

Connecteur en cornière pour ossatures mixtes: comportement et résistance

Autor(en): **Trouillet, Pierre**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **IABSE reports = Rapports AIPC = IVBH Berichte**

Band (Jahr): **60 (1990)**

PDF erstellt am: **23.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-46450>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Connecteur en cornière pour ossatures mixtes : comportement et résistance

Winkelprofil-Verbindungen für Verbundkonstruktion :
Verhalten und Tragwiderstand

Angle Shear Connector for Composite Structure :
Behaviour and Strength

Pierre TROUILLET

Ingénieur ENSAIS
LRPC Nancy
Nancy, France



Pierre Trouillet diplômé en 1977. Ingénieur à Europe Etudes réalise de 1977 à 1981 les études d'exécution d'ossatures précontraintes et de réparations de ponts ferroviaires. Ingénieur Chef de Section au LRPC depuis 1981, s'occupe entre autres de recherches sur structures et de pathologie.

RÉSUMÉ

Sur la base de nombreux essais de différents types, on montre l'incidence de différents paramètres géométriques et mécaniques sur le comportement et la résistance du connecteur en cornière, largement utilisé en France pour la construction de ponts. Des comparaisons sont faites avec les règles de l'Eurocode 4.

ZUSAMMENFASSUNG

Auf der Basis zahlreicher Prüfungen verschiedener Art, wird der Einfluss der mathematischen und mechanischen Parameter bei der Ermittlung des Widerstandes der Winkelprofile gezeigt, die in Frankreich bei der Herstellung von Brücken häufig verwendet werden. Die Ergebnisse werden mit dem Eurocode 4 verglichen.

SUMMARY

The paper, based on numerous tests (push-out, tests on bridges) presents an attempt to identify the behaviour and the strength of an angle shear connector which is widely used in composite bridges in France. Results of tests are compared with Eurocode 4 rules.



PRESENTATION

Le connecteur en cornière est largement utilisé en France pour la construction de ponts mixtes routiers et ferroviaires. Ceci est dû à sa simplicité de forme et de mise en oeuvre (soudage classique). Cette contribution a donc pour but de clarifier le fonctionnement qualitatif d'un connecteur en cornière et de proposer quelques relations expérimentales quantitatives.

1. RESISTANCE AU CISAILLEMENT : Méthode d'essai

De nombreux types d'essais ont été utilisés dans le passé : push off, push-out, double push-out (1). L'essai push-out, simulant le cisaillement à l'interface dalle béton/poutre métallique (fig. 1) est depuis longtemps considéré comme étant suffisamment représentatif sous sollicitation statique et est normalisé (2) ou recommandé par ailleurs (3).

La forme du corps d'épreuves s'inspire de celle donnée par le standard britannique BS 54000.

Les corps d'épreuves ont été bétonnés couchés de façon à refléter sensiblement le bétonnage d'un ouvrage. Les dimensions des cornières correspondent sensiblement aux usages pratiques. En E 28-3 elles sont soudées sur leur périphérie par un cordon de 7 mm d'épaisseur nominale sur le profilé support.

Les bétons utilisés sont de granulométrie 0/15, leur résistance est évaluée à partir d'éprouvettes cylindriques 16x32 cm conservées dans les mêmes conditions que le corps d'épreuves.

L'adhérence à l'interface béton/aile du profilé HEB est empêchée par un film d'huile déposés sur les ailes.

Les déplacements (soulèvement, glissement) sont mesurés au niveau du centre de gravité de la cornière et en partie haute de la dalle.

La déformation des ailes libres du connecteur est mesurée à l'aide de jauges de faible encombrement disposées sur les deux faces. Différents modes de chargement ont été utilisés (monotone croissant, cycles charge-décharge ...)

(4) ayant défini le type d'interaction existant entre les différents paramètres géométriques et mécaniques vis à vis de la charge ultime, un plan d'expérience a été établi en conséquence. Les variables de l'essai sont la géométrie du connecteur (hauteur, largeur, épaisseurs) celle du filant qui le traverse (nombre, diamètre, altitude) celle de la soudure (latérale, périphérique), la résistance du béton, la distance du ferrailage au connecteur (voir fig.2 et tableau 1).

2. FONCTIONNEMENT D'UN CONNECTEUR EN CORNIERE SOUDEE PERIPHERIQUEMENT ET SOUMIS AU CISAILLEMENT.

2.1 Approche qualitative.

Les courbes caractéristiques effort/glissement sont données par la figure 3, la distribution des déformations le long de l'aile noyée dans le béton par la figure 4, l'amplitude des déformations en fonction de la charge appliquée et pour différents points situés le long de la même aile par la figure 5 extraite de (5).

Pour $Q < Q_{p1}$

La déformation longitudinale est une fonction quasi-linéaire de l'effort appliqué (fig. 5). Les déformations transversales étant quasiment nulles, ces courbes sont donc affines des courbes moment fléchissant en fonction de l'abscisse le long de l'aile libre. Le rapport soulèvement/glissement est voisin de 0,20, valeur relevée sur différents ponts (7), confirmant la représentativité de l'essai push-out. Après décharge, les déplacements et déformations résiduelles sont faibles ou nulles.

Pour $Q_{p2} > Q > Q_{p1}$

Les déformations à l'encastrement (repère 1 fig.4) sont stabilisées, traduisant la plastification de la partie inférieure du connecteur. Les charges s'accroissant, il y a réduction relative du moment d'encastrement et, augmentation de la déformation aux différents points de mesure (fig.5), cette augmentation étant fonction de l'abscisse de ceux-ci. Parallèlement, la souplesse du connecteur augmente (fig. 3 avec $Q_{p1} = 0,60 Q_u$) ainsi que le ratio S/G. Après déchargement, on relève la présence de déplacements résiduels importants.

Q_{p1} traduit donc une limite de fonctionnement, sous sollicitations statiques (5) ce qui est confirmé par (6) pour des sollicitations de fatigue.

Pour $Q_{ue} > Q > Q_{p2}$

L'accroissement de déformation de la partie libre entraîne la plastification de celle-ci pour la charge Q_{p2} (voisine de 80% de la charge maximale rencontrée lors de l'essai = $0,80 Q_{ue}$), formant ainsi un mécanisme. Un effort légèrement supérieur ($0,9 Q_{ue}$) entraîne l'apparition de fissures visibles sur les faces extérieures des dalettes puis la rupture, caractérisée par un glissement important (fig. 3), atteignant couramment 25 mm. L'autopsie du corps d'épreuves montre l'effritement du béton en pied de connecteur, la déformation permanente de celui-ci et du filant (fig. 6).

2.2 Incidence de quelques paramètres (11)

Le filant joue à la fois le rôle de dispositif anti-soulèvement et de "couture" des blocs de béton situés devant et derrière le connecteur (fig. 6). A ce titre, plus il est placé bas, meilleure est la couture, plus la charge de plastification est élevée. Un rôle similaire peut être joué par le ferrailage longitudinal. Onze formes de filant ont été testées (droit, courbe, en V ...) par (8) et il est montré que la configuration à filant droit situé en partie basse est celle qui donne la plus grande raideur.

La nature de la soudure intervient sur la résistance, les connecteurs à soudures latérales (non présentées ici) n'autorisent qu'une raideur plus réduite de l'encastrement. A ce propos, on notera que le dimensionnement de la soudure devrait prendre en compte la multiaxialité des sollicitations.

2.3 Approche quantitative : résistance ultime de cornières au 1/10 e ($e_s = e_l = 0,1 h$).

La charge ultime expérimentale est toujours supérieure à la charge donnée par le règlement français (10), dans un rapport compris entre 1 et 2,5, les valeurs minimales de ce ratio étant observés pour des connecteurs hauts.

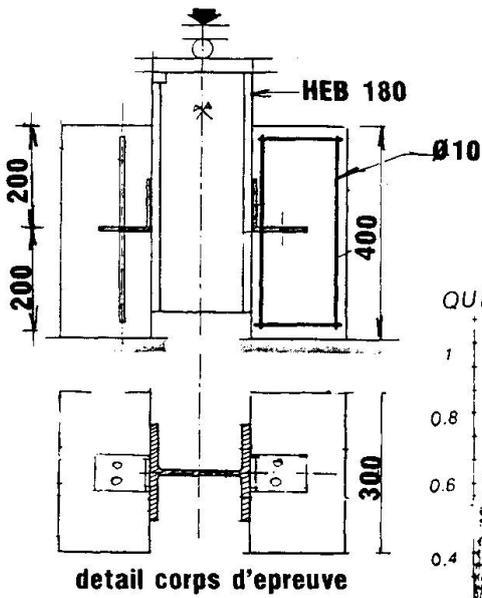


FIG:1

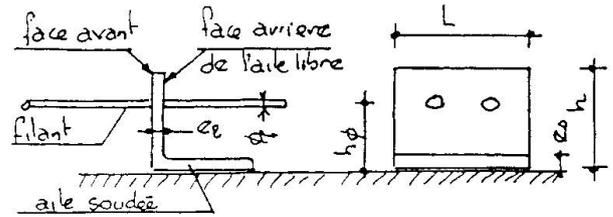


FIG:2

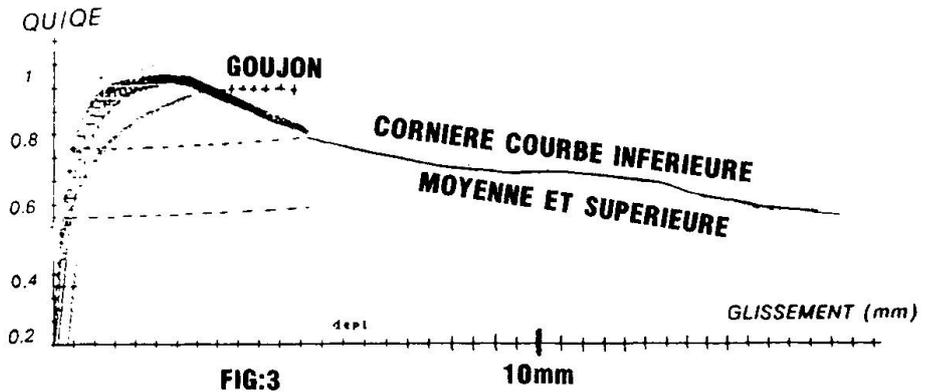
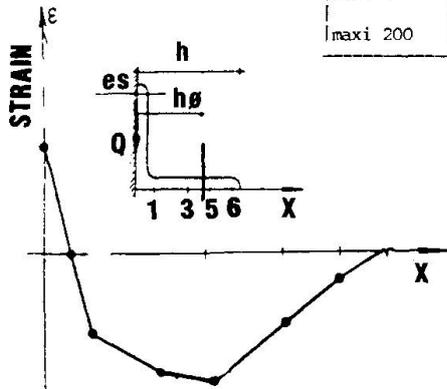


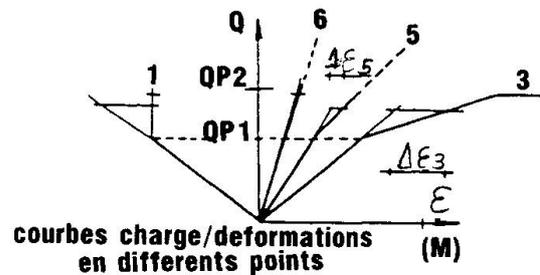
FIG:3

H (mm)	HPHI (mm)	L (mm)	Pc (Mpa)	PHIF (mm)	ES (mm)	EL (mm)	Ec
mini 100	37,5	65	22,9	10	10	10	203
maxi 200	150	270	65,0	20	20	20	343

TABLEAU 1

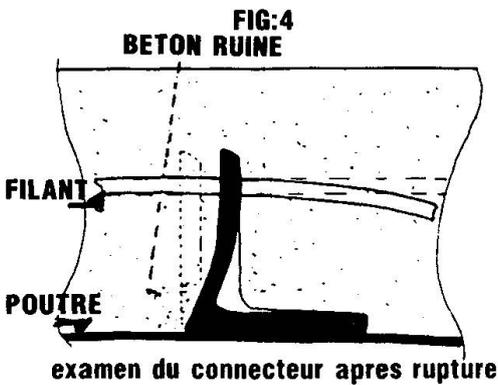


repartition des deformations le long de l'aile libre, pour une charge fixee



courbes charge/deformations en differents points

FIG:5



examen du connecteur apres rupture

FIG:6

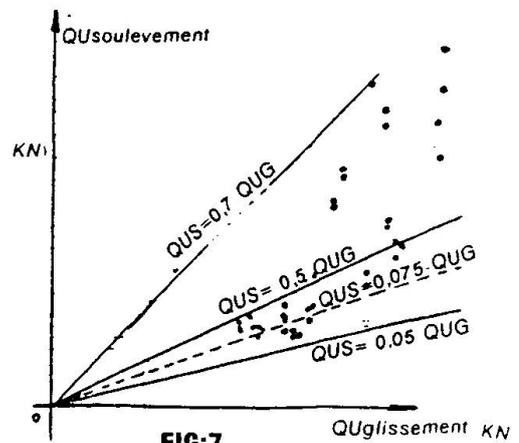


FIG:7

Le modèle statistique suivant explique 98,2% de la variance de la charge ultime expérimentale (Q_{ue}) :

$$Q_{ue} = 12,5 L.H. \cdot 75 \cdot R_c \cdot 66$$

avec $r^2 = 0,982$ $r = 0,9909$ (unités : mm, N, MPa)

l'erreur standard de l'estimation étant de 78 KN, R_c étant la résistance moyenne du béton.

La relation présentée montre qu'il n'y a pas d'optimum de résistance et que l'utilisation de béton à hautes performances permet d'accroître la résistance du connecteur. L'utilisation de béton de résistance supérieure à 80 MPa entraîne la rupture du connecteur par cisaillement de l'aile libre (mode de ruine non pris en compte ici).

Sur la base de ces essais, et à l'aide de la procédure (11) de détermination de la résistance de calculs à partir d'essais (9) propose la résistance de calculs suivante :

$$R_D = \frac{12,5 \cdot L.H. \cdot 75 f_{c28} \cdot 66}{1,57} \quad (\text{unités mm, N, MPa})$$

avec une probabilité de ruine de 0,001 (classe "sécurité normale") et estime que cette relation autorise des résistances de calcul plus élevées, à sécurité égale, que la formule proposée par le règlement et qui a toujours donné satisfaction sur les ponts routiers actuellement en service en France.

2.4 Charge de plastification de cornières au 1/10 e mm

Le modèle suivant explique 98,88% de la variance de la charge de plastification

$$Q_{pl} = 1.911 \cdot 10^{-6} \frac{L^{1,088} E_c^{1,825} R_c \cdot 567}{HPHI \cdot 057}$$

avec $r^2 = 0,9888$ $r = 0,9944$ erreur standard de l'estimation : 4 6,3KN
(unités: mm, KdaN)

2.5 Flexibilité du connecteur en cornière

L'Eurocode 4 considère, en son chapitre 6.1.4.1, deux types de connecteurs (flexibles ou rigides) suivant qu'ils présentent ou non "une capacité suffisante de déformation pour adopter l'hypothèse d'un comportement idéalement plastique de la connexion". Les goujons sont, sous certaines conditions, considérés comme flexibles. Nous comparons les courbes charge (Q)/glissement(g) d'un goujon et d'une cornière. Celles-ci peuvent être décrites par :

$$Q = (1 - e^{-ag})^b Q_{ue}, \text{ avec,}$$

	GOUJONS NELSON	C O R N I E R E S		
		Courbe Inférieure	Courbe Moyenne	Courbe supérieure
a	0,7	2,63	2,1	1,87
b	0,4	1	.96	1,1

Les valeurs des coefficients sont données :

- pour les goujons Nelson de 19 mm et par Slutter et Fisher
- pour les cornières par (4)



La figure 3 compare ces deux connecteurs avant rupture. La comparaison post rupture est difficile du fait du manque d'informations sur le connecteur en goujon.

3. RESISTANCE A L'ARRACHEMENT D'UN CONNECTEUR EN CORNIERE

L'Eurocode 4, mentionne, au paragraphe 6.11 que "les divers types de connecteurs doivent comprendre des attaches supplémentaires calculées pour résister à un effort de soulèvement, au moins égal à 0,1 fois la résistance de calcul au cisaillement des connecteurs". Dans le cas de la cornière, l'attache est réalisée par le filant.

Des essais de soulèvement réalisés sur les corps d'épreuves définis ci-dessus et déjà endommagés ont montré que :

- la rupture est très progressive, le soulèvement atteignant sous charge maximale 5 mm et 20 mm en fin d'essai.
- la résistance au soulèvement de ces corps déjà endommagés est comprise entre 7 et 20% de la résistance au cisaillement (fig. 8).

L'auteur remercie MM. TURCK, TARY, LORPAIN, SCHWARTZ pour leur contribution.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1. P. TROUILLET, Comportement local de connecteurs acier/béton sollicités au cisaillement : étude bibliographique, Ministère de l'Équipement rapport des laboratoires Série OA 3, 10.1987, P.1.86, 180 réf.
2. BRITISH STANDART BS 5400, Part 10 code of practice for fatigue, Gr 9, 31.01.80 - p.53
3. Commission des Communautés Européennes, Eurocode 4, rapport 9726 FR, 1985
4. P. TROUILLET, Connecteurs pour ossatures mixtes : résistance ultime, critère de choix, Document LPC proposé au B.L.LCPC, 1er trimestre 90, 1990 - 6 p.
5. P. TROUILLET, A model of the behaviour of angle section shear connectors, Proceeding of the International Symposium IABSE steel concrete structures, Bratislava, CSSR, vol.3 - 1987 - pp.30-38
6. P. TROUILLET, JP. TURCK, De la fatigue des connecteurs en cornière pour ossature mixte, accepté pour publication au B.L. des L.P.C. 1er trimestre, 90
7. P. TROUILLET, Y. YANEZ, Connexion des ponts mixtes, éléments sur le comportement de la connexion de qq ouvrages, doc.n°0472 interne LPC, 1983, 52 p.
8. P. TROUILLET, E. LUC, Connexion des ponts mixtes, essais sur maquettes incidence de la forme du filant, rapport LPC, AER 41.20 n°85-4, 1985, 50 p.
9. J. ROCHE, Connecteurs en cornière, résistance de calculs déduite des résistances expérimentales, SETRA, CTOA, D.G.ouvrages doc.int., 25.05.89, 12 p.
10. Bulletin Officiel du MUL, Fascicule spécial 81-31 bis, circulaire du 81-63, 28.07.81, 57 p.
11. FS BIJLAAARD, G. SEDLACEK, JW. STARK, Background report to Eurocode 3. Evaluation of test results, TNO institute for building materials IBBC report BI, 87-112 - 11.87 - 19 p.