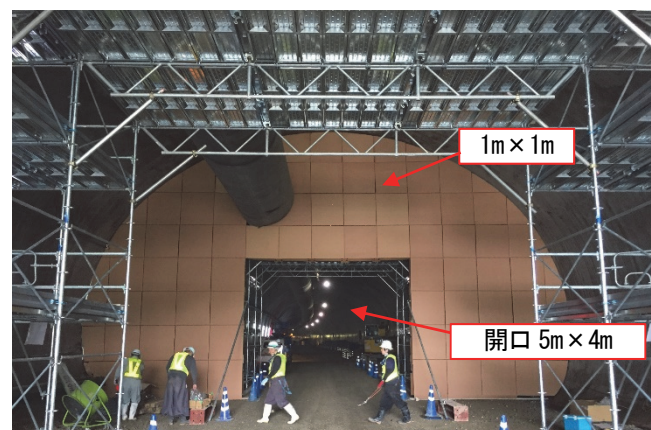


図-5 完成したトンネル風門

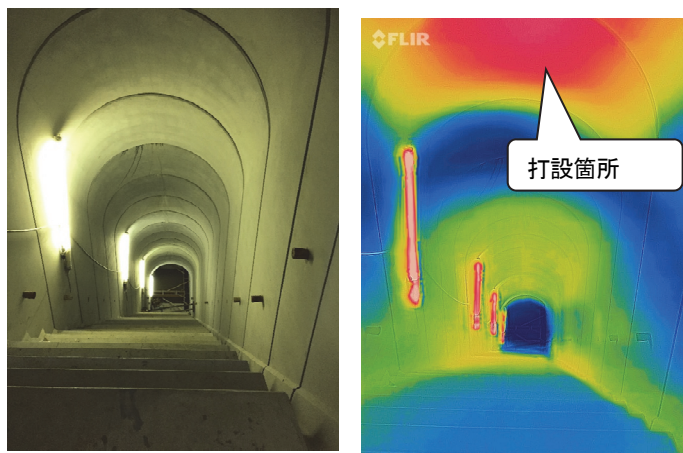


図-6 監査廊トンネル（左：可視画像，右：赤外線画像）

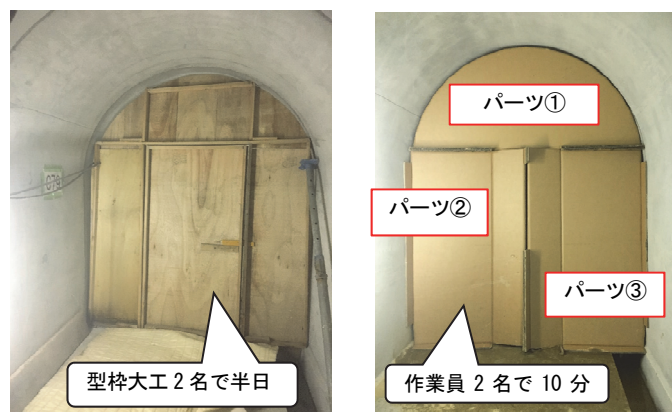


図-7 トンネル風門（左：従来の風門，右：紙製風門）