

INFLUENCE DU TYPE DE MOULE SUR LA MESURE
DE LA RESISTANCE EN COMPRESSION DU BETON

CANQ
TR
GE
RC
170



Ministère des Transports
Direction recherche et contrôle
Service du laboratoire central

919872

INFLUENCE DU TYPE DE MOULE SUR LA MESURE
DE LA RESISTANCE EN COMPRESSION DU BETON

Présenté au congrès de
l'ASSOCIATION DU BETON DU QUEBEC
A QUEBEC le 25 mars 1982

Par: Guy Fréchette, ing., M.Sc.

Daniel Vézina, ing.

Roger Blanchette, T.Sc.A.

CANP
TK
GE
RC
170

MINISTÈRE DES TRANSPORTS
CENTRE DE DOCUMENTATION
700, boul. RENÉ-LÉVESQUE EST, 21^e étage
QUÉBEC (QUÉBEC) CANADA
G1R 5H1

REÇU
CENTRE DE DOCUMENTATION
24 NOV. 2006
TRANSPORTS QUÉBEC

1.0 Dans le contrôle qualitatif du béton, surtout là où les systèmes de pénalité sont en vigueur, on doit apporter une attention à tous les facteurs pouvant influencer les résultats de la résistance en compression. Le but de notre étude a été d'évaluer l'influence du type de moule utilisé sur les valeurs de cet essai.

Quels types de moules devons-nous utiliser et recommander? En se basant sur la littérature (tableau 1), le moule d'acier est sans contredit celui qui est le plus spécifié et recommandé pour le prélèvement des cylindres. Les études démontrent que ce type de moule procure les résultats les plus élevés, sans nécessairement pour cela améliorer le coefficient de variation. Sommes-nous justifiés, dans ces conditions, de prescrire ou opter pour l'utilisation exclusive des moules d'acier, nonobstant les inconvénients, les coûts impliqués et l'évolution de la technologie?

La norme ASTM C-470 spécifie les caractéristiques des différents types de moules utilisables pour le prélèvement des cylindres de béton.

Entre autre, il est spécifié que les moules doivent avoir une absorption maximum de 24 grammes, un allongement maximum de 0,6 mm, et qu'ils ne doivent pas couler.

Pour sa part, l'Association Canadienne de Normalisation, dans sa norme CAN 3-A232-3C, réfère à l'ASTM C-470, mais ajoute la note suivante, et je cite: "Au sujet des moules irrécupérables en carton paraffiné, il semble qu'ils puissent entraîner des diminutions de résistances en

période de chaleur ou dans le cas du béton à haute résistance. On ne devrait utiliser ces moules que si l'on est convaincu que les résistances en compression obtenues avec ces derniers se comparent à celles obtenues avec des moules en métal".

Cette note n'est guère précise, puisqu'elle ne spécifie pas le type de métal, ni l'épaisseur de la paroi. Entre autre, aucune mention spécifique n'est faite des autres types de moules, carton non-paraffiné, plastique, fer blanc, polystyrène expansé, etc.; on peut donc se demander si ces moules sont en mesure de procurer des résistances équivalentes à celles obtenues avec des moules d'acier et être jugés conformes pour l'échantillonnage du béton.

Egalement, si on se réfère à la huitième édition du "Concrete Manual", il est écrit: "Les moules de carton et de papier ne devraient pas être employés pour prélever des cylindres de béton pour fin de contrôle".

Les autres types de moules sont-ils valables? Sur quelle référence se base-t-on pour mettre une telle exigence?

Pour faire la lumière sur le sujet, le Laboratoire central a cru nécessaire d'entreprendre une étude sur les types de moules utilisés au Québec. Les informations transmises sont les résultats obtenus lors d'études exécutées par le Laboratoire central et par le C.R. de Montréal. Cette dernière étude est surtout axée sur l'influence de la réutilisation des moules de plastique sur les résultats en compression.

2.0 MOULES

Les types de moules qui ont fait le sujet de notre étude sont:

Phase I:

- a) *moule d'acier réutilisable
- b) moule de carton paraffiné
- c) *moule de carton
- d) moule de polyuréthane 5 mm
- e) moule de polypropylène 2 mm
- f) moule de polystyrène expansé

Phase II:

- 1) moule d'acier réutilisable (référence)
- 2) moule de carton (il a été amélioré Eastern)
- 3) moule de polyuréthane 5 mm (Permaplast)
- 4) moule de polypropylène 2 mm (GENEQ)
- 5) moule de polypropylène 6 mm (Curtis)

*Les moules en carton et en acier non-étanché n'étaient pas conformes aux exigences spécifiées à la norme ASTM C-470-76.

Les dimensions de ces moules, données au tableau 2, montrent que les moules en polypropylène 6 mm d'épais ont la forme d'un tronc conique. De ce fait, une attention particulière doit être apportée lors de la détermination de la résistance en compression, qui est obtenue par la charge totale divisée par le diamètre moyen. Cette différence dans le

diamètre peut apporter des variations pouvant aller jusqu'à 0,8 MPa pour un béton de 40 MPa, c'est-à-dire 2%.

3.0 MELANGES, PRELEVEMENT, MURISSEMENT ET ESSAIS

3.1 Mélanges

Le béton utilisé dans nos études provient de différents fabricants de la province, qui ont fourni des mélanges conventionnels rencontrant les résistances en compression désirées et la grosseur maximum du gros granulat, soit 14 et 20 mm maximum. Cette hétérogénéité dans les mélanges est justifiée par le fait que l'étude porte sur l'évaluation de la variation due à différents types de moules et non sur celle des mélanges de béton.

Les résistances demandées sont données au tableau 3.

3.2 Prélèvement

Pour chacun des types de moules à évaluer, six (6) éprouvettes étaient prélevées, ce qui représente 30 ou 36 échantillons selon que l'on étudiait 5 ou 6 types de moules.

Le prélèvement des éprouvettes était effectué par le même technicien dans le but d'éliminer le facteur de variation inhérent à plusieurs échantillonneurs. Le recours à un seul échantillonneur a entraîné un délai d'environ 1 heure entre le début et la fin du prélèvement. Cette procédure n'est pas conforme aux exigences de

la norme ACNOR. Aussi, pour minimiser l'effet de ce délai, chaque éprouvette était toujours prélevée dans le même ordre: après la confection de la première série d'éprouvettes (une pour chaque type de moule), on a répété la procédure jusqu'à l'obtention de 6 éprouvettes par type de moule.

Cette méthode de procéder a permis de prélever le nombre désiré d'éprouvettes, tout en éliminant les deux variables importantes qu'auraient constitué la présence de plusieurs échantillonneurs et l'utilisation de gâchées différentes. L'ensemble des résultats ne montre aucune relation ou variation notable dues à l'ordre de prélèvement des éprouvettes. En conséquence, on peut croire que les résultats obtenus justifiaient, dans les circonstances, la méthode suivie.

3.3 Mûrissement et Essais

Vingt-quatre (24) heures après le prélèvement, les éprouvettes étaient transportées au Laboratoire central pour être mûries et soumises à l'essai de résistance à la compression à 28 jours. Le mûrissement, la coiffe et l'essai de compression ont été exécutés conformément aux exigences de la norme ACNOR ou à celles des normes de l'ASTM.

4.0 DISCUSSION

Les résultats en compression détaillés ont été calculés pour chacun des

mélanges de façon à déterminer la résistance moyenne, l'écart-type et le coefficient de variation obtenus sur les éprouvettes provenant d'un même type de moule et pour chaque série de types de moules prélevée.

Les données obtenues sur les mélanges montrent que l'étendue des résultats pour chaque type de moule n'est pas nécessairement la valeur entre le premier échantillon et le dernier.

Les tableaux 8 et 9 résument les résultats pour l'ensemble de l'étude. Le tableau 9 donne les valeurs de la deuxième phase de l'étude, dans laquelle tous les types de moules vérifiés étaient conformes aux exigences de la norme ASTM C-470.

L'évaluation de l'influence des types de moule de la phase II ainsi que celle des moules en acier étanché et en polypropylène 2 mm de la phase I sont basées sur trois (3) prélèvements seulement.

5.0 CONCLUSION

La résistance moyenne obtenue par des éprouvettes confectionnées à l'aide de moules d'acier non-étanché est respectivement de 2,0%, 2,1%, 3,7%, 5,5% et 5,5% supérieure à celle des éprouvettes provenant de moules en carton, en polyuréthane, en polypropylène 2 mm, en carton paraffiné et en polystyrène expansé.

Le fait de ne pas étancher les moules en acier semble augmenter sensiblement (1%) la résistance en compression des éprouvettes.

La deuxième phase de l'étude, malgré le peu de résultats, montre une tendance semblable à celle de la première phase. Les moules en polyuréthane, en polypropylène 6 mm, en polypropylène 2 mm et en carton ont procuré aux éprouvettes des résistances de 97,2%, 96,5%, 96,0% et 95,8% de celles des cylindres provenant des moules d'acier étanché.

Compte tenu des résultats, la prudence est de rigueur dans l'énoncé de la conclusion, puisque la différence entre les moyennes des variables observées est relativement près des écarts-types des moyennes de ces mêmes variables.

Les résultats montrent que le choix du type de moule devrait être basé sur des considérations pratiques d'utilisation et leur conformité aux normes, plutôt que sur leur performance.

TABLEAU 2

TYPE ET DIMENSION DES MOULES EVALUES

TYPE DE MOULE		DIAMETRE mm	HAUTEUR mm	EPAISSEUR mm
Acier		152	304	6
* Carton paraffiné		152,4	302	2
* Carton		151,5	300	2
* Polyuréthane		152,3	304	5
Polypropylène "GENE@"	bas centre haut	152,5 153,0 153,5	304	2
Polystyrène expansé "Protecto"	bas centre haut	151,0 151,6 152,0	302	20
† Polypropylène "Curtis Plastic Ltd"	bas centre haut	150,5 151,0 à 151,5 152,5 à 153	302	6
Fer blanc	bas centre haut	152,4 à 152,9 152,8 à 154 151,8 à 154,9	306	0,4

* EVALUES dans les 2 phases

† EVALUE dans la phase 2 seulement

TABLE DES RESISTANCES EN COMPRESSION DE CYLINDRE DE BETON
EN FONCTION DE LA CHARGE OBTENUE ET DU DIAMETRE DU CYLINDRE

Diamètre en mm	Diamètre en pouce	Surface en po ²	Lecture en livres sur le manomètre (cadran)									
			100 000		125 000		145 000		165 000		185 000	
			P.S.I.	MPa	P.S.I.	MPa	P.S.I.	MPa	P.S.I.	MPa	P.S.I.	MPa
153,0	6,024	28,50	3509	24,20	4386	30,25	5088	35,09	5789	39,93	6491	44,77
152,9	6,02	28,46	3514	24,23	4392	30,29	5095	35,14	5798	39,98	6500	44,83
152,8	6,016	28,42	3519	24,27	4398	30,33	5102	35,19	5806	40,04	6510	44,89
152,7	6,012	28,39	3522	24,29	4403	30,37	5107	35,22	5812	40,08	6516	44,94
152,6	6,01	28,35	3527	24,33	4409	30,41	5115	35,27	5820	40,14	6526	45,0
152,5	6,004	28,31	3532	24,36	4415	30,45	5122	35,32	5828	40,20	6535	45,07
152,4	6,0	28,27	3537	24,40	4422	30,49	5129	35,37	5837	40,25	6544	45,13
152,3	5,996	28,24	3541	24,42	4426	30,53	5135	35,41	5843	40,30	6551	45,18
152,2	5,992	28,20	3546	24,46	4433	30,57	5142	35,46	5851	40,35	6560	45,24
152,1	5,988	28,16	3551	24,49	4439	30,61	5149	35,51	5859	40,41	6570	45,31
152,0	5,984	28,13	3555	24,52	4444	30,65	5155	35,55	5866	40,45	6577	45,36
151,9	5,98	28,09	3560	24,55	4450	30,69	5162	35,60	5874	40,51	6586	45,42
151,8	5,976	28,05	3565	24,59	4456	30,73	5169	35,65	5882	40,57	6595	45,49
151,7	5,972	28,02	3569	24,61	4461	30,77	5175	35,69	5889	40,61	6602	45,53
151,6	5,969	27,98	3574	24,65	4467	30,81	5182	35,74	5897	40,67	6612	45,60
151,5	5,965	27,94	3579	24,68	4474	30,85	5190	35,79	5906	40,73	6621	45,67
151,4	5,961	27,90	3584	24,72	4480	30,90	5197	35,84	5914	40,79	6631	45,73
151,3	5,957	27,87	3588	24,75	4485	30,93	5203	35,88	5920	40,83	6638	45,78
151,2	5,953	27,83	3593	24,78	4492	30,98	5210	35,93	5929	40,89	6648	45,84
151,1	5,949	27,79	3598	24,82	4498	31,02	5218	35,98	5937	40,95	6657	45,91
151,0	5,945	27,76	3602	24,84	4503	31,05	5223	36,02	5944	40,99	6664	45,96

TABLEAU 3

MELANGES EMPLOYES

PHASE I

Nombre	Classe	Numéros
1	25 MPa	8
7	30 MPa	1, 2, 3, 4, 5, 6, 9
2	35 MPa	7, 11
2	40 MPa	10, 13

PHASE II

2	35 MPa	14, 15
1	45 MPa	13

RESISTANCE MOYENNE OBTENUE A L'AIDE DE DIFFERENTS MOULES

Type de moule \ Mélange No	MPa	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
		30	30	30	30	30	30	35	25	30	40	35	40
Carton	$\bar{X}$	41,5	38,8	37,3	31,6	31,8	31,6	40,4	34,7	30,3	46,0	46,7	48,0
	σ	0,49	1,36	1,25	1,16	0,90	0,27	0,86	0,58	0,50	0,95	1,27	1,42
	C.V.	1,19	3,51	3,36	3,66	2,84	0,85	2,13	1,67	1,65	2,07	2,72	2,96
Carton paraffiné	$\bar{X}$	39,5	35,6	35,2	30,4	31,4	32,0	40,3	35,5	29,0	45,7	41,9	45,4
	σ	0,88	1,87	1,56	1,71	0,72	0,87	0,29	0,26	0,46	0,61	0,68	1,40
	C.V.	2,23	5,26	4,45	5,63	2,30	2,72	0,72	0,73	1,59	1,34	1,62	3,08
Polyuréthane 5 mm d'épais	$\bar{X}$	40,7	38,7	37,0	31,6	31,7	32,8	41,1	35,5	31,3	46,3	43,8	46,8
	σ	0,77	1,22	0,75	1,01	0,82	0,53	0,55	0,42	1,44	0,81	0,59	0,72
	C.V.	1,90	3,15	2,03	3,20	2,59	1,62	1,34	1,18	4,61	1,75	1,35	1,54
Polypropylène 2 mm d'épais	$\bar{X}$									30,7	47,2	42,6	47,3
	σ	—	—	—	—	—	—	—	—	0,57	1,06	0,65	0,76
	C.V.									1,86	2,25	1,53	1,61
Acier étanché	$\bar{X}$	40,6	37,6	36,7									
	σ	0,92	1,16	0,74	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	C.V.	2,27	3,07	2,01									
Acier non- étanché	$\bar{X}$	41,1	37,9	37,0	32,5	32,5	33,8	42,2	36,3	32,4	50,0	44,2	47,5
	σ	0,46	0,86	1,20	0,41	1,18	0,51	0,24	0,16	0,33	1,33	0,51	0,48
	C.V.	1,13	2,26	3,24	1,27	3,63	1,51	0,57	0,44	1,02	2,66	1,15	1,01
Polystyrène expansé	$\bar{X}$	39,8	37,5	35,0	30,8	30,2	31,2	39,9	34,2	30,4	44,8	43,2	44,7
	σ	2,13	1,79	0,24	0,79	0,82	0,68	0,39	0,21	1,43	1,32	1,45	1,40
	C.V.	5,36	4,76	0,68	2,55	2,71	2,18	0,98	0,61	4,65	2,95	3,36	3,13

TABLEAU 8

RESISTANCE MOYENNE OBTENUE A L'AIDE DE DIFFERENTS MOULES

Mélange No		13	14	15	16	17	18
Type de moule							
Permaplast	$\bar{X}$	48,5	35,2	39,5			
	σ	1,13	1,03	0,33			
	CV	2,33	2,93	0,84			
Curtis	$\bar{X}$	48,2	35,5	38,6			
	σ	0,58	1,25	1,26			
	CV	1,20	3,52	3,26			
GENEQ	$\bar{X}$	48,3	35,2	38,4			
	σ	0,96	1,08	0,73			
	CV	1,99	3,07	1,90			
Carton	$\bar{X}$	47,1	36,4	37,7			
	σ	0,70	1,99	0,55			
	CV	1,49	5,47	1,46			
Acier	$\bar{X}$	50,2	36,7	37,9			
	σ	0,91	1,52	0,76			
	CV	1,79	4,14	1,90			

TABLEAU 9

COEFFICIENT DE VARIATION MOYEN

POUR CHAQUE TYPE DE MOULE

Type de moule	Coefficient de variation- %	
	Phase I	Phase II
Acier non-étanché	1,68	
Polyuréthane 5 mm	2,19	2.03*
Carton	2,38	2,74*
Acier étanché	2,45 ⁺	2,61*
Carton paraffiné	2,64	
Polystyrène expansé	2,83	
Polypropylène 2 mm	1,62*	2,32*
Polypropylène 6 mm		2,66*

+ Seulement 4 mélanges ont servi à établir ce coefficient de variation

* Seulement 3 mélanges ont servi à établir ce coefficient de variation

MINISTÈRE DES TRANSPORTS



QTR A 231 287