

Chapitre 2

COMPORTEMENT DES POUTRES AVEC BETON CONFINE

2.1. INTRODUCTION

Un nombre limité des travaux expérimentaux et théoriques ont étudié le comportement des poutres en béton armé sous l'effet du confinement. Ce présent chapitre expose les différentes études réalisées dans ce domaine. On commence par les études théoriques, où on présente la méthode du code CEB-FIP (1990) et celle de Lee et Pan (2003). Concernant les études expérimentales, on présente les travaux de Pecce et Fabbrocino (1999), Lin et Lee (2001), Debernardi et Taliano (2002), Rashid et Mansur (2005), et Srikanth et *al.* (2007).

La ductilité locale est définie par son facteur de ductilité μ_φ , ce dernier est le rapport entre la courbure ultime φ_u et la courbure à la fin de la phase élastique φ_y . Afin de déterminer ce facteur il est indispensable de connaître les courbures φ_u et φ_y .

2.2. TRAVAUX THEORIQUES SUR LA DUCTILITE LOCALE DES POUTRES EN BETON ARME CONFINE

Les présentes recherches théoriques ont utilisé des différentes méthodes pour les courbures élastique et ultime.

2.2.1. CEB-FIP Model code 1990

Le code CEB-FIP (1990) propose une formule générale pour calculer les deux courbures, cette formule est donnée comme suit :

$$\varphi = \frac{\varepsilon_s - \varepsilon_c}{d} \quad (2.1)$$

Où ; ε_s et ε_c sont les déformations dans l'acier et dans le béton, respectivement.

Pratiquement, il est difficile de déduire la déformation dans le béton à l'état élastique et dans l'acier à l'état ultime, pour cette raison le code CEB-FIP (1990) proposé d'autres formulations pour le calcul des courbures. Les formules proposées sont basées sur le calcul des moments appliqué (M), élastique (M_y), ultime (M_u) et de fissuration (M_r).

2.2.2. Lee et Pan 2003

Lee et Pan (2003) ont proposé les deux formules suivantes pour le calcul des courbures φ_u et φ_y :

$$\varphi_u = \frac{\varepsilon_{cuc} c_1 \alpha f_{ckc}}{f_{yk} \left(1 - \left(\frac{\rho'}{\rho} \right) \right) \rho} \quad (2.2)$$

$$\varphi_y = \frac{\left[1 - \frac{\varepsilon_c}{(f_{yk}/E_s) + \varepsilon_c} \right]}{f_{yk}/E_s} \quad (2.3)$$

Où ;

ε_{cuc} est la déformation ultime du béton confiné, c_1 est le rapport entre la profondeur de la zone confinée et la hauteur de la poutre, α est le facteur de déformation du béton résultant du diagramme contrainte-déformation, f_{ckc} est la résistance du béton confiné à la compression, f_{yk} est la limite élastique des aciers longitudinaux, ρ et ρ' sont les taux d'armatures tendues et comprimées, respectivement, ε_c est la déformation dans le béton et E_s est le module élastique des aciers longitudinaux.

D'une manière similaire au code CEB-FIP (1990), il est difficile de déduire la déformation dans le béton ε_c , le calcul de la courbure φ_y devient impossible, sauf si le facteur μ_φ est initialement connu.

2.3. TRAVAUX THEORIQUES SUR LA DUCTILITE LOCALE DES POUTRES EN BETON ARME CONFINE

2.3.1. Pecce et Fabbrocino 1999

Pecce et Fabbrocino (1999) ont étudié expérimentalement l'effet de la résistance du béton sur la ductilité des poutres en béton armé dans la présence des armatures transversales, le tableau 2.1 montre les détails des poutres étudiées.

Tableau 2.1 : Détail des poutres étudiées Pecce et Fabbrocino (1999).

Poutre	f_{ck} (MPa)	b (mm)	h (mm)	A_s	A'_s	Φ cadres (mm) / espacement (mm)
A	41.3	400	180	8 Φ 16	2 Φ 6	Φ 8/100
AH	93.8	180	8 Φ 16	2 Φ 6	Φ 8/100	
B	41.3	400	180	6 Φ 12	2 Φ 6	Φ 8/100
BH	93.8	400	180	6 Φ 12	2 Φ 6	Φ 8/100
C	42.3	320	520	5 Φ 24	2 Φ 6	Φ 8/100
CH	95.4	320	520	5 Φ 24	2 Φ 6	Φ 8/100

Les diagrammes moment-courbures obtenus par Pecce et Fabbrocino (1999) sont présentés dans la figure 2.1. D'après ces digrammes, ils ont conclu que la résistance du béton allonge la phase plastique des poutres, par conséquent, elles deviennent plus ductiles.

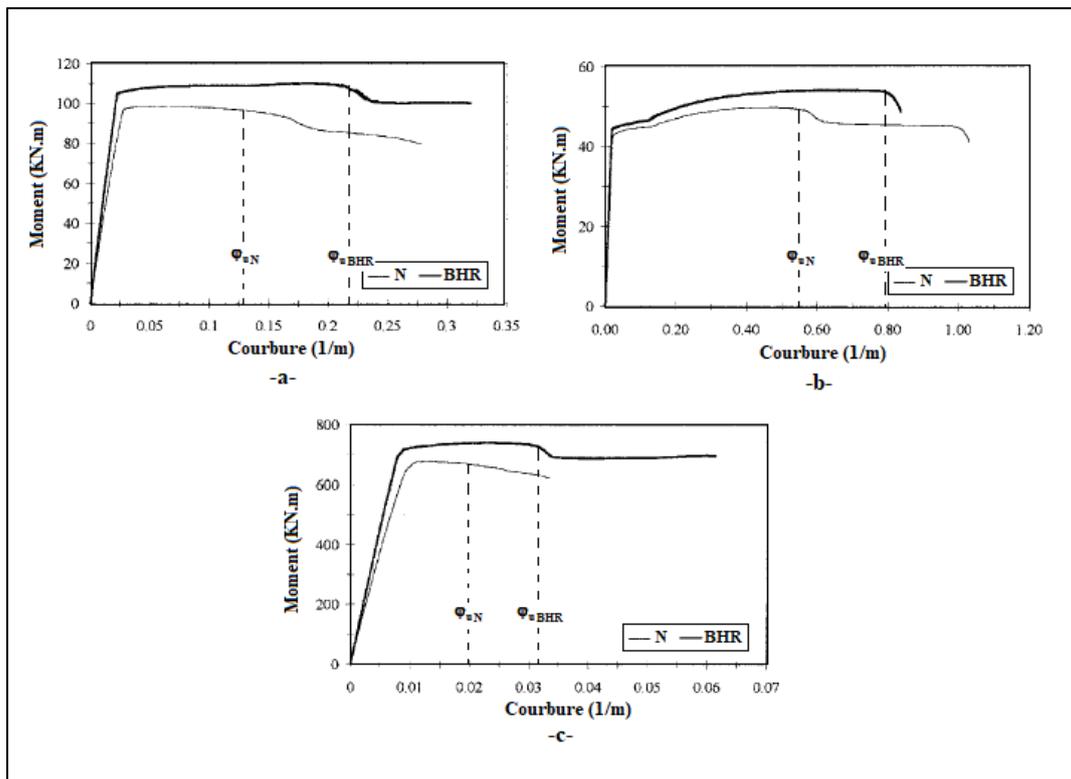


Figure 2.1 : Diagrammes moment-courbure (M-φ) de Pecce et Fabbrocino (1999).

2.3.2. Lin et Lee 2001

Lin et Lee (2001) ont écrasé 21 poutres (360*240 mm²) avec un béton confiné pour étudier l'effet des différents paramètres sur le comportement de ces poutres. Le tableau 2.2 présente les détails des poutres écrasées ainsi que les résultats des facteurs de la ductilité locale obtenus.

Tableau 2.2 : Détail des poutres étudiées Lin et Lee (2001).

Poutre	f_{ck} (MPa)	ρ (%)	ρ' (%)	f_{yh} (MPa)	$\mu_{\phi,0}$	$\mu_{\phi,max}$
N1	30	0.67	0.34	554.26	4.52	57.38
N2	41	0.82	0.41	554.26	5.24	62.52
N3	41	1.25	0.40	554.26	1.48	39.21
N4	41	0.82	0.41	362.97	4.52	49.84
N5	41	0.82	0.41	554.26	4.88	38.05
N6	41	0.82	0.60	554.26	4.36	71.2
N7	41	0.82	0.41	362.97	4.56	62.76
T1	30	0.67	0.34	554.26	4.13	65.87
T2	41	0.82	0.41	554.26	5.2	77.33
T3	41	1.25	0.40	554.26	1.52	39.09
T4	41	1.87	0.45	554.26	1.08	1.69
T5	41	0.82	0.41	362.97	4.71	61.61
T6	41	0.82	0.41	441.45	5.22	68.65
T7	41	0.82	0.41	554.26	6.35	66.43
T8	41	0.82	0.41	554.26	5.01	46.18
T9	41	0.82	0.60	554.26	6.24	90.23
T10	41	0.82	0.41	362.97	6.6	74.14
T11	41	0.82	0.41	441.45	5.72	77.35
T12	41	0.82	0.41	554.26	5.74	17.84
H1	51	1.39	0.44	554.26	5.15	41.7
H2	61	1.46	0.47	554.26	7.46	41.69

D'après les résultats obtenus Lin et Lee (2001) ont conclu que :

- La résistance du béton, le taux d'armatures comprimées et la limite élastique des armatures transversales ont un effet positif sur la ductilité locale ;
- Le taux d'armatures tendues et l'espacement entre les armatures transversales ont un effet négatif sur la ductilité locale.

2.3.3. Debernardi et Taliano 2002

Pour le but d'étudier l'effet des armatures tendues, Debernardi et Taliano (2002) ont testé 22 poutres avec un béton confiné de résistance constante f_{ck} égale à 27.7 MPa. Le tableau 2.3 présente les détails des poutres testées et les résultats des facteurs de ductilité locale obtenus.

Tableau 2.3 : Détail des poutres étudiées Debernardi et Taliano (2002).

Poutre	f_{ck} (MPa)	b (mm)	h (mm)	As	A's	Φ cadres (mm) / espacement (mm)	μ_{ϕ}
T1A1	27.7	100	200	1Φ12	1Φ8	Φ6/150	14.19
T1A3							11.28
T2A1	27.7	100	200	2Φ12	2Φ8	Φ6/150	13.41
T2A3							7.91
T3A1	27.7	100	200	3Φ12	2Φ8	Φ6/150	2.77
T3A3							2.28
T4A1	27.7	200	400	2Φ12	2Φ10	Φ6/150	-
T4A3							24.14
T5A1	27.7	200	400	4Φ12	2Φ10	Φ6/150	14.35
T5A3							15.30
T6A1	27.7	200	400	8Φ12	2Φ10	Φ6/150	3.4
T6A3							3.91
T7A1	27.7	200	400	12Φ12	2Φ10	Φ6/150	1.43
T7A3							1.33
T8A1	27.7	300	600	2Φ12	2Φ12	Φ6/150	9.2
T8A3							11.25
T9A1	27.7	300	600	4Φ12	2Φ12	Φ6/150	-
T9A3							13.57
T10A1	27.7	300	600	9Φ12	2Φ12	Φ6/150	7.25
T10A3							7.25
T11A1	27.7	300	600	18Φ12	2Φ12	Φ6/150	2.25
T11A3							2.08

Debernardi et Taliano (2002) ont trouvé que l'ajout des armatures tendues diminue agressivement le facteur de ductilité locale. Les diagrammes moment-courbure tracés par Debernardi et Taliano (2002) sont illustrés dans la figure 2.2, où ils montrent bien le rétrécissement des plateaux de la plasticité avec l'ajout des armatures tendues, ceci affecte négativement la ductilité des poutres. D'autres part Debernardi et Taliano (2002) ont déduit que la méthode présentée par le code CEB-FIP (1990) est non suffisante pour le calcul des courbures ultime.

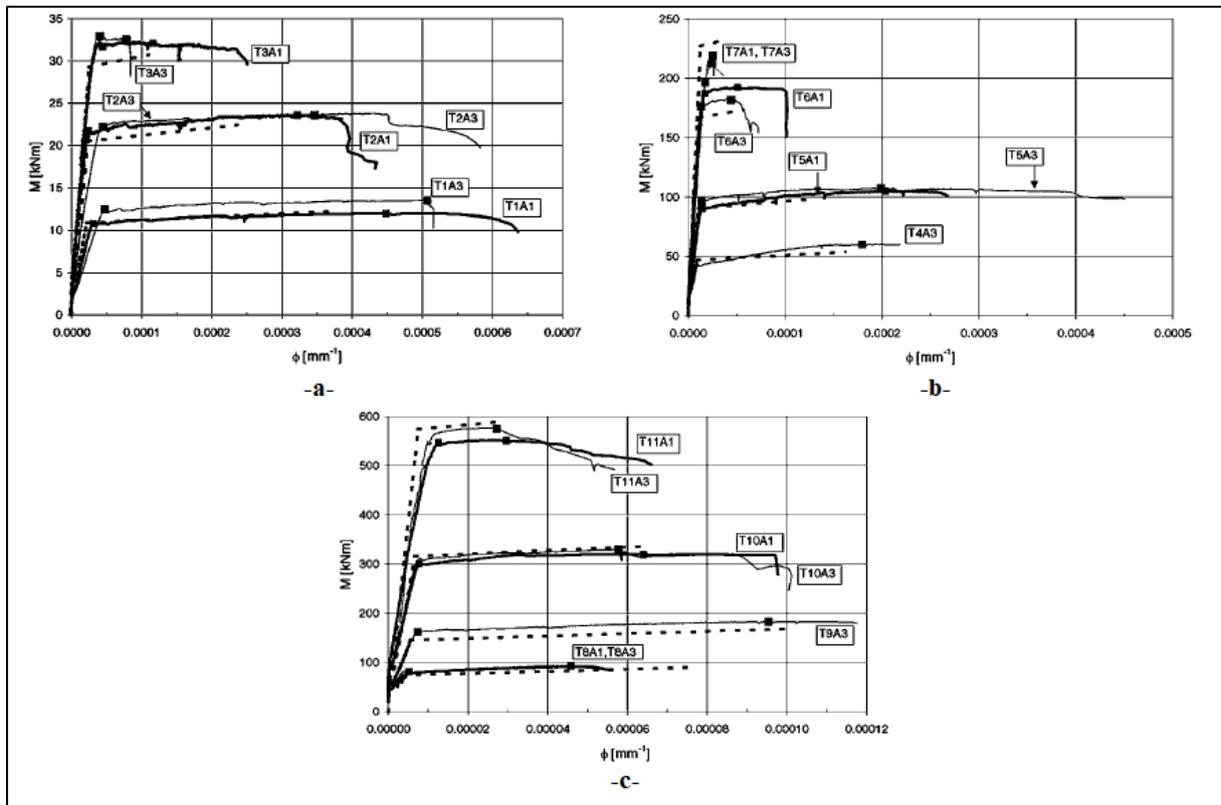


Figure 2.2 : Diagrammes moment-courbure ($M-\phi$) de Debernardi et Taliano (2002).

2.3.4. Rashid et Mansur 2005

Rashid et Mansur (2005) ont étudié le comportement des poutres en béton confiné ($250 \times 400 \text{ mm}^2$), cette fois ils ont calculé la ductilité de déplacement μ_{Δ} . D'après l'Eurocode 8, on peut noter que la ductilité locale et la ductilité de déplacement sont proportionnelles, où l'Eurocode 8 fournit une relation directe entre ces deux types de ductilité, elle est donnée comme suit :

$$\mu_{\phi} = 2\mu_{\Delta} - 1 \quad (2.4)$$

Tableau 2.4 : Détail des poutres étudiées Rashid et Mansur (2005).

Poutre	f_{ck} (MPa)	ρ (%)	ρ' (%)	ρ_s (%)	$\mu_{\Delta,0}$	$\mu_{\Delta,max}$
A111	42.8	1.25	0.30	0.62	2.98	6.64
A211	42.8	2.20	0.30	0.62	2.44	4.92
B211	74.6	2.20	0.30	0.62	3.42	-
B211a	73.6	2.20	0.30	0.62	2.81	6.14
B311	72.8	3.46	0.31	0.62	1.53	1.66
B312	72.8	3.46	0.31	1.23	1.44	2.95
B313	72.8	3.46	0.31	1.85	1.67	4.31
B321	77.0	3.46	0.62	0.62	2.21	3.01
B331	72.8	3.46	0.94	0.62	1.63	2.78
B411	77.0	4.73	0.32	0.62	1.97	2.42
C211	85.6	2.71	0.30	0.62	2.42	3.19
C311	88.1	3.22	0.31	0.62	1.57	2.80
C411	85.6	4.26	0.32	0.62	1.50	1.87
C511	88.1	5.31	0.33	0.62	1.12	1.6
D211	114.5	2.20	0.30	0.62	2.37	5.01
E211	126.2	2.20	0.30	0.62	2.51	4.96

D'après les résultats obtenus Rashid et Mansur (2005) ont trouvé que :

- La résistance du béton et le taux d'armatures comprimées ont un effet positif sur la ductilité de déplacement ;
- Le taux d'armatures transversales a un effet positif sur la ductilité de déplacement ;
- Le taux d'armatures tendues a un effet négatif sur la ductilité locale.

2.3.5. Srikanth et al. 2007

Srikanth et al. (2007) ont aussi étudié l'effet des armatures tendues sur le comportement des poutres (200*150 mm²) en béton confiné. Les détails des poutres testées sont présentés dans le tableau 2.5. Les résultats obtenus ont montré que le taux d'armatures tendues a un effet négatif sur la ductilité locale.

Tableau 2.5 : Détail des poutres étudiées Srikanth et al. (2007).

Poutre	f_{ck} (MPa)	ρ (%)	ρ' (%)	f_{yk} (MPa)	$\mu_{\phi,0}$	$\mu_{\phi,max}$
U1	42.54	0.89	0.10	400	5.28	8.17
O1	47.34	3.39	0.10	436	1.85	3.59
U2	39.65	1.58	0.10	409	5.03	11.03
O2	39.01	4.10	0.10	440	2.04	5.33
U3	47.92	1.58	0.10	409	4.2	6.89
O3	44.23	4.10	0.10	440	1.45	2.48

2.4. CONCLUSION

Les divers travaux paramétriques et expérimentaux conduits sur le comportement des poutres en béton armé confiné ont fourni les conclusions suivantes :

- Il n'existe aucune méthode théorique spécifique pour le calcul de la ductilité locale des poutres avec armatures transversales ;
- La résistance du béton, le taux d'armatures comprimées, la limite élastique des armatures transversales ont un effet positif sur la ductilité locale des poutres ;
- Le taux d'armatures tendues et l'espacement entre les armatures transversales ont un effet négatif sur la ductilité locale.