

ポリカーボネート複層板を用いたトンネル漏水防止板の開発

Development of prevention board with Multi-wall Polycarbonate sheet for leakage in tunnel

独立行政法人北海道開発土木研究所 正員 三田村 浩(Hiroshi Mitamura)
 独立行政法人北海道開発土木研究所 正員 今野 久志(Hisashi Konno)
 (株)ケイジーエンジニアリング 正員 小澤 靖(Yasushi Ozawa)
 室蘭工業大学 フェロー 岸 徳光(Norimitsu Kishi)

1. まえがき

北海道内の道路トンネルでは、断面が狭小で建築限界に対する余裕が少ないもののがかなり存在している。一方、近年の通行車両の大型化や特殊車両の多様化に伴い、これらのトンネルでは、接触による漏水防止板の剥落事故が発生している。特に北海道のような寒冷地では、漏水が凍結しないことが要求されるため、漏水防止板には断熱材が用いられている。そのため漏水防止板の断面寸法が大きくなり、トンネル内空断面が建築限界に近接している事も剥落事故の大きな要因の一つである。

このような背景から、断面寸法が小さく、大型車両が通行時に接触した場合においても破断・剥落しにくく、内空断面に制限のあるトンネルにおいても適用可能な『新形式漏水防止板』の開発を行った。

本文ではその開発の概要について述べる。

2. 新形式漏水防止板の概要

トンネル漏水防止板の例を図-1に示すが、従来のものは断熱材により断熱効果を得ているため、トンネル内面から漏水防止板までは73~113mm程度を必要としていた。

一方、新形式漏水防止板は、ポリカーボネートを特殊技術で成形した中空構造の複層板(以下複層板と記す)を用いており、部材内の複数に分割された空間を密封することにより断熱性を得ている。したがって、従来型のような断熱材を必要とせず、トンネル内面から漏水防止板までの厚さを30mm程度とすることができ、従来型を設置する場合よりトンネル内空断面を広くすることが可能である。

複層板の断熱性について熱貫流率で比較して表-1に示すが、複層板(t=10mm)の熱貫流率は、従来型の断熱材60mmより小さく、断熱効果が高いことが解る。

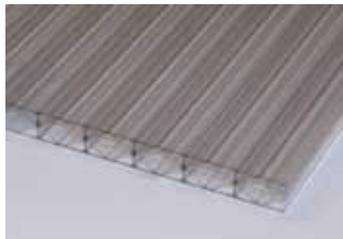


写真-1 ポリカーボネート複層板

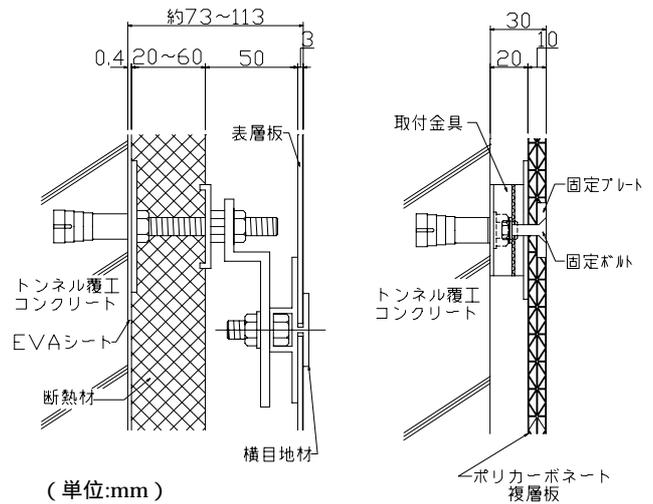
表-1 ポリカーボネート複層板の熱特性

断熱材種別	板厚 (mm)	熱貫流率 W/(m ² ·K)
ポリカーボネート複層板	10	2.5 ²⁾
従来型の断熱材	40	5.4*
	60	3.6*

*熱貫流率 = 熱伝導率:0.215 W/m·K¹⁾ / 厚さにより算出。

3. 新形式漏水防止板の開発実験

開発にあたっては、種々の実験を行ったが、ここでは新形式漏水防止板の断熱性実験、衝撃実験およびトンネル内



【従来型漏水防止板】 【新形式漏水防止板】
 図-1 トンネル漏水防止板断面図

に漏水防止板を設置して車両を接触させた現場衝突実験について述べる。

3.1 断熱性実験

複層板の断熱性および漏水が凍結しないことを確認するため、断熱性実験を行った。実験は、写真-2に示すように3面を断熱材で囲い断熱したコンクリートブロック(50×50×25cm)の表面から30mmの位置に複層板を設置し周囲を密封した。さらに、上部を断熱材で蓋をして密封し、容器内を、ドライアイスで強制冷却した。さらに、漏水を模して、40リットル/日程度の水を、小型ポンプを用いてコンクリートブロック表面に滴下させた。

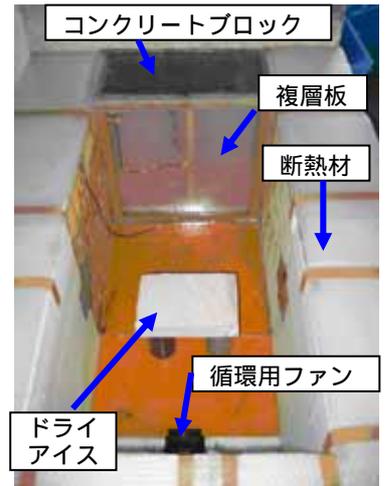


写真-2 断熱性実験方法

実験ケースは図-2に示すように複層板のみのケース1および複層板背面に断熱材(エアキャップ)を貼付けたケース2について行った。

実験は6日間実施し、外気温の日変動を模してドライアイスを一週1日1回程度の頻度で補充し、容器内の温度低下時に-30程度となるようドライアイスの量を調整した。

実験結果を図-3に示す。ケース1では、容器内温度は最低で-30.3まで下がったが、コンクリート表面温度は徐々に低下し最低でも-7.4であった。ただし、試験終了後にコンクリート表面を確認したところ、下部2/3程度の範囲は漏水が凍結していた。一方、ケース2では、容器内温度は最低で-34.3まで下がったが、コンクリート表面温度は実験期間を通してほぼ0以上に保たれており、試験終了後のコンクリート表面の観察結果でも漏水の凍結は見られなかった。

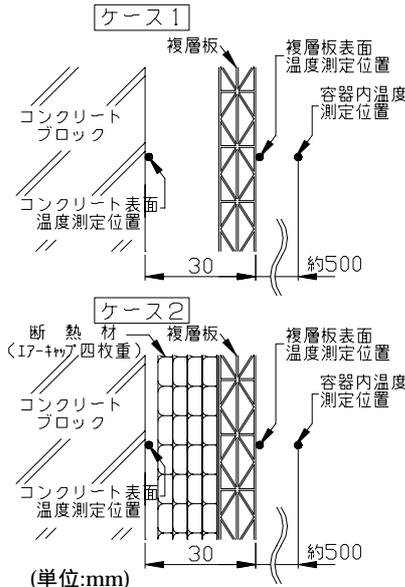


図-2 試験ケース

これらの実験結果から、複層板が断熱性に優れた材料であることが確認できた。さらに、外気温の条件が厳しい場合は、断面寸法に影響のない範囲で複層板背面に断熱材を貼付けることによって漏水の凍結を防止することが可能と考えられる。

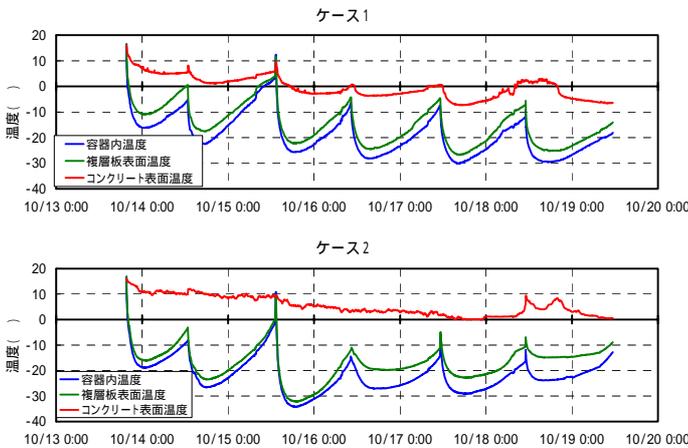


図-3 断熱性実験結果

3.2 衝撃実験

衝撃実験は、100×100cmの複層板の4辺をアングル材およびボルトで固定し、中央に重錘を落下させ衝撃荷重を加えた。重錘の質量は25kgで落下高さを25cmから25cmピッチで増加させた。

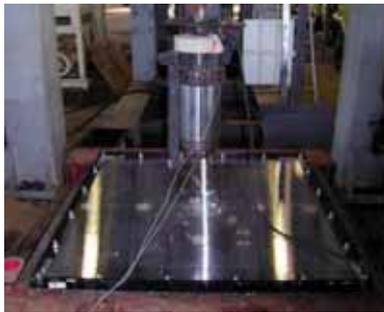


写真-3 衝撃実験状況

その結果、落下高100cmでボルト固定部分の複層板が損傷した。この時の最大変位は105.5mmであった。破壊状況は固定ボルト周辺の局所的な損傷で、複層板が割れる等の

状況は発生しなかった。トンネル内に複層板を設置した状況では、背面の空間は20mm程度となるが、この程度の変位では複層板自体が損傷することは無いことが明らかとなった。なお、測定加速度および重錘質量から算出した破壊時の衝撃荷重は6.1kNであった。

3.3 現場衝突実験

路線切替えにより現在使用されていないトンネルを利用して、複層板を用いたトンネル漏水防止板に大型車両等の接触を再現した現場衝突実験を行った。

漏水防止板(0.5m×2m)をトンネル延長方向に4枚×1列8m(中央部接触用)、反対側に4枚×上下2列8m(固定金具部接触用)を設置し、4tトラックの荷台に大型車両の端部を模擬し接触面を曲面とした架台を設置し接触させた。実験は、この車両を20km/h程度の速度で走行させながら、漏水防止板中央部および漏水防止板間の固定金具部に架台を数回接触させ、漏水防止板および固定金具等の損傷状況を確認した。



写真-4 漏水防止板設置状況 (4枚×上下2列8m)



写真-5 現場衝突実験

実験の結果、漏水防止板の接触部は局所的にリップのつぶれが生じ約12mm程度の残留たわみが生じたが、漏水防止板が大きく割れたり一部が剥落する損傷は見られなかった。端部の固定金具部は、固定金具が車両進行方向側に変形したものの固定金具やパネルの脱落は発生しなかった。

4. まとめ

ポリカーボネート複層板を用いた『新形式漏水防止板』は、従来型に比較して1/2以下の断面厚で、部材内の分割された空間を密閉することにより断熱性も確保されている。そのため、大型車両の通行時に接触しにくく、内空断面に制限のあるトンネルにおいても適用可能である。また、今回実施した実験結果から、断熱性と可撓性に優れかつ割れ難い材料であることから大型車両の接触に対して剥落などの損傷が生じ難いことが確認できた。今後は、さらに設置方法等についての改良を行い、実用化に向けて研究を進める計画である。

謝辞：開発にあたって(株)アイビス 坂本章一氏に多大なご協力を賜った。ここに、深く感謝の意を表する。

参考文献

- 1) 北海道開発技術センター；北海道開発局道路設計要領 第2集道路附帯設備，pp2-6-11,2004
- 2) 旭硝子株式会社；ツインカーボカタログ