

ETUDE SUR L'APPLICATION D'UN MATERIAU DE SURFACE TEXTILE POUR REVETEMENT ABSORBEUR DE CHOCS

Tadashi Watanabe* et Masato Murayama**

*Technical Laboratory, Watanabegumi Co., Ltd. **Technical Laboratory, TOA Road Industry Co., Ltd.
2801-1 Kihara, Miho-mura, Inashiki-gun, 315-126 Kaname, Thukuba-shi, Ibaraki-ken
Ibaraki-ken TEL: +81-298-77-4150/FAX: +81-298-77-4151
TEL: +81-298-85-8148/FAX: +81-298-85-8157 E-mail: m_murayama@muf.biglobe.ne.jp
E-mail: giken@watanabegumi.co.jp

Résumé

Dans les longs tunnels des régions enneigées, les véhicules sont obligés de retirer et remettre leurs chaînes antidérapantes dans des aires devant et derrière le tunnel afin d'éviter la rupture des chaînes et, à l'intérieur du tunnel, ils roulent sans chaînes sur les pneus. Le retrait et la remise des chaînes provoquent des encombrements de la circulation pendant cette saison où le trafic routier est important. La mise au point d'un revêtement permettant aux véhicules de rouler en conservant les chaînes sur les pneus (revêtement absorbant de chocs) s'est donc avérée souhaitable afin de résoudre le problème de ces embouteillages.

Dans la présente étude, nous avons étudié un matériau de surface textile pour une application possible pour revêtement absorbant de chocs en collaboration avec la Japan Highway Public Corporation (Régie Publique des Autoroutes du Japon). Les caractéristiques de ce matériau sont expliquées ci-dessous.

- 1) Une grande élasticité permet d'absorber la charge des chocs des véhicules en train de rouler.
- 2) Une importante résistance à la traction et au déchirement assure une haute résistance à l'abrasion due aux chaînes et une durabilité élevée.
- 3) L'éclaircissement par couleur est possible et une luminosité comparable à celle des revêtements en béton peut être espérée.
- 4) La construction est simplifiée (préfabrication).

La présente étude a été conduite en identifiant tout d'abord les fonctions nécessaires à l'utilisation dans les longs tunnels, au moyen d'essais en laboratoire. Sur la base du résultat de ces recherches, un revêtement d'essai a été mis en place dans un tunnel réel afin d'évaluer sa viabilité. Les résultats de cette étude sont les suivants.

Résultats des essais en laboratoire:

- o La profondeur d'usure mesurée par un test d'usure accélérée est pratiquement la moitié de celle du béton.
- o Les dommages des chaînes sont nettement inférieurs à ceux constatés sur un revêtement en béton.
- o Le taux de rebondissement mesuré à l'aide de balles de golf et la valeur mesurée de l'accélération des chocs sont considérablement inférieurs à ceux du béton, prouvant ainsi la capacité d'absorption des chocs de ce revêtement.

Revêtement d'essai (route réelle dans un tunnel) :

Le revêtement d'essai a été mis en place dans le tunnel Ishiuchi de l'autoroute Kan-Etsu.

Les résultats suivants ont été obtenus.

- o Aucun nid de poule ni désenrobage n'ont été constatés, confirmant ainsi une excellente adhérence.
- o Aucune ornière n'a été constatée même deux ans après la construction, confirmant ainsi l'excellence de la résistance à l'abrasion.
- o La résistance au dérapage a montré une légère tendance à la diminution.

En conclusion des résultats ci-dessus, on a considéré ce matériau comme dûment applicable pour revêtement absorbant, malgré le problème non encore résolu de la résistance au dérapage.

1. Avant-propos

Dans les longs tunnels des régions enneigées, les véhicules sont obligés de retirer et remettre leurs chaînes antidérapantes dans les stations prévues à cet effet afin d'éviter la rupture des chaînes. Cela provoque des encombrements de la circulation pendant cette saison où le trafic routier est important. La mise au point d'un revêtement permettant aux véhicules de rouler en conservant les chaînes (non-métalliques) sur les pneus s'est donc avérée souhaitable afin de résoudre le problème de ces embouteillages. La Japan Highway Public Corporation (ci-après dénommée JH), Watanabegumi Co., Ltd., et TOA Road Industry Co., Ltd. ont entrepris, en 1996-1998, des études en collaboration afin de mettre au point, sur la base d'une matière textile, un revêtement permettant d'absorber les chocs des chaînes non métalliques (chaînes en résille de caoutchouc) (ci-après dénommé revêtement absorbant de chocs).

2. Objectifs de la mise au point

Dans la présente étude conjointe, les rubriques et les objectifs suivants ont été définis pour les recherches sur le revêtement absorbant de chocs dans les tunnels.

1) Etude de la résistance à l'abrasion

- o Résistance à l'abrasion équivalente à celle de la surface de béton

La surface existante étant de béton, une résistance à l'abrasion non inférieure à celle de la surface de béton a été spécifiée pour l'application du revêtement absorbant dans le tunnel.

2) Etude du effet de protection contre la rupture des chaînes

- o Absence de dommages des chaînes non métalliques même après une marche de 500 km en continu à une vitesse de 70 km/h.

D'après l'étude des circonstances de marche lors de la mise en place obligatoire des chaînes pendant l'hiver dans la région de Yuzawa de l'autoroute Kan-Etsu, une vitesse de 70 km/h a été jugée appropriée comme vitesse objectif pour la mise au point. Par ailleurs, les résultats des essais par simulateur dans le laboratoire d'essais de JH, avec des pneus de voitures de transport de personnes, équipés de chaînes non métalliques (Mighty Net EL-6) très largement utilisées, sur la surface de béton ont montré que les chaînes n'étaient pas endommagées pendant une marche continue de 500 km au moins.

3) Etude de la résistance au dérapage

- o Supérieure à BPN60

Lors des essais en laboratoire pour la mise au point, la valeur standard de BPN spécifiée dans la procédure de contrôle de construction de JH a été appliquée. En ce qui concerne la vérification de la résistance au dérapage à l'aide d'un véhicule d'essai, nous avons décidé de l'effectuer après la construction du revêtement d'essai.

4) Etude de la résistance à la combustion

- o Equivalente à "incombustible" dans la Méthode d'évaluation de base "Mode A-A"

Il n'existe pas à l'heure actuelle de critères de résistance à la combustion pour la surface des revêtements. Toutefois, étant donné que le présent revêtement est appliqué dans les longs tunnels, nous avons vérifié que le matériau lui-même n'était pas inflammable et ne propageait pas l'incendie. Pour l'évaluation de la résistance à la combustion du matériau, nous avons adopté la Méthode d'évaluation de base "Mode A-A" spécifiant les critères d'évaluation de combustibilité des matériaux des véhicules ferroviaires.

3. Matériau de surface textile

La structure et les caractéristiques du matériau de surface textile sont indiquées ci-dessous.

3.1 Structure du matériau de surface textile

Le matériau de surface textile est fabriqué en utilisant comme tissu de base un noyau de fibre synthétique, comme le polyester, recouvert d'un tissu non-tissé en fibre synthétique, tel que le polyester, imprégné de résine synthétique mélangée de caoutchouc. L'épaisseur du matériau est de 6 à 8 mm. Une vue en coupe du matériau de surface textile est présentée dans la figure 3-1 ci-dessous.

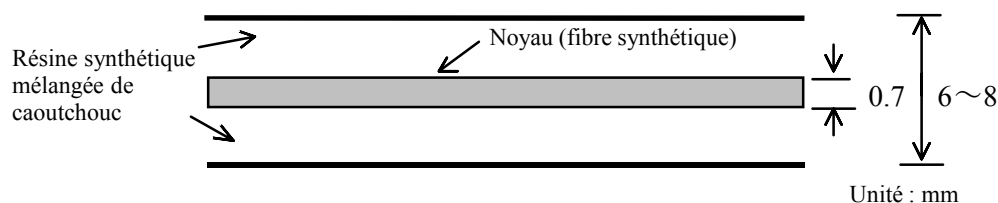


Fig. 3-1 Vue en coupe du matériau de surface textile

3.2 Caractéristiques du matériau de surface textile

Les caractéristiques du matériau de surface textile sont présentées ci-dessous.

- 1) Uniformisation du produit par fabrication en usine
- 2) Préfabrication de la structure du revêtement par découpage du produit en usine
- 3) Excellence de la résistance à la traction et au déchirement grâce à l'utilisation d'un tissu de fond en fibre synthétique.
- 4) Poids spécifique inférieur à ceux des autres matériaux de revêtement
- 5) Elasticité considérablement supérieure à celle des autres matériaux de revêtement

Les propriétés du matériau de surface textile sont indiquées dans le tableau 3-1.

Tableau 3-1 Propriétés du matériau de surface textile

Direction d'enroulement	Longitudinale	Laterale	Méthode d'essai
Résistance à la traction (kN/5 cm)	1.4	3.7	JIS L 1079
Allongement (%)	110,0	100,0	JIS L 1079
Résistance au déchirement (N)	127,4	215,6	JIS L 1079
Capacité de répulsion de l'eau	80,0		JIS L 1079
Poids spécifique (g/cm ³)	0,7		
Absorption de l'eau (%)	31,0		JIS L 1079
Module d'élasticité * (kPa)	5300 (330000***)		
Taux de rebondissement ** (%)	32,4 (78,9***)		

* à une pénétration de 2 mm des clous ** avec balles de golf

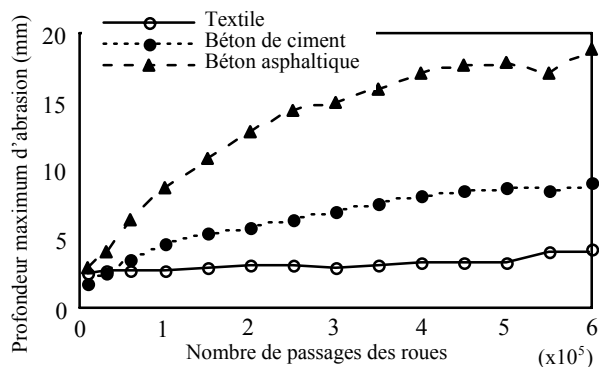
*** Revêtement en asphalte

4. Résultats des essais en laboratoire

En ce qui concerne la résistance à l'abrasion, la résistance au dérapage et l'effet de protection contre la rupture des chaînes, des études ont été effectuées à l'aide d'une machine d'essai d'usure accélérée et une évaluation définitive par simulateur à été menée par la suite. Les résultats des essais en laboratoire sont les suivants.

4.1 Résistance à l'abrasion

La figure 4-1 montre les relations entre la profondeur d'usure et le nombre de passages des roues recherchées avec un simulateur d'essai. Comme indiqué dans la figure, le béton asphaltique et le béton de ciment présentent une profondeur d'usure de plus en plus importante au fur et à mesure de l'augmentation du nombre de passages des roues, tandis que le matériau de surface textile ne présente pratiquement aucune variation. On peut donc présumer que l'utilisation de ce matériau de surface textile sur les routes ne présentera aucun problème pour ce qui est de l'usure.



Conditions d'essai

Pneus : Pneus simples pour voitures de transport de personnes

Charge des roues : 4 kN

Chaînes : Mighty Net EL-6

Vitesse de marche: 70 km/h

Température d'essai: 0°C

Fig. 4-1 Résultats des essais par simulateur

4.2 Résistance au dérapage

La figure 4-2 montre les relations entre la résistance au dérapage (BPN) et le nombre de passages des roues recherchées par essai de simulation. Comme indiqué dans la figure, la résistance au dérapage du matériau de surface textile est fluctuante, avec une valeur d'environ 55 (BPN) jusqu'à 200.000 passages de roues, pour se stabiliser ensuite, une fois ces 200.000 passages dépassés, à environ 60 (BPN). De ces résultats on peut conclure que l'utilisation réelle du matériau de surface textile sur les routes permettra de conserver une valeur très proche de l'objectif de BPN60.

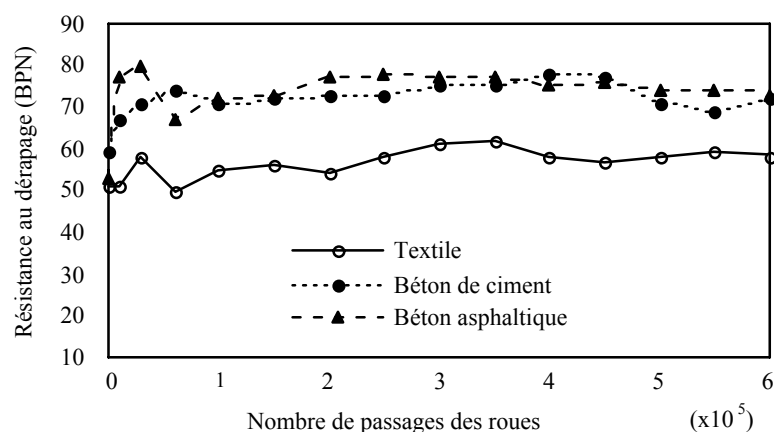


Fig. 4-2 Résistance au dérapage après les essais par simulateur

4.3 Effet de protection contre la rupture des chaînes

L'effet de protection contre la rupture des chaînes a été évalué sur la base du poids de perte et de l'état de dommage des chaînes soumises à l'essai d'usure accélérée. En ce qui concerne l'élasticité du revêtement qui semble influencer l'effet de protection contre la rupture des chaînes, des essais d'élasticité ont été effectués sur un échantillon pour essai par simulateur avec des balles de golf (absorption des chocs) et des balles en acier (rebondissement due à l'élasticité)(Annexe du manuel sur la procédure de mise à l'essai des revêtements de l'Association Japonaise des Routes) ainsi que des mesures de l'accélération des chocs par chute d'un poids (4 kg à partir d'une hauteur de 50 cm) (effectuées pour évaluer l'état des champs de courses de l'Association Japonaise de Courses JRA). Les résultats de ces essais peuvent être résumés de la manière suivante.

o D'après la variation du poids des chaînes présentée dans la figure 4-3, le poids des chaînes montre une perte d'environ 2% pendant 20 heures après la mise en essai dans le cas du matériau de surface textile. En revanche, dans le cas du béton de ciment et du béton asphaltique, le poids des chaînes montre une perte de plus de 10% pendant 20 heures après la mise en essai. Par conséquent, d'après l'évaluation de la variation de poids, le degré de dommage des chaînes sur le matériau de surface textile est d'environ 1/5 par rapport à celui sur le béton.

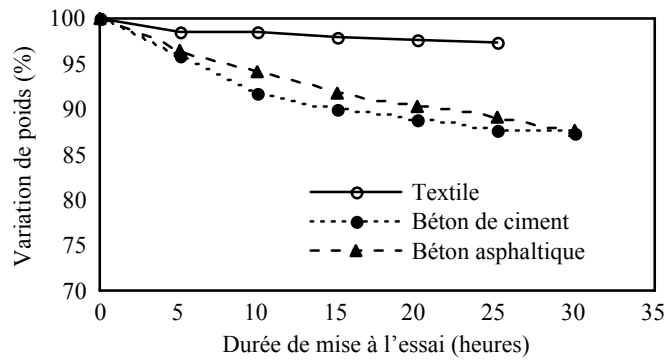


Fig. 4-3 Variation du poids des chaînes

o D'après l'état de dommage des chaînes en résille de caoutchouc, dans le cas du matériau de surface textile, les fibres formant le centre de la résille en caoutchouc commencent être visibles après 15 heures d'essai et, même après 20 heures, si le nombre des fibres visibles augmente, les fibres elles-mêmes ne sont pas déchirées. Par rapport à cela, les fibres commencent à être visibles après 5 heures d'essai dans le cas du béton, et après 20 heures, la totalité des fibres extérieures était déchirée. Par ailleurs, en ce qui concerne l'état de dommage des clous, aucun clou n'a été détaché après 25 heures d'essai dans le cas du matériau de surface textile, alors que dans le cas du béton, le détachement des clous commence après 5 heures d'essai (12 sur les 31 clous extérieurs), tous les clous extérieurs étant détachés après 15 heures.

o Comme le montre la figure 4-4, dans l'essai de chute avec balles de golf, le taux de rebondissement du matériau de surface textile est inférieur d'environ 20% à celui du béton asphaltique et du béton de ciment, prouvant ainsi sa souplesse et son élasticité. Par ailleurs, le taux de rebondissement avec balles en acier est compris entre 12 et 14% aussi bien pour le matériau de surface textile que pour le béton asphaltique et le béton de ciment, et aucune différence n'a pu être enregistrée. En outre, comme le montre la figure 4-5, l'accélération des chocs du matériau de surface textile est inférieure de 140 G et 190 G respectivement à celle du béton asphaltique et à celle du béton de ciment, prouvant ainsi une capacité d'absorption des chocs élevée.

D'après les résultats ci-dessus, le matériau de surface textile est très élastique et diminue le degré de dommage des chaînes considérablement par rapport au béton. On suppose donc que ce matériau pourra dûment remplir ses fonctions en tant que matériau du revêtement absorbant.

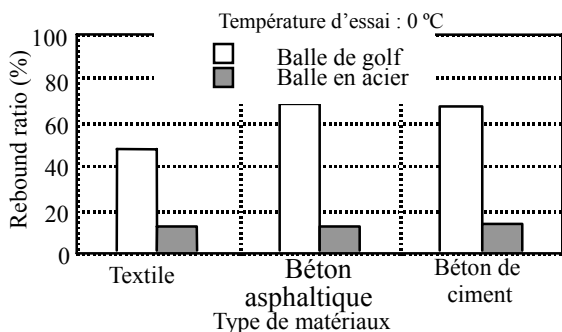


Fig. 4-4 Résultats des essais d'élasticité

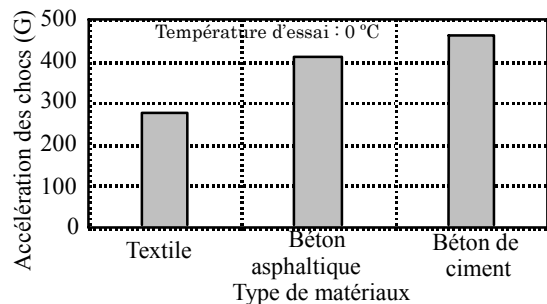


Fig. 4-5 Résultats des essais d'accélération des chocs

4.4 Essai de vérification de la résistance à la combustion

Il n'existe actuellement aucun règlement sur la résistance à la combustion des matériaux pour les revêtements des routes dans les tunnels. Toutefois, dans les longs tunnels, les incendies des véhicules au moment d'un accident peuvent se propager aux matériaux du revêtement et donner lieu à des désastres importants.

A cet effet, la résistance à la combustion du matériau de surface textile utilisé cette fois-ci a été vérifiée selon la procédure de mise à l'essai de combustion des matériaux des véhicules de JR (Mode A-A). Les résultats de ces essais sont indiqués dans le tableau 4-1.

Tableau 4-1 Résultats de l'essai de combustion

Critères d'évaluation de la combustibilité du matériau de surface textile					Produit		
Type	Incombustible	Très résistant à la combustion		Résistant à la combustion	Traditionnel	Modifié	
Pendant combustion à l'alcool	Feu	Non	Non	Constaté	Constaté	Constaté	Non
	Flamme	Non	Non	Constaté	Constaté	Constaté	Non
	Fumée	Très peu	Un peu	Un peu	Normale	Beaucoup	Un peu
	Force du feu	-	-	Faible	Ne dépasse pas l'extrémité supérieure	Dépasse l'extrémité supérieure	Ne dépasse pas l'extrémité supérieure
Après combustion à l'alcool	Flamme restante	-	-	Non	Non	Constaté	Non
	Poussière résiduelle	-	-	Non	Non	Constaté	Non
	Carbonisation	>100 mm	Ne dépasse pas l'extrémité supérieure	>80 mm	Ne dépasse pas l'extrémité supérieure	145 mm	110 mm
	Déformation	>100 mm	>150 mm	>150 mm	Déformation s'étendant jusqu'à la bordure et trous débouchant locaux	50 mm	0 mm
Evaluation de la résistance à la combustion					Non-passable	Passable	

Comme indiqué dans le tableau 4-1, la résistance à la combustion du matériau de surface textile initial de type traditionnel n'a pas été jugée passable. Toutefois, après la modification du type de caoutchouc imprégné dans le tissu de fond et l'imprégnation d'un inhibiteur de combustion, des résultats répondant aux critères ont pu être obtenus. A ce propos, il est à noter que ce produit était un prototype dans la phase d'essai en laboratoire

5. Revêtement d'essai

Un revêtement d'essai a été réalisé dans le but d'obtenir la documentation nécessaire pour identifier la résistance au dérapage et l'adhérence sur route réelle, ainsi que pour étudier les méthodes de construction du revêtement absorbant de chocs développé cette fois-ci.

5.1 Description du revêtement d'essai

Les aspects généraux du revêtement d'essai sont indiqués dans le tableau 5-1 et une vue en coupe de sa structure est présentée dans la figure 5-1. En ce qui concerne la vue en coupe de la figure, une couche d'asphalte matrice de pierre (granulométrie maximum de 5 mm) a été utilisée comme sous-couche. Toutefois, étant donné que la profondeur maximum des ornières à la surface du revêtement existant a été de 18 mm, la surface a été fraisée jusqu'à une profondeur de 30 mm et grenillée, et une sous-couche de 24 mm d'épaisseur a été posée.

Tableau 5-1 Aspects généraux du site d'essai

Date de construction		29 septembre 1997 au 3 octobre 1997
Emplacement		Tunnel Ishiuchi de l'autoroute Kan-Etsu
Dimensions	Largeur	3 m
	Longueur	100 m
	Superficie	300 m ²
Revêtement existant		Revêtement en béton

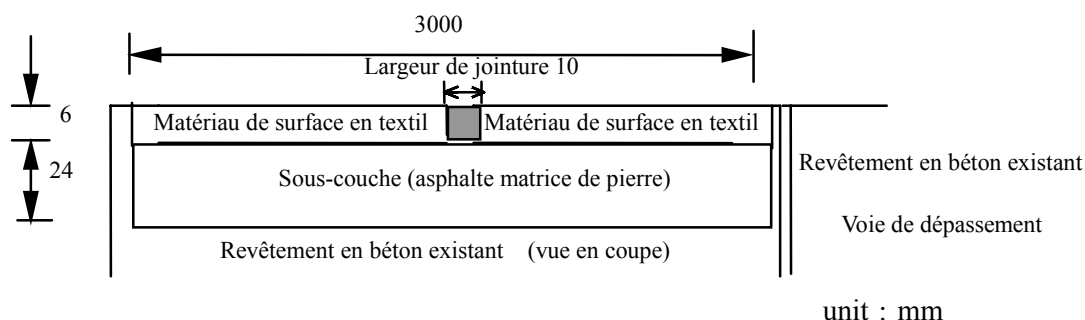


Fig. 5-1 Vue en coupe du revêtement d'essai

5.2 Méthode de construction

La présente méthode de construction consiste à appliquer (par épandage) une mince couche de matériau de surface textile sur la surface de la route. Par conséquent, la sélection de l'adhésif et l'état de cette surface sont particulièrement importants.

De nombreux adhésifs ont tout d'abord été étudiés et c'est du bitume caoutchouté (matériau de toiture) qui a montré la meilleure adhérence. En ce qui concerne l'état de la surface, il est important qu'elle soit bien sèche et ne comporte ni saleté ni poussière. La figure 5-2 présente le schéma fonctionnel de la construction.

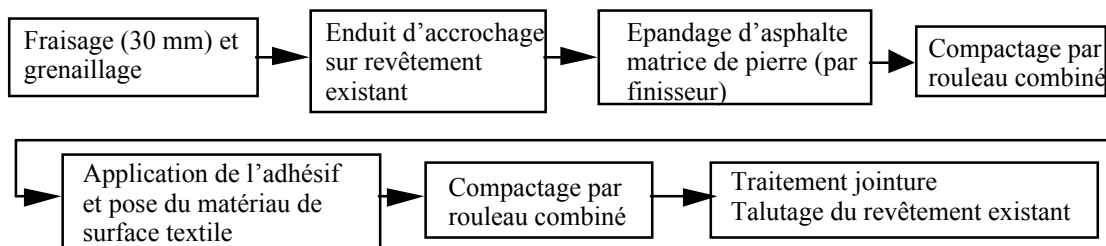


Fig. 5-2 Schéma fonctionnel de la construction

5.3 Performances du revêtement d'essai

Les résultats des recherches effectuées immédiatement après la construction sont présentés dans le tableau 5-2. Un résumé de ces résultats est présenté ci-dessous.

- o En ce qui concerne la résistance au dérapage du revêtement d'essai, le coefficient de résistance au dérapage par gros véhicule d'essai de résistance au dérapage et testeur de friction dynamique a été confirmé à plus de 0,5 μ , ce qui correspond donc à une résistance au dérapage satisfaisante. Le BPN est de 60, à savoir une valeur pratiquement identique à celle obtenue par essai en laboratoire.
- o La texture de surface mesurée par mini-compteur de texture a donné la valeur de 0,3 mm environ. Cette valeur est légèrement inférieure à celle du revêtement en asphalte ordinaire (0,4 mm environ)
- o La rugosité de surface a été de 1,04 pour le passage des roues extérieures et de 1,12 pour le passage des roues intérieures, à savoir des valeurs satisfaisantes malgré la faible longueur de construction de 100 m (valeur critère pour l'entretien et les réparations : moins de 1,3).
- o L'adhérence recherchée par essai de résistance à la traction a été équivalente à 400 kPa. S'il n'existe pas de critère clairement défini permettant de déterminer le degré d'adhérence nécessaire pour ce matériau, les résultats d'application utilisant le même adhésif ont montré qu'aucun désenrobage n'avait été constaté pendant six ans. De ceci on peut conclure qu'aucun problème ne sera relevé avec un tel degré d'adhérence.
- o Pour ce qui est de la capacité d'absorption des chocs, la valeur mesurée à l'aide de balles de golf a été inférieure de 10% environ à celle mesurée par essai en laboratoire (augmentation de l'élasticité).

Tableau 5-2 Résultats des essais immédiatement après la construction

Rubrique d'essai	Méthode de mesure	Résultat des essais
Résistance au dérapage	Gros d'essai de résistance au dérapage (μ)	0,507 (vitesse d'essai : 75 km/h)
	Testeur portable de résistance au dérapage (BPN)	60
	Testeur de friction dynamique (μ)	0,52 (vitesse d'essai : 80 km/h)
Texture de surface	Mini-compteur de texture σ (mm)	Passage des roues extérieures: 0,30 Passage des roues intérieures: 0,32
Rugosité de surface	Compteur de profil 3 m σ (mm)	Passage des roues extérieures: 1,04 Passage des roues intérieures: 1,12
Adhérence	Essai de résistance à la traction (kPa)	400
Capacité d'absorption des chocs (Essai d'élasticité)	Rebondissement de balles de golf (%)	33
	Rebondissement de balles en acier (%)	9

5.4 Etat de viabilité

- o L'état de la surface pendant deux années environ après la mise en service a été satisfaisant, sans aucune ornière ni désenrobage, à l'exception des fissures produites par les lames des chasse-neige aux alentours de l'ouverture du tunnel.

o La résistance au dérapage diminue progressivement peu à peu après la mise en service et le coefficient de résistance au dérapage est arrivé à la valeur de $0,2 \mu$ environ (mesuré par gros véhicule d'essai de résistance au dérapage) après environ deux ans. Cette diminution est supposée être due à la déformation permanente et à une légère consolidation du matériau de surface textile.

En fonction des résultats précédents, si le présent revêtement d'essai n'a présenté aucun dommage à la surface, il a été néanmoins retiré après environ deux années de service en tenant compte de la possibilité d'accident par dérapage.

6. Problèmes futurs

1) Méthode d'application

Il sera nécessaire d'examiner une méthode d'application à froid, car la fusion de l'adhésif prend un temps considérable, et en prenant en considération les risques de brûlures puisque l'adhésif fondu à haute température est répandu par main d'œuvre.

2) Assurance d'une résistance au dérapage stable

La diminution de la résistance au dérapage est relativement importante dans les conditions de service. Il est par conséquent nécessaire d'apporter des améliorations au produit afin d'assurer une résistance au dérapage stable.

7. Conclusion

La présente étude a porté sur la recherche des possibilités d'application d'un nouveau matériau de surface textile pour revêtement absorbant de chocs. Les résultats de cette étude ont montré que les objectifs de la mise au point ont été dans l'ensemble atteints. Toutefois, il reste encore nécessaire d'améliorer la résistance au dérapage de ce matériau.

En dernier lieu, nous souhaitons exprimer notre profonde reconnaissance aux membres de la Section de recherche sur les revêtements du Laboratoire d'essai et de l'Office administratif de Yuzawa du Bureau administratif de Kanazawa de la Japan Highway Public Corporation pour leur précieux soutien.