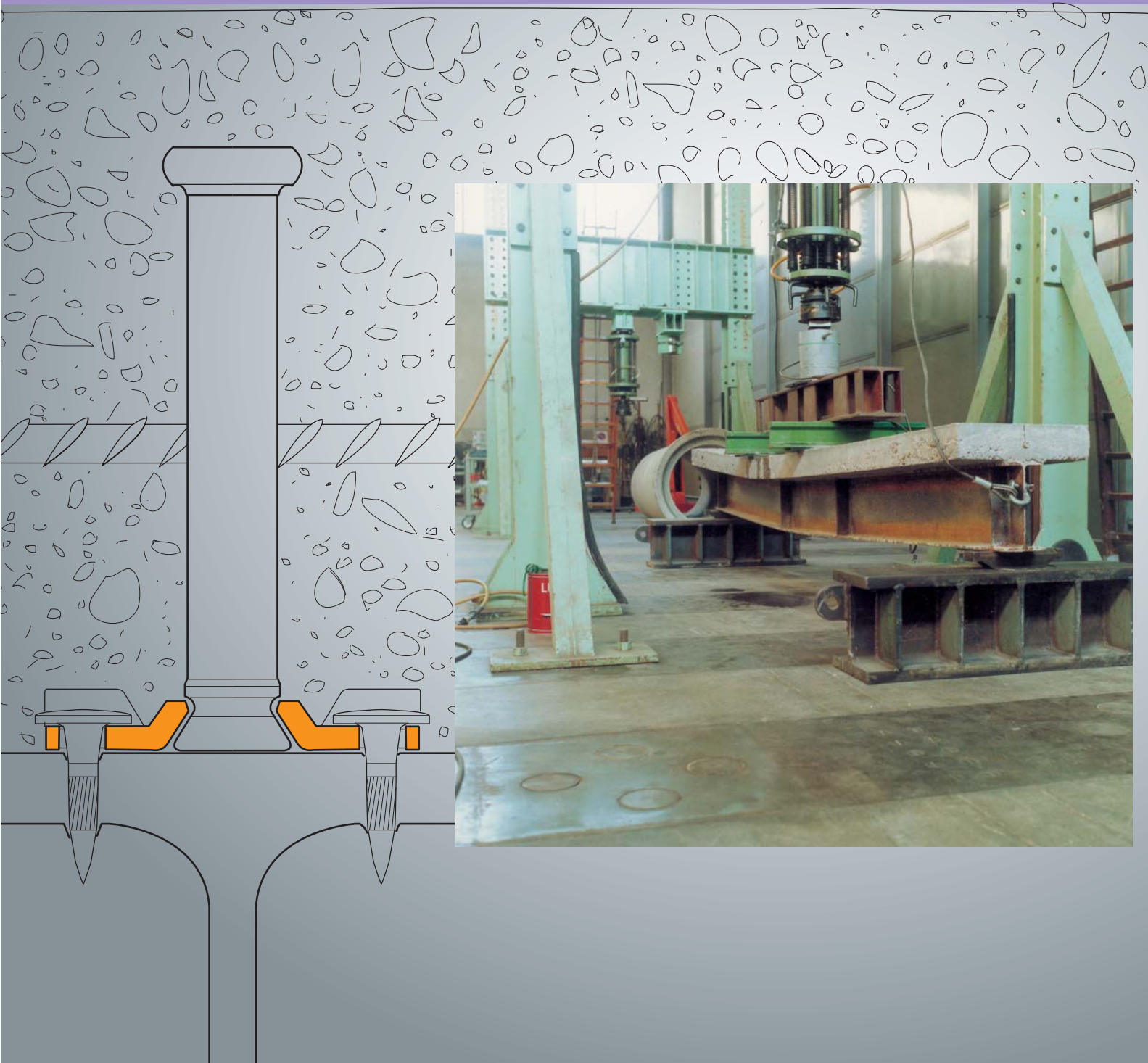


# Rapport des essais réalisé sur joints mixtes acier-béton avec connecteurs à cheville assemblé à la structure métallique au moyen de clous



# TECNARIA

# Connecteurs à cheville avec tête appliqués à froid au moyen d'une cloueuse pneumatique

Ingénieurs : Leo Colossi et Giorgio Romaro,  
Studio Romaro, Padoue (Italie)

## Sommaire

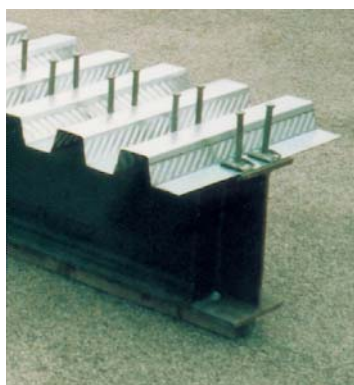
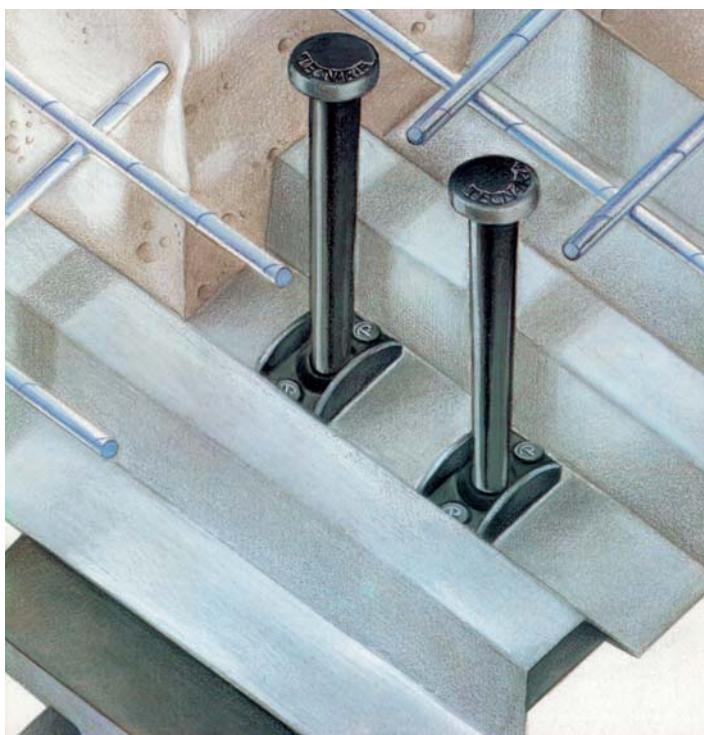
*Il a été étudié le comportement structurel d'un nouveau type de connecteur à cheville pour poutres de plancher en acier et béton assemblé à la structure métallique au moyen de clous appliqués à froid. L'étude se base sur des essais expérimentaux réalisés sur 15 échantillons de type " push-out " et sur deux échantillons avec schéma à poutre, comprenant aussi bien les cas de dalle pleine et de dalle coulée sur tôle grecquée en acier. Les essais effectués révèlent un fonctionnement optimal du connecteur, un dimensionnement équilibré de ses différentes parties et, compte tenu de ses caractéristiques de fiabilité et de praticité dans la mise en place, attestent sa validité d'utilisation à la place des chevilles directement soudées à la base. Le dispositif de connexion testé présente une ductilité de comportement élevée ainsi que des caractéristiques d'adaptation plastique et donc de grandes possibilités de redistribution de l'effort.*

## Introduction

Dans les éléments structuraux en acier et béton (poutres composées en acier et dalle en béton), la collaboration réciproque des deux composants est assurée par des dispositifs de connexion adéquats, les connecteurs. Les connecteurs, parmi lesquels le plus courant est le connecteur à cheville soudée par étincelles, constituent un point critique dans la réalisation de poutres composées, surtout dans le cas des planchers où de la tôle grecquée protégée par zingage à chaud est interposée entre la poutre en acier et la dalle en béton. Dans le but de réaliser un système de connexion qui conserve les caractéristiques positives et éprouvées du connecteur à cheville soudée, sans présenter les défauts décrits ci-dessus, il a été conçu et réalisé un nouveau type de connecteur à cheville à assembler à la structure métallique avec des clous appliqués à froid (fig. 1a et 1b). Ce nouveau type de connecteur à cheville est, à part le système de blocage à la structure en acier, parfaitement identique au connecteur de type soudé (fig. 2). Il se compose de:

- une cheville avec tête, obtenue par refoulement à froid à partir d'un rond de 12 mm de diamètre, en acier Fe 360 (selon UNI 7070) ;
- une plaquette de base, ayant une forme rectangulaire avec deux bords rigidifiant réalisés par pliage à froid d'une tôle de 3 mm d'épaisseur, en acier Fe 360. Ses dimensions permettent de l'utiliser avec les tôles grecquées vendues couramment dans le commerce.

La cheville et la plaquette de base sont unies par estampage et refoulement à froid de la tige de la cheville dans le trou précédemment percé au centre de la plaquette.



1b

Figure 1b. Connecteurs cloués à la poutre en acier avec tôle nervurée interposée.

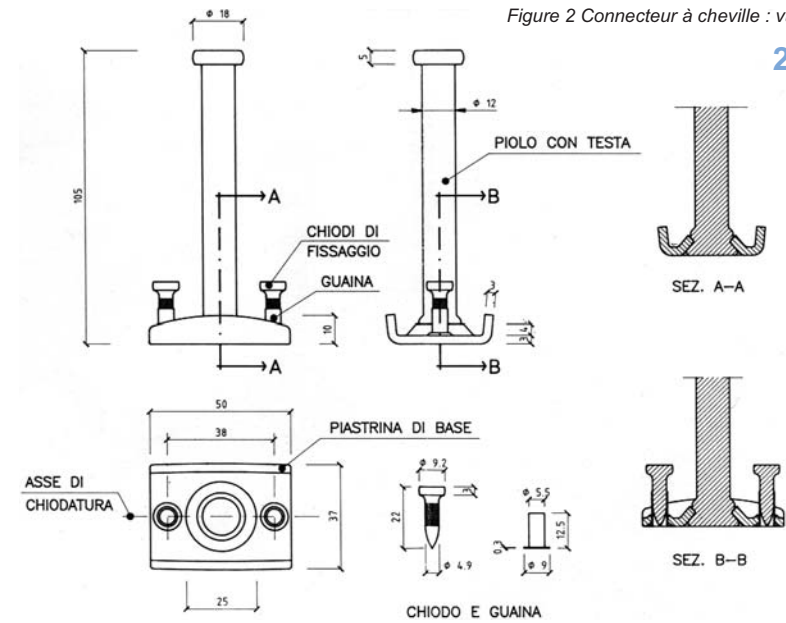


1c

fig.1 c . Particulier

1a Figure 1a. Axonométrie du plancher avec fixations

Figure 2 Connecteur à cheville : vues et sections

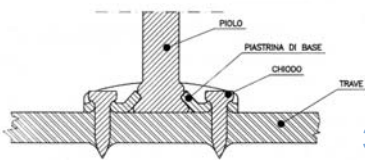


2

SEZ. A-A

SEZ. B-B

CHIODO E GUAINA



3

Figure 3 Détail de la fixation par clouage

La capacité portante du connecteur et l'efficacité de la connexion clouée à la poutre en acier ont été contrôlées de manière expérimentale en suivant les procédures des instructions CNR 10016, et en ayant ainsi la possibilité de placer ce nouveau type de connecteur dans le cadre de la norme en vigueur en la matière. A ce propos, les essais classiques de pliage de la tige jusqu'à un angle de pliage de 90° effectués ont donné des résultats positifs.



4

Figure 4 Cloueuse



5

Figure 5 Connecteur à cheville



6

Figure 6 Cloueuse : détail du nez magnétique

La plaquette a deux trous, qui occupent une position diamétralement opposée par rapport à la tige, pour le passage des deux clous de fixation. Au niveau des deux trous, la plaquette présente deux emboutissements vers le haut ; cela permet au matériau de base de fluer durant la pénétration des clous, en remplissant ainsi le vide initialement présent dans l'emboutissage (fig. 3). On obtient ainsi un double résultat : maintenir plat le côté de la base durant l'opération d'enfoncement des clous et augmenter la charge d'affaissement de l'assemblage cloué;

c) deux clous de fixation en matériau très haute, qui assurent la connexion rigide entre la plaquette de base (et donc de tout le connecteur) et la poutre en acier.

L'enfoncement des clous s'effectue au moyen d'une cloueuse pneumatique alimentée par compression (fig. 4). Le connecteur est fourni (avec des surfaces brutes ou zinguées à chaud, en fonction des exigences d'application) déjà assemblé comme cela est indiqué sur la figure 5. Son application est donc rapide et ne requiert que 10 secondes environ.

Pour son application, la cloueuse pneumatique est équipée d'une pince magnétique spéciale à laquelle le connecteur adhère grâce à une simple opération manuelle (fig. 6). Statiquement, le connecteur proposé a les mêmes caractéristiques, en termes de performances, que les chevilles soudées, mais présente en plus une série d'avantages, en termes d'applications, car:

- la fixation aux poutres métalliques n'est pas influencée par la présence de la tôle grecquée, qui se trouve entre la plaquette de base et la poutre, formant un tout structurel connecteur - tôle grecquée - poutre;
- la fixation n'est pas influencée par le traitement superficiel des parties assemblées (peinture ou zingage) et est indépendante des conditions climatiques présentes au moment de sa réalisation (humidité et basse température qui rendent difficile la connexion par soudage);
- la main d'œuvre requise n'est pas de type spécialisé;
- l'outillage pour la fixation, la cloueuse et le compresseur, est facile à transporter ; de plus, un seul compresseur peut alimenter plusieurs cloueuses même si elles sont éloignées l'une de l'autre;
- le contrôle de la bonne réussite du clouage peut simplement se faire visuellement;
- si nécessaire, les connecteurs sont disponibles avec un zingage à chaud d'une épaisseur supérieure ou égale à 3 microns.

## Modalité d'étude expérimentale

L' étude expérimentale effectuée sur les échantillons visait à évaluer la résistance au fluage des connecteurs avec des essais de fluage standard (push-out tests) et avec des essais sur un élément structural typique formé d'une poutre en acier avec une dalle collaborante en béton au-dessus.

## Description des échantillons

L'étude expérimentale a été conduite sur 15 échantillons du type "push-out" et deux du type "poutre". Sur les échantillons "push-out" comme sur les échantillons du type "poutre", les deux cas ont été expérimentés avec une dalle en béton d'épaisseur constante et avec une dalle en béton dont la face intérieure est profilée en raison de la présence de la tôle grecquée. Les tôles grecquées utilisées sont celles qui sont indiquées sur la figure 7 et qui représentent les types de tôle couramment utilisés dans les applications pratiques.

Les échantillons utilisés pour les essais "push-out" ont des caractéristiques conformes aux indications des instructions CNR 10016 relatives aux poutres composées et sont illustrés sur les figures 8 et 9. Ils sont formés d'un profil HEA 180 assemblé aux deux dalles en béton au moyen de huit connecteurs à cheville fixés aux ailes du profil. Les dalles ont une épaisseur totale de 12 cm dans les échantillons sans tôle grecquée et dans les échantillons avec tôle HI-BOND 55/080 et de 12 et 14 cm dans les échantillons avec tôle ALUFLOOR 90/630. Elles sont armées avec trois barres transversales et quatre barres longitudinales, ayant toutes un diamètre de 16 mm. Le type de connecteurs et le type de dalle réalisée pour les divers modèles sont décrits dans le tableau 1 et sur les figures 10,11,12,13,14. On peut noter que les connecteurs sont positionnés parfois avec l'axe de clouage de la plaquette parallèle aux grecques et parfois avec l'axe de clouage orthogonal. Cela permet d'en évaluer l'influence sur la capacité portante du connecteur; en particulier les éprouvettes des figures 10 et 11 diffèrent seulement par l'orientation différente de la plaquette de base.

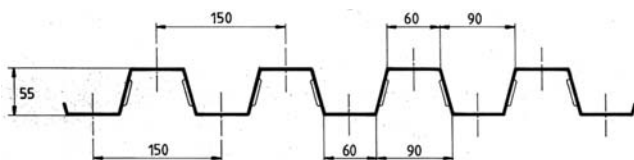
Les échantillons du type "poutre composée", qui correspondent au schéma de la figure 15 sont formés d'un profil IPE 300 auquel est assemblée une dalle en béton de 12 cm d'épaisseur et de 50 cm de largeur. Le schéma de distribution des connecteurs et le type de tôle grecquée, utilisée dans l'un des deux échantillons, sont indiqués sur les figures 16 et 17. Dans l'échantillon avec tôle grecquée comme dans l'échantillon avec dalle d'épaisseur constante, les connecteurs ont été mis par couples avec un pas longitudinal de 15 cm; dans les dalles ont été placées des armatures de distribution composées d'une de Ø 6 transversale à entraxe de 15 cm et de quatre de Ø 6 longitudinales. La disposition des connecteurs est la même pour les deux poutres, avec l'axe de clouage de la plaquette parallèle à l'axe de la poutre.

Les caractéristiques mécaniques des matériaux utilisés ont été contrôlées avec des essais de traction et de compression; pour ce qui est du béton des dalles, il a été déterminé la valeur moyenne de la résistance cubique, de 38,5 Mpa, au moyen de la rupture de six éprouvettes cubiques avec un angle de 15 cm.

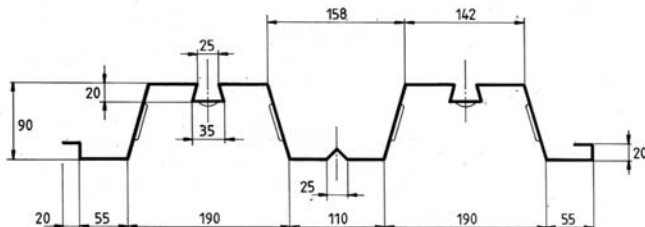
Pour déterminer les caractéristiques mécaniques de l'acier des poutres, à la fin de l'essai, deux éprouvettes ont été extraites de la plate-bande de chaque poutre; sur ces éprouvettes, des essais de traction ont été effectués et les résultats se sont révélés conformes aux caractéristiques de l'acier Fe 360 selon UNI 7070.

Tableau 1 Récapitulatif des caractéristiques des échantillons pour les essais de "push-out". **Tab. 1**

Échantillon type	Nombre d'échantillons testés	Hauteur connecteurs (mm)	Profilage dalle à cheville	Épaisseur dalle (cm)	Direction axe de clouage
C1	3	105	Soletta piena	12	Parallèle axe poutre
C2	3	105	HI-BOND 55	12	Parallèle axe poutre
C3	3	105	HI-BOND 55	12	Orthogonal axe poutre
C4	3	105	ALUFLOOR 90	12	Orthogonal axe poutre
C5	3	130	ALUFLOOR 90	14	Orthogonal axe poutre



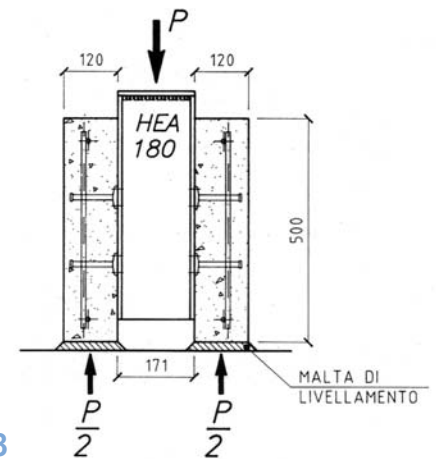
HI-BOND 55/0,8



ALUFLOOR 90/630

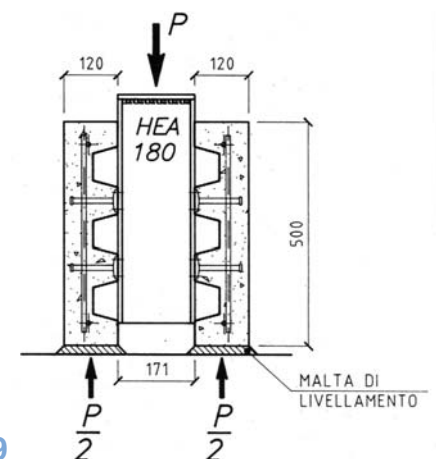
7

Figure 7 Tôles grecquées utilisées dans les échantillons



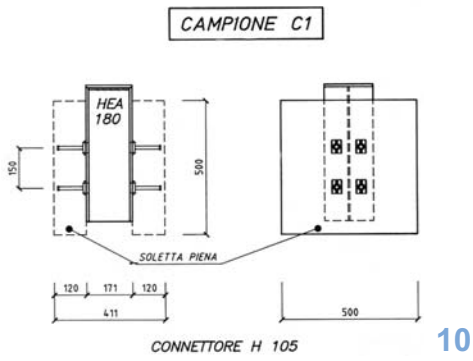
8

Figure 8 Échantillons avec dalles

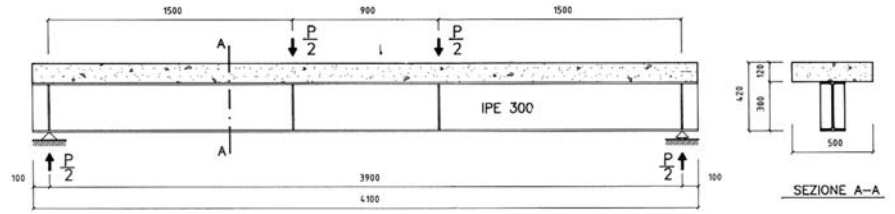


9

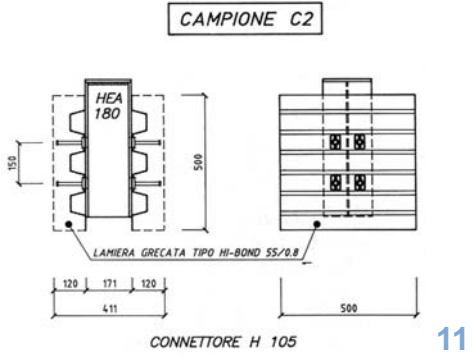
Figure 9 Échantillons avec tôle grecquée



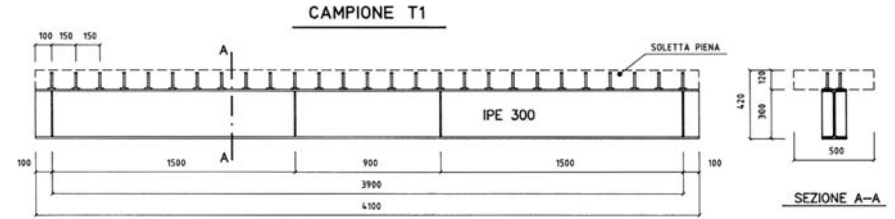
10



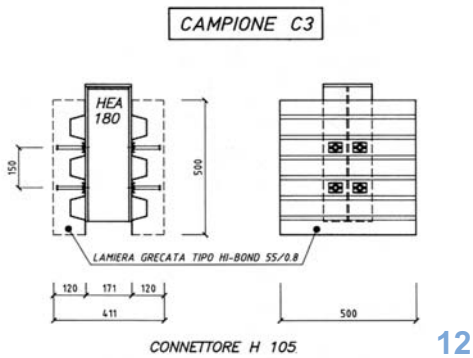
15



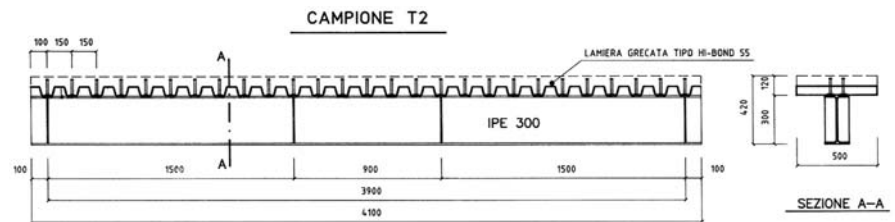
11



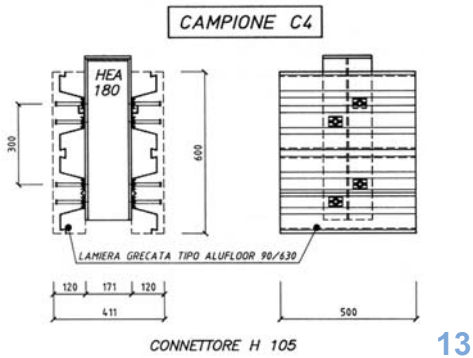
16



12



17



13

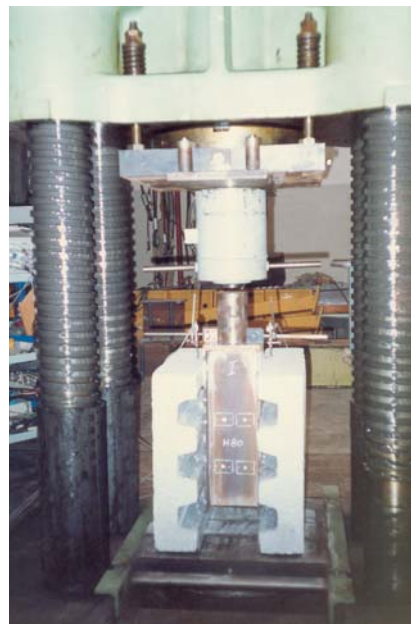


Figure 10 Échantillons type C1

Figure 11 Échantillons type C2

Figure 12 Échantillons type C3

Figure 13 Échantillons type C4

Figure 14 Échantillons type C5

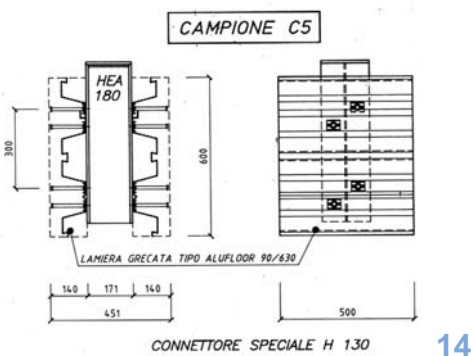
Figure 15 Schéma statique des échantillons type poutre

Figure 16 Échantillons type T1

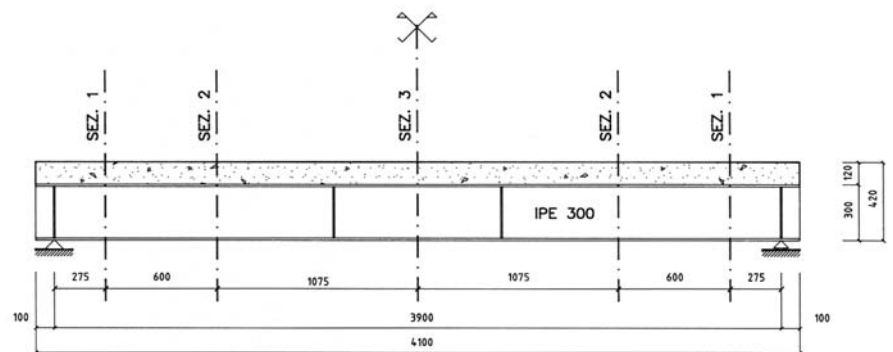
Figure 17 Échantillons type T2

Figure 18 Presse pour essais

Figure 19 Instruments sur les échantillons type poutre



14



SEZ. 1 E 2: SEZIONI DI MISURA DELLO SCORRIMENTO TRAVE-SOLETTA  
SEZ. 3: SEZIONE DI MISURA DELLA DEFORMAZIONE

19

## Modalité de l'essai

Les essais ont été effectués dans le laboratoire de l'Institut de science des constructions de l'Université de Padoue. En particulier, les essais de fluage standard (push-out tests) se sont déroulés avec un contrôle des fluages poutre-dalles mesurés au moyen de deux comparateurs à inductance, un pour chaque dalle, et en prenant comme valeur de fluage la moyenne arithmétique des deux valeurs mesurées.

La charge a été appliquée au moyen d'une presse type Amsler, en nivelant avec du mortier le plan de contact entre les dalles et le plan d'appui de la presse (fig. 18). La valeur de la charge appliquée a été contrôlée automatiquement au moyen d'une cellule de charge Hottinger de 1000 kN, ayant une précision de lecture de 0,1 kN. L'utilisation de la cellule de charge a été nécessaire pour transmettre directement le signal à la centrale extensométrique reliée au traceur pour le traçage du diagramme charge-fluage. Tout l'équipement de relevé a été fourni par Hottinger.

Les essais dans les poutres composées ont été effectués en mesurant, non seulement la flèche au milieu, mais aussi les déformations et les fluages dans certaines sections (fig. 19). En particulier:

- les déformations dans la section du milieu (sect. 3) en utilisant des extensomètres électriques appliqués sur la face supérieure de la dalle et sur les plates-bandes de la poutre en acier;
- le fluage poutre-dalle au niveau des sections 1 et 2, au moyen de comparateurs à inductance.

La vitesse d'application de la charge dans les essais de fluage standard a été fixée conformément aux instructions CNR 10016, c'est-à-dire de manière à atteindre l'affaissement en pas moins de 15 minutes, soit 12 à 15 mm/h.

## Résultats de l'étude expérimentale

### Essais de fluage standard (push-out tests)

L'étude expérimentale sur les échantillons du type "push-out" s'est déroulée d'une part en relevant le diagramme charge-fluage, d'autre part en observant pour chaque type d'échantillons la dynamique à travers laquelle on arrive à l'affaissement de la connexion. Les figures 20,21,22,23,24 contiennent les courbes charge-fluage pour les échantillons du type C1, C2, C3, C4, C5 où chaque courbe est représentative des courbes relevées de manière expérimentale pour chaque type d'échantillon (rappelons que pour chaque type trois essais ont été effectués sur trois échantillons identiques) et où en ordonnée est indiquée la valeur de la charge totale appliquée à l'échantillon.

L'analyse des courbes charge-fluage et des modalités d'affaissement permet d'observer que la charge maximale ainsi que le mécanisme de rupture des connecteurs varie considérablement en fonction de la présence ou non de tôle grecquée et en fonction de la forme des grecques. En particulier:

- les échantillons C1 relatifs au cas de dalle en béton d'épaisseur constante et sans tôle grecquée, présentent la valeur la plus élevée de charge d'affaissement (en moyenne 350 kN)

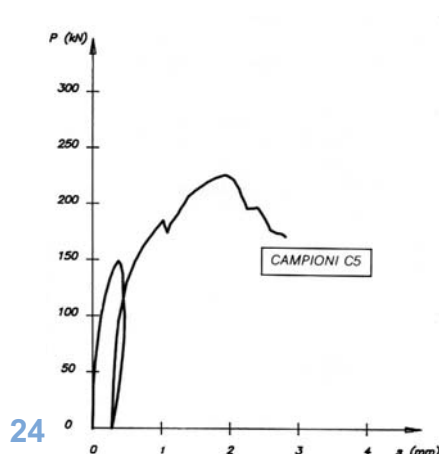
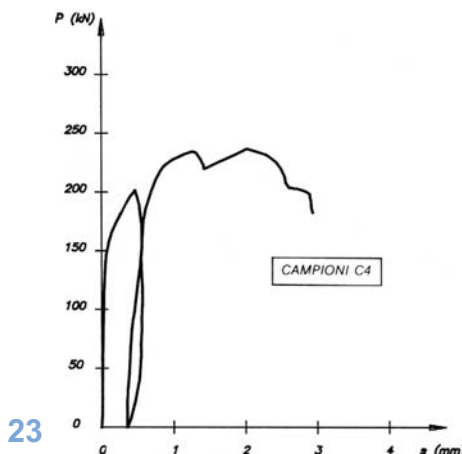
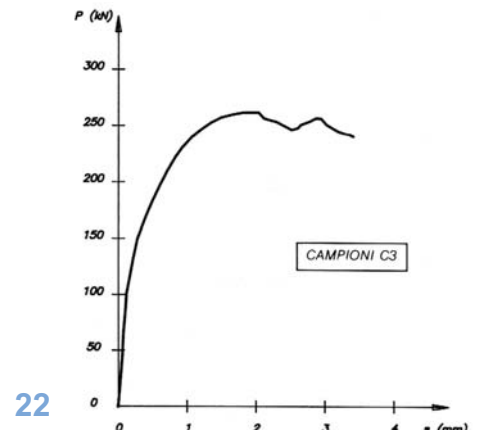
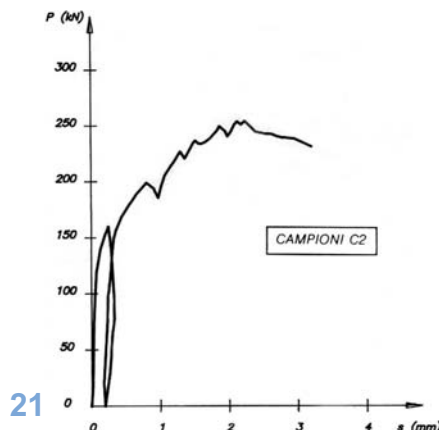
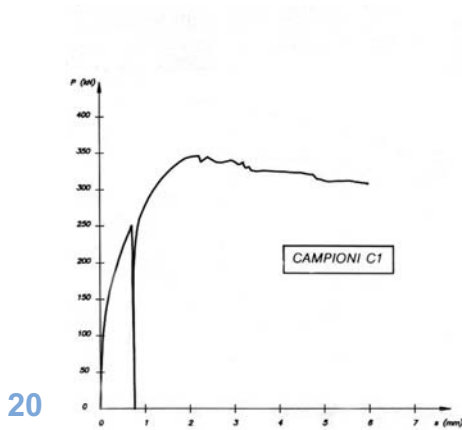


Figure 20 Diagramme charge-fluage pour les échantillons C1

Figure 21 Diagramme charge-fluage pour les échantillons C2

Figure 22 Diagramme charge-fluage pour les échantillons C3

Figure 23 Diagramme charge-fluage pour les échantillons C4

Figure 24 Diagramme charge-fluage pour les échantillons C5

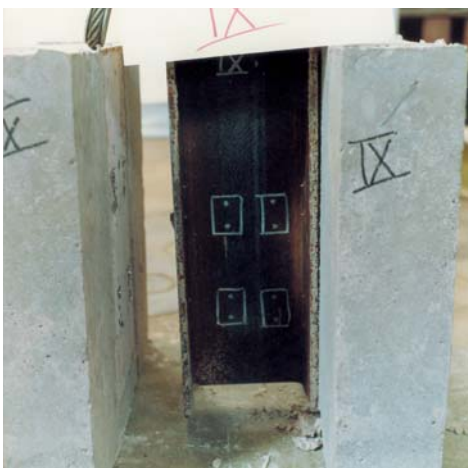


Fig. 25 Affaissement des échantillons type C1 25



Fig. 26 Affaissement des échantillons type C2-C3 26

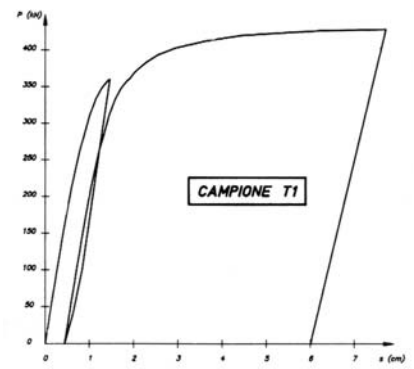


Fig. 28 Diagramme charge-flèche pour l'échantillon T1

28

## Tab.2

Tab. 2 Récapitulatif des résultats des essais "push-out".

Échantillon	P <sub>max</sub> (kN)	P <sub>Cmax</sub> (kN)	S <sub>max</sub> (mm)
C1	350	43.8	6.0
C2	260	32.5	3.0
C3	265	33.1	3.5
C4	240	30.0	3.0
C5	225	28.1	2.5



Fig. 27 Affaissement des échantillons type C4-C5 27

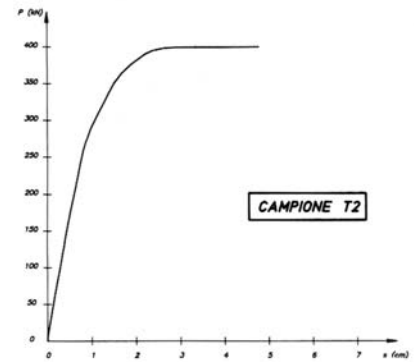


Fig. 29 Diagramme charge-flèche pour l'échantillon T2

29

correspondant à 43,8 kN pour chaque connecteur, alors que le fluage maximum mesuré est en moyenne de 6,0 mm. Dans les échantillons C1 l'affaissement s'est produit par rupture des connecteurs qui sont restés solidement ancrés à la dalle. Cette rupture s'est faite soit par cassure des clous, soit par arrachement (ovalisation) du bord du trou sur la plaquette de base, ou encore par détachement de la plaquette de base de la cheville. Cela constitue la confirmation du bon équilibre des caractéristiques résistantes de l'ensemble - plaquette de base plus clous - obtenue grâce aux analyses répétées et aux essais expérimentaux précédemment effectués sur de nombreux échantillons de différentes mesures et caractéristiques mécaniques. En analysant encore la courbe charge-fluage relative aux échantillons C1, on observe qu'un fluage élevé est atteint (environ 6 mm) avec une flexion de la charge limitée. Cela indique un comportement ductile (essentiellement ductile sur les 2 premiers mm de fluage au niveau duquel a été atteinte la charge maximum) dû à la déformation plastique du clou et de la plaquette de base avant l'affaissement causé par la séparation des connecteurs de la poutre;

- les échantillons C2 et C3 à la dalle avec face intérieure profilée en raison de la présence de la tôle grecquée type HI-BOND 55 ont eu une charge d'affaissement moyenne respective de 260 et 265 kN, correspondant à 32,5 et 33,1 kN pour chaque connecteur; le fluage maximum mesuré est en moyenne de 3,0 et 3,5 mm. Dans les échantillons C2 et C3 l'affaissement s'est produit avec un affaissement local du revêtement en béton sur les connecteurs (fig. 26), affaissement qui a commencé par la rupture de la partie de la dalle proche de la plaquette de base du connecteur et qui a causé l'éloignement entre la section d'encastrement cheville-dalle et la plaquette de base. Par conséquent, s'est développé pour le connecteur un comportement à poutre fléchie doublement encastree qui, en s'amplifiant, a causé l'affaissement aussi bien de la connexion clouée (parfois avec sortie des clous due à l'effet de levier) que du revêtement en béton du connecteur. Pour les échantillons C2 et C3 l'analyse des résultats révèle également un comportement ductile jusqu'à un fluage d'environ 2 mm (essentiellement ductile sur environ 1 mm au niveau duquel est atteinte une charge d'environ 0,8 de la charge maximum) dû initialement à la seule déformation plastique des clous et de la plaquette de base, puis également à la déformation de flexion de la cheville provoquée par le déclenchement du processus de rupture locale du béton;
- les échantillons C4 et C5, relatifs à la dalle avec face intérieure profilée en raison de la présence de la tôle grecquée type ALUFLOOR 90, ont eu une charge d'affaissement moyenne respective de 240 et 225 kN, correspondant à 30,0 et 28,1 kN pour chaque connecteur ; le fluage maximum mesuré est de 3,0 et 2,5 mm. Dans les échantillons C4 et C5, l'affaissement s'est produit avec un affaissement de la dalle (fig. 27), affaissement qui a commencé par la fissuration transversale (c'est-à-dire parallèle à la direction des grecques) dans les sections d'épaisseur minimum et a continué avec une rotation, autour d'un axe horizontal, de chaque portion de dalle comprise entre deux grecques successives.

En continuant dans le fluage, l'affaissement a été atteint avec la séparation du connecteur dû au retrait et à la cassure des clous. L'analyse des résultats laisse supposer, pour les échantillons C4 et C5 également, un comportement ductile limité à un fluage d'environ 1 mm auquel correspond une charge d'environ 0,8 de la charge maximum. Le tableau 2 récapitule les résultats des essais "push-out" relativement à la charge maximum P max, à la charge maximum pour chaque connecteur Pc max et au fluage maximum mesuré S max.

### Essais de flexion

Pour les essais de flexion ont été utilisés deux échantillons du type "poutre composée", formés d'un profil IPE 300 auquel est assemblée une dalle en béton (fig. 15,16 et 17). Les essais ont été conduits en contrôlant la flèche au milieu de la poutre et le fluage poutre-dalle en deux sections caractéristiques placées à 30 et à 60 cm des appuis et dans les sections d'extrémité. Sur les figures 28 et 29 sont reportés les diagrammes charge-flèche. On peut voir que la charge maximum pour les deux échantillons est presque égale (supérieure à 400 kN) et est associée à la limite élastique du profil en acier au niveau de la plate-bande inférieure tendue. Dans le cas de la dalle pleine (échantillon T1) comme dans celui de la dalle sur tôle nervurée type HI-BOND55, le fluage poutre-dalle est négligeable sur tous les points de mesure et avec un retour parfaitement élastique jusqu'à une charge de plus de 200 kN. Dans l'échantillon T1, avec une charge de 360 kN, il y a eu un fluage poutre-dalle de 0,3 : - 0,4 mm avec un résidu au déchargement de 0,1 : -0,2 mm. De plus, jusqu'à la charge de plus de 200 kN, on a un comportement linéaire dans les diagrammes charge-déformation. La flèche au niveau de la charge P = 200 kN est de 5,6 mm dans l'échantillon T1 et de 6,1 mm dans l'échantillon T2. Toutes les données expérimentales coïncident avec l'analyse théorique conduite selon la norme CNR 10016-85 relative aux poutres composées en acier et béton. Pour ce qui est du comportement des deux échantillons, on peut faire les observations suivantes. Dans l'échantillon t1 avec dalle pleine, on note que l'affaissement s'est produit à la limite élastique du profil en acier avec une charge maximum de 430 kN, et on ne relève aucune fissuration dans la dalle en béton. Les figures 30, 31, et 32 se réfèrent à la charge de l'échantillon T1 dans la phase initiale et au moment de l'affaissement. Dans l'échantillon T2 également, avec la dalle sur tôle nervurée, l'affaissement s'est produit à la limite élastique du profil en acier et avec une charge maximum de 400 kN. Dans ce cas, on a relevé des fissurations transversales de la dalle qui sont apparues à alors que la charge maximum était proche. Les figures 33, 34 et 35 se réfèrent à la charge de l'échantillon T2.

### Analyse des résultats

Les essais effectués, les essais de fluage standard et les essais de flexion, concernent des modèles avec dalles pleines et des modèles avec dalles coulées sur tôle grecquée. Pour les deux typologies, l'analyse des essais permet de d'obtenir d'importantes indications sur le comportement structurel du nouveau type de connecteur à cheville.

#### Connecteurs à cheville utilisés avec des dalles pleines

Selon l'essai sur l'échantillon c1 et C, et en référence aux instructions CNR10016 relatives aux poutres composées, on déduit pour la cheville une valeur de la charge limite de Pd = 0,8 x 43,8 kN = 35,0 kN. Cette valeur est très supérieure à la valeur de la norme pour les chevilles correspondantes avec tête assemblées par soudage. En effet, pour la cheville de 12 mm de diamètre et de plus de 48 mm de longueur en acier Fe 360, la norme indique une résistance au cisaillement Pd = 18,6 kN. Puisque la conformation de la cheville du connecteur examiné est identique à celle des chevilles soudées, la résistance plus élevée doit, en grande partie, être attribuée à la plaquette de base (fig. 2) qui, grâce aux bords rigidifiés, constitue elle-même un élément de connexion. Pour de qui est de l'essai de flexion réalisé sur l'échantillon T1, la flèche au milieu est de 0,4 cm avec une charge externe de 150 kN qui, pour la poutre en question, peut être considérée comme une charge de service. La flèche mesurée coïncide avec la flèche théorique correspondante (calculée pour une connexion très rigide) qui est de 0,34 cm pour la déformation due à la flexion et de 0,07 cm pour la déformation due au cisaillement. La coïncidence entre la flèche théorique et la flèche mesurée montre que la connexion entre la poutre et la dalle est complète, au moins jusqu'à une charge correspondant à la charge de service. Cela est également conforme au fait que jusqu'à une charge d'environ 200 kN le fluage mesuré entre la poutre et la dalle est pratiquement négligeable. Toujours en référence à la charge de 150 kN, l'effort de cisaillement sur chaque connecteur à cheville est selon le calcul de 16,3 kN, ce qui est supérieur à la valeur admissible pour les chevilles soudées (Pamm = 18,6\1,5 =12,4 kN) mais encore inférieure à la valeur admissible pour les connecteurs examinés (Pamm = 35\1,5 = 23,3 kN). En conclusion, ce nouveau type de connecteur à cheville garantit, par rapport aux connecteurs à cheville soudée analogues, une réduction notable de la quantité utilisée.

#### Connecteurs à chevilles utilisées avec des dalles coulées sur tôles grecquées

Selon les essais réalisés sur les échantillons C1, C2, C3, C4 et C5 et en se référant encore aux instructions CNR 10016, on déduit les valeurs de la charge limite Pd, pour chaque connecteur, indiquées dans le tab.3.

Dans le tableau 3 est également indiqué le coefficient (h') de baisse de capacité portante par rapport au même connecteur en présence d'une dalle pleine. En revanche quand on calcule ce coefficient de baisse à partir de la relation:

Échantillon type	Direction axe de clouage	Tôle grecquée	Charge limite Pd (kN)	$\eta'$	$\eta$
C1	Parallèle axe-poutres	HI-BOND55	26.0	0.74	0.75
C2	Orthogonal axe-poutres	HI-BOND55	26.0	0.76	0.75

Tableau 3 Récapitulatif des charges limites coefficient de baisse

Tab.3

$$\eta = \frac{0,85}{\sqrt{n_c}} \frac{b_l}{h_l} \left( \frac{h_p - h_l}{h_l} \right)$$

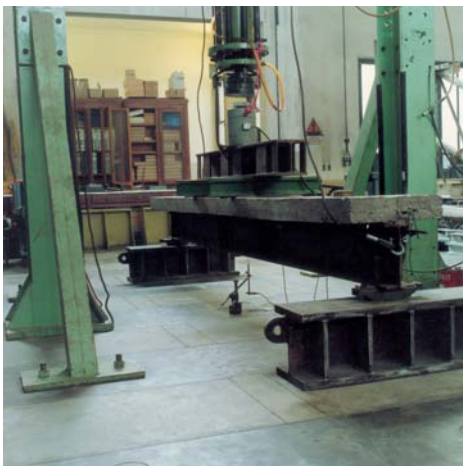


Fig. 30 Échantillon T1 préparé pour l'essai 30



Fig. 31 Échantillon T1 sous la charge d'essai 31



Fig. 32 Échantillon t1, dalle encore intégrée après l'affaissement de la poutre en acier 32



Fig. 33 Échantillon T2 préparé pour l'essai 33

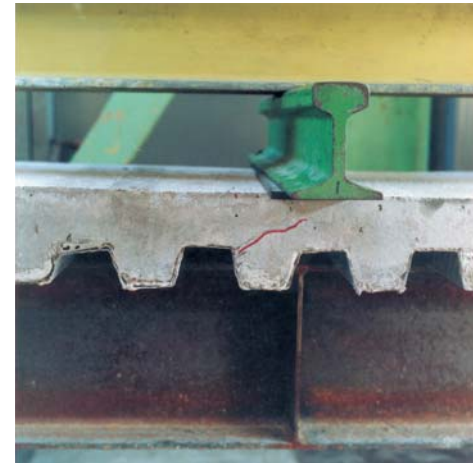


Fig. 34 Échantillon t2 après l'affaissement de la poutre en acier : détail sur le milieu 34

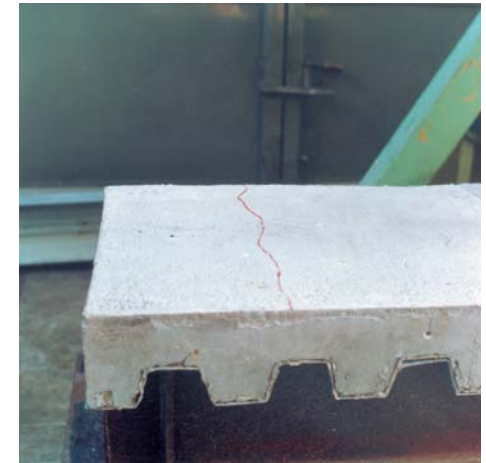


Fig. 35 Échantillon t2 après l'affaissement de la poutre en acier : détail de l'appui 35

indiquée dans la norme CNR 10016 en référence aux connecteurs à cheville, et avec la signification des symboles qui y sont reportés, on trouve les valeurs contenues dans la dernière colonne du tableau 3. En comparant les valeurs numériques, on note facilement la conformité optimale entre les valeurs de baisse relevées de manière expérimentale ( $h'$ ) et les valeurs de la norme ( $h$ ), conformité qui n'est pas fortuite mais qui dépend du fait que le nouveau type de connecteur est encore un connecteur à cheville. Pour ce qui est de l'essai de flexion réalisée sur l'échantillon T2, la flèche au milieu est de 0,43 cm avec une charge externe de 150 kN qui, comme pour l'échantillon avec dalle pleine, peut être considérée comme une charge de service. Dans ce cas également, la flèche mesurée coïncide avec la flèche théorique correspondante (calculée pour une connexion très rigide) qui est de 0,36 cm pour la déformation due à la flexion et de 0,07 cm pour la déformation due au cisaillement. Par conséquent, dans le cas de la dalle coulée sur tôle grecquée, il apparaît également que la connexion est complète au moins jusqu'à la charge de service. Cela est aussi confirmé par la mesure du fluage entre la poutre et la dalle qui est pratiquement négligeable jusqu'à une charge d'environ 200 kN. Pour ce qui est de la capacité portante du connecteur examiné, dans le cas de la dalle coulée sur tôle grecquée également, on a une nette augmentation des performances par rapport au connecteur à cheville soudée analogue.

## Conclusions

Le nouveau type de connecteur à cheville a montré qu'il pouvait garantir un système de connexion fiable et, notamment grâce à la présence de la plaquette de base, plus résistant que la connexion analogue réalisée avec des chevilles soudées. Dans tous les cas, les connecteurs ont garanti une connexion de type rigide et dans les dalles pleines leur connexion s'est révélée de type ductile ; uniquement dans le cas des tôles grecquées avec des grecques très larges (échantillons C4 et C5), se sont vérifiées des ruptures peu ductiles qui sont de toute évidence liées à la configuration de la tôle. Dans le cas des tôles normalement utilisées dans les planchers (échantillon T2) il a été constaté un comportement ductile et une conformité optimale aux données théoriques de calcul. Dans l'ensemble, le nouveau type de connecteur à cheville associé à des performances statiques nettement supérieures à celle du connecteur à cheville soudée correspondant (grâce à la présence de la plaquette de base qui contribue à réduire le cisaillement par fluage) l'avantage de la connexion à froid au moyen d'une cloueuse pneumatique qui non seulement garantit une connexion uniforme mais permet aussi, indépendamment des conditions ambiantes et de traitement superficiel, d'interposer sans aucune difficulté les tôles grecquées habituelles de support de la coulée.