

REVETEMENT A FONCTION ANTIGEL RECOUVRABLE

Masaki Sazawa

Laboratoire de Recherches Techniques, GAEART KUMAGAI CO., LTD.

216-1 Kokinu Yawara, Tsukuba Ibaraki 300-2445 Japon

Tél.: +81-297-52-4751 / Fax: +81-297-52-2579

E-mail: msazawa@gaeart-k.com

1. Résumé

Dans les régions froides et neigeuses, de nombreuses méthodes établies ont été mises en œuvre pour prévenir la formation des couches de glace sur la chaussée.

Certes, des systèmes de chauffage de la chaussée sont efficaces, mais la construction et l'entretien de tels systèmes sont fort onéreux.

Il existe d'autres méthodes utilisées, telles que la mise en œuvre des enrobés hydrocarbonés dans lesquels est incorporé des sels (c'est-à-dire des matériaux tels que le chlorure de calcium) et des enrobés avec des grains d'élastomère comme le caoutchouc.

Les revêtements contenant des sels perdent leur efficacité 1 an ou 2 ans après leur construction, par le fait de l'élimination des sels solubles.

Les grains d'élastomère contenus dans le revêtement ont tendance à sortir en été, en général à cause de la baisse de la résistance combinée. Par ailleurs, la chaussée asphaltée peut être sillonnée d'ornières.

Il est important que l'on puisse conserver l'efficacité de la fonction antigel du revêtement aussi longtemps que possible, et la recouvrer lorsque le revêtement aura perdu son efficacité.

Un revêtement pour la chaussée à fonction antigel recouvrable satisfaisant à ces conditions a été mis au point et déjà en service.

Le présent exposé décrit les résultats des essais effectués sur le terrain ces 3 dernières années, ainsi que les améliorations apportées à leur vie utile et à l'efficacité.

2. Introduction

Le Revêtement à Fonction Antigél Recouvrable est une couche mince en enrobé à granularité ouverte dont les vides sont remplis du coulis de ciment, composé du ciment Portland, des sels spécifiques et d'un polymère ultra absorbant (montrés à la Figure 1).

Le sel est préparé sous forme d'une solution aqueuse que le polymère peut absorber en grande quantité.

Le polymère présent dans le coulis contenant du sel remplit les vides de la couche superficielle de la chaussée.

Le sel contenu dans le polymère suinte progressivement à la surface du revêtement, favorisant ainsi le décollement de la plaque de glace.

Ce revêtement peut conserver une plus longue période son efficacité grâce au polymère qui absorbe, retient et libère continuellement le sel en solution.

Egalement, l'efficacité antigel peut être recouverte et maintenue en aspergeant périodiquement le revêtement d'une solution salée.

Vue en Coupe d'un Revêtement à Fonction Antigel Recouvrable

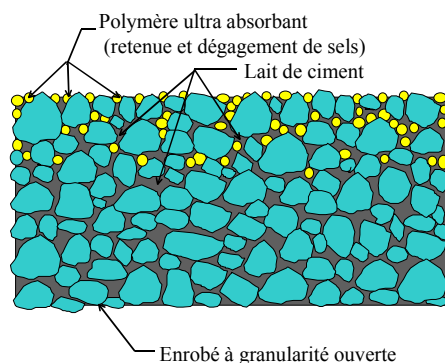


Fig. 1 Vue en Coupe d'un Revêtement à Fonction Antigel Recouvrable

3. Matériaux

3.1. Polymère ultra absorbant

Le polymère ultra absorbant mentionné ci-dessus est un acétamide poly N-vinyle (PNVA: réalisé par SOHOWA DENKO K.K.), pouvant absorber une solution des sels à de fortes concentrations. Les polymères traditionnels ayant un pouvoir absorbant élevé, tels que le polymère polyacrylique utilisé pour la fabrication des couches pour bébé, par exemple, ils ne peuvent pas répéter l'absorption et la libération de l'eau à plusieurs reprises. Cependant, le PNVA mis au point par Showa Denko K.K., société japonaise de produits chimiques, peut en absorber et libérer plusieurs fois et d'une manière régulière. Le PNVA est également considéré comme approprié au reboisement des déserts par plantation, car il a une excellente résistance aux intempéries d'une part, ne se désagrège pas, à la différence d'autres polymères de ce genre, au bout de quelques mois. En outre, le PNVA absorbe de l'eau ou de la solution sans être influencé par les ions présents dans l'eau, car c'est un matériau qui ne peut pas être ionisé, donc ne contient pas de bases dans sa structure moléculaire. ⁽¹⁾

Le PNVA a été amélioré, afin de résoudre quelques problèmes de la mise en œuvre. Quelquefois le remplissage des vides par le polymère n'avait pas pu être achevé correctement, à cause de la vitesse de dilatation du PNVA trop grande pour permettre au lait de ciment de s'infiltrer dans les interstices de l'enrobé à granularité ouverte.

Par conséquent, même si les revêtements construits présentaient des résistances mécaniques suffisamment élevées, leur résistance au gel et au dégel étant insuffisante, ils s'abîmaient vite.

En revêtant d'une couche hydrophobe les grains du PNVA, sa vitesse de dilatation a été réduite, et le nouveau PNVA permettait sa mise en œuvre pendant environ 20 minutes.

3.2. Sels

Les sels pouvant être utilisés sont des sels inorganiques, tels que le chlorure de calcium, le chlorure de potassium, ainsi que les sels organiques, tels que l'acétate de potassium, l'acétate de calcium, l'acétate de magnésium, et le propionate de sodium.

Parmi ces exemples, un acétate, tel que celui de potassium est préférable, car il abaisse le point de gel, bien plus que le chlorure de calcium. Pour cette raison, il est plus efficace pour prévenir le gel à une température basse. En plus, il entraîne peu d'effets pervers pour la résistance du ciment Portland et il n'attaque ni les aciers, ni d'autres métaux.

3.3. Lait de ciment

La composition du lait de ciment a été formulée en tenant compte de la capacité de retenue de la solution de sels, de la durabilité et de l'aptitude au façonnage. La fluidité du lait de ciment, le PNVA y compris, est évaluée par la valeur d'écoulement mesurée selon la méthode d'entonnoir type P.

Le lait de ciment peut être coulé facilement lorsque sa valeur d'écoulement est comprise sur une plage variant de 9 à 12 secondes.

Le ciment Portland utilisé pour cette méthode devra être du genre à prise ultra rapide, car le PNVA aura absorbé de la solution de sels et atteindra son volume maximal dans les 2 heures dans le lait de ciment. Et à la surface de la chaussée, trop de grains de polymères risquent de s'amasser, à cause de la poussée, pour finalement sortir de la couche du revêtement. Pour cette raison, le ciment à utiliser cité ci-dessus doit absolument pouvoir prendre en moins d'une heure.

Le ciment à prise ultra rapide est utilisé comme composé d'un béton prépaqt. Ce ciment est mélangé avec du sable siliceux et de l'émulsion acrylique. Par ailleurs, du pigment, en l'occurrence noir de carbone, y est ajouté et mélangé à l'ensemble, en vue d'accélération de la fonte des neiges en plein jour.

3.4. Enrobé à granularité ouverte

La distribution granulométrique des agrégats pour un enrobé à granularité ouverte est montrée au tableau-1. Elle a été déterminée en prenant en considération leur vie utile dans des régions froides. Au premier stade des études, on optait pour un taux des vides 22 à 23% dans l'enrobé, compte tenu du taux de dilatation important du PNVA. Cependant, ce taux a été ramené à 15 à 21% maintenant, par suite de l'amélioration apportée à la vitesse de dilatation. Egalement, s'agissant du bitume, il faudra opter pour le bitume modifié ayant une viscosité très grande, pour pouvoir éviter des dommages prématurés dans les régions froides.

**Tableau-1: Fraction granulométrique par tamisage
des agrégats pour enrobé à granularité ouverte**

Maximum size (mm)	Dimensions des mailles (mm)							
	19,0	13,2	4,75	2,36	0,600	0,300	0,150	0,075
13	100 (%)	92~ 100	9~ 31	9~ 21	4~ 17	3~ 12	3~ 8	2~ 7

Les valeurs standard pour essai de stabilité Marshall sont montrées au tableau-2. Il est particulièrement important que la valeur de perte par l'essai Cantabro à -20°C soit égale ou inférieure à 20%.

Tableau-2: Valeurs standard pour essai de stabilité Marshall

Poste	Valeurs Standard de la méthode Marshall
Densité (g/cm ³)	Egale ou supérieure à 1,90
Stabilité (KN)	Egale ou supérieure à 4,90
Valeur d'écoulement (1/100cm)	20~40
Vides (%)	15~21
Teneur en bitume ^(*) (%)	4,5~5,5
Essai Cantabro (à -20°C)	Egale ou inférieure à 20%

(*) Grande Viscosité du bitume modifi

4. Caractéristiques

Des caractéristiques du lait de ciment contenant du PNVA et du revêtement antigél sont montrées au tableau-3 à titre d'exemple. Leurs caractéristiques typiques sont pratiquement similaires à celles du revêtement semi-flexible ⁽²⁾. Mais, la valeur de la résistance au patinage (BPN à 20°C) est plus élevée que celle du revêtement semi-flexible (la valeur typique étant comprise entre 50 et 60), car le revêtement semi-flexible a tendance à exsuder de l'eau de gâchage, juste après l'injection du lait. Cependant, cette méthode de construction ne pourra pas occasionner l'exsudation en ce qui concerne le polymère.

Tableau-3: Caractéristiques du lait de ciment y compris le PNVA, et du revêtement antigél

	Poste	Valeur	Valeur standard pour le revêtement semi-flexible fixée par la JRA*	Méthode d'essai
	Lait de ciment y compris le PNVA	Valeur d'écoulement par le Type P (sec.)	10,0	10~14
Résistance à la compression à 7 jours (N/mm ²)		27,8	9,8~29,4	JIS R 5201
Résistance à la flexion à 7 jours (N/mm ²)		5,7	2,0 ou plus	JIS R 5201
Revêtement antigél	Poste	Valeur	Valeur standard pour le revêtement semi-flexible	Méthode d'essai
	Résistance à la flexion (N/mm ²)	2,5	1,8**	Méthode d'essai JRA(20°C, 7 jours)
	Stabilité dynamique (Nombre / mm)	20.000	—	(60°C, 0,68KN, 42 Nombre / min.)
	Quantité d'usure suite à l'essai d'érosion (cm ²)	0,82	—	(-10°C, Chaîne transversale utilisée)
	Résistance au patinage (BPN)	65	60 ou plus (Spéc.JH***)	ASTM E 303 (20°C)

*JRA pour Japan Road Association (Association japonaise des routes)

** Spécification de la Régie des Autoroutes métropolitaines

*** JH pour Japan Highway Public Corporation (Corporation publique des routes)

5. Durabilité sous l'effet des essais de gel et de dégel

La durabilité sous l'effet de gel et de dégel dans les régions froides a été vérifiée au moyen d'un essai consistant à appliquer au revêtement 150 cycles de gel à -20°C et de dégel à 10°C . Avant de procéder à l'essai de gel et de dégel, le sel contenu dans l'échantillon fut complètement éliminé. Après avoir procédé au gel et au dégel de l'échantillon, un essai d'érosion à chaîne (une chaîne transversale a été utilisée: la température à l'essai était de -10°C : la durée de l'essai étant de 90 minutes) ainsi qu'un essai à basse température Cantabro (la température à l'essai était de -20°C : 300 rotations) ont été effectués.

La qualité des trois types des enrobés (c'est-à-dire l'enrobé à granularité ouverte à bitume modifié ayant une forte viscosité, le revêtement antigel avant et après l'amélioration) a été éprouvée en vue de les comparer. Les résultats des essais sont indiqués aux Fig. 2 et 3.

La Fig. 2 montre les résultats d'un essai d'érosion par chaîne. Elle indique qu'il n'y a pas eu de différence entre les revêtements avant et après la modification. Un bon résultat, par rapport à l'enrobé à granularité ouverte, a été constaté également. Cependant, il y eut des dégâts au début de l'expérience sur le terrain dans des régions froides, avant l'amélioration du revêtement. Ces faits démontrent que leur vie utile n'est pas la même.

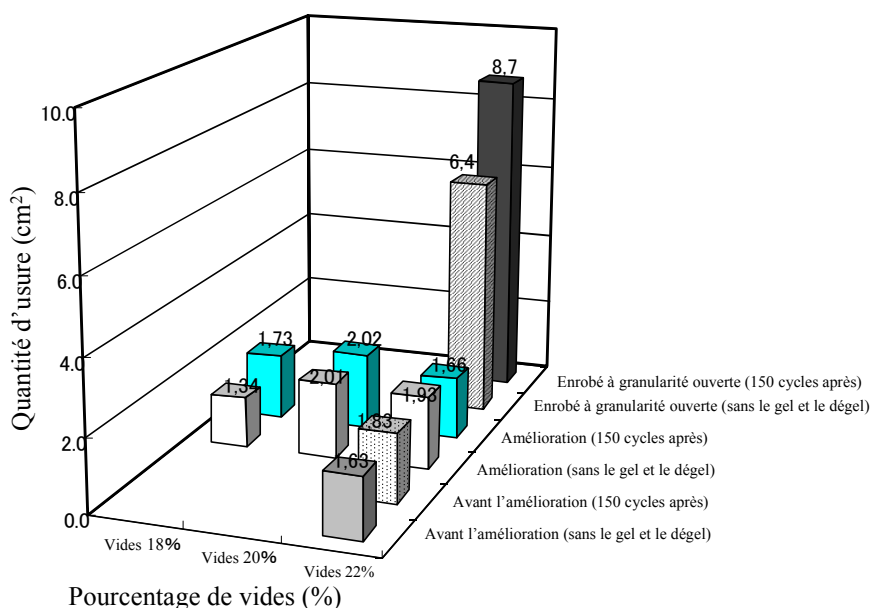


Fig. 2 Résultats d'essai d'Érosion après le dégel et le gel

Le résultat de l'essai Cantabro qu'il existe une différence entre eux. Le revêtement amélioré indique que la perte à l'essai Cantabro diminuait jusqu'à la moitié environ de celle observée avec un enrobé à granularité ouverte, ce qui démontre l'efficacité de l'amélioration.

On voit que la résistance à la sortie des agrégats du revêtement en hiver a été améliorée.

Aussi, compte tenu de ce qui précède, faudra-t-il s'attendre à un problème concernant la durabilité de l'enrobé à granularité ouverte dans les régions froides.

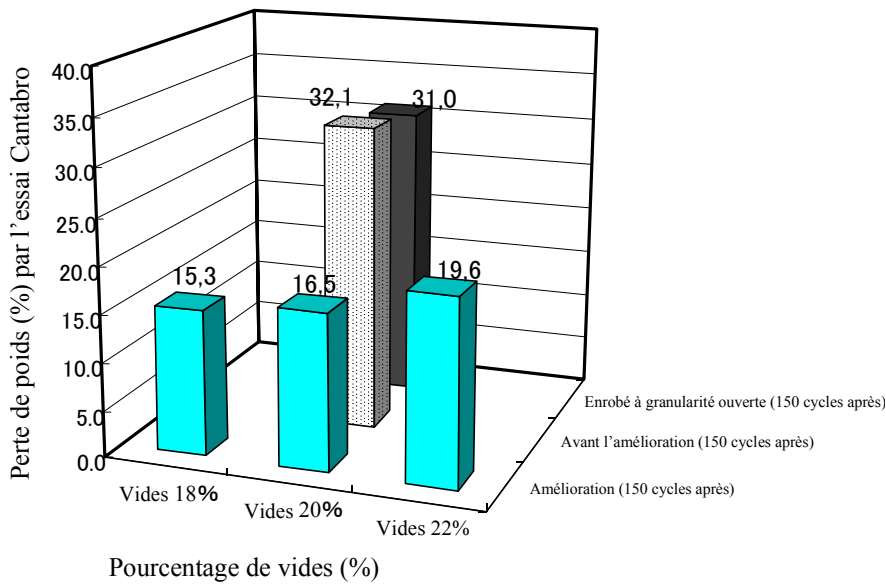


Fig. 3 Résultats d'Essai Cantabro à basse température, après le gel et le dégel

6. Essai d'adhérence de la plaque de glace

La Fig. 4 montre des courbes d'adhérence de la plaque de glace au revêtement par rapport à la température. Elle montre clairement que le niveau d'adhérence de la plaque de glace sur le revêtement antigel (mis à part l'effet des sels contenus) est de l'ordre de 1/7 à -5°C , 1/4 à -10°C et de 1/2 à -15°C respectivement du niveau d'adhérence sur les revêtements traditionnels, tels que celui en béton ou asphalté, ou encore le revêtement semi-flexible.

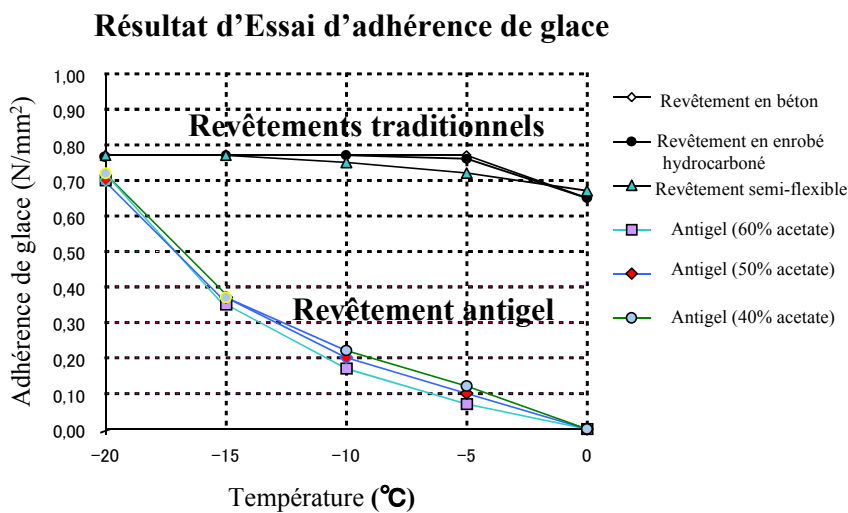


Fig. 4 Résultat d'Essai d'adhérence de glace

Ce résultat indique que la plaque de glace sur la chaussée s'en détache facilement sous la charge des véhicules.

La Figure 5 donne un aperçu de l'équipement de l'essai. Par ailleurs, l'essai a été effectué conformément à la méthode établie par le Groupe de Recherche sur les Revêtements Antigél au Japon ⁽³⁾.

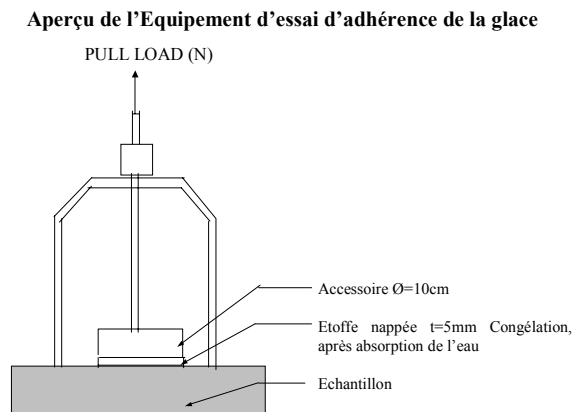


Fig. 5 Equipement d'essai d'adhérence de la glace

7. Essais répétitifs

La Figure 6 illustre le résultat des essais répétitifs effectués pour vérifier l'adhérence de la plaque de glace sur le revêtement antigél.

L'évolution de l'adhérence de la glace par rapport au nombre d'essais de gel répétés à -10°C est tracée sur le graphique. La Fig. 6 montre clairement que l'adhérence de la plaque de glace sur le revêtement antigél (mis à part l'effet des sels contenus) tend à augmenter progressivement en fonction du nombre d'essais répétés. Lorsque l'adhérence de la glace atteignait la valeur maximale de l'ordre de $0,25 \text{ N/mm}^2$, de la solution de sel fut pulvérisée sur le revêtement.

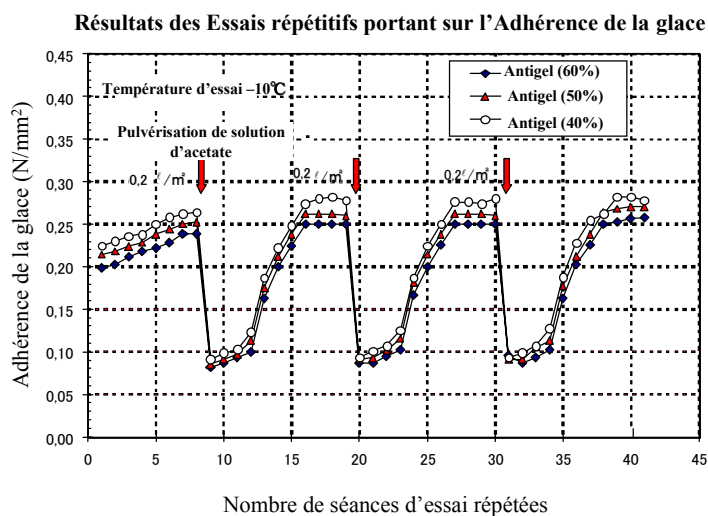


Fig. 6 Résultats des Essais répétitifs portant sur l'Adhérence de la glace

Le présent essai sur le terrain montre que les sels du revêtement, mis en place à un taux de 0,1 litre/m² se perdent rapidement à cause de leur solubilité.

Mais quand 0,2 litre/m² ou plus ont été pulvérisés, la diminution de la teneur en sels devient sensiblement plus lente. Ceci étant, un taux de pulvérisation de 0.2 litre/m² ou plus est préconisé.

La Photo 1, prise en mars 2001 au département d'Iwate, par -5°C, montre bien les effets d'un revêtement antigel. Elle présente la chaussée construite en octobre 2000, objet de notre essai. Le résultat obtenu de cet essai était probant.

Résultats d'Essais sur le Terrain concernant la teneur en sel d'origine et celle rétablie

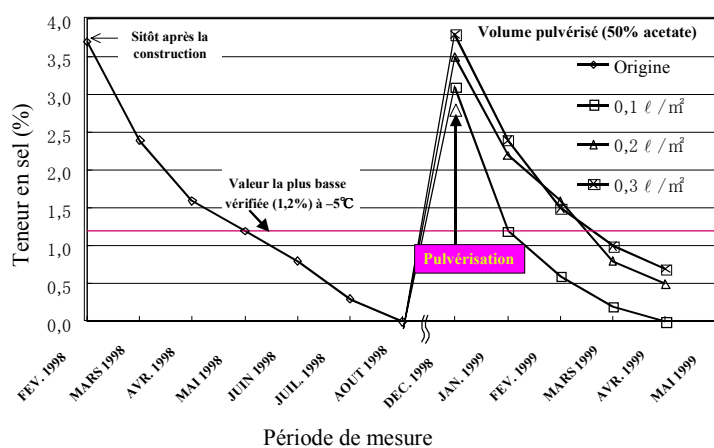


Fig. 8 Résultats d'Essais sur le Terrain concernant la teneur en sel d'origine et celle rétablie



Photo-1. Département d'IWATE (Photo prise en mars 2001, par -5°C)

La Photo 2 montre la durabilité du revêtement construit sur un pont en béton armé, en décembre 2000, selon la méthode des travaux améliorée du revêtement. Ce site est situé à 44°30' N à Hokkaido, une des régions les plus froides du Japon. La plus basse température de la région en hiver atteint -20°C et la chute des neiges y est abondante.

La durabilité était satisfaisante, même dans ces conditions très sévères.



Photo-2. Département HOKKAIDO. (Photo prise en avril 2001)

9. Conclusions

Compte tenu des résultats d'observation de 3 ans, on peut conclure comme suit:

- (1) Dans des régions froides dont les conditions climatiques sont sévères, pour l'enrobé à granularité ouverte, il faudra utiliser un bitume modifié à forte viscosité. Le revêtement se dégradera très rapidement, avec d'autres matériaux.
- (2) Dans les régions froides, l'essai de durabilité devra être effectué, avec l'essai Cantabro à basse température, après le gel et le dégel.
- (3) L'effet antigel est suffisamment efficace avec une teneur en sel de 1,2%, par -5°C .
- (4) La teneur en sel peut être recouverte, malgré qu'elle a tendance à diminuer irréversiblement. L'effet antigel peut être observé jusqu'à 3 ans.
- (5) Les résultats d'essais sur le terrain montrent que le revêtement antigel amélioré n'a pas d'effets pervers qui risqueraient de nuire à la performance du revêtement, tels que l'apparition des ornières, de l'érosion, des fissures, des problèmes structuraux, etc.

Cependant, l'évolution de la performance du revêtement antigel devrait être suivie, jusqu'à ce que l'efficacité et la durabilité des travaux par ladite méthode seront confirmées.

<Références>

- 1) Maeda M: Développement et Industrialisation de l'acétamide poly N-vinyle (en langue japonaise), Chimie Economique, décembre 1996
- 2) Suzuki T, Okudaira M: Méthode d'Essai pour le Revêtement Semi-Flexible (en langue japonaise), Hosono (Revêtement), revue mensuelle publiée par le Ministère de l'Équipement, 36-41 pp, février 1995
- 3) Shimazaki et al.: Développement de la Méthode de Mesure de l'Adhérence de la Glace et Etude sur leur Applicabilité (en langue japonaise), Recueil des Résumés des Discours à l'occasion du 50^{ème} Anniversaire de la Société Japonaise des Ingénieurs Génie Civil, Vol. 5, 516-517pp, septembre 1995