

INFLUENCE DE LA CONFIGURATION GEOMETRIQUE D'EPROUVETTE SUR LA REPONSE MECANIQUE DU BETON A LA COMPRESSION

1 Introduction

Dans l'état actuel des connaissances et de la technologie en matière de méthodes d'essais diverses et malgré l'intérêt croissant pour certaines méthodes modernes, l'essai d'écrasement demeure nécessaire pour la caractérisation de la réponse mécanique du béton [1, 2, 3].

Quand il est réalisé soigneusement, cet essai donne des résultats très significatifs de la qualité du béton.

La résistance mécanique est considérée comme la qualité essentielle à rechercher pour un béton. L'ensemble des facteurs influant sur la résistance à la rupture de compression du béton peuvent être classés en deux catégories [4] :

- ceux liés au prélèvement et aux éprouvettes elles-mêmes tels que, l'âge, le mode de conservation, le type de moule, la forme et les dimensions des éprouvettes ainsi que leur état de surface,
- ceux liés à la conduite de l'essai mécanique tels que : décentrement des éprouvettes, existence ou non de contraintes latérales, type de machines d'essais et vitesse de mise en charge des éprouvettes.

L'objet de cette étude expérimentale est de faire une synthèse sur les modèles expérimentaux utilisés ainsi qu'une analyse des résultats obtenus concernant la résistance mécanique du béton en compression.

La forme du modèle expérimental joue un rôle important, elle doit répondre aux exigences suivantes [3, 5] :

- garantir une répartition uniforme des efforts de compression, il est nécessaire que la résultante des forces appliquées passe par l'axe de l'éprouvette,
- permettre une bonne mise en place de l'éprouvette.

Le processus d'exécution de l'essai de compression doit remplir les conditions suivantes :

- Les faces de l'éprouvette qui sont au contact de la presse doivent être bien planes, et perpendiculaires à l'axe de l'éprouvette.
- La ligne d'application de la force doit coïncider avec l'axe de l'éprouvette.
- La force appliquée doit croître régulièrement, ni trop vite, ni trop lentement application d'une

charge continue de 0.5 ± 0.2 (MPa/sec).

2 Paramètre de l'essai

En l'absence d'une normalisation dans notre pays, les laboratoires, les fabricants et les utilisateurs industriels du béton adoptent généralement pour les exécutions des essais, les normes françaises AFNOR, dont les références concernant les essais de compression sont [3,4] :

• Moules et éprouvettes

NF P18-400 février 1969

"moules et éprouvettes cylindriques",

NF P18-401 février 1969

"moules et éprouvettes prismatiques",

NF P18-402 février 1969

"moules et éprouvettes cubiques".

• Essai mécanique

NF P18-406 février 1969

"essais de compression".

• Machines d'essais

P18-411 octobre 1969

"machines hydrauliques pour essais de compression, flexion et traction des matériaux durs",

P18-412 octobre 1969

"machines hydrauliques pour essais de compression (presses pour matériaux durs)".

2.1 Eprouvettes

Les éprouvettes utilisées pour la mesure de la résistance du béton à la compression sont de forme cubique, cylindrique ou prismatique à section carrée.

• Eprouvettes cubiques (essais de compression)

Les caractéristiques des moules et éprouvettes cubiques sont présentées dans le tableau 1.

Eprouvettes cubiques	Dimensions de fabrication Arête a en (mm)	Section (cm ²)	D _{max} (mm)
10	100	100	≤25
14	141.4	200	≤31.5
20	200	400	≤50
30	300	900	≤80

Tableau 1 : : Dimensions des éprouvettes cubiques

• Eprouvettes cylindriques (essais de compression, traction directe et traction par fendage)

Le format de moule cylindrique (tableau 2) à employer dépend de la dimension D_{max} du granulats : d diamètre du moule ou de l'éprouvette

A. NACERI

Centre universitaire de M'SILA

RÉSUMÉ

L'étude présentée dans cet article consiste à rechercher, en utilisant les différents modèles expérimentaux (cubique, cylindrique et prismatique) dont nous disposons les meilleures performances mécaniques (résistance à la compression) du béton.

Le béton résiste le mieux à la compression et cet indice sert de caractéristique principale des propriétés mécaniques du béton.

Les résultats expérimentaux obtenus des échantillons testés ont permis de montrer que la réponse mécanique du béton à la compression dépend sensiblement de la forme et des dimensions de l'éprouvette.

MOTS CLÉS

modèles expérimentaux • résistance à la compression • béton • essais mécaniques.

Eprouvettes cylindriques	Dimensions de fabrication (mm)		Section Dmax	
	Diamètre d	Hauteur h	(cm ²)	(mm)
cylindre de 11	112.8	220	100	≤25
cylindre de 16	159.6	320	200	≤40
cylindre de 25	252.5	500	500	≤63

Tableau 2 : Dimensions des épreuves cylindriques

Eprouvettes prismatiques	Dimensions de fabrication (mm)		Section (cm ²)	Dmax (mm)
	Arrêts base a	Longueur L = 4 x a		
prisme de 7	70.70	282.8	50.00	≤16
prisme de 10	100.0	400.0	100.0	≤25
prisme de 14	141.4	565.6	200.0	≤31.5
prisme de 20	200.0	800.0	400.0	≤50

Tableau 3 : Dimensions des épreuves prismatiques

cylindrique, ne doit pas être inférieur à : $(4 \times D_{max})$.

• **Eprouvettes prismatiques ou "Prismes à base carrée"** (essais de traction par flexion)

Les épreuves prismatiques (tableau 3) sont constituées par des prismes à section carrée de côté a et de longueur (L = 4 x a), on a alors, dans l'essai de rupture par flexion, une distance entre appuis inférieures : (l = 3 x a).

2.2 Types de moules

On doit utiliser le type marqué d'une croix (tableau 4) suivant la nature de l'essai à effectuer.

Les principales caractéristiques des moules sont :

- l'indéformabilité,
- l'inaltérabilité sous l'action des liants,
- l'étanchéité,
- le démoulage facile,
- l'entretien aisé, pour ceux qui sont réutilisables (démontables).

Type de moules	Essais de recherche			Essais d'étude, et d'information		
	Comp	Fend	Trac	Comp	Fend	Trac
Métallique	x	x	x	x	x	x
Matière plastique	x		x	x	x	x
Carton			x	x		x

Tableau 4 : Types de moules

3 Matériau utilisés

3.1 Granulats fins (Sable)

Le sable utilisé dans cette étude provient des abords de l'oued Maâter. Cet oued est situé entre les collines de Boussâada, entre lesquelles souffle un vent provenant du sud chargé de grains fins.

L'avancée du désert a permis donc au fil des ans le dépôt du sable dans l'oued, qui par la suite a assuré son transport et son étalement.

Ce sable est d'origine éolienne, c'est un sable de dune, du moins ses grains sont fins.

3.2 Gros granulats (Pierres concassées)

Les pierres concassées utilisées pour la confection du béton sont obtenues par concassage de la roche d'une carrière située à 25 Km de M'sila en allant vers B.B.A (carrière de COSIDER).

Les pourcentages des fractions utilisés sont : 40% (3/8) et 60% (8/15).

Ce mélange a donné une compacité maximale (porosité minimale), ce qui assure un dosage minimal en ciment et en eau dans le béton.

3.3 Liant hydraulique (Ciment)

Le liant hydraulique utilisé est un ciment portland composé fabriqué à la cimenterie de Ain-Touta (Wilaya de Batna), il est commercialisé comme étant un C.P.J 45.

Les principales caractéristiques physiques des matériaux utilisés sont regroupées dans le tableau 5.

Matériaux utilisés	Masse spécifique en (Kg/l)	Masse volumique en (Kg/l)	M _c	Equivalent de sable (ESP/ESV)	Porosité en (%)
Sable	2.60	1.48	1.74	76/78	43
Pierres concassées (3/15)	2.27	1.36	-	-	40
Ciment	3.30	1.07	-	-	33

Tableau 5 : caractéristiques physiques des matériaux utilisés

4 Formulation du béton

L'élaboration de la composition du béton consiste à définir le mélange optimal des différents granulats, ainsi que le dosage en ciment et en eau, afin de réaliser un béton donné. Elle a pour but d'établir les dépenses en matériaux pour un mètre cube de béton frais.

Plusieurs méthodes de composition sont proposées par des spécialistes de renom, tels que Bolomey, Faury, Vallette, Gorisse et Dreux, ainsi que des russes comme Bélaïev et Scramtaïev [3, 5], etc . . .

Notre choix a été dicté par le fait que la méthode de Scramtaïev est réputée, simple, pratique et logique. Cette méthode est appelée la méthode "des volumes absolus" ou méthode de Scramtaïev.

Le principe de cette méthode expérimentale repose sur le fait qu'un béton bien damé à l'état frais se rapproche de la compacité absolue, ce qui signifie que la somme des volumes absolus des matériaux d'origine dans un mètre cube de béton frais (dosage de 1 m³ de béton frais) est égale au volume de la composition du béton damé [6].

En utilisant la méthode de composition de

Composition du béton	Classe du béton 250 bars	Classe du béton 300 bars
Dosage en ciment C(Kg/m ³)	284	322
Dosage en ciment S(Kg/m ³)	522	463
Dosage en pierres concassées PC(Kg/m ³)	1165	1190
Dosage en eau E(lg/m ³)	200	200

Tableau 6 : Composition théorique des bétons étudiés

Composition d'un mètre cube de béton frais	Classe du béton 250 bars A ₁ (3 à 5 cm)	Classe du béton 300 bars A ₂ (3 à 5 cm)
Dosage en ciment C(Kg/m ³)	284	322
Dosage en ciment S(Kg/m ³)	522	463
Dosage en pierres concassées PC(Kg/m ³)	1165	1190
Dosage en eau E(lg/m ³)	184	187

Tableau 7 : Composition pratique (corrigée) des bétons étudiés

Scramtaïev, on obtient les formulations pour les deux classes de béton (250 et 300 bars), qu'on trouve indiquées dans le tableau 6.

5 Résultats expérimentaux

Les propriétés du béton les plus importantes sont :

- la fluidité (ouvrabilité ou consistance) du béton frais,
- et la réponse mécanique du béton à l'état durci.

5.1 Fluidité du béton frais

La fluidité du mélange (béton frais) est évaluée par sa capacité de couler sous l'effet de son poids propre ou d'une vibration. Cette caractéristique est déterminée au moyen du cône d'Abrams (essai d'affaissement ou slump-test). Le contrôle expérimental de la fluidité désirée nous a permis d'effectuer un certain nombre de corrections concernant la composition des deux bétons étudiés.

Les résultats d'essais au cône d'Abrams sont regroupés dans le tableau 7.

5.2 Résistance mécanique du béton à la compression

La résistance mécanique est exprimée par le pouvoir du béton de résister à la destruction sous l'action des contraintes dues aux différentes charges de compression, de traction, de flexion et de cisaillement. Le béton résiste le mieux à la compression et cet indice sert de caractéristique principale des propriétés mécaniques des bétons. Pour cette raison on ne s'intéresse qu'à l'étude du comportement du béton à la compression.

On coule le béton frais dans des moules cubiques (10 x 10 x 10 cm³), cylindriques (16 x 32 cm²) et prismatiques (10 x 10 x 30 cm³), après avoir lubrifié ces derniers. On leur fait subir des vibrations jusqu'à l'apparition d'une couche de laitance du ciment sur la surface libre. Pour avoir une surface lisse sur la face supérieure de l'éprouvette, cette dernière est arasée à l'aide d'une règle biseautée. Le démoulage est effectué 24 heures après la confection du béton. Avant de soumettre les éprouvettes aux essais, ces dernières sont conservées dans un endroit humide (immergées dans l'eau) tel qu'un bac galvanisé

rempli d'eau.

Avant les essais, les éprouvettes sont exposées à l'air libre pendant 20 minutes pour qu'elles acquièrent l'état normal d'humidité.

Les éprouvettes sont alors centrées sur le plateau de la presse hydraulique puis une charge continue est appliquée sur l'éprouvette. A la rupture on effectue la lecture de la charge P, la résistance à la compression est donnée par la relation suivante :

$$R_c = [P/S]$$

où :

R_c : résistance à la compression,

P : charge de rupture,

S : section de l'éprouvette.

Les essais de résistance à la compression se font à l'âge de 7, 14 et 28 jours.

Les résultats expérimentaux obtenus sont regroupés au tableau 8 donnant les valeurs moyennes de trois essais.

L'analyse des résultats obtenus (tableau 8) a permis de tirer les conclusions suivantes :

Dénomination des modèles expérimentaux	Classe de béton en (bars)	R_c en (bars)	R_{14} en (bars)	R_{28} en (bars)
Cubique (A) (10 x 10 x 10 cm ³)	250	257	302	353
	300	311	346	398
Cylindrique (B) (16 x 32 cm ²)	250	175	196	271
	300	179	238	302
Prismatique (C) (10 x 10 x 30 cm ³)	250	109	192	265
	300	176	225	296

- La classe de béton 300 présente une augmentation importante de R_c que la classe 250, cela est dû essentiellement à la différence de proportion de ciment entrant dans la composition du béton.

- La performance mécanique de l'éprouvette cubique est meilleure que celle des deux autres types d'éprouvettes (cylindrique et prismatique), ceci est dû principalement à la différence de forme et dimension (influence du volume et de l'éclatement) des éprouvettes.

6 Conclusion

Expérimentalement, on constate que R_c est d'autant plus élevée que l'éprouvette est plus petite. Cela veut dire que l'éprouvette de faible éclatement résiste mieux à la compression.

Les prismes et les cylindres résistent moins bien à la compression que les cubes ■

BIBLIOGRAPHIE

[1] M. Vénuat, "Ciments et bétons", Presses Universitaires de France, Paris, 1969.

[2] F. Gorisse, "Essais et contrôle des bétons", Editions Eyrolles, Paris, 1978.

[3] G. Dreux, "Nouveau guide du béton", Editions Eyrolles, Paris, 1979.

[4] A. Brahma, "Le béton", Université de Blida, I.G.C., O.P.U., 1992.

[5] R. Lanchon, "Cours de laboratoire : Granulats, bétons, sols", Desforges, Paris, 1983.

[6] A. Kômar, "Matériaux et éléments de construction", Mir, Moscou, 1978.

Tableau 8 : Réponses mécaniques des bétons étudiés