

**Rapport de session**

Date : 8 /2 /2022

Auteurs de ces conclusions : Mme Gina Ahlstrom

**SESSION TECHNIQUE R 11.3 CHAUSSEES RESILIENTES - CONCEPTION STRUCTURELLE  
MARDI 2 FEVRIER, 17 H 15 A 19 H 45**

**1. MOTS CLÉS**

Chaussée, résilience, capacité portante, sol de la plate-forme, temps froid, enrobé, enrobé adapté pour le climat

**2. PRÉSENTATION DE LA SESSION**

Cette session traite de la résilience des chaussées routières. Quatre articles de congrès seront présentés dans cette session. Deux études américaines traitent de la capacité portante des chaussées en fonction de la température : l'une met en corrélation les résultats de la méthode FWD avec une approche par éléments finis en tenant compte de différents environnements de température et l'autre étudie l'impact de l'amélioration des caractéristiques techniques de la couche de fondation sur la performance de la chaussée dans des environnements froids. Pour les régions plus froides et enneigées du Japon, un SMA plus durable et à haute performance a été développé. Enfin, un article présente la lutte contre le réchauffement climatique en Allemagne par des adaptations de matériaux en ce qui concerne les propriétés thermo-physiques et photométriques des matériaux mises en œuvre dans la conception du mélange et la production d'enrobés adaptés pour le climat.

**3. PROGRAMME DE LA SESSION**

Président de séance : Mme Leila Hashemian

Organisateur de la session : M. Margo Briessinck

Secrétaire de séance : Mme Gina Ahlstrom

Personne	Organisation, position...	Titre de la présentation
M. Mena Souliman	Université du Texas à Tyler, États-Unis	Intégration de l'approche par éléments finis basée sur la température dans l'évaluation efficace de la capacité structurelle des chaussées souples
M. Shunsuke Tanaka	Institut de recherche en génie civil pour la région froide, Japon	Enquête sur les dommages causés par l'enrobé poreux et analyse du coût du cycle de vie de l'utilisation du SMA haute performance dans les régions enneigées et froides du Japon
M. Tim Schrödter	Département de génie civil, Université de Wuppertal, Allemagne	Développement d'un revêtement en fonction des propriétés thermo-physiques et photométriques du matériau
M. Gokan Saygili	Université du Texas à Tyler, États-Unis	Analyse mécaniste des sols de plate-forme traités à des températures de gel

**4. CONCLUSIONS TECHNIQUES ET DÉBAT**

" Intégration de l'approche par éléments finis basée sur la température dans l'évaluation efficace de la capacité structurelle des chaussées souples" (ip0173) - Mena Souliman

La recherche s'est concentrée sur le déflectomètre à poids tombant (FWD), car c'est l'un des dispositifs les plus utilisés pour les essais non destructifs. Les rétrocalculs impliqués dans l'évaluation des données sont complexes et prennent du temps. Les paramètres de déflexion les plus courants ont été présentés.

L'analyse par éléments finis est efficace pour simuler une cuvette FWD réelle et peut limiter la nécessité d'effectuer une collecte et une analyse approfondies des données. Les données recueillies dans la base de données sur le rendement à long terme des chaussées sont utilisées. Le progiciel ANSYS a été utilisé pour simuler les cuvettes de déflexion FWD. Divers paramètres ont été développés et évalués afin d'évaluer la performance de la chaussée en fonction de la zone située sous les cuvettes de déflexion. Les sections de chaussée fortes et faibles ont pu être différenciées. Le paramètre " Normalized Comprehensive Deflection Area Ratio " a été développé. Les conditions de température peuvent être facilement mises en œuvre avec ce nouveau paramètre. D'autres sections de chaussée seront évaluées afin d'améliorer les corrélations et les relations de température.

Questions et discussion:

- Quelle est l'application du paramètre « zone de déflexion globale » qui a été développé ? Le processus peut être utilisé pour l'analyse au niveau du réseau. Il est possible d'obtenir une image de la performance globale du réseau, par exemple en déterminant combien de sections sont en bon, moyen ou mauvais état. Avec ce processus, l'ensemble du bol de déviation est considéré, ce qui n'a jamais été fait auparavant. L'application est adaptée aux ingénieurs des départements des transports qui peuvent examiner les résultats du point de vue de la gestion des infrastructures.
- Quelle est la prochaine étape de cette étude ? Il est nécessaire de calibrer le paramètre pour chaque État et chaque lieu au sein de cet État. On pourrait peut-être envisager des régions au sein d'un État. Il est nécessaire d'examiner plus de données, y compris la température, afin d'avoir une analyse et une prédiction des données plus robustes.

"Enquête sur les dommages causés par l'enrobé poreux et analyse du coût du cycle de vie de l'utilisation du SMA haute performance dans les régions enneigées et froides du Japon (ip0068) - Shunsuke Tanaka

Les sections en enrobé drainant (ED) en utilisation dans les régions froides et enneigées du Japon présentent certains problèmes de performance et de durabilité. L'enrobé drainant a été utilisé pour améliorer la visibilité et atténuer l'aquaplanage et la formation de glace noire. Les régions froides et enneigées du Japon connaissent des températures basses, le gel répété des eaux de fonte et l'abrasion des chaînes à pneus et des lames à neige en acier. L'enrobé à gros granulats (SMA) haute performance a un coût unitaire plus élevé et donc un coût initial plus élevé. L'efficacité de l'utilisation du SMA par rapport au ED devait être évaluée par une analyse du coût du cycle de vie (ACVC). Deux catégories d'autoroutes ont été présentées : les High Standard Highways et les National Highways. Le nombre moyen d'années de service est de 13,3 ans pour le PA. La différence entre les années de service maximum et minimum se situe entre 2 et 7 ans pour les routes standard. Pour les routes nationales, la durée de vie moyenne est de 10,7 ans, soit 2,6 ans de moins que pour les routes à grande circulation. L'état de réparation et les conditions climatiques des chaussées ont été recueillis en se concentrant sur les années de service et l'année de réparation a été compilée. Les résultats ont montré que la construction de ED sur les routes nationales dans les régions enneigées et froides peut nécessiter des réparations dans un laps de temps court. Les conditions environnementales sur les sections avec ED et le plan de gestion de l'entretien et des réparations pendant le service doivent être pleinement pris en compte lors de la construction. Le SMA a une grande durabilité et est sûr pour les véhicules dans les régions froides et enneigées. LCCA a pris en compte la construction, l'entretien et la réparation. LCCA a montré que le coût du cycle de vie du SMA est presque le même que celui du ED lorsque les années de séparabilité du SMA sont de 13 ans. La conclusion est que le SMA est plus utile que le ED s'il est en service pendant au moins 13 ans.

Questions et discussion:

- Les mélanges ED et SMA comprennent-ils du RAP ? Et à quels pourcentages ? Non, le RAP n'est pas actuellement inclus dans les mélanges mais pourrait être envisagé à l'avenir.
- Les joints longitudinaux sont-ils en bon état après toutes ces années ? Actuellement, ils sont en bon état.
- Quelles sont les problèmes courants observés dans l'ED ? Les régions enneigées voient les nids de poule comme une problématique commune.

"Développement d'un revêtement en fonction des propriétés thermo-physiques et photométriques du matériau"(ip0165) - Tim Schrödter

La durabilité des chaussées est influencée par les changements climatiques, ce problème peut être résolu par l'optimisation des matériaux. L'atténuation peut se faire par une nouvelle conception des types et des qualités d'enrobés existants en ce qui concerne les propriétés thermophysiques et photométriques des matériaux. Dans cette recherche, des agrégats et des additifs de couleur claire avec des pigments ont été étudiés. Des essais en laboratoire et une application sur modèle ont été réalisés. Les liants synthétiques peuvent être éclaircis avec des pigments. Les propriétés de conductibilité et d'isolation thermique ont été modifiées. Un modèle multicouche a été utilisé pour faire varier la contrainte thermique en laboratoire. Le laitier s'est avéré être le plus performant en termes de performances photométriques. Les variantes avec une couche de surface de couleur claire ont obtenu le plus faible développement de chaleur dans le revêtement. L'augmentation de la température dans la couche de roulement dépend de la conductivité thermique du liant bitumineux et des autres couches de chaussée. Des propriétés thermiques faibles sont utiles pour les couches de base en enrobé.

"Analyse mécaniste des sols de plate-forme traités à des températures de gel" (ip0170)- Gokan Saygili

Les conditions météorologiques extrêmes ont un impact sur la performance des chaussées. Dans cette recherche, les sols argileux et les sols sableux ont été considérés. La fissuration par fatigue et l'orniérage ont été les principales dégradations considérées dans la recherche. Deux types d'agents de stabilisation des couches de fondation ont été étudiés : polymère et chimique. Vingt-quatre échantillons de sol ont été préparés pour des tests en laboratoire. Les stabilisateurs polymères ont amélioré les conditions de la plate-forme. Une analyse mécaniste a été menée pour évaluer les conditions de la plate-forme dans l'étude. Les résultats indiquent que les sols traités montrent une meilleure performance contre l'orniérage et les dommages dus à la fatigue. Les agents stabilisateurs se sont avérés plus efficaces à des températures de congélation plus basses. Les sols traités avec 0,25 % de polymère ont montré les résultats les plus efficaces. Les sols traités avec 0,01% Claycrete ont montré les résultats les plus efficaces.

Questions et discussion:

- Quel est l'intérêt d'améliorer les propriétés de la couche de fondation dans des conditions de froid, sachant que les dommages à la chaussée sont déjà considérablement réduits lorsqu'elle est gelée ? Est-ce pour améliorer le comportement pendant la période de dégel ? Oui, en partie. Les recherches ont porté sur l'amélioration de la performance globale pendant les périodes de dégel. Une réflexion a été menée sur les impacts potentiels de l'augmentation des températures due au changement climatique. À l'avenir, si les températures moyennes augmentent, la performance de la chaussée s'améliorera-t-elle ? Cette question fera l'objet d'une étude plus approfondie.
- Une analyse du coût du cycle de vie a-t-elle été effectuée pour les sols modifiés et non modifiés ? Il s'agit de la prochaine phase de la recherche. La première étape consistait à voir s'il y avait une augmentation des performances en laboratoire. La phase suivante consistera à déterminer si le coût de la modification en vaut la peine. Les premiers résultats indiquent que la modification est efficace.
- Avez-vous effectué des tests à des températures intermédiaires ou élevées ou pour la fissuration à basse température ? La fissuration à basse température n'a pas encore été évaluée. L'orniérage à haute température n'a pas encore été évalué. Plus la température est élevée, meilleure est la performance des sols.

## **5. RECOMMANDATIONS POUR LES DECIDEURS, POUR L'AIPCR OU POUR LES ORGANISATIONS INTERNATIONALES**

On s'est intéressé à l'utilisation de l'analyse du coût du cycle de vie pour examiner les compromis et prendre des décisions concernant les matériaux adaptés ou de remplacement.

## **6. PRÉPARATION DE LA SESSION**

Les communications de cette session étaient liées à l'appel à communications sur le thème "chaussée résiliente". Nous avons encouragé les soumissions qui traitaient :

- Résilience des chaussées et des infrastructures routières, dans les zones urbaines et rurales.
- Expériences en matière d'adaptation des conceptions et des matériaux des chaussées résilientes, par exemple aux pneus non standard tels que les pneus simples à base large de nouvelle génération.
- Utilisation de la technologie pour les enquêtes post-catastrophe et le suivi de la résilience
- L'utilisation d'approches avancées de gestion des chaussées pour atténuer/incorporer les catastrophes naturelles ou d'origine humaine.

- Matériaux présentant un potentiel d'autoréparation
- Des revêtements de chaussée qui conservent leurs caractéristiques quelles que soient les variations climatiques, etc.

Les articles inclus dans cette session sont les suivants :

" Intégration de l'approche par éléments finis basée sur la température dans l'évaluation efficace de la capacité structurelle des chaussées souples " (ip0173) - M. Mena Souliman

" Enquête sur les dommages causés par l'enrobé poreux et analyse du coût du cycle de vie de l'utilisation du SMA haute performance dans les régions enneigées et froides du Japon (ip0068) - Shunsuke Tanaka

" Développement d'un revêtement en fonction des propriétés thermo-physiques et photométriques du matériau " (ip0165) - Tim Schrödter

"Analyse mécaniste des sols de plate-forme traités à des températures de gel" (ip0170) - Gokan Saygili