

Etude des effets de saponification et de dégradation dans un recouvrement composé de petits éléments de pavage

P. AMPE, J. DE CORTE, R. DE VIERMAN

Vakgroep Bouwkunde, Laboratorium voor Materiaalonderzoek, Hogeschool Gent, Practicum Roosakker, Schoonmeersstraat 52, B-9000 Gent

Summary

Dans le cadre de l'étude consacrée aux causes d'affaissement de recouvrements composés de petits éléments, maintes fois constatés sur site, le Laboratoire d'étude des matériaux a effectué des essais dynamiques ayant pour objet des revêtements en pavés. Les dommages sont fréquents sur les axes chargés, éventuellement en combinaison avec une charge lourde et dynamique du véhicule, ainsi que dans des endroits accueillant un trafic lourd, tels les récentes traversées de communes. Ces phénomènes de dommage sont également perceptibles autour des voies combinées pour les trams et les bus, ainsi qu'à hauteur des arrêts de bus. Les essais en laboratoire avaient comme objectif de simuler un certain nombre de situations critiques potentiellement comparables aux situations sur site et d'observer le comportement du lit et des éléments en de pareilles circonstances.

Afin de fonder les observations expérimentales par la théorie, un certain nombre d'essais et de situations de mise en charge furent numériquement simulées sur base de calculs analytiques. Cette approche théorique permet de proposer un certain nombre de formules pour la détermination de la charge maximale.

L'article présent traite uniquement de la partie expérimentale. La partie analytique fait l'objet d'une autre contribution.

1. INTRODUCTION

Le Cahier des charges type 250 pour la construction routière prévoit pour la pose du revêtement de routes édifiées en pavés en béton les 4 options suivantes en matière de matériaux : un lit de sable, un mélange de sable de concassage et de gravier 0/4 ou 0/7, un mélange de sable ternaire, du ciment-sable ou du mortier.

Dans cette optique et en première instance, des essais de simulation furent conduits sur un revêtement composé d'éléments en béton rectangulaires posé sur une couche de pose en sable. Ils visaient à simuler un certain nombre d'effets – affaissement – observés sur site. Ces simulations étaient toutes basées sur un modèle de laboratoire, établi selon la procédure sous-mentionnée.



P. Ampe, J. De Corte, R. De Vierman

Dans sa configuration, l'essai est composé d'un cadre d'essai posé sur un plancher d'essai, d'un vérin servo-hydraulique et d'un capteur optique au laser placé à distance. Le plancher d'essai est entièrement antivibratoire. Etant donné que l'étude porte sur le comportement de la couche de pose et des pavés, indépendamment du comportement de la fondation et/ou de la sous-fondation, le modèle réduit est construit sur une dalle en béton rigide. Le cadre d'essai est muni d'un vérin servo-hydraulique, produisant une poussée maximale de 100 mm et pouvant générer une force de traction et de compression dynamique de 250 kN à maximum 5Hz.

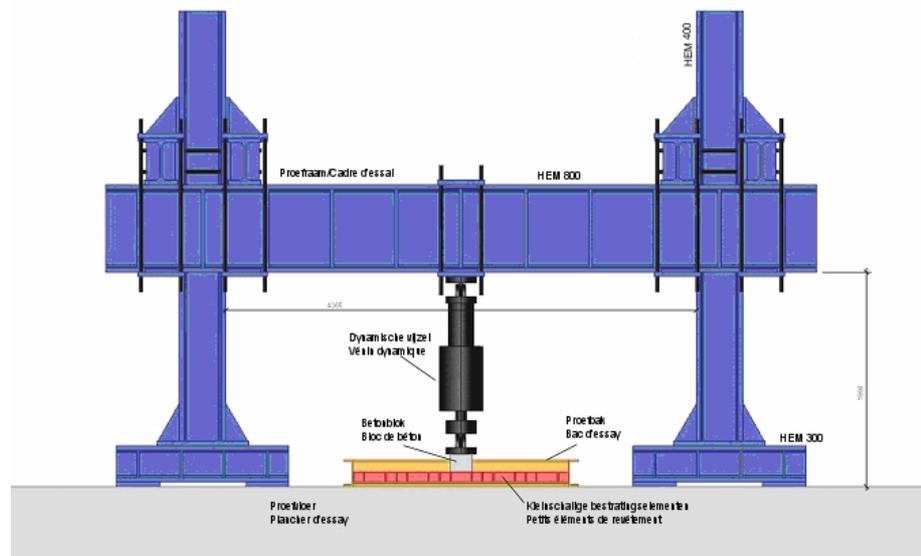


Figure 1: présentation schématique de l'essai

Le plancher d'essai accueille un bac d'essai en acier (dimensions 200 x 200 x 22 cm), centré sous le vérin dynamique. Le bord du bac en acier est fait de profils UPN 220. Une couche de pose est apposée dans le bac. Si la couche de pose dispose d'un lit de sable, l'épaisseur nominale après compaction s'élève à 3 cm. Si le lit est composé de gravier, l'épaisseur nominale est de 4 cm, après compaction. Ensuite, le lit est égalisé et les pavés disposés. Les pavés en béton sont placés en appareillage en épi. Les jointoiements sont faits avec du sable blanc 0/2. Le revêtement est fixé à l'aide d'une plaque vibrante. Ensuite, un bloc en béton (20x20x20 cm) est placé au milieu du lit d'essai et le vérin est aligné. La couche de pose et le sable de jointoiement sont saturés d'eau. L'essai est prêt à débuter.

En vue de simuler la charge dynamique, initiée par la roue d'un camion, une force sinusoïdale variant entre 25kN et 75kN à 1Hz est transmise, à l'aide d'un vérin



Etude des effets de saponification et de dégradation dans un revêtement composé de petits éléments de pavage

dynamique, sur le revêtement, par l'intermédiaire d'un bloc de béton entre pied, vérin et pavé.



Figure 2: photo essai.

2. MESURES

Outre l'exécution des mesures, conformément aux descriptions reprises sous cette rubrique, une expertise visuelle est effectuée. Les affaissements observés sur site sont constatés dans le laboratoire. La photo 4, par exemple, montre comment le matériau de jointoiement est comprimé et poussé vers la surface. De plus, des cavités prennent forme dans les joints.

L'étude a démontré que les affaissements trouvent leur origine dans l'apparition du phénomène de saponification ainsi que dans la dégradation des granulats de la couche de pose.

La saponification est l'état de suspension du matériau granulaire du lit de pose saturé d'eau, occasionné entre autres par des vibrations et par le déplacement des fines particules qui en résulte. Les fines particules du lit de pose sont expulsées avec



P. Ampe, J. De Corte, R. De Vierman

l'eau au travers des joints pour se retrouver à la surface. Les cavités qui en résultent mènent, en raison des vibrations continues et de la charge due au trafic, à une recompaction du lit de pose.

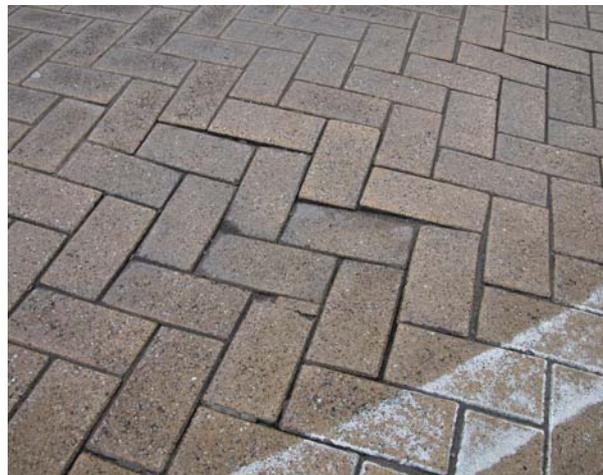


Figure 3: Suite à la dégradation, à la saponification (et au pumping), des affaissements font leur apparition, parfois sur l'épaisseur totale de la couche de pose.

L'effet produit sur le revêtement par une charge lourde et dynamique, et qui provoque le concassage du matériau granulaire dans le lit de pose et donc l'apparition de très fines particules s'appelle la dégradation. Ce phénomène a comme conséquence qu'une quantité importante de matériau fin se forme dans la couche de pose, ce qui la rend plus sensible au mécanisme de saponification.



Figure 4: jointoiement comprimé (en labo).



Etude des effets de saponification et de dégradation dans un recouvrement composé de petits éléments de pavage

Dans le cas de dommages réels, une troisième cause entre en ligne de compte : l'effet de pumping. Toutefois, compte tenu de la configuration actuelle de l'essai, cet aspect ne peut être simulé. Afin de faire en sorte que les dommages simulés correspondent encore mieux à la réalité, une étude est actuellement en cours, consacrée à une configuration qui simulerait également l'effet de pumping.

L'exécution des ces mesures est effectuée selon la procédure suivante :

La compression du bloc et le signal de la force sont enregistrés de façon continue par un capteur optique au laser placé à distance. La flexion du cadre n'a pas d'influence sur la mesure, étant donné que celle-ci est prise directement sur le bloc en béton et que le capteur optique au laser a comme référence le plancher d'essai.

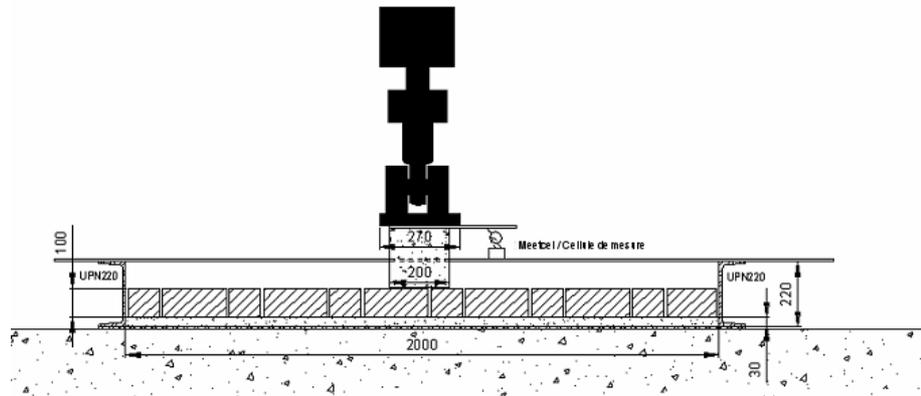


Figure 5: détail bac d'essai

La compression des éléments est minutieusement enregistrée dans le temps avec une précision de 1/100 mm. Les signaux de la force et de l'affaissement sont traités statistiquement et en temps réel par Virtual Instrument (LabVIEW) et retranscrits de façon continue sur une feuille de calcul.

Après l'essai, les éléments sont enlevés et des échantillons sont pris de la couche de pose, sous le pavé et sous le joint. Une étude de la composition granulométrique du sable de jointoiement et du matériau qui a été expulsé vers la surface est effectuée.

L'échantillonnage de la couche de pose est effectué à l'aide d'un anneau en acier, tel que représenté ci-dessous (figure et photo).



P. Ampe, J. De Corte, R. De Vierman



Figure 6: photo anneau de mesure

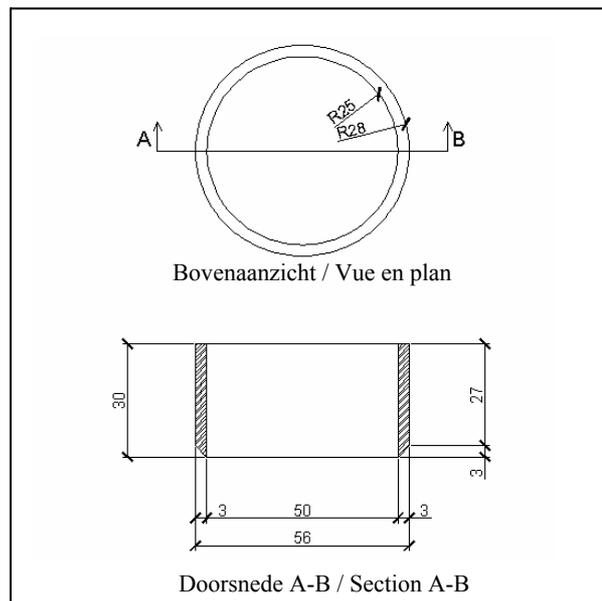


Figure 7: dessin anneau de mesure

La granulométrie de la couche de pose est déterminée via une étude granulométrique, par le passage au tamis et par une comparaison avec la granulométrie d'origine.

Etude des effets de saponification et de dégradation dans un recouvrement composé de petits éléments de pavage

3. RESULTATS DES ESSAIS

Lors de la présentation des résultats, nous nous attarderons en première instance sur la compression des éléments de recouvrement, et en deuxième instance sur le comportement granulométrique de la couche de pose sous l'effet d'une force dynamique.

Nous illustrons le comportement de compression à l'aide d'essais visant à comparer le porphyre 1/6,3 et le sable 0/5.

L'utilisation d'une couche de pose avec du sable 0/5 nous montre que les affaissements augmentent en fonction des cycles de charge (voir graphique figure 8). Le diagramme 8 et le tableau 9 nous montrent un affaissement de ± 6 mm, à partir du 120.000^{ième} cycle.

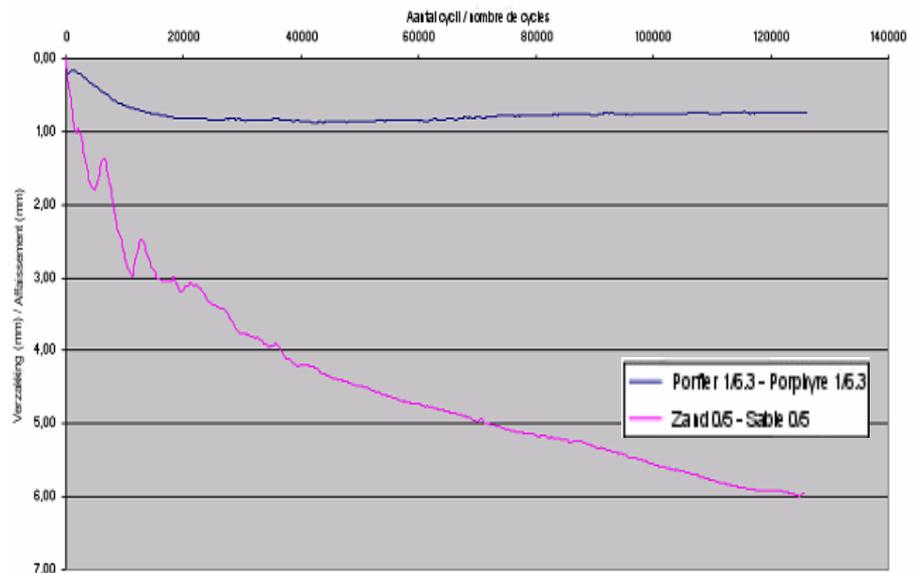


Figure 8: diagramme de compression

Le graphique repris dans la figure 10 représente la situation d'une couche de pose avec du sable 0/5. Le graphique compare la granularité avant et après le déroulement des cycles de charge. Il concerne un échantillon pris sous le joint, près de l'endroit soumis à la charge.



P. Ampe, J. De Corte, R. De Vierman

Doorlopen cycli Déroulement des cycles x 1000	Gemiddelde kracht Force moyenne kN	Tijd (uur) Temps (heure)	Zakking Affaissement mm
0	46.08	0.0	0
15	45.81	4.2	2.822
28	45.85	7.8	3.666
42	45.87	11.7	4.291
56	45.60	15.6	4.702
70	45.46	19.4	4.994
84	45.66	23.3	5.247
99	45.82	27.5	5.575
113	45.84	31.4	5.872
124	45.89	34.4	5.963

Figure 9: résultats des mesures pour une couche de pose avec du sable 0/5

Nous constatons (figure 10) que la quantité de matériau destinée au lit de pose ayant un passage au tamis de 0,63 mm et 0,32 mm (avant les cycles de charge) diminue et évolue vers un passage au tamis de 0,16 mm. Une partie du matériau fin est éjectée de la couche de pose au travers du joint. Le matériau le plus fin (0,08) a disparu. De ce fait, nous obtenons un matériau plus fin à la fine de l'essai. L'apparition de ces fines particules s'explique par la dégradation du sable. L'apparition de la dégradation du sable 0/5 est également démontrée par le tableau ci-dessous (figure 11) ainsi que par la courbe granulométrique (figure 12).

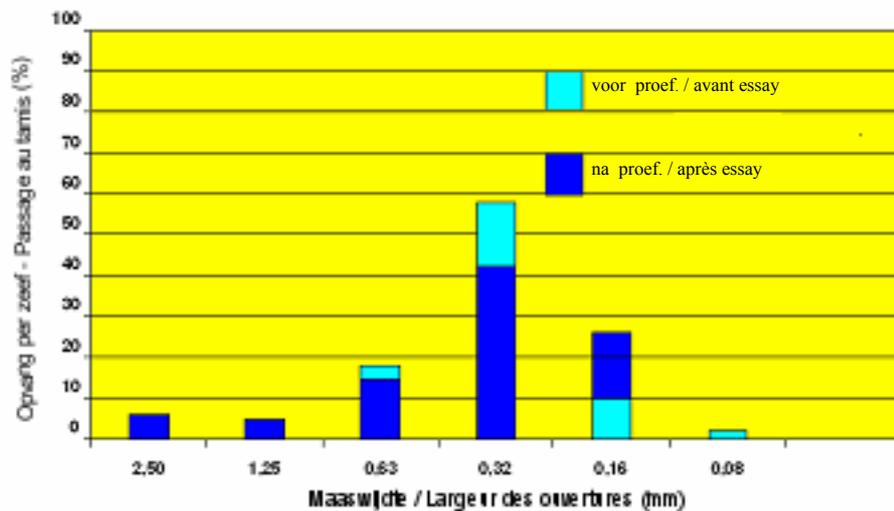


Figure 10: tranches granulométriques sable 0/5



Etude des effets de saponification et de dégradation dans un recouvrement composé de petits éléments de pavage

		<0.08	0.08-0.125	0.125-0.25	0.25-0.5	0.5-1	1-2	2-4	4-6.3	>6.3
Avant essay		0.05	0.25	5.72	46.01	33.22	6.02	4.25	3.24	1.22
Après essay										
Pavé en terre cuite	OK	0.26	0.56	14.11	48.55	20.65	7.39	4.54	3.17	0.73
	OV	0.26	0.56	14.11	48.55	20.70	7.17	4.42	3.08	1.16
Pavé en béton	OK	0.12	0.55	13.28	48.88	20.74	7.56	4.80	3.00	1.08
	OV	0.08	0.40	13.56	47.33	20.17	7.56	5.27	4.02	1.61

Figure 11: résultats des mesures sable 0/5.

Le graphique 8, enregistré lors de l'essai consacré à la couche de pose avec du porphyre 1/6,3, montre que la compression maximale est atteinte quasi immédiatement après l'application de la charge dynamique. Cet affaissement ne s'élève qu'à 0,8 mm. Aucun affaissement supplémentaire n'est enregistré pendant la suite de l'essai.

Le tableau 11 représente la moyenne des valeurs enregistrées lors de 10 mesures. Le tableau montre que la dégradation est la plus grande avec une tranche granulométrique de 0,5 – 1. Il montre également qu'après le passage des cycles de charge, le pourcentage de fines augmente considérablement, jusqu'à 300 %.

4. CONCLUSIONS

Le Laboratoire d'étude des matériaux a entrepris un projet de simulation d'affaissements observés sur site pour des revêtements composés de petits éléments de pavage, posés sur une couche de pose de sable 0/5 couramment utilisé. Les phénomènes de dégradation et de saponification ont été démontrés. La dégradation engendre une quantité importante de matériau fin, ce qui renforce la saponification et augmente l'affaissement qui en est la conséquence. Une observation a permis de constater la poussé des fines au travers des joints vers la surface.

Les résultats des essais montrent qu'en cas d'utilisation de concassé de porphyre comme couche de pose, la dégradation et les affaissements sont quasi inexistantes.

Ces résultats ont initié les études suivantes.

D'une part, une étude systématique de la dégradation et de la saponification pour toutes les couches de pose décrites dans le *Typebestek 250 voor de wegenbouw*. La vulnérabilité face à la dégradation de ces couches de pose y est étudiée par une approche microscopique et minéralogique, par le biais d'une étude SEM et EDX, une granulométrie au laser, une diffraction aux rayons X et des essais optiques.



Transportation Infrastructure Engineering

INTERSECTIONS
INTERSECTII

<http://www.ce.tuiasi.ro/intersections>

P. Ampe, J. De Corte, R. De Vierman

D'autre part, en raison des excellents résultats du concassé de porphyre comme couche de pose, la seconde étude concerne la mise en place d'une optimisation de la granulométrie.

