

骨伝導ヘッドセット技術の山岳トンネル現場への適用性検証

前田建設工業
前田建設工業
パナソニック

正会員 ○平川 彩織 正会員 長谷川 航
正会員 笹倉 伸晃
中尾 克

1. はじめに

骨伝導ヘッドセットは、側頭部に振動ドライバーを当て、骨を振動させて聴覚神経に伝達させる仕組みを利用したものである。通常、人間は空気が震えることで鼓膜が振動し、音を感じ取るが、鼓膜を通した振動が耳の奥の蝸牛（かぎゅう）に伝わり、聴覚神経を介して脳に伝わることで音として認識する。骨伝導ヘッドセットでは、側頭骨の振動が鼓膜の付け根の耳小骨等を介して蝸牛に伝わることで同様に音として認識するため、耳を塞いでも通話ができる利点があり、頸部の咽頭部側面に接触させて、発話時の声帯の振動を拾って音に変換する骨伝導マイクと組み合わせることで、騒音環境で通話が可能なヘッドセットとして各産業界においても注目されている。

建設業においては、土木工事のトンネル坑内において、作業時の防塵マスクの着用が義務付けられている中、切羽削孔中の騒音が80dB以上の環境下で防音耳栓を着用して作業している。そのため、作業指示や伝達が不十分であり、高所作業時の乗り出しや無駄な移動も見受けられる。そのため、トンネル坑内での作業において、会話の質が向上することで安全性と生産性の向上のため、骨伝導ヘッドセットの導入を検討した。

一方、骨伝導ヘッドセットに関するデメリットとして、一般のイヤホン等と異なり耳を塞ぐ構造ではないため、耳から入る音波も同時に蝸牛部分に伝わるため、2重に音が聞こえてしてしまうという点も挙げられ、骨伝導ヘッドセットの建設作業環境下（耳栓および防塵マスク装着、騒音環境）における検証が必要となる。

本報では、トンネル坑内作業環境下における骨伝導ヘッドセットの適用性を検証することを目的として、労務者がヘルメット、防塵マスク、防音耳栓等を装着した状態で、安全性、装着性、使用性等に関して評価した結果について報告する。

表-1 使用機器一覧

使用機器	略称	品名
骨伝導ヘッドセット		XC-CSH00G-11
骨伝導マイク		XC-CSH30G
トランシーバー	tL	IC-4110
	tH	IC-4810
耳栓	eL	コーケンNo.15
	eH	uvex x-fit



図-1 トンネル作業環境下における骨伝導ヘッドセットの装着状況

2. 使用機器

機器は骨伝導ヘッドセットおよび骨伝導マイク（パナソニック社製）を使用した。また、音源媒体は出力の異なる2種類のトランシーバーで比較検討し、耳栓はトンネル作業所にて一般的に活用されているポリ塩化ビニール製のものと同遮音性の高いものの2種類を使用した。使用機器を表-1に示し、装着状況を図-1に示す。

3. 検証概要

現地試験を実施する前に、骨伝導ヘッドセットの性能を把握するため、室内試験として音響実験施設にて、事前検証試験を実施した。図-2に示す試験室にて実施した。

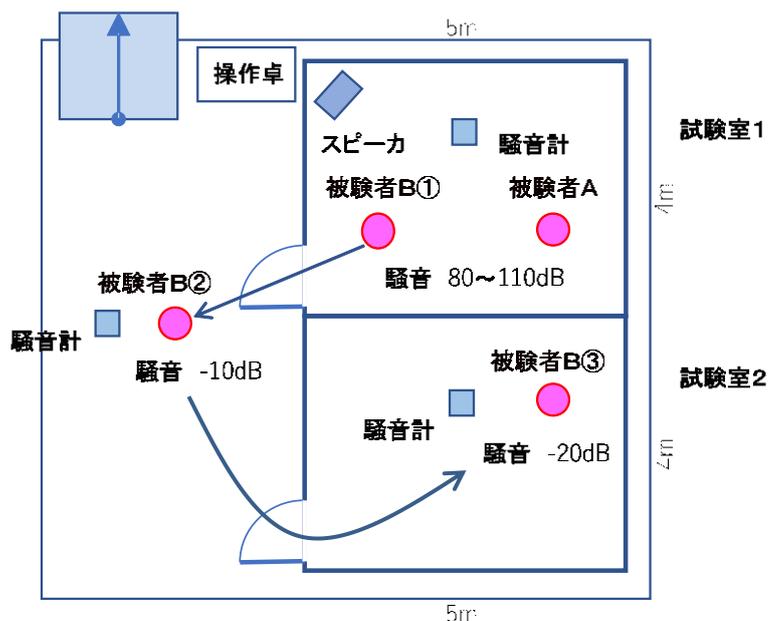


図-2 試験位置および被験者は位置図

キーワード 骨伝導, 山岳トンネル, 安全性

連絡先 〒102-8151 東京都千代田区富士見 2-10-2 前田建設工業株式会社 TEL03-5276-5166

3-1. 試験方法

検証試験方法を以下に示す。

- 試験室1の騒音レベルは80, 90, 100, 110dBの4段階とし、操作卓で調整することとした。
- 被験者Aは試験室1に常駐し、被験者Bは騒音が-10dBずつ小さくなる箇所に移動する。
- 被験者Aは1名固定し、被験者Bを3名配置した。試験結果は被験者Bの3名の平均とした。
- 試験室1の騒音レベル4水準×被験者Bの受信レベル3水準とした。また、検証対象の仕様は、トランシーバー2種および耳栓2種の組み合わせによる合計4ケースで比較検討を行った(表-2参照)。
- 被験者A, Bは試験ケースごとに会話の聞き取りやすさを4段階で評価し、各評価に点数付けを行った。安全性を確保できる使用性や会話のしやすさを考慮し、「よく聞き取れる」場合は100点とし、「何とか聞き取れる」場合は50点とした。また、「聞こえるが聞き取れない」場合や「聞こえない」場合は実作業時に使用不可のため、0点とした。

表-2 検証ケース

	試験Case	耳栓	トランシーバー
①	eL_tL	コーケンNo. 15	IC-4110
②	eH_tL	uvex x-fit	IC-4110
③	eL_tH	コーケンNo. 15	IC-4810
④	eH_tH	uvex x-fit	IC-4810

3-2. 試験結果

試験結果を表-3に示す。被験者A(発話者)と被験者B(評価者)におけるそれぞれの騒音レベルを整理し、被験者B3名の平均評価を示す。また、本検査結果に基づき、75点以上を示す仕様を図-3に示す。本検討の範囲内では、トランシーバーの出力品質の影響が大きいと推察される。また、耳栓を良質なものを(eH)に変更する事で、eLと比較して会話が明瞭になるものの、eLであっても通話品質は大きく劣化せず、通話の支障はないと判断できる。以上より仕様検討結果を整理すると、図-3より、トンネル現場における騒音環境は全作業者が80dB~100dBの環境での作業となるため、Case3の仕様により、山岳トンネル坑内で骨伝導の相互通話が可能になるといえる。

表-3 試験結果

Case1 (eL_tL)			Case2 (eH_tL)			Case3 (eL_tH)			Case4 (eH_tH)		
被験者A (db)	被験者B (db)	評価点 (点)	被験者A (db)	被験者B (db)	評価点 (点)	被験者A (db)	被験者B (db)	評価点 (点)	被験者A (db)	被験者B (db)	評価点 (点)
80.0	80.0	83.3	80.3	80.3	100.0	80.0	80.0	100.0	81.0	81.0	100.0
	69.3	100.0		68.7	100.0		69.0	100.0		70.3	100.0
	59.3	100.0		60.0	100.0		59.3	100.0		60.7	100.0
90.0	90.0	83.3	89.0	89.0	66.7	91.0	91.0	83.3	90.0	90.0	83.3
	78.3	100.0		77.7	100.0		79.0	100.0		78.3	100.0
	68.0	100.0		67.3	100.0		69.7	100.0		69.7	100.0
99.7	99.7	50.0	100.7	100.7	16.7	102.7	102.7	66.7	101.0	101.0	66.7
	87.0	50.0		88.3	100.0		92.0	75.0		89.7	83.3
	78.3	83.3		77.7	100.0		81.0	100.0		79.7	100.0
109.3	109.3	0.0	110.0	110.0	33.3	109.3	109.3	16.7	109.7	109.7	16.7
	96.7	66.7		97.3	50.0		97.0	83.3		94.7	83.3
	87.3	100.0		87.0	100.0		86.7	83.3		87.0	75.0

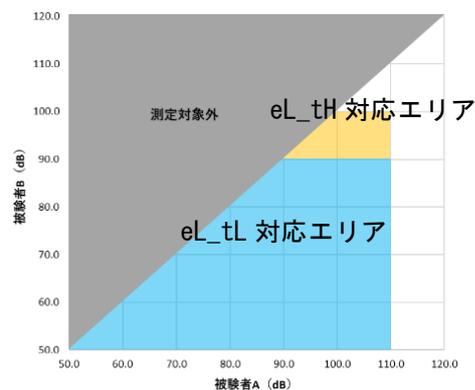


図-3 仕様検討結果

4. 作業所での実証実験

室内試験を踏まえ、山岳トンネル現場への適用性検討を実施した。山岳トンネル現場では、ロックボルト施工時が最も大きい騒音となり、実測では90dB以上を計測した。その作業環境において、表-2の4ケースにおいて対話性を確認したが、ICIでの実験の通り、90dB以下であればCase1(eL_tL)での対応で対話が可能であり、90dB以上では性能の高いトランシーバーが必要であった。また、耳栓の仕様はeLでも対話は可能であったが、eHの方がより明瞭に対話することが出来た。一方、装着性のヒアリング結果では、ヘルメットや防塵マスクに加えて装備するため、コードの多さなど、装着性の煩雑さが課題となった。

5. まとめ

本検討において、骨伝導ヘッドセットの現場適用検証を実施した。トンネル作業時に骨伝導ヘッドセットを用いたコミュニケーションは可能であるが、装着性等に課題が見られた。今後は、装着性の改善を行い、実現場の安全性向上に寄与したい。

謝辞

本検討にあたり、パナソニック株式会社、ICI、弊社作業所にご協力を頂きました。ここに感謝の意を表します。