

EFFETS DE LA RESISTANCE DU BETON ET DU RAPPORT VOLUMETRIQUE DES ACIERS SUR LE CONFINEMENT DES POTEAUX

Abdeslam ZERGUA, Fairouz BOUZRED, Sarab MEDJROUBI

Département de Génie Civil, Faculté des Sciences de la Technologie, Université Constantine 1, Algérie

Reçu le 03 Février 2013 – Accepté le 24 Novembre 2013

Résumé

Le confinement de béton est un domaine qui continu à intéresser les chercheurs. Beaucoup de modèles permettant de décrire le comportement des colonnes en béton confinées à l'aide des armatures transversales (cadres ou cerces) avec différentes sections (carrée, rectangulaires, circulaires) ont été proposés. La présente étude concerne l'évaluation de l'influence de la résistance du béton et du rapport volumétrique des aciers sur le comportement des colonnes selon certains modèles de confinement, couramment utilisés. Une comparaison entre les différents résultats des résistances, des gains en résistance, des déformations et des gains en déformation ont eu lieu.

Mots clés : Modèles de Confinement, gain en résistance, gain en ductilité, gain en déformation, rapport volumétrique, armatures transversales.

Abstract

Confinement of concrete is an area that continued to interest researchers. Many models have been proposed to describe the behavior of concrete columns with different sections (square, rectangular, circular) confined with transverse reinforcement (hoops or ties)). The present study concerns the evaluation of the influence of concrete strength and the volumetric ratio of steel on the behavior of circular and square columns according to some confinement models commonly used. A comparison between the different results of strength, strength gains, stain and strain gains has been performed.

Key words: Confinement models strength gain, ductility gain, strain gain, volumetric ratio, and transverse reinforcement.

لا يزال يثير اهتمام الباحثين. الكثير
القضبان الحديدية العرضية (الدائرية أو المستطيلة)
(مستطيلة و دائرية). هذه الدراسة تهتم بتقييم تأثير مقاومة الخرسانة و نسب حجم الحديد على سلوك الأعمدة الدائرية و المربعة بحسب
بعض نماذج الحصر الكثيرة الإستعمال. لقد تم إجراء مقارنة بين النتائج المتحصل عليها بخصوص المقاومة و الريح في المقاومة و
التشوّهات و الريح في التشوّهات

كلمات المفتاحية : نماذج حصر الخرسانة، الريح في المقاومة ، الريح في الليونة، الريح في التشوّه، النسبة الحجمية، العرضية القضبان

L'amélioration de la capacité portante et la ductilité des éléments structuraux a fait toujours l'objet des recherches depuis le début du vingtième siècle. Considère en 1903 démontra que l'application d'une pression latérale sur des cylindres de mortier pouvait augmenter sensiblement leurs résistance à la compression .

Considère [1], en a constaté que le sable rempli dans un fut supporte plus de charge. Il a alors compris qu'en confinant un matériau, on peut améliorer sa capacité portante. Richart et al. [2] ont modélisé le confinement, ensuite Balmer [3] a amélioré le modèle proposé par Richart et al. . La question du confinement du béton avec ou sans armatures ne cesse d'intéresser beaucoup de chercheurs. Plusieurs modèles capables de prédire et décrire le comportement des éléments confinés notamment en gain en ductilité et en résistance ont été proposés.

La présente étude s'intéresse à évaluer l'influence de certaines caractéristiques mécaniques du béton tel que la sa résistance et le rapport volumétrique des aciers sur le comportement des colonnes circulaires et carrées selon les modèles de Mander et al. [4], de Kusuma et Tavio, [5] de Saatcioglu et Razvi [6] et de Ahmed et al Dash[7]. Une comparaison entre les différents résultats des résistances, des gains en résistance, des déformations et des gains en déformations a été effectuée.

1. MODELES DE CONFINEMENT

Plusieurs chercheurs ont étudié le confinement des pièces en béton avec ou sans armatures, notamment les colonnes. Plusieurs paramètres ont été considérés ainsi que leurs effets sur la ductilité, la rigidité et la résistance.

Dans leurs études, King [8] et Blume et al. [9] ont étudié le confinement pour des sections rectangulaires en béton. Roy et Sozen [10] et Soliman et Yu [11] ont étudié les effets des espacements et des diamètres des cadres, de la forme de la section et de l'enrobage sur le confinement. Ils ont constaté que la diminution de l'espacement et/ou l'augmentation du diamètre de l'armature transversale produit un accroissement de la ductilité qui est supérieur à celui constaté pour la résistance. Sargin [12] a proposé une autre relation contrainte-déformation du béton confiné. Il a réalisé une étude sur des spécimens de section carrée soumis à des efforts de compression concentrés et excentrés. Tous les spécimens sont dépourvus des armatures longitudinales.

Kent et Park [13] ont proposé un modèle en fonction de leurs études antérieures. Ils ont inséré et combiné plusieurs aspects déjà adoptés dans les modèles proposés par Hognestad et al. [14]. Park et al. [15] ont également proposé un modèle basé sur les expériences menées sur des éprouvettes en béton. La pression latérale de confinement générée par l'armature transversale en forme de spire ou de cadre sur la résistance et la ductilité a fait l'objet des travaux de Saatcioglu et Razvi [6]. Cheikh et Uzumeri [16] ont développé un modèle qui tient en compte de l'espacement des armatures transversales ; la section des armatures longitudinales ; le rapport volumétrique des

aciers transversaux au noyau de béton. Les modèles de Cheikh et Yeh [17] et Mander et al. [4] sont applicables aux différentes formes de sections et pour toutes intensités de confinement. Dans cette étude l'influence des différents types de confinement a été prise en compte. Ahmad et Shah [18] ; Chung et al. [19]; Kusuma et Tavio [5] ont également proposé des modèles de contrainte-déformation en fonction des résultats des tests. Vallenas et al. [20] ont effectué des essais sur des spécimens carrés, soumis à un effort de compression axiale. Al-Dash et Ahmad [7] ont traité la question de confinement pour le béton ordinaire et le béton à haute résistance des colonnes aux sections circulaires confinées à l'aide de spires. Ce modèle est exprimé par le diamètre des spires ; le poids volumique du béton ; le rapport volumétrique de l'armature transversale au noyau de béton ; l'aire de la spire ; le diamètre de noyau de béton.

2. ANALYSE ET COMPOSITION DES MODELES DE CONFINEMENT

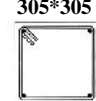
Une comparaison entre les différents modèles est exposée dans cette partie. On se limite aux effets de la résistance du béton, de l'espacement, du rapport volumétrique des armatures transversales et de l'effet du diamètre de l'armature transversale sur les gains en résistance, en ductilité et en déformation dans le cas des colonnes aux sections carrées ou circulaires.

2.1. Influence de la résistance de béton f_{co}

2.1.1. Colonnes avec sections carrées

Les caractéristiques mécaniques et géométriques de la section de béton étudiée sont données dans le tableau 1.

Tableau 1 : Caractéristiques de la section transversale

Dimensions (mm)	t (mm)	f_{yh} (mm)	S (mm)	s	L (mm)	C (mm)	f_{co} (Mpa)
	8	334	50	1.5	18	15	20
							25
							30
							35

avec :

C : enrobage de béton ;

S : espacement vertical entre l'axe des armatures transversales ;

L : diamètre de l'acier longitudinal ;

t : diamètre des aciers transversaux ;

f_{yh} : limite élastique de l'acier transversale.

Les résultats obtenus par les modèles de Mander et al. [4] et Kusuma et Tavio [5] sont présentés sur les figures 1, 2 et 3.

La présence de l'armature transversale confine le béton et lui procure une augmentation de la contrainte maximale f_{cc} et de la déformation correspondante. La figure 1 montre clairement de que la résistance du béton confiné augmente comparativement à sa résistance à la compression simple. Elle est plus grande dans le cas du model de Mander et al. [4] que dans celui de Kusuma et Tavio [5].

Cette augmentation, en valeur absolue, suit une fonction linéaire dans les deux cas de figure. Le gain en résistance K_s est supérieur dans le cas du modèle de Mander et al. comparativement à celui de Kusuma et Tavio [5] (figure 2).

Ce gain est sensiblement constant dans le cas des deux modèles.

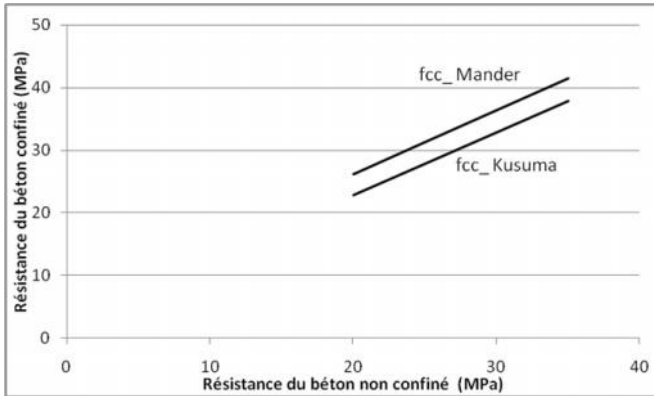


Figure 1 : Variation de la résistance du béton confiné selon les modèles de Mander et al. [4] et Kusuma et Tavio [5]

Plus la résistance f_{co} croît plus la résistance au pic du béton confiné f_{cc} augmente, alors que le gain en résistance diminue graduellement. Cette réduction se traduit par l'abaissement de l'expansion latérale du béton sous l'action d'une force de compression axiale. L'augmentation de la contrainte du béton non confinée, induit une diminution de l'intensité des contraintes appliquées sur l'acier transversale, générant ainsi moins de pression latérale, d'où une régression de l'efficacité de confinement. A cet effet la contribution de confinement d'acier est maximale si la rupture est due à une rupture de l'acier et elle est limitée dans le cas de l'écrasement du béton. Dans ce cas, la rupture est anticipée suite à l'écrasement fragile du béton et l'acier n'aura pas assez de temps pour développer sa pleine résistance. Quand la résistance de béton f_{co} croît, la déformation limite ϵ_{cu} décroît.

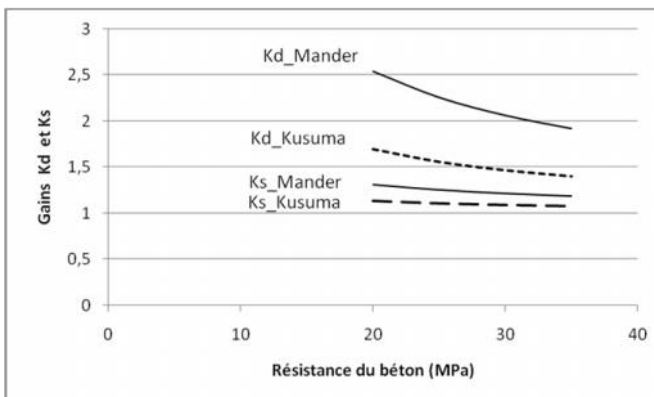


Figure 2 : Variations des gains en résistance K_s et en déformation K_d selon les modèles de Mander et al. [4] et Kusuma et Tavio [5].

La déformation du béton correspondant à la résistance du béton confiné (résistance au Pic) est représentée sur la figure 3. Elle augmente avec la résistance du béton. Cette augmentation est visible dans le cas du modèle de Mander

et al. [4] par rapport à celui de Kusuma et Tavio [5]. Le rapport exprimé en termes de gain en déformation représenté sur la figure 2 montre que ce gain diminue avec l'augmentation de la résistance du béton. Le gain en déformation K_d est supérieur au gain en résistance K_s .

Il est constaté à partir de ces figures que les gains en résistances et en déformations décroissent, pratiquement, linéairement. La décroissance est plus visible dans le cas des déformations. Le modèle de Mander et al. [4] prédit des gains plus importants que ceux prédits par le modèle de Kusuma et Tavio [5].

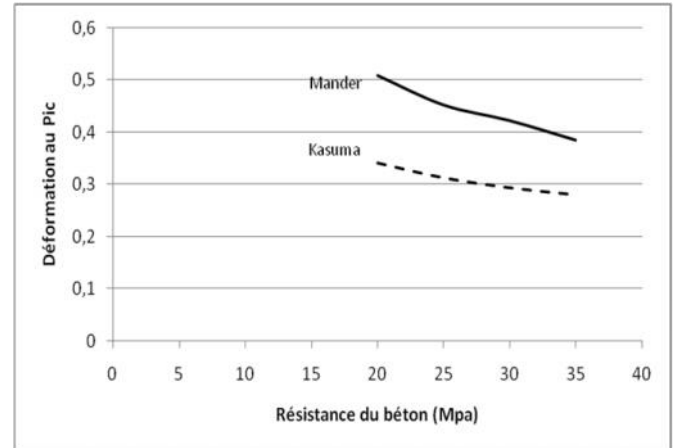


Figure 3 : Variations de la déformation au Pic selon les modèles de Mander et al. [4] et Kusuma et Tavio [5]

La déformation limite ϵ_{cu} calculée par le modèle de Mander et al. [4] est supérieure à celle calculée par le modèle de Kusuma et Tavio [5]. Mander et al. préconisent une méthode rationnelle basée sur l'approche de l'égalité des énergies alors que Kusuma et Tavio utilisent des constatations expérimentales.

On remarque que les résistances au Pic du béton confiné augmentent avec les résistances du béton non confiné, contrairement à la variation des déformations axiales qui est inversement proportionnelle à la résistance du béton non confiné. Dans les deux cas de figure, le modèle de Mander et al. donne des valeurs supérieures à celui de Kusuma et Tavio. Cela peut s'expliquer par le fait que le coefficient k d'amélioration de la résistance est constant ($k = 3.7$) dans le cas du modèle de Kusuma et Tavio, alors que celui proposé par Mander et al. augmente avec l'augmentation de la résistance. L'inverse est constaté dans le cas du gain en résistance qui diminue lorsque la résistance augmente. Partant de ce fait, les valeurs de K_s données par Mander et al. approchent à celles supposées par Kusuma et Tavio. Les mêmes observations sont enregistrées pour le gain en déformation.

Bien que le coefficient k_2 d'amélioration de la déformation ϵ_{cc} est égale à 0.055 dans le cas du modèle de Kusuma et Tavio [5] et qu'il diminue avec la diminution de f_{co} pour le modèle de Mander et al., l'abaissement de la ration de f_{ie} à f_{co} provoque une augmentation de ϵ_{cc} donné par les deux modèles et par conséquent l'éloignement de ces deux valeurs.

2.1.2. Colonnes avec sections circulaires

Les caractéristiques mécaniques et géométriques de la section de béton étudiée sont données dans le tableau 2.

Tableau 2 : Caractéristiques de la section transversale

Dimension de la section	f_{co} (Mpa)	t (mm)	S (mm)	f_{yh} (MPa)	d_c	c %	c (mm)
450*450	20	6	50	334	382	1.05	30
	35						
	30						
	35						

La contrainte maximale f_{cc} du béton confiné et la déformation correspondante ϵ_{cc} , le gain en résistance et le gain en déformation obtenus par différents modèles sont présentés sur les figures 4, 5, 6 et 7.

La figure 4 montre que la résistance du béton confiné augmente beaucoup plus rapidement dans le cas de Mander et al. [4]. Elle augmente avec l'augmentation de la contrainte du béton non confiné d'une manière linéaire.

La figure 5 montre que le gain en résistance K_s est grand pour les petites valeurs des contraintes du béton, puis diminue au fur et à mesure que cette contrainte augmente. La diminution est beaucoup plus forte dans le cas du modèle de Saatcioglu et Razvi [6].

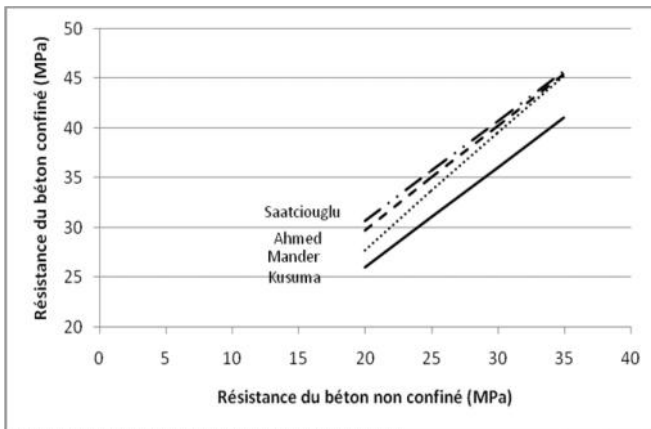


Figure 4 : Variation de la résistance du béton confiné selon les quatre modèles.

On remarque que la différence entre la contrainte au pic prédite par les modèles de Mander et al. [4] ; de Saatcioglu et Razvi [6] et de Ahmed et al- Dash [7], diminue avec l'augmentation de la résistance de béton. On constate également qu'il y a une divergence entre les résultats de f_{cc} obtenus par Ahmed et al- Dash et celles données par Kusuma et Tavio, de même pour le modèle de Mander et al. et de Kusuma et Tavio. Ceci est dû au fait que Kusuma et Tavio considère que le coefficient k (coefficient d'amélioration de la contrainte f_{cc}) comme constant alors que celui proposé par Ahmed et al- Dash et par Mander et al. croit avec l'accroissement de f_{co} . Cette différence reste constante dans le cas du modèle de Kusuma et Tavio et celui de Saatcioglu et Razvi, ceci s'explique par le fait que la pression latérale, et le coefficient k sont indépendants de la résistance initiale de béton f_{co} . L'inverse est vrai pour le

gain en résistance K_s , du fait que l'effet de confinement décroît avec l'accroissement de la résistance de béton.

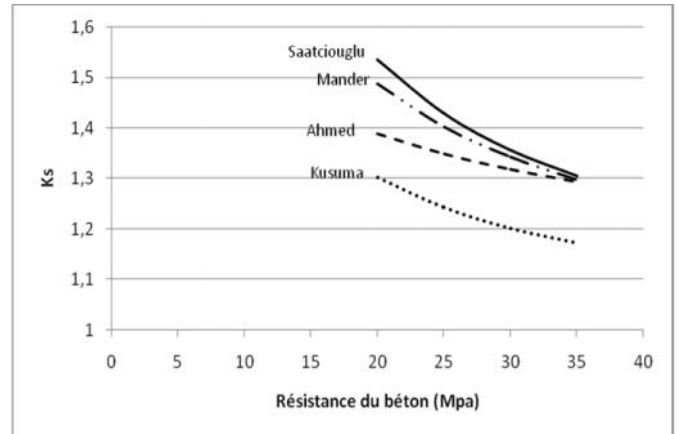


Figure 5 : Variations des gains en résistance K_s selon les quatre modèles

L'effet de la contrainte du béton sur la déformation est représenté sur la figure 6. La déformation correspondant à la résistance au Pic augmente avec la résistance du béton. Cette augmentation est plus prononcée dans le cas de faibles résistances. Le gain en déformation K_d présenté sur la figure 7, suit la même variation.

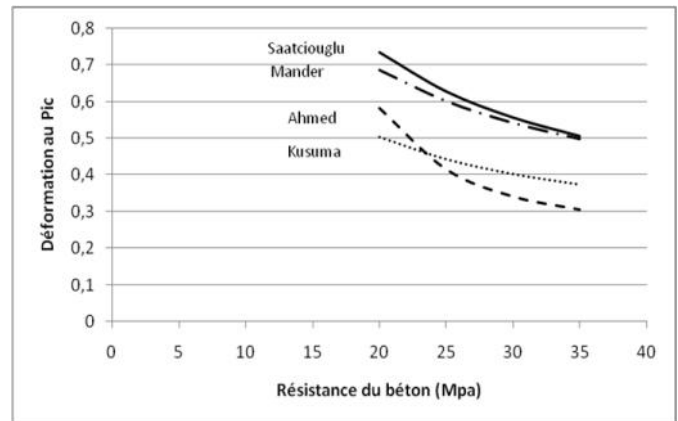


Figure 6 : Variations de la déformation au Pic selon les quatre modèles

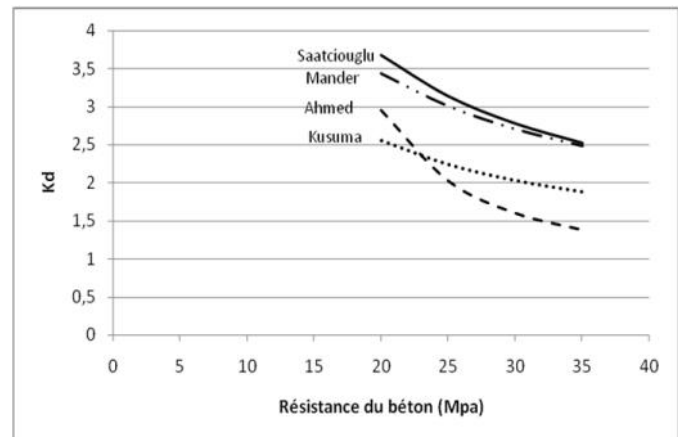


Figure 7 : Variations des gains en déformation K_d selon les quatre modèles


Le gain en résistance le plus grand est le gain prédit par le modèle de Saatcioglu et Razvi [6]. Il est très proche du gain calculé par le modèle de Mander et al. [4] et la même situation pour le gain en déformation. Le gain le plus petit est prédit par le modèle de Kusuma et Tavio [5], mais le gain en déformation le plus bas est donné par le modèle d'Ahmed et al-Dash [7].

2.2. Influence de l'espacement et du rapport volumétrique des armatures transversales

2.2.1. Colonnes avec sections carrées

Les caractéristiques mécaniques et géométriques de la section de béton étudiée sont données dans le tableau 3.

Tableau 3 : les caractéristiques de la section transversale

Dimensions (mm)	f_{cc} (Mpa)	f_{yh} (Mpa)	S (mm)	s	C (mm)	t (mm)
	30	334	50	1.5	15	8
			100	0.75		
			150	0.50		
			200	0.37		

Les résultats obtenus par les modèles de Mander et al. [4] et Kusuma et Tavio [5]. sont représentés sur les figures 8, 9, 10 et 11.

La figure 8, montre que la résistance du béton diminue avec l'espacement des cadres dans le cas des modèles de Mander et al. [4] et celui de Kusuma et Tavio [5]. Cette diminution est plus accentuée pour les faibles valeurs d'espacement. Néanmoins, le modèle de Mander et al. [4] prédit une augmentation plus grande que celle du modèle de Kusuma et Tavio [5].

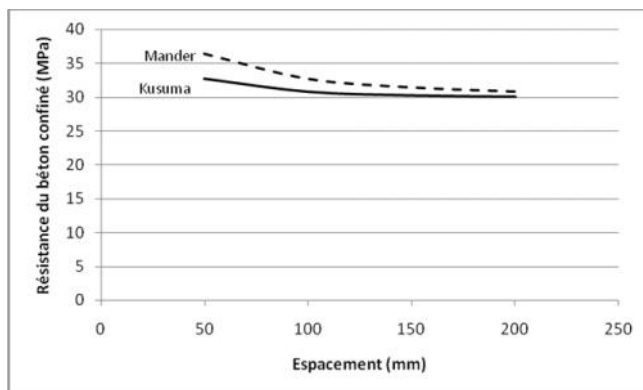


Figure 8 : Variation de la résistance du béton confiné selon les modèles de Mander et al. [4] et de Kusuma et Tavio [5]

Le gain en résistance présenté sur la figure 9 suit la même allure que celle de la résistance.

Quant à la variation de la déformation en fonction de l'espacement entre les cadres, elle est représentée sur la figure 10.

L'augmentation de cette déformation est plus significative pour les espacements serrés.

L'effet de l'espacement devient insignifiant pour des espacements supérieurs à 100 mm. Les déformations prédites par le modèle de Mander et al. sont plus grandes que celles prédites par le modèle de Kusuma et Tavio .

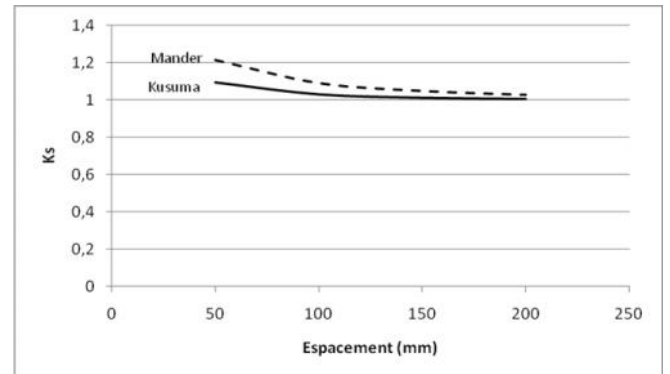


Figure 9 : Variations des gains en résistance K_s selon les modèles de Mander et al. [4] et de Kusuma et Tavio [5]

Le gain en déformation K_d présenté sur la figure 10 décroît également avec l'augmentation des espacements.

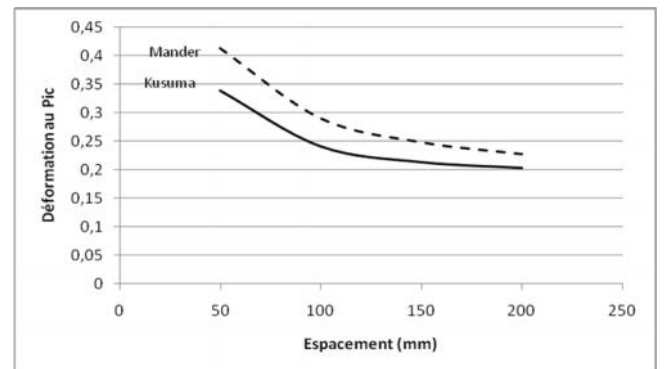


Figure 10 : Variations de la déformation au Pic selon les modèles de Mander et al. [4] et de Kusuma et Tavio [5]

La diminution de l'espacement, entre l'armature transversale implique une augmentation du rapport volumétrique d'acier. Ceci génère une croissance de la résistance maximale de béton confiné, donc une augmentation du gain en résistance. Il engendre aussi l'agrandissement de la déformation correspondant à la contrainte au pic.

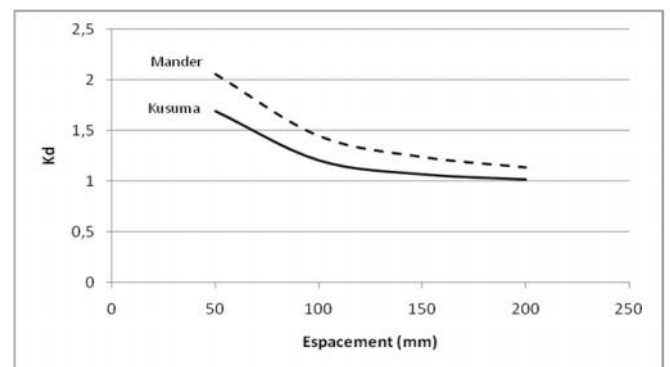


Figure 11 : Variations des gains en résistance K_s selon les modèles de Mander et al. [4] et de Kusuma et Tavio [5]

Lorsque l'espacement atteint 200 mm, l'accroissement de la contrainte maximale f_{cc} et de la déformation correspondant ϵ_c devient très faible pour tous les modèles.

Il est constaté que les gains en résistances et en déformations donnés par le modèle de Mander et al. décroissent de la même manière que ceux donnés par Kusuma et Tavio. Dans les deux cas, le modèle de Mander et al. prédit des gains supérieurs à ceux prédits par le modèle de Kusuma et Tavio.

2.2.2. Colonnes avec sections circulaires

Les caractéristiques mécaniques et géométriques de la section transversale sont présentées dans le tableau 4.

Tableau 4 : Caractéristiques de la section transversale

S (mm)	s %	f_{co} (Mpa)	t (mm)	f_{yh} (Mpa)	w_I	b_c
50	1.05	30	6	334	2300	382
100	0.53					
150	0.35	30	6	334	2300	382
200	0.25					

La contrainte maximale f_{cc} et la déformation correspondante, le gain en résistance et le gain en déformation, obtenus par quatre différents modèles sont représentés dans les figures 12 à 15.

La résistance du béton confiné est largement influencée par les petits espacements. Cette influence diminue pour des espacements supérieurs à 100 mm. Le modèle de Saatcioglu donne les plus grandes résistances du béton confiné et celui de Kusuma et Tavio donne les plus petites, en termes de quantités absolues (figure 12).

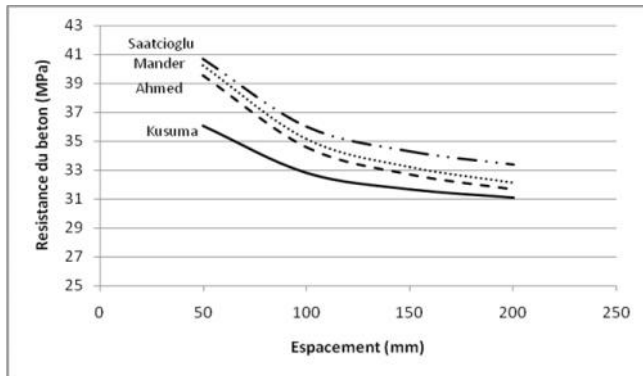


Figure 12 : Variation de la résistance du béton confiné selon les quatre modèles

Ceci est dû au fait de la non prise en considération de l'effet d'arrachement de béton par le modèle de Saatcioglu. Néanmoins, en termes de gain en résistance (Ks) qui est le rapport de la résistance du béton confiné à celle du non confiné, le modèle de Kusuma et Tavio donne le plus de gain pour le même espacement comparativement aux autres modèles (figure 13).

La réduction des espacements des cadres induit une augmentation du rapport volumétrique. Cette augmentation

n'influe pas uniquement sur la résistance mais également sur la déformation et le gain en déformation.

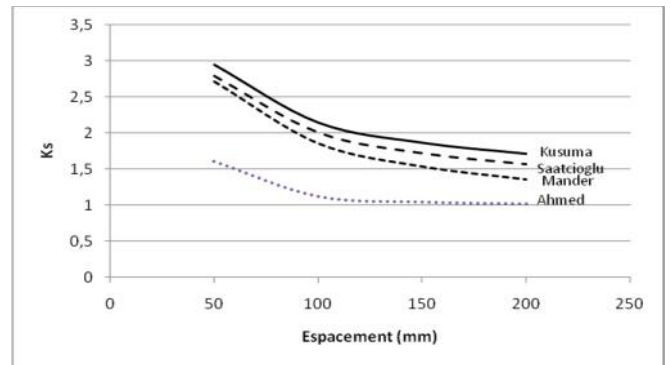


Figure 13 : Variations des gains en résistance Ks selon les quatre modèles

La déformation correspondant à la résistance au pic présentée sur la figure 14 est aussi largement visible pour les petits espacements. Un changement de comportement à la valeur de 100 mm s'est produit pour la majorité des modèles. Une régression quasiment linéaire de la courbe du modèle de Kusuma et Tavio et observée.

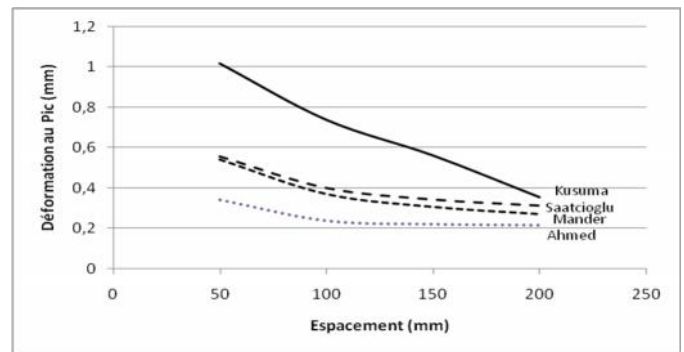


Figure 14 : Variations de la déformation au Pic selon les quatre modèles

En termes de gain en déformation (kd) sur la figure 15, tous les modèles présentent un changement dans la courbe pour un espacement de 100 mm. Contrairement aux résistances sur la figure 14, le modèle de Kusuma et Tavio donne les plus petits gains en déformation comparativement aux autres modèles.

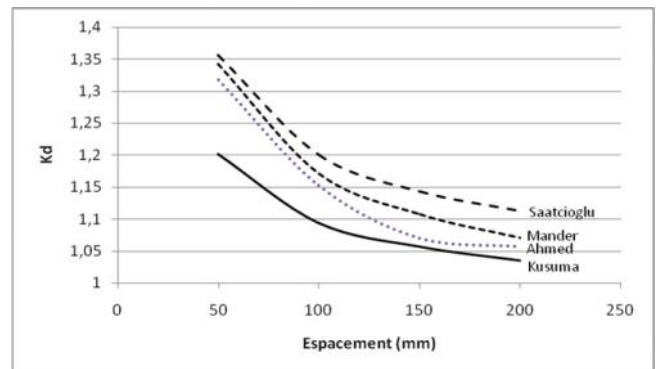


Figure 15 : Variations des gains en résistance Kd selon les quatre modèles

2.3. Influence du diamètre de l'armature transversale

2.3.1. Colonnes avec sections carrées

Les caractéristiques mécaniques et géométriques de la section transversale sont représentées dans le tableau 5.

Tableau 5 : les caractéristiques de la section transversale

Dimensions (mm)	f_{co} (Mpa)	f_{yh} (Mpa)	S (mm)	s %	C (mm)	t (mm)
305*305	30	334	50	0.84	15	6
				1.5		8
				2.37		10

Les figures 16 à 19 montrent l'influence des diamètres des cadres sur la résistance du béton. Plus les diamètres des cadres transversaux augmentent plus les résistances du béton confiné. L'augmentation du diamètre, donc l'augmentation du rapport volumétrique, donne le même effet que celui de la réduction des espacements. Car le volume du béton confiné devient plus important. L'augmentation de la résistance est quasiment linéaire. Elle est plus grande dans le cas du modèle de Mander et al. par rapport à celui de Kusuma et Tavio (figure 16).

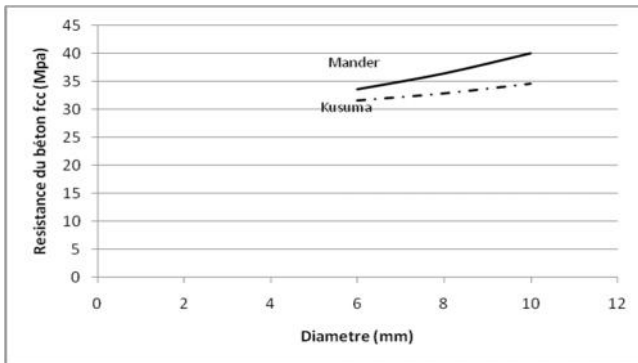


Figure 16 : Variation de la résistance du béton confiné selon les modèles de Mander et al. [4] et de Kusuma et Tavio [5]

Les mêmes constatations pour les gains en résistance (ks) sont montrées sur la figure 17.

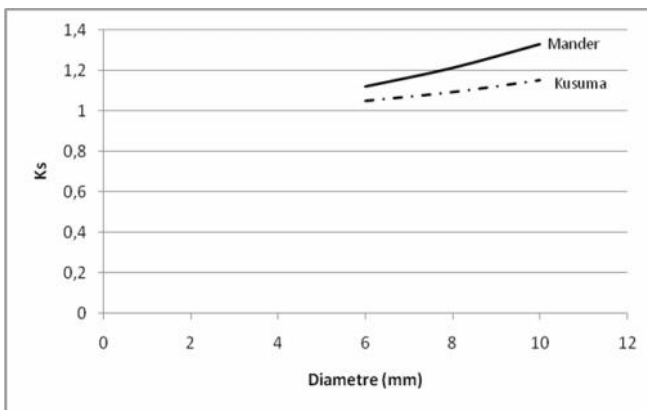


Figure 17 : Variations des gains en résistance Ks selon les modèles de Mander et al. [4] et de Kusuma et Tavio [5]

Les figures 18 et 19 permettent de constater l'effet des diamètres des cadres sur la déformation du béton selon les modèles de Mander et al. [4] et celui de Kusuma et Tavio [5].

Comme les résistances, la déformation du béton est aussi influencée par les dimensions des diamètres des cadres. La déformation correspondant à la contrainte au pic représentée sur la figure 18, croît linéairement avec l'accroissement du diamètre, en d'autres termes, avec l'accroissement du volume du béton confiné et de la pression induite par ces cadres.

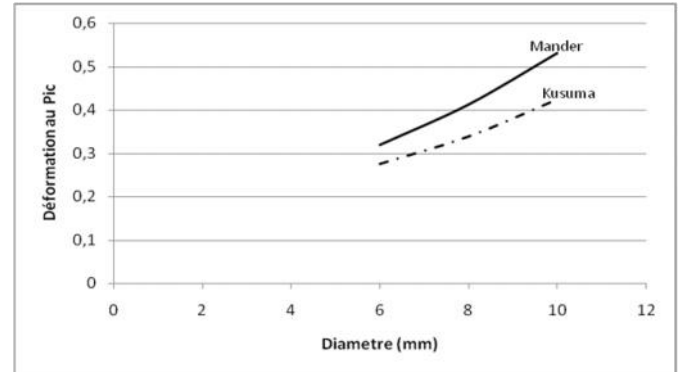


Figure 18 : Variations de la déformation au Pic selon les modèles de Mander et al. [4] et de Kusuma et Tavio [5]

Elle est plus grande dans le cas du modèle de Mander et al. [4] par rapport à celle prédite par le modèle de Kusuma et Tavio [5]. Les mêmes variations sont constatées dans le cas des gains en déformation (kd) représentés sur la figure 19.

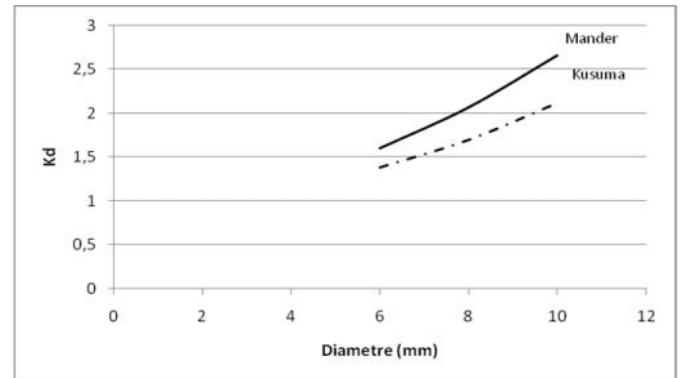


Figure 19 : Variations des gains en résistance Kd selon les modèles de Mander et al. [4] et de Kusuma et Tavio [5]

2.3.2. Colonnes avec sections circulaires

Les caractéristiques mécaniques et géométriques de la section transversale sont représentées dans le tableau 6.

Tableau 6 : les caractéristiques de la section transversale

t (mm)	s %	f_{co} (Mpa)	S (mm)	f_{yh} (Mpa)	b_c (mm)	C (mm)
6	0.59	30	50	334	382	30
8	1.05					
10	1.65					

Les figures 20 et 21 montrent l'influence du diamètre des cadres sur la résistance du béton confiné évaluée selon quatre différents modèles. Globalement la résistance du béton confiné augmente avec l'augmentation du diamètre des cadres quel que soit le modèle proposé. Le modèle de Saatcioglu et Razvi [6] donne les plus grandes résistances. Celui de Kusuma et Tavio [5] est visiblement loin des autres modèles (figure 20).

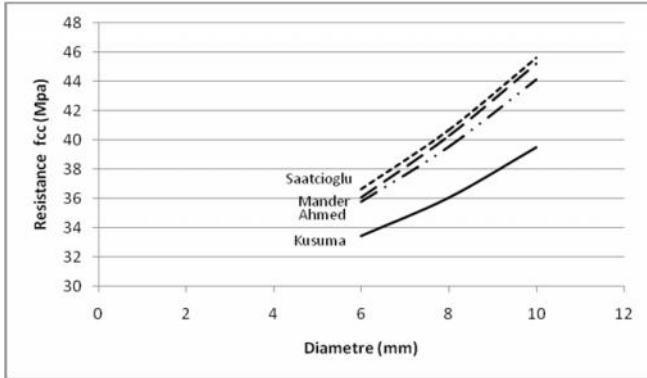


Figure 20 : Variation de la résistance du béton confiné selon les quatre modèles.

Les gains en résistance (k_s) représentés sur la figure 21 varient d'une manière similaire à celle des résistances.

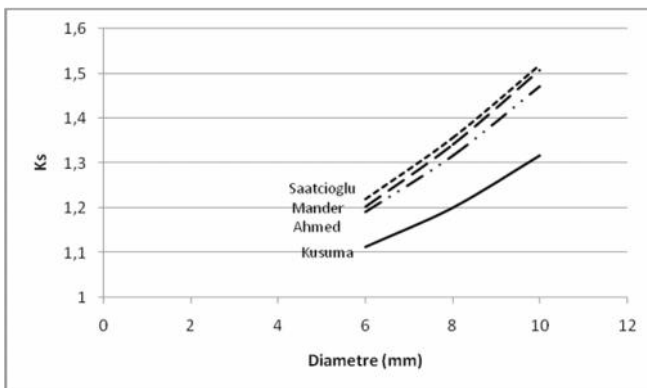


Figure 21 : Variations des gains en résistance K_s selon les quatre modèles

Les figures 22 et 23 montrent quant à elles l'influence des diamètres des cadres sur la déformation du béton selon quatre modèles différents. La déformation du béton confiné est également influencée par les dimensions du diamètre des cadres.

La déformation correspondant à la contrainte au pic représentée sur la figure 22 croît avec l'accroissement du diamètre.

L'augmentation est quasiment linéaire. Elle est plus grande dans le cas du modèle de Saatcioglu et Razvi et plus faible dans le cas du modèle d'Ahmed.

Les gains en déformation (k_d) présentés sur la figure 23 varient d'une manière semblable à la variation de la résistance.

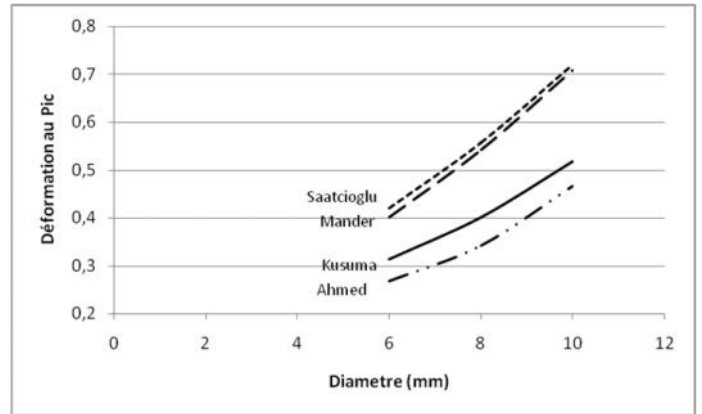


Figure 22 : Variations de la déformation au Pic selon les quatre modèles

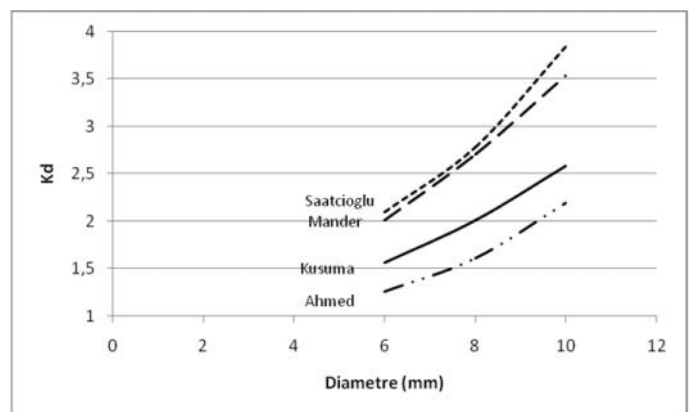


Figure 23 : Variations des gains en résistance K_d selon les quatre modèles

CONCLUSION

Cette étude a montré les différences qui caractérisent certains modèles de confinement des colonnes en béton avec différentes sections. Principalement les modèles de Mander et al. [4], de Kusuma et Tavio [5], de Saatcioglu et Razvi [6] et d'Ahmed et al- Dash [7].

Les résultats ont montré que le gain en résistance et le gain en déformation sont plus grands dans le cas du modèle de Mander et al. [4] comparativement à celui de Kusuma et Tavio [5].

Pour les colonnes circulaires, le gain en résistance diminue au fur et à mesure que la contrainte du béton non confiné augmente. Une divergence entre les résultats obtenus par les différents modèles a été observée.

La résistance du béton diminue avec l'espacement des cadres. Cette diminution est plus accentuée pour les faibles valeurs d'espacement. Ceci revient au calcul de la pression latérale généré par l'armature transversale qui est inversement proportionnelle à l'espacement dans les deux cas de modèles.

L'augmentation du diamètre de l'armature transversale, donc l'augmentation du rapport volumétrique donne le même effet que celui de la réduction des espacements.

L'augmentation de la résistance est plus grande dans le cas du modèle de Mander et al. par rapport à celui de Kusuma et Tavio. La déformation correspondant à la contrainte au pic croît avec l'accroissement du diamètre des cadres. Cet accroissement est plus grand dans le cas du modèle de Mander et al. par rapport à celui prédit par le modèle de Kusuma et Tavio, dans le cas des colonnes carrées.

Globalement la résistance du béton confiné augmente avec l'augmentation du diamètre des cadres quel que soit le modèle proposé. Le modèle de Saatcioglu et Razvi donne les plus grandes résistances. Celui de Kusuma et Tavio est visiblement loin des autres modèles.

Pour la déformation du béton, elle croît avec l'accroissement du diamètre de l'acier transversal. L'augmentation est plus grande dans le cas du modèle de Saatcioglu et Razvi et plus faible dans le cas du modèle d'Ahmed. Les gains en déformation varient d'une manière semblable à la variation de la résistance.

REFERENCES

- [1] Considere A. (1903) "Experimental researches on reinforced concrete". Translated and Arranged by Leon S. Moisseiff, New York, McGraw
- [2] Richart F.E. , Brandtzaeg A., and Brown R.L. (1928) "A study of failure of concrete under combined compressive stresses". *Engineering Experiment Station Bulletin* No. 185, University of Illinois, Urbana
- [3] Balmer G. G. (1949), "Shearing strength of concrete under high triaxial stress-computation of Mohr's envelope as a curve". *Structural Research Laboratory*, Denver, Colorado SP-23 US.
- [4] Mander J. B., Priestley M. J. N. and Park R. (1988)," Theoretical stress-strain model for confined concrete". *J. Struct. Eng.*, 114: 1804-1826
- [5] Kusuma B. and Tavio T. " Unified stress-strain model for confined columns of any concrete and steel strengths", *Proc. of the Inter. Conf. on Earthquake Eng. and Disaster Mitigation*, 14-15 Apr. 2008, Jakarta, Indonesia, pp. 502-509.
- [6] Saatcioglu M. and Razvi S. R. (1992)" Strength and ductility of confined concrete". *J. Struct. Div.*, 118: pp. 1590- 1607.
- [7] El-Dash, K.M. and Ahmad, S.H. (1995) "A model for stress-strain relationship of spirally confined normal and high-strength concrete columns", *Magazine of Concrete Research*, vol.47, pp.177-184.
- [8] King J.W.H. (1946)," The effect of lateral reinforcement in reinforced concrete columns". *Struct. Eng.*, 24: 355-388
- [9] Blume J. A., Newmark N. M. and Corning L. H. (1961)," *Design of multi-story reinforced concrete buildings for earthquake motions*". Portland Cement Association, Chicago, US. 318
- [10] Roy H. E. H. and Sozen M. A. (1964)," *Ductility of concrete. In Flexural Mechanics of Reinforced Concrete*", SP12, American Concrete Institute/American Society of Civil Engineers, Detroit, 213-224
- [11] Soliman M.T.M. and Yu C.W. (1967) , "The flexural stress-strain relationship of concrete confined by rectangular transverse reinforcement". *Mag. Concr. Res.*, 19: pp.223-238
- [12] Sargin M., (1971)," *Stress-strain relationships for concrete and the analysis of structural concrete sections*". Solid Mechanics Division, Study No. 4, University of Waterloo
- [13] Kent D. C. and Park R., (1971)," Flexural members with confined concrete", *J. Struct. Div.* ST7, 97: pp. 1969-1990.
- [14] Hognestad, E., Hanson, N. W. and McHenry, D. (1955). "Concrete stress distribution in ultimate strength design." *ACIJ*, 52(4), 455-480.
- [15] Park R., Priestley M. J. N. and Gill W.D. (1982), " Ductility of square-confined concrete columns". *J. Struct. Div.* ST4, 108: pp. 929-950
- [16] Sheikh S. A. and Uzumeri S.M. (1982)," Analytical model for concrete confinement in tied columns". *J. Struct. Div.*, 108: 2703-2722
- [17] Sheikh S. A. and Yeh Y. Y. (1990)," Tied concrete columns under axial load and flexure". *J. Struct. Eng.*, 116: pp. 2780-2800
- [18] Ahmad S. H. and Shah S. P. (1982)," Stress-strain curves of concrete confined by spiral reinforcement". *J. Am. Concret. Inst.*, 79: pp. 484-490
- [19] Chung H. S. , Yang K. H. , Lee Y. H. and Eun H. C. (2002) " Stress-strain curve of laterally confined concrete". *Eng. Struct.*, 24: pp.1153-1163.
- [20] Vallenat J. , Bertero V. V. and Popov E. P., " concrete confined by rectangular hoops and subjected to axial loads." Report N° UCB/EERC-77/13, Earthquake Eng. Research center, University of California, Berkeley (1977),114p.