

Rapport des essais réalisé sur joints mixtes bois-béton avec connecteurs à cheville et crampons.



TECNARIA®

INTRODUCTION

Nous présentons le résultat d'une recherche expérimentale ayant pour objet l'étude du comportement d'une famille de connecteurs à cheville pour poutres de plancher en bois et béton relié à la structure en bois au moyen de tire-fonds.

La première partie de la relation décrit l'étude basée sur les essais expérimentaux réalisés au CNR - Institut pour la recherche sur le bois de Florence (actuellement: IVALSA - Institut pour la valorisation du bois et des espèces d'arbre) sur des échantillons du type « push-out ». Dans l'annexe 4 sont indiqués, à titre d'exemple, quelques-uns des résultats dérivant de l'expérimentation.

Les résultats obtenus, sous forme de graphiques charge-déplacement, ne peuvent pas être utilisés pour l'étude de projet mais doivent être adéquatement interprétés et élaborés; c'est pourquoi une seconde partie du travail a également été présentée: il s'agit de l'interprétation et de l'élaboration des résultats des essais rédigée par M. Marco Lauriola, qui contient les résultats, en termes de charge admissible et rigidité, directement exploitables dans le calcul structurel.

TECNARIA SPA
28 août 2003

INDEX

	Page
Première partie	
Session des essais	
Copie partielle des documents originaux des essais	1
But des essais	2
Normes de référence	2
Matériaux utilisés	2
Types d'éprouvettes	3
Exécution des essais	3
Résultats	4
Annexe 1. Géométrie des éprouvettes	5
Annexe 2. Relevés effectués sur les éprouvettes	8
Annexe 3. Documentation photographique	9
Annexe 4. Résultats	10
Deuxième partie	
Interprétation des résultats	13
Avant-propos	14
Matériaux et méthodes	14
Élaboration des résultats des essais	15
Valeurs à utiliser dans le calcul aux « tensions admissibles »	16
Valeurs à utiliser dans le calcul aux « états limites »	17

**Relazione sulle prove eseguite su giunti misti
legno-calcestruzzo realizzati con connettori tipo
"Tecnaria connettore Base" e "Tecnaria connettore Maxi"**

1. Scopo delle prove

Determinazione del comportamento meccanico a taglio puro e rilevazione delle curve carico-deformazione su giunti per strutture miste legno-calcestruzzo realizzati con connettori tipo "Tecnaria connettore base" e "Tecnaria connettore maxi".

2. Normative di riferimento

- UNI EN 338 "Legno strutturale. Classi di resistenza"
- UNI ISO 3131 "Legno. Determinazione della massa volumica per le prove fisiche e meccaniche"
- UNI EN 28970 "Strutture di legno. Prova degli assemblaggi realizzati tramite elementi meccanici di collegamento. Prescrizioni relative alla massa volumica del legno"
- UNI EN 26891 "Strutture di legno. Assemblaggi realizzati tramite elementi meccanici di collegamento. Principi generali per la determinazione delle caratteristiche di resistenza e deformabilità"

3. Materiali impiegati

Le prove sono state realizzate su provini costituiti da blocchi di legno delle dimensioni di 15x15x40 cm, su ognuno dei quali è fissata una soletta di calcestruzzo delle dimensioni di 5x15x40 cm per mezzo di due connettori. Alcuni provini presentano interposizione di un tavolato fra legno e soletta, in questi casi il connettore è montato sul tavolato. In tutti i casi fra soletta e legno o soletta e tavolato è interposto un foglio di polietilene al fine di limitare l'attrito fra i due materiali. La geometria dei provini è illustrata nell'allegato 1. I materiali utilizzati hanno le caratteristiche descritte di seguito.

3.1 Legno

Il legno di conifere (abete/pino) e latifoglia (quercia caducifoglia) è stato acquistato presso un rivenditore di legname da costruzione, nelle qualità normalmente disponibili ed utilizzate per solai. Esso è stato essiccato fino ad una umidità inferiore al 18% (per abete/pino) o al 26% (per quercia caducifoglia) e sezionato nelle dimensioni necessarie. Sui pezzi risultanti sono state rilevate la massa volumica e l'umidità del legno (metodo elettrico). E' stata effettuata la correzione della massa volumica al valore corrispondente al 12% di umidità, come previsto dalla UNI EN 3131. Ciascun provino è stato identificato ed attribuito ad una delle classi di resistenza della UNI EN 338 utilizzando la metodologia 2 prevista dalla UNI EN 28970 (massa volumica comparabile con la massa volumica media della classe di appartenenza). L'insieme dei rilievi effettuati sui provini è riportato nell'allegato 2.

3.2 Connettori

I connettori sono di acciaio zincato formati da una piastrina di base di spessore 3,8 mm con i quattro spigoli ripiegati a formare dei ramponi e due fori per l'inserimento di viti; sulla piastrina è fissato un piolo del diametro di 12 mm, l'altezza totale dei connettori misurata dalla base della piastrina alla sommità del piolo è di 40 mm; le viti di corredo presentano lo stelo tronco-conico tale da non avere gioco nella piastrina una volta serrate. Il piolo viene fissato sul legno o sul tavolato mediante il serraggio delle viti, avendo cura di far penetrare completamente i ramponi nel legno.

Sono stati utilizzati due differenti tipi di connettori:
Tipo "base": piastrina 50x50 mm; viti Ø 8 mm L = 100 mm;
Tipo "maxi": piastrina 50x75 mm; viti Ø 10 mm L = 120 mm.

3.3 Calcestruzzo

E' stato utilizzato calcestruzzo di classe R_{ck} 25 N/mm², fornito da una centrale di betonaggio, posto in opera in una cassaforma realizzata con pannelli in legno e vibrato al momento del getto. Il calcestruzzo è stato armato con una rete metallica utilizzata nella fabbricazione dei pannelli prefabbricati (maglia 75x50 mm; filo Ø 2 mm).

4. Tipologie dei provini

150 provini di abete/pino sono stati assemblati secondo 10 differenti tipologie come è riassunto in tabella 1.

Tabella 1 – Numero di provini nelle diverse configurazioni (abete/pino).

Classe di resistenza UNI EN 338		C30	C24	C16
Connettore BASE	Tavolato assente	5	5	5
	Tavolato 2 cm	-	5	-
	Tavolato 4 cm	-	5	-
Connettore MAK	Tavolato assente	5	5	5
	Tavolato 2 cm	-	5	-
	Tavolato 4 cm	-	5	-

130 provini di quercia caducifoglia sono stati assemblati secondo 10 differenti tipologie come è riassunto in tabella 2.

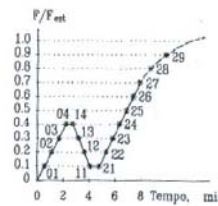
Tabella 2 – Numero di provini nelle diverse configurazioni (quercia caducifoglia).

Classe di resistenza UNI EN 338		D50	D40	D35
Connettore BASE	Tavolato assente	3	3	3
	Tavolato 2 cm	3	-	-
	Tavolato 4 cm	3	-	-
Connettore MAK	Tavolato assente	3	3	3
	Tavolato 2 cm	3	-	-
	Tavolato 4 cm	3	-	-

Per quanto riguarda i provini con singola o doppia tavola, occorre precisare che i connettori sono stati infissi senza effettuare il carotaggio del tavolato.

5. Esecuzione delle prove

Le prove sono state effettuate, conformemente al metodo descritto nella UNI EN 26891, su una macchina prova materiali con cella di carico amplificata avente un fondo scala da 100.000 N; per l'applicazione della sollecitazione di taglio è stato utilizzato uno specifico utensile con testa basculante a cerniera semicilindrica. La prova a taglio è stata effettuata in controllo di velocità di applicazione del carico, secondo la procedura descritta nella figura seguente, dove F è il carico applicato, Fest il carico di rottura stimato.



Ciclo di carico (da UNI EN 26891)

Il carico di rottura F_{max} è quello corrispondente allo scorrimento di 15 mm, oppure quello massimo, se raggiunto prima. Fest è stato determinato sperimentalmente ed eventualmente rettificato nel corso delle prove (qualora F_{max} differisse da Fest di un valore superiore al 20%). Lo scorrimento relativo della soletta rispetto al legno è stato rilevato tramite una coppia di trasduttori tipo LVDT posizionati come è illustrato in allegato 3 (Foto 4).

6. Risultati

L'insieme dei risultati delle prove è raccolto nell'allegato 4 sotto forma di curve carico/spostamento, per ciascun provino testato. Per ogni prova è riportata la curva relativa all'intero ciclo e l'ingrandimento del tratto ritenuto significativo ai fini della determinazione della rigidità. Per i campioni n° 110 e 115 non è stato possibile acquisire i risultati della prova.

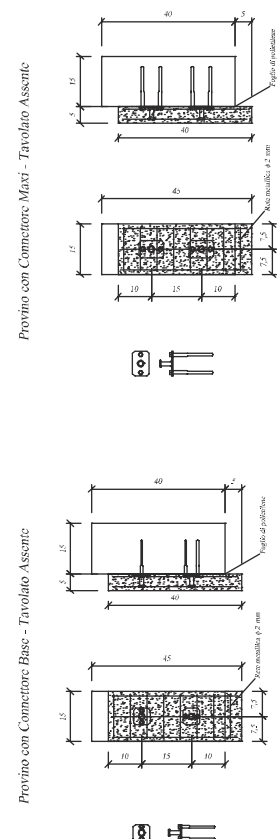
Firenze, 26 Marzo 2001

Dr. Michele Brunetti

ALLEGATI

1. GEOMETRIA DEI PROVINI
2. RILIEVI ESEGUITI SUI PROVINI
3. DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA
4. RISULTATI

Allegato 1 Geometria dei provini



Rapport sur les essais effectués sur des joints mixtes bois-béton réalisés avec des connecteurs Tecnaria type « Base » et type « Maxi »

1. But des essais

Détermination du comportement mécanique au cisaillement pur et relevé des courbes charge-déformation sur des joints pour structures mixtes bois-béton réalisés avec des connecteurs Tecnaria type « Base » et type « Maxi ».

2. Normes de référence

- UNI EN 338 « Bois de structure. Classes de résistance »
- UNI ISO 3131 « Bois. Détermination de la masse volumique pour les essais physiques et mécaniques »
- UNI EN 28970 « Structures en bois. Essai des assemblages réalisés au moyen d'éléments mécaniques de connexion. Prescriptions relatives à la masse volumique du bois »
- UNI EN 26891 « Structures en bois. Assemblages réalisés au moyen d'éléments mécaniques de connexion. Principes généraux pour la détermination des caractéristiques de résistance et de déformabilité. »

3. Matériaux utilisés

Les essais ont été réalisés sur des éprouvettes constituées de blocs de bois - dimensions : 15x15x40 cm -, sur chacun desquels est fixée une dalle de béton - dimensions : 5x15x40 cm - au moyen de deux connecteurs. Sur certaines éprouvettes un plancher est interposé entre le bois et la dalle : dans ce cas, le connecteur est monté sur le plancher.

Dans tous les cas, entre la dalle et le bois ou la dalle et le plancher est interposé une feuille de polyéthylène afin de limiter le frottement entre les deux matériaux.

La géométrie des éprouvettes est décrite dans l'annexe 1. Les matériaux utilisés ont les caractéristiques décrites ci-dessous.

3.1 Bois

Le bois de conifère (sapin/pin) et de latifolié (chêne caducifolié) a été acheté chez un revendeur de bois de construction ; les qualités choisies sont celles qui sont normalement disponibles et utilisées pour les planchers. Il a été séché afin d'obtenir une humidité inférieure à 18 % (pour le sapin/pin) ou à 26 % (pour le chêne caducifolié) et découpé selon les dimensions nécessaires. Sur les morceaux coupés ont été relevées la masse volumique et l'humidité du bois (méthode électrique). La correction de la masse volumique a été effectuée à la valeur correspondant à 12 % d'humidité, comme le prévoit la norme UNI EN 3131. Chaque éprouvette a été identifiée et attribuée à une des classes de résistance de la norme UNI EN 338 selon la méthodologie 2 prévue par la norme UNI EN 28970 (masse volumique comparable à la masse volumique moyenne de la classe d'appartenance). L'ensemble des relevés effectués sur les éprouvettes est indiqué dans l'annexe 2.

3.2 Connecteurs

Les connecteurs en acier zingué sont formés d'une plaquette de base de 3,8 mm d'épaisseur avec les quatre angles repliés de façon à former des crampons et deux trous pour l'introduction des vis ; sur la plaquette est fixée une cheville de 12 mm de diamètre ; la hauteur totale des connecteurs mesurée de la base de la plaquette au sommet de la cheville est de 40 mm ; les vis fournies ont une tige tronconique qui permet de ne pas avoir de jeu dans la plaquette une fois qu'elles sont serrées.

La cheville est fixée sur le bois ou sur le plancher en serrant les vis ; il faut veiller à faire pénétrer complètement les crampons dans le bois.

Deux types de connecteurs différents ont été utilisés :

Type « base » : plaquette 50x50 mm ; vis Ø 8 mm L = 100 mm ;

Type « maxi » : plaquette 50x75 mm ; vis Ø 10 mm L = 120 mm.

3.3 Béton

Il a été utilisé du béton de classe $R_{ck} 25 \text{ N/mm}^2$, fourni par une centrale de bétonnage ; il a été placé un coffrage réalisé avec des panneaux en bois et vibré au moment de la coulée. Le béton a été armé avec un treillis métallique utilisé dans la fabrication des panneaux préfabriqués (maille 75x50 mm ; fil Ø 2 mm).

4. Types d'éprouvette

Les 50 éprouvettes de sapin/pin ont été assemblées selon 10 typologies différentes comme cela est indiqué dans le tableau 1.

Tableau 1 – Nombre d'éprouvettes dans les différentes configurations (sapin/pin).

Classe de résistance UNI EN 338		C30	C24	C16
Connecteur BASE	Plancher absent	5	5	5
	Plancher 2 cm	-	5	-
	Plancher 4 cm	-	5	-
Connecteur MAXI	Plancher absent	5	5	5
	Plancher 2 cm	-	5	-
	Plancher 4 cm	-	5	-

Les 30 éprouvettes de chêne caducifolié ont été assemblées selon 10 typologies différents comme cela est indiqué dans le tableau 2.

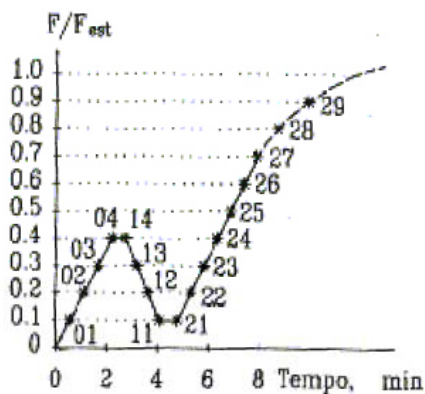
Tableau 2 – Nombre d'éprouvettes dans les différentes configurations (chêne caducifolié).

Classe de résistance UNI EN 338		D50	D40	D35
Connecteur BASE	Plancher absent	3	3	3
	Plancher 2 cm	3	-	-
	Plancher 4 cm	3	-	-
Connecteur MAXI	Plancher absent	3	3	3
	Plancher 2 cm	3	-	-
	Plancher 4 cm	3	-	-

Pour ce qui est des éprouvettes à planche simple ou double, il faut préciser que les connecteurs ont été enfoncés sans carottage du plancher.

5. Exécution des essais

Les essais ont été effectués, conformément à la méthode décrite dans la norme UNI EN 26891, sur une machine pour l'essai des matériaux avec cellule de charge amplifiée ayant une déviation totale de 100 000 N ; pour l'application de la contrainte de cisaillement, un outil spécifique, à tête basculante à charnière semi-cylindrique, a été réalisé. L'essai de cisaillement a été effectué en contrôle de vitesse d'application de la charge, selon la procédure décrite dans la figure suivante, où F est la charge appliquée, F_{est} la charge de rupture estimée.



◀ Cycle de charge (selon UNI EN 26891)

La charge de rupture F_{max} est celle qui correspond au fluage de 15 mm ou bien à la charge maximale si elle est atteinte avant. F_{est} a été déterminé de manière expérimentale et éventuellement rectifié au cours des essais (si F_{max} diffère de F_{est} de plus de 20 %). Le fluage relatif de la dalle par rapport au bois a été relevé au moyen d'un couple de transducteurs type LVDT positionnés comme le montre la photo 4 de l'annexe 3.

6. Résultats

L'ensemble des résultats des essais est recueilli dans l'annexe 4 sous forme de courbes charge/déplacement, pour chaque éprouvette testée. Pour chaque essai, sont fournis la courbe relative au cycle complet et l'agrandissement de la portion jugée significative pour permettre de déterminer la rigidité. Pour les échantillons n° 110 et 115, il n'a pas été possible d'obtenir les résultats de l'essai.

Florence, 26 mars 2001

Michele Brunetti

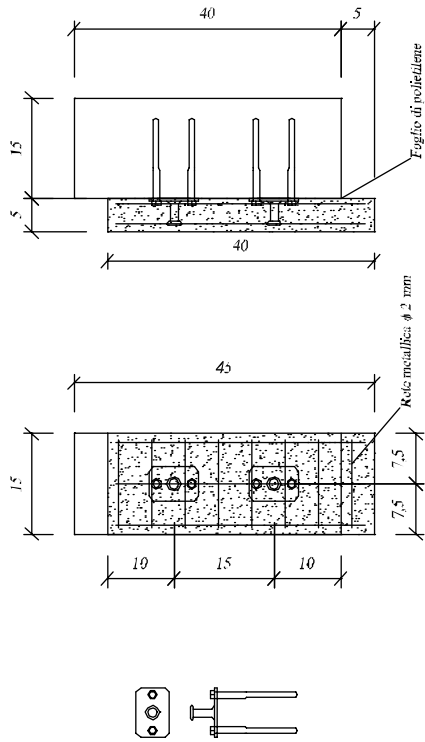


ANNEXES :

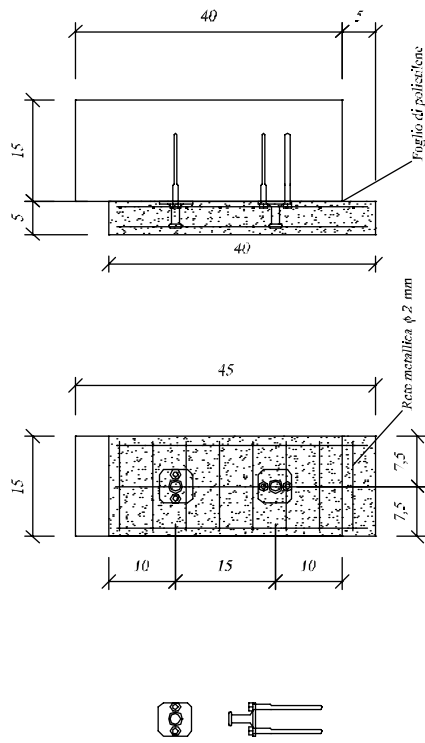
1. Géométrie des éprouvettes
2. Relevés effectués sur les éprouvettes
3. Documentation photographique
4. Résultats

Annexe 1 Géométrie des éprouvettes

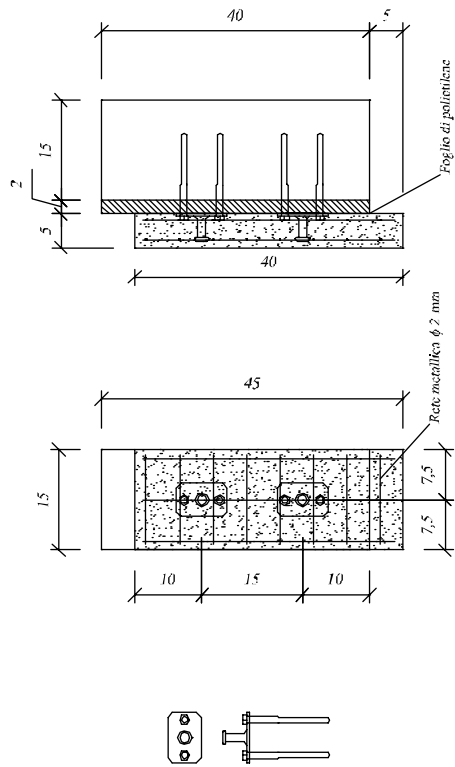
Provino con Connettore Maxi - Tavolato Assente



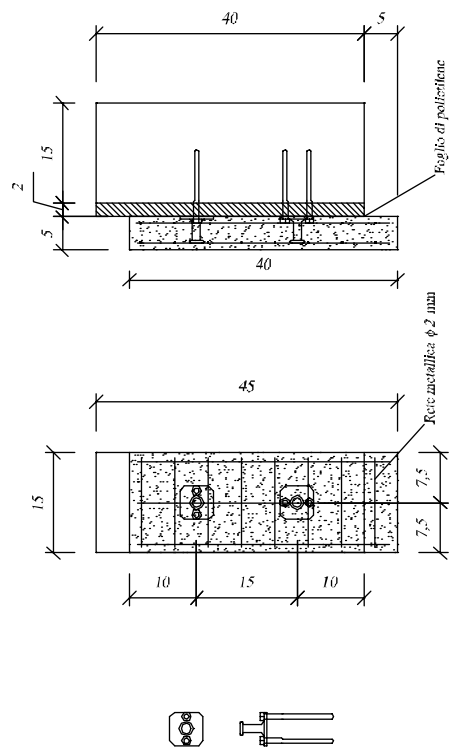
Provino con Connettore Base - Tavolato Assente



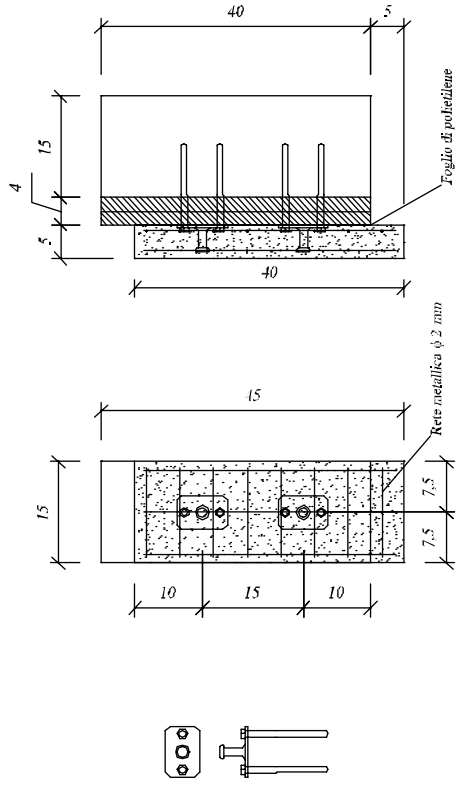
Provino con Connettore Maxi - Tavolato di 2 cm



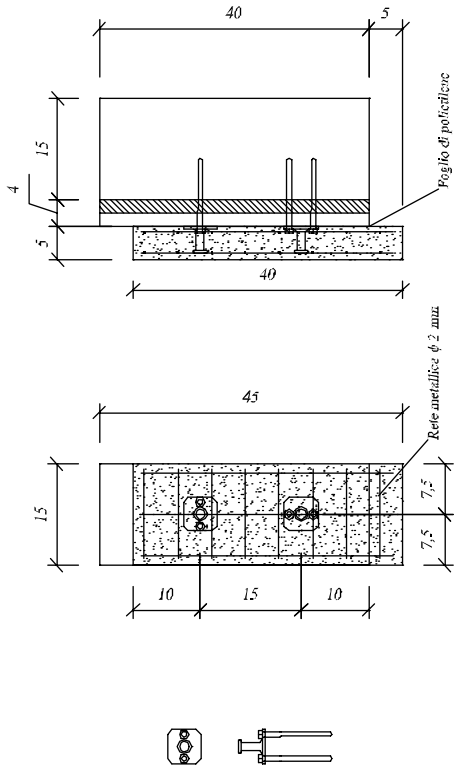
Provino con Connettore Base - Tavolato di 2 cm



Provino con Connettore Maxi - Doppio Tavolato di 2cm



Provino con Connettore Base - Doppio Tavolato di 2cm



ANNEXE 2 - Relevés effectués sur les éprouvettes

N°	ESPÈCE	CLASSE	TYPE	POIDS (g)	HUMIDITÉ (%)	MV _{12%} (g/cm ³)
2	A	C24	CN1TAV	4004	12,0	0,445
3	A	C24	CN1TAV	4099	13,0	0,455
4	A	C24	CN1TAV	4102	13,7	0,455
6	A	C24	CN1TAV	4110	12,9	0,456
36	A	C24	CN1TAV	4016	13,0	0,446
15	A	C24	CN2TAV	3682	13,8	0,408
16	A	C24	CN2TAV	3770	16,0	0,416
21	A	C24	CN2TAV	4110	13,5	0,456
35	A	C24	CN2TAV	4067	13,1	0,451
89	A	C24	CN2TAV	3629	12,0	0,403
42	A	C16	CNTA	3491	12,7	0,387
53	A	C16	CNTA	3432	10,6	0,382
64	A	C16	CNTA	3052	11,1	0,340
71	A	C16	CNTA	3533	13,8	0,391
83	A	C16	CNTA	3564	10,4	0,397
47	A	C24	CNTA	3855	16,7	0,425
56	A	C24	CNTA	4004	10,2	0,446
59	A	C24	CNTA	4017	13,6	0,445
70	A	C24	CNTA	3826	12,8	0,425
77	A	C24	CNTA	3896	13,0	0,432
5	A	C30	CNTA	4380	14,2	0,485
27	A	C30	CNTA	4376	14,9	0,484
58	A	C30	CNTA	4385	13,2	0,486
61	A	C30	CNTA	4325	13,8	0,479
63	A	C30	CNTA	4232	15,5	0,468
7	A	C24	CV1TAV	3744	12,8	0,416
9	A	C24	CV1TAV	3662	11,7	0,407
30	A	C24	CV1TAV	3948	12,0	0,439
60	A	C24	CV1TAV	3936	13,0	0,437
85	A	C24	CV1TAV	3718	13,1	0,412
67	A	C24	CV2TAV	3816	13,5	0,423
78	A	C24	CV2TAV	3963	14,0	0,439
79	A	C24	CV2TAV	3923	14,1	0,435
80	A	C24	CV2TAV	3908	14,2	0,433
87	A	C24	CV2TAV	3710	13,2	0,411
32	A	C16	CVTA	3401	11,6	0,378
39	A	C16	CVTA	3000	11,5	0,334
72	A	C16	CVTA	2906	12,0	0,323
75	A	C16	CVTA	2937	10,8	0,327
84	A	C16	CVTA	3384	11,7	0,376
14	A	C24	CVTA	3750	13,6	0,416
19	A	C24	CVTA	3873	12,9	0,430
37	A	C24	CVTA	3630	12,9	0,403
41	A	C24	CVTA	3871	11,1	0,431
22(29)	A	C24	CVTA	4091	11,8	0,455
8	A	C30	CVTA	4171	13,8	0,462
12	A	C30	CVTA	4316	14,8	0,478
55	A	C30	CVTA	4145	13,1	0,460
65	A	C30	CVTA	4227	13,8	0,468
81	A	C30	CVTA	4227	15,0	0,468
97	Q	D50	CN1TAV	7342	25,6	0,799
98	Q	D50	CN1TAV	7130	18,6	0,784
116	Q	D50	CN1TAV	7252	17,8	0,799
94	Q	D50	CN2TAV	6959	12,0	0,773
111	Q	D50	CN2TAV	7219	25,7	0,786
112	Q	D50	CN2TAV	7436	25,2	0,810
92	Q	D35	CNTA	6764	25,7	0,736
110	Q	D35	CNTA	6282	18,1	0,692
115	Q	D35	CNTA	6585	14,4	0,729
117	Q	D40	CNTA	6874	16,3	0,759
118	Q	D40	CNTA	6861	22,1	0,751
120	Q	D40	CNTA	7056	25,6	0,768
96	Q	D50	CNTA	7150	25,4	0,778
102	Q	D50	CNTA	7202	15,6	0,796
119	Q	D50	CNTA	7128	13,9	0,790
90	Q	D50	CV1TAV	7243	25,7	0,788
104	Q	D50	CV1TAV	7147	13,2	0,793
108	Q	D50	CV1TAV	7258	17,9	0,799
95	Q	D50	CV2TAV	7452	14,5	0,825
121	Q	D50	CV2TAV	7237	11,9	0,804
122	Q	D50	CV2TAV	7602	25,7	0,827
99	Q	D35	CVTA	6633	14,3	0,734
114	Q	D35	CVTA	6042	12,4	0,671
123	Q	D35	CVTA	6591	20,7	0,723
103	Q	D40	CVTA	6845	12,7	0,760
106	Q	D40	CVTA	6620	18,8	0,728
107	Q	D40	CVTA	6751	16,3	0,745
91	Q	D50	CVTA	7311	13,4	0,811
93	Q	D50	CVTA	7459	24,4	0,813
109	Q	D50	CVTA	7131	16,3	0,787

Notes

Espèce : A = sapin/pin ; Q = chêne caducifolié ;

Classe : selon UNI EN 338

Type éprouvette : CN = connecteur maxi, CV = connecteur base, TA = Plancher Absent, 1TAV = Plancher 2 cm, 2 TAV= Plancher 4 cm

ANNEXE 3 - Documentation photographique



Photo 1 : Détail des coffrages, des connecteurs et du treillis métallique d'armature



Photo 4 Détail du transducteur linéaire pour le relevé du fluage



Photo 2 : Pose du béton



Photo 5 Fluage des connecteurs à la fin de l'essai

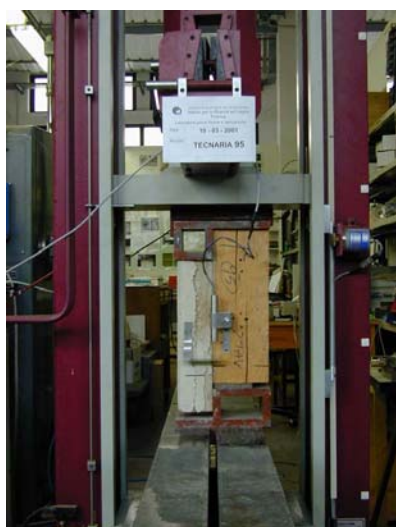


Photo 3 Configuration de l'éprouvette à la fin de l'essai

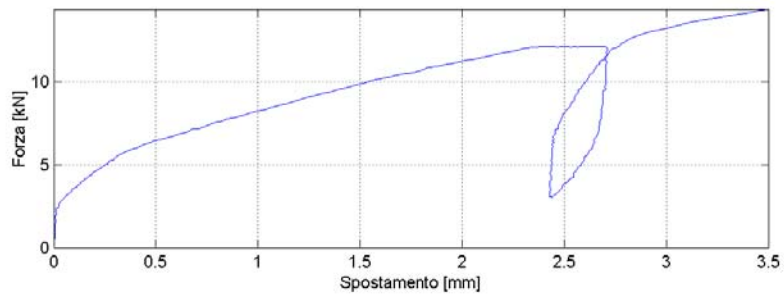
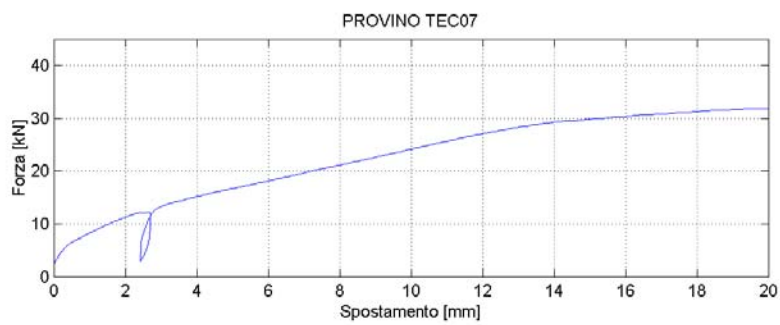
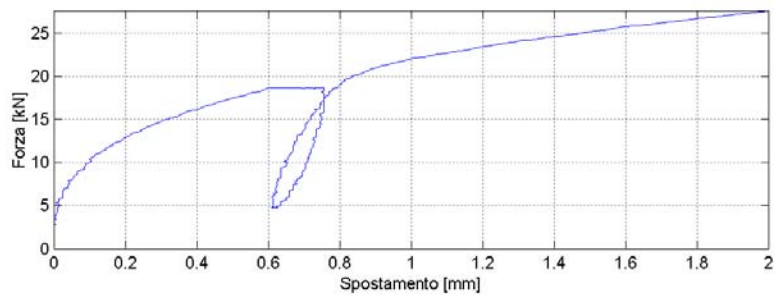
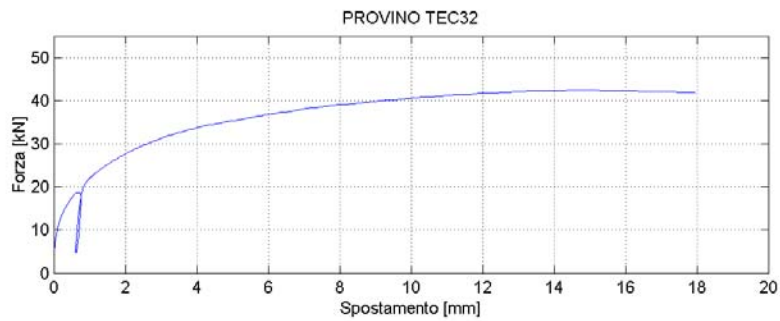
ANNEXE 4 - Résultats

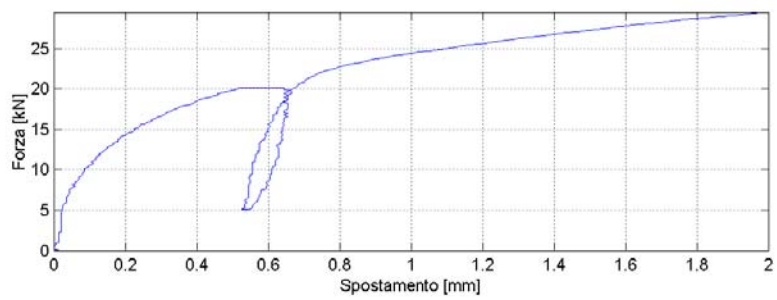
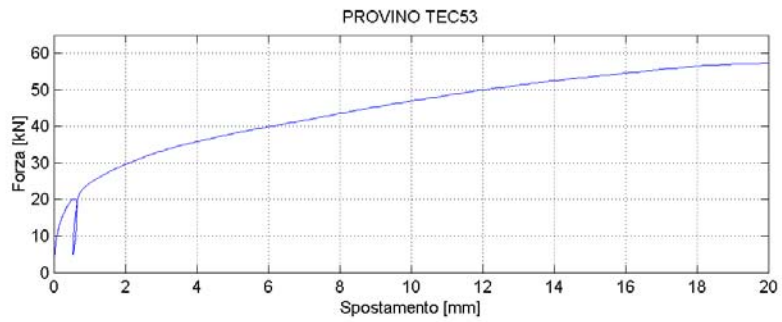
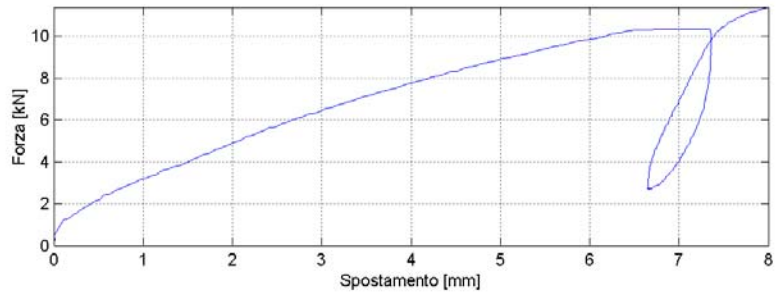
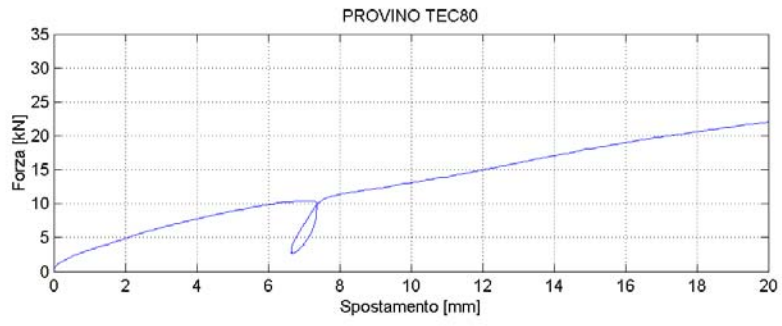
Légende :

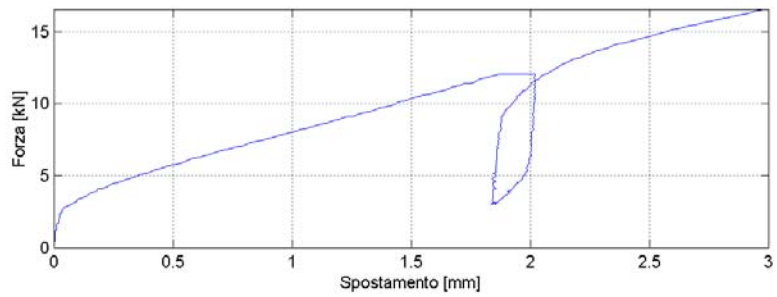
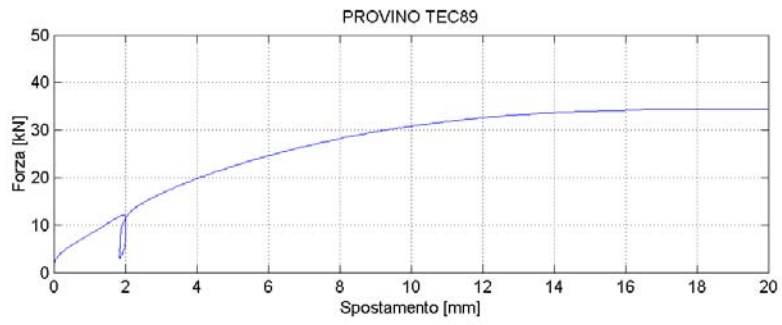
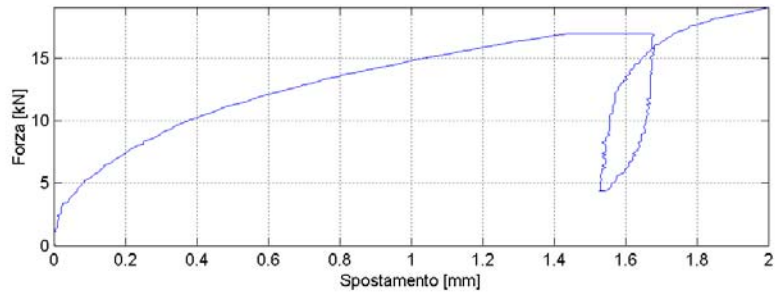
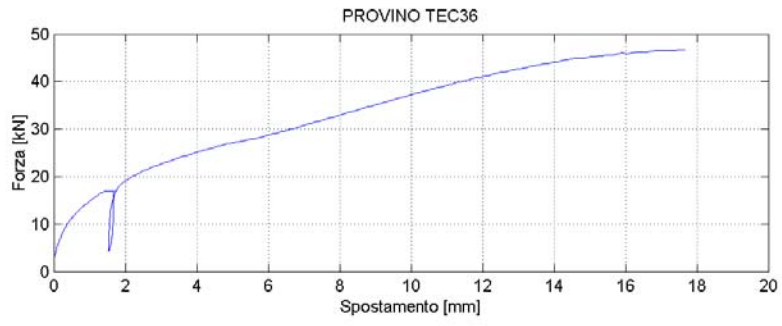
Provino: éprouvette

Forza: force

Spostamento: déplacement







**ESSAIS EXPÉRIMENTAUX SUR ÉPROUVETTES BOIS-BÉTON
RÉALISÉES AVEC DES CONNECTEURS
« TECNARIA » TYPE « BASE » ET « MAXI »**

Interprétation des résultats des essais
conduits au CNR - Institut pour la recherche sur le bois de Florence

Commettant :

TECNARIA S.p.A.

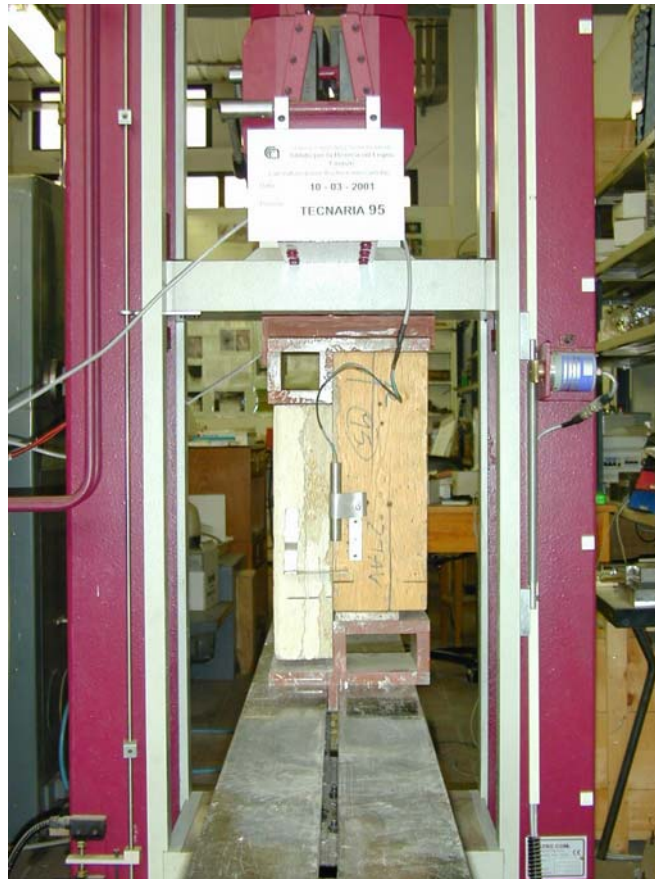
Viale Pecori Giraldi n° 55 - 36061 Bassano del Grappa (VI) - Italie

Conception des essais et conseil:

LegnoDOC S.r.l.

via M. Di Bernardi n° 64 – 50145 Firenze - Italie

Août 2003



Avant-propos

La technique de raidissement des planchers en bois au moyen de la mise en place d'une dalle en béton collaborante nécessite la présence de systèmes de connexion adéquats qui doivent être en mesure de transférer les efforts de cisaillement entre la dalle et l'ossature en bois.

Les connecteurs évitent le fluage relatif entre les deux matériaux grâce à leur résistance et à leur rigidité ; cette dernière n'est toutefois pas infinie et, dans les planchers mixtes équipés de connecteurs, le fluage, bien que limité, est présent.

Dans le calcul correct des planchers mixtes, il est nécessaire de prendre en compte ce fluage : il faut donc connaître les caractéristiques de résistance et de rigidité du connecteur.

Actuellement Tecnarria produit deux types de connecteurs à cheville et crampons à fixer avec des vis : le type « base » et le type « maxi » ; la fixation sur les poutres en bois peut s'effectuer soit directement sur la face extérieure soit avec interposition de plancher.

Les caractéristiques du bois ont une influence sur les propriétés mécaniques de la connexion (à savoir l'ensemble poutre – vis – connecteur - béton) ; à ce sujet, on peut faire une première distinction entre les bois durs (chêne, hêtre, châtaignier, etc.) et les bois tendres (sapin, mélèze, pin, peuplier, etc.) ; la seconde distinction porte sur le poids spécifique du bois.

Matériaux et méthodes

L'expérimentation a été conduite sur des éprouvettes n bois sur lesquelles était appliquée une dalle en béton au moyen de connecteurs à cheville et crampons fixés avec des vis.

Les éprouvettes ont été sollicitées de manière à ne générer que des efforts de fluage à l'interface bois-béton ; durant les essais, la courbe charge-fluage a été relevée.

L'expérimentation a été conduite, conformément à l'Eurocode 5 (UNI ENV 1995 Projet de structures en bois) selon les normes suivantes :

UNI EN 338	Bois structurel. Classes de résistance.
UNI EN 26891	Structures en bois. Assemblages réalisés au moyen d'éléments mécaniques de connexion. Principes généraux pour la détermination des caractéristiques de résistance et de déformabilité.
UNI EN 28970	Structures en bois. Essai des assemblages réalisés au moyen d'éléments mécaniques de connexion. Prescriptions relatives à la masse volumique du bois.

La campagne d'essais a concerné des éprouvettes de typologies différentes afin de déterminer les caractéristiques mécaniques en fonction des paramètres suivants :

espèce de bois :	sapin et chêne
types de connecteur :	« base » et « maxi »
interposition de plancher :	plancher absent, plancher 2 cm et plancher 4 cm
classe de qualité du bois :	C16, C24, C30, D35, D40 et D50

Dans le tableau suivant est indiqué, pour chaque combinaison, le nombre d'échantillons soumis à l'essai :

Tableau 1 <i>Nombre d'échantillons soumis à l'essai</i>							
		sapin C30	sapin C24	sapin C16	chêne C50	chêne C40	chêne C35
conn. base	plancher absent	5	5	5	3	3	3
	plancher 2 cm	-	5	-	3	-	-
	plancher 4 cm	-	5	-	3	-	-
conn. maxi	plancher absent	5	5	5	3	3	3
	plancher 2 cm	-	5	-	3	-	-
	plancher 4 cm	-	5	-	3	-	-

L'attribution de chaque éprouvette à une classe de qualité a été effectuée en fonction de la masse volumique selon la « méthode 2 » de la norme UNI EN 28970, à savoir que les éprouvettes utilisées avaient une masse volumique moyenne comparable à celle correspondant à la classe.

Élaboration des résultats des essais

Les résultats des essais ont été fournis par le CNR IRL de Florence sous forme de courbes charge-déplacement. Pour chaque essai a été déterminée la résistance à la rupture F_{max} qui est la charge maximale atteinte dans un fluage de 15 mm, comme cela est défini par la norme UNI EN 26891.

Les valeurs de F_{max} ont été réduites pour les rapporter à la masse volumique caractéristique de la classe selon la formule (UNI EN 28970) :

$$F_{cor} = F_{max} \times \left(\frac{\rho_k}{\rho} \right)^c$$

[1]

où :

F_{cor} est la valeur de la résistance à la rupture rapportée à la masse volumique caractéristique ;

ρ_k est la valeur caractéristique de la masse volumique de la classe ;

ρ est la valeur de la masse volumique de l'éprouvette ;

c est un coefficient obtenu de manière expérimentale en élaborant les essais.

Le coefficient c a été obtenu en interpolant les résultats des essais sur les éprouvettes de sapin sans plancher car elles étaient plus nombreuses ; la courbe d'interpolation a été recherchée selon le critère des carrés minimums sur la base de l'équation exponentielle ci-dessus.

Les coefficients suivants c ont été trouvés :

connecteur base, sapin, plancher absent $c = 0,35$

connecteur maxi, sapin, plancher absent $c = 0,27$

Comme il n'a pas été possible d'obtenir la valeur du coefficient c dans le cas du connecteur sur le plancher et dans celui du chêne, il a été utilisé, pour des motifs de sécurité, la valeur maximale trouvée soit $c = 0,35$; ce sont donc les valeurs suivantes qui sont adoptées :

Tableau 2			
Valeurs du coefficient c adoptées dans l'élaboration des résultats			
		sapin	chêne
conn. base	plancher absent	0,35	0,35
	plancher 2 cm	0,35	0,35
	plancher 4 cm	0,35	0,35
conn. maxi	plancher absent	0,27	0,35
	plancher 2 cm	0,27	0,35
	plancher 4 cm	0,27	0,35

Aucune différence significative de résistance entre les différentes classes n'a été constatée ; par conséquent, pour plus de sécurité, chaque résultat a été reporté à la classe la plus basse : les résistances relatives aux essais sur le sapin ont été rapportées à la classe C16 (de masse volumique caractéristique 310 kg/m^3) et les essais sur le chêne à la classe D35 (de masse volumique caractéristique 560 kg/m^3) avec la formule [1].

Les résistances ainsi obtenues se réfèrent à des masses volumiques caractéristiques ; elles doivent donc être considérées comme des valeurs caractéristiques ; la moyenne de ces résistances à l'intérieur de chaque groupe a donné les résultats suivants :

Tableau 3			
Résistances caractéristiques relatives à un couple de connecteurs [N]			
		sapin	chêne
conn. base	plancher absent	41.810	51.393
	plancher 2 cm	28.392	45.597
	plancher 4 cm	19.518	19.747
conn. maxi	plancher absent	48.500	59.950
	plancher 2 cm	39.260	45.802
	plancher 4 cm	34.202	40.943

Valeurs à utiliser dans le calcul aux « tensions admissibles »

Les résultats indiqués dans le tableau 3 sont des résistances caractéristiques non utilisables dans le cadre de la méthode de calcul des tensions admissibles ; il est possible de déduire les charges admissibles grâce à la formule suivante (extrapolée de : UNI ENV 1995) :

$$F_{amm} = F_k \times \frac{K_{mod}}{\gamma_m \times \gamma_G} \quad [2]$$

où :

F_{amm} est la valeur de la charge admissible sur le connecteur ;

F_k est la valeur caractéristique de la résistance du connecteur (égale à celle du tableau précédent divisée par deux connecteurs) ;

K_{mod} est un coefficient de correction pour la classe de service et pour la durée de la charge ; on adopte 0,7 qui est relatif à la classe de service 1 et 2 et à des charges de longue durée (dépôts) ;

γ_m est le coefficient partiel de sécurité sur le matériau égal à 1,3 ;

γ_G est le coefficient partiel de sécurité sur les charges ; pour plus de sécurité, il a été adopté 1,5 qui est le coefficient sur les charges permanentes, étant supérieur au coefficient sur les charges accidentelles.

La [2] devient donc :

$$F_{amm} = \frac{F_k}{2,786} = 0,359 \times F_k \quad [3]$$

La valeur 2,786 qui apparaît dans la [3] est le coefficient de sécurité qui permet le passage des valeurs caractéristiques des résistances aux valeurs admissibles.

Les essais sur le chêne ont toujours donné des valeurs de résistance légèrement supérieures à celles qui sont relatives au sapin, les éprouvettes en chêne étant moins nombreuses que les éprouvettes en sapin ; pour plus de sécurité, sont également attribués au chêne les résultats relatifs au sapin.

Les rigidités des connecteurs sont déterminées à partir des courbes charge-déplacement comme rigidités sécantes de l'origine au niveau de charge admissible.

On a :

Tableau 4			
Charges admissibles et rigidités relatives au connecteur, valables aussi bien pour les conifères que pour les latifoliés (valeurs non approchées)			
		résistance [N]	rigidité [N/mm]
conn. base	plancher absent	7.504	20.990
	plancher 2 cm	5.096	3.135
	plancher 4 cm	3.503	1.414
conn. maxi	plancher absent	8.704	20.751
	plancher 2 cm	7.046	8.393
	plancher 4 cm	6.138	3.659

Dans le cas du plancher absent, la rigidité du connecteur « Base » est légèrement supérieure à celle du connecteur « Maxi » ; théoriquement les deux résultats auraient dû être identiques car, quand il n'y a pas de plancher, la rigidité est essentiellement déterminée par les crampons qui sont plus rigides que les vis. La petite différence relevée doit donc être attribuée à la variabilité liée à la nature du matériau et au nombre d'essais effectués.

Par simplicité et pour plus de sécurité, on pourra adopter les valeurs de calcul approchées suivantes :

Tableau 5			
Charges admissibles et rigidités relatives au connecteur, valables aussi bien pour les conifères que pour les latifoliés			
		résistance [N]	rigidité [N/mm]
conn. base	plancher absent	7.500	20.800
	plancher 2 cm	5.100	3.140
	plancher 4 cm	3.500	1.410
conn. maxi	plancher absent	8.700	20.800
	plancher 2 cm	7.050	8.390
	plancher 4 cm	6.140	3.660

Les valeurs ci-dessus sont utilisables dans le cadre de la méthode de calcul des tensions admissibles et sont valables pour toutes les classes de durée de la charge, dans les hypothèses suivantes :
les conditions ambiantes de la structure sont assimilables aux classes de service 1 et 2 selon la norme UNI ENV 1995 (bois protégé contre les intempéries) ;
dans le calcul, est adopté un coefficient de viscosité restrictif pour la rigidité pour prendre en compte les effets à long terme.

Valeurs à utiliser dans le calcul aux « états limites »

Les résistances caractéristiques indiquées dans le tableau 3 sont relatives au couple de connecteurs et seraient donc utilisables directement dans le cadre de la méthode de calcul aux états limites (UNI ENV 1995) après avoir été divisées par deux pour les rapporter à un connecteur ; toutefois, pour les motifs exposés dans le paragraphe précédent, les résultats relatifs au sapin sont également attribués au chêne.

Les rigidités des connecteurs K_{ser} et K_u , respectivement pour le calcul au SLE et au SLU, sont déterminées à partir des courbes charge-déplacement comme rigidités sécantes de l'origine au niveau de charge égal à 0,4 et à 0,6 des résistances caractéristiques (UNI EN 26891).

Par simplicité et pour plus de sécurité, on pourra adopter les valeurs de calcul approchées suivantes :

Tableau 6				
Charges caractéristiques et rigidités relatives au connecteur, valables aussi bien pour les conifères que pour les latifoliés (valeurs approchées)				
		résistance caractéristique F_k [N]	module de fluage initial K_{ser} [N/mm]	module de fluage ultime K_u [N/mm]
conn. base	plancher absent	20.900	17.200	7.410
	plancher 2 cm	14.190	2.740	1.730
	plancher 4 cm	9.760	1.330	970
conn. maxi	plancher absent	24.250	17.200	7.410
	plancher 2 cm	19.630	6.800	3.270
	plancher 4 cm	17.100	3.230	2.410

Les valeurs ci-dessus sont utilisables dans le cadre de la méthode de calcul aux états limites, selon les prescriptions de l'Eurocode 5 (UNI ENV 1995).

Ing. Marco Pio Lauriola

