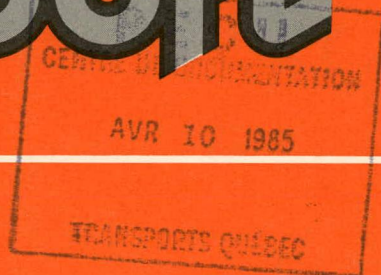


CANQ
TR
1481
25
Broch.

Recherches Transport



25

Ministère des Transports
Centre de documentation
930, Chemin Ste-Foy
6e étage
Québec (Québec)
G1S 4X9

Utilisation des
fumées de silice
dans la
construction
des dalles
d'autoroute en béton

CANQ
TR
GE
LC
120
25



Transports
Québec

No de codification: RTQ-85-02

Auteurs du rapport: Daniel Vézina, ingénieur
Direction générale du génie
Direction de la recherche et du contrôle
et
Pierre-Claude Aïtcin, ingénieur, professeur
Université de Sherbrooke

Étude produite par le ministère
des Transports du Québec

Pour obtenir un exemplaire du rapport:

- Direction des communications
Jacques De Rome, directeur

Secrétariat de la rédaction:
700, boul. Saint-Cyrille Est, 18^e étage
Place Hauteville
Québec QC
G1R 5H1 (418) 643-7052

Pour consultation:

- Centre de documentation
700, boul. Saint-Cyrille Est, 24^e étage
Place Hauteville
Québec QC
G1R 5H1 (418) 643-3578
- Centre de documentation
1410, rue Stanley, 8^e étage
Montréal QC
H3A 1P9 (514) 873-5467

Dépôt légal: 1^{er} trimestre 1985
Bibliothèque nationale du Québec
ISSN 0228-5541
Composition: Composition Orléans inc.

«RECHERCHES TRANSPORT»

Dans la foulée du livre blanc sur la politique québécoise de la recherche scientifique, «Les voies de l'Avenir», rapport de conjoncture sur la recherche-développement en transport au Québec, a fait ressortir l'urgence de consacrer des efforts particuliers à la diffusion des résultats de recherche.

«*Recherches Transport*» se veut une réponse simple et concise à cet objectif d'accessibilité à l'information scientifique.

Ce document technique s'adresse à toute personne, entreprise ou institution dont les champs d'intérêt concernent les disciplines reliées au transport. L'auteur de la recherche présente lui-même un résumé clair de son travail.

«*Recherches Transport*» est publié par la direction des Communications du ministère des Transports pour le compte du Comité ministériel de la recherche.

Comité ministériel de la recherche
Pierre La Fontaine, président

Utilisation des fumées de silice dans la construction des dalles d'autoroute en béton

1.0 Introduction

Les fumées de silice, un sous-produit de la fabrication du silicium ou de divers alliages de ferrosilicium, commencent à être utilisées sur une assez grande échelle par l'industrie du béton. Ce nouveau matériau pouzzolanique n'a commencé à être utilisé que très récemment et l'on manque de données précises sur la durabilité au gel et dégel du béton aux fumées de silice dans des conditions de chantier.

Lors de la construction de l'autoroute 25, en juin 1982, le ministère des Transports du Québec a construit une section expérimentale de 20 m de longueur (30 m³ de béton) avec un béton contenant des fumées de silice. Ces fumées de silice ont été utilisées comme substitut au dosage de 7,5% de la masse du ciment. Chaque kilogramme de fumée de silice remplaçait alors 3 kilogrammes de ciment.

Les deux types de béton utilisés lors de la construction, avec et sans fumée de silice, ont été échantillonnés au moment de leur mise en place et des carottes ont été prélevées après le premier hiver et au début du deuxième hiver qui ont suivi la mise en service de l'autoroute, de façon à comparer dans le temps le comportement de ces deux types de béton.

2.0 Échantillonnage lors de la construction

Des échantillons ont été prélevés à l'usine ainsi qu'au chantier afin d'évaluer les variations au cours du trajet. Les résultats obtenus sont les suivants:

2.1 Affaissement

Les pertes d'affaissement entre l'usine et le chantier étaient sensiblement les mêmes pour les deux types de béton soit 27 mm en moyenne dans les deux cas. (Tableau 1).

2.2 Air entraîné

La perte d'air du béton aux fumées de silice entre l'usine et le chantier était très semblable à celle observée sur le béton de référence (2,5% en moyenne avec silice, contre 2,0% dans le cas du béton de référence). (Tableau 1).

2.3 Système d'air entraîné

Le système d'air entraîné (pourcentage de vide, diamètre des bulles, espace-ment, surface spécifique) des deux types de béton était fort semblable et rencontrait les exigences de la norme ACI 345-74 pour un béton durable. (Tableau 2).

2.4 Résistance à la compression

À 28 jours, la résistance à la compression des échantillons de béton aux fumées de silice dépassait d'environ 8 MPa la résistance en compression du béton traditionnel. Cet écart diminue avec l'âge, la fumée de silice agissant comme accélérateur des résistances à 28 jours. (Tableau 3).

2.5 Gel et dégel

Des échantillons de béton ont été soumis à l'essai de gel et dégel selon la méthode ASTM C-666, procédure B. Le béton qui contient la fumée de silice a obtenu un meilleur résultat après les 500 cycles de gel et dégel. (Tableau 4).

QTRD

CANQ

TR

1481

25

Broch.

3.0 Étude expérimentale du béton en place

Après un hiver de service, une inspection visuelle de la section expérimentale a été effectuée ainsi qu'un prélèvement de carottes afin d'évaluer la qualité du béton en place.

3.1 Résistance à la compression des carottes

La résistance à la compression du béton contenant de la fumée de silice est de 9,5 MPa supérieure au béton de référence; donc, ce béton conserve son avantage de résistance, car la différence, mesurée sur des cylindres à 28 jours, était de 5,7 MPa. Cependant, on note une différence appréciable entre la résistance des carottes et celle des cylindres après 1 an. Dans le cas du béton avec fumée de silice, la différence est de 5,5 MPa, alors que pour le béton traditionnel, la différence est de 11,8 MPa. Dans chacun des cas, la valeur de la résistance en compression de la carotte par rapport au cylindre est respectivement de 92% et 77%. (Tableau 5).

3.2 Système d'air entraîné du béton en place

Étant donné que la machine utilisée pour la mise en place du béton lors de la construction de l'autoroute était du type «finisseuse» et non une véritable paveuse à coffrage coulissant, nous soupçonnions que les deux types de béton ne présentaient pas une compacité optimale. Ce défaut de compacité s'est traduit évidemment par des chutes de résistance en compression des carottes par rapport à celle mesurée sur des cylindres standards.

En comparant le système d'air du béton prélevé au départ de l'usine avec celui du béton provenant des carottes, on remarque une augmentation des vides dans le béton des carottes. Cette augmentation est pratiquement la même pour les deux types de béton, soit 2,8% pour le béton avec fumée de silice et 3,3% pour le béton traditionnel. Les vides sont légèrement plus gros dans le béton contenant de la fumée de silice. Ce phénomène peut s'expliquer par le fait que ce béton a une texture plus collante, ce qui lui permet d'entraper de l'air plus facilement que le béton traditionnel. Les deux types de béton mis en place ont les caractéristiques requises pour bien supporter les effets du gel et du dégel (Tableau 6).

3.3 Résistance à l'abrasion

L'examen visuel des dalles a révélé que le texturage du béton aux fumées de silice était moins apparent que celui des dalles confectionnées à l'aide du béton traditionnel. Afin de s'assurer que ceci n'était pas dû à une abrasion prématurée du béton aux fumées de silice, nous avons effectué un essai d'abrasion sur les deux types de béton utilisés lors de la construction. Les résultats obtenus indiquent que le béton aux fumées de silice possède une résistance à l'abrasion supérieure au béton traditionnel. La raison de ce bon comportement est due au fait que le béton avec fumée de silice possède plus de gros granulats en surface que le béton traditionnel, en raison de sa texture plus collante (figure 1).

4.0 Conclusion

Nous avons pu vérifier par cette expérience que le béton aux fumées de silice utilisé lors de la construction de l'autoroute 25 présentait des caractéristiques supérieures à cel-

les du béton traditionnel utilisé pour compléter le projet. Après deux hivers de service, la surface en béton de l'autoroute est en excellent état et ne laisse présager aucun problème particulier.

Tableau 1
Propriétés du béton frais entre l'usine et le chantier

		Avec fumée de silice			Sans fumée de silice	
		1	2	3	4	5
Usine	Air (%)	7,4	7,0	5,0	8,0	7,4
	Affaissement (mm)	64	50	50	64	50
Chantier	Air (%)	4,5	5,0	8,5	5,8	5,7
	Affaissement (mm)	30	30	50	35	25
Perte	Air (5)	2,9	2,0	—	2,2	1,7
	Affaissement (mm)	34	20	—	29	25

Tableau 2
Caractéristiques des systèmes d'air entraîné des deux types de béton

	Avec fumée de silice	Sans fumée de silice
Air (%) usine	6,5	7,7
% vide	6,8	8,2
ℓ mm	0,129	0,151
α mm ⁻¹	31	27
$\bar{L}$ mm	0,126	0,126

Tableau 3
Résistance à la compression

Âge	Résistance à la compression MPa				Différence moyenne
	Avec fumée de silice		Sans fumée de silice		
	Usine	Chantier	Usine	Chantier	
7 jours	35,6	36,7	34,6	33,1	+ 2,3
28 jours	52,9	49,4	42,5	43,7	+ 8,1
91 jours	53,5	52,2	44,2	47,3	+ 7,1
1 an	55,7	55,6	51,0	52,4	+ 4,0

Tableau 4
Résultat de l'essai gel-dégel

Essai	Avec fumée de silice	Sans fumée de silice
Élongation (%)	0,048	0,122
Absorption (%)	0,23	0,50
F.D. (500)	83. ($\sigma = 5,0 \text{ D2S} = 14,1$)	68 ($\sigma = 6,3 \text{ D2S} = 17,8$)

Tableau 5
Résistance à la compression des carottes de l'autoroute 25

	Sans fumée de silice				Avec fumée de silice			
	Cylindre 100 × 200 28 j	Cylindre 100 × 200 1 an	Après le 1 ^{er} hiver	Avant le 2 ^e hiver	Cylindre 100 × 200 28 j	Cylindre 100 × 200 1 an	Après le 1 ^{er} hiver	Avant le 2 ^e hiver
Résistance à la compression MPa	43,7	52,4	41,8	39,3	49,4	55,6	51,3	48,8
Moyenne MPa	—	—	40,6		—	—	50,1	

Tableau 6
Caractéristiques des vides du béton en place

	Carottes	
	Avec SiO ₂	Sans SiO ₂
% vide	9,6	11,5
ℓ (mm)	0,249	0,175
α (mm ⁻¹)	16	23
$\bar{L}$ (mm)	0,132	0,076

ESSAIS D'ABRASION CAROTTE AUTO 25

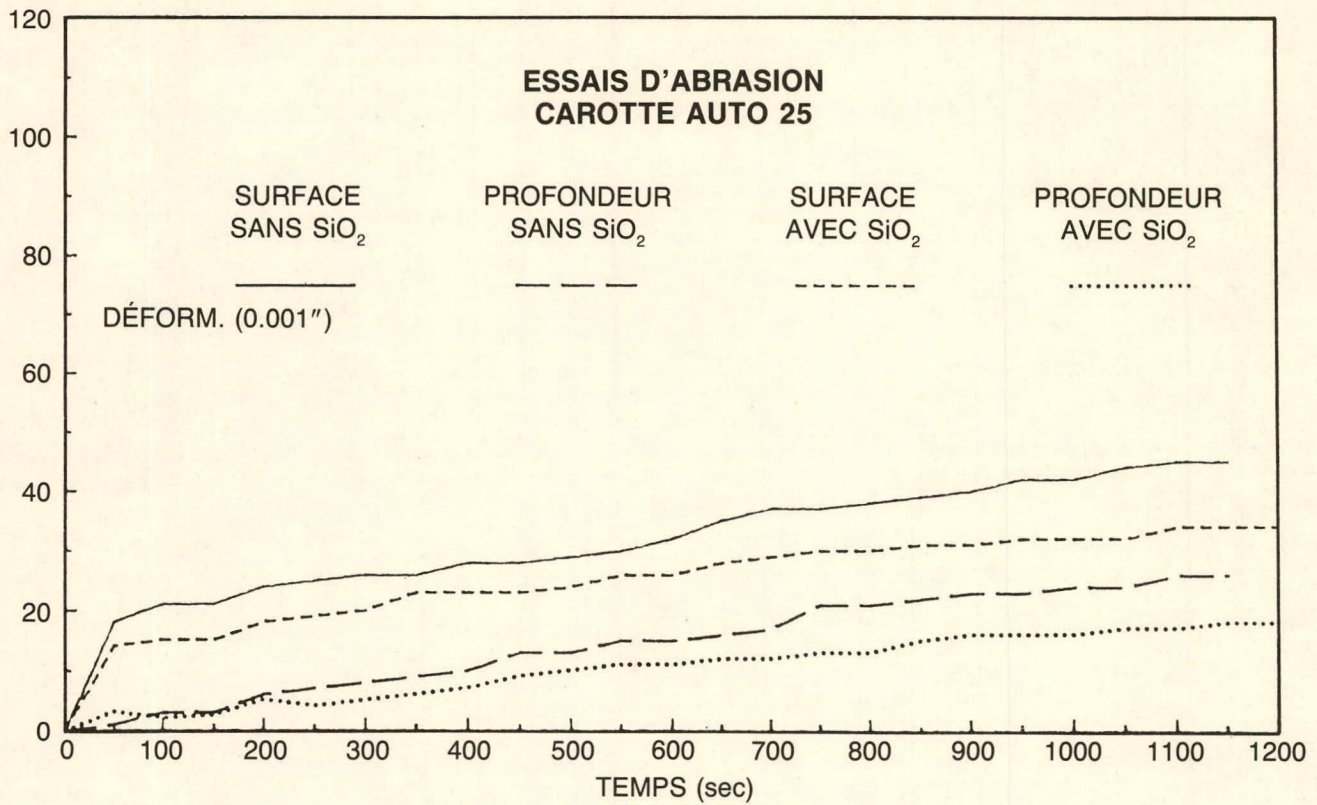


FIGURE 1 – Résistance à l'abrasion des deux types de béton de l'autoroute 25 après 1 hiver de service.

MINISTÈRE DES TRANSPORTS



QTR A 153 587