

AMELIORATION ET EXAMINATION DES EFFETS DE LONGUE DUREE DE COMPOSES CHLORHYDRIQUES POUDREUX POUR CHAUSSEMENTS ANTI-GELE

de: Dr. Shuusuke Suzuki and Teruhiko Maruyama**

***Chercheur Sénior de la section
développement, au Laboratoire de Recherche,
Taisei Rotec Corporation
1456 Kamiya Kounosu, Saitama 365-0027
Japon
Tel: +81-48-541-6511/Fax: +81-48-541-6500
E-mail: shuusuke_Suzuki@taiseirotec.co.jp**

****Professeur du Département du Génie Civil
et de l'Environnement,
Université de Technologie de Nagaoka
1603-1 Kamitomioka-machi Nagaoka,
Niigata 940-2188 Japon
Tél: +81-258-47-9613/Fax: +81-258-47-9613
E-mail: terem@vos.nagaokaut.ac.jp**

1. Introduction

Des produits anti-gèle poudreux pour chaussements, abaissant le point de congélation de l'eau sur la surface routière, se basent sur sels chlorhydriques, ont été importés de l'Allemagne (au Japon) dans les années 80.

Ces matériaux anti-gèle poudreux sont ajoutés en tant que filler dans le mélange d'asphalte. Le contenu de ces matériaux varie entre 7 à 8 % du poids du mélange final. C'est pourquoi, ici au Japon, on emploie ces matériaux anti-gèle dans des mélanges d'asphaltes (désignés de la lettre "F") ayant relativement beaucoup de filler dans les régions froides du pays.

L'emploi des pneus à clous a été interdit en 1990. Ce sont justement ces pneus qui ont menés à l'usure rapide des chaussées, ce qui a fait apparaître des chaussements anti-gèle. Mais le problème qui restait à surmonter était celui de trouver un chaussement anti-gèle actif pour une période prolongée.

Le but de notre recherche était de prolonger les effets anti-gèle des chaussements anti-gèle basés sur des sels chlorhydriques. Par ailleurs, nous avons aussi trouvé un mélange adéquat qui ne se base pas sur l'usure du chaussement lui-même, mais plutôt sur la composition du mélange. Finalement, nous proposerons une expérience pouvant être effectuée au laboratoire dans le but de vérifier l'effet d'anti-gèle.

En plus de cela, nous avons amélioré ces matériaux anti-gèle, qui pourraient à la limite aussi être recyclés avec des mélanges d'asphalte conventionnels.

2. Matériaux anti-gèle

Le tableau 1 nous donne une vue générale de notre recherche sur les matériaux anti-gèle.

Tableau-1 Vue générale des matériaux anti-gêle

Apparance	Poudre		
Caractéristiques	Densité réelle	2.25~2.35	
	Densité volumétrique	0.93~0.99	
	Distribution de la grandeur de particules	Ouvertures	Quantité passante
		150 μ m	>90%
		75 μ m	75~90%
	pH	8.0~8.5	
Humidité (%)	<0.5		
Concentration de sel (%)	55±10		
Constituants	Chloride de sodium; dioxyde de silicium; carbonate de calcium; oxyde de magnésium; oxyde de fer (II)		

3. Considerations sur l'effet anti-gêle de longue durée

3.1 Examinations sur le champs

Nous avons examiné et confirmé des endroits où l'effet anti-gêle est de longue durée (c.-a-d. de 6 à 9 ans), mais aussi des endroits où l'effet anti-gêle n'était que de courte durée (c.-a-d. d'un à deux ans).

Nous pouvons en conclure le suivant:

(1) Conclusions sur les effets anti-gêle de longue durée:

La présence de sels sur la surface routière est confirmée par une coloration laiteuse d'une solution transparente de nitrate d'argent qui est appliquée sur le chaussement, ou par test quantitatif appelé "Quantab".

Par ailleurs, des échantillons cylindriques sont extraits de la surface des chaussements examinés afin de vérifier les espaces vides se trouvant entre 4 et 6 %.

(2) Conclusions sur les effets anti-gêle de courte durée:

Après avoir examiné les chaussements qui ne montraient qu'un effet anti-gêle de courte durée, nous avons pu distinguer deux types:

- (a) Des chaussements où passent un nombre "L" relativement bas de véhicules, s'avèrent être effectivement anti-gêle pendant la première saison, mais qui, au bout de la deuxième saison, cessent d'être effectifs.
- (b) Des chaussements où passent un nombre B relativement élevés de véhicules, s'avèrent être inefficaces qu'après quelques mois d'emploi pendant la première saison.

Or, dans les cas (a) et (b), la présence de sels sur la surface routière n'a ni pu être confirmée par coloration laiteuse d'une solution transparente de nitrate d'argent appliquée sur le chaussement, ni par test quantitatif "Quantab".

Par ailleurs, des échantillons cylindriques extraits de la surface des chaussements examinés, montraient des espaces vides énormes se trouvant aux alentours de 10%.

La composition des mélanges d'asphaltes a été conçue pour des chaussements ayant des espaces vides d'environ de 4%. Les deux exemples ci-dessus montrent clairement qu'il s'agit en effet d'une compaction insuffisante de 94%. En ce qui concerne l'exemple (b), la valeur d'espaces vides dans les échantillons a été, au contraire, trop insuffisante de 2%, due à un passage fréquent de véhicules qui contribuaient à une compaction élevée.

Par ailleurs, la présence de sels a été confirmée (dans l'exemple (b)) par le moyen d'une solution transparente de nitrate d'argent appliquée sur chaussement, aux endroits où ne passent pas de véhicules, c.-a-d. aux extrémités des chaussements.

(3) Résultat des examinations sur place

-Les résultats des examinations sur place s'avèrent comme suit:

- Les chaussements, dont leur espaces vides étaient d'environ 4% à 6 %, montraient qu'après une durée de 8 à 9 ans (après leur construction) , il y avait toujours une quantité mesurable de sel qui emmergeait à la surface routière.
- Les segments où l'effet anti-gèle n'était qu'observable au début, s'avéraient avoir des espaces vides d'environ 10%, le résultat d'une compaction insuffisante lors de leur construction.
- Bien que la concentration de sels a été déterminée élevée à l'intérieur d'échantillons de chaussements qui cessaient d'être effectivement anti-gèle après courte durée, les espaces vides dans ces échantillons mêmes n'étaient que de 2%.

Nous pouvons en conclure que les espaces vides (dans les chaussements) sont en étroite relation avec l'effet anti-gèle.

3.2 Considération de la composition des mélanges d'asphaltes en vue de prolonger l'effet anti-gèle

D'après les résultats obtenus des examinations sur place, nous avons vérifié que les espaces vides jouent un rôle important dans l'expression des effets anti-gèle.

Ici, nous voudrions partager avec vous nos expériences avec des matériaux anti-gèle sous forme poudreuse dans les quatre mélanges suivants:

mélange d'asphalte dense (13F), mélange d'asphalte gap (13F), mélange fin d'asphalte (13F) et mélange fin d'asphalte gap (13F) , en particulier considérer le maintien de la grandeur d'espaces dans les mélanges cités.

Les mélanges d'asphaltes conçus pour les régions froides sont tous désignés par la lettre "F" signifiant concentration élevée de "filler".

(1) Considération sur la possibilité de maintenir la grandeur d'espaces vides

La possibilité de pouvoir maintenir une grandeur d'espaces vides constante, se concentre principalement sur le nombre conventionnel de véhicules qui réduisent en principe ces espaces.

L'évaluation se base sur la variance des espaces vides due aux changements du nombre de compactations Marshall (la fréquence de compaction des deux cotés a été élevée de 50 à 75 fois), sur la concentration adéquate d'asphalte (OAC) dans la composition des quatre mélanges indiqués dans le tableau 2, ainsi que sur le nombre de compaction appelé "Jiletly".

Tableau 2 : Détermination de la concentration adéquate d'asphalte (OAC)

Numéro	Nombre de compactations Marshall	Détermination d'OAC	Appellation
1	50 fois des deux cotés	Chaussement 1	50fois, OAC normal
2	50 fois des deux cotés	Espaces vides de 4%	50fois, 4%OAC
3	75 fois des deux cotés	Chaussement 2	75fois, OAC normal
4	75 fois des deux cotés	Espaces vides de 4%	75fois, 4%OAC

N.B.: La méthode dont il a été question plus haut, est celle habituellement employée ici au Japon. La détermination d'ye chaussements, est effectuée selon les instructions de l'association routière japonaise.

En ce qui concerne les mélanges d'asphaltes désignés de la lettre "F", ils n'ont pas été compactés 75 fois des deux cotes, mais leur OAC a été déterminé selon la méthode désignée par l'association routière japonaise.

Ce résultat est basé sur l'espace vide standard obtenu d'après 50 rotations du

compacteur appele “Jiletly”.

Le tableau ci-dessous définit l’espace vide résiduel comme suit:

$$\text{Espace vide résiduel (\%)} = \frac{\text{Espace vide après 300 révolutions}}{\text{Espace vide après 50 révolutions}} \times 100$$

Sans tenir compte du type de mélange d’asphalte utilisé, la valeur de l’OAC est obtenue selon une compaction relative de 50 fois de deux cotés donnant une grandeur d’espaces vides allant de 8% à 16%.

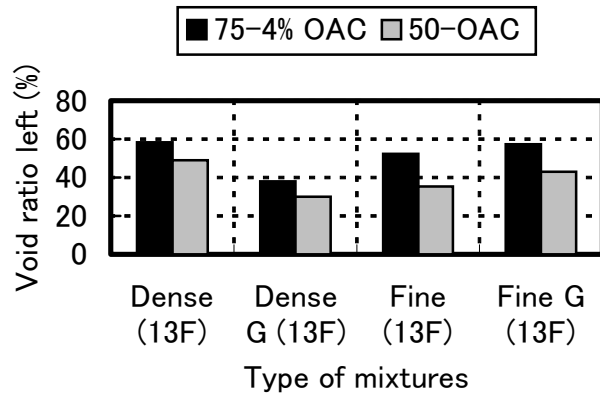


Figure 1: Espaces vides résiduels selon la compaction de “Jiletly”

En concordance avec les résultats obtenus au laboratoire, la compaction de 75 fois des deux cotés nous donne des espaces vides d’environ 4% pour une concentration adéquate d’asphalte (OAC) que nous notons habituellement: “4%OAC”, ce qui nous permet de maintenir une grandeur d’espaces vide.

En classifiant les résultats obtenus pendant les experiments de mélanges, nous avons vu que la valeur de 4% OAC se trouve au milieu de la limite commune inférieure de la quantité d’asphalte requise des chaussements, appelée ci-dessous: valeur inférieure OAC.

Ces résultats ci-dessus nous montrent que quand nous avons déterminé le nombre de compaction à une valeur de 75 fois des deux cotés, on obtient de meilleurs effets anti-gèle en employant la valeur inférieure OAC.

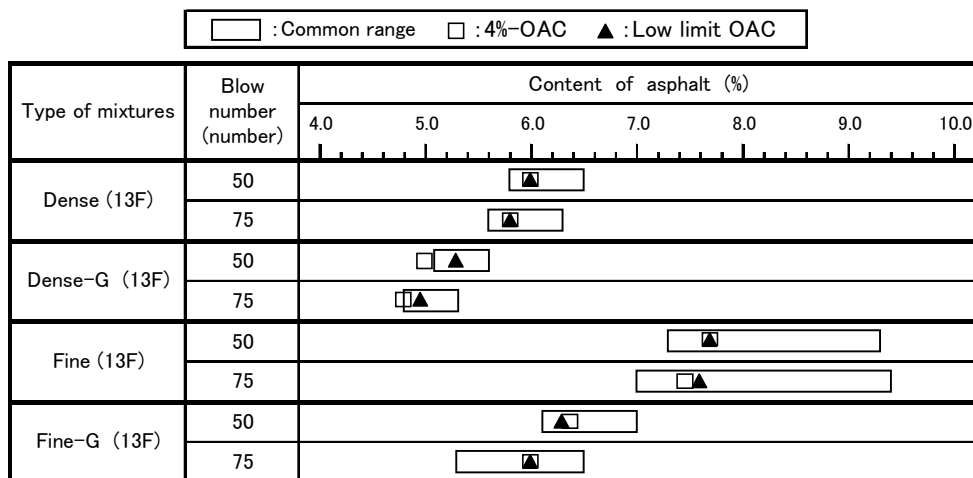


Figure 2 : Résultats d’expériences sur les compositions

3.3 Vérification de la durée de l'effet anti-gèle

(1) Méthode de vérification de la durée

La méthode employée pour déterminer la concentration de sel se base sur la mesure de la dissolution de celui-ci dans de l'eau pure. La méthode employée est décrite comme suit:

- (a) On produit un échantillon rectangulaire qu'on utilise normalement dans les expériences de tracking de roues. Ensuite, on extrait un sub-échantillon qu'on met à la disposition d'évaluation de surface.
- (b) Après cela, on place l'échantillon obtenu ainsi dans un récipient en plastique comme le montre la figure 3.
- (c) Ensuite on verse 100 ml d'eau distillée dans ledit récipient que l'on laisse reposer pour une période de 8 heures à température ambiante.
- (d) Après que le temps nécessaire soit écoulé, on récupère l'eau et on mesure la concentration de sel en utilisant un instrument de mesure approprié.
- (e) Une fois que la mesure de sel soit terminée, laisser sécher l'échantillon retourné sur le côté pour un période d'env. 16 heures (avant de recommencer avec les mesures de sels.).
- (f) Le cycle de 1 à 5 devrait être en principe répété en rotation.

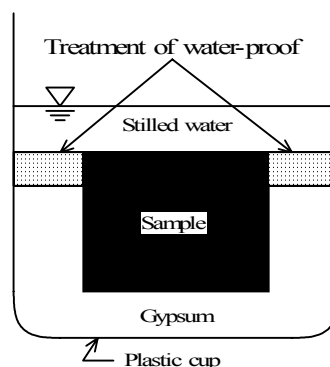


Figure 3 : Détermination de la concentration en sel

(2) Relation entre espaces vides et sels dissolus

La relation entre espaces vides et la quantité de sels dissolus est représentée en figure 4. La concentration accumulée est valable pour un volume de 100 ml d'eau distillée. D'après la figure en question, l'espace vide se trouvait dans les alentours de 4.3% à 10%, et la mesure continue de la concentration de sel s'étalait sur plus de 300 jours (8 heures par jour, recouvert d'une surface d'eau pure pour plus de 300 jours).

Par ailleurs, les échantillons ayant des espaces vides importants démontraient une dissolution de sel élevée après qu'un seul cycle. Par contre, les échantillons ayant des espaces relativement petits, étaient dignes de concentrations de sel mesurables après une courte durée.

Autre que cela, les dernières concentrations accumulatives en sel étaient à peu de choses près identiques avec celles obtenues de l'échantillon utilisé pendant la présente expérience.

D'après les résultats obtenus plus haut, nous avons pu confirmer qu'une composition en vue d'espaces vides est une bonne méthode afin d'obtenir de bonnes améliorations d'effets anti-gèle.

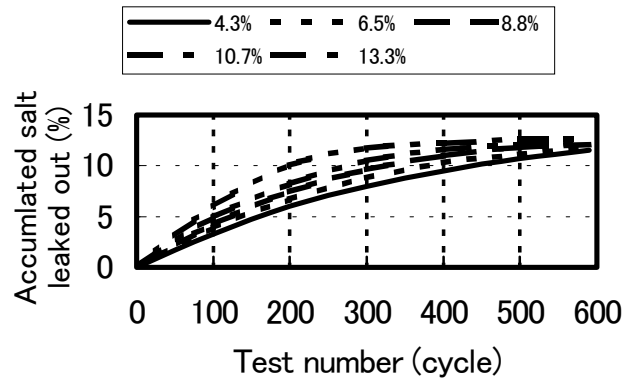


Figure 4: Concentrations accumulatives de sel

4. Considération de l'élargissement du champs d'utilisation des matériaux anti-gêle

4.1 Considération sur le changement des grandeurs de particules 1)

Après que l'utilisation des pneus a clous a été interdite, l'emploi d'un mélange d'asphalte dense appelle mélange (13), a trouvé ces dernières années une application largement répandue.

D'une part, puisque nous nous sommes attardés sur des mélanges anti-gêles désignés de la lettre "F", nous avons bien pu voir que les composants étaient plutôt du type fin.

En essayant d'intégrer ces matériaux poudreux dans des mélanges conçus pour chaussements anti-gêle, il faut et il suffit de respecter les quantités que l'on est censé d'ajouter afin d'obtenir des résultats anti-gêle acceptables.

De plus, en ce qui concerne les chaussements anti-gêle, on observe qu'il y a de plus en plus de demandes, même dans des endroits qui ont échappés à ce genre de précautions hivernales. C'est pour cela, nous avons prévu l'emploi de mélanges d'asphaltes denses (13).

Dans la présente recherche, nous avons rapporté les résultats en relation de l'utilisation de ce genre de matériaux anti-gêle.

(Référence)

La figure 5 montre (en référence) les deux différents mélanges denses (13), ainsi que le mélange (13F) couramment utilisés dans les régions froides de notre pays (le Japon).

Nous avons comparé les deux mélanges denses (13) et (13F), et avons trouvé que pour des ouvertures de 2,36mm et 0,075mm, il n'y avait que peu de quantités passantes à travers, bien que ces mélanges étaient des mélanges denses.

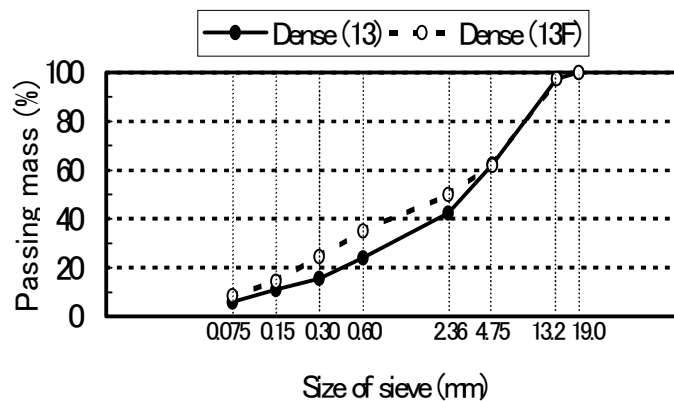


Figure 5: Grandeurs de particules

4.2 Matériaux anti-gèle pour mélanges denses (13)

(1) Considération de grandeurs de particules

Nous avons utilisé des échantillons en changeant les quantités passant à travers les ouvertures de $75 \mu\text{m}$.

Le tableau 3 montre la distribution des grandeurs de particules rencontrées dans les matériaux anti-gèle.

Tableau 3 : Distribution de grandeurs de particules du matériau anti-gèle

Sieve size	600	300	150	75	Density
The traditional	100	96.0	90.0	75.0	2.32
Trial A	100	93.5	87.0	73.5	2.34
Trial B	100	91.0	82.5	68.0	2.39
Trial C	100	90.5	80.0	64.0	2.40

(2) Quantités ajoutées

Des trois types de matériaux anti-gèle, nous avons établis la composition d'un mélange d'asphalte dense (13).

La composition se trouve dans le tableau 4.

La quantité ajoutée est de 7%, qui est identique à celle qu'on trouve dans les mélanges "F".

Tableau 4: Composition du mélange

	6#	7#	Coarse sand	Fine sand	Deicing material
Trial A	38.0	21.4	25.0	9.5	6.1
Trial B	38.0	21.3	25.1	9.0	6.6
Trial C	38.0	21.3	25.1	8.5	7.1

(3) Confirmation de l'effet anti-gèle

Le tableau 4 nous montre la composition du mélange (contenu d'asphalte: 5,5%) que nous avons utilisé pour préparer des échantillons. L'effet anti-gèle a été vérifié à l'aide du test d'adhésion. Les résultats sont donnés dans la figure 6.

Pour référence, nous avons aussi indiqué les résultats des tests effectués avec des échantillons conventionnels (contenu ajouté: 7%). Ces résultats sont proches de ceux obtenus avec l'échantillon C.

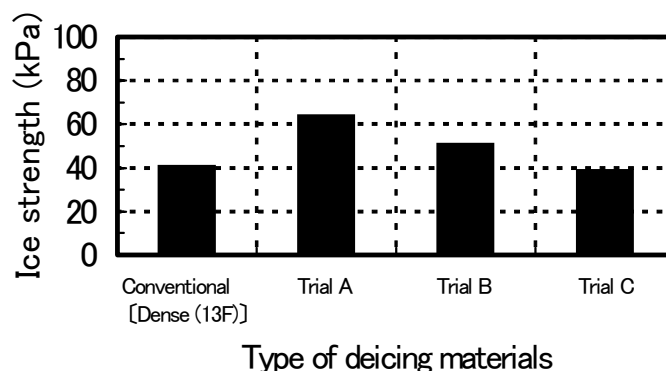


Figure 6 : Confirmation de l'effet anti-gèle

4.3 Évaluation de l'échantillon C

En ajoutant un matériau anti-gèle au mélange d'asphalte dense (13), l'échantillon C démontre de meilleurs effets anti-gèle. Nous avons donc vérifié les propriétés physiques du mélange d'asphalte, ainsi que son effet anti-gèle.

En ce qui concerne les propriétés physiques du mélange d'asphalte, nous avons vérifié la stabilité de Marshall dans l'eau, et nous avons effectué le test appelé: "wheel tracking test" (déformations de chaussées causées par le passage de pneus). Par ailleurs, l'effet anti-gèle a été vérifié à des températures de -3, -5, et -7 °C.

Les tests consistaient à mesurer la quantité de sel dissolue à la surface de chaque échantillon, et à déterminer la force d'adhésion de la glace sur la surface (de chaque échantillon).

(1) Propriétés physiques du mélange d'asphalte

(a) Etanchéité

La figure 7 nous montre la stabilité de Marshall dans l'eau. Pour raisons de comparaisons, nous avons aussi inclus la stabilité d'échantillons conventionnels préparés à partir de mélanges d'asphalte denses.

La valeur de stabilité résiduelle des échantillons anti-gèle était à peu de choses près identique à celle obtenue d'échantillons conventionnels. La valeur de stabilité résiduelle est de plus de 75 % dans les deux cas.

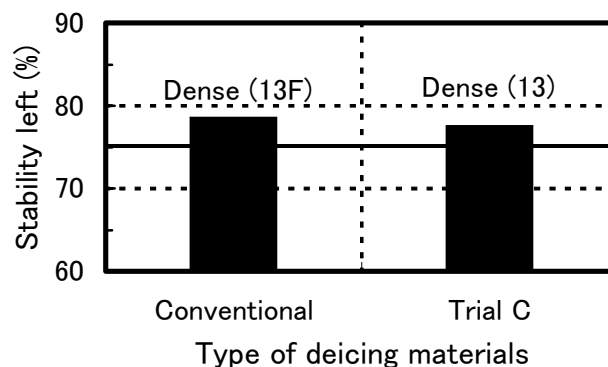


Figure 7 : Stabilité Marshall dans l'eau

(b) Résistance à déformation

Le tableau 5 nous montre les résultats obtenus du test connu sous le nom de "wheel tracking".

La résistance à déformation (DS) des échantillons anti-gèle était proche de celle obtenue d'échantillons conventionnels.

Tableau 5 : Résultats du "wheel tracking" test

Type	Type de mélange	DS (Rotation/mm)
Type conventionnel	Mélange dense(13)	1050
Échantillon C (7%)	même qu'en haut	970

(2) Effet anti-gèle

(a) Force d'adhésion (de glace sur surfaces d'échantillons)

La figure 8 nous donne les résultats du test d'adhésion.

La glace adhérait avec plus ou moins la même force dans les deux cas.

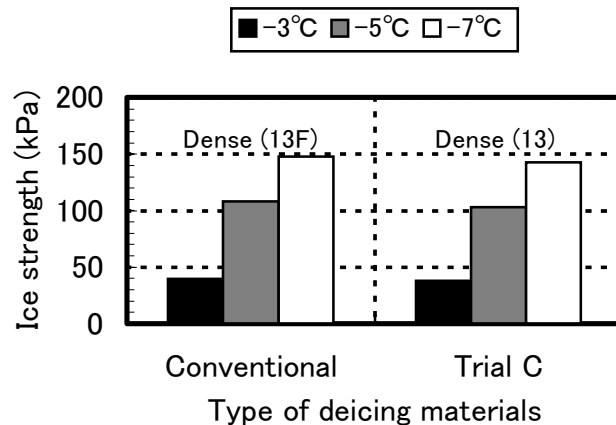


Figure 8 : Résultats du test d'adhésion

(b) Effet prolongé

Les valeurs de dissolution de sel sont données dans la figure 9.

La dissolution du sel dans le cas de l'échantillon conventionnel (préparé avec un mélange d'asphalte dense (13)) était proche de celle observée dans le cas de notre échantillon C.

D'après les résultats cidessus, l'échantillon C nous démontre que le mélange d'asphalte dense du type (13) est tout a fait adéquat pour être employé dans des chaussements dits anti-gels, et ne pose aucun problème quant à l'ajout de matériaux anti-gèle. L'effet anti-gèle n'a pas pour autant perdu en valeur à proprement dit.

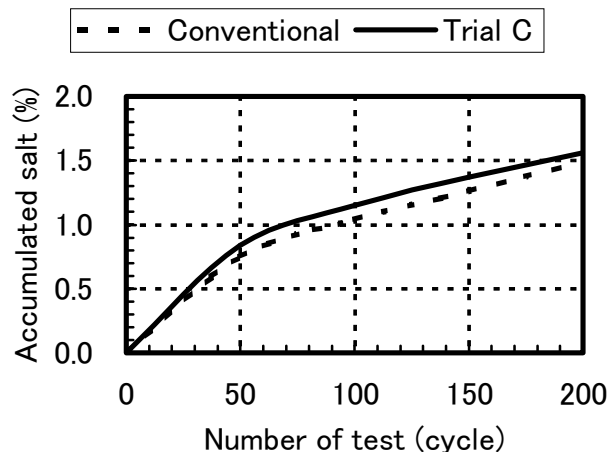


Figure 9 : Prolongation de l'effet anti-gèle

Il est désormais possible de préparer des mélanges anti-gels de façon habituelle que l'on connaît depuis le mélange d'asphalte dense (13) employé dans les regions de temperatures modérées.

5. Conclusion

Nous pouvons conclure que:

- (1) un effet anti-gèle peut être atteint, si et seulement si on fixe le nombre de compactations à 75 fois des deux cotés, si on maintient un espacement de 4%, et si on détermine la quantité idéale d'asphalte.et
- (2) On peut aussi utiliser des mélanges d'asphalte recyclés pour préparer des mélanges d'asphalte anti-gêle.

6. Référence

- 1) S. Suzuki, T. Kozai and T. Maruyama, (1997), Study on improvement of lasing deicing properties in deicing asphalt pavements, Journal of Pavement Engineering, JSEC, Vol.3, pp. 201-206.
- 2) S. Suzuki, T. Kano and T. Maruyama, (1998), Study on lasing deicing properties in deicing asphalt pavements, Journal of Pavement Engineering, JSEC, Vol.4, pp. 249-256.