

Le béton d'enrobage

Autor(en): **Hermann, Kurt**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Bulletin du ciment**

Band (Jahr): **68 (2000)**

Heft 6

PDF erstellt am: **21.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-146522>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Le béton d'enrobage

«Le béton d'enrobage sera de qualité et d'épaisseur suffisantes pour assurer une bonne adhérence entre l'acier et le béton, ainsi qu'une protection efficace à long terme de l'armature contre la corrosion.» (norme SIA 162)

Le béton d'enrobage a une grande influence sur la durabilité d'un ouvrage. Ses fonctions vont bien au-delà de la simple protection de l'armature, et pour pouvoir les assurer, il doit être d'une épaisseur et d'une densité suffisantes.

Il doit par exemple

- garantir l'adhérence entre le béton et l'armature;
- protéger durablement l'armature contre la corrosion grâce au milieu alcalin de la pâte de ciment durcie, et donc témoigner d'une résistance élevée à la carbonatation;
- empêcher le transport de substances nuisibles telles que ions de chlorure et de sulfate;
- protéger l'armature contre

Conditions environnementales	Enrobage minimal
Structures porteuses et éléments d'ouvrages non exposés en permanence aux intempéries ou à des variations de température et de taux d'humidité, ou à d'autres actions nuisibles	≥ 20 mm
Tous les autres cas – surfaces coffrées – surfaces non coffrées	≥ 30 mm ≥ 35 mm
Exigences élevées ou exceptionnelles en ce qui concerne la résistance GDS ou le contact direct avec des substances chimiquement agressives: – surfaces coffrées – surfaces non coffrées	≥ 40 mm ≥ 45 mm
Lors du choix d'autres valeurs, expressément justifié	≥ 15 mm

Tab. 1 Enrobage minimal de l'armature passive de structures porteuses et d'éléments d'ouvrage selon norme SIA 162 (sans majoration!) [1].

la chaleur aussi longtemps que possible en cas d'incendie.

Dans les ouvrages en béton apparent, le béton d'enrobage est en outre utilisé comme élément architectural. Le fait que le béton d'enrobage est un facteur déterminant pour

la durabilité des ouvrages en béton armé ne s'est imposé que lentement. La figure 1, qui présente l'évolution des valeurs minimales pour l'enrobage prescrites dans deux normes, le montre clairement.

Ce que dit la norme SIA 162
Au chapitre 4.32 de

la norme SIA 162 [1], quelques indications sont données sur l'enrobage minimum des barres d'armature passives. Elles figurent pour la majeure partie dans le tableau 1.

Les valeurs minimales pour le béton d'enrobage figurant dans le tableau 1 sont malheureusement souvent reprises telles quelles, en ignorant que dans la norme SIA 162 [1] il est dit que lors de l'étude du projet «on majorera ces valeurs en général d'au moins 5 mm, afin qu'elles puissent être respectées compte tenu des imprécisions d'exécution».

Cette majoration est donc une réserve de dispersion. Elle est indispensable, car la disposition de l'armature varie et peut par exemple aussi être modifiée lors du bétonnage ou du compactage.

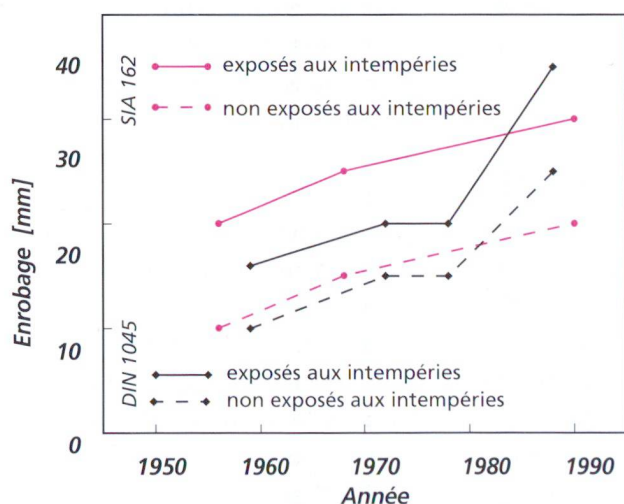


Fig. 1 Évolution des valeurs minimales pour le béton d'enrobage en Suisse et en Allemagne ([2], mod.).

Classe [4]	Conditions environnementales	Exemples	Enrobage	
			c_{min}	Δc
Aucun risque de corrosion ni d'attaque				
X0	très sec	Béton à l'intérieur de bâtiments où le taux d'humidité de l'air ambiant est très faible.	10 mm	10 mm
Corrosion induite par carbonatation				
XC1	sec	Béton à l'intérieur de bâtiments où le taux d'humidité de l'air ambiant est faible.	15 mm	10 mm
XC2	humide, rarement sec	Surfaces de béton soumises au contact à long terme de l'eau, grand nombre de fondations.	25 mm	10 mm
XC3	humidité modérée	Béton à l'intérieur de bâtiments où le taux d'humidité de l'air ambiant est moyen ou élevé. Béton extérieur abrité de la pluie.	25 mm	10 mm
XC4	alternance d'humidité et de séchage	Surfaces soumises au contact de l'eau, mais n'entrant pas dans la classe d'exposition XC2.	30 mm	10 mm
Corrosion induite par les chlorures, ayant une origine autre que marine				
XD1	humidité modérée	Surfaces de béton exposées à des chlorures transportés par voie aérienne.	45 mm	10 mm
XD2	humide, rarement sec	Piscines Béton exposé à des eaux industrielles contenant des chlorures.	45 mm	10 mm
XD3	alternance d'humidité et de séchage	Eléments de ponts exposés à des projections contenant des chlorures. Chaussées, dalles de parc de stationnement.	45 mm	10 mm

Tab. 2 Enrobage minimal c_{min} et majoration Δc des armatures en fonction de la classe d'exposition [4] (extrait de [3]).

On peut s'écarter des valeurs figurant dans le *tableau 1* si cela est expressément justifié. L'enrobage ne doit toutefois en aucun cas être inférieur à 15 mm.

Pour les structures porteuses et les éléments d'ouvrage exposés soit à des sels de déverglaçage, soit à d'autres substances chimiquement agressives, l'épaisseur de l'enrobage doit être augmentée de 10 mm. Il faut également tenir compte des prescriptions spéciales concernant la résistance au feu. Dans les cas spéciaux où l'enrobage est supérieur à 50 mm, le béton extérieur doit être consolidé par une armature de peau.

L'enrobage de béton dans les euronormes

Dans les euronormes, il est traité du béton d'enrobage plus en détail

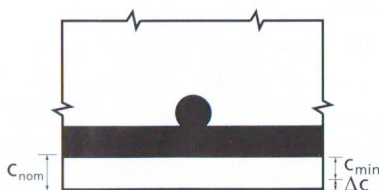


Fig. 2 Enrobage nominal $c_{nom} = c_{min} + \Delta c$.

que dans les normes SIA 162. Dans la prEN 1992-1-1: 2001 [3], on parle de béton d'enrobage nominal c_{nom} , lequel se compose de l'épaisseur d'enrobage minimale c_{min} et de la majoration Δc .

$$c_{nom} = c_{min} + \Delta c$$

La majoration Δc est normalement de 10 mm. L'enrobage minimal c_{min} dépend d'une part des conditions environnementales (classe d'exposition) qui vont agir sur l'élément d'ouvrage (voir *tableau 2*). D'autre part, les conditions suivantes doivent également être remplies:

$$c_{min} \geq \emptyset$$

$$\text{ou } c_{min} \geq \emptyset + 5 \text{ mm pour } d_G > 32 \text{ mm}$$

\emptyset diamètre des barres d'armature
 d_G diamètre maximum des granulats

Il y a bien sûr une série de cas spéciaux, dans lesquels l'enrobage nominal, soit doit être augmenté (par exemple protection contre le feu), soit peut être réduit (p. ex. préfabrication). Il n'en sera pas traité ici.

Distanceurs

Les distanceurs servent à garantir l'enrobage exigé entre les barres d'armature extérieures et le coffrage pendant et après le bétonnage. Leurs propriétés ainsi que leur utilisation sont décrites en détail dans la fiche «Abstandhalter» [5] publiée par le Deutscher Betonverein (DBV). Bien qu'ils soient cause d'un manque d'homogénéité dans l'enrobage, ils ne doivent pas exercer d'influence sur l'étanchéité de l'élément d'ouvrage fini. Si l'indéformabilité est exigée, ou si des sollicitations statiques, chimiques ou thermiques élevées, ou de grandes forces de traction, sont prévisibles, il faut utiliser de préférence des distanceurs à base de ciment plutôt que des distanceurs en matière synthétique [5, 6].

La forme est un critère important pour les distanceurs [5]. Il y a les

- distanceurs en forme de roue, ponctuels (p. ex. taquets, chevalets);
- distanceurs linéaires (tiges triangulaires droites ou ondulées);

- distanceurs planiformes (anneaux, treillis).

Des indications concernant la convenance de différents distanceurs pour des éléments d'ouvrage sélectionnés figurent dans le *tableau 3*. Pour que les distanceurs ne se déplacent et ne se tordent pas pendant les travaux, par exemple lors de la mise en place et du compactage du béton, et pour qu'ils puissent reprendre sans déformations notables les efforts se produisant, ils doivent être posés en nombre suffisant et être fixés soigneusement.

Mesure non destructive du béton d'enrobage

Différentes méthodes s'offrent pour localiser l'armature et pour mesurer le béton d'enrobage. Mais seules celles qui utilisent la magnétisabilité de l'armature sont applicables sans entraîner de gros frais. Elles sont décrites dans [7] et [8].

Avec le procédé à champ magnétique continu, on utilise un aimant permanent à haute intensité de pôle. On appelle procédés inductifs, ceux avec lesquels on utilise des champs magnétiques alternatifs ou courants de Foucault.

Pour obtenir des valeurs mesurées quelque peu fiables, il faut connaître le diamètre des barres d'armature ou pouvoir le mesurer directement avec la sonde. Les barres d'armature serrées peuvent poser des problèmes. Les résultats des mesures doivent absolument être vérifiés par percement à des endroits sélectionnés.

Le béton d'enrobage dans la réalité

La plupart des dégâts des ouvrages en béton armé sont dus à un enrobage de l'armature insuffisant. La

Elément d'ouvrage Distanceur	Colonne armature horizontale	Mur		Poutre		Dalle/Fondations armature horizontale
		armature horizontale	armature verticale	armature horizontale	armature verticale	
A En forme de roue	0 ¹⁾	0 ¹⁾	-	-	-	-
B 1 Ponctuel, non fixé (taquet, chevalet)	-	-	-	0	-	0
B 2 Ponctuel, fixé (taquet, chevalet)	+ ²⁾	+ ²⁾	+ ²⁾	+	+ ²⁾	+
C 1 Linéaire non fixé ³⁾	-	-	-	+	-	+
C 2 Linéaire, fixé ³⁾	+	+	0	+	0	+
D 1 Planiforme, non fixé ³⁾	-	-	-	+	-	+
D 2 Planiforme, fixé ³⁾	+	+	0	+	0	+
1) Attention lors de l'entretoisement du coffrage, bascule facilement					+	convient
2) Lorsque basculement et déplacement sont exclus					0	convient sous réserve
3) Avec limitation de longueur (350 mm ou < 2 d ou < 0,25 b avec d = épaisseur de l'élément d'ouvrage et b = largeur de l'élément d'ouvrage)					-	ne convient pas

Tab. 3 Indications pour le choix de distanceurs pour des éléments d'ouvrage sélectionnés [5].

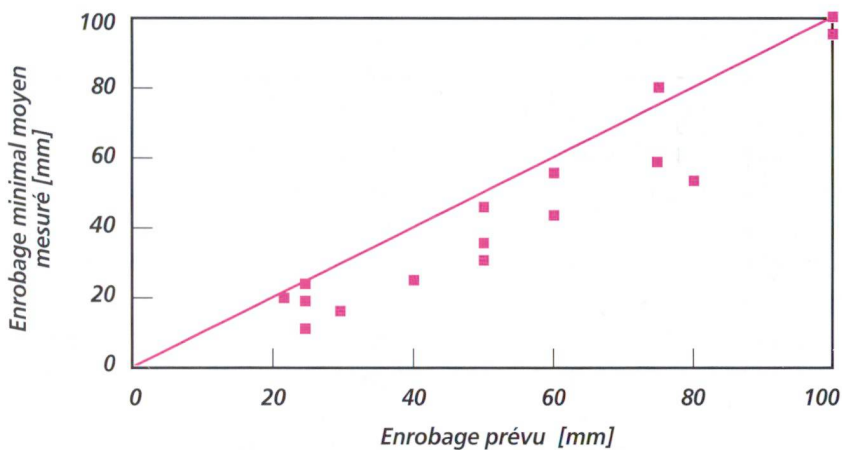


Fig. 3 Enrobage minimal moyen prévu et mesuré dans des bâtiments d'Afrique du Sud ayant entre 0 et 75 ans (selon [9]).

cause peut en être d'une part l'ignorance et un plan mal établi, mais d'autre part aussi des erreurs lors de l'exécution, et un contrôle par la direction des travaux insuffi-

sant ou faisant défaut.

La figure 3 donne les résultats d'un examen sur des bâtiments d'Afrique du Sud ayant jusqu'à 75 ans. L'enrobage minimal moyen mesuré n'était

supérieur au plan prévu que dans un cas sur 16; dans la plupart des cas, il était nettement inférieur à ce qui était prescrit.

On sait par expérience que les différences dans l'épaisseur de l'enrobage sont minimales dans chacun des éléments et chacune des étapes de construction ou de bétonnage d'un grand ouvrage; mais prises dans l'ensemble de l'ouvrage, elles peuvent être grandes. C'est ce que montre un exemple venant d'Allemagne, où l'on a examiné le béton d'enrobage des fûts extérieurs de deux tours similaires [10]:

- Dans une tour de télévision de Mannheim ayant 15 ans, l'enrobage moyen était de 34 mm, et la

LITTÉRATURE

- [1] Norme SIA 162: «Ouvrages en béton» (édition 1993).
- [2] **Schenkel, M.**, «Zum Verbundverhalten von Bewehrung bei kleiner Betondeckung», publié par l'Institut de statique et structures de l'EPFZ, 162 pages (1998).
- [3] prEN 1992-1: 2001 (1st draft): «Eurocode 2: Design of concrete structures – Part 1: General rules and rules for buildings» (décembre 1999).
- [4] prEN 206-1: Béton – Partie 1: Spécification, performances, production et conformité (projet définitif, janvier 2000).
- [5] «Abstandhalter», DBV-Merkblatt (version février 1997).
- [6] **Bayer, E., Kampen, R., et Moritz, H.**, «Beton-Praxis: ein Leitfaden für Baustellen», 3. Auflage, Beton-Verlag, Düsseldorf (1989).
- [7] «Merkblatt für Bewehrungsnachweis und Überdeckungsmessung bei Stahl- und Spannbeton», Merkblatt B 2, publié par la Deutsche Gesellschaft für Zerstörungsfreie Prüfung e. V., Berlin (avril 1990).
- [8] **Flohner, C.**, «Messung der Betondeckung und Ortung der Bewehrung», in «Bauwerksdiagnose – Praktische Anwendungen Zerstörungsfreier Prüfungen», DGZfP-Berichtsband 66-CD, Vortrag 4, pages 35–45 (1999).
- [9] **Mackechnie, J. R., et Alexander, M. G.**, «Durability findings from case studies of marine concrete durability», Cement, Concrete, and Aggregates **19** [1], 22–25 (1997).
- [10] **Schuhbauer, A.**, «Betonüberdeckung und Karbonatisierungstiefe – Statistische Untersuchungen an zwei Turmbauwerken», Beton **37** [4], 17–160 (1987).

profondeur de carbonatation moyenne de 3,0 mm.

- Dans une tour de télévision de Donnersberg ayant 18 ans, l'enrobage moyen était de 27 mm, et la profondeur de carbonatation de 10,5 mm.

Les indications données à la figure 4 sur les épaisseurs d'enrobage effectivement mesurées sont plus instructives que ces chiffres: il y a de grandes différences entre les valeurs les plus basses et les valeurs les plus élevées.

Béton d'enrobage insuffisant dans les anciens bâtiments

Lorsque l'on constate des épaisseurs d'enrobage insuffisantes dans les anciens bâtiments, on peut prendre les mesures suivantes:

- Les données figurant dans les plans doivent au minimum correspondre aux valeurs prescrites dans les normes.
- Il faut tenir compte (concepteurs et entrepreneurs) de la majoration (5...10 mm) dans les plans et dans les documents de soumission.
- Des mesures de correction et des valeurs minimum doivent être fixées.

Kurt Hermann, TFB

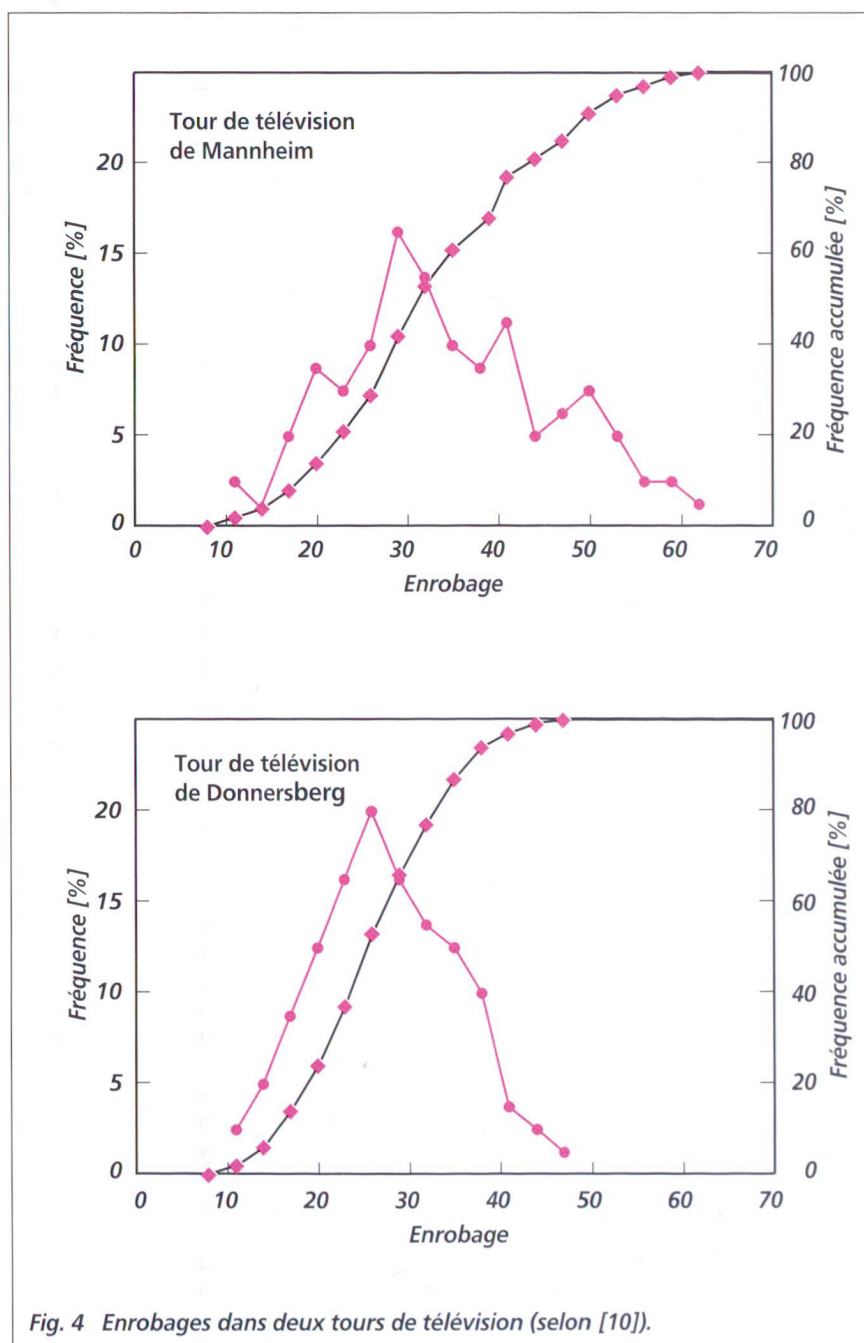


Fig. 4 Enrobages dans deux tours de télévision (selon [10]).