

A. NACHTERGAAL

AGENDA

DE

BATIMENT

1935

Maison d'ÉDITION
ALBAT DE BOECK
BRUXELLES

résistance propre des matériaux employés que par la résistance même du terrain.

Autant que possible et pour les bâtiments importants surtout, il faut descendre jusqu'au banc rocheux.

Terrains graveleux.

Les terrains graveleux sont incompressibles et inaffouillables, ils sont composés de cailloux, de graviers et de sables, quelquefois ces trois éléments sont agglomérés par une sorte de limon qui en fait un véritable béton. D'autres fois ils sont composés de parties menues et mouillées, ils n'offrent aucune consistance. Quand ces terrains sont durs et consistants, ils peuvent supporter avec sécurité jusque 8 kgs : cm².

Terrains sablonneux.

Les terrains sablonneux sont incompressibles s'ils sont de grandes masses ou s'ils sont encaissés, car autrement ils n'offrent aucune cohésion, les grains glissant les uns sur les autres et la masse entière se déformant sous la moindre pression. Ces terrains arrosés à refus et pilonnés peuvent être chargés jusque 2 kgs par cm².

Quand ces terrains sablonneux sont imbibés d'eau, on les appelle *sables mouvants* ou *sables bouillants*; ils n'offrent aucune résistance. Ces terrains sont imprégnés d'eau due à des couches d'argile tout à fait imperméable. Le fond de la couche de sable se trouve ainsi constamment délayé et forme avec l'argile une espèce de vase qui se meut sous la moindre pression ou quand une excavation quelconque leur crée un passage.

On ne peut construire sur ces terrains qu'après les avoir rendus solides au moyen de pilotis ou de palplanches.

Terrains argileux.

Ces terrains sont compressibles et souvent dangereux pour le constructeur. L'eau influe considérablement sur leurs qualités. Secs ou peu humectés, ils sont presque toujours durs et résistants. Ils varient ensuite de cet état à celui de boue suivant qu'ils sont plus ou moins chargés d'eau. Il ne faut jamais construire sur de l'argile susceptible d'être mouillée par des eaux quelconques.

Terrains limoneux et marneux.

Plus mauvais encore que les terrains argileux, ils sont ordinairement formés d'argile et de marne ou argile calcaire. Toujours imprégnés d'eau, ils sont mauvais et on ne peut trouver quelque sécurité pour des constructions peu lourdes qu'en donnant aux fondations des empattements considérables.

BÉTON ARMÉ (*)

Propriétés.

Le *béton armé* ou *ciment armé* est ainsi appelé à cause de l'emploi combiné du fer avec du béton de ciment.

Le béton armé est surtout employé pour des pièces destinées à subir la flexion. En effet, dans le phénomène de la flexion des pièces, sur l'une des faces de la poutre se manifestent des efforts de traction, tandis que sur l'autre face on a des efforts de compression. D'un côté, la résistance du béton peut atteindre à la rupture une valeur de 450 kilos, ce qui permet, pour un dosage moyen, de compter sur une résistance permanente pratique de 50 kilos par centimètre carré. D'un autre côté, le fer et l'acier sont des métaux travaillant très bien à la traction, puisqu'on peut leur faire subir en toute sécurité une charge de 10 à 15 kilos par millimètre carré.

De là, l'idée d'associer les deux matériaux, obtenir la résistance d'une poutre à la flexion par une masse de béton suffisante pour résister à la compression et incorporer du métal dans les parties de cette poutre qui auraient à subir une traction. Pour obtenir des résultats pratiques dans une pareille combinaison, il faut que le métal fasse corps avec la masse du béton. L'adhérence du fer et du béton est considérable et atteint 40 à 47 kilos par centimètre carré de surface de contact.

On a souvent remarqué que le fer ne subissait aucune altération dans le ciment. *Il ne faut pas peindre ni galvaniser le métal avant de l'enrober dans le béton; on peut employer le fer ou l'acier tel qu'il se trouve sur le chantier, serait-il légèrement rouillé.* Ce point est très important. Cependant, il faut bien faire remarquer que le béton ne doit contenir aucun principe capable de corroder le métal. De plus, il faut être prudent dans l'usage des cendres, scories qui renferment souvent des corps sulfurés attaquant le fer.

Le ciment armé est incombustible. Dans les incendies, le fer est protégé contre l'élévation de la température par la couche de béton qui l'enveloppe. La température du béton ne s'élève guère et le fer ne se dilate pas. Les murs et les piliers ne sont donc pas exposés à être renversés comme dans les constructions en fer.

De plus, de par des expériences qui ont été faites, on a constaté que le coefficient de dilatation du béton était sensiblement le même que celui du fer, ce qui fait que sous l'action du feu, le fer et le ciment se dilatent également sans amener la moindre désagrégation dans la masse.

(*) Notre Bureau d'études (23, rue Alphonse Asselbergs, à Uccle) se charge de tous calculs et plans de béton armé, soit en collaboration avec les architectes, soit directement pour les entrepreneurs. Nous ne faisons aucune entreprise de travaux.

Comme propriétés spéciales du ciment armé, disons qu'il n'est pas gélif, qu'il transmet mal la chaleur, le son et l'électricité, qu'il présente une grande duréte et qu'il peut se mouler facilement, les poids morts sont faibles et de plus il donne des constructions économiques, surtout dans les grands travaux.

Matériaux employés.

Béton de ciment. — Le ciment à prise rapide n'est employé que dans des cas spéciaux. Voir à ce sujet les chapitres relatifs aux ciments et au béton.

Métal. — Le métal employé est l'acier doux. Sa résistance à la rupture doit être au moins de 42 kgs par millimètre carré et au plus de 50 kgs, avec un allongement variant de 20 à 24 %.

Forme des armatures.

On peut diviser les armatures en deux classes, les *barres simples* et les *barres à sections variables* dites à empreintes ou déformées. Ces dernières barres de formes parfois compliquées ont été recherchées afin d'augmenter l'adhérence du métal, mais dans une construction bien faite ces complications sont inutiles. Avec un bon dosage du béton et un pilonnage soigné, on peut aisément résister à l'arrachement des armatures.

On utilise le plus couramment la barre ronde en raison des grands avantages qu'elle présente : elle n'a pas d'arêtes vives et ne découpe pas le béton ; elle présente la plus grande section sous le plus faible volume, elle peut être maniée rapidement sans blesser la main, elle peut être courbée rapidement grâce à la symétrie qu'elle présente par rapport à son centre de gravité.

C'est le cercle qui, pour une section donnée, a le plus petit périmètre, ce qui n'est pas un avantage au point de vue de l'adhérence ; c'est ce qui amène certains constructeurs à utiliser des barres rectangulaires.

Pour les cloisons on utilise parfois des treillis métalliques. Pour les dalles, on adopte aussi le métal déployé qui offre une grande résistance sous un faible poids.

Taux de travail du métal.

Le taux de travail ordinairement admis pour le métal est de 10 à 12 kgs : mm².

Ce taux de travail s'entend pour l'acier travaillant seul. Quand il travaille en même temps que le béton (compression) qui l'environne, sa fatigue dépend de celle admise pour le béton.

Ancrages des armatures.

Au début de l'emploi du béton armé, on a préconisé de nombreuses formes d'ancrages. La meilleure est la spirale qui est parfaite pour la répartition des efforts mais qui est d'un prix élevé et presque impossible à réaliser avec les grosses barres,

On utilise couramment les bouts pliés à angle droit (fig. 69)

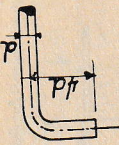


Fig. 69.

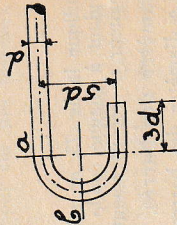


Fig. 70.

Joint des barres.

Dans les ouvrages de grande portée, on a forcément des joints dans les armatures. La soudure à la main n'est guère à recommander, la résistance en cet endroit est sensiblement plus faible que celle de la barre pleine (70 % environ).

La soudure au chalumeau à l'acétylène donne de bons résultats mais elle doit être faite avec soin. Les extrémités sont coupées en biseau de manière à augmenter la surface de contact et les bouts seront bien décapés. La soudure électrique donne des résultats plus certains.

Pour une bonne soudure, on peut adopter comme résistance les 0,80 de la barre pleine. On fera donc, dans ce cas, travailler l'acier à 10 kgs maximum par millimètre carré.

Généralement, on évite ces travaux de soudure. Il suffit pour les petites barres de faire chevaucher leurs extrémités d'une longueur égale à 67 fois leur diamètre (fig. 71), ceci en



Fig. 71.

admettant que le métal travaille à son taux maximum à l'endroit du joint.

Quand les barres sont terminées par des crochets, il suffit que la distance entre les dos des crochets soit de 20 fois le diamètre des barres (fig. 72). Cha-

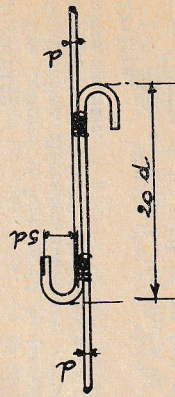


Fig. 72.

que crochet donne ainsi une longueur de recouvrement égale à 24 d.

Si les extrémités des barres sont simplement coudées comme

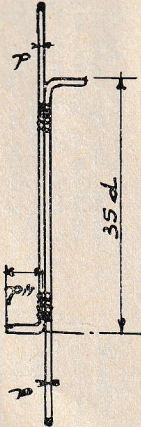


Fig. 73.

l'indique la fig. 73, on admettra 16 d. comme longueur correspondant à chaque coude et il suffira de mettre 35 d. comme longueur de recouvrement.

Diamètre des barres.

Le diamètre des barres varie généralement de 5 à 40 mm. de diamètre, au dessus de ce diamètre, le travail devient difficile.

Au point de vue main-d'œuvre, on a intérêt à réaliser une section donnée avec le moins de barres possible, mais il faut envisager le taux de travail à l'adhérence qui est fonction du périmètre des barres.

Admettons que nous devions réaliser une section de métal de 1.250 mm², nous pouvons avoir :

	Section	Périmètre
1 barre de 40 mm. de diamètre	1.256 mm ²	125,6 mm.
2 barres de 28	1.230	176.
3 barres de 23	1.245	216.
4 barres de 20	1.256	252.
5 barres de 18	1.270	283.
6 barres de 16	1.206	301.
8 barres de 14.	1.232	352.

On a donc intérêt, au point de vue adhérence, à prendre un plus grand nombre de barres de faible diamètre, le pliage et le découpage sont beaucoup plus commodes et ils peuvent s'exécuter avec un outillage courant.

Ligatures.

Les ligatures se font en fil de fer recuit de 7/10 à 1 mm. de diamètre, placés en diagonales au point de croisement des barres. Les extrémités des liens sont tordues à l'aide d'une pince spéciale.

Etriers.

Les pièces soumises à des efforts de cisaillement sont munies d'étriers en fer rond ou en fers plats. On préfère généralement les premiers et on ne descend pas en dessous de 4 mm. de diamètre.

Mise en œuvre des armatures.

Les armatures doivent, avant leur emploi, être nettoyées des crasses et graisses. Elles doivent être débarrassées des parties rouillées qui n'adhèrent pas complètement. Si la rouille adhère fortement au fer, elle n'a aucun inconvénient, au contraire, elle rend l'adhérence plus complète tandis que les crasses et les graisses l'empêchent complètement.

Les fers sont coupés à longueur à la cisaille à froid. Pour les fortes barres on utilise les presses à vis. Les petites barres sont souvent pliées en prenant appui sur des tasseaux fixés sur l'établi du ferrailleur.

Coffrages.

Le prix des coffrages intervient pour environ 1/3 dans le prix d'une construction en béton armé. Il y a donc lieu de les étudier sérieusement en cherchant à réduire leur coût au minimum.

Le premier point à réaliser est de respecter et de reproduire exactement les dimensions des différentes pièces telles qu'elles sont renseignées aux plans remis pour l'exécution.

Les bois de coffrage doivent être suffisamment rigides afin d'éviter les grandes flèches. Comme ils sont également soumis à des chocs lors du damage, il faut éviter de les faire travailler à une fatigue assez élevée.

On utilise couramment le sapin à cause de son bas prix et de la facilité avec laquelle il se travaille. Le bois ne doit pas être trop sec ni trop imbibé d'eau. S'il est trop sec, on aura soin de l'arroser avant le bétonnage. Les bois secs se gonflent et se déforment aux points d'assemblages; les bois trop humides se rétrécissent et il s'y produit des fentes par où le béton peut s'écouler, l'on obtient des surfaces d'un mauvais aspect.

Au tant que possible, chercher à utiliser des bois de sections commerciales, les scier le moins possible afin de pouvoir les réemployer sans trop d'ennuis. On estime généralement que les bois peuvent être réemployés 5 à 6 fois pour les planchers et 8 à 10 fois pour les piliers, poutres et murs. Ces nombres de réemplois ne sont obtenus que par une surveillance incessante, les charpentiers préférant de beaucoup utiliser du bois neuf.

Il est recommandé de ne pas faire usage de larges planches afin d'éviter leur déformation.

On préfère prendre des planches de 10 à 12 cm. de largeur et de les réunir par des traverses clouées afin d'en faire des panneaux. On ne descend pas en dessous de l'épaisseur 4/4, soit 25 mm.

Les coffrages seront posés avec soin puisque c'est d'eux que dépend la valeur de la construction future. Les piliers seront montés rigoureusement d'aplomb, les poutres seront placées soit de niveau, soit avec la pente voulue.

Pour tenir compte du fléchissement des coffrages sous l'ac-

tion de la charge, on peut leur donner une contrefrèche qui, au milieu des poutres peut atteindre 2 mm. par mètre de portée.

Les coffrages seront convenablement contreventés afin qu'ils soient indéformables et qu'ils ne puissent se déverser.

Les différentes parties doivent être bien solidaires l'une de l'autre afin d'éviter toute déformation pendant le bétonnage.

Les arêtes de raccord des différents coffrages ne doivent pas rester vives. On les munit de chamfreins.

Il faut agencer les bois pour que le décoffrage puisse se faire aisément.

Mise en œuvre.

Autant que possible, le béton sera préparé mécaniquement afin d'avoir une homogénéité plus parfaite et une composition plus régulière. Les matières sont tout d'abord bien mélangées à sec, après avoir été rigoureusement dosées et l'eau n'est ajoutée qu'après ce travail préalable et par petites quantités successives. La quantité d'eau employée dans chaque malaxage varie avec la température, l'état du ciel, la nature des matériaux et la manière de procéder des constructeurs. Le gâchage ne doit être ni trop sec, ni trop mou. Le béton bien préparé doit, lorsqu'il est pétri en petite boule, laisser monter l'eau à sa surface et ne pas se déformer quand on le met sur la main plate.

Revoir au chapitre relatif au béton la méthode du slump test.

Le malaxage mécanique s'impose quand le volume de béton demandé est assez grand.

Le béton doit être fabriqué aussi près que possible du lieu d'emploi et le transport doit être effectué immédiatement afin que la prise ne soit pas commencée avant la mise en œuvre.

Le transport du béton à pied d'œuvre se fait généralement à la brouette, dans les grands travaux un élévateur monte le béton à la hauteur où les ouvriers travaillent et de là il est distribué directement aux différents endroits du chantier.

L'ouvrage est moulé sur place à l'aide de coffrages.

Ceux-ci doivent être suffisamment résistants pour supporter la poussée du béton sans se déformer, ainsi que le pilonnage. Ils doivent facilement se monter et se démonter et être assez solides pour pouvoir servir plusieurs fois. Ils sont généralement en bois.

On pose les armatures en les supportant de distance en distance pour qu'elles soient à 2 cm. environ de la face du coffrage. Pour les dalles composées de fers de faibles dimensions, ce système n'est guère possible. On pose alors les barres directement sur le coffrage et on jette une mince couche de béton et l'on soulève légèrement l'armature afin que le béton coule en dessous.

Pour les grosses poutres, on peut faire le montage complet de l'armature et venir poser l'ensemble dans le coffrage.

En tous cas, le surveillant des travaux devra bien s'assurer

si l'on suit exactement les indications des plans, si les ancrages des barres sont bien effectués, il vérifiera surtout la position des barres, leurs jonctions et leurs ligatures.

Pour le moulage du béton, on opère par assises successives, de faible épaisseur, pilonnées séparément, de façon à donner une grande compacité au béton et à rendre bien homogènes toutes les couches successives.

Le damage effectué avec des outils spéciaux doit être fait jusqu'à ce qu'on voit l'eau apparaître à la surface du béton. Les joints de reprise doivent être faits avec le plus grand soin. L'ancien béton doit être lavé avec un lait de ciment pur, puis on bat le nouveau béton contre l'ancien avec force et l'on pilonne vigoureusement contre la surface de contact.

Il faut éviter toute interruption de travail pendant le bétonnage. Tout particulièrement, un même panneau de plancher doit être exécuté en une seule fois. On n'admet jamais que les joints de reprise verticaux.

Le décoffrage doit être fait avec précaution.

Le délai varie avec le dosage du béton et la nature du ciment employé. Pour les dalles de faible épaisseur, il faut compter une huitaine de jours. Ce délai peut être réduit en utilisant du superciment. Les ouvrages importants doivent rester couffés un temps beaucoup plus long : 4 à 6 semaines et même parfois plus.

Après le décoffrage, le béton armé se présente sous un aspect rugueux et peu agréable à l'œil. On le recouvre alors d'un enduit plus ou moins épais, 5 millimètres en moyenne. L'enduit doit être fortement comprimé, puis poli avec une taloche en bois. Le mortier qui sert à faire les enduits, contient 1 à 2 de ciment pour 2 à 3 de sable pas trop gros. Le ciment ne doit pas être à prise trop lente.

Béton distribué par goulotte.

La distribution du béton par goulottes nécessite un béton très fluide qui puisse suivre facilement les goulottes et leurs coudes pour se rendre, par son poids propre, dans les coffrages.

Voici d'après un article de M. Hendricks, paru dans la revue *Le Ciment* quelques indications en ce qui concerne les résistances obtenues.

Le béton employé au dosage d'environ 400 kgs de ciment par m³ a révélé à l'analyse une quantité d'eau de gâchage d'environ 12 % du poids du mélange ciment, sable, gravier. Des éprouvettes d'essais prélevées au moment de la mise en œuvre du béton dans les coffrages et mises ensuite dans l'eau maintenue entre 15 et 16° se sont écrasées sous une charge de

20 kgs :	cm ² à	3 jours ;
50 »	»	7 »
70 »	»	28 »
105 »	»	trois mois.

Ces résistances sont notablement inférieures à celle du béton ayant le même dosage mais gâché avec 8 % d'eau.