Zeitschrift: IABSE congress report = Rapport du congrès AIPC = IVBH Kongressbericht

Band: 2 (1936)

Artikel: Le béton dans la construction hydraulique

Autor: Agatz, A.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-3096

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 14.02.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

VI 1

Le béton dans la construction hydraulique.

Beton im Wasserbau.

Concrete in Hydraulic Works.

Hafenbaudirektor a. D. Dr. Ing. A. Agatz,
Professor an der Technischen Hochschule, Berlin.

a) *Introduction.*

Le Professeur *Ludin* a traité, dans un rapport très documenté, la question de l'emploi du béton en Allemagne dans la construction des barrages. Je trouve que pour compléter ce rapport, il est utile de faire part de l'expérience acquise en Allemagne dans l'application du béton aux fondations et aux ouvrages servant à la navigation.

Il nous est impossible, à nous ingénieurs de travaux hydrauliques, de montrer à la postérité la grandeur de nos ouvrages qui se trouvent en grande partie — jusqu'à 75 % — sous terre ou sous l'eau. Ce n'est qu'au cours de l'exécution qu'on peut en constater la grandeur.

A plus d'une reprise on a parlé de la hauteur des piles des nouveaux ponts construits en Allemagne, remarquons par exemple que les bajoyers d'une écluse de port de mer ont une hauteur totale de 26 m environ.

Rappelons encore que nous exécutons actuellement des ouvrages semblables sous forme d'un portique triple, 11 fois hyperstatique, d'une hauteur de 32 m et d'une surface de 56 sur 65 m. Cet exemple montrera que non seulement nous attribuons une grande valeur au béton armé mais qu'il serait très difficile, pour ne pas dire impossible, d'exécuter de tels ouvrages sans le béton armé; c'est ce que nous a montré un calcul comparatif effectué pour l'exemple ci-dessus avec exécution en béton et en maçonnerie. L'heureuse époque est passée où l'on pouvait construire sans hâte de tels ouvrages; actuellement il faut les terminer dans une moitié ou même un tiers du temps mis autrefois à disposition.

C'est précisément parce que nous dépendons du béton dans la construction hydraulique qu'il est nécessaire de rappeler que nous n'avons pas encore obtenu pour *tous* les cas une amélioration suffisante du béton et surtout des liants. Il ne faut en outre pas oublier que non seulement le béton armé mais aussi le fer est exposé aux attaques du sol et de l'eau.

Si d'un côté je suis fier d'un ouvrage que je devais exécuter à tel endroit en béton armé et en acier, un contrôle précis de cet ouvrage me montrera que le matériau béton est toujours encore un matériau, soumis aussi bien à l'insuffisance humaine qu'aux attaques de la terre et de l'eau.

b) *Expérience et points de vue.*

Dans la plupart des cas, le matériau additionnel employé est le gravier naturel de rivière. Par suite de la composition naturellement irrégulière de ce gravier, il est nécessaire d'en étudier la composition granulométrique et le pourcentage de vides et cela à chaque livraison. Certains constructeurs ont amélioré le gravier naturel en le concassant ou en y ajoutant des matériaux fins ou du splitt. Je ne peux pas toujours me ralier à ce procédé car l'expérience m'a montré que l'on peut obtenir la même résistance, sans augmentation du coût et même souvent avec une économie de temps et d'argent, en augmentant le dosage de ciment.

On attribue la plus grande importance aux résistance à la traction et à la compression ainsi qu'à la compacité tandis que l'on ne s'occupe toujours pas assez de la durée d'existence du béton et de sa résistance aux agents chimiques et physiques agissant à sa surface. Je suis d'avis que, dans les constructions hydrauliques, la résistance ne joue pas le rôle aussi prépondérant qu'on lui a attribué au cours de ces 15 dernières années pour les ouvrages de béton en général.

Il existe, et il existera toujours, une différence entre les charpentes en béton armé à hautes résistances et à fines membrures d'une part et les constructions hydrauliques massives d'autre part. Dans le premier cas je calcule avec des efforts de 65 et 1500 kg/cm^2, dans le second cas avec des contraintes de 30 et 1000 kg/cm^2 pour des ouvrages hydrauliques soumis à des mouvements ultérieurs et à de faibles attaques chimiques seulement.

En outre, il est clair que la résistance du béton après 28 jours ne permet pas de conclure sur la résistance des grands ouvrages. Lors de la construction d'une écluse par exemple, on a constaté qu'une partie du béton (à 270 kg de ciment de hauts fourneaux et 30 kg de trass) n'avait, après 28 jours, qu'une résistance d'environ 80 kg/cm^2 — contrairement à ma décision, les prescriptions officielles auraient exigé l'élimination de ce béton — et de ce béton il n'y en avait « que » 12000 m^3. Cependant, après 90 jours, la résistance de ce béton était de 159 kg/cm^2, c'est-à-dire de 9 % seulement au-dessous de celle d'une autre partie du béton qui, après 28 jours, avait une résistance d'environ 125 kg/cm^2. D'ailleurs la saison, les intempéries, la hauteur et l'épaisseur des blocs, le traitement du béton mis en place et le type de coffrage ont aussi une influence importante sur la résistance après 28 jours.

La sollicitation du béton dépasse rarement 30 kg/cm^2 dans les constructions hydrauliques. Le fait que le béton ait après 90 jours une résistance de 150 ou de 180 kg/cm^2 ne joue, selon moi, pas un grand rôle, tandis qu'il est beaucoup plus important que le béton soit durable. Nous avons toujours encore une sécurité minima de 5, tandis que dans d'autres éléments de la construction hydraulique comme par exemple les palplanches et les pieux, nous calculons avec une sécurité maxima de 2.

Les divergences constatées dans les essais de résistance des éprouvettes de béton d'une même composition montrent qu'il est encore un matériau brut pour lequel il faut exiger la plus grande sécurité.

Il existe encore une différence entre la résistance du ciment (de 450 à 550 kg/cm^2) et les résistances du granit (de 800 à 2700 kg/cm^2) et du grès (de 600 à 1500 kg/cm^2). Nous ne sommes donc pas encore parvenus à rendre

égales les résistances des liants et des matériaux additionnels. Il faut y ajouter les agents chimiques auxquels, avec le temps, le béton, aussi bien que l'acier, sont soumis dans les ouvrages hydrauliques. Tous ceux qui ont observé les détériorations causées aux constructions d'acier ou de béton par les eaux corrosives se rendront compte de l'importance à attribuer à la résistance des matériaux aux agents chimiques. A côté de la résistance, la compacité joue ici un rôle prépondérant mais cette compacité dépend aussi plus ou moins encore du procédé d'exécution; c'est pourquoi le fabricant de ciment devra s'appliquer à l'avenir à augmenter la qualité du ciment et l'entrepreneur s'efforcera d'améliorer la qualité du béton.

Mis à part les matériaux additionnels et les liants, le trass s'est bien introduit dans la construction des ouvrages servant à la navigation et je suis d'avis qu'à l'avenir il gardera les positions conquises, tant que les liants conserveront les mêmes propriétés.

L'addition de trass présente le gros avantage d'augmenter la compacité du béton. Les préventions que l'on avait contre l'adjonction de trass au ciment de hautes fourneaux ont heureusement été détruites par l'expérience acquise dans les grandes constructions de ports. Le pourcentage de trass doit cependant dépendre des conditions locales et du but des ouvrages. Toute prescription serait pour moi un non-sens.

En ce qui concerne le pourcentage d'eau, je suis de l'avis du Professeur *Ludin*, qu'un pourcentage d'eau trop élevé, c'est-à-dire un béton trop fluide, ne peut que nuire à la compacité et à la résistance du béton. On devrait toujours choisir une moyenne entre le béton damé et le béton coulé suivant le traitement que l'on veut faire subir au béton mis en place. Qu'on le nomme béton mou ou béton plastique, c'est là plus une question de mot qu'une question de limite du pourcentage d'eau. Lorsque l'armature est dense, on choisira toujours un béton plus mou que lorsque l'armature est faible ou inexistante.

Je n'arrive pas à comprendre pourquoi l'on a employé parfois, au cours de ces derniers temps, un béton damé. A ce point de vue, on a tant appris de l'expérience et des essais récents que l'emploi d'un béton à consistance de la terre humide n'est justifiable que lors de l'application de la vibration et pour des éléments de construction à parois minces mais non pas pour des constructions massives exécutées suivant le procédé usuel.

Quant aux méthodes de préparation et de transport, on peut les considérer toutes comme à peu près équivalentes. Un seul point est important dans tous les cas: un béton à pourcentage d'eau favorable ne doit pas arriver dissocié à son point d'application. Le choix des méthodes dépend, dans bien des cas, des conditions locales et du mode d'exécution. Il est certain que le pompage et le transport par tapis roulants permettent une augmentation quelconque du pourcentage d'eau, cependant, les propriétés du béton dans l'ouvrage dépendent moins des méthodes de préparation et de transport que d'une mise en place parfaite du béton dans les coffrages. Le procédé de vibration pourra augmenter fortement la résistance et la compacité du béton pour des ouvrages de dimensions appropriées et un pourcentage d'eau approprié.

Il ne faut jamais oublier que la qualité du béton dépend en dernière fin de l'homme et non pas des machines.

Lors d'une division en blocs on commet souvent encore l'erreur de disposer les joints provisoires exclusivement en se basant sur les points de vue statiques et constructifs et non pas suivant les exigences de l'exécution (comme par exemple la capacité et le nombre des malaxeurs, les installations de transport, le système à une ou plusieurs couches).

Chaque joint provisoire correspond à une rupture du caractère monolithique du béton et ne reste pas toujours sans effet, même au point de vue statique, sans oublier le fait qu'un joint provisoire, et plus encore dans le sons horizontal que vertical, offre plus de prise aux agents chimiques et physiques. C'est pourquoi on devrait adopter des coffrages et des échafaudages genre silo ou glissant, augmenter autant que possible la hauteur des couches et préférer les joints provisoires verticaux avec toutes les précautions nécessaires. Lorsque c'est possible, il faudrait toujours créneler et coudre les joints provisoires horizontaux.

S'il s'agit de constructions imperméables, comme par ex. les câles sèches, il faut imperméabiliser soigneusement les joints provisoires. L'imperméabilisation que j'ai adoptée pour l'allongement de la câle „Kaiserdock" à Bremerhaven s'est révélée parfaite jusqu'à ce jour, après 6 ans de service. C'est pourquoi je l'utiliserai à nouveau, d'autant plus que la couche de plomb placée à l'avant présente l'avantage de pouvoir être facilement réparée si besoin en est, ce qui ne s'est toutefois pas présenté jusqu'à ce jour.

Les coffrages en acier ou en bois recouvert de tôle présentent le grand avantage de se décoller facilement du béton, sans endommager la surface; ils assurent en outre une surface lisse. Je les estime autant que les échafaudages en profilés placés dans le béton qui facilitent et améliorent la pose des armatures. L'accroissement du coût est relativement faible car il est possible de tenir compte de ces profilés dans le calcul statique de l'ouvrage et ces profilés aussurent en outre un bétonnage rapide même pour de grandes hauteurs.

Les observations que j'ai faites au sujet de l'humidification du béton ne m'ont pas montré les avantages de cette méthode. La grande différence qui existe entre la température intérieure et la température extérieure peut engendrer des fissures qui, selon moi, ne peuvent être éliminées par l'humidification du béton. Il est possible de réduire le danger de fissuration par le choix approprié des dimensions de l'ouvrage et des blocs de bétonnage.

Quant à la question du revêtement du béton, je préfère le béton « non revêtu » car il ne m'oblige pas à choisir de minces couches de bétonnage qui troublent le caractère monolithique du béton, c'est-à-dire à négliger l'avantage primordial de ce matériau. Lorsque le béton est armé, tout revêtement modifie l'utilisation statique de la section. Le but de l'ouvrage, sa grandeur et sa disposition jouent évidemment un rôle dans l'adoption ou l'abandon d'un revêtement.

Lorsque des actions extérieures peuvent s'exercer sur le béton, il faudrait toujours reporter les armatures bien à l'intérieur de la masse. Un revêtement de 10 cm des armatures devrait être considéré comme un minimum. Cette norme dépend cependant de la forme de l'ouvrage. Dans certains cas on peut introduire un mince treillis à 3 ou 4 cm de la surface du béton afin d'éliminer les fissures de surface.

On peut appliquer une couche de béton de protection lorsqu'on peut le couler d'une seule fois et lorsqu'il se lie bien à l'autre béton.

La surveillance des travaux ne sera jamais trop intense. C'est là le seul moyen qui, à l'avenir, nous permettra de compléter d'une manière satisfaisante notre expérience, relativement nouvelle, dans la construction des grands ouvrages servant à la navigation.

Dans les ouvrages en béton armé il faut attacher la plus grande importance à la qualité des matériaux et des liants, au pourcentage d'eau, aux armatures et à l'exécution, car la faiblesse relative des éléments de construction et les fortes sollicitations des matériaux exigent une exécution très soignée du béton. Cependant, ainsi que nous l'avons dit plus haut, on n'adoptera pas d'ouvrages en béton armé à éléments trop fins dans la construction hydraulique, car les sollicitations statiques et chimiques sont beaucoup plus difficiles à déterminer que dans la construction des ponts et charpentes. Cela ne veut cependant pas dire qu'il faut retourner aux ouvrages trop massifs. Il s'agit seulement de ne pas commettre l'erreur de transformer les ouvrages éxécutés généralement en blocs de bétonnage en un système de montants et de poutres. Le bon sens de l'ingénieur devra trouver une moyenne qui, d'une part, satisfasse le sentiment statique du maître de l'ouvrage et qui, d'autre part, écarte le danger qu'offre un pur ouvrage en béton armé dans la construction hydraulique.

c) *Conclusions.*

Pour terminer, je voudrais comparer les ouvrages de la construction hydraulique à ceux de la construction des ponts et charpentes. J'arrive toujours à la conclusion que, malgré la hardiesse, que j'admire d'ailleurs, des constructions exécutées par mes collègues des ponts et charpentes, les difficultés que nous avons à surmonter dans les constructions hydrauliques sont beaucoup plus grandes. Nous ne pouvons pas employer les constructions à fins éléments car nous ne connaissons pas la grandeur et la direction des attaques de nos ennemis: la terre et l'eau, et parce que nous ne les connaîtrons jamais avec certitude, malgré tous les efforts louables des spécialistes de la mécanique du sol. En effet, la terre et l'eau ne sont *pas* un matériau à l'état «*uniforme*» mais à l'état plus ou moins «disloqué».

Il me semble par conséquent nécessaire de rappeler le danger que présente la surestimation de l'étude purement théorique et mathématique de nos ennemis la terre et l'eau car, périodiquement, de nouvelles théories tendent à nous fournir, à nous qui devons projeter et exécuter des ouvrages, les méthodes de calcul nécessaires. La construction hydraulique reste avant tout une science expérimentale quoiqu'il nous soit nécessaire de posséder la théorie pour interpréter avec exactitude les résultats de l'expérience. Un praticien «sans» théorie est pour moi tout aussi dangereux qu'un théoricien «sans» formation pratique suffisante.

Je vous demande, à vous qui vous occupez des ponts et charpentes, de ne pas perdre de vue dans l'établissement des prescriptions concernant le béton et le béton armé, que vos connaissances ont pour vous une validité complète mais qu'elles n'ont pas cette même validité pour nous.

Je me permets, à titre d'exemple, de vous dire que dans les constructions en béton armé et en acier que j'ai projetées, je ne me suis pas basé sur les contraintes admissibles dans les ponts et charpentes mais bien plutôt sur la limite

d'élasticité, en admettant qu'il m'était possible de connaître avec certitude la grandeur et la direction des forces agissant dans le cas le plus défavorable. De même, lorsque l'ouvrage effectue des mouvements dont la grandeur nous est inconnue, nous devons admettre des contraintes bien inférieures à celles que vous pouvez admettre dans vos ouvrages.

Ce n'est pas la grandeur des contraintes, mais bien plutôt la valeur des hypothèses, adoptées pour les cas de charge et le mouvement de l'ouvrage et de ses éléments, qui serviront de base au calcul des constructions hydrauliques.

N'oublions pas que, dans la construction des ponts et charpentes, il s'agit de quantités de béton relativement faibles et de constructions à fins éléments tandis qu'en construction hydraulique on se trouve en présence d'un problème de masses. L'exécution de 300000 m^3 de béton armé en une année et pour un seul ouvrage demande une autre échelle d'estimation que par exemple l'exécution de 10000 m^3 de béton armé à haute résistance.