

Zeitschrift: Bulletin technique de la Suisse romande
Band: 73 (1947)
Heft: 17

Artikel: Calcul de blindages circulaires pour galeries sous pression
Autor: Trüb, J.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-55146>

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: 15.01.2026

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

Le béton que nous connaissons n'est pas un matériau riche comme l'acier. Quoique artificiel, c'est encore un matériau pauvre, que sa résistance hétérogène aux différentes sollicitations et sa fragilité vouent à une utilisation partielle s'il n'est pas secouru par d'autres éléments.

Les armatures, dont l'apport a constitué le premier stade du béton armé, ont permis de l'utiliser depuis plus d'un demi-siècle dans les domaines les plus divers. Quel que puisse être notre désir légitime de lui substituer de nouvelles méthodes, on doit reconnaître que celles de ses applications qui ont été rationnellement conduites à tous égards, ont justifié les espérances fondées sur elles.

L'expérience du temps n'a pas, en effet, confirmé certaines craintes excessives concernant le rôle de la fissuration et des effets dynamiques. Aussi, à mon avis, *le béton armé classique, au besoin perfectionné, doit survivre encore parallèlement à nos méthodes nouvelles.*

Ces méthodes modernes, qui ont ressuscité la conception de DOEHRING, en l'amplifiant et en la complétant, ont libéré le béton armé de la fissuration, tout en permettant de l'utiliser de la façon la plus complète.

C'est à l'expérience et au temps seuls qu'il appartiendra de leur assigner leur place exacte dans l'avenir. Nous sommes trop près d'elles pour pouvoir en juger définitivement nous-mêmes.

Quelle serait notamment l'importance des économies finales qui seront réalisées ? Il est difficile de le préciser aujourd'hui. En effet, en ramenant, comme on le fait parfois, tout à la période actuelle, qui est exceptionnelle et anormale, on risque de créer une psychose qui consisterait à attribuer rigoureusement à l'avenir les difficultés toutes momentanées de l'heure présente.

* * *

Quoiqu'il en soit, nos conceptions anciennes et modernes ne peuvent avoir d'autre but que de parer aux déficiences du matériau incomplet qu'est le béton actuel. Nous le lions, nous le ligaturons, nous le sanglons comme un organisme malade.

Qui sait, et c'est là que j'entrevois l'avenir et le stade futur de son histoire, si nos successeurs ne parviendront pas à le guérir tout simplement de ses infirmités.

Lorsqu'on sera parvenu à réaliser des liants, je ne dis plus des ciments qui, tout en restant économiques, seront libérés des défauts des matériaux pierreux, le problème ne sera sans doute pas encore complètement résolu, mais un grand pas sera fait dans cette voie.

L'industrie suisse occupe incontestablement une place d'honneur dans la fabrication des ciments, tant par la régularité que par les hautes caractéristiques de ses produits.

C'est d'ailleurs avec un ciment suisse, le HOLDERBANK, que j'ai réalisé en France mes premiers travaux à durcissement rapide.

Mais, malgré cette situation privilégiée, Messieurs les cimentiers, votre œuvre est loin d'être achevée. Vos études doivent encore s'intensifier vers la recherche de ciments qui, moins fragiles, posséderont néanmoins de hautes qualités de durcissement rapide et d'énergie expansive, sans être handicapés par des prix de revient prohibitifs.

Messieurs, je salue à l'avance le chimiste suisse qui nous apportera, je veux l'espérer, le ciment complet de l'avenir.

Calcul de blindages circulaires pour galeries sous pression

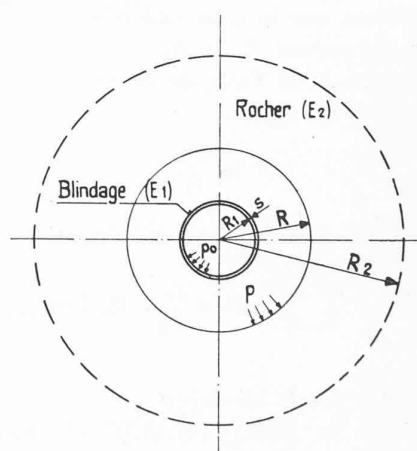
par J. TRÜB, ingénieur.

Le calcul de blindages circulaires pour des galeries sous pression étant d'actualité, l'auteur pense contribuer à sa solution en publiant les notes de calcul suivantes.

A. Calcul d'un blindage sous pression d'eau intérieure.

Les calculs qui suivent s'appliquent à une construction strictement homogène dans tous les sens, ce qui n'est possible que si la galerie se trouve à une distance suffisante de la surface du terrain et si ce dernier est homogène. Etant donné la faible épaisseur de la couche de béton d'enrobage entre blindage et rocher, nous admettons que ce béton présente les mêmes qualités que le rocher. Nous faisons abstraction de la résistance à la traction du rocher.

En appliquant les conditions d'égalité des déformations, nous trouverons comme résultat l'économie d'épaisseur de la tôle du blindage en fonction des qualités du rocher. Nous appelons système de base une conduite forcée de même diamètre, à l'air libre, calculée pour la même pression intérieure et introduisons les appellations suivantes :



- R_1 = diamètre du blindage.
- R_2 = rayon de la zone intéressée du rocher.
- R = rayon variable d'un cylindre coaxial à la galerie.
- s = épaisseur du blindage dans rocher.
- s_0 = épaisseur du blindage nu (système de base).
- e = $s_0 - s$ = économie d'épaisseur = différence d'épaisseur entre le blindage et une conduite à l'air libre.
- E_1 = module d'élasticité du métal.
- E_2 = module d'élasticité du rocher.
- p_0 = pression de l'eau à l'intérieur du blindage.

- p_1 = pression d'eau supportée par le blindage.
 p_2 = $p_0 - p_1$ = pression d'eau supportée par le rocher.
 p = pression radiale du rocher à la distance R de l'axe de la galerie.
 σ = tension tangentielle du blindage.
 σ_{ad} = tension admissible du blindage.
 ΔR_{11} = déformation radiale du blindage.
 ΔR_{12} = déformation du rocher.

Toutes les dimensions s'expriment en cm et kg.

Condition d'équilibre :

$$p_0 = p_1 + p_2 \quad (1)$$

Condition d'élasticité :

$$\Delta R_{11} = \Delta R_{12} \quad (2)$$

Déformation du blindage :

Sous la pression $p_1 = p_0 - p_2$ il règne dans le blindage la tension

$$\sigma = \frac{p_1 \cdot R_1}{s} \quad (3)$$

qui produit la déformation radiale suivante :

$$\Delta R_{11} = \frac{p_1 \cdot R_1^2}{E_1 \cdot s} \quad (4)$$

Déformation du rocher :

Nous admettons que la zone intéressée du rocher est délimitée par les rayons R_1 et R_2 .

A une distance R de l'axe du blindage, la pression radiale du rocher est égale à

$$p = p_2 \frac{R_1}{R} \quad (5)$$

La déformation radiale totale du rocher résulte de

$$\Delta R_{12} = \int_{R_1}^{R_2} \frac{p_2 \cdot R_1}{E_2 \cdot R} \cdot dR = \frac{p_2}{E_2} \cdot R_1 \cdot \text{Log} \frac{R_2}{R_1} \quad (6)$$

Pression absorbée par le blindage :

Nous égalisons les valeurs (4) et (6) et obtenons :

$$p_1 = \frac{p_0}{1 + \frac{E_2}{E_1} \cdot \frac{R_1}{s} \cdot \frac{1}{\text{Log} R_2 - \text{Log} R_1}} \quad (7)$$

Tensions tangentielles du blindage :

En introduisant la formule (7) dans la formule (3) nous obtenons :

$$\begin{aligned} \sigma &= \frac{p_0 \cdot R_1}{s} \cdot \frac{1}{1 + \frac{E_2}{E_1} \cdot \frac{R_1}{s} \cdot \frac{1}{\text{Log} R_2 - \text{Log} R_1}} = \\ &= \frac{p_0 \cdot R_1}{s} \cdot \frac{1}{1 + \frac{e}{s}} = \frac{p_0 \cdot R_1}{s + e} \end{aligned} \quad (8)$$

$$e = \frac{E_2}{E_1} \cdot R_1 \cdot \frac{1}{\text{Log} R_2 - \text{Log} R_1} \quad (9)$$

Epaisseur du blindage :

En remplaçant dans la formule (8) la valeur σ par σ_{ad} , nous obtenons :

$$s = \frac{p_0 \cdot R_1}{\sigma_{ad}} - e \quad (10)$$

La formule (9) fixe en centimètres l'économie d'épaisseur du blindage par rapport à la conduite nue, la formule (10) nous donne l'épaisseur définitive du blindage.

Conclusions :

- Le premier terme de la formule (10) est l'épaisseur d'une conduite hors terre.
- L'économie d'épaisseur e ne dépend ni de la pression de l'eau dans le blindage, ni de l'épaisseur de ce dernier.
- L'économie d'épaisseur e est constante le long d'une conduite à diamètre constant, quelle que soit la pression de l'eau.

Exemple :

La tablelle suivante concerne un blindage tel qu'il se présente en pratique. Nous avons calculé son épaisseur pour différentes valeurs de E_2 (module d'élasticité du rocher) et un rayon R_2 de 10 et de 100 m.

$R_1 = \text{cm}$ $p_0 = \text{kg/cm}^2$ $s_0 = \text{cm}$			135 9 0,94		112,5 43 4,0		107,5 46,4 4,2	
Cas	E_2 kg/cm ²	R_2 cm	e cm	s=s ₀ -e cm	e cm	s=s ₀ -e cm	e cm	s=s ₀ -e cm
I	300 000 (Granit)	10 000	5,0	—	3,96	0,04	3,75	0,45
I a	300 000	1 000	9,20	—	7,20	—	6,80	—
II	30 000 Molasse Rossens	10 000	0,50	0,44	0,40	3,60	0,38	3,82
II a	30 000	1 000	0,92	0,02	0,75	3,28	0,68	3,42
III	200 000 (Béton)	10 000	3,32	—	2,64	1,36	2,5	1,70
III a	200 000	1 000	6,10	—	4,80	—	4,0	0,20

Granit :

L'exemple I est valable pour un blindage dans du rocher très dur et compact (granit). En admettant $R_2 = 100$ m, on obtient des épaisseurs de blindage variant entre 0 et 4,5 mm, suivant le diamètre du blindage et la pression.

L'exemple Ia est une variante. Elle montre qu'en réduisant R_2 à 10 m, l'épaisseur du blindage se réduit à « 0 » sur toute sa longueur.

Molasse :

L'exemple II s'applique à un rocher tendre, telle que la molasse constatée au barrage de Rossens.

Avec $R_2 = 100$ m l'épaisseur du blindage s'établit à 4,4, resp. 36, resp. 38,2 mm suivant le diamètre et la pression des sections calculées.

En réduisant R_2 à 10 m (variante IIa) l'épaisseur du blindage est réduit à 0,2 resp. 32,8 resp. 34,2 mm. On constate que les différences des valeurs s pour R_2 égale à 10 ou 100 m ne sont pas très grandes. En pratique, nous admettrions :

pour un rocher dur $R_2 = 10$ m,

pour un rocher tendre $10 < R_2 < 100$ m,

R_2 ne pouvant toutefois pas dépasser l'épaisseur réelle du rocher.

Béton :

Dans l'exemple III et la variante IIIa, nous avons calculé les valeurs s pour un blindage dans du béton ayant un coefficient d'élasticité de 200 000 kg par centimètre carré.

On constate qu'avec $R_2 = 10$ m, le blindage est superflu.

La formule (8) permet de calculer la sollicitation d'un blindage existant pour lequel sont connues les valeurs R_1 , s et p_0 . Il suffit de déterminer selon la formule (9) la valeur de e . Ce genre de calcul peut être utile pour des cas spéciaux (pression d'essai, coups de bélier, etc.).

Nous ne voulons pas attacher trop d'importance à ces résultats qui devraient pouvoir être contrôlés par des essais pratiques. Ils permettent toutefois de se rendre compte de certaines limites qu'il ne faut pas dépasser.

Il ressort de ces calculs l'importance d'établir par des essais le module d'élasticité E_2 du rocher.

Un calcul semblable aurait pu être établi en remplaçant le module d'élasticité E_2 par $B =$ le coefficient spécifique d'enfoncement (Bettungsziffer) du rocher. Nous croyons toutefois que le résultat n'aurait pas gagné en clarté.

(A suivre.)

Corseaux, le 27 mai 1947.

NÉCROLOGIE**† Gunnar Hammershaimb.**

Au début du mois de juin, le monde de la construction navale et celui du ski ont perdu, à Winterthur, un de leurs vétérans parmi les plus distingués.

G. Hammershaimb, ingénieur naval, vivait retiré depuis une douzaine d'années, après une féconde carrière. Il naquit en 1862, fils d'un pasteur luthérien, dans un petit port des Féroé, ces îlots rocheux perdus au seuil de l'Océan arctique, sur la route de l'Islande. Tout enfant, c'est la mer qui l'attirait. A l'âge de dix ans, il est à Copenhague, à mille kilomètres de

la maison paternelle, dans une école qui prépare à la carrière maritime. Puis il se consacre à la construction navale et il est apprenti dans les grands chantiers danois de Burmeister et Wain. Après des stages pratiques en Ecosse et en Norvège, c'est de Trondhjem, en 1889, qu'il part pour la Suisse où il travaille au projet d'un bateau destiné au lac des Quatre-cantons. Rentré peu après en Norvège, à Bergen, il revient en Suisse en 1895, à Winterthur, chez Sulzer Frères où il se fixe définitivement. Il y construit cette année-là le bateau « Genève » pour le lac Léman. Successivement, en trente et quelques années, il donne le jour à une foule de bateaux grands et petits qui animent aujourd'hui tous les lacs de la Suisse. Le Léman avait sa prédilection. A l'exception de deux unités anciennes, toute la flotte actuelle de la Compagnie Générale de Navigation, à Lausanne, est son œuvre. Il voua ses soins à créer là ce type élégant du grand bateau à roues qui est si caractéristique des lacs suisses. Pendant quelques mois, en 1925, il fut directeur intérimaire du service technique de cette compagnie.

Dans un autre domaine, celui du ski, G. Hammershaimb s'est distingué en Suisse. En 1889 déjà, il avait apporté de Norvège ses lattes à neige et si l'ascension lui était pénible (on n'avait pas encore imaginé l'emploi des peaux de phoques) plus qu'à ses amis du Club alpin qui chaussaient des raquettes canadiennes, il foudroyait l'imagination par des « schuss » vertigineux à la descente !

D'un commerce délicat, d'une grande finesse de sentiment, discret autant que profond dans son amitié, G. Hammershaimb était une personnalité attachante. Il accompagnait le respect inné des traditions d'un humour toujours en éveil. — « On ne lance pas un bateau le lundi, disait-il, cela porte malheur ! » — Superstition ? Non : il expliquait dans un sourire, en clignant de ses yeux bleus sous la broussaille blonde de ses sourcils : « Parce que c'est le lendemain du dimanche... ! »

Compréhension pour autrui, fermeté en soi, patiente foi dans la recherche du mieux sous le signe d'un idéal très humain, tel il se montrait à ses amis et collègues qui conservent de lui un souvenir lumineux.

ED. M.

BIBLIOGRAPHIE

Les mystères des chemins de fer : technique, fonctionnement, expliqués au public en prenant pour exemple les Chemins de fer suisses. — Textes de MM. Dr h. c. H. Eggenberger, ingénieur ; Dr W. Fischer ; F. Gerber, ingénieur mécanicien ; M. Hawri, ingénieur mécanicien ; E. Labhardt, ancien directeur d'arrondissement ; Dr O. Miescher ; professeur † Dr Fr. Volmar ; Dr F. Wanner ; Dr R. Zehnder. Réunis par Ernst Gut. — Traduction française de certains chapitres due à MM. M.-H. Derron, ingénieur, et Jean de Montet, ingénieur. — Editions F. Rouge & C^{ie} S. A., Lausanne, 1946. — 1 vol. in-8 de 405 pages avec 213 illustrations dans le texte et 69 planches.

Cet ouvrage, remarquablement présenté, offre au lecteur une vue d'ensemble des principaux problèmes que pose un système ferroviaire. Bien que s'adressant au grand public, les spécialistes n'y trouveront pas moins de nombreux renseignements intéressants, et peut-être même encore inconnus pour eux.

On peut y suivre, par exemple, la construction d'une locomotive, de son élaboration sur plans jusqu'à la course d'essai et la mise en service, ou l'évolution des wagons, progressivement adaptés aux exigences croissantes du trafic et de la vitesse, pour arriver aux principes constructifs des voitures métalliques légères de nos trains les plus modernes.