
Influence du ferrailage transversal sur le comportement des nœuds poutres poteaux en béton armé soumis à des charges cycliques alternées

M. Achit-Henni¹, M. Taazount², M.N. Farsi³

¹ Laboratoire des sciences des matériaux et environnement (LMSE), Faculté des Sciences et Sciences de l'Ingénieur, Université de Chlef, BP 151 Chlef RP 02000, Algérie. achithm@yahoo.fr

² Laboratoire de Mécanique et Ingénieries (LaMI), Polytech Clermont-Ferrand – Campus universitaire des Céseaux – 21, avenue des Landais- BP 206 – 63174 Aubière, France. mustapha.taazount@univ-bpclermont.fr

³ Centre national de recherche appliquée en Génie Parasismique (CGS), BP 252, Hussein-Dey, Alger, Algérie. mnfarsi@cgs-dz.org

RÉSUMÉ. Cette étude concerne la présentation des résultats expérimentaux pour deux assemblages extérieurs poutre-poteau en béton armé avec poutre transversale. La seule variable est le nombre des cadres sous forme de U proposé par le règlement parasismique Algérien pour le nœud. La poutre principale est soumise à son extrémité à une charge réversible de flexion pour simuler l'effet d'un tremblement de terre sévère. Il a été remarqué que la section totale des cadres en U influe sur la capacité portante, la déformation de cisaillement, et sur la capacité de dissipation d'énergie, mais sans grand effet sur la dégradation de la rigidité.

ABSTRACT. This study concerns the presentation of experimental results for two exterior reinforced concrete beam-columns with transverse beam subassemblies. The only variable is the number of hoops in the form of U proposed for joint by the seismic Algerian code. The main beam is subjected at its end to bending cyclic load to simulate the effect of severe earthquake. It is concluded that the total section of hoops in the form of U in the joint has an influence on carrying capacity, energy dissipation capacity, and shear deformation but without large effect on the stiffness degradation.

MOTS-CLÉS : poutre-poteau, connexion, charge cyclique, rotules (structures), nœuds, béton armé.

KEY WORDS: beam-column, connection, cyclic load, hinges (structural), joints (junctions), reinforced concrete

1. Introduction

Les structures en béton armé à multi-étages dans les régions sismiques sont habituellement confectionnées pour être ductiles. L'approche de conception ductile est associée avec ce qui est généralement connu comme «poteau fort – poutre faible», suivant cela, les rotules plastiques sont désignées pour se former dans les poutres plutôt que dans les poteaux.

Les nœuds dans de telles structures sont soumis à des forces importantes de cisaillement et d'adhérence, en outre l'optimisation des calculs de conception et l'adoption du critère de la résistance ultime réduisent parfois les dimensions des poteaux, ce qui peut affaiblir la liaison poutre-poteau [AOY 88]. De plus, les conditions pratiques peuvent être insatisfaites dans la réalisation de lourds renforcements du centre du nœud [PAR 92].

Les nœuds dans une conception poteau-poutre en béton armé représentent les zones mécaniques les plus critiques dans la dissipation de l'énergie sismique. Afin d'assurer un comportement dissipatif et ductile d'ensemble, les ruptures fragiles et les instabilités mécaniques doivent être évitées [NOR 98].

L'insuffisance structurale des jonctions poutre-poteau a été justifiée comme étant le résultat des observations répétées des ruptures dans des tremblements de terre [CHE 93].

Pour prévoir une résistance adéquate, les nœuds poutre-poteau ont besoin d'une attention mécanique spécifique. Notons pour cet effet que les jonctions extérieures sont les plus sensibles [CHE 93].

Dans le règlement parasismique Algérien (R.P.A. 99), il est noté que le nœud peut être ferrailé avec des cadres horizontaux sous forme de deux U superposés avec alternance des directions de recouvrement, et un minimum de 3 cadres par nœud avec un espacement maximum de 10 cm [RPA 99]. Il y a lieu de noter que d'autres configurations de ferrailage peuvent être envisagées en tenant compte des recommandations des Eurocodes 2 [NOR 92] et 8 [NOR 98], mais nous nous sommes limités dans la présente étude qu'aux celles données par le RPA 99.

Cette étude expérimentale évalue la performance des nœuds extérieurs en béton armé sous charges cycliques alternées, et qui sont ferrailés de deux manières selon la proposition du règlement parasismique Algérien su-citée.

2. Expérimentations et résultats

2. 1. Programme expérimental

Deux essais sur des modèles représentant des nœuds extérieurs dans un bâtiment résidentiel à multi-étages ont été effectués, les dimensions de ces modèles sont représentées sur la figure 1.

Les renforcements longitudinaux et transversaux dans les deux modèles sont identiques, la seule variable est le renforcement transversal dans le nœud (voir tableau 1 et figures 2, 3). La résistance caractéristique du béton à la compression à 28 jours est de 20 MPa, les écrasements ont été effectués sur des éprouvettes de dimensions 15x30 cm confectionnées avec chaque modèle d'essai. Les aciers utilisés sont de nuance FeE400 pour le ferrailage longitudinal et de nuance FeE235 pour le ferrailage transversal.

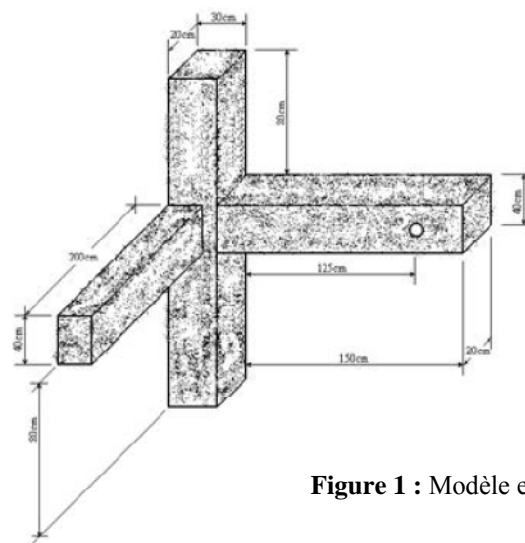


Figure 1 : Modèle expérimental.

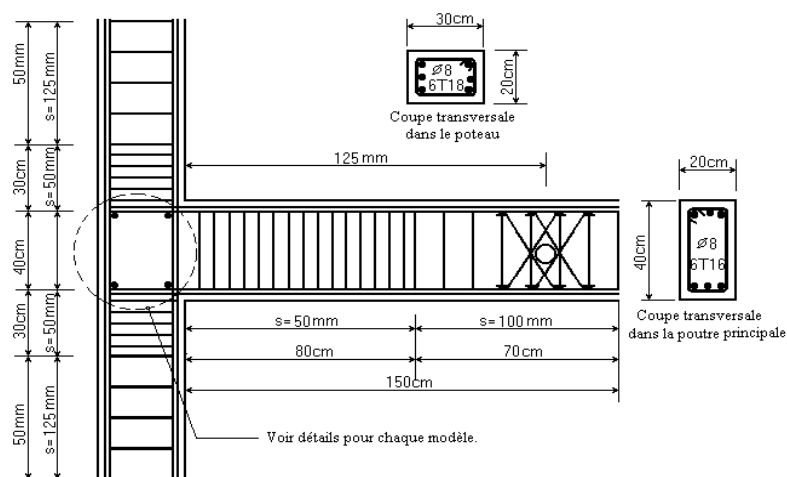


Figure 2 : Ferrailage du poteau et de la poutre principale.

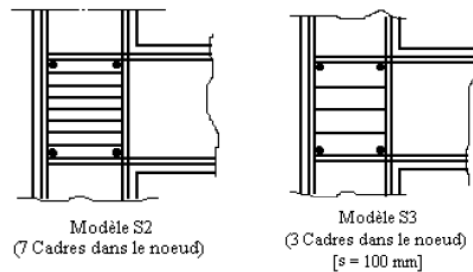


Figure 3. Ferrailage des nœuds des deux modèles

			Modèle S2	Modèle S3	
Poutres	Principale	Section transversale	Largeur b (cm)	20	20
			Hauteur h (cm)	40	40
		Renforcements	Barres supérieures	3HA16	3HA16
			Barres inférieures	3HA16	3HA16
			Cadres	Ø 8 mm	Ø 8 mm
	Secondaire	Section transversale	Largeur b (cm)	25	25
			Hauteur h (cm)	40	40
		Renforcements	Barres supérieures	2HA12	2HA12
			Barres inférieures	2HA12	2HA12
			Cadres	Ø 8 mm	Ø 8 mm
Poteaux	Section transversale	Largeur b1 (cm)	20	20	
		Hauteur h1 (cm)	30	30	
	Renforcements	Longitudinal	6HA18	6HA18	
		Transversal	Ø 8 mm	Ø 8 mm	
Nœuds	Renforcement horizontal	Cadres U superposés alternativement	7	3	

Tableau 1 : Détail du ferrailage des deux modèles.

Trois transducteurs de déplacement linéaire en voltage (LVDTs) sont utilisés pour mesurer les déplacements, une à l'extrémité de la poutre principale, et les deux autres sont placés diagonalement sur la face latérale du nœud. Les mesures de l'élongation ou le raccourcissement des (LVDTs) sont utilisées pour le calcul de la déformation de cisaillement du nœud.

Toutes les données des (LVDTs) sont enregistrées par un système informatique d'acquisition et de contrôle des données. Une charge cyclique réversible est appliquée à l'extrémité de la poutre principale par un vérin hydraulique contrôlé par un programme informatique.

La poutre transversale repose librement à son extrémité, et reçoit au milieu une charge constante de service. La charge verticale sur le poteau est constante.

Les extrémités des poteaux sont fixées de telle sorte qu'elles jouent le rôle de points d'inflexion.

Pour le chargement réversible à l'extrémité de la poutre principale, une liaison spéciale est construite, des plaques de 43 mm d'épaisseur sont reliées à la poutre par une tige cylindrique en acier de 45 mm de diamètre traversant la poutre et les deux plaques latérales, l'ensemble lié au vérin hydraulique par une tige solide en acier de 50 mm de diamètre. Le portique en acier utilisé pour les essais est construit de quatre poteaux et quatre poutres formant un niveau rigide.

2.1. Résultats

Pour chaque modèle la valeur correspondante de la charge est tracée en fonction du déplacement imposé (figure 4).

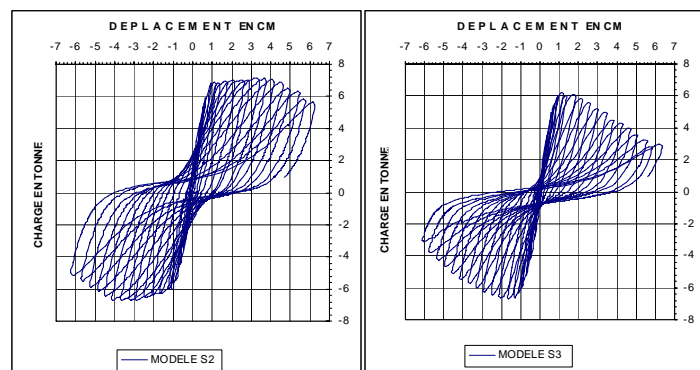


Figure 4: Diagramme charge-déplacement

Il est remarqué sur la figure 3 que la capacité portante du modèle S2 est similaire avec celle de S3 jusqu'au 6ème cycle de chargement, à partir duquel la capacité portante de S3 diminue alors que celle de S2 reste en amélioration ou constante

jusqu'au 13^{ème} cycle de chargement; notons qu'au dernier cycle, elle demeure supérieure à celle du premier cycle.

La capacité portante cyclique relative est montrée sur la figure 5, elle est calculée comme le rapport de la charge maximale de chaque cycle et de celle du premier cycle. Les résultats des deux modèles sont comparables jusqu'au 7^{ème} cycle de chargement, au delà duquel la dégradation de la capacité portante du modèle S3 diminue sensiblement par rapport à celle du modèle S2.

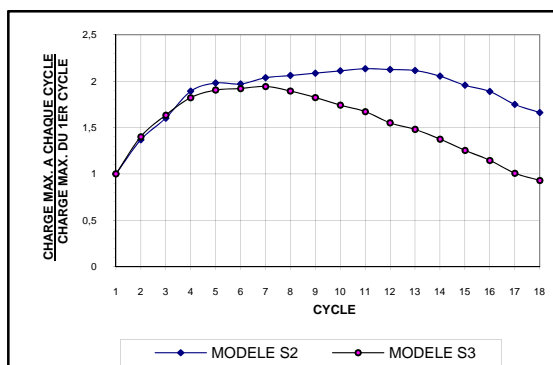


Figure 5 : La capacité portante de la charge.

La dégradation de la rigidité est montrée sur la figure 6, elle est calculée comme pourcentage par rapport à la rigidité initiale, le modèle S2 a une dégradation de rigidité peu élevée que le modèle S3 jusqu'au 9^{ème} cycle, au delà duquel cette dégradation diminue et devient moins que celle du modèle S3.

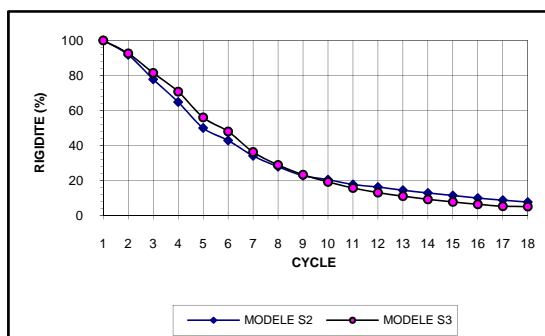


Figure 6 : Dégradation de la rigidité.

La capacité de dissipation d'énergie est montrée sur la figure 7, le modèle S3 a une grande dissipation d'énergie par rapport au modèle S2 à partir du 4^{ème} cycle de chargement.

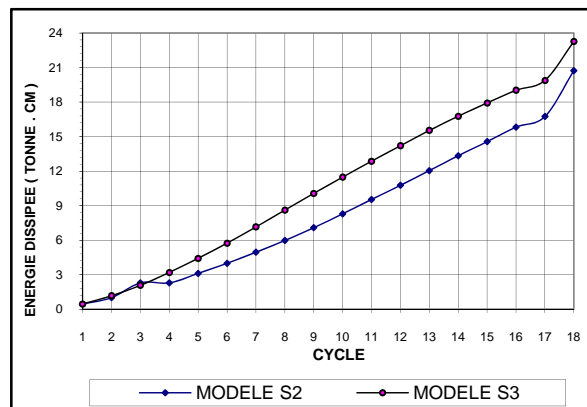


Figure 7 : La capacité de dissipation de l'énergie

Sur la figure 8, la déformation de cisaillement du nœud du modèle S3 est similaire avec celle du modèle S2 jusqu'au 4ème cycle, après cela elle augmente rapidement avec le nombre de cycles.

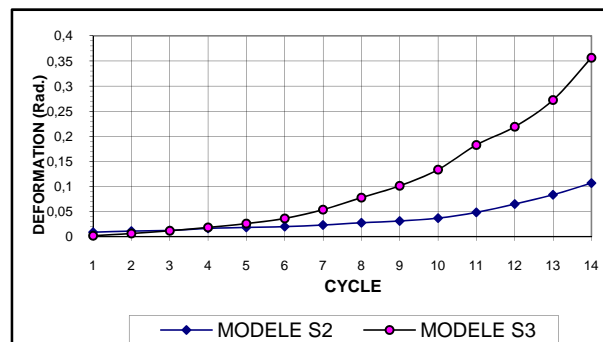


Figure 8 : La déformation de cisaillement du nœud

Il a été remarqué que la poutre transversale du modèle S3 a subi beaucoup d'endommagement près de la face du poteau, au contraire celle du modèle S2 est restée intacte.

3. Conclusion

Pour localiser l'endommagement dans le nœud, on a utilisé une poutre forte et un poteau faible, une poutre transversale a été ajoutée pour estimer le cas réel d'un nœud extérieur.

D'après les résultats, le modèle S3 qui contient dans le nœud un nombre réduit de cadres a une capacité portante faible qui entre en chute après un petit nombre de cycles.

Une grande dissipation d'énergie du modèle S3 signifie que le nœud a subi des grands endommagements, ce qui est indésirable dans de telles constructions. Une large ductilité ne peut pas être acceptée dans le nœud [AOY 88].

La déformation de cisaillement du nœud du modèle S3 est plus importante que celle du modèle S2.

Par conséquent, l'augmentation de la section des cadres horizontaux dans les nœuds extérieures améliore la capacité portante, diminue la capacité de dissipation d'énergie et la déformation de cisaillement dans le nœud. Il a été remarqué aussi que ce renforcement horizontal du nœud a une relation directe avec le degré d'endommagement de la poutre transversale de confinement.

Il est recommandé de donner une grande importance au calcul de la section du renforcement horizontal du nœud pour le rendre plus efficace durant un séisme.

4. Bibliographie

- [AOY 88] AOYAMA H., OTANI S., KITAYAMA K., "Design criteria for reinforced Interior Beam-Column Connections", *Proceedings of Ninth World Conference on Earthquake Engineering*, Vol. IV, Tokyo, 1988, p.615-620.
- [PAR 92] PARK R., « Capacity design of ductile RC building structures for earthquake resistance», *The Structural Engineer*, Volume 70, N°16, 1992, P. 279-289.
- [NOR 98] prEN 1998-1 – Eurocode 8 : calcul des structures pour leur résistance aux séismes – Partie 1 : Règles générales, actions sismiques et règles pour les bâtiments. Décembre 2003.
- [RPA 99] Centre National de Recherche Appliquée en Génie Parasismique «*Règles Parasismiques Algériennes 1999 version 2003*», Document Technique Règlementaire DTR-BC 248- CGS, Alger, 2003, p. 71-72
- [ACI 08] ACI Committe 318, «*Building Code Requirements for Structural Concrete and Commentary (ACI 318-08)*», American Concrete Institute, 2008, p.345.
- [SCO 96] SCOTT R.H., «*Intrinsic Mechanisms in Reinforced Concrete Beam-Column Behavior*», *ACI Structural Journal*, 1996, P.336-346.
- [NOR 92] prEN 1992-1.1 – Eurocode 2 : calcul des structures en béton – Partie 1.1 : Règles générales et règles pour les bâtiments. Avril 2003.