

6 建設現場で活躍する紙 — KAMIWAZA —



宇野 昌利
UNO Masatoshi

清水建設株式会社
土木技術本部/イノベーション推進部



宮瀬 文裕
MIYASE Fumihiko

清水建設株式会社
土木技術本部/設計部

建設現場では作業員の高齢化や女性作業員の増加が進んでいる。鋼材や木材に代わり、軽量で取り扱いが容易な紙素材を建設資材に活用することで、生産性の向上が期待できる。SDGsの推進にも有効となる。建設現場におけるソリューションの一例として紙の活用例を示す。

紙素材の建設資材への適用可能性

近年、建設現場では人手不足に起因した作業員の高齢化や、女性作業員の増加が進んでいる。そのため、壮年の男性作業員よりも体力的にハンディがある高齢者と女性作業員への配慮も重要となっている。そこで、鋼材や木材に代わり、軽量で取り扱いが容易な紙素材を建設資材に活用することで、作業員の負担が軽減され、生産性が向上すると考えた。

段ボールなどの紙素材は主に梱包材として利用される一方、強度や耐候性の問題から、これまで建設資材として活用されることはほとんどなかった。しかし、近年では強度、耐火性能、耐水性能に優れた高機能な紙素材が製品化され、仮設資材への適用可能性が高まってきている。

そこで、私たちは紙素材の遮音性能と現場環境下での耐候性を検証し、遮音性能、耐候性とも建設資材として、特に仮設設備に活用できる性能を

有することを確認した。そして、紙素材である特殊強化段ボールの遮音性と天然パルプ系不織布の吸音性を組み合わせて、仮設の防音壁に適用した。その結果、列車走行騒音が8dB程度の低減が可能になることと、紙素材の軽量性ゆえの扱いやすさが確認できた。

今回活用した紙素材の特徴と建設資材への試用事例について概要を報告する^{1) 2)}。

紙素材の特徴について

活用した紙素材は、王子インターパック株式会社製の特殊強化段ボールである。この材料は、厚さが15mmの3層構造で強度と耐久性に優れている(写真1)。そのため、機械等の重量物の包装資材として、木材の代替品として活用されている。国内では、紙素材のリサイクル体制が確立しており、90%程度がリサイクルされている。木材の代替として利用されている理由は、運搬後に廃棄せずに

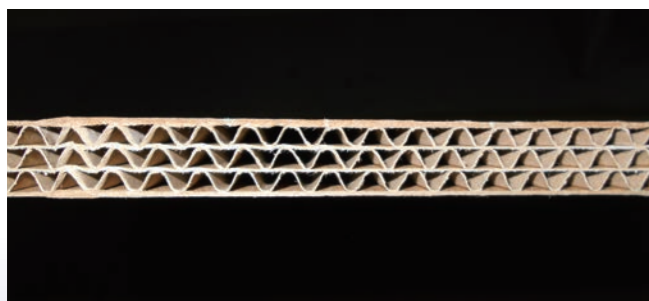


写真1 3層構造の特殊強化段ボール (厚さ15mm)



写真2 吸音性・断熱性・吸水性に優れた紙素材

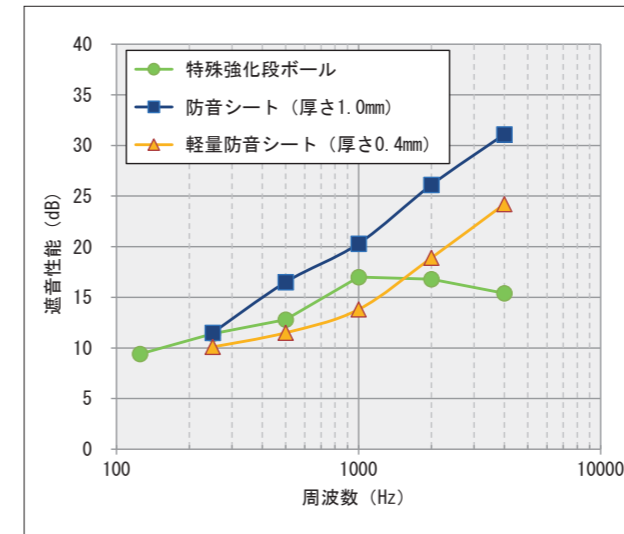


図1 紙素材および防音シートの音響透過損失

リサイクル可能なため、廃棄費用の低減が可能で、「持続可能な開発目標 (SDGs)」の概念にも合致するためである。また、面密度2.2kg/m²と軽量なため、型枠の合板サイズ (1.8×0.9m) であれば4kg未満であり、人力による運搬が容易である。さらに、折り曲げが容易で様々な形状を実現できる。

もう一つの材料は、吸音性・断熱性・吸水性に優れた厚さ20mmの王子キノクロス株式会社製の天然パルプ系不織布である。この紙素材は天然パルプ繊維を主原料としている。保水性に優れ、自重の最大11倍の吸水性能を活かし、おしぼりや消臭剤の芯材などに使用されている。また、面密度1.6kg/m²程度と軽量で、取り扱いも容易である(写真2)。

特殊強化段ボールの遮音性能

特殊強化段ボールの遮音性能は、JIS A1416-2000「実験室における建築部材の空気音遮断性能の測定方法」に準じ、独立行政法人東京都立産業技術研究センターにて音響透過損失を測定した。音響透過損失は1/1オクターブ (中心周波数125~4,000Hzの6帯域) で測定した。

試験結果 (図1) は、多用されている2種類の防音シートの音響透過損失の数値を、メーカー (キョウワ株式会社) のカタログデータをもとに、1/1オクターブに変換して掲載した。厚さ1.0mmの防音シートは現場で最も使われており、軽量性が求められる場合には厚さ0.4mmの軽量防音シートが使用されている。図1に掲載した防音シートと比較すると、特殊強化段ボールは、周波数が2kHzまでは軽量防音シートと同等以上の音響透過損失が期待できると判断した。

アコーディオン防音壁への紙素材の適用

都市部の工事では、周辺住民に配慮した騒音対策が求められるが、時間的・空間的制約により仮囲いを設置できない場合がある。これまで、設置場所の変更が容易な移動式のアコーディオン防音壁 (写真3) を開発し、一定の騒音低減効果を確認している^{3) 4) 5)}。この防音壁を設置した場合の騒音低減効果は10dB程度であり、約3×3mの袋状防音シートを現場で設置する必要があるが、より扱いやすい施工方法が求められていた。そこで、生産性向上を図るためにアコーディオン防音壁に紙素材を適用し、騒音の低減効果と施工性能向上に

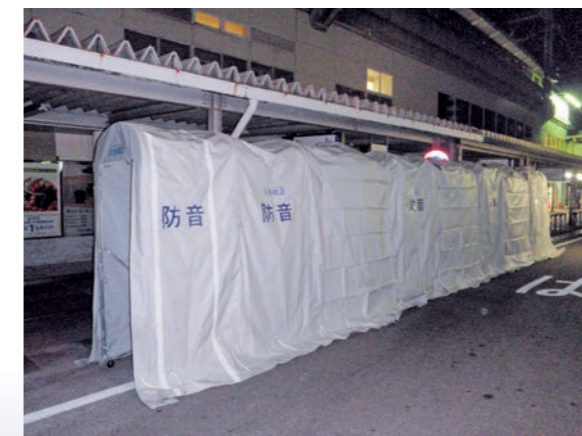


写真3 アコーディオン防音壁 (防音シートタイプ)



写真4 アコーディオン防音壁 (紙タイプ)

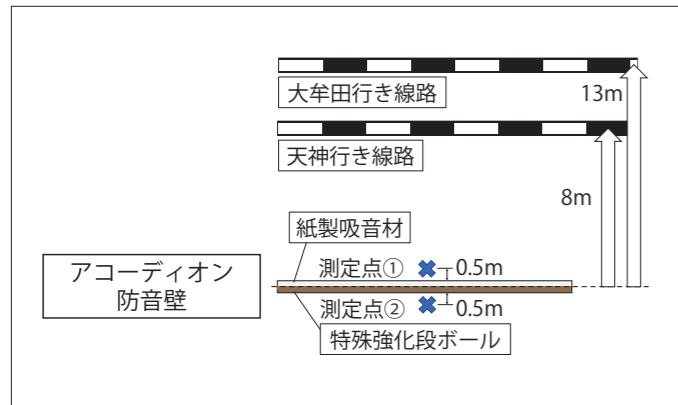


図2 騒音測定試験概要



写真5 騒音測定試験状況

よる使用性の改善検討を行った。

写真4にアコーディオン防音壁（紙タイプ）の外観を示す。パネルは、特殊強化段ボール、紙製吸音材を用いた防音パネル（高さ800×幅610mm、質量1.8kg/枚）と、鋼管フレームを組み合わせてユニット化したものである。防音パネルは従来のアコーディオン防音壁に使用していた防音シートに代えて、防音パネルを適用したことで、従来は、作業員2人で設置していたが、1.8kg/枚のパネルを作業員1名で1枚ずつ差込むだけとなり、大幅に生産性が向上した。

特殊強化段ボールの遮音性能は、音響透過測定試験の結果から軽量防音シートと同程度の性能を確認しており、鋼管杭打設時の騒音対策としての現場適用事例では、5dB程度の騒音低減効果を確認している²⁾。また、鋼管フレームに設置したレールに分割したパネルを上部から差し込むスライド式を採用することで、現場での設置を容易にした。

アコーディオン防音壁（紙タイプ）の性能確認試験

騒音低減効果と使用性を検証するため、西日本鉄道株式会社発注の西鉄天神大牟田線雑餉隈駅付近高架化工事（福岡県福岡市）にて、令和2年7月に騒音測定試験を行った。

・試験方法

写真5に騒音測定試験状況を、図2に騒音測定試験の概要を示す。アコーディオン防音壁（設置長2.8m/ユニット×5個=14m）は、天神行き線路中心から8m離れた位置に線路に対して平行に設置した。騒音計の設置位置は防音パネルから歩道側および線路側に0.5mずつ離れた2点とし、高さは地面から1.5mとした。測定する騒音は、天神行き電車通過時、大牟田行き電車通過時、天神行き電車と

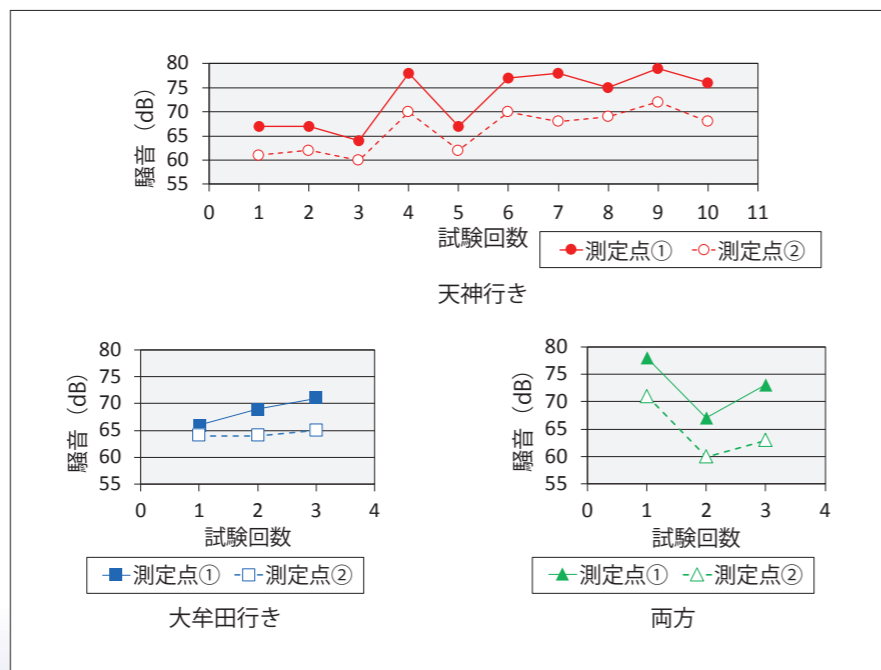


図3 騒音測定試験の結果

大牟田行き電車の同時通過時（両方）の3種類とした。また、各騒音の測定回数は3回以上とした。

・試験結果

①騒音低減性

図3に各騒音源に関する測定の結果を示し、表1に各騒音の平均値とその差を示す。天神行きで平均8dB（最大10dB）、大牟田行きで平均5dB（最大6dB）、両方で平均8dB（最大11dB）の騒音低減効果が認められ、鋼管杭と同等以上の騒音低減効果を確認した。

②使用性

鋼管フレームは伸縮式の構造となっており、折りたたむことによって運搬時の取り扱いが容易になり、多量の運搬が可能である。設置時はフレームを上げたものに対して防音パネルを上から差し込むことによって組み立てる。防音パネルの取り付けは作業台があれば1人でも可能なため、作業員が2人必要であった防音シートタイプに比べ、取り付けが容易である。体力に劣る女性や高齢の作業員にも容易に組み立てが可能であり、SDGsの「5. ジェンダー平等を実現しよう」にも適合する。また、組み立て後の移動は、鋼管フレームに取り付けたキャスターによって短時間で行うことができる。本試験において、5ユニットの組み立てに要した時間は約40分程度であり、防音シートを用いたアコーディオン防音壁に比べ短時間かつ容易に組み立てが可能となったことを確認した。

人と環境に優しい紙素材

強度や耐水性能に優れた高機能な紙素材を建設資材に活用することで、作業員の負担軽減や生産性向上に寄与すると考えた。全く異なる紙素材を組み合わせた結果、今までにない新しい材料の防音壁となった。紙の軽さを活かした移動式防音壁などに活用し、現場への適用可能性が高いことを確認した。特に、SDGsの国際目標に対する効果的な

表1 各騒音の平均値

方向	測定点① [dB]	測定点② [dB]	差 (①-②)
天神行き	75	68	8
大牟田行き	69	64	5
両方	75	67	8

材料であることを確認した（図4）。

素材の軽さにより男性女性関係なく扱えることから「5. ジェンダー平等を実現しよう」、建設資材をターゲットとしているため「9. 産業と技術革新の基盤をつくろう」、リサイクルできる材料であることから「12. つくる責任つかう責任」、建設資材の合成樹脂やプラスチック製品を軽減して「14. 海の豊かさを守ろう」、紙素材の原料を植林することで「15. 陸の豊かさを守ろう」などである。人と環境に優しい紙素材の建設資材への利用技術を「KAMIWAZA」と名付け、建設現場へ積極的に適用していく予定である。

<参考文献>

- 1) 宮瀬文裕・宇野昌利・塩野順:土木現場の仮設資材への紙素材の活用,アーバンインフラ・テクノロジー第31回技術発表会優秀賞受賞論文
- 2) 宮瀬文裕・谷川将規・岡崎正人・古木弘・藤本邦夫・坂水順一・清水淳路:仮設防音設備への紙素材の適用性に関する基礎的検討,環境システム研究論文発表会講演集 45, pp.81-86, 2017.10
- 3) 清邊飛鳥・高梨大介・塩野順・眞田祥平・宇野昌利・宮瀬文裕:移動式防音壁への紙素材の適用性検討,令和3年度土木学会全国大会第76回年次学術講演会(VI-98),2021.9
- 4) 国土交通省:NETIS新技術情報提供システム,簡易に設置できる防音壁(アコーディオン防音壁), <https://www.netis.mlit.go.jp/netis/pubsearch/details?regNo=QS-200029%20>
- 5) 国土交通省:NETIS新技術情報提供システム,テーマ設定型の比較表,建設機械の騒音低減に資する技術, <https://www.netis.mlit.go.jp/NETIS/Files/ThemeSetting/41/41/公表一式.pdf>



図4 SDGs17の目標