

TECHNISCHE BROCHURE

HOLLE VLOERELEMENTEN
IN VOORGESPANNEN
BETON

BROCHURE TECHNIQUE

ELEMENTS DE PLANCHER
ALVEOLES EN BETON
PRECONTRAINTE



MIJN IDEE, BETON DOET MEE
CE QUE JE VEUX, LE BETON LE PEUT

FeBe

FEDERATIE VAN DE BETONINDUSTRIE
FEDERATION DE L'INDUSTRIE DU BETON

BROCHURE TECHNIQUE

TECHNISCHE BROCHURE

ELEMENTS DE PLANCHER
ALVEOLES EN BETON
PRECONTRAIN

HOLLE VLOERELEMENTEN
IN VOORGESPANNEN
BETON

Deze brochure wordt U aangeboden door :

Cette brochure vous est offerte par :

ECHO, N.V. - Donderslagweg 25 - 3530 Houthalen - tel.: 011/38.03.46

PARTEK ERGON, N.V. - Marnixdreef - 2500 Lier - tel.: 03/490.04.00

RONVODAL, S.A. - Grand-Route 73 - 4369 Crisnée - tel.: 041/57.48.35

STRUCTO, N.V.-S.A. - Noorweegsekaai 19 - 8000 Brugge - tel.: 050/33.78.61

AVANT-PROPOS

Cette brochure a été rédigée par un groupe de travail des sociétés Echo, Partek Ergon, Ronvodal et Structo, sous la coordination de ir. A. Van Acker, Président de la Commission Préfabrication de la Fédération Internationale de la Précontrainte - FIP.

Elle s'inspire, en ce qui concerne les aspects de stabilité, de la publication récente de la FIP "Recommandations pour la conception de planchers alvéolés préfabriqués précontraints".

Ces recommandations seront d'ailleurs reprises dans la future normalisation internationale.

VOORWOORD

Deze brochure werd opgesteld door een technische werkgroep van de firma's Echo, Partek Ergon, Ronvodal en Structo, gecoördineerd door ir. A. Van Acker, voorzitter van de Kommissie Prefabricage van de FIP (Fédération Internationale de la Précontrainte).

Ze is voor wat betreft de stabiliteitsaspecten gebaseerd op de onlangs verschenen publicatie van de FIP "Recommandations for the Design of Precast Prestressed Hollow Core Floors".

Deze aanbevelingen zullen trouwens in de komende internationale normalisatie opgenomen worden.

Notices

aire de la section du béton
aire de la section de l'acier de précontrainte
module d'élasticité
moment d'inertie
moment fléchissant
moment statique
effort tranchant
moment résistant
déformation, flèche
largeur de l'âme
excentricité
résistance caractéristique à la compression du béton
résistance caractéristique à la traction du béton
résistance caractéristique à la traction de l'acier de précontrainte
valeur de calcul de la résistance à la traction de l'acier de précontrainte
charge permanente répartie
hauteur géométrique totale
longueur d'ancrage
longueur de transfert
solicitation due à la précontrainte
charge utile fixe répartie
charge variable utile répartie
coefficient de pondération de la charge
tension dans l'armature de précontrainte
contrainte de cisaillement
rapport entre la fraction de la charge variable de caractère quasi permanent et la charge variable totale

Notaties

A_c oppervlakte betondoorsnede
 A_p oppervlakte doorsnede voorspanstaal
 E elasticiteitsmodulus
 I traagheidsmoment
 M buigend moment
 S statisch moment
 V dwarskracht
 W weerstandsmoment
 a doorbuiging, pijl
 b_w breedte ribben
 e excentriciteit
 f_{ck} karakteristieke druksterkte beton
 f_{ct} karakteristieke treksterkte beton
 f_{ptk} karakteristieke treksterkte voorspanstaal
 f_{pd} rekensterkte voorspanstaal
 g permanente verdeelde belasting
 h_t totale geometrische hoogte
 l_d verankeringslengte
 l_t overdrachtslengte
 p belasting t.g.v. de voorspanning
 q_g vaste verdeelde nuttige belasting
 q_v veranderlijke verdeelde nuttige belasting
 γ_f ponderatiecoefficient voor de belasting
 σ_p spanning in de voorspanwapening
 τ schuifspanning
 ψ verhouding van het gedeelte van de veranderlijke belasting met een enigszins permanent karakter tot de totale veranderlijke belasting

TABLE DES MATIERES

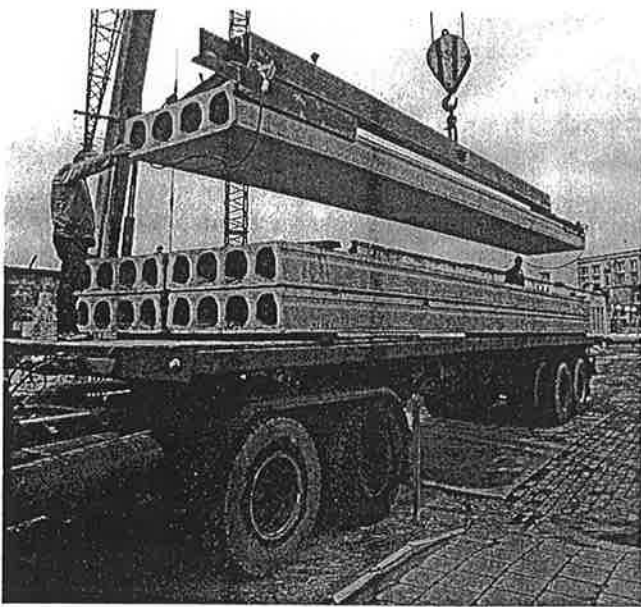
1. OBJET DE LA PUBLICATION
2. GEOMETRIE, FABRICATION, ARMATURE
 - 2.1. Dimensions de la section transversale
 - 2.2. Sections des alvéoles longitudinales
 - 2.3. Profil des faces latérales
 - 2.4. Courbes de performance
 - 2.5. Contre-flèche à prendre en considération
3. STABILITE
 - 3.1. Effet de diaphragme
 - 3.2. Résistance à la flexion
 - 3.3. Résistance à l'effort tranchant
4. REPARTITION TRANSVERSALE DES CHARGES CONCENTREES
5. RESISTANCE AU FEU
6. LIAISONS
 - 6.1. Longueur d'appui
 - 6.2. Liaisons à l'endroit de l'appui
 - 6.3. Liaisons latérales
7. TOLERANCES DE PRODUCTION ET DE MONTAGE
8. DECOUPES ET ENCOCHES
9. TROUS D'EVACUATION D'EAU
10. DALLES DE LARGEUR NON-MODULAIRE
11. ISOLATION THERMIQUE
12. ISOLATION ACOUSTIQUE
13. CAHIER DES CHARGES TYPE

INHOUDSTAFEL

1. DOEL VAN DE PUBLIKATIE
2. VORMGEVING, VERVAARDIGING, WAPENING
 - 2.1. Afmetingen van de dwarsdoorsnede
 - 2.2. Vorm van de langse kanalen
 - 2.3. Profiel van de zijranden
 - 2.4. Gebruiksgrafieken
 - 2.5. In acht te nemen opbuiging
3. STABILITEIT
 - 3.1. Diafragmawerking
 - 3.2. Buigsterkte
 - 3.3. Dwarskrachtsterkte
4. DWARVERDELING VAN GECONCENTREERDE BELASTINGEN
5. BRANDWEERSTAND
6. VERBINDINGEN
 - 6.1. Opleglengte
 - 6.2. Verbindingen ter plaatse van de oplegging
 - 6.3. Verbindingen met de zijkant van de elementen
7. PRODUKTIE- EN MONTAGETOLERANTIES
8. OPENINGEN EN UITSPARINGEN
9. DRAINEERGAATJES
10. PASPLATEN
11. THERMISCHE ISOLATIE
12. AKOESTISCHE ISOLATIE
13. TYPEBESTEK

1. OBJET DE LA BROCHURE

Les planchers préfabriqués sont parmi les plus anciens produits préfabriqués. Couler sur place des planchers requiert beaucoup de temps, un important matériel de coffrage et ne répond plus aux exigences de rendement modernes.



Un gros progrès a été enregistré au début des années '70 avec l'apparition des extrudeuses et des fileuses pour la fabrication de grands éléments de plancher alvéolés en béton précontraint. Ces procédés de production semi-automatique permettent de fabriquer des planchers en béton de qualité élevée à des prix économiques.

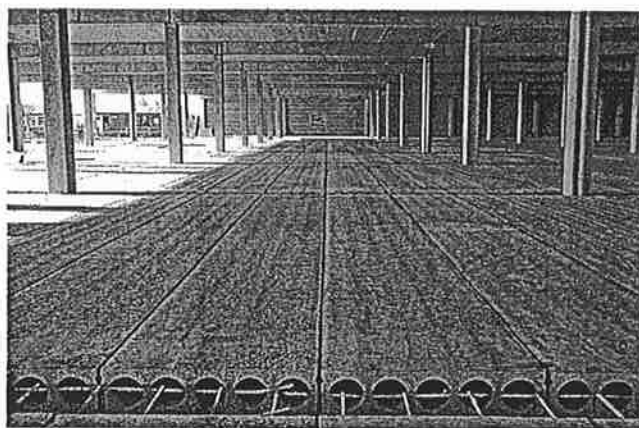
Le marché des éléments de plancher alvéolés s'est dès lors déplacé des habitations vers des applications requérant des portées plus grandes, des sollicitations supérieures et de faibles hauteurs de construction, tels que : bureaux, hôpitaux, écoles, surfaces commerciales, bâtiments industriels et autres.

Le succès des dalles de plancher modernes préfabriquées en béton précontraint se mesure aux chiffres de la production mondiale annuelle : plus de 150 millions de mètres carrés, parmi lesquels la Belgique figure pour environ 850.000 m².

Certains auteurs de projet et entrepreneurs ne connaissent pas encore le produit, d'autres s'enquière des aspects de stabilité tels que la résistance à l'effort tranchant, la capacité de répartition transversale, la résistance au feu, la durabilité, les joints et les liaisons, etc...

1. DOEL VAN DE BROCHURE

Geprefabriceerde vloeren behoren tot de oudste prefab-producten. Ter plaatse gebetonneerde vloeren vergen immers veel tijd en bekistingsmateriaal en passen niet meer in het modern rendementsimago.



UNE CONSTRUCTION MODERNE ET ECONOMIQUE GRACE AUX ELEMENTS DE PLANCHER ALVEOLES PREFABRIQUES/MODERN EN EKONOMISCH BOUWEN MET GEPREFABRICEERDE HOLLE VLOERELEMENTEN

Sinds de jaren '70 werd een opmerkelijke vooruitgang geboekt met de opkomst van de "extrusie-" en "slipform"-machines voor de fabricage van grote holle voorgespannen vloerelementen. Door het semi-automatisch productieproces werd het mogelijk goedkope en hoogwaardige betonnen vloeren te prefabriceren.

De markt van de holle vloerelementen breidde zich meteen uit van de woningbouw naar toepassingen waar grote overspanningen, grote belastingen en kleine constructiehoogtes gevraagd worden : kantoren, ziekenhuizen, scholen, winkelruimten, industriële gebouwen en dergelijke.

Het succes van de moderne geprefabriceerde voorgespannen vloerplaten moge blijken uit de jaarlijkse productie op wereldvlak : meer dan 150 miljoen vierkante meter, waarvan de Belgische bijdrage nagenoeg 850.000 m² bedraagt.

Sommige ontwerpers en aannemers kennen het produkt nog steeds niet, anderen vragen naar informatie omtrent stabiliteitsaspecten zoals dwarskrachtsterkte, dwarsverdelingscapaciteit, brandweerstand, duurzaamheid, voegen en verbindingen, enz.

L'objet de la présente publication est de donner des informations techniques sur tous les aspects relatifs à la conception des planchers alvéolés préfabriqués en béton précontraint. Les données y contenues, peuvent être utilisées telles quelles pour l'élaboration d'avant-projets. En ce qui concerne les projets définitifs, il y a lieu de consulter les catalogues techniques des préfabricants.

2. GEOMETRIE, FABRICATION, ARMATURE

Les planchers alvéolés précontraints sont bétonnés sur de longs bancs de précontrainte à l'aide de méthodes industrielles automatisées, et sciés à longueur avant ou après durcissement. La face inférieure est lisse, les bords latéraux étant, quant à eux, profilés, afin d'assurer une bonne transmission des efforts dans les joints.

Les éléments sont précontraints à l'aide de torons ou fils à haute résistance; la résistance caractéristique à la compression du béton est d'au moins 55 N/mm^2 .

Ils présentent des évidements longitudinaux de sections et dimensions diverses, ce qui diminue nettement leur poids propre. Ces évidements longitudinaux, dont le nombre et le diamètre varient selon le type de dalle, peuvent servir à recevoir toutes sortes de canalisations ainsi que des systèmes d'aération et de chauffage.

Het doel van deze publicatie is technische informatie te verschaffen over alle aspecten welke bij het ontwerpen van geprefabriceerde voorgespannen holle vloeren te pas komen. De gegevens kunnen zonder meer gebruikt worden voor het maken van voorontwerpen. Voor definitieve ontwerpen is het aangewezen eveneens de technische catalogussen van de prefabrikanten te raadplegen.

2. VORMGEVING, VERVAARDIGING, WAPENING

Holle voorgespannen vloeren worden op lange voorspanbanen vervaardigd met automatische industriële methoden en na verharding op lengte gezaagd. De onderzijde is glad, de zijkanten geprofileerd om een goede kracht-overdracht in de voegen te verzekeren.

De elementen zijn gewapend met voorspanstrengen of draden en hebben een hoge betonkwaliteit van minstens 55 N/mm^2 karakteristieke druksterkte.

Ze bevatten over de ganse lengte kanalen van diverse vorm en afmetingen waardoor het eigen gewicht aanzienlijk verminderd wordt. Deze langse openingen, waarvan het aantal en de doormeter veranderen volgens het type plaat, kunnen gebruikt worden als kokers voor allerlei leidingen en voor verluchtungs- of verwarmingssystemen.



PLANCHER DANS UN BATIMENT INDUSTRIEL AVEC OUVERTURE D'ESCALIER ET DIFFERENTS NIVEAUX

VLOER VAN INDUSTRIEEL GEBOUW MET TRAPOPENING EN NIVEAUVerschillen

2.1. Dimensions de la section transversale

Le tableau ci-dessous donne un aperçu des dimensions standardisées. La forme et le nombre d'évidements longitudinaux, ainsi que le profil des faces latérales varient selon le type d'élément et l'équipement de production. L'armature de précontrainte se trouvant entre les alvéoles, varie également en fonction du type de dalle, de la portée et de la charge.

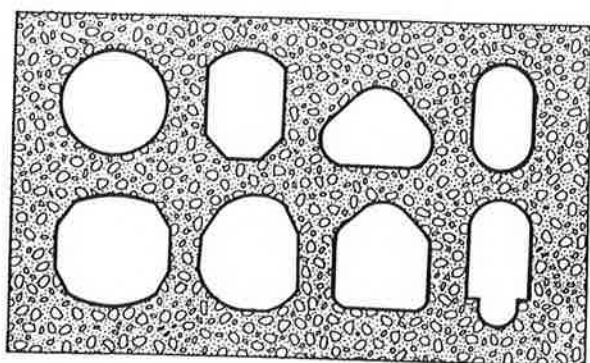
Le tableau ci-dessous donne des informations relatives aux dimensions nominales et au poids, remplissage des joints inclus. Les caractéristiques techniques exactes de la section sont reprises dans les catalogues des fabricants.

Dimensions nominales/Nominale afmetingen hauteur/hoogte		Poids du plancher brut/Gewicht ruwe vloer
mm	mm	
120	1200	kN/m ²
150	1200	2,1 à 2,5
160	1200	2,6 à 2,8
200	1200	2,6
220	1200	2,8 à 3,3
250	1200	3,7 à 3,8
265	1200	3,8 à 3,9
270	1200	3,5 à 3,8
300	1200	4,1 à 4,3
310	1200	4,6
320	1200	4,0 à 4,6
325	1200	4,4 à 5,0
400	1200	5,0
		5,0

A la demande, certaines firmes fabriquent également des dalles précontraintes de 600 et 300 mm de largeur.

2.2. Section des alvéoles longitudinales

Il existe différents types d'alvéoles: circulaires, carrées, triangulaires, ovales ou toutes sortes de combinaisons de ces formes géométriques tel qu'indiqué dans la figure ci-dessous. Les dimensions sont chaque fois adaptées à l'épaisseur des éléments de plancher.



2.1. Afmetingen van de dwarsdoorsnede

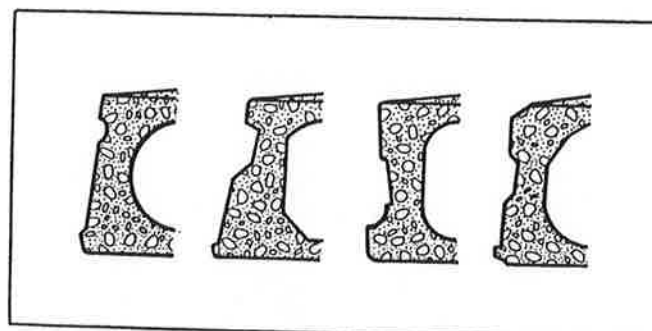
Onderstaande tabel geeft een overzicht van de standaardafmetingen van de meest voorkomende types vloerelementen. De vorm en het aantal langse openingen, alsook de profilering van de randen verschillen naargelang het type-element en de produktie-uitrusting. De voorspanwaa-pening welke zich onderaan tussen de kanalen bevindt, varieert eveneens in functie van het plaattype, de overspanning en de belasting.

De tabel geeft informatie aangaande de nominale afmetingen en het gewicht inclusief de voegvulling. Technische karakteristieken van de doorsnede kunnen gevonden worden in de katalogussen van de fabrikanten.

Sommige fabrikanten kunnen op aanvraag ook voorgespannen vloeren leveren van 600 en 300 mm breedte.

2.2. Vorm van de langse kanalen

Er bestaan ronde, vierkante, driehoekige en ovale kanaaltypes, alsmede allerlei combinaties van deze vormen, zoals op onderstaande figuur is aangeduid. De afmetingen zijn telkens aangepast aan de dikte van de vloerelementen.



2.3. Profil des parois transversales

Les croquis ci-avant donnent un aperçu des divers profils de parois transversales. Après bétonnage des joints entre éléments, les profils de ces parois assurent la collaboration des éléments adjacents.

2.4. Courbes de performance

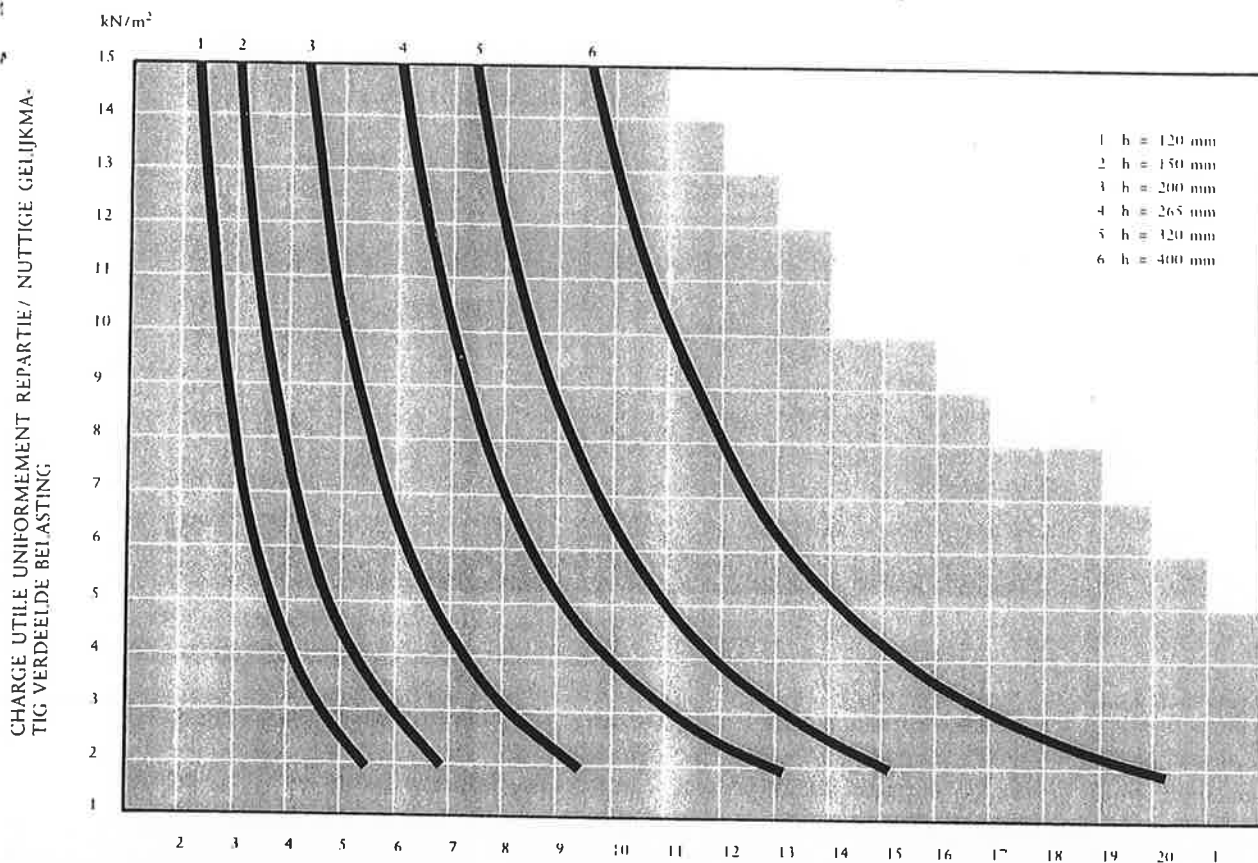
Le diagramme ci-dessous donne des indications relatives à la charge utile uniformément répartie, pour les différents types de plancher, calculée suivant la classe 3B de la norme belge NBN B 15. Les courbes sont calculées pour une flèche de 1/800 de la portée. La classe de résistance au feu correspondante est égale à Rf 60 (60 minutes de résistance au feu).

2.3. Profiel van de zijranden

De hiervoor staande tekeningen geven een overzicht van de bestaande profileringen van de zijranden der vloerelementen. Na het betonneren van de langse voegen zorgen de vertandingen voor de samenwerking van de naast elkaar liggende elementen.

2.4. Gebruiksgrafieken

Onderstaand diagram geeft een indicatie van de nuttige gelijkmatig verdeelde belasting voor de verschillende types vloerelementen, berekend volgens klasse 3B van de Belgische norm NBN B 15. De kurven werden berekend voor een doorbuiging van 1/800 van de overspanning. De bijhorende brandweerstandsklasse is Rf 60 (60 minuten brandweerstand).



CHARGE UTILE UNIFORMEMENT REPARTIE (CHARGE TOTALE MOINS POIDS PROPRE ET REMPLISSAGE DES JOINTS) EN FONCTION DE LA PORTEE ET DU TYPE D'ELEMENT

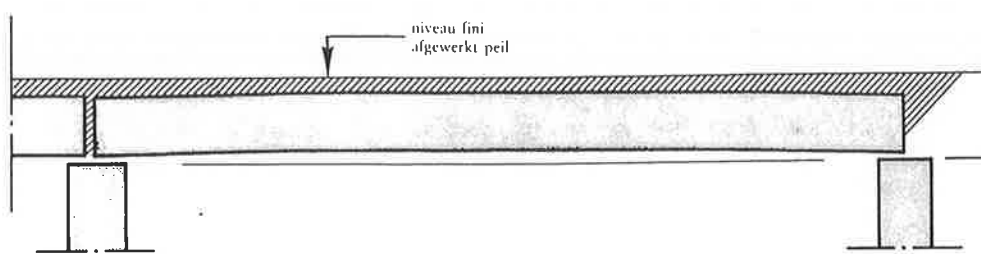
TOELAATBARE GELIJKMATIG VERDEELDE NUTTIGE BELASTING (TOTALE BELASTING MIN EIGEN GEWICHT EN VOEGVULLING) IN FUNCTIE VAN DE OVERSPANNING EN HET TYPE ELEMENT

2.5. Contre-flèche à prendre en considération

Sous l'effet de la précontrainte, tous les éléments présentent une contre-flèche, dont il y a lieu de tenir compte, lors de la détermination du niveau de l'appui et de l'épaisseur minimum de la couche de solidarisation ou de la couche de finition au centre de la portée.

2.5. In acht te nemen opbuiging

Door de voorspanning vertonen alle elementen een opbuiging waarmee rekening moet gehouden worden bij het bepalen van het niveau van de oplegging en de minimumdikte van de druklaag of afwerklaag in het midden van de overspanning.



Niveau d'appui = niveau fini moins la somme de la contre-flèche, de l'épaisseur minimale de la couche de solidarisation ou de finition et de l'épaisseur du plancher.

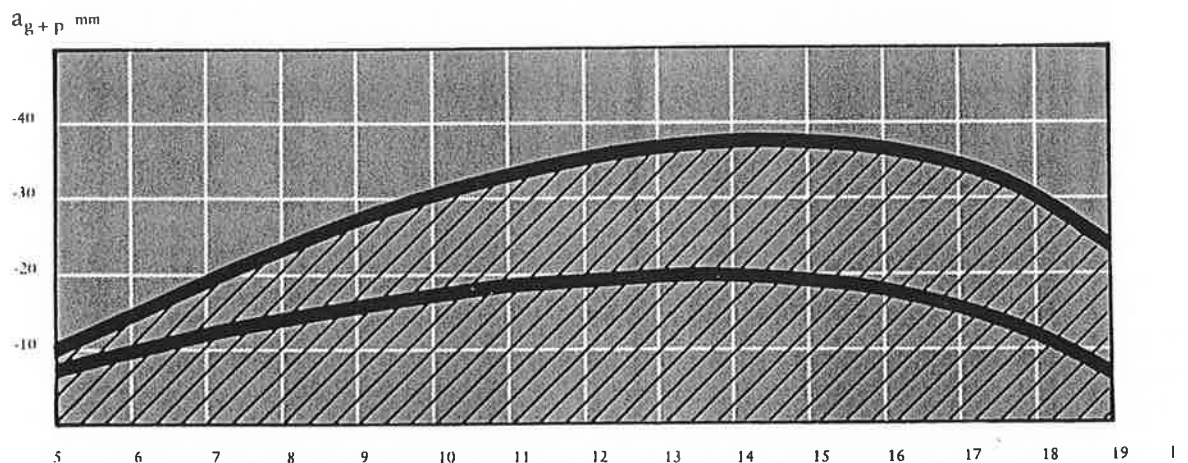
Niveau oplegging = afgewerkt peil min de som van de opbuiging, de minimum dikte van de druklaag of afwerklaag en de vloerdikte.

Le diagramme suivant donne une indication de la contre-flèche des éléments, 1 mois après fabrication. Les valeurs considérées correspondent à la précontrainte maximale. La contre-flèche se situe normalement dans la zone hachurée. Lorsque le rapport longueur/hauteur est supérieur à 40, la contre-flèche se situe plutôt à proximité de la courbe inférieure ; s'il s'agit d'éléments d'une hauteur égale ou supérieure à 350 mm, l'on choisira plutôt la limite supérieure.

Une série de facteurs tels que précontrainte, épaisseur du plancher, conditions et durée de stockage ont effectivement une influence sur la déformation. C'est pourquoi les valeurs données sont seulement indicatives.

Onderstaand diagram geeft een indicatie van de opbuiging van de elementen 1 maand na fabricage. De waarden stemmen overeen met de maximale voorspanning. De opbuiging situeert zich normaal binnen de gearceerde zone. Wanneer de lengte/hoogte ratio groter is dan 40, bevindt de opbuiging zich eerder tegen de onderste lijn ; voor elementen met een hoogte van 350 mm en meer zal men eerder de bovenste grens nemen.

Een aantal factoren zoals voorspanning, dikte van de vloer, stockagevoorwaarden en -duur hebben uiteraard een invloed op de vervorming. De gegeven waarden zijn derhalve slechts benaderend.



CONTRÉ-FLECHE PRESUMÉE D'ELEMENTS NON MIS SOUS CHARGE

TE VERWACHTEN OPBUIGING ONBELASTE ELEMENTEN

La flèche à long terme peut être calculée comme suit :

- sous charges fixes (poids propre "g" et partie fixe de la charge utile "q_g") + précontrainte p :

$$a_{g+p+q_g} = 1,33 a_{g+p} + 1,026 \frac{5 \times q_g \cdot l^4}{384 \times E \times I}$$

- sous charge utile mobile "q_v" :

$$a_{q_v} = \frac{5 \times q_v \cdot l^4}{384 \times E \times I}$$

dans laquelle a_{g+p} : flèche sous poids propre + précontrainte selon graphique précédent

E: 45.000 N/mm².

De lange-tijd-doorbuiging kan als volgt berekend worden :

- onder vaste lasten (eigen gewicht "g" en vast deel der nuttige belasting "q_g") + voorspanning p :

- onder mobiele nuttige belasting "q_v" :

waarbij a_{g+p} : doorbuiging onder eigen gewicht en voorspanning volgens de vorige grafiek

E: 45.000 N/mm².

Les coefficients utilisés proviennent de la NBN B 15-102.

De gebruikte coëfficiënten komen uit NBN B 15-102.

3. STABILITE

Outre la fonction portante, les planchers préfabriqués assurent également le transfert et la répartition des efforts horizontaux vers les noyaux raidisseurs et les parois transversales de la construction.

Ces deux fonctions doivent par conséquent être contrôlées, et ce, sous les aspects suivants :

- stabilité générale :
l'effet de diaphragme de l'ensemble du plancher doit être assuré, ce qui implique essentiellement le calcul des chaînages et des joints ;
- fonction portante :
 - moments fléchissants ;
 - effort tranchant ;
 - répartition horizontale de charges concentrées.

3.1. Effet de diaphragme

Il y a lieu de réaliser, au départ d'éléments de plancher individuels, un ensemble collaborant qui, sur le plan constructif, travaille comme une dalle horizontale, c.-à-d. que les efforts horizontaux de la façade peuvent être transmis vers les éléments raidisseurs.

3. STABILITEIT

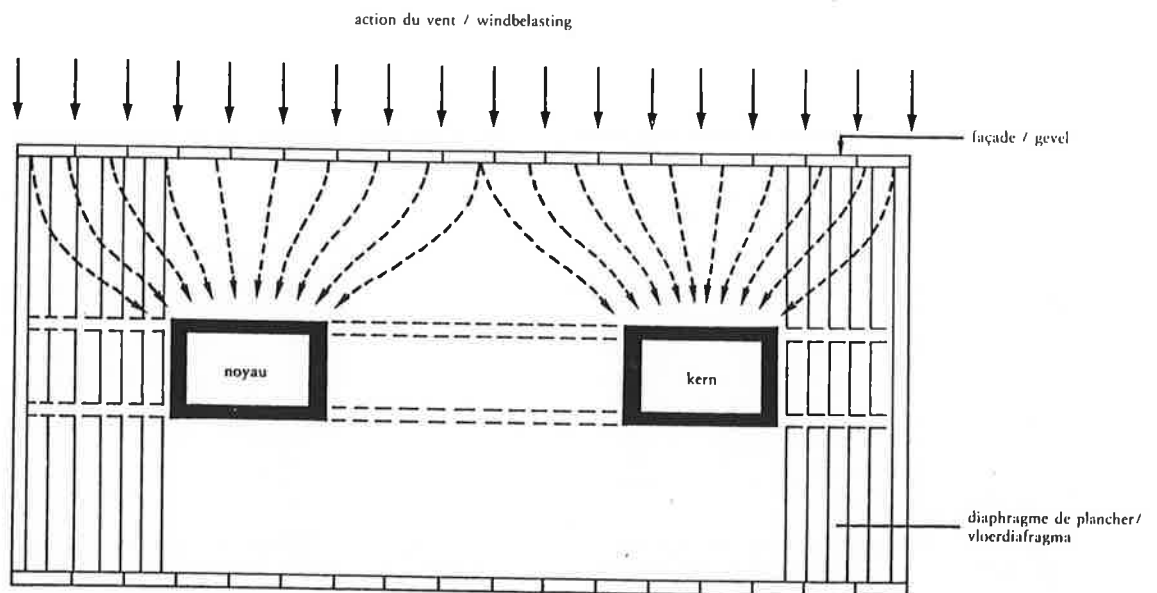
Prefabvloeren vervullen gewoonlijk meer dan alleen maar een dragende functie in een gebouw, ze moeten meestal ook voor de overdracht en de verdeling van de horizontale krachten naar de verstijvingskernen en dwarswanden instaan.

Beide functies moeten derhalve gecontroleerd worden, en wel betreffende de volgende aspecten :

- algemene stabiliteit :
de schijfwerking van de ganse vloer moet verzekerd worden (diafragmawerking), wat voornamelijk de berekening van de kettingen en de voegen inhoudt ;
- dragende functie :
 - buigende momenten ;
 - dwarskracht ;
 - horizontale verdeling van geconcentreerde lasten.

3.1. Diafragmawerking

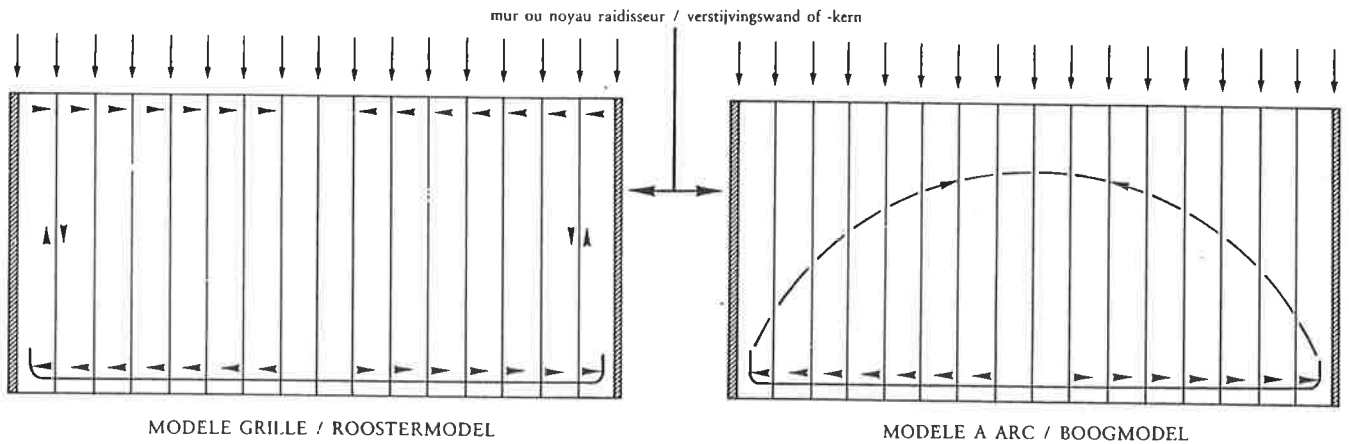
Men moet van de afzonderlijke vloerelementen een geheel maken dat constructief als een horizontale schijf gaat werken, waardoor de horizontale krachten van de gevel naar de verstijvingselementen kunnen overgedragen worden.



GRACE A L'EFFET DIAPHRAGME, LES EFFORTS HORIZONTAUX PEUVENT ETRE TRANSMIS AUX NOYAUX RAIDISSEURS / VIA DE VLOERDIAFRAGMAWERKING WORDEN DE HORIZONTALE KRACHTEN OP DE VERSTIJVINGSKERNEN OVERGEDRAGEN.

On peut analyser l'effet diaphragme selon deux modèles de calcul, tel que schématisé dans les figures ci-dessous.

Men kan de schijfwerking analyseren volgens twee rekenmodellen, zoals schematisch is afgebeeld op onderstaande figuren.



Le modèle grille peut être comparé à une haute poutre mince, sur 2 ou plusieurs appuis ou en porte-à-faux, devant reprendre des efforts de compression à la partie supérieure, et des efforts de traction à la partie inférieure, les contraintes de cisaillement se concentrant surtout au droit des joints longitudinaux entre les éléments de plancher. Ce modèle est le plus utilisé dans la pratique.

Het roostermodel kan vergeleken worden met een dunne hoge balk op 2 of meerdere steunpunten of in uitkraging, waarbij bovenaan druk en onderaan trek moet opgenomen worden, en de schuifspanningen zich vooral concentreren ter plaatse van de langsvogen tussen de vloerelementen. Dit model wordt in de praktijk het meest gebruikt.

Dans le modèle à arc, l'on admet que les trajectoires de compression ne restent pas dans la partie supérieure de la dalle de plancher, mais se déplacent en arc vers les points d'appui. La ligne de traction se situe dans la zone inférieure. La différence avec le modèle grille réside dans le fait qu'au droit des trajectoires de compression, des contraintes transversales de compression se manifestent également dans les joints longitudinaux, ce qui améliore la transmission des contraintes longitudinales de cisaillement.

In het boogmodel neemt men aan dat de druktrajectoria niet in de bovenzijde van de vloerschijf blijven, maar volgens een boog naar de steunpunten toelopen. De trekband bevindt zich in de onderzijde. Het verschil met het roostermodel ligt voornamelijk in het feit dat er in de langse voegen ter plaatse van de druktrajectoria ook dwarse drukspanningen optreden, waardoor de overdracht van langse schuifspanningen bevoordeeld wordt.

Les efforts de traction, de compression et de cisaillement peuvent être calculés selon les méthodes classiques. Les contraintes dans l'acier et dans le béton doivent satisfaire aux conditions de la norme NBN B 15. Les contraintes longitudinales de cisaillement dans les joints sont toutefois limitées à $0,1 \text{ N/mm}^2$.

De trek-, druk- en afschuifkrachten kunnen berekend worden volgens de klassieke methodes. De spanningen in staal en beton moeten voldoen aan de voorwaarden van de norm NBN B 15. De langse schuifspanningen in de voegen worden evenwel beperkt tot $0,1 \text{ N/mm}^2$.

L'armature de traction joue un rôle important dans l'effet dalle: elle doit non seulement reprendre les efforts de traction de l'effet de diaphragme, mais également empêcher le déplacement latéral des éléments de plancher adjacents de telle sorte que les joints longitudinaux puissent reprendre effectivement les efforts de cisaillement, même en état de fissuration ("interlocking effect").

De trekband speelt een belangrijke rol in de schijfwerking: hij moet niet alleen de trekkrachten van de schijfwerking opnemen, maar eveneens de zijdelingse verplaatsing van de aansluitende vloerelementen verhinderen, zodat de langse voegen effectief schuifkrachten kunnen opnemen, zelfs in gescheurde toestand (interlocking effect).

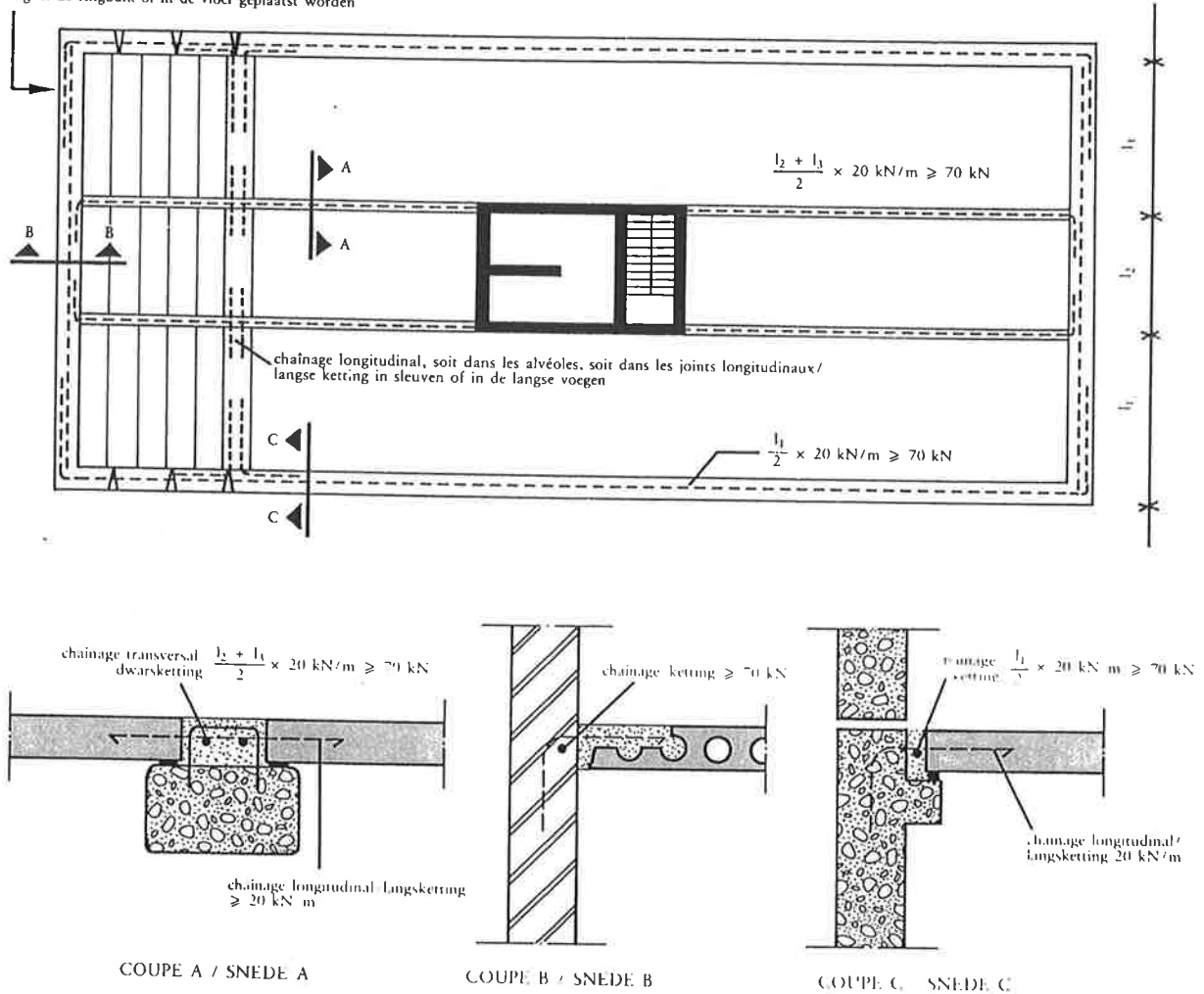
L'intégrité structurelle du plancher doit par ailleurs être assurée par une série d'armatures au droit des appuis du plancher et des poutres de rive, placées soit dans les joints longitudinaux, soit dans les alvéoles d'about défoncées à

De structurele integriteit van de vloer moet bovendien verzekerd worden door een aantal wapeningen ter plaatse van de vloeropleggingen en randbalken, welke ofwel in de langse voegen ofwel in opgehakte sleuven in de lang-

cet effet. Le schéma ci-dessous indique l'emplacement et la section minimale de ces différentes armatures de chaînage. Des détails sont également donnés dans le chapitre "Liaisons".

se kanalen geplaatst worden. Onderstaand schema geeft de plaats en minimum-doorsnede van deze verschillende kettingwapeningen aan. Details zijn eveneens te vinden in het hoofdstuk "Verbindingen".

ce chaînage peut être placé soit dans la poutre périphérique, soit dans le plancher /
deze ketting mag in de ringbalk of in de vloer geplaatst worden



CAPACITE MINIMALE DES ARMATURES DE CHAINAGE/MINIMUMSTERKTE KETTINGWAPENINGEN

De nombreux essais ont été effectués ces dernières années sur l'effet diaphragme de planchers composés d'éléments alvéolés préfabriqués en béton précontraint, entre autres à l'Université Technique de Delft. Ces essais confirment pleinement les hypothèses ci-dessus.

In de afgelopen jaren werden talrijke proeven uitgevoerd op de schijfwerking van vloeren samengesteld uit geprefabriceerde holle voorgespannen elementen, o.a. in de Technische Universiteit van Delft, welke de bovenstaande hypothesen volledig bevestigd hebben.

L'effet dalle, tout comme l'intégrité structurelle, peut évidemment aussi être obtenue par une couche de solidari-sation armée.

De schijfwerking en structurele integriteit kunnen natuurlijk eveneens verwezenlijkt worden door een constructieve gewapende druklaag.

3.2. Résistance à la flexion

3.2. Buigsterkte

La résistance à la flexion d'éléments de plancher alvéolés en béton précontraint est calculée suivant les méthodes classiques. Nous n'approfondirons donc pas ce sujet.

De buigsterkte van voorgespannen holle vloerelementen wordt berekend volgens de klassieke methodes. Er wordt hier verder niet op ingegaan.

3.3. Résistance à l'effort tranchant

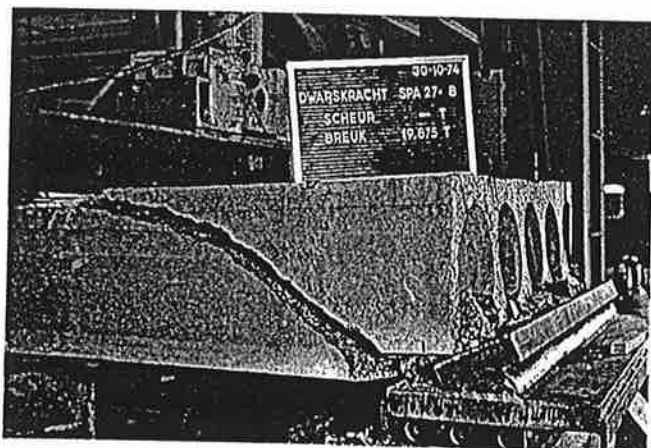
Les seules armatures des dalles de plancher alvéolées en béton précontraint consistent en des fils ou torons longitudinaux de précontrainte. Ils sont ancrés par adhérence, de sorte que l'introduction de la précontrainte ne s'effectue que progressivement.

Etant donné que la zone d'ancrage se trouve au droit de l'appui des éléments de plancher, il faut recourir à la résistance à la traction du béton pour reprendre l'effort tranchant ce qui pose un problème à certains auteurs de projet habitués à faire reprendre toutes les contraintes de traction par des armatures. La résistance à la traction du béton peut cependant être aussi fiable que sa résistance à la compression, pour autant qu'un affaiblissement local éventuel, dû à une grande dispersion de la qualité du béton ou à un dommage localisé, soit compensé par la capacité redistributrice de l'élément en lui-même ou de l'ensemble de la construction.

Cette dernière condition est remplie, dans le cas des éléments de plancher alvéolés, par leur capacité de répartition transversale. Ce fait est confirmé par la centaine de millions de m² mis en oeuvre annuellement.

La seconde condition est qu'il ne se manifeste pas de contraintes de traction axiales significatives dans la zone d'appui des éléments de plancher. Celles-ci pourraient être dues éventuellement à un encastrement accidentel.

La Commission FIP "Préfabrication" a consacré une importante étude à la résistance à l'effort tranchant d'éléments de plancher alvéolés en béton précontraint. Le millier de résultats d'essais d'effort tranchant, effectués dans divers pays dont la Belgique, a permis d'élaborer une méthode de calcul permettant de déterminer la résistance à l'effort tranchant.



ESSAI DE RUPTURE A L'EFFORT TRANCHANT /
PROEF DWARSKRACHTBREUK

3.3. Dwarskrachtsterkte

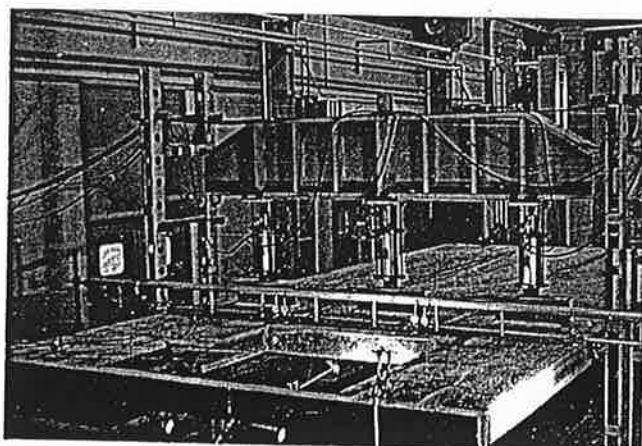
Voorgespannen holle vloerplaten hebben geen andere wapening dan de langse voorspandraden of strengen. Ze zijn verankerd op kleef, zodat de introductie van de voorspanning slechts geleidelijk plaatsvindt.

Daar deze zone zich aan de oplegging van de vloerelementen bevindt, zal men derhalve voor het opnemen van de dwarskracht beroep moeten doen op de treksterkte van het beton. Sommige ontwerpers hebben daar wat moeite mee, vermits men altijd geleerd heeft dat alle trekspanningen door wapeningen moeten opgenomen worden. De treksterkte van beton kan echter even betrouwbaar zijn als de druksterkte op voorwaarde dat een lokale uitputting, te wijten aan een grote spreiding van de betonkwaliteit of aan een plaatselijke beschadiging, gecompenseerd wordt door de redistributiecapaciteit van het element op zichzelf of van de constructie als een geheel.

Voor holle vloerelementen wordt aan deze laatste voorwaarde voldaan, omwille van de onderlinge dwarsverdelingscapaciteit. Dit wordt trouwens bevestigd door de meer dan honderd miljoen m² welke jaarlijks gemonteerd worden.

Een tweede voorwaarde is dat trekspanningen aan de bovenzijde van de vloer in de oplegzone vermeden moeten worden. Deze kunnen o.a. te wijten zijn aan toevallige inklemmingen.

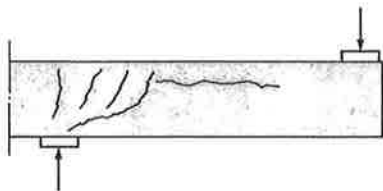
Door de FIP-Kommissie "Prefabricage" werd een uitgebreide studie gemaakt over de dwarskrachtsterkte van voorgespannen holle vloerelementen. Aan de hand van een 1000-tal resultaten van dwarskrachtproeven, uitgevoerd in verschillende landen waaronder België, werd een berekeningsmethode opgesteld om de dwarskrachtsterkte te bepalen.



ESSAI DE RUPTURE SUR PLANCHER DE 9,00 x 3,60 M² AVEC OUV-
VERTURE D'ESCALIER / BREUKPROEF OP VLOER VAN 9,00 x 3,60 M²
MET TRAPOPENING

La méthode est basée sur les formules contenues dans le Code Modèle 1978 du CEB-FIP, relatives à la résistance à l'effort tranchant d'éléments en béton non-armé en adaptant une série de coefficients. Elle sera reprise dans la prochaine édition de la NBN B 15.

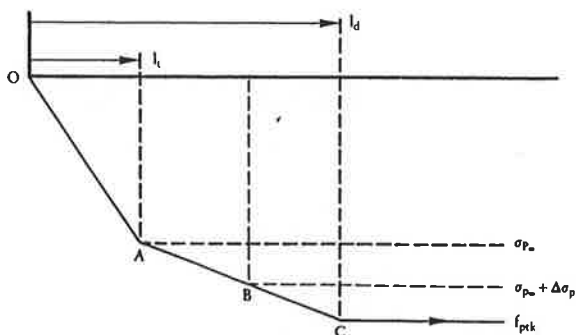
Le Code Modèle CEB-FIP distingue d'une part, la rupture par combinaison d'effort tranchant et de compression, et d'autre part, la rupture par combinaison d'effort tranchant et de traction. Dans le premier cas, la rupture s'effectue au droit d'une fissure de flexion, entraînant une réduction de la section du béton par cisaillement.



RUPTURE PAR COMBINAISON D'EFFORT TRANCHANT ET DE COMPRESSION/DWARSKRACHTDRUKBREUK

Dans le second cas, nous nous trouvons devant la rupture classique par cisaillement, se manifestant lorsque la contrainte de traction principale atteint la résistance à la traction du béton, dans les nervures des dalles alvéolées.

Un troisième type de rupture peut se présenter, dans des cas exceptionnels, à savoir la rupture d'ancrage. Lorsque des fissures de flexion se manifestent tout près de l'appui, l'on vérifiera qu'aucune rupture ne puisse être provoquée par le glissement précoce de l'armature de précontrainte dans le béton. En effet, au droit de la fissuration apparaîtra une contrainte locale élevée dans l'armature de précontrainte qui devra rester inférieure à la capacité d'ancrage. Concrètement cela signifie qu'il y a lieu de vérifier si les contraintes dans l'acier de précontrainte sous charge d'exploitation ne dépassent pas les valeurs données par la ligne pleine brisée dans le diagramme ci-dessous.

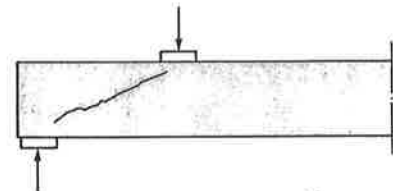


où/met l_t : longueur de transfert/overdrachtslengte
 l_d : longueur d'ancrage/verankeringslengte
 σ_{p0} : précontrainte effective/effectieve voorspanning
 f_{ptk} : résistance caractéristique de l'acier/karakteristieke staalsterkte
 $\Delta\sigma_p$: augmentation de la contrainte à l'endroit d'une fissure de flexion à proximité de l'appui/toename van de spanning ter plaatse van een buigscheur dicht bij de oplegging

Cet état de rupture est néanmoins rarement déterminant, lorsque la rentrée de l'armature de précontrainte reste en moyenne limitée à 2% du diamètre.

De methode is gebaseerd op de formules welke in de CEB-FIP Model Code 1978 gegeven worden voor de dwarskrachtsterkte van ongewapende betonelementen, met aanpassing van een aantal coëfficiënten. Zij zal in de volgende uitgave van de NBN B 15 opgenomen worden.

Evenals in de CEB-FIP Model Code wordt onderscheid gemaakt tussen de dwarskrachtdrukbreuk en de dwarskrachttrekbreuk. In het eerste geval treedt de breuk op ter plaatse van een buigscheur, en bezwijkt de gereduceerde gedrukte betonsectie op afschuiving.



RUPTURE PAR COMBINAISON D'EFFORT TRANCHANT ET DE TRACTION/DWARSKRACHTTREKBREUK

In het tweede geval hebben we te maken met de klassieke afschuifbreuk welke optreedt wanneer de hoofdtrekspanningen in de ribben van de holle vloerelementen de betontreksterkte bereiken.

In uitzonderlijke gevallen kan zich nog een derde breuktype voordoen namelijk de verankeringsbreuk. Wanneer buigscheuren tot dicht bij de oplegging optreden, zal men nagaan of er geen bezwijken kan optreden door het voortijdig uit het beton trekken van de voorspanwapening. Immers ter plaatse van de scheur ontstaat een piekspanning in de voorspanwapening, welke in elk geval kleiner moet blijven dan de aanwezige verankeringskracht. Konkreet komt het nazicht er op neer na te gaan of de spanning in het voorspanstaal onder gebruiksbelasting de waarden aangegeven door de gebroken volle lijn van onderstaand diagram niet overschrijden.

Deze breuktoestand is echter zelden maatgevend, wanneer de gemiddelde indringing van de voorspanwapening beperkt blijft tot 2% van de doormeter.

Les courbes de performance du graphique, repris à la p. 7 tiennent compte de la limitation de l'effort tranchant. Dans le cas de portées faibles et de charges importantes, l'effort tranchant est généralement déterminant, tandis que dans les autres cas, c'est la résistance à la flexion qui limite la capacité portante. Le passage d'une zone à l'autre peut se remarquer par un éventuel point d'inflexion dans les courbes. La capacité d'effort tranchant d'un élément de plancher peut le cas échéant, être augmentée en remplissant de béton une ou plusieurs alvéoles longitudinales dans la zone de transmission. Si l'on a besoin de valeurs supérieures à celles déduites des courbes, il y a lieu de consulter le fabricant.

Un exemple de calcul permettant de déterminer la résistance à l'effort tranchant d'un élément de plancher précontraint est repris en annexe.

4. REPARTITION TRANSVERSALE DE CHARGES CONCENTREES

Les planchers composés d'éléments alvéolés précontraints se comportent pratiquement comme une dalle de plancher monolithe, en ce qui concerne la répartition transversale des charges concentrées. La transmission des charges s'effectue par les joints longitudinaux. L'importance de cette transmission est évidemment fonction du soin apporté au remplissage des joints entre les éléments.

Une étude, réalisée en 1977 par le CSTC et l'UCL à Louvain-la-Neuve, dans le cadre du Syndicat d'étude Inter-Industries-Construction, et subsidiée par l'IRSIA, a développé une méthode théorique de calcul qui fut vérifiée par une série d'essais de mise en charge en grandeur réelle. Les résultats de la méthode de calcul et des essais correspondaient parfaitement.

Les figures suivantes donnent les résultats de la méthode de calcul sous forme de graphique. Les valeurs des coefficients de répartition reprises dans ces graphiques comprennent un facteur de sécurité de 1,25.

L'utilisation de ces coefficients est toutefois soumise à certaines conditions :

- a. les joints de mortier doivent être à même de reprendre les efforts tranchants verticaux. Cela implique que le joint présente un profil adéquat et que le remplissage du joint soit effectué avec le soin nécessaire ;
- b. la largeur des éléments doit rester inférieure à 2,4 m ;
- c. la qualité du béton des éléments est au moins égale à C55, ce qui signifie que la résistance caractéristique à la compression sur cubes soit au moins égale à 55 N/mm².

De gebruikskurven van de grafiek op blz. 7 houden rekening met de beperking aan dwarskracht. Voor kleine overspanningen en grote belastingen is de dwarskracht meestal maatgevend, terwijl daarbuiten de buigsterkte bepalend is. De overgang tussen deze twee zones is te merken aan een eventueel knikpunt in de kurven. De dwarskrachtcapaciteit van een vloerelement kan, indien nodig, verhoogd worden door een of meer langse kanalen in de overdrachtszone vol te betonneren. Wanneer men hogere waarden nodig heeft dan deze welke uit de kurven volgen, doet men er best aan de fabrikant te raadplegen.

Een berekeningsvoorbeeld voor het bepalen van de dwarskrachtsterkte van een voorgespannen vloerelement is in bijlage gegeven.

4. DWARSVERDELING VAN GECONCENTREERDE BELASTINGEN

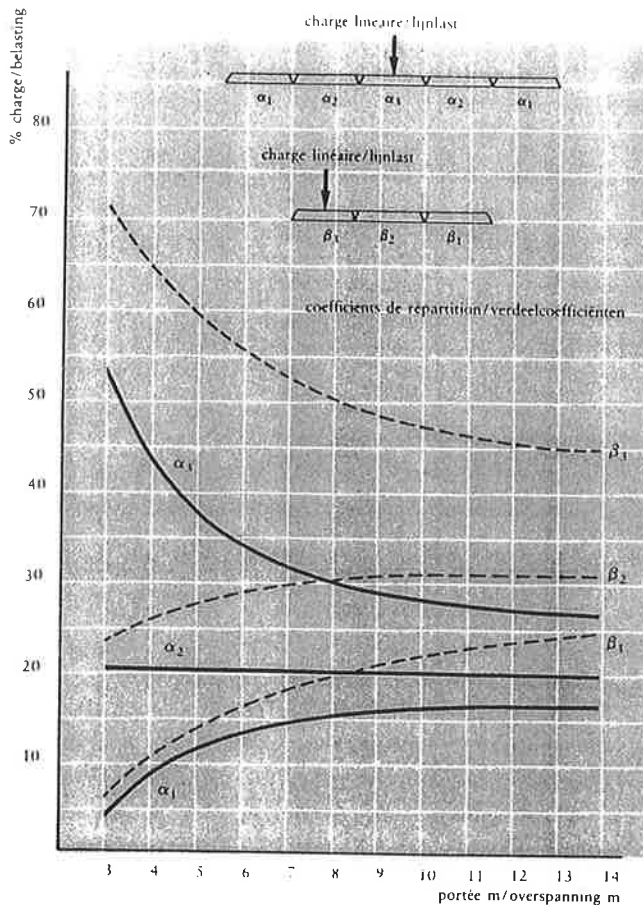
Vloeren uit voorgespannen holle elementen gedragen zich nagenoeg als monoliete vloeren wat betreft het spreiden van geconcentreerde belastingen in de dwarse richting. De belastingoverdracht gebeurt via de geprofileerde langse voegen. De grootte van deze overdracht is vanzelfsprekend afhankelijk van de zorg welke aan de voegvulling tussen de elementen besteed wordt.

Hierover werd in 1977 een onderzoek verricht door het WTCB en het UCL in Louvain-La-Neuve, in het kader van de Interindustriële Studiegroep voor de Bouwnijverheid, gesubsidieerd door het IWONL. Er werd een theoretische rekenmethode opgesteld welke getoetst werd aan een reeks belastingproeven op ware grootte. De resultaten van de rekenmethode en de proeven stemden zeer goed met elkaar overeen.

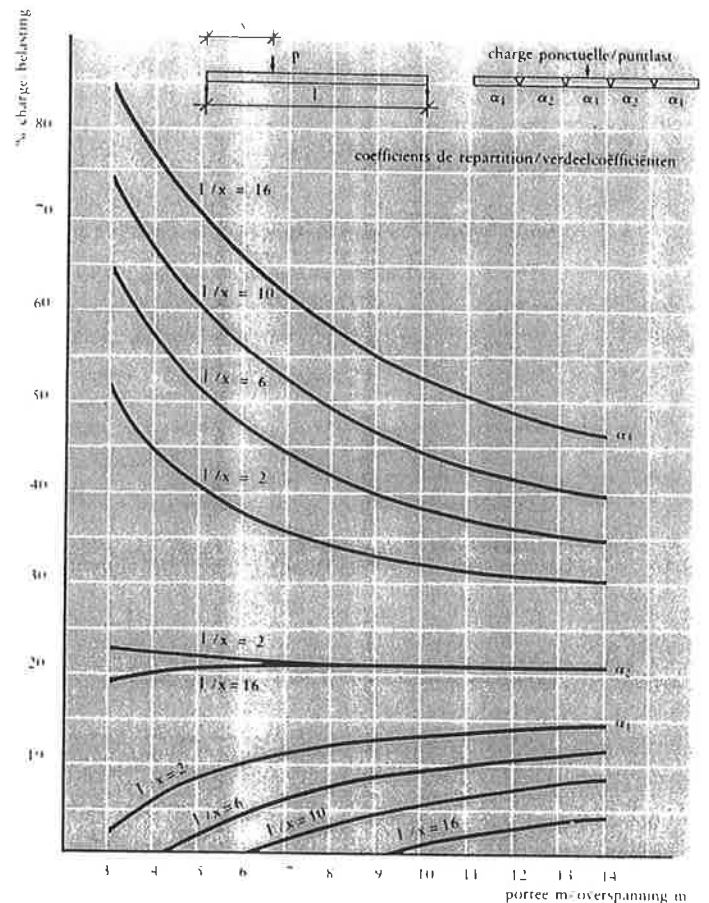
Volgende figuren geven de resultaten van de berekeningsmethode onder grafische vorm weer. Op de aangegeven waarden van de verdelingscoëfficiënten werd reeds een veiligheidsfactor van 1,25 toegepast.

Er zijn echter wel een aantal voorwaarden verbonden aan het gebruik van deze coëfficiënten :

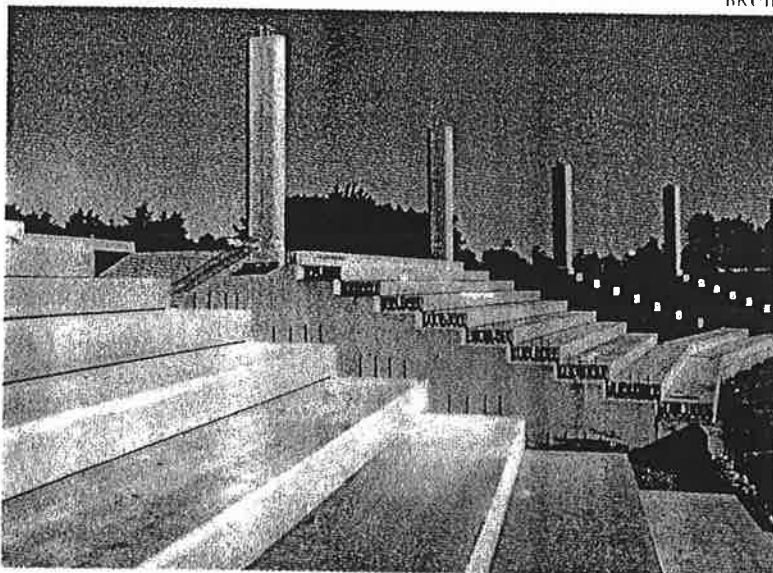
- a. de mortelvoegen moeten in staat zijn de verticale dwarskrachten op te nemen. Dit houdt in dat de voeg een aangepaste profilering vertoont en dat voldoende zorg wordt besteed aan de voegvulling ;
- b. de breedte van de elementen blijft beperkt tot 2,4 m ;
- c. de betonkwaliteit van de elementen is minstens C55, wat betekent dat de karakteristieke druksterkte op kubussen minstens 55 N/mm² bedraagt.



COEFFICIENTS DE REPARTITION TRANSVERSALE DE CHARGES LINEAIRES SUR PLANCHERS ALVEOLES SANS COUCHE DE SOLIDARISATION/DWARSVERDELINGSCOEFFICIENTEN VOOR LIJNLASTEN OP HOLLE VLOEREN ZONDER DRUKLAAG



COEFFICIENTS DE REPARTITION TRANSVERSALE DE CHARGES PONCTUELLES POUR MOMENTS EN TRAVÉE. CES COEFFICIENTS NE PEUVENT ETRE UTILISES POUR LA REPARTITION DE L'EFFORT TRANCHANT/DWARSVERDELINGSCOEFFICIENTEN VOOR BUIGMOMENTEN VAN PUNTLASTEN. DE COEFFICIENTEN MOGEN NIET GEBRUIKT WORDEN VOOR DWASKRACHTVERDELING



ELEMENTS DE PLANCHER ALVEOLES UTILISES COMME GRADINS DANS UNE PATINOIRE/HOLLE VLOERELEMENTEN GEBRUIKT ALS GRADINS IN EEN IJSSTADION

Les essais effectués à l'Université Catholique de Louvain démontrent que le plancher préfabriqué sans couche de solidarisation se comporte jusqu'à la rupture comme une dalle monolithe pour autant qu'une bonne armature de chaînage soit présente aux appuis. Les graphiques ci-après le montrent clairement : en effet, pour diverses localisations de la charge concentrée, ils indiquent les déformations des différents éléments de plancher aux différents stades consécutifs de la charge.

De proeven welke in de Universiteit Catholique de Louvain uitgevoerd werden, tonen aan dat, mits een goede randwapening aan de opleggingen, de prefabvloer zonder druklaag zich tot aan de breuk nagenoeg gedraagt als een monolietvloer. Dit is trouwens duidelijk te merken op de hiernavolgende grafieken welke voor diverse localisaties van de geconcentreerde last de vervormingen aangeven van de verschillende vloerelementen bij de opeenvolgende belastingstrappen.

Les figures ci-dessous schématisent la mise en oeuvre de l'essai.

Onderstaande tekeningen schematiseren de proefopstelling.

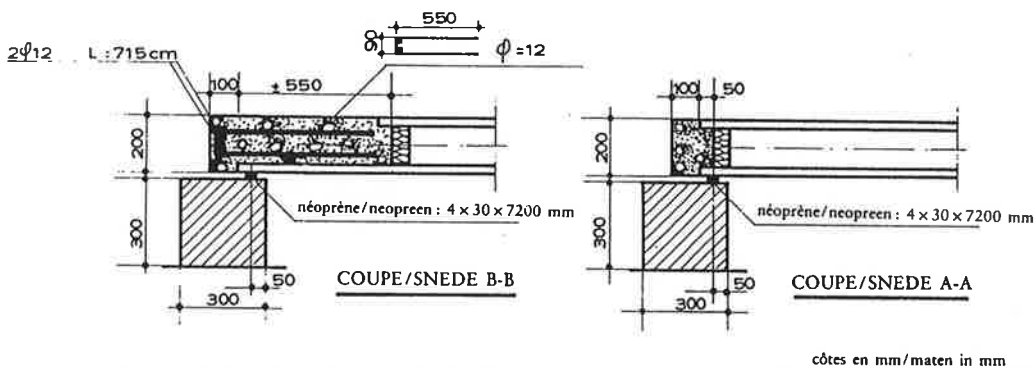
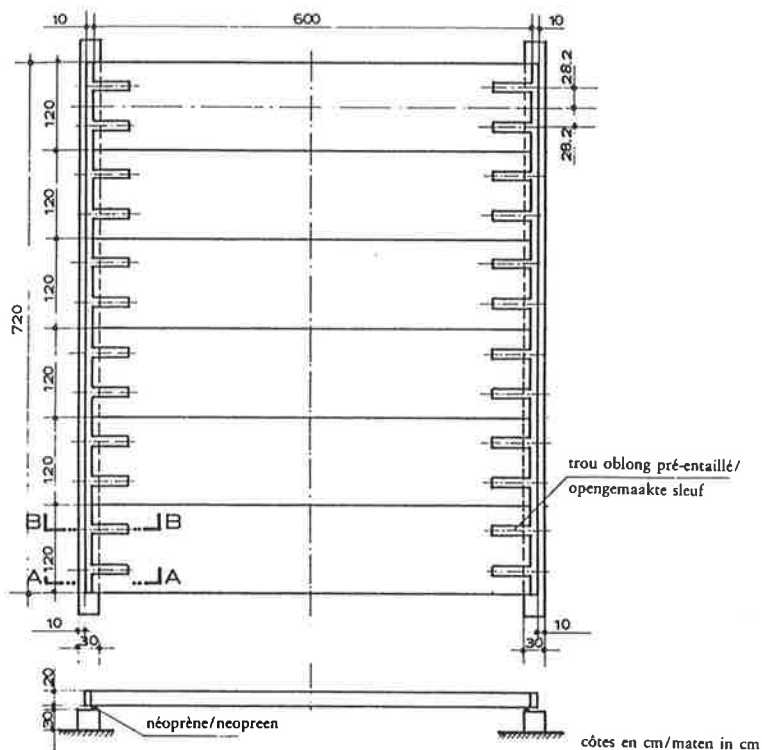


RECHERCHE IC-IB 10
JOINTS HORIZONTAUX ENTRE ELEMENTS
DE PLANCHER

VOLUME I

UNIVERSITE CATHOLIQUE DE LOUVAIN
FACULTE DES SCIENCES APPLIQUEES
L. G. C.
LABORATOIRE DU GENIE CIVIL

BATIMENT VINCI - PLACE DU LEVANT -
MIRIAM LOUVAIN/LAINEUSE 135 8101/21 01

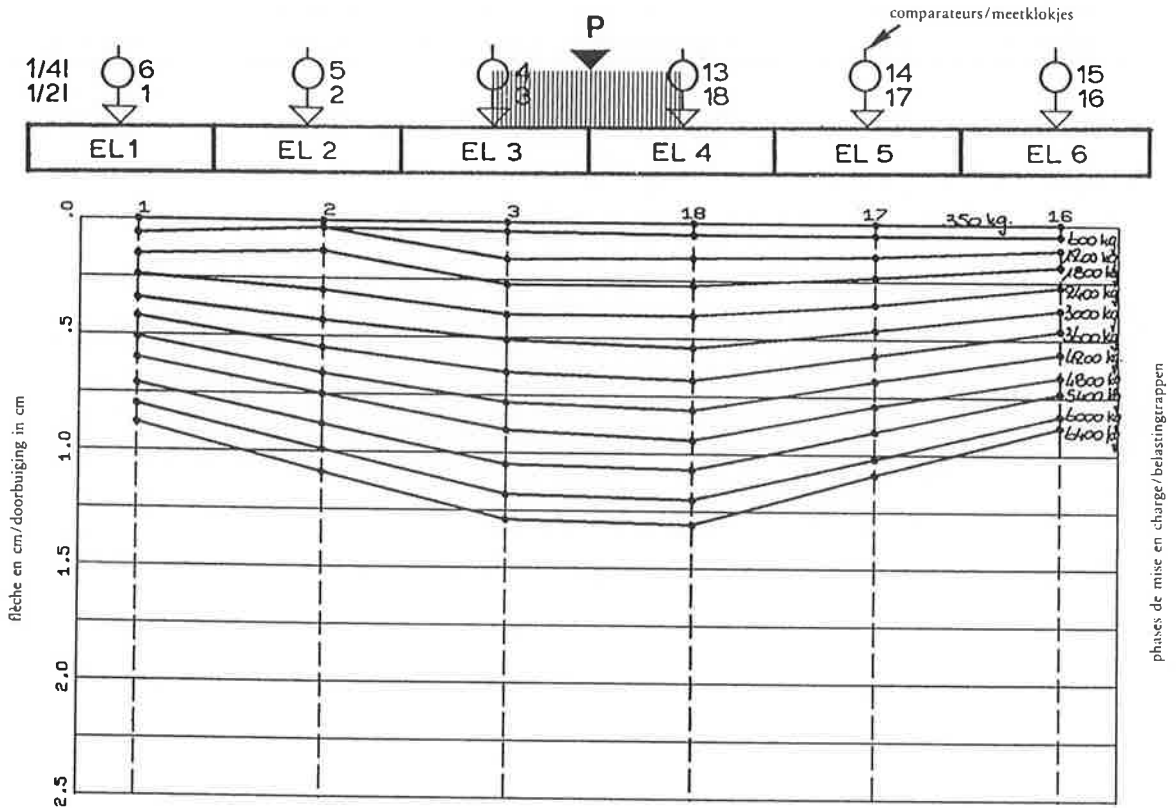


L'essai avec charge concentrée au milieu de la portée (premier graphique p. 17) a été poursuivi jusqu'à rupture. Celle-ci s'est manifestée sous une charge concentrée de 337,5 kN, ce qui correspond à environ 4 fois l'effort de rupture sur un élément individuel (86,25 kN).

De proefopstelling met de geconcentreerde belasting in het centrum van de vloer (eerste grafiek blz. 17) werd eveneens tot breuk belast. De breuk trad op bij een geconcentreerde belasting van 337,5 kN hetgeen overeenkomt met ongeveer 4 maal de breukproef op een individueel element (86,25 kN).

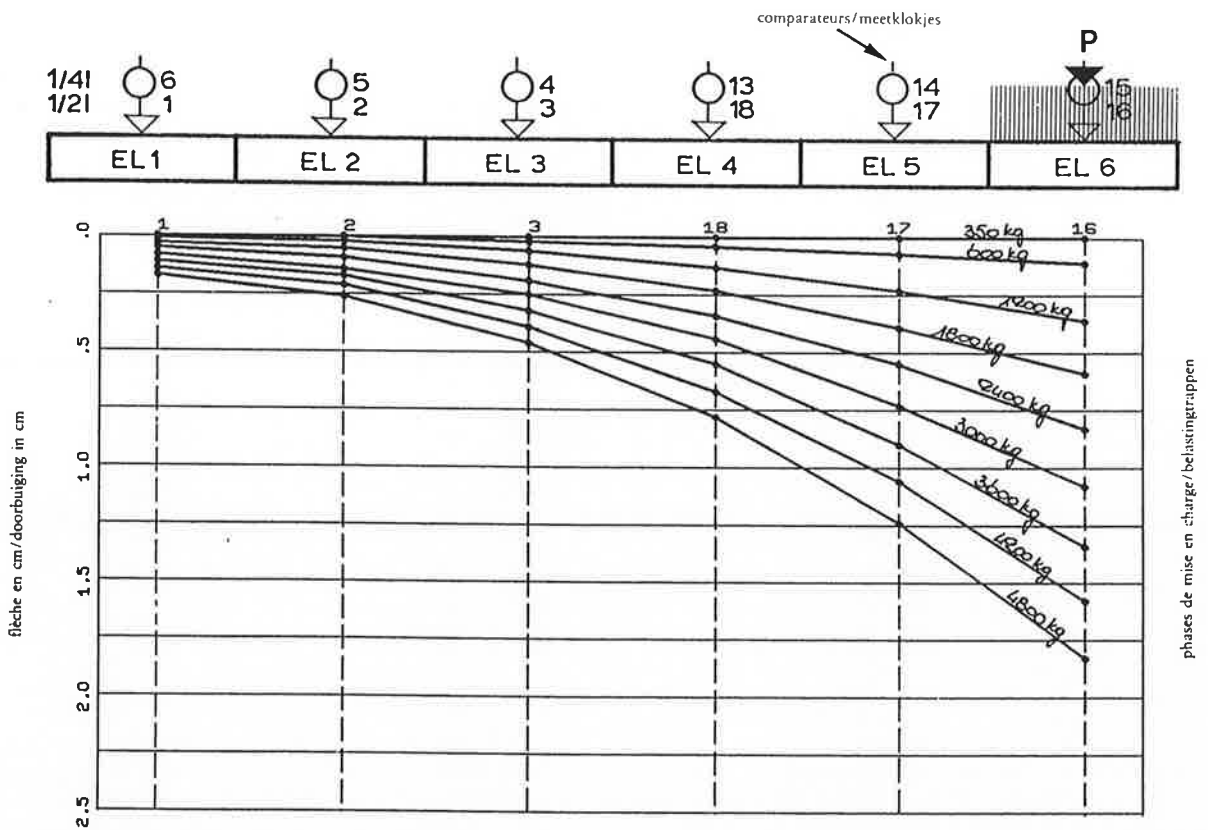
Des essais dynamiques - 200.000 cycles jusqu'à 1,5 fois la charge utile - ont été effectués sur le même dispositif d'essai. La répartition de la charge restait inchangée.

Er werden ook dynamische proeven - 200.000 cyclussen tot 1,5 maal de nuttige belasting - op dezelfde proefopstelling uitgevoerd. De belastingverdeling bleef ongewijzigd.



DEFORMATION DES DIFFERENTS ELEMENTS SOUS CHARGE CONCENTREE SUR LE JOINT CENTRAL AU MILIEU DE LA PORTEE

DOORBUIGING VAN DE VERSCHILLENDE ELEMENTEN ONDER GECONCENTREERDE LAST OP DE CENTRALE VOEG IN HET MIDDEN VAN DE OVERSPANNING



DEFORMATION DES DIFFERENTS ELEMENTS SOUS CHARGE CONCENTREE SUR L'ELEMENT EXTERIEUR AU MILIEU DE LA PORTEE

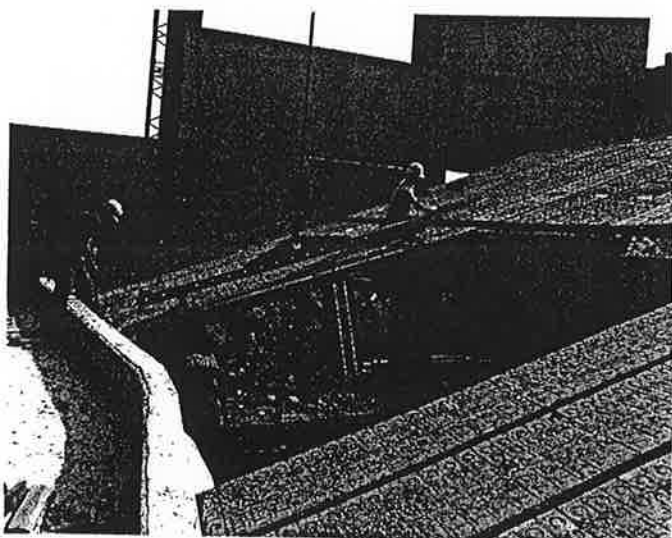
DOORBUIGING VAN DE VERSCHILLENDE ELEMENTEN BIJ GECONCENTREERDE LAST OP HET BUITENSTE ELEMENT IN HET MIDDEN VAN DE OVERSPANNING

5. RESISTANCE AU FEU

Les éléments de plancher avéolés préfabriqués en béton précontraint offrent, sans la moindre protection complémentaire, une résistance au feu de 1 à 2 heures en fonction de l'enrobage de béton et/ou de la quantité d'armature de précontrainte. La résistance au feu est également favorisée par une résistance élevée du béton à la traction et à la compression ainsi que par un faible facteur eau/ciment. Ceci se trouve confirmé par divers essais effectués au Laboratoire d'Essais au feu à la RUG ainsi qu'à l'étranger. Pour obtenir des résistances au feu supérieures à Rf 120, il y a lieu de prendre des dispositions supplémentaires, telles que l'application d'une peinture ignifuge, d'un enduit, etc...

La résistance au feu d'éléments de plancher alvéolés en béton précontraint peut être calculée. L'on détermine la capacité portante à l'état limite ultime selon la théorie classique de rupture à la flexion, avec toutefois des valeurs de calcul adaptées aux résistances des matériaux. En effet, la résistance à la compression et à la traction du béton et de l'acier diminuent pendant le feu, en fonction de la température à laquelle ils se trouvent.

Etant donné le caractère accidentel d'un incendie, on n'est pas obligé d'utiliser la même valeur de calcul de la charge utile que dans le cas de température normale. On peut en effet calculer avec une charge utile plus faible, notamment avec la valeur fréquente de la charge variable, et on peut également utiliser un coefficient de majoration réduit : $\gamma_f = 1$.



PLANCHER INCLINE COMPOSE D'ELEMENTS PRECONTRAINTS ALVEOLES A KINEPOLIS/
HELLENDE VLOER MET VOORGESPANNEN HOLLE ELEMENTEN IN KINEPOLIS

Les courbes du graphique de la p. 19 tiennent déjà compte du poids propre du plancher, remplissage des joints inclus. La valeur fréquente de la charge utile se détermine avec la formule suivante :

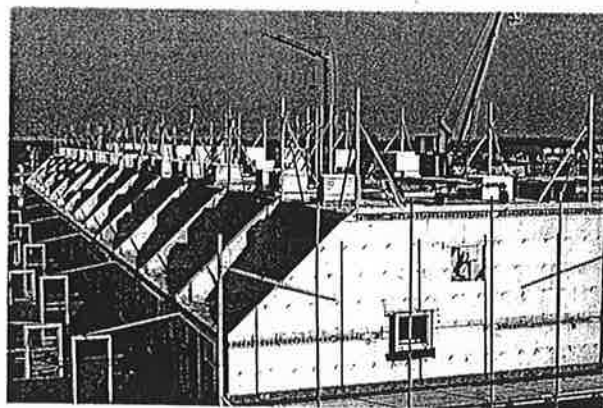
$$q_g + \psi_1 \cdot q_v$$

5. BRANDWEERSTAND

Holle voorgespannen vloerelementen van geprefabriceerd beton hebben zonder bijkomende bescherming een brandweerstand van 1 tot 2 uur naargelang de betondekking en/of de hoeveelheid voorspanwapening. De hoge trek- en druksterkte van het beton en de geringe water/cement factor bij de fabricage dragen hiertoe wezenlijk bij. Verscheidene proeven in het Laboratorium van Brandonderzoek aan de RUG en in het buitenland hebben dit bevestigd. Voor hogere brandweerstanden dan Rf 120 dienen bijkomende voorzieningen getroffen te worden, zoals brandwerende verf, bepleistering, enz.

De brandweerstand van holle voorgespannen vloerelementen kan berekend worden. Men bepaalt het draagvermogen in de uiterste grenstoestand volgens de klassieke breuktheorie bij buiging, echter met aangepaste rekenwaarden voor de materiaalsterkten. De druk- en treksterkte van beton en staal verminderen immers tijdens de brand, in functie van de temperatuur waaraan ze zich bevinden.

Omwille van de toevalligheid van de brand (accidentele aktie) moet niet met dezelfde rekenwaarde van de nuttige belasting gerekend worden als bij normale temperatuur maar met een verminderde belasting, nl. het frekwente deel van de totale belasting. Men mag ook een kleinere veiligheidscoëfficiënt $\gamma_f = 1$ gebruiken.



PLAFONDS EN ELEMENTS ALVEOLES DANS 274 HABITATIONS
SOCIALES/HOLLE VLOERELEMENTEN VOOR ZOLDERINGEN
VAN 274 SOCIALE WONINGEN

In de grafieken op blz. 19 werd reeds rekening gehouden met het eigen gewicht van de vloer en de voegvulling. Het frekwente deel van de nuttige belasting wordt bepaald met de formule :

avec

q_g = charge utile fixe (couche de solidarisation, chape, etc.)

q_v = charge utile variable

$\psi_1 \cdot q_v$ = valeur probable de la charge utile variable q_v présente pendant l'incendie.

Les valeurs de ψ_1 pour des surcharges normales sont données dans le tableau suivant.

waarbij

q_g = de vaste nuttige belasting (druklaag, chape, enz.)

q_v = de veranderlijke nuttige belasting

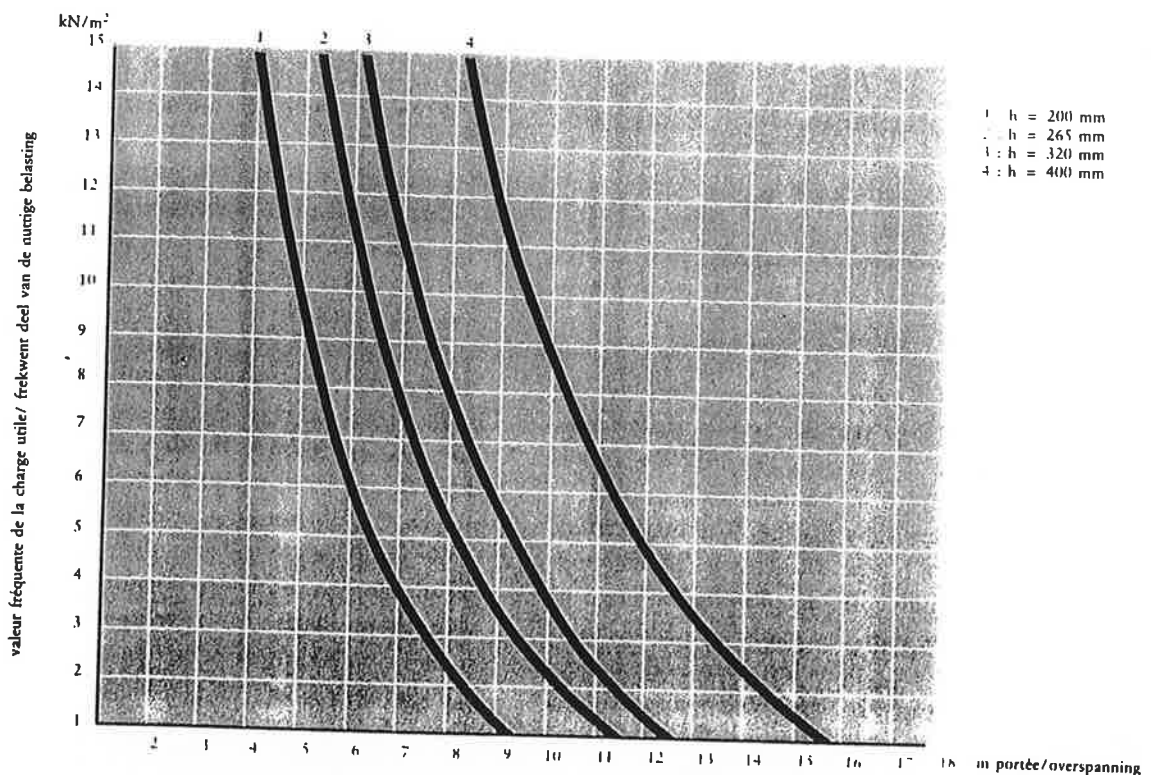
$\psi_1 \cdot q_v$ = het gedeelte van de veranderlijke nuttige belasting q_v dat tijdens de brand aanwezig is.

De waarden van ψ_1 voor normale belastinggevallen worden in onderstaande tabel gegeven.

Charges d'exploitation	ψ_1	Gebruikslasten
- logements	0,4	- woningen
- bâtiments administratifs et commerciaux	0,6	- kantoren en commerciële gebouwen
- parkings	0,7	- parkings
- archives	1,0	- archieven
- autres bâtiments (sauf justification par le maître d'ouvrage)	1,0	- andere gebouwen (tenzij verantwoording door de opdrachtgever)
Vent	0,2	Wind
Neige		Sneeuw
- cas où l'incendie se situe en-dessous de la toiture	0	- gevallen waarbij de brand zich voordoet onder het dak
- autres cas	0,2	- andere gevallen

Les graphiques suivants donnent les courbes de performances pour les différents types d'éléments de plancher alvéolés soumis au feu pendant 120 minutes. Les courbes de la page 7 restent d'application pour 60 minutes d'exposition au feu.

Onderstaande grafieken geven de gebruikskurven voor de verschillende types holle vloerelementen bij 120 minuten brand. Voor 60 minuten brand blijven de gewone kurven van blz. 7 van toepassing.



6. LIAISONS

Une série d'exemples de bonnes liaisons d'éléments de planchers alvéolés précontraints dans des situations classiques est reprise ci-après.

6.1. Longueur d'appui

Les longueurs minimales d'appui recommandées sont reprises dans le tableau ci-dessous.

Nature du point d'appui/ Natuur van het steunpunt	Epaisseur élém. de plancher/ Dikte vloerelement mm	Longueur nominale d'appui/ Nominale oplegglengte l_s mm
Béton, acier ou poutre de répartition sur maçonnerie/Beton, staal of ring- balk op metselwerk	< 270	70
	270 à 320	100
	> 320	130
Maçonnerie pleine/Vol metselwerk	< 220	70
	220 à 270	100
	> 270	150

6.2. Liaisons au droit de l'appui

Pour de simples constructions de 2 ou 3 étages, l'on ne prévoit pas de liaisons armées lorsque le plancher reprend uniquement la charge utile verticale et qu'il n'intervient pas dans la stabilité horizontale. Dans tous les autres cas, une armature de liaison avec la structure portante est prévue, remplissant les fonctions suivantes :

- liaison d'éléments de plancher avec la structure portante ;
- transfert de forces de traction des façades vers les systèmes stabilisateurs (noyaux, murs transversaux) ;
- redistribution d'effets de retrait, fluage et température, et d'effets occasionnés par des tassements éventuels de la construction.

Les planchers composés d'éléments précontraints alvéolés sont normalement exécutés avec des appuis isostatiques. Dès lors, les armatures de liaison à l'endroit des appuis se placent plus ou moins à mi-hauteur de la section. Dans le cas de planchers sans couche de solidarisation, cette armature peut être placée soit dans les joints longitudinaux, soit dans les alvéoles découpées. La longueur d'ancrage de l'armature dans les joints sera d'au moins 1,5 m, tandis que l'ancrage dans les alvéoles découpées comportera 0,5 à 0,8 m en fonction de l'épaisseur de la dalle.

6. VERBINDINGEN

Hierna volgt een reeks voorbeelden van goede verbindingen voor holle voorgespannen vloerelementen voor een aantal klassieke situaties.

6.1. Oplegglengte

De aanbevolen minimum-oplegglengtes worden gegeven in onderstaande tabel.

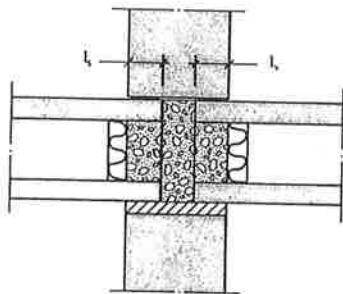
6.2. Verbindingen ter plaatse van de oplegging

Wanneer de vloer enkel de nuttige verticale belasting draagt en niet tussenkomt in de horizontale stabiliteit worden geen gewapende verbindingen voorzien wanneer het om eenvoudige constructies gaat met maximum 2 of 3 bouwlagen. In alle andere gevallen wordt een verbindingwapening voorzien welke volgende functies vervult :

- verbinden van de vloerelementen met de dragende constructie ;
- overdragen van trekkrachten van de gevels naar de verstijvingssystemen (kernen, dwarswanden) ;
- herverdelen van krimp-, kruip- en temperatuureffecten, en effecten veroorzaakt door eventuele zettingen van de constructie.

Vloeren uit voorgespannen holle elementen worden normaal uitgevoerd met isostatische opleggingen. De verbindingwapeningen ter plaatse van de steunpunten worden daarom min of meer in het midden van de vloerdikte geplaatst. Bij vloeren zonder druklaag kan deze wapening ofwel in de langse voegen, ofwel in opengehakte sleuven ter plaatse van de langse kanalen geplaatst worden. De verankeringslengte zal bij wapeningen in de voegen minstens 1,5 m bedragen en bij opgestorte sleuven 0,5 tot 0,8 m, afhankelijk van de plaatdikte.

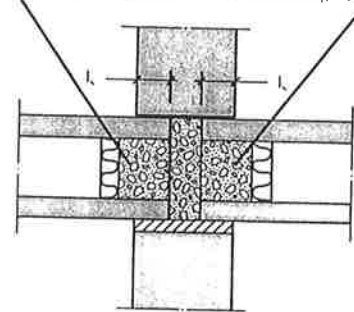
En plus, lors d'essais, il s'est avéré qu'il y a lieu d'éviter des discontinuités aux abouts des éléments pendant le bétonnage des liaisons avec la structure portante. Ces discontinuités se créent par exemple lorsque le béton de remplissage pénètre trop loin dans les alvéoles. Selon les règles de l'art, le béton de remplissage ne peut pas pénétrer au-delà du nu extérieur de l'appui, à moins de remplir l'alvéole sur au moins 0,5 à 0,8 m. L'explication se trouve dans le fait qu'à l'état ultime, la première fissure se produira à l'endroit le plus faible de la section, et que la zone située entre le nu de l'appui et la longueur de transfert de la précontrainte est plus défavorable que l'about de la dalle ou la zone au-delà de la longueur de transfert.



BONNE SOLUTION / GOEDE OPLOSSING

Uit proeven is bovendien gebleken dat men tijdens het betonneren van de verbindingen met de steunconstructie discontinuïteiten moet vermijden aan de uiteinden van de elementen. Dergelijke discontinuïteiten ontstaan wanneer het vulbeton te ver in de langse holten van de vloerelementen doordringt. Om goed te zijn mag het vulbeton ofwel niet verder komen dan de rand van de steunconstructie, ofwel moet het minstens tot 0,5 à 0,8 m ver in de langse kanalen doordringen. De verklaring ligt in het feit dat in de uiterste grenstoestand scheurvorming zich eerst voordoet op de zwakste plaatsen van de doorsnede, en dat de zone tussen de rand van de constructie en de overdracht lengte van de voorspanning ongunstiger is voor dergelijke scheuren dan het uiteinde zelf van de elementen, of de zone voorbij de overdrachts lengte.

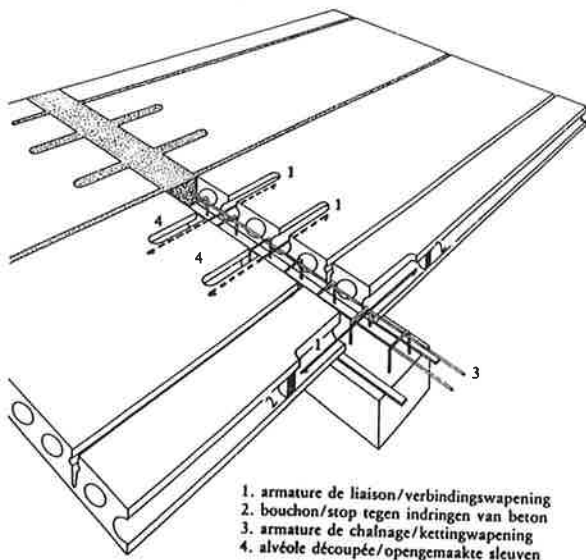
le béton de remplissage pénètre trop loin dans les alveoles - het vulbeton dringt te ver in de kanalen door



MOINS BON / MINDER GOEDE OPLOSSING

a. Liaisons avec façades et poutres intermédiaires

Les dessins suivants donnent des exemples d'armatures de liaison dans les joints longitudinaux ou dans les alvéoles découpées, dans le cas d'appuis intermédiaires.

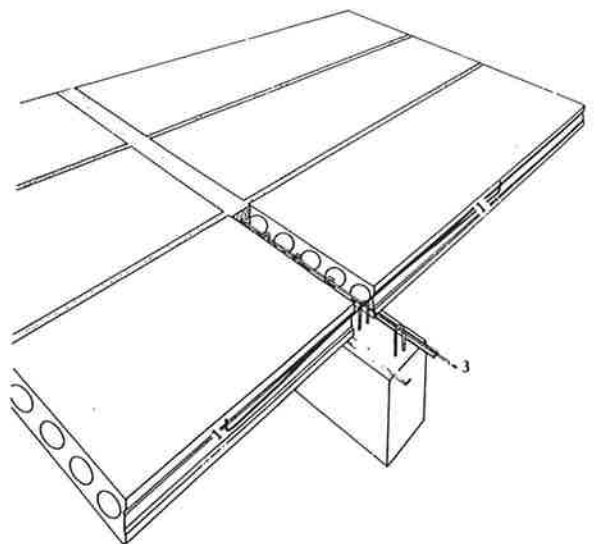


1. armature de liaison/verbindingwapening
2. bouchon/stop tegen indringen van beton
3. armature de chalnage/kettingwapening
4. alvéole découpée/opengemaakte sleuven

ARMATURE DE LIAISON DANS ALVEOLES (LONGITUDINALES) DECOUPEES/VERBINDINGSWAPENING IN SLEUVEN TER PLAATSE VAN DE LANGSE KANALEN

a. Verbindingen met gevels en tussenbalken

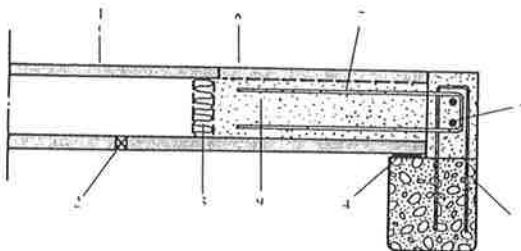
Onderstaande tekeningen geven voorbeelden van verbindingswapeningen in langse voegen of in sleuven ter plaatse van de langse kanalen voor tussensteunpunten.



ARMATURE DE LIAISON DANS JOINTS LONGITUDINAUX/VERBINDINGSWAPENING IN DE LANGSE VOEGEN

Dans le cas de liaison avec des éléments de façade, on ancrera de préférence l'armature dans les alvéoles à cause des tolérances d'implantation des barres d'attente.

b. Liaison avec poutre de rive - Exemple d'armature dans l'alvéole

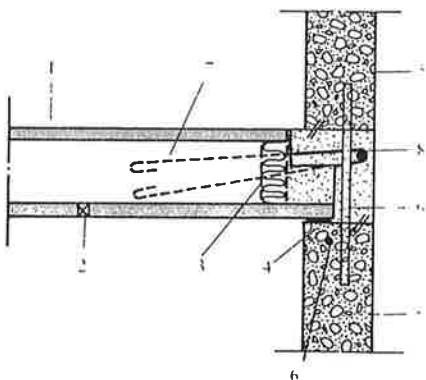


Ter plaatse van de verbinding met gevelelementen zal men bij voorkeur de wapening in de sleuven verankeren omwille van de tolerantie op de inplanting der wachtstaven.

b. Verbindingen met een randbalk - Voorbeeld wapening in sleuf

1. élément de plancher/vloerelement
2. trou d'évacuation d'eau/draineergaatje
3. bouchon dans les alvéoles/stop in de langse kanalen
4. appui néoprène/neopreenoplegging
5. poutre/balk
6. armature de chaînage/kettingwapening
7. armature de liaison poutre - plancher/verbindingswapening balk-vloer
8. alvéole défoncée/opengemaakte sleuf
9. béton de remplissage/vulbeton

c. Liaison avec mur portant

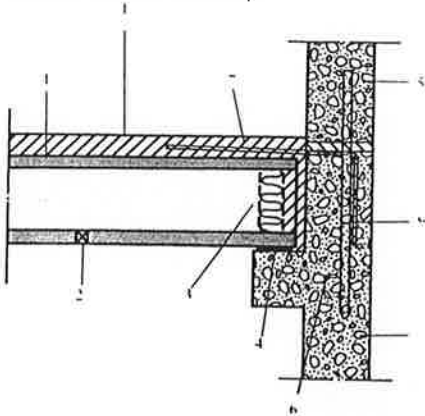


c. Verbinding met dragende wand

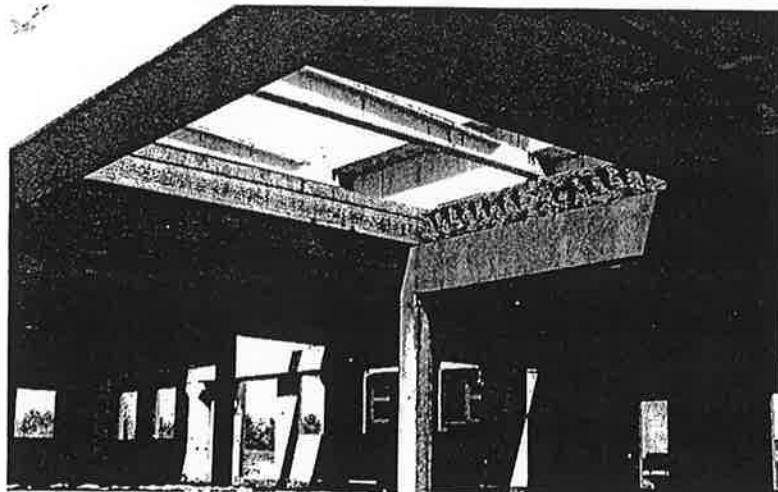
1. élément de plancher/vloerelement
2. trou d'évacuation d'eau/draineergaatje
3. bouchon/stop
4. appui néoprène/neopreen
5. mur/wand
6. chaînage/ketting
7. armature de liaisonnement dans le joint/verbindingswapening in de voeg
8. armature de chaînage/kettingwapening
9. goujon/deuvel

EXEMPLE D'ARMATURE DANS LE JOINT/VOORBEELD WAPENING IN DE VOEG

couche de solidarisation /druklaag



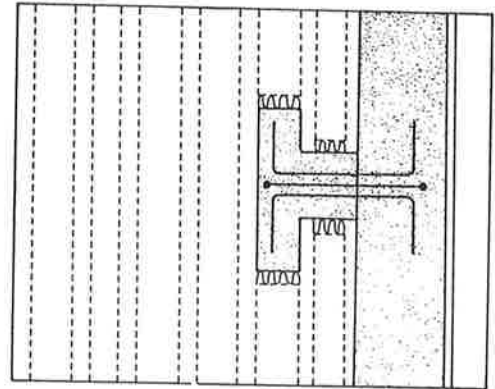
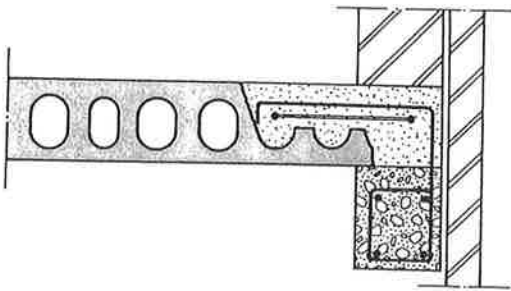
EXEMPLE D'ARMATURE DANS LA COUCHE DE SOLIDARISATION/VOORBEELD WAPENING IN DE DRUKLAAG



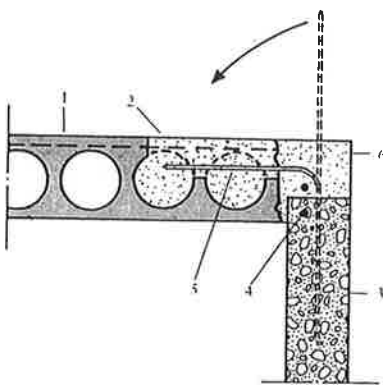
APPUI INTERMEDIAIRE DE PLANCHER POUR OUVERTURE D'ESCALIER. TUSSENSTEUN VOOR TRAPOENING IN VLOER

6.3. Liaisons au droit des parois latérales

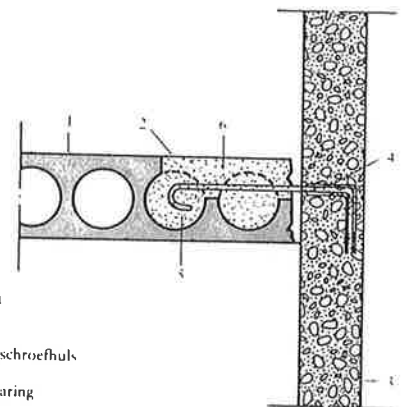
6.3. Verbindingen ter plaatse van de zijranden



APPUI LATERAL TYPE TETE DE MARTEAU / ZIJDELINGSE OPLEG D.M.V. HAMERKOPPEN



1. élément de plancher/vloerelement
2. découpe tête de marteau/hamerkopuitsnijding
3. paroi latérale/zijwand
4. chaînage/ketting
5. armature de liaison/verbindingswapening
6. poutre de rive à bétonner/te betonneren randbalk

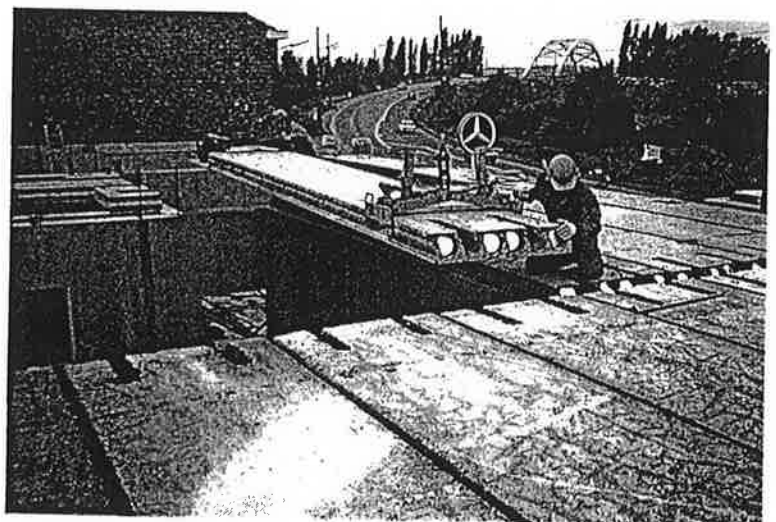


1. élément de plancher/vloerelement
2. tête de marteau/hamerkop
3. paroi/wand
4. douille fileté ancrée/verankerde schroefhuls
5. armature/wapening
6. vide à bétonner/te betonneren sparing

LIAISON A UN MUR LATERAL AVEC BARRES D'ATTENTE A PLIER /
VERBINDINGEN MET EEN ZIJWAND MET OM TE PLOOIEN WACHTS-
TAVEN

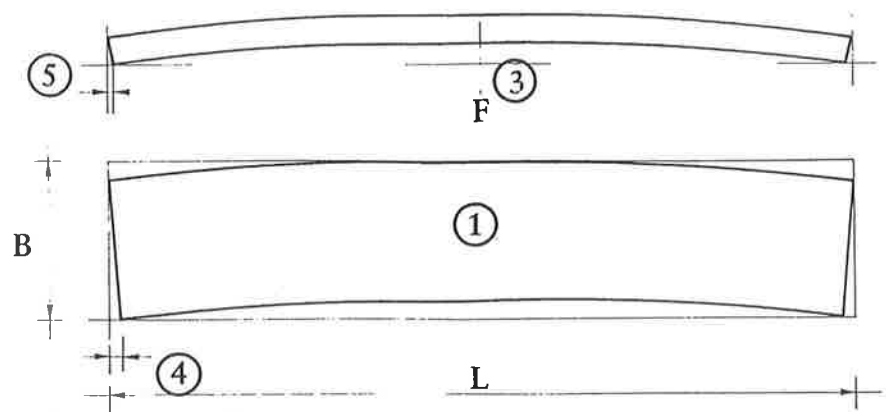
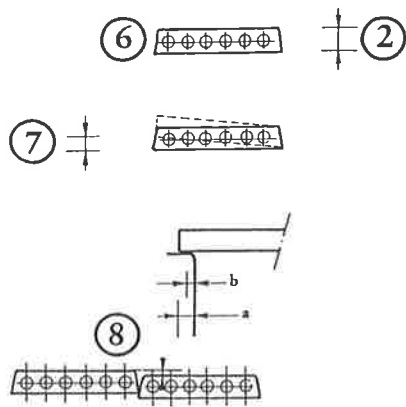
LIAISON A UN MUR LATERAL CONTINU AVEC BARRES DANS DOUIL-
LES FILETES /VERBINDING MET EEN DOORLOPENDE ZIJWAND
MET STAVEN IN SCHROEFHULZEN

ELEMENTS DE PLANCHER ALVEOLES DANS IMMEUBLE
A APPARTEMENTS/HOLLE VLOERELEMENTEN IN APPARTEMEN I SBROUW



Dans le cas de planchers avec couche de solidarisation,
les liaisons sont entièrement prévues dans la couche de so-
lidarisation.

Bij vloeren met een druklaag worden de verbindingen vol-
ledig in de druklaag voorzien.



<p>7.1. Production</p> <p>7.1.1. Ecart admissibles sur dimensions</p> <p>① Rectangle circonscrit projeté Ecart sur longueur L : Ecart sur largeur B :</p> <p>② Epaisseur Ecart :</p> <p>③ Contreflèche Ecart sur valeur de calcul F :</p> <p>④ Equerrage Ecart :</p> <p>⑤ Verticalité Ecart :</p> <p>⑥ Planéité Ecart :</p> <p>⑦ Gauchissement :</p>	<p>$\pm (20 + \frac{L \text{ mm}}{2000}) \text{ mm}$</p> <p>+ 5 mm - 10 mm</p> <p>+ 10 mm - 5 mm</p> <p>$\pm (10 + \frac{L \text{ mm}}{1000}) \text{ mm}$</p> <p>$\leq 20 \text{ mm}$</p> <p>$\leq 15 \text{ mm}$</p> <p>10 mm</p> <p>$\leq 15 \text{ mm}$</p>	<p>7.1. Produktie</p> <p>7.1.1. Toleranties op afmetingen</p> <p>① Geprojecteerde omschreven rechthoek Afwijking op lengte L : Afwijking op breedte B :</p> <p>② Dikte Afwijking :</p> <p>③ Opbuiging Afwijking op de berekende waarde F :</p> <p>④ Haaksheid Afwijking :</p> <p>⑤ Vertikaliteit Afwijking :</p> <p>⑥ Vlakheid Afwijking :</p> <p>⑦ Scheluwte :</p>
---	---	--

7.1.2. Commentaire

- ③ Sauf avis contraire du maître de l'ouvrage, la contre-flèche retenue est la valeur de calcul à 3 mois après la mise en précontrainte.
- ⑥ Jeu entre la surface de la dalle et une latte droite de 500 mm de long, placée sur la dalle.
- ⑦ Le gauchissement est la rotation angulaire des deux faces d'appui entre elles.

7.1.3. Ecart admissible sur détails

Emplacements de trous et découpes, réalisés dans le béton frais : ± 50 mm ;

Emplacements de trous et découpes, réalisés dans le béton durci : ± 20 mm.

7.1.4. Finition

La face supérieure de la dalle est égalisée par la machine. La face inférieure est lisse de moulage, les écornures aux angles survenues lors du découpage à longueur des éléments, ne sortant pas de l'appui et inférieures à 20% de la largeur de l'élément ne sont pas ragrées à l'usine, mais coulées en place avec le béton de liaison.

7.2. Montage

7.2.1. Ecart admissible sur implantation

Ecart par rapport aux axes de référence à l'endroit des appuis : ± 10 mm.

7.2.2. Ecart admissible sur longueur d'appui

Ecart sur valeur minimum de "a": -10 mm.

7.2.3. Ecart admissible sur niveau

Ecart par rapport au niveau de référence à l'endroit des appuis : ± 10 mm.

- ⑧ L'écart entre deux hourdis contigus de même type et de même longueur n'est pas supérieur à la plus grande des valeurs suivantes : 10 mm ou $\frac{L}{1000}$.

7.1.2. Toelichting

- ③ Tenzij door de opdrachtgever anders wordt opgegeven, wordt voor de opbuiging de berekende waarde na 3 maanden na het voorspannen aangehouden.
- ⑥ Speling tussen de bovenzijde van de plaat en een rechte lat van 500 mm lang welke op het oppervlak geplaatst is.
- ⑦ De scheluwte is de hoekverdraaiing van de oplegvlakken ten opzichte van elkaar.

7.1.3. Toleranties op voorzieningen

Plaatsing van openingen in vers beton : ± 50 mm ;

Plaatsing van openingen in verhard beton : ± 20 mm.

7.1.4. Afwerking

De bovenzijde van de plaat wordt door de machine afgereid. De onderzijde komt glad uit de mal. Beschadigingen van hoeken ten gevolge van het op lengte maken, welke niet buiten de opleglengte komen en minder dan 20% van de breedte bedragen, worden niet in de fabriek bijgewerkt maar ter plaatse aangestort.

7.2. Montage

7.2.1. Plaatsingstoleranties

Afwijking t.o.v. de referentieassen ter plaatse van de oplegging : ± 10 mm.

7.2.2. Toleranties op opleglengte

Afwijking t.o.v. de minimumwaarde van "a": -10 mm.

7.2.3. Toleranties op niveau

Afwijking t.o.v. het referentieniveau ter plaatse van de oplegging : ± 10 mm.

- ⑧ Het verschil tussen 2 naast elkaar liggende platen van hetzelfde type en dezelfde lengte is niet groter dan de grootste van de volgende waarde : 10 mm of $\frac{L}{1000}$.

8. DECOUPES ET ENCOCHES

Les découpes et encoches rectangulaires sont normalement effectuées en usine dans le béton frais. Les trous circulaires sont généralement forés dans le béton durci, soit en usine, soit sur chantier. Normalement, leur diamètre est légèrement inférieur à celui des alvéoles longitudinales.

8.1. Petits orifices circulaires

Ces découpes sont généralement effectuées au coeur même des alvéoles, entre les armatures de précontrainte ; leur diamètre est inférieur de 20 mm à la largeur de l'alvéole. Elles peuvent être effectuées n'importe où, même après montage. Il est préférable de prévoir une grande découpe au lieu de plusieurs orifices trop rapprochés.

8.2. Grandes découpes

Les grandes découpes ne peuvent être effectuées qu'en usine. Il y a lieu de respecter les règles suivantes :

a. Grandes découpes au droit de l'appui et sur la face latérale

La largeur de l'encoche est limitée à $1/3$ de la largeur de l'élément, pour les épaisseurs inférieures à 120 mm, et à $1/4$, pour les épaisseurs supérieures. La longueur de l'encoche est limitée à $1/5$ de la portée, avec un maximum de 2 m.

b. Grandes découpes au centre de l'élément

La largeur de la découpe est limitée à $1/3$ de la largeur de l'élément. On peut réaliser des largeurs supérieures en localisant la découpe au droit des joints longitudinaux entre les éléments, de ce fait, l'on peut effectuer une double encoche dans le bord latéral. La longueur de la découpe au centre est également limitée à $1/5$ de la portée, avec un maximum de 2 m.

Lorsque de plus grandes découpes sont nécessaires, il y a lieu de recourir à un chevêtre. Certaines découpes peuvent affaiblir l'élément nécessitant un type d'armature plus lourd ou un plancher plus épais.

8. OPENINGEN EN SPARINGEN

Rechthoekige openingen of sparingen in holle vloerelementen worden normaal op de fabriek in het verse beton gemaakt. Ronde openingen worden meestal in het verharde beton geboord, hetzij op de fabriek, hetzij op de bouwplaats. Normaal is de diameter beperkt tot iets minder dan de doormeter van de langse kanalen.

8.1. Kleine ronde sparingen

Deze sparingen worden aangebracht in het hart van het kanaal, tussen de voorspanwapening, en hebben een doormeter welke 20 mm kleiner is dan de breedte van het kanaal. Zij mogen om het even waar aangebracht worden, ook na montage. Indien kleine sparingen te dicht bij elkaar liggen, is het raadzaam om een grote sparing te voorzien.

8.2. Grote sparingen

Grote sparingen kunnen enkel op de fabriek gemaakt worden. Volgende regels dienen in acht genomen te worden :

a. Grote sparingen aan de oplegging en aan de zijkant

De breedte van de sparing wordt beperkt tot $1/3$ van de breedte van het element voor diktes tot 120 mm en tot $1/4$ voor grotere diktes. De lengte van de sparing wordt beperkt tot $1/5$ van de overspanning, met een maximum van 2 m.

b. Grote sparingen in het midden van het element

De breedte van de sparing wordt beperkt tot $1/3$ van de breedte van het element. Grotere breedtes kunnen bekomen worden door de sparing te localiseren ter plaatse van de langse voegen tussen de elementen vermits dan tweemaal de sparing in de zijrand kan genomen worden. De lengte van de sparing in het midden is eveneens beperkt tot $1/5$ van de overspanning, met een maximum van 2 m.

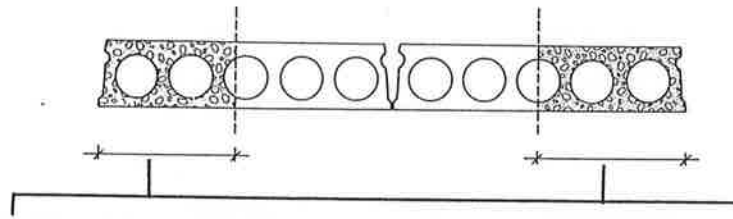
Indien grotere sparingen vereist worden, moet men een raveelconstructie toepassen. Sommige sparingen kunnen het element verzwakken zodat een zwaarder wapenings-type of een dikkere vloer voorzien moet worden.

9. TROUS D'EVACUATION D'EAU

De petits orifices de 8 à 20 mm de diamètre doivent être effectués dans la partie inférieure des éléments, au centre des canaux longitudinaux. Ces orifices sont destinés à drainer l'eau qui, après bétonnage des liaisons, est susceptible de pénétrer dans les alvéoles longitudinales. Ils se trouvent à quelque 1 à 1,5 m de l'extrémité. On veillera à ce que ces orifices restent toujours ouverts.

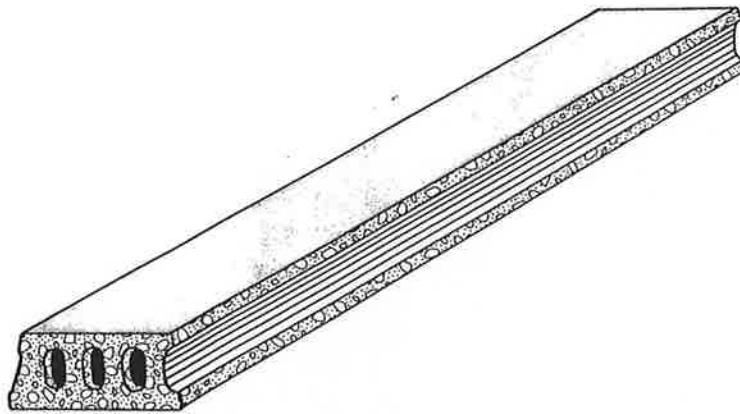
10. DALLES NON MODULAIRES

Il est conseillé de moduler le plancher sur la largeur nominale des éléments (1200 mm). On peut toutefois confectionner des dalles non modulaires de rattrapage, à condition de respecter les règles suivantes :



II. FAUT PRESERVER AU MOINS DEUX ALVEOLES (3 NERVURES) / ER MOETEN MINSTENS TWEE LANGSE KANALEN OVERBLIJVEN

UNE DEMI-DALLE N'EST POSSIBLE QUE SI LA DALLE PRESENTE UNE ALVEOLE AU CENTRE / EEN HALVE PLAAT IS ENKEL MOGELIJK INDIEN EEN CENTRAAL KANAAL AANWEZIG IS.



REMARQUE : LES DALLES DE RATTRAPAGE PRESENTENT TOUJOURS UNE FACE LATÉRALE RUGUEUSE ; ELLES ONT UNE TOLERANCE DE ± 2 CM DANS LE SENS DE LA LARGEUR

OPGELET : PASPLATEN HEBBEN STEEDS EEN RUWE ZIJKANT EN HEBBEN EEN TOLERANTIE VAN ± 2 CM IN DE BREEDTE

- le sciage d'une dalle dans le sens longitudinal doit toujours être effectué à l'endroit d'une alvéole longitudinale ;
- la largeur minimale d'une dalle de rattrapage est d'environ 300 mm pour les éléments jusqu'à 6 m de long, et de 400 mm pour les longueurs supérieures. Il faut toutefois préserver au moins 2 alvéoles complètes longitudinales (3 nervures) pour la stabilité lors des manipulations et du transport ;
- la partie de plancher restante peut être coulée sur place, et liaisonnée aux éléments par des têtes de marteau.

- het doorzagen van een plaat in de langse richting gebeurt altijd ter plaatse van een langs kanaal ;
- de minimumbreedte van een pasplaat bedraagt ongeveer 300 mm voor elementen tot 6 m lengte en 400 mm daarboven. Er moeten in elk geval minstens 2 volledige langse kanalen overblijven voor de stabiliteit tijdens manipulaties en transport ;
- het overblijvende vloer gedeelte kan altijd ter plaatse gestort worden, met hamerkopverbindingen met de elementen.

9. DRAINEERGAATJES

In de onderzijde van de elementen kunnen gaatjes van 8 à 20 mm doormeter aangebracht worden, in het centrum van de langse kanalen, voor het draineren van het water dat na opbetonnen van de verbindingen in de langse kanalen eventueel zou kunnen doorsijpelen. Ze bevinden zich op ongeveer 1 à 1,5 m van het uiteinde. Men dient er steeds voor te zorgen dat deze gaatjes open blijven.

10. PASPLATEN

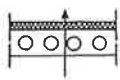
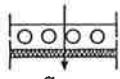
Het is vanzelfsprekend aangewezen om zoveel mogelijk de vloer te moduleren op de plaatbreedte van de elementen (1200 mm). De mogelijkheid bestaat echter om pasplaten te maken op voorwaarde dat men zich aan enkele regels houdt :

11. ISOLATION THERMIQUE

Le tableau ci-après donne les coefficients de résistance thermique "R" et les coefficients de transmission thermique "K" pour les différents types d'éléments, en fonction de la direction du flux.

11. THERMISCHE ISOLATIE

Onderstaande tabel geeft de warmteweerstandscoefficienten "R" en de warmtedoorgangscoefficienten "K" voor de verschillende types elementen, in functie van de fluxrichting.

	Epaisseur éléments/Dikte vloerelementen			
	150	200	265	320
Coefficient de résistance thermique R/ Warmteweerstandscoefficient R (m ² .°K/W)				
- élément de plancher/vloerelement	0,15	0,17	0,22	0,24
- isolation/isolatie (λ = 0,04 W/m.°K)				
· épaisseur/dikte 50 mm	1,25	1,25	1,25	1,25
· épaisseur/dikte 100 mm	2,50	2,50	2,50	2,50
- R _i + R _e = (1/α _i + 1/α _e)				
· flux ascendant/opwaartse flux	0,16	0,16	0,16	0,16
· flux descendant/neerwaartse flux	0,21	0,21	0,21	0,21
Valeur K /K -waarde (W/m ² .°K)				
- sans isolation/zonder isolatie				
· flux ascendant/opwaartse flux	3,23	3,03	2,63	2,50
· flux descendant/neerwaartse flux	2,78	2,63	2,32	2,22
- avec isolation/met isolatie				
 50 mm	0,64	0,63	0,61	0,61
100 mm	0,36	0,35	0,35	0,34
 50 mm	0,62	0,61	0,59	0,59
100 mm	0,35	0,35	0,34	0,34



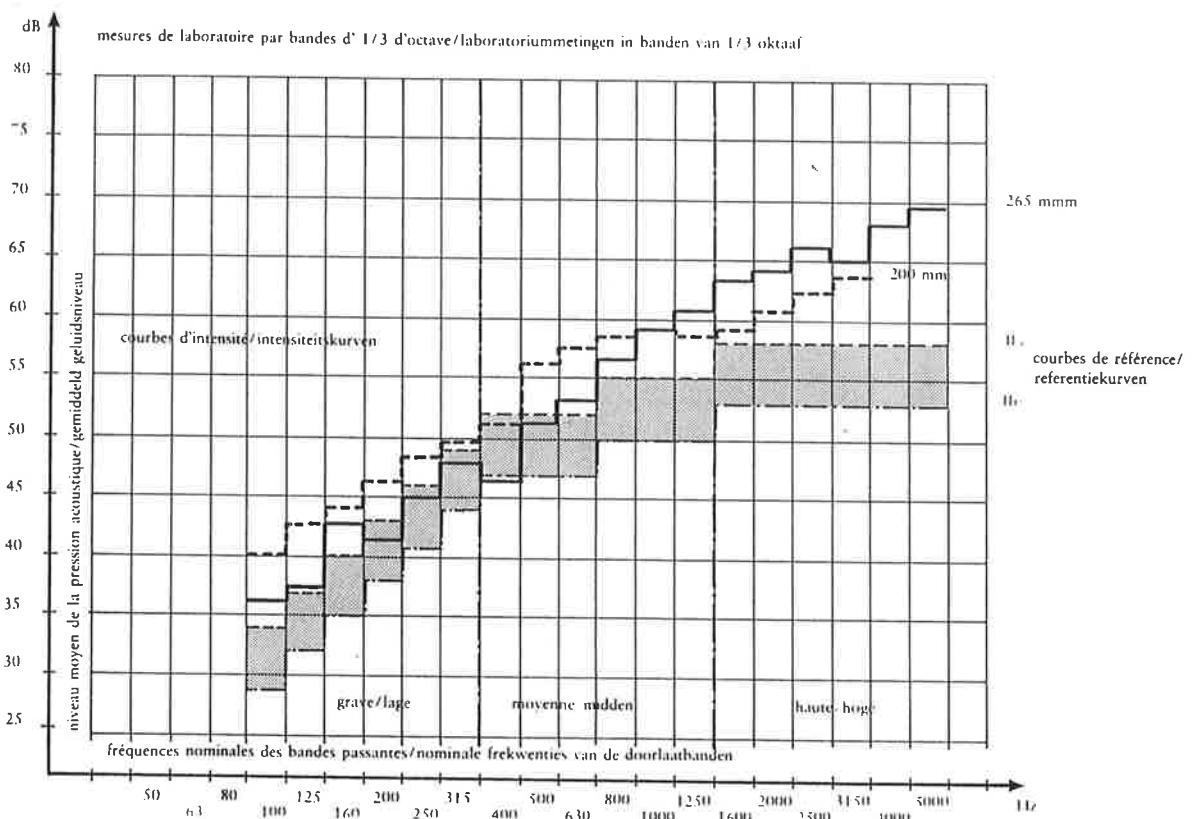
DES ELEMENTS ALVEOLES PRECONTRAINITS DANS UNE STRUCTURE METALLIQUE./HOLLE VLOERELEMENTEN IN VOORGESPANNEN BETON IN KOMBINATIE MET EEN METAALSTRUKTUUR

12. ISOLATION ACOUSTIQUE

Le graphique ci-après donne l'indice d'affaiblissement acoustique pour une dalle de plancher alvéolée de 200 et 265 mm d'épaisseur, selon la NBN S 01-400.

12. AKOESTISCHE ISOLATIE

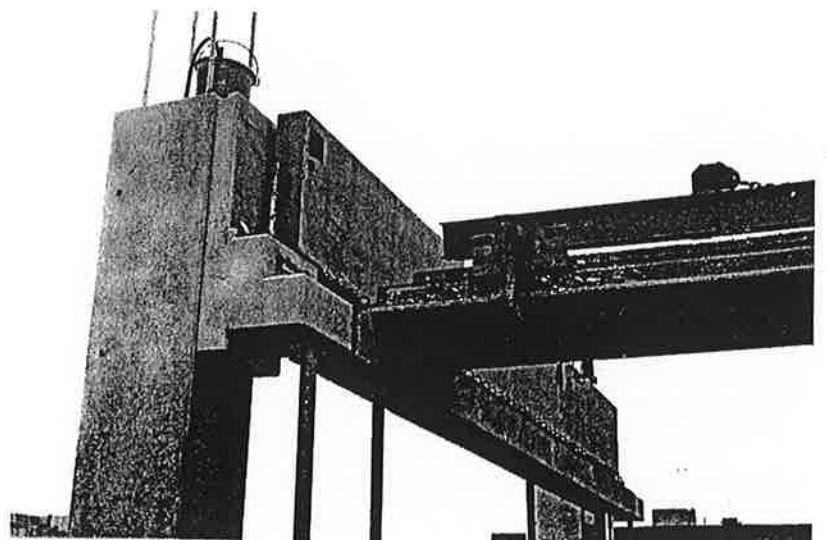
Onderstaande grafiek geeft de geluidsverzwakkingsindex voor een holle vloerplaat van 200 en 265 mm dikte volgens NBN S 01-400.



L'indice moyen d'affaiblissement acoustique d'un plancher creux de 200 mm d'épaisseur, et avec une couche de finition de 20 mm de béton, est de 52,5 dB; pour un plancher de 265 mm d'épaisseur et avec une couche de finition également de 20 mm, il est de 57 dB.

De gemiddelde geluidsverzwakkingsindex van een holle vloer van 200 mm dikte met een afwerklaag van 20 mm beton bedraagt 52,5 dB en voor een vloer van 265 mm dikte met eveneens 20 mm afwerklaag 57 dB.

FAÇADE PORTANTE EN BETON ARCHITECTONIQUE ET PLANCHERS EN ELEMENTS ALVEOLES PRECONTRAINS POUR IMMEUBLE DE BUREAUX/BUREELGEBOUW MET DRAGENDE GEVELS IN ARCHITEKTONISCH BETON EN VLOEREN IN HOLLE VOORGESPANNEN ELEMENTEN



13. TEXTE POUR CAHIER DES CHARGES TYPE

ELEMENTS DE PLANCHER PREFABRIQUES EN BETON PRECON-
TRAINTE

Ces éléments ont une section rectangulaire d'une largeur nominale de 1200 mm, et présentent une face inférieure lisse. Des alvéoles longitudinales sont prévues sur toute la longueur, en vue de diminuer le poids propre. Les faces latérales sont profilées en vue d'assurer la solidarisation du plancher. Les éléments ne nécessitent pas d'appui intermédiaire lors du montage.

Le béton se compose de granulats courants (gravier ou concassé) ou de granulats légers. La qualité du béton est soumise à un contrôle statistique.

La résistance caractéristique à la compression du béton à 28 jours est au moins égale à 43 N/mm^2 en cas de béton à base de granulats légers et à 55 N/mm^2 en cas de béton normal.

La précontrainte est effectuée à l'aide de torons ou de fils de précontrainte, et l'ancrage est assuré par adhérence. Les armatures de précontrainte portent la marque de certification BENOR.

Le calcul et l'exécution sont effectués conformément aux prescriptions des normes belges correspondantes.

Les éléments de plancher alvéolés précontraints portent la marque de certification "PROBETON".

Lors de l'application éventuelle d'une couche de solidarisation, l'épaisseur, la qualité de béton et l'armature sont indiquées par le fabricant.

La face supérieure des éléments de plancher est rugueuse, en vue d'améliorer l'adhérence avec la couche de solidarisation.

Les surfaces doivent être nettoyées et humidifiées avant remplissage des joints et avant l'application éventuelle de la couche de solidarisation.

13. TEKST VOOR TYPEBESTEK

PREFABVLOERELEMENTEN IN VOORGESPANNEN BETON

De elementen hebben een rechthoekige doorsnede met een nominale breedte van 1200 mm, en een gladde onderzijde. Over de ganse lengte zijn langse kanalen aangebracht om het eigen gewicht te besparen. De zijranden van de elementen zijn geprofileerd om de samenwerking van de vloer te verzekeren. De elementen behoeven geen tijdelijke tussenondersteuning bij de montage.

Het beton is samengesteld op basis van gewone granula-
ten (grind of steenslag) of lichte granula-
ten. De beton-
kwaliteit wordt aan een statistische controle onderwor-
pen.

De karakteristieke druksterkte van het beton op 28 dagen bedraagt minstens 43 N/mm^2 voor beton met lichte granula-
ten en 55 N/mm^2 voor gewoon beton.

De voorspanning wordt verwezenlijkt door middel van voorspanstrengen of -draden, en de verankering ervan gebeurt op kleef. De voorspanwapeningen dragen het BENOR-keuringscertificaat.

De berekening en uitvoering gebeurt in overeenstemming met de voorschriften van de overeenstemmende Belgische normen.

De voorgespannen holle vloerelementen dragen het keu-
ringscertificaat "PROBETON".

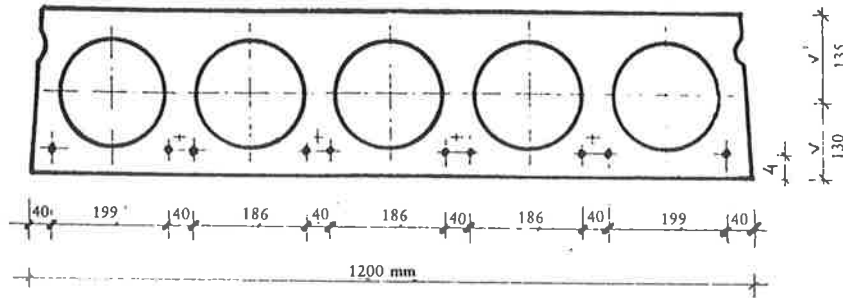
Bij toepassing van een eventuele druklaag moet de dikte, betonkwaliteit en wapening door de fabrikant worden opgegeven.

Het bovenzvlak van de vloerelementen is ruw, teneinde de aanhechting met de druklaag te bevorderen.

Vóór het aanbrengen van de voegvulling en de eventuele druklaag moeten de oppervlakken gereinigd en volledig bevochtigd worden.

Exemple de calcul

1. Données



$$I = 1567.10^6 \text{ mm}^4$$

$$S = 7,66.10^6 \text{ mm}^3$$

$$b_w = 248 \text{ mm}$$

$$h_t = 265 - 40 = 225 \text{ mm}$$

$$A_c = 178.10^3 \text{ mm}^2$$

$$W_o = \frac{I}{V} = 12,06.10^6 \text{ mm}^3$$

$$e = 90 \text{ mm}$$

Berekeningsvoorbeeld

1. Gegevens

10 torons/strengen $\varnothing 3/8''$

$$f_{ptk} = 1870 \text{ N/mm}^2$$

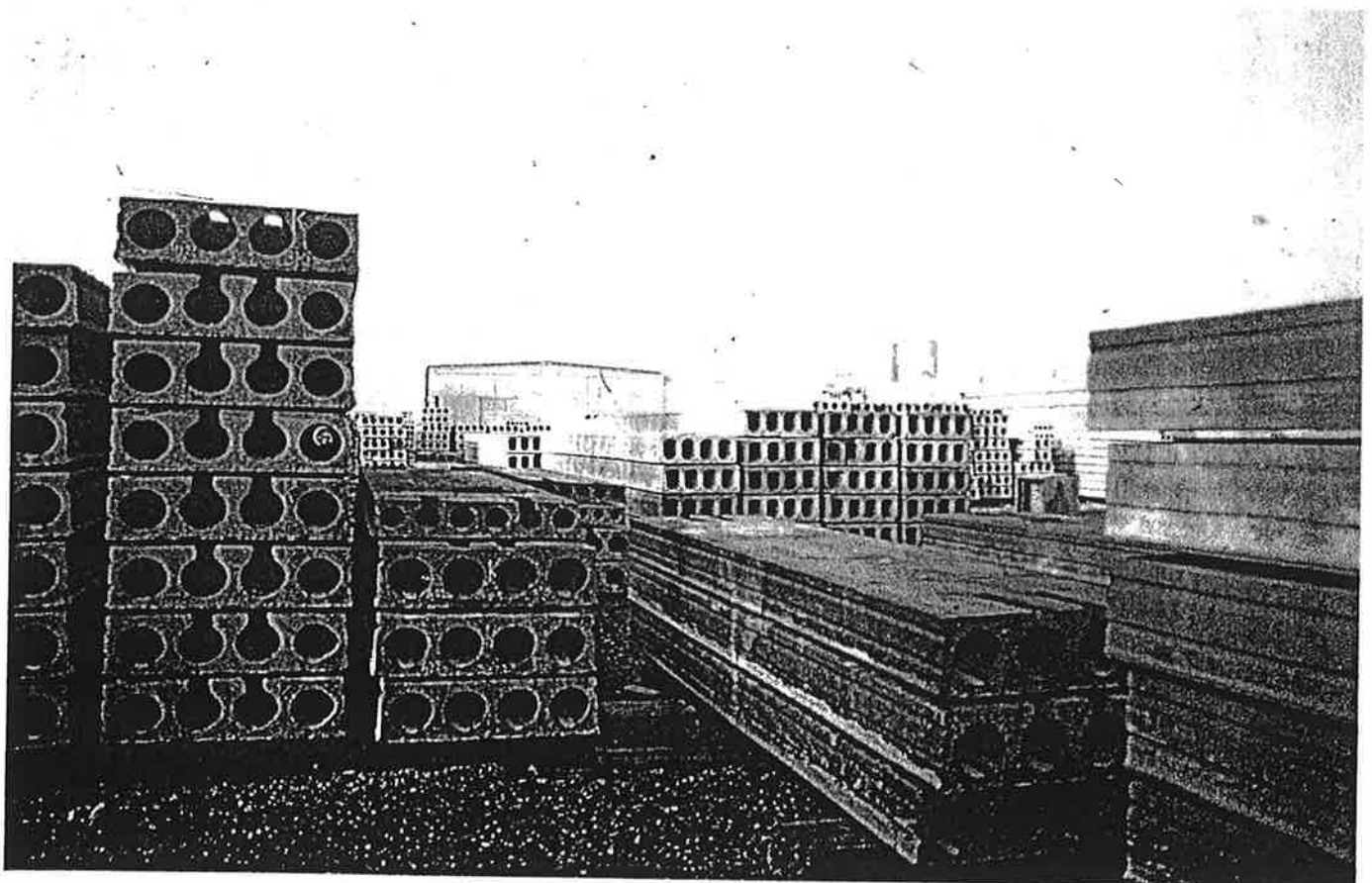
$$f_{pd} = 1625 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_p = 1100 \text{ N/mm}^2 \text{ (précontrainte effective après pertes / effectieve voorspanning na verliezen)}$$

$$f_{ck,kub} = 65 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{ck,cyl} = 60 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{ctk} = 3,2 \text{ N/mm}^2$$



2. Rupture par combinaison d'effort tranchant et de compression 2. Dwarskrachtdrukbreuk
compression

$$V_{Rd,1} = \tau_{Rd} \times b_w \times h_t \times K \times (1 + 50e_l) + \frac{0,9.M_o}{M_x/V_x}$$

$$\tau_{Rd} = 0,36$$

f_{ck} N/mm ²	25	30	35	40	45	≥ 50
τ_{Rd} N/mm ²	0,27	0,29	0,31	0,33	0,34	0,36

$$b_w = 248 \text{ mm}$$

$$h_t = 225 \text{ mm}$$

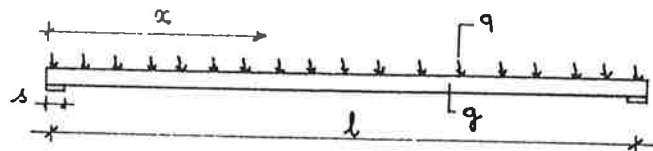
$$K = 1,6 - 0,225 = 1,375$$

$$e_l = \frac{A_p}{b_w \cdot h_t} = \frac{10 \times 52}{248 \times 225} = 0,0093$$

$$M_o = A_p \cdot \sigma_p \left(e + \frac{W_o}{A_c} \right)$$

$$= 10 \times 52 \times 1100 \left(90 + \frac{12,06 \cdot 10^6}{178 \cdot 10^3} \right)$$

$$= 90,23 \text{ kNm}$$



$$Q = q + g$$

$$M_x = \frac{1}{2} Q \cdot x (l - x)$$

$$V_x = \frac{1}{2} Q (l - 2x)$$

$$\frac{M_x}{V_x} = \frac{\frac{x}{l} \left(1 - \frac{x}{l} \right)}{\left(1 - \frac{2x}{l} \right)} \cdot l$$

$$\text{of / ou } t = \frac{x}{l} \rightarrow \frac{t(1-t)}{(1-2t)} \cdot l$$

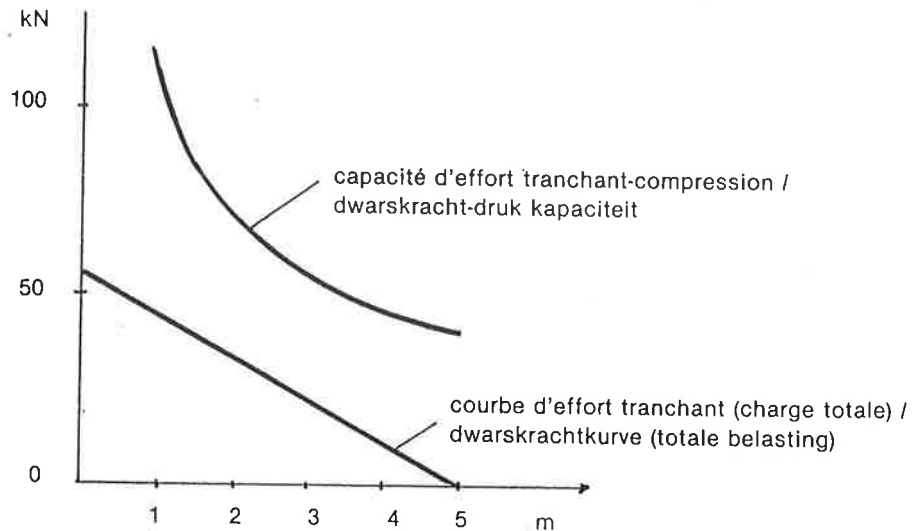
$$V_{Rd,1} = 40,46 + \frac{0,9 \times 90,23}{l} \cdot \frac{1-2t}{t(1-t)}$$

Les courbes de capacité d'effort tranchant-compression peuvent donc être calculées à l'aide de la formule reprise ci-dessus en fonction de l et x .

De dwarskracht-druk capaciteitskurven kunnen vervolgens met bovenstaande formule berekend worden in functie van l en x .

A titre illustratif, nous avons calculé la courbe pour $l = 10$ m.

Ter illustratie hebben wij de kurve berekend voor $l = 10$ m.



Les courbes de performance donnent pour cette portée une charge utile admissible de 4 kN/m^2 . Le poids propre de la dalle est de $3,63 \text{ kN/m}^2$. La valeur de calcul de la charge est donc de :

De performantiekurven geven voor deze overspanning een toelaatbare nuttige belasting van 4 kN/m^2 . Het eigengewicht van de plaat is $3,63 \text{ kN/m}^2$. De rekenwaarde van de belasting is derhalve :

$$Q_{Rd} = 1,5 \times 4 + 1,35 \times 3,63 = 10,9 \text{ kN/m}^2$$

La courbe de l'effort tranchant est donnée dans la figure ci-dessus. L'on constate que la capacité d'effort tranchant-compression de l'élément de plancher est nettement supérieure.

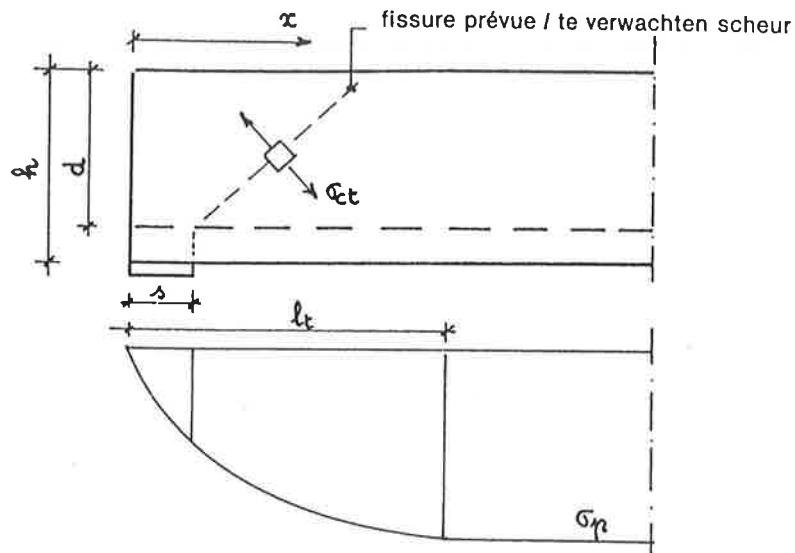
Op bovenstaande figuur is de dwarskrachtkurve aangegeven. Men stelt vast dat de dwarskracht-druk capaciteit van het vloerelement er ruim boven ligt.

3. Rupture par combinaison d'effort tranchant et de traction

3. Dwarskracht-trekbreek

Nous pouvons admettre avec suffisamment de sécurité que le point de rupture théorique se trouve à une distance $1/2 h$ du côté intérieur de l'appui.

We mogen met voldoende veiligheid stellen dat het theoretisch breukpunt zich bevindt op een afstand $1/2 h$ van de binnenkant van de oplegging.



$$V_{Rd,2} = \frac{I \cdot b_w}{S} \sqrt{f_{ctd}^2 + 0,9 \cdot \alpha \cdot \sigma_{cp} \cdot f_{ctd}}$$

$$f_{ctd} = \frac{f_{ctk}}{\gamma_c} = \frac{3,2}{1,4} = 2,30 \text{ N/mm}^2$$

$$\alpha = 1 - \left(\frac{500 - 70^2}{500} \right) = 0,26$$

$$\sigma_{cp} = \frac{10 \times 52 \times 1100}{178 \cdot 10^3} = 3,21 \text{ N/mm}^2$$

$$V_{Rd,2} = 134,39 \text{ kN}$$

A l'aide de ces données, nous pouvons ensuite déterminer la charge maximum admissible en fonction de la portée.

Met deze gegevens kunnen wij vervolgens de maximum toelaatbare belasting bepalen in functie van de overspanning.

4. Rupture d'ancrage

4. Verankeringsbreuk

$$M_o = A_p \cdot \sigma_p \left(e_o + \frac{W_o}{A_c} \right)$$

$$= 10 \times 52 \times 1100 \left(90 + \frac{12,06 \cdot 10^6}{178 \cdot 10^3} \right)$$

$$= 90,23 \text{ kNm}$$

$$f_{ctkf} = f_{ctk} \left(0,6 + \frac{0,4}{h^{0,25}} \right) \quad (1)$$

$$= 3,2 \left(0,6 + \frac{0,4}{0,265^{0,25}} \right)$$

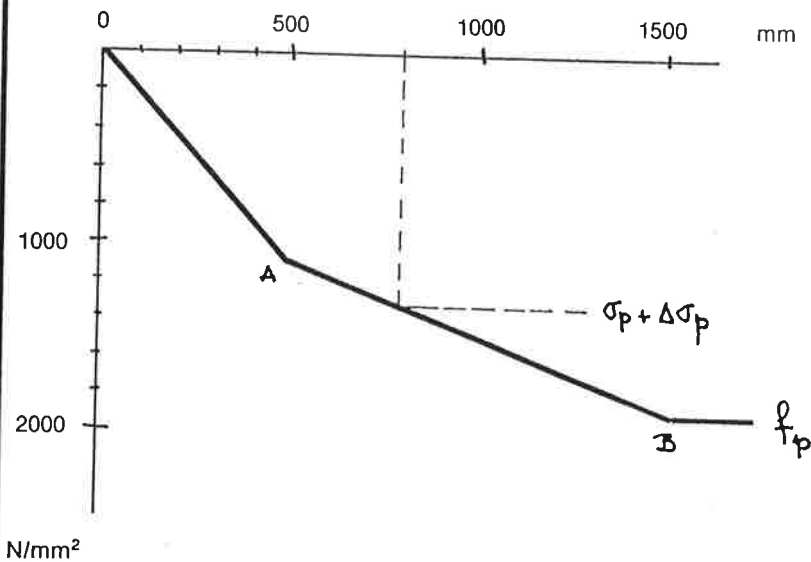
$$= 3,70 \text{ N/mm}^2$$

$$M_r = 90,23 + 3,70 \cdot 12,06$$

$$= 134,9 \text{ kNm}$$

$$\sigma + \Delta \sigma_p = \frac{M_r}{z \cdot A_p}$$

$$= \frac{134 \cdot 900.000}{195 \times 520} = 1330 \text{ N/mm}^2$$



$$l_t = 500 \text{ mm}$$

$$\sigma_p = \frac{500 \times 21}{9,45} = 1100 \text{ N/mm}^2$$

$$l_d = 500 + \frac{1870 - 1100}{7} \cdot 9,45$$

$$= 1524,6 \text{ mm}$$

$$f_p = 1870$$

$$l_{cr} = 800 \text{ mm}$$

Etant donné que nous acceptons que le moment de fissuration par flexion se manifeste au début du glissement, à une distance l_{cr} de l'extrémité de la dalle ou à une distance $l_c = l_{cr} - \frac{s}{2}$ du centre de l'appui, nous pouvons déterminer le moment maximum admissible aux autres endroits de la dalle.

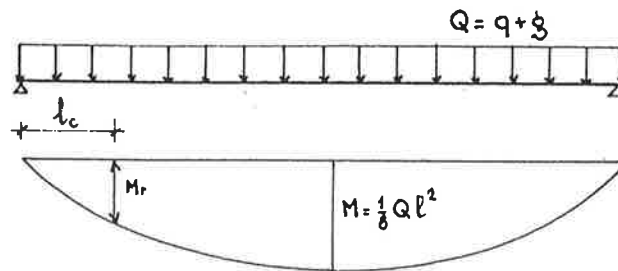
Vermits wij aannemen dat bij het begin van het slippen het buigscheurmoment optreedt op een afstand l_{cr} van het plaatuiteinde of op een afstand $l_c = l_{cr} - \frac{s}{2}$ van het centrum van de oplegging kunnen wij het maximum toelaatbaar moment op de andere plaatsen van de plaat bepalen.

(1) cfr. CEB-FIP Model Code 1978 en p. 51.

(1) zie CEB-FIP Model Code 1978 blz. 51.

A une distance l_c du centre de l'appui, le moment est :

Op een afstand l_c van het midden van de oplegging is het moment :



$$M = \frac{1}{8} Q l^2 - \frac{1}{2} Q \left(\frac{l}{2} - l_c \right)^2$$

A L'instant critique de la rupture d'ancrage, ce moment est égal au moment de fissuration par flexion M_r . Pour une largeur de 1m, il s'ensuit :

Op het kritisch ogenblik van de verankeringsbreuk wordt dit moment gelijk aan het buigscheurmoment M_r . Hieruit volgt voor een breedte van 1 m :

$$Q_{Rd} = \frac{\frac{1}{1,2} M_r}{\frac{1}{8} l^2 - \frac{1}{2} \left(\frac{l}{2} - l_c \right)^2}$$

Si nous tenons ensuite compte des valeurs γ pour la charge utile $\gamma_q = 1,50$ et pour les charges fixes $\gamma_p = 1,35$, nous trouvons que :

Als we verder rekening houden met de γ -waarden voor de nuttige belasting $\gamma_q = 1,50$ en voor de vaste lasten $\gamma_p = 1,35$ dan vinden we dat :

$$q = \frac{1}{1,5} \left[\frac{\frac{1}{1,2} M_r}{\frac{1}{8} l^2 - \frac{1}{2} \left(\frac{l}{2} - l_c \right)^2} - 1,35 g \right]$$

Etant donné que M , l_c et g sont connus, nous pouvons à l'aide de cette formule déterminer les courbes de capacité d'ancrage.

Vermits M , l_c en g gekend zijn, kunnen wij met deze formule de verankeringscapaciteitskurven bepalen.