Zeitschrift: Bulletin technique de la Suisse romande
Band: 51 (1925)
Heft: 14

Artikel: Détermination de la résistance à la compression des mortiers et bétons
Autor: Bolomey, J.
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-39518

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: 09.12.2025

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

Le lac ayant été vidé pour la première fois, les terres meubles furent enlevées au-dessus de l'orifice et une prise provisoire fut aménagée et prolongée par une galerie d'amenée qui fut recouverte d'un remblai. Le lac s'étant de nouveau rempli en partie, l'eau accumulée fut utilisée pour la deuxième fois en hiver 1918/19. Au printemps de 1919, à lac abaissé, la prise d'eau fut améliorée, la section de la galerie d'attaque fut égalisée et simultanément, la galerie fut maçonnée entre le puits et le lac. Pendant les remplissages consécutifs aux abaissements du lac on exécuta des recherches précises sur la cuvette en vue de déceler les endroits perméables. Entre autres, on s'efforça de déceler les points de fuite en répandant de la fluorescéine à la surface de l'eau calme, le long des bords du lac rempli. La coloration disparaissait rapidement, entraînée par l'eau au-dessus des entonnoirs tandis qu'elle durait davantage au-dessus du terrain imperméable. Toutes les fissures suspectes constatées dans la roche furent bouchées au moyen de béton, les travaux d'étanchement étant poursuivis chaque année, on peut présumer qu'avec le temps les fuites seront en grande partie aveuglées. On a déjà enregistré certains résultats heureux.

En 1924, on décida de passer à la deuxième étape des travaux qui comprenait la transformation de la galerie de décharge en une galerie en charge, la construction de la chambre des vannes et de l'infrastructure de la conduite sous pression, le montage de celle-ci, la construction du bâtiment des machines et du canal de fuite. Pour pouvoir terminer la même année ces travaux entrepris en mai 1924 il fallut aménager des installations de transport assez considérables. Un funiculaire fut construit pour relier la gare de Rodi-Fiesso au chantier de l'usine, avec embranchement vers la carrière et la sablière situées sur la rive gauche du Tessin. En outre, on construisit un téléférage reliant l'usine à l'alpe Ven et un autre reliant ce lieu avec la chambre des vannes ; simultanément un funiculaire fut établi le long de la conduite sous pression en vue du montage de celle-ci.

Galerie sous pression

La galerie de décharge, longue de 180 m. environ, perforée au cours de la première étape des travaux et laissée brute, fut amenée, au moyen d'un revêtement approprié, au profil circulaire. Dans la roche fissurée et mauvaise, c'est-à-dire sur 55 % environ de la longueur totale, la galerie fut munie d'un revêtement en béton armé, avec un diamètre intérieur de 1 m. 50, sur le reste de sa longueur elle a été « gunitée ». Le bouchon de béton, à l'extrémité inférieure de la galerie, à l'entrée de la chambre des vannes, est dimensionné pour résister à la pression hydrostatique. En cet endroit la galerie se bifurque en deux conduites de 800 mm. de diamètre. (Fig. 7).

Chambre des vannes

Cet ouvrage, en partie creusé dans le roc, avec radier à la cote 1791,00, est dimensionné de façon qu'au cas de pose d'une deuxième conduite forcée les organes de manœuvre de celle-ci puissent y être logés. (Fig. 8 et 9).

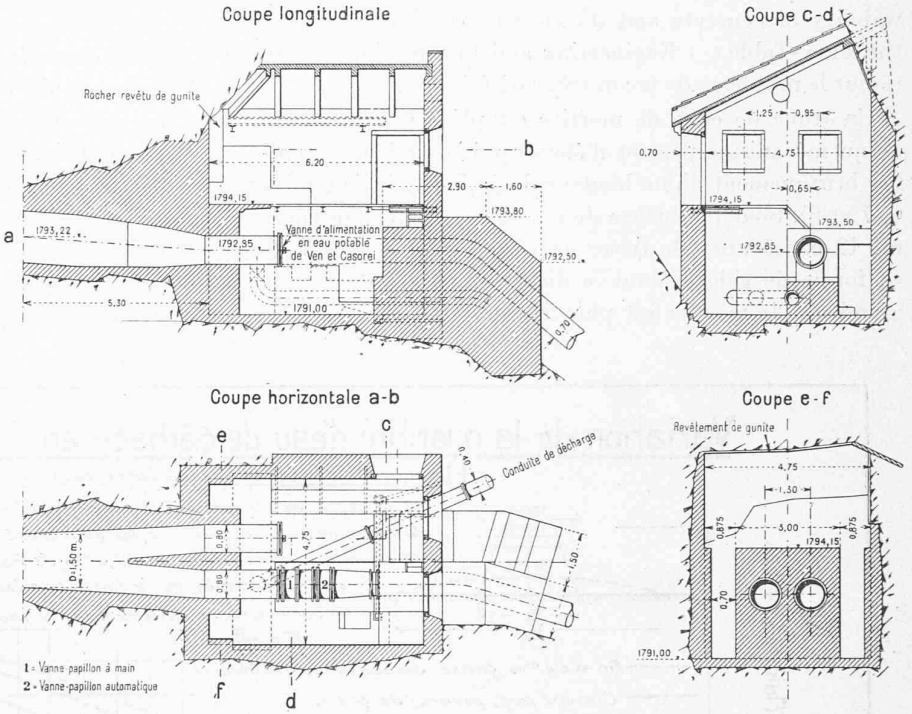

Fig. 9. — Chambres des vannes. — Echelle 1 : 200.

Les deux abouts de ces conduites ont été posés simultanément et celui qui est destiné à la deuxième conduite sous pression a été fermé au moyen d'un bouclier. Les organes de commande de la conduite forcée logés dans cette chambre comprennent deux valves-papillon, en fonte, de 700 mm. de diamètre, à axe horizontal, l'une pour la commande à la main, l'autre pour la fermeture automatique commandée de la centrale. Il y a, en outre, un reniflard de 110 mm. de diamètre et une vanne de purge de 400 mm. Cette dernière est constituée par un tiroir muni d'une tige en bronze pour la commande à la main et d'une conduite à emboîtement pour la dérivation de l'eau dans le Lagasca. (Fig 9). *(A suivre.)*

Détermination de la résistance à la compression des mortiers et bétons

par J. BOLOMEY, ingénieur-directeur
des travaux d'aménagement des chutes de Barberine et Vernayaz
(Chemins de fer fédéraux).

(Suite[1])

Détermination du degré de fluidité.

Si l'on veut étudier l'influence de la composition granulométrique et de la nature des matériaux sur la quantité d'eau de gâchage, il est indispensable de pouvoir préparer des mortiers et bétons ayant une consistance uniforme, nettement définie et contrôlable. L'appréciation par la vue est peu précise, elle est influencée par le degré de plasticité et varie d'un expérimentateur à l'autre ; aussi ne peut-elle être utilisée pour des recherches de laboratoire systématiques.

La *table de fluidité* imaginée par G. M. Williams (« Flo-

[1] Voir *Bulletin technique* du 23 mai 1925, page 126.

wability of concrete and its measurement by means of the Flow-Table », « Engineering and Contracting » 1920) résout le problème de façon très satisfaisante.

Un tronc de cône de mortier est placé sur une table qu'un mécanisme permet d'élever puis de laisser retomber brusquement d'une hauteur de 12,5 cm. (voir figures 6, 7 et 8). Sous l'influence de ces chocs répétés (en général 12 consécutifs) le tronc de cône s'affaisse et s'étale en forme de galette dont le diamètre est d'autant plus grand que le mortier est plus liquide.

Calcul de l'eau de gâchage.

Ainsi que cela a été démontré plus haut (fig. 1 et 2), la composition granulométrique et la nature des matériaux influent fortement sur la quantité d'eau de gâchage et par suite sur la résistance des mortiers et bétons.

Il est très utile de pouvoir déterminer, sans faire d'essai direct de gâchage, la quantité d'eau qui correspond à une composition granulométrique donnée et comment les proportions des diverses grosseurs de grains doivent être modifiées pour améliorer les résultats obtenus.

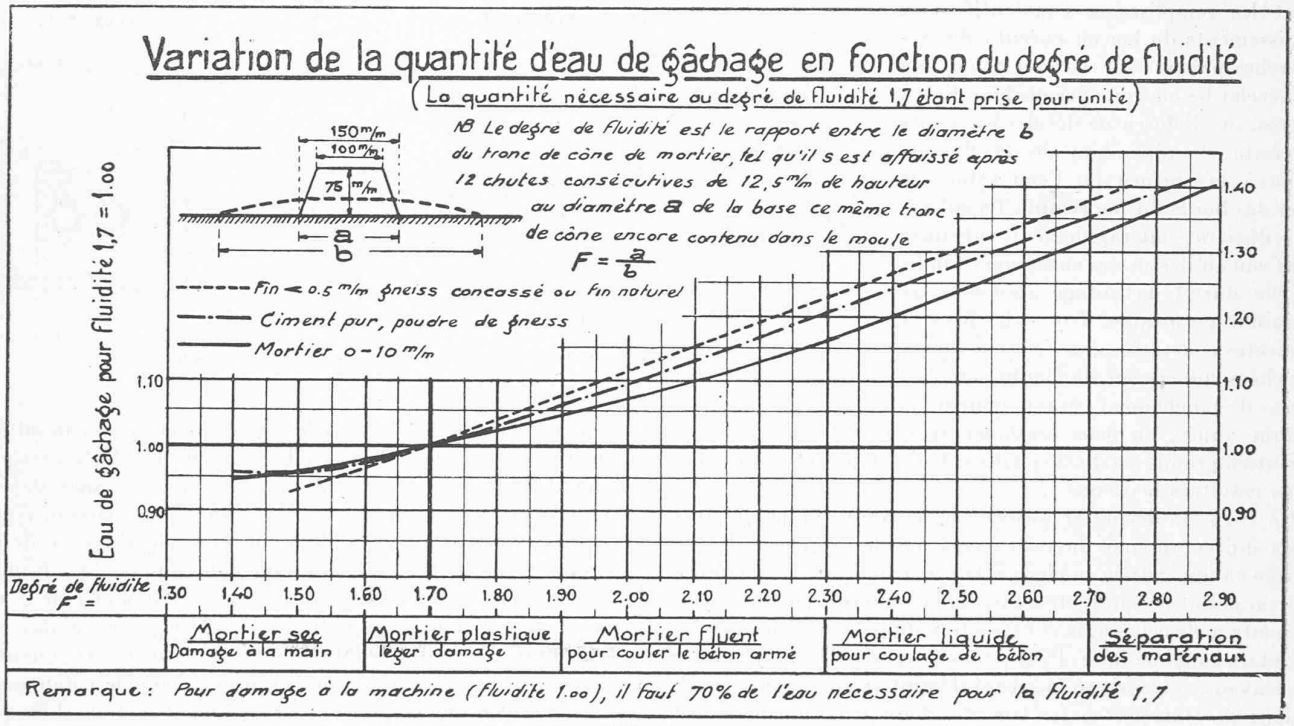

Fig. 6.

Le degré de fluidité F est défini par le rapport :

$$F = \frac{\text{Diamètre de la galette de mortier après 12 chutes de 12,5 mm. de hauteur}}{\text{Diamètre de la base du tronc de cône de mortier}}.$$

Ainsi un tronc de cône de 15 cm. de base qui s'étale après 12 chutes en galette ayant 30 cm. de diamètre (figure 7) a un degré de fluidité $F = 2{,}0$.

La quantité d'eau de gâchage correspondant à une fluidité donnée est déterminée par cet appareil avec une approximation d'environ 5 %.

Les variations de E en fonction de F sont sensiblement les mêmes quelle que soit la composition granulométrique (figures 2 et 6). Si donc E est connu pour un F donné, on obtiendra sans autre, au moyen de la figure 6, les quantités d'eau de gâchage correspondant aux autres degrés de fluidité.

Nous avons admis pour nos essais $F = 1{,}7$ comme degré normal de fluidité. Il correspond à un mortier ou béton semi-fluide, facile à mettre en moule moyennant un très léger damage et sans qu'il y ait jamais à craindre une séparation des matériaux et la formation de vides.

Nous avons résolu ce problème en mesurant par des essais directs l'eau de gâchage pour un grand nombre de mortiers et bétons, aux compositions granulométriques, grosseurs des grains, nature des matériaux, dosages, etc, les plus variés.

La comparaison des résultats obtenus nous a permis de trouver que la quantité d'eau de gâchage peut être représentée par la formule

$$(3) \qquad E = \frac{P.\ N.}{\sqrt[3]{d^2}}$$

dans laquelle

E = Poids de l'eau de gâchage en Kgs.
P = Poids du sable ou gravier de grosseur d, en Kgs.
d = Diamètre du sable ou gravier considéré, en mm.
N = Cœfficient de proportionnalité dépendant de la densité de la roche d'où provient le grain d, de la forme des grains, de la rugosité des surfaces, du degré de fluidité.

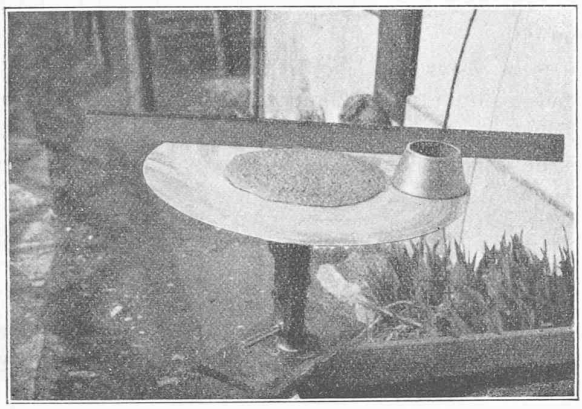

Fig. 7. — Mortier plastique.

Pour le sable et le gravier de rivière présentant des surfaces lisses, forme des grains régulière se rapprochant d'un ellipsoïde dont le plus grand axe ne dépasse guère le double du plus petit, densité de la roche d'où provient le ballast = 2,65, degré de fluidité = 1,7 nous avons trouvé

$$N = 0{,}100$$

Pour les sables et les graviers concassés, qui ont toujours des surfaces rugueuses et des arrêtes vives, N varie de 0,120 à 0,135 suivant la forme plus ou moins régulière des grains.

La figure 5 donne graphiquement les résultats de la formule 3 pour un ballast de rivière (sable et gravier de Barberine). Les abscisses et ordonnées correspondent, non pas aux valeurs de d et F, mais aux logarithmes de ces nombres, ce qui permet de représenter l'équation 3) au moyen d'une ligne droite.

L'eau de gâchage varie comme suit en fonction du diamètre d:

$d =$ 0,2 mm.	$E =$ 29 %	du poids du sable	
$d =$ 1 »	$E =$ 10 %	»	»
$d =$ 10 »	$E =$ 2,1 %	»	du gravillon
$d =$ 100 »	$E =$ 0,5 %	»	du gravier

La formule 3) n'est pas applicable si le diamètre d descend au-dessous de 0,2 mm. (ciment, chaux, poudre de pierre, etc.) par suite de la prépondérance des effets de capillarité.

Les quantités E qui correspondent à ces matériaux ont été déterminées par mesures directes qui ont fourni les valeurs suivantes pour la fluidité de 1,7 :

$E =$ 23 %	du poids	du ciment portland
$E =$ 60 %	»	de l'hydrate de chaux
$E =$ 38 %	»	de la poudre de gneiss concassé
$E =$ 25 %	»	du sable de rivière lavé de 0,1 à 0,5 mm.
$E =$ 48 %	»	du fin impalpable récupéré dans les eaux de lavage.

Notre formule a la même allure générale que celle de Feret qui correspond cependant à un plus faible degré de fluidité (voir figure 5).

Vérification de la formule 3) par le calcul de l'eau de gâchage des mortiers des figures 1-3.

1) *Sable normal dosage 1 : 3*

	Poids	$\frac{0{,}1}{\sqrt[3]{d^2}}$	E
Ciment	1,—	0,23	0,23
Sable 0,5-1 mm.	3,—	0,13	0,39
Eau calculée			0,62

La figure 2 indique pour fluidité 1,7, $\frac{C}{E} = 1{,}54$, d'où $E = 0{,}65$.

La valeur calculée est de 5 % inférieure à celle trouvée par l'essai direct.

2) *Sable de rivière gradué 1 : 5*

		Poids	$\frac{0{,}1}{\sqrt[3]{d^2}}$	E
Ciment		0,650	0,23	0,150
Sable 3,350	0 - 0,5	0,510	0,25	0,128
	0,5- 1	0,160	0,13	0,020
	1 - 2	0,280	0,075	0,021
	2 - 4	0,640	0,050	0,032
	4 - 5	0,280	0,035	0,010
	5 - 8	0,880	0,030	0,026
	8 -10	0,600	0,023	0,014
Eau calculée				0,401

La fig. 2 indique pour une fluidité 1,7, $\frac{C}{E} = 1{,}64$, d'où $E = 0{,}396$.

La valeur E calculée est de 1 % supérieure à celle trouvée par l'essai direct.

3) *Sable concassé 1 : 5*

Les grains étant irréguliers et leur surface rugueuse, les chiffres du graphique doivent être multipliés par 1,30 (N = 0,130).

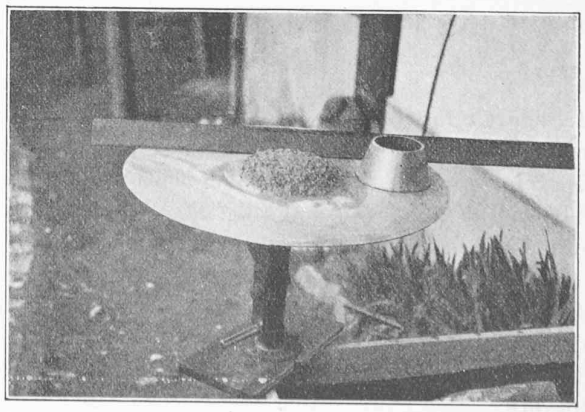

Fig. 8. — Mortier non plastique.

	d	Poids	$\frac{0,1}{\sqrt[3]{d^2}}$	E	
	Ciment	0,650	0,23		0,150
Sable 3,35	0,0- 0,5	0,880	0,25	0,220	
	0,5- 1	0,410	0,13	0,053	
	1 - 2	0,380	0,075	0,029	
	2 - 4	0,740	0,050	0,037	
	4 - 5	0,420	0,035	0,015	
	5 - 8	0,170	0,030	0,005	
	8 -10	0,110	0,023	0,003	
	10 -20	0,240	0,017	0,004	
				$0,366 \times 1,30 =$	0,475
	Eau calculée				0,625

Pour la fluidité 1,7, la fig. 2 donne pour ce mortier $\frac{C}{E} = 0,99$ d' où $E = 0,655$.

Le poids d'eau calculé est de 5 % inférieur à celui trouvé par l'essai direct.

Le degré d'approximation est le même pour les bétons ou les mortiers, soit environ 5 %, en admettant $N = 0,100$ pour les matériaux de rivière et 0,130 pour sable et gravier concassés. Les valeurs calculées sont en général trop fortes si le mélange $(S+G)$ est à forte densité apparente (peu de vides) ; elles sont au contraire trop faibles si la granulation et la nature des matériaux laissent à désirer.

A égalité de composition granulométrique et de fluidité les matériaux concassés exigent ordinairement 30 % plus d'eau de gâchage que ceux de rivière, ce qui est dû à l'irrégularité des surfaces et au grand volume des vides de ceux-là.

En d'autres termes la quantité d'eau, juste suffisante pour obtenir un béton légèrement damé de matériaux concassés, permettra de couler le béton aux mêmes dosage et granulation préparé avec du sable et gravier de rivière.

Ces constatations, basées sur un grand nombre d'essais, sont directement opposées à l'opinion généralement admise suivant laquelle ce sont les sables et graviers à arrêtes vives et à surfaces rugueuses qui permettent d'obtenir le meilleur béton. La résistance à la compression des mortiers et bétons est indépendante de la forme des grains et de la nature des surfaces. Elle varie avec le facteur $\frac{C}{E}$.

La figure 5 fait ressortir l'influence des particules fines sur la quantité E. Un kilo de sable à grains de 1 mm. exige 5 fois plus d'eau que le même poids de sable de 10 millimètres et 20 fois plus que 1 kg. de gravier de 100 mm. de diamètre. Il y a ainsi intérêt à réduire au minimum, la proportion de sable au gravier et celle du fin du sable, indispensable pour obtenir un béton compact et suffisamment plastique.

La teneur en sable et en particules fines doit être suffisante :

a) pour obtenir le mélange $(C + G + S)$ ayant le minimum de vides, c'est-à-dire le maximum de densité apparente.

b) pour assurer la liaison des matériaux entre eux. Le béton doit être suffisamment plastique pour qu'il ne se démélange pas et que la mise en place puisse se faire dans de bonnes conditions en tenant compte des installations et du degré de fluidité prévus.

(*A suivre.*)

Conduite maîtresse de gaz jouant le rôle de poutre tubulaire d'une passerelle construite exclusivement par soudage au moyen d'électrodes «Quasi-Arc».

Comme on le voit sur les figures 1, 2 et 3, la conduite de gaz a été utilisée comme une poutre tubulaire pour supporter le tablier et le garde-corps de la passerelle. La

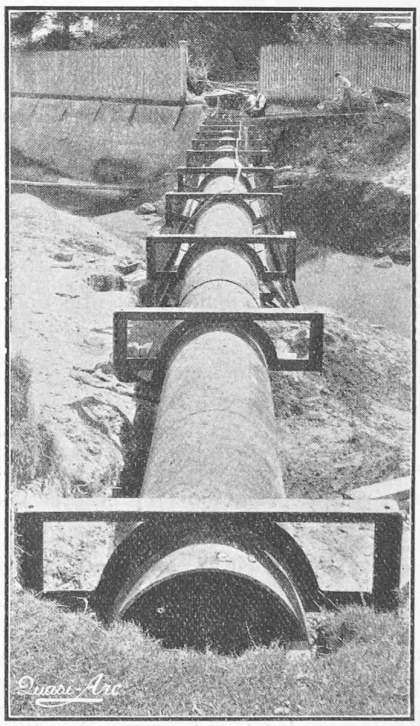

Fig. 1. — Les selles sont posées et prêtes à recevoir la superstructure de la passerelle.

nouveauté de cet ouvrage ne consiste cependant pas dans cet emploi de la conduite comme poutre tubulaire, mais dans le fait que c'est le premier pont d'une certaine portée qui ait été monté exclusivement par soudage.

Il est rare qu'une nouvelle construction ait à faire face soudainement à des sollicitations inopinées comme ce fut le cas pour cette passerelle. En effet, peu après avoir été achevée, elle fut soumise à une épreuve sévère causée par une crue qui submergea totalement la conduite et partiellement le tablier, exposant le pont à des efforts de nature composite : d'une part, la poussée de l'eau agissant sur la conduite verticalement de bas en haut, d'autre part, la force vive de l'eau la sollicitant horizontalement. Le fait que, dans cette conjoncture très précaire, la conduite a