



Sika **Beton coloré** Guide technique



Beton coloré

Guide technique

Verfasser
Sika Schweiz AG
Tüffenwies 16
CH-8048 Zurich
www.sika.ch

Autoren
Miriam Runge, Sika Schweiz AG

Layout
Sika Schweiz AG
Marketing Service

© 2011 Sika Schweiz AG
Alle Rechte vorbehalten

4. Edition 02/2012



1. Table des matières

1. Introduction	7
1.1 Définition	7
1.2 Normes / Règles	7
1.4 Compétences	8
1.3 Facteurs d'influence	8
2. Planification	9
2.1 Possibilités d'aménagement	9
2.2 Echantillon	10
2.3 Exigences pour le béton	10
2.4 Exigences générales concernant le coffrage	12
2.5 Surface du coffrage	13
2.6 Agent de décoffrage: choix et utilisation dans les règles de l'art	16
2.7 Distanceurs d'armature	18
2.8 Ancrage de coffrage et trous d'écarteurs de coffrage	18
2.9 Protection de la surface	18
2.9.1 Imperméabilisation	18
2.9.2 Peintures / Lasures	19
2.9.3 Antigraffiti	19
2.10 Coûts supplémentaires	20
2.11 Marche à suivre en présence de défauts	21
3. Béton	22
3.1 Constituants du béton	22
3.1.1 Ciment	22
3.1.2 Additions du béton	22
3.1.3 Adjuvants du béton	22
3.1.4 Granulats	23
3.1.5 Eau	23
3.2 Pigmente	23
3.3 Recette du béton	26
3.4 Fabrication	26
3.5 Remarque importante Sika® ColorCrete-G Colormix	28
3.6 Transport	28

1. Inhaltsverzeichnis

4. Soumission	29
4.1 Données à indiquer dans la soumission	29
4.2 Exemple d'un texte de soumission pour le béton coloré et le béton apparent	30
5. Exécution	32
5.1 Préparation des travaux	32
5.2 Coffrage et agent de décoffrage	33
5.3 Armature, distanceurs de coffrage et supports	33
5.4 Mise en place du béton	34
5.5 Décoffrage	34
5.6 Traitement de cure	34
5.7 Mesures de protection durant la construction	35
6. Erreurs possibles et leur origine	36
6.1 Coffrage	36
6.2 Etanchement des joints	36
6.3 Pores et creux	37
6.4 Nids de gravier	37
6.5 Trainées d'eau	37
6.6 Efflorescences	37
7. Littérature	39

1. Introduction

1.1 Définition

Le béton coloré est (presque exclusivement) un béton apparent auquel on aura ajouté des pigments et qui doit satisfaire à des exigences esthétiques élevées. La définition du béton apparent est la suivante [1]:

- Surfaces en béton ayant une belle apparence – en bref: les surfaces visibles sont désignées en général comme „Béton apparent“. La surface apparente est la partie visible du béton, une fois les travaux terminés, qui reproduira la forme, la texture, la couleur, la surface de coffrage, les joints etc. ainsi que l'effet architectonique de l'élément de construction ou de l'ouvrage.

1.2 Normes / Règles

En Suisse, il n'existe jusqu'ici aucune norme spécifique pour le béton apparent/béton coloré et il n'est ainsi pas défini clairement. Dans la norme SN EN 206-1, le béton est uniquement décrit selon les propriétés et exigences techniques comme p.ex. la résistance à la compression, la/les classe(s) d'exposition ou la consistance. Divers types de coffrages sont décrits dans l'annexe C de la norme SIA 118/262.

Etant donné que ni dans ces normes ou dans d'autres recommandations il n'est fait mention d'exigences esthétiques et décoratives, une description détaillée des performances souhaitées est indispensable. Des indications de ce genre concernant la planification, l'exécution et l'évaluation du béton apparent et béton coloré sont contenues dans les notices explicatives suivantes et doivent être convenues comme faisant partie explicite du contrat dans le contrat d'entreprise:

- Cahier technique cemsuisse – MB 02 «Cahier technique pour les ouvrages en béton apparent», cemsuisse, Bern
- Cahier technique DBV - Béton apparent, Deutscher Beton- und Bautechnik-Verein e. V., Berlin
- Directives ÖVBB «Béton apparent – Surfaces en béton coffré», Österreichische Vereinigung für Beton- und Bautechnik, Vienne

1. Introduction

1.3 Facteurs d'influence

La qualité du béton coloré est principalement déterminée par la collaboration de tous les participants. C'est pourquoi un agrément détaillé entre le maître d'œuvre, l'architecte, l'ingénieur, l'entrepreneur, le fournisseur de béton et évent. les experts de l'industrie du ciment et de la chimie du bâtiment est absolument indispensable.



Fig. 1: Facteurs d'influence sur la qualité du béton coloré

1.4 Compétences

La responsabilité et les compétences de tous les participants doivent être définies le plus tôt possible afin d'éviter autant que possible des malentendus, des dépassements de coûts, des retards dans les délais ainsi que des conflits lors de l'évaluation ultérieure de la surface en béton.

Domain	Compétence
Planification	Planificateur / architecte
Soumission / Devis	Planificateur/architecte, ingénieur en génie civil
Coffrage / Armature	Entrepreneur, ingénieur en génie civil
Fabrication du béton	Fournisseur du béton
Mise en œuvre du béton (mise en place, compactage, traitement de cure etc.)	Entrepreneur
Réception des travaux	Planificateur/architecte

Fig. 2: Compétences

2. Planification

2.1 Possibilités d'aménagement

En plus des différentes couleurs, la surface peut être aménagée par des effets spéciaux:

- Dimension et disposition des éléments de coffrage
- Surface de coffrage (p.ex. lisse, texturée)
- Revêtement du coffrage (doublure, listes, matrices etc.)
- Coffrages entaillés
- Béton photo
- Aménagement des joints/écarteurs de coffrage, formation des arêtes etc.
- Traitement de la surface en béton: lavage, sablage, traitement à l'acide, bosselage, surface griffée, ponçage, polissage etc.



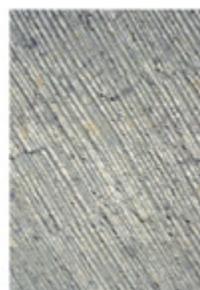
Surface bouchardée



Surface bouchardée



Surface par piquage



Surface brossée



Surface bosselée



Surface sablée



Surface traitée à l'acide



Surface lavée

Fig. 3: Exemples de traitements de surfaces en béton

2. Planification

2.2 Echantillon

Pour faire un premier choix concernant la couleur en début de planification, des échantillons de béton peuvent être remis au maître d'œuvre resp. à l'architecte pour donner un aperçu des couleurs et des structures réalisables de la surface. Une autre possibilité très intéressante pour déterminer la couleur de la surface est de visiter des objets de références ou de se reporter sur des exemples tirés de la littérature. Sika Schweiz AG confectionne des plaques-échantillons à la demande de ses clients avec les constituants de la centrale à béton qui livrera plus tard le béton destiné à l'objet en béton coloré. De cette façon, les échantillons sont assez proches de la réalité et peuvent livrer des points de repère précieux pour la future recette du béton.

Avant le début des travaux de bétonnage, il est très recommandé d'exécuter des surfaces-échantillons de grande superficie sous les conditions de chantier. Ceci permet de déterminer la recette définitive du béton, de choisir un agent de décoffrage approprié pour la surface de coffrage utilisé et de faire une surface de référence pour la réception de travaux évent. même d'appliquer une protection de surface (voir 2.9) en prévision de la réception des travaux. Les connaissances ainsi acquises sur la recette du béton, la surface du coffrage, l'agent de décoffrage et l'aménagement des surfaces livrent des détails précieux pour la soumission ainsi que des données sur la faisabilité, la dépense en temps et les coûts.

2.3 Exigences pour le béton

En plus des exigences esthétiques de la surface, le béton doit naturellement aussi remplir toutes les exigences statiques et autres selon la norme. Les règles correspondantes sont contenues dans la norme:

- SN EN 206-1 Béton - Partie 1: Spécification, performances, production et conformité [2]

On y trouve en particulier la répartition très importante des classes du béton en classes d'exposition sur la base des effets des conditions d'environnement. Au cas où le béton est exposé à plus d'un effet cité plus haut, les conditions de ces influences doivent alors être exprimées comme combinaison des classes d'exposition. Par la répartition du béton en classes d'exposition il en résulte certaines exigences concernant la composition ainsi que les tests correspondants mentionnés dans le tableau NA.3 de l'annexe national NA de la norme SN EN 206-1:2000 "Exigences concernant la composition et les propriétés du béton avec un grain maximal de 32 mm dans la granulométrie" (voir Fig. 4).

2. Planification

Tableau NA.3 Exigences relatives aux propriétés et à la composition du béton avec une dimension maximale des granulats de 32 mm
Actualisation: 16 décembre 2010

Exigences relatives à	Classes d'exposition												
	Corrosion induite par la carbonatation					Corrosion induite par des chlorures autres que l'eau de mer					Attaque gélodégel		
	X0	XC1	XC2	XC3	XC4	XD1	XD2a ^{a)}	XD2b ^{a)}	XD3	XF1	XF2	XF3	XF4
Rapport E/C maximal [1]	0,65	0,65	0,65	0,60	0,50	0,50	0,50	0,50	0,45	0,50	0,50	0,50	0,45
Dosage en ciment minimal ^{a)} [kg/m ³]	280	280	280	280	300	300	300	300	320	300	300	300	320 ^{b)}
Essais (valeurs limites et critères selon chiffre 8.2.2, tableau NA.5)	SIA 262/1, Annexe A: Perméabilité à l'eau					SIA 262/1, Annexe B: Résistance aux chlorures					SIA 262/1, Annexe C: Résistance au gel en présence de sel de déneigement		
Autres exigences											SN EN 12620-2002 contient les exigences relatives aux granulats		
CEM I	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
CEM III/A-L	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
CEM III/A-M (D-LL)	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
CEM III/B-L	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
CEM III/B-LL ^{d)}	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
CEM III/A-D	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
CEM III/A-S	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
CEM III/A	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
CEM III/B	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
CEM III/A-M (V-LL) ^{e)}	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
CEM III/B-M (V-LL) ^{e)}	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
CEM III/B-T ²⁾	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
CEM III/B-M (T-LL) ³⁾	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
CEM III/B-M (S-LL) ⁴⁾	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
CEM III/B-M (S-T) ⁵⁾	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+

a) Siens prise en compte des additifs
b) Pour la combinaison des classes d'exposition XC4(CH) et XF4(CH) le rapport E/C maximal est 0,50 et le dosage en ciment minimal 300 kg/m³. Ce règlement n'est valable que pour la classe de béton B16/20B10. Ce béton correspond au ancien béton standard pour les ouvrages de genre civil.

c) * signifie "non autorisé".

d) Les dosages en ciment minimums doivent augmenter de 20 kg/m³.

e) Différenciation de la classe d'exposition XD2(CH) selon chiffre 8.2.3.2 révisé. XD2a(CH): teneur en chlorures > 0,5 g/l (eau douce); XD2b(CH): teneur en chlorures > 0,5 g/l (eau salée).
Remarque: En cas de teneurs en chlorures élevées de manière temporaire ou permanente (p.ex. bains d'eau salée), il est recommandé de choisir un béton de la classe d'exposition XD3(CH).

- 1) Producteur: Holcim (Suisse) SA, selon la décision du 7.10.2005 de S-Cert SA, organisme suisse de certification pour produits de construction.
- 2) Producteur: Holcim (Baden-Württemberg) Sarl, selon la décision du 7.10.2005 de S-Cert SA, organisme suisse de certification pour produits de construction.
- 3) Producteurs: Holcim (Suisse) SA, Holcim (Vorarlberg) Sarl, Holcim (Südböden) Sarl et Holcim (France), selon la décision du 8.10.2010 de S-Cert SA, organisme suisse de certification pour produits de construction.
- 4) Producteurs: Jura-Cement-Fabrik AG et Juracem SA, selon la décision du 6.3.2009 de S-Cert SA.
- 5) Producteurs: Holcim (Schweiz) GmbH, Holcim (Vorarlberg) GmbH, Holcim (Süddeutschland) GmbH, selon la décision du 10.12.2010 de S-Cert SA.

Fig. 4: SN EN 206-1:2000, tableau NA.3 [2]

2. Planification

■ Exemple: Béton coloré pour une façade

En Suisse, ce béton doit en règle générale être classé dans les classes d'exposition XC4 et XF1. De ce fait, pour un béton d'un grain maximal de 32 mm, il faut respecter un rapport maximal e/c de 0.50 et une teneur en ciment minimale de 300 kg/m³. D'autre part, la perméabilité à l'eau doit être contrôlée selon SIA 262/1, annexe A.

En alternative, la sorte de béton peut aussi être déclarée comme un béton CAN selon SIA 118/262 [3] (voir Fig. 5). Données détaillées pour le béton au chapitre 3.

Sorte Exigences ¹⁾	Sorte A ²⁾ (Antoine)	Sorte B (Berta)	Sorte C (César)	Sorte D (T1)	Sorte E (T2)	Sorte F (T3)	Sorte G (T4)	
Conformité ³⁾	Béton selon SN EN 206-1	Béton selon SN EN 206-1	Béton selon SN EN 206-1	Béton selon SN EN 206-1	Béton selon SN EN 206-1	Béton selon SN EN 206-1	Béton selon SN EN 206-1	
Classe de résistance à la compression	C25/30	C25/30	C30/37	C25/30	C25/30	C30/37	C30/37	
Classe d'exposition (combinaison des classes indiquées)	XC2(CH)	XC3(CH)	XC4(CH), XF1(CH)	XC4(CH), XD1(CH), XF2(CH)	XC4(CH), XD1(CH), XF4(CH)	XC4(CH), XD3(CH), XF2(CH)	XC4(CH), XD3(CH), XF4(CH)	
Exposition	exposé aux intempéries	non	non	oui	oui	oui	oui	
	eaux chargées en chlorures	non	non	non	oui	oui	oui (forte)	
	gel	non	non	oui	oui	oui (forte)	oui (forte)	
Application	exemples	parois intérieures, dalles, fondations	locaux humides, salle d'eau	façades, piliers, murs de soutènement	éléments exposés aux brouillard salin ou aux projections d'eaux chargées en chlorures, p.ex. dalles de galeries	comme D, en plus exposition au gel avec une haute saturation en eau (eau de contact) possible, p.ex. piles	comme D, mais avec un apport de chlorures plus intensif, p.ex. murs de soutènement, parapets	comme F, en plus exposition au gel avec une haute saturation en eau (eau de contact) possible, p.ex. couches de surface en béton

Fig. 5: Bétons CAN selon SIA 118/262, annexe E [3]

2.4 Exigences générales concernant le coffrage

Pour la réalisation d'une surface en béton coloré de haute qualité, il faut accorder une attention toute particulière au coffrage. Il doit être absolument propre et n'avoir subi aucun dommage car les plus infimes résidus de béton ainsi que les défauts se reportent imparablement sur la surface.

2. Planification

Etant donné que pour la plupart des ouvrages la surface de coffrage est déjà définie, il faut choisir un système de coffrage approprié (coffrage-cadre ou coffrage mixte), ce qui permet d'utiliser la surface de coffrage souhaitée. L'avantage des coffrages mixtes par rapport aux coffrages-cadres est le fait qu'ils peuvent être planifiés librement. En outre, un coffrage mixte peut être utilisé pour un doublage de la surface de coffrage. Pour les coffrages-cadres, il faut envisager déjà lors de la planification d'utiliser des systèmes de gabarits courants (soit forme de coffrage et écarteurs donnés), ceci tant du point de vue planification qu'économique.

Dans tous les cas, le coffrage doit être suffisamment rigide. La plus grande prudence est de mise pour le béton SCC à cause des pressions sur le coffrage qui sont plus élevées. D'autre part, il faut prendre garde à ce que les jointures de coffrage ainsi que les trous des écarteurs de coffrage soit étanchés de manière efficace ce qui est assez difficile pour les joints de bétonnage horizontaux. A cet effet, les bandes d'étanchéité en mousse synthétique ou les mastics d'étanchéité à base de polyuréthane comme le SikaBond® AT-Universal ont fait leur preuve dans la pratique. Les mousses PU comme p.ex. le Sika® Boom® sont appropriées pour le bas des piliers et au pied des parois. Si les étanchements ne sont pas effectués dans les règles de l'art, de la pâte de ciment et de l'eau peuvent sortir à travers les joints ce qui provoque une coloration foncée du béton (voir 6.2).

2.5 Surface du coffrage

En règle générale, les coffrages absorbants tels que p.ex.

- les planches naturelles, planches épaisses et panneaux de coffrage non revêtus
- les panneaux de coffrage traités, mais peu absorbants
- les lés de coffrage en textile et autres

provoquent peu de pores et donnent une surface du béton plus foncée. Le pouvoir d'absorption fait que l'air occlus et une partie de l'excédent d'eau seront absorbés. Etant donné que la capacité d'absorption d'eau du bois est variable - même au sein d'une même planche - des divergences de couleurs peuvent aisément survenir car le béton présentant un rapport e/c bas paraît plus foncé que le même béton présentant un rapport e/c plus élevé. Les coffrages en bois

2. Planification

neufs doivent être traités préalablement avec un coulis de ciment avant leur première utilisation afin de réduire leur pouvoir d'absorption et d'enlever la xylose du bois de la première couche. Un coffrage en bois neuf et non traité absorbe l'eau du béton ce qui peut provoquer un farinage. D'autre part, la xylose du bois a un effet retardateur sur le béton ce qui le rend plus foncé. (voir Fig. 6)



Fig. 6: Conséquences d'une différence de pouvoir d'absorption

Pour obtenir des surfaces en béton coloré lisses, on utilise des coffrages non absorbants resp. peu absorbants tels que p.ex.

- les panneaux multicouches revêtus de mélamine ou de résine phénolique
- les panneaux revêtus de matières synthétiques
- les panneaux en matières synthétiques

Les coffrages en acier ne sont pas utilisés couramment sur un chantier. Leur utilisation est presque exclusivement réservée pour la préfabrication.

Etant donné que ces surfaces de coffrage ont un pouvoir absorbant très limité resp. qu'elles n'ont pas de pouvoir absorbant, il y aura plus de pores et de formation de nuages. Après plusieurs utilisations des coffrages revêtus, le pouvoir d'absorption se modifie ce qui conduit le plus souvent à des divergences de couleurs à la surface du béton.

Les panneaux revêtus de résine phénolique doivent être protégés des rayons du soleil et des températures élevées car si la résistance aux UV du film de résine phénolique est insuffisante, des décolorations brunâtres peuvent survenir à la surface du béton suite à une réaction chimique.

Dans l'annexe C de la norme SIA 118/262 [3], figurent plusieurs sortes de coffrages (voir Fig. 7) qui ne décrivent toutefois les multiples possibilités que de façon limitée.

2. Planification

ANNEXE C TYPES DE COFFRAGES (voir chiffre 8.4.3.4)

Type 1 Béton d'aspect ordinaire

Surface sans exigence particulière:

- aspect quelconque
- sans ébarbage, ni reprise des bavures et des redents.

Indication d'exigences plus élevées:

1. joints étanches.

Type 2 Béton d'aspect soigné

Surface satisfaisant aux exigences suivantes:

- aspect uniforme, sans exigences au sujet de la grandeur des lames ou des panneaux
- ébarbage avec reprise des bavures et des redents.

Indication d'exigences plus élevées:

1. joints étanches.

Type 3 Béton de parement conservant l'empreinte des lames de coffrage

Surface apparente satisfaisant aux exigences suivantes:

- aspect uniforme sans redents, bavures et nids de gravier
- nombre restreint de bulles provoquées par des inclusions d'air
- teinte la plus uniforme possible
- largeur constante des lames, sans exigences au sujet des abouts
- direction des lames uniforme et parallèle au grand côté de la surface à coffrer
- lames rabotées.

Indication d'exigences plus élevées:

1. joints étanches
2. abouts décalés
3. direction des lames uniforme et perpendiculaire au grand côté de la surface à coffrer
4. texture selon plan détaillé
5. utilisation de lames non rabotées
(exemple: surface de béton type 3-12: béton de parement conservant l'empreinte des lames de coffrage, joints étanches, abouts décalés).

Type 4 Béton de parement conservant l'empreinte des panneaux de coffrage

Surface apparente satisfaisant aux exigences suivantes:

- aspect uniforme sans redents, bavures et nids de gravier
- nombre restreint de bulles provoquées par des inclusions d'air
- teinte la plus uniforme possible
- largeur constante des panneaux, sans exigences au sujet des abouts
- direction des panneaux uniforme et parallèle au grand côté de la surface à coffrer

Indication d'exigences plus élevées:

1. joints étanches
2. abouts décalés
3. direction des panneaux uniforme et perpendiculaire au grand côté de la surface à coffrer
4. texture selon plan détaillé
(exemple: surface de béton type 4-4: béton de parement conservant l'empreinte des panneaux de coffrage, texture selon plan détaillé).

2. Planification

2.6 Agent de décoffrage: choix et utilisation dans les règles de l'art

Pour faire le choix d'un agent de décoffrage approprié, il est judicieux d'effectuer des essais préliminaires avec le coffrage choisi. Le tableau 8 indique quel produit de Sika Schweiz AG convient pour le béton coloré ainsi que les domaines d'utilisation et les propriétés les plus importantes du produit.

Domaines d'utilisation/ Propriétés	Sika® Separol®		
	-33 Universal	-55	-6 W
Coffrage non absorbant	(+)	+	+
Coffrage absorbant	+		+
Coffrage vertical	+	+	+
Béton apparent		+	+
Agent décapant	+		
Réduction spéciale des pores			+
Sans solvants		+	+
Pas de temps de séchage nécessaire	+		
Complètement biodégradable			+
Sprayable	+	+	+
Température max. du coffrage [°C]	80	50	80
(+) convient sous réserve + bien approprié resp. propriétés correspondantes			

Fig. 8: Domaines d'utilisation et propriétés des agents de décoffrage Sika

Pour obtenir un béton coloré de qualité, le coffrage doit être absolument sec et très propre. L'application d'un agent de décoffrage sur des coffrages sales augmente la consommation de l'agent de décoffrage car les salissures et la poussière posées sur le coffrage donnent l'impression qu'il n'y a pas assez de produit si bien qu'on applique plus de produit que nécessaire. D'autre part, il faut veiller à ce qu'il n'y ait pas de taches ou d'empreintes de pas sur le coffrage car celles-ci seront visibles sur la surface du béton. L'application d'une trop grande quantité d'agent de décoffrage peut provoquer des taches brunes (voir Fig. 9), des pores ou un farinage.

2. Planification



Fig. 9: Conséquences d'une application en trop grande quantité (à gauche) et quantité adéquate (à droite)

Trop grande quantité



Quantité exacte



Fig. 10: Contrôle de la quantité appliquée

En outre, le coffrage doit être sec car l'application d'un agent de décoffrage exempt de solvants sur un coffrage mouillé peut provoquer un effet déperlant. Ceci conduit à un mouillage incomplet du coffrage et il en résulte un effet de séparation irrégulière lors du décoffrage par des zones qui peuvent facilement être décoffrées et d'autres zones qui adhèrent.

2. Planification

2.7 Distanceurs d'armature

Pour atteindre un enrobage du béton exigé, des distanceurs d'armature sont indispensables. En particulier pour les faces inférieures du plafond, il n'est pas toujours possible d'éviter que les distanceurs d'armature en couleur ne déposent pas. On a obtenu les meilleurs résultats avec des distanceurs d'armature liés au ciment en forme de point. Dans les cas très critiques, on peut éventuellement penser utiliser des distanceurs d'armature en couleur. Les distanceurs d'armature doivent être disposés le plus régulièrement possible.

2.8 Ancrage de coffrage et trous d'écarteurs de coffrage

On devrait déjà penser à une disposition régulière des ancrages de coffrage lors de la phase de planification et établir un plan de disposition (voir Fig. 20).



Fig. 11: Fermeture d'un trou d'écarteurs de coffrage avec un cône en acier inoxydable et gravure

Lors de l'exécution, il faut veiller à ce que les trous d'écarteurs de coffrage soient étanchés et les ancrages montés et tirés régulièrement exactement à la verticale du coffrage.

Lors de la fermeture ultérieure des trous d'écarteurs de coffrage, il y a de nombreuses possibilités. Exemples entre autres sous [4].

2.9 Protection de la surface

2.9.1 Imperméabilisation

L'imperméabilisation des surfaces en béton coloré est surtout utile durant la phase initiale, car elle permet de réduire l'absorption d'eau, en particulier pour les fissures inférieures à 0,3 mm de largeur, et ainsi les incrustations dans les fissures de même que les efflorescences sur la surface. D'autre part, la couverture de végétation par la mousse etc. s'en trouve réduite.

2. Planification

Pour ce qui est de la durabilité de l'ouvrage, une imperméabilisation n'est pas nécessaire pour autant que la couverture du béton soit suffisante et que le béton utilisé réponde aux exigences des classes d'exposition.

Recommandation de produit: Sikagard®-705L, 2× env. 150 g/m²

Coût total, brut env. 20 CHF/m²

2.9.2 Peintures / Lasures

Des traitements de surfaces formant un film sont totalement réprouvés sur le béton coloré. Des lasures sur un béton coloré ne rentrent en compte que pour parer à un problème de cosmétique.

Etant donné la faible brillance, les systèmes minéraux sont mieux appropriés pour le béton architectonique que les systèmes à base de matières synthétiques. Lorsque la couverture du béton est suffisante et que la qualité du béton est bonne, il n'y a pratiquement pas ou très peu d'exigences pour ce qui est de l'effet protecteur. Avant l'application d'une lasure, il faudrait, suivant les circonstances, appliquer une imperméabilisation. Il est recommandé d'utiliser un système d'un seul fournisseur.

2.9.3 Antigriffitis

Les nombreux systèmes antigriffitis peuvent être séparés en 2 classes distinctes:

- systèmes permanents: des systèmes colorés, visibles, souvent en couche épaisse (env. 0.5 mm) et très brillants qui normalement ne rentrent pas en ligne de compte pour le béton coloré.
- systèmes non permanents: des systèmes à peine perceptibles à l'œil nu qui, en cas de salissures par les graffitis seront complètement enlevés (p.ex. à la vapeur). Les systèmes non permanents doivent continuellement être renouvelés. En outre, ils ne sont pas résistants aux intempéries et de ce fait requièrent un entretien continu intensif.

Un service complet qui comprend l'application, l'entretien et l'enlèvement rapide des graffitis ainsi que le renouvellement de la protection est offert par des entreprises spécialisées p.ex. Desax ou PSS. Sika Schweiz AG ne propose pas de systèmes antigriffitis.

2. Planification

2.10 Coûts supplémentaires

Etant donné que le béton coloré pose des exigences élevées pour ce qui est de la qualité, il en découle des coûts supplémentaires entre autres pour les pigments, le coffrage spécial, des mesures particulières pour les travaux de bétonnage, la protection du béton durant la durée des travaux etc. Le maître de l'ouvrage devrait être avisé le plus tôt possible en ce qui concerne ces coûts. Faute de quoi, un ouvrage prévu à l'origine en béton coloré ne sera exécuté par la suite qu'en béton apparent gris "normal" à cause des surcoûts. Jusque-là, une grande partie des prestations pour la planification aura déjà été apportée.

Le calcul approximatif suivant doit servir à démontrer au maître d'œuvre ce qu'il faut prévoir en surcoûts de matériaux pour les pigments colorés:

■ Exemple: Epaisseur de la paroi 25 cm

C25/30, XC4 → Teneur en ciment 320 kg/m³

Dosage des pigments 5 % du ciment

Prix des pigments: env. 10.00 CHF/kg

→ 320 kg/m³ x 5 % x 10.00 CHF/kg = 160 CHF/m³

→ 1 m³ Béton = 4 m² de surface de paroi

→ Surcoûts effectifs: env. 40 CHF/m² de surface de paroi

(resp. 1 seau de 15 kg suffit pour env. 4 m² de surface de paroi)

D'autre part, il faut s'attendre à des surcoûts pour:

- le coffrage (surface de coffrage spéciale, évent. traitement préliminaire, nettoyage soigneux et entreposage)
- l'utilisation de ciment blanc
- un agent de décoffrage approprié au coffrage choisi p.ex. avec suppression maximale des pores
- une exécution soignée (travaux de coffrage précis, joints, étanchements etc.)
- la protection des arêtes, protection contre les salissures durant les travaux de construction

2. Planification

2.11 Marche à suivre en présence de défauts

Le béton est un matériau de construction "vivant", si bien que le résultat optique ne peut pas être prévu à l'avance dans les moindres détails. Les nombreux facteurs d'influence, comme p.ex. les conditions climatiques durant la phase de construction, font d'un ouvrage en béton une réalisation unique. C'est ce qui donne un charme tout particulier au béton coloré.

On ne peut pas exclure que malgré une planification et une exécution soignées il n'y ait pas de défauts qui puissent survenir. Il est donc très important de définir par écrit, avant la soumission, ensemble avec le maître d'œuvre, les surfaces de références ainsi que les tolérances de la surface en béton par rapport aux références, aussi bien du point de vue des détails que de l'aperçu général de l'ouvrage. L'évaluation doit avoir lieu en tenant compte d'une certaine distance d'observation, de la perspective et de l'incidence de la lumière.

Sous certaines conditions climatiques, un transport d'humidité survient dans le système capillaire du béton. Les efflorescences qui en résultent ne peuvent souvent pas être évitées et peuvent conduire à une altération de la surface. Dans la plupart des cas, il n'en résulte pas un défaut technique mais plutôt esthétique qui cause souvent un mécontentement. C'est pourquoi il faut traiter le sujet des efflorescences au préalable de manière ouverte. Il est recommandé de définir les retouches des défauts également au préalable car les retouches peuvent rester visibles.

D'autres erreurs possibles et leurs causes sont traitées de manière plus approfondie au chapitre 6.

3. Béton

3.1 Constituants du béton

3.1.1 Ciment

En principe, tous les ciments homologués peuvent être utilisés pour la fabrication du béton coloré selon SN EN 206-1 (voir Fig. 4). La couleur du ciment a une importance capitale sur la couleur du béton. Lors de l'utilisation d'un ciment gris, le béton a une couleur moins lumineuse qu'avec du ciment blanc. Cette différence est surtout visible pour les couleurs claires p.ex. jaune que pour les teintes foncées, comme p.ex. le béton noir (voir Fig. 12).



Fig. 12: Influence de la couleur du ciment sur la couleur du béton

3.1.2 Additions du béton

Pour la fabrication du béton, il est possible d'utiliser, en plus du ciment, certaines additions telles que p.ex. des cendres volantes, du filler calcaire, d'autres fillers de roche etc. Pour éviter autant que possible les divergences de couleurs du béton coloré, il est impératif d'utiliser uniquement des additions du béton qui ont une qualité très constante en ce qui concerne le besoin en eau et la couleur.

3.1.3 Adjuvants du béton

Pour maintenir le rapport e/c exigée tout en gardant la bonne ouvrabilité du béton, les fluidifiants sont indispensables dans la technologie moderne du béton. Avec les produits Sika® ViscoCrete® et Sikament®, Sika Schweiz AG offre une gamme complète de produits. Sika® PerFin-300 réduit en outre les pores à la surface du béton coloré.

3. Béton

L'utilisation de retardateurs augmente le danger d'efflorescences tandis que les entraîneurs d'air peuvent avoir un effet secondaire stabilisateur ce qui toutefois peut provoquer une augmentation de la formation de pores.

3.1.4 Granulats

Les granulats sont en règle générale entourés de pâte de ciment colorée. Il peut toutefois arriver que quelques grains ne soient pas complètement recouverts de pâte de ciment et influencent ainsi la couleur du béton. Cet effet sera avant tout visible après une exposition de quelques années aux intempéries lorsque la couche supérieure de la pâte de ciment aura été lavée. Des effets spéciaux très esthétiques peuvent être obtenus avec des granulats de couleur lors d'un traitement de surface ultérieur comme le sablage, un traitement à l'acide ou le bouchardage.

3.1.5 Eau

Pour la fabrication d'un béton coloré, il ne faut pas utiliser de l'eau de lavage recyclée car celle-ci contient un pourcentage fluctuant de particules qui peut modifier le besoin en eau.

3.2 Pigmente

Pour colorer les matériaux de construction liés au ciment, nous avons plusieurs sortes de pigments à disposition. Les principaux avantages et désavantages de la poudre, des pigments compacts, des granulats et du slurry sont mentionnés dans le tableau 15.

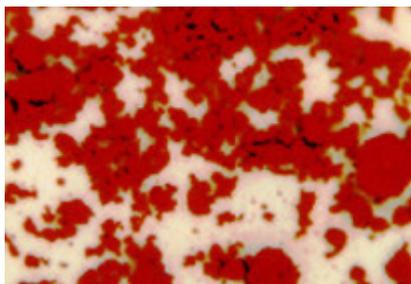


Fig. 13: Pigments en poudre

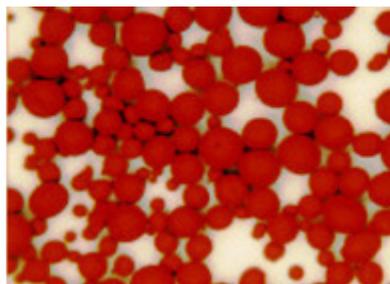


Fig. 14: Granulats

3. Béton

Poudre	Pigments compacts
<ul style="list-style-type: none"> - développe de la poussière - à tendance à former des grumeaux + convient pour la confection du slurry + ne craint pas le gel + économique 	<ul style="list-style-type: none"> - plus cher que la poudre + peu de poussière + moins cher que les granulats + ne craint pas le gel + plus simple à doser que la poudre
Granulats	Slurry (pigments en suspension)
<ul style="list-style-type: none"> - coûts du matériau plus élevés que la poudre + presque sans poussière + bonne fluidité + facile à doser + ne craint pas le gel 	<ul style="list-style-type: none"> - prend énormément de place car env. 50 % d'eau - stabilité; doit évent. être agité - craint le gel - amène trop d'eau dans le béton + facile à doser, peu coûteux + pas de développement de poussière

Fig. 15: Avantages et désavantages des différentes sortes de pigments

Sika Schweiz AG a décidé d'utiliser des pigments sous forme de granulats en premier lieu à cause du peu de poussière et du dosage simple. Le conditionnement de Sika® ColorCrete-G en seaux étanches à l'eau garantit en outre une protection optimale contre l'humidité lors du transport et de l'entreposage.

Sika® ColorCrete-G	Seau de	Seau pré-dosé	Bigbag de
110 rouge	15 kg	jusqu'à 20 kg	1000 kg
130 rouge	15 kg	jusqu'à 20 kg	1000 kg
330 noir	15 kg	jusqu'à 20 kg	1000 kg
920 jaune	10 kg	jusqu'à 20 kg	500 kg
blanc	15 kg	jusqu'à 20 kg	1000 kg
vert	15 kg	jusqu'à 20 kg	1000 kg
Sika® ColorCrete-G Colormix	-	jusqu'à 20 kg	-

Fig. 16: Couleurs et conditionnement de Sika® ColorCrete-G

3. Béton

Des mélanges de couleurs individuels sont disponibles sous la dénomination **Sika® ColorCrete-G Colormix**. D'autre part, Sika Schweiz AG offre un conditionnement en fonction de la charge (gâchée) et du dosage des pigments de toutes les couleurs indiquées en accordance avec la capacité du mélangeur et le dosage des pigments.

Tous les granulats proposés remplissent les exigences de pigments destinés à la coloration des matériaux de construction liés au ciment et/ou à la chaux selon SN EN 12878 [5], catégories A et B et peuvent ainsi être utilisés pour le béton armé selon SN EN 206-1.

L'intensité de la couleur augmente par rapport au dosage des pigments. Toutefois, à partir d'un certain seuil, l'ajout d'un dosage plus élevé n'a presque plus d'influence sur l'intensité de la couleur et devient ainsi improductif. Pour les pigments de couleurs fortes, ce point de saturation se situe en général vers 5 %.

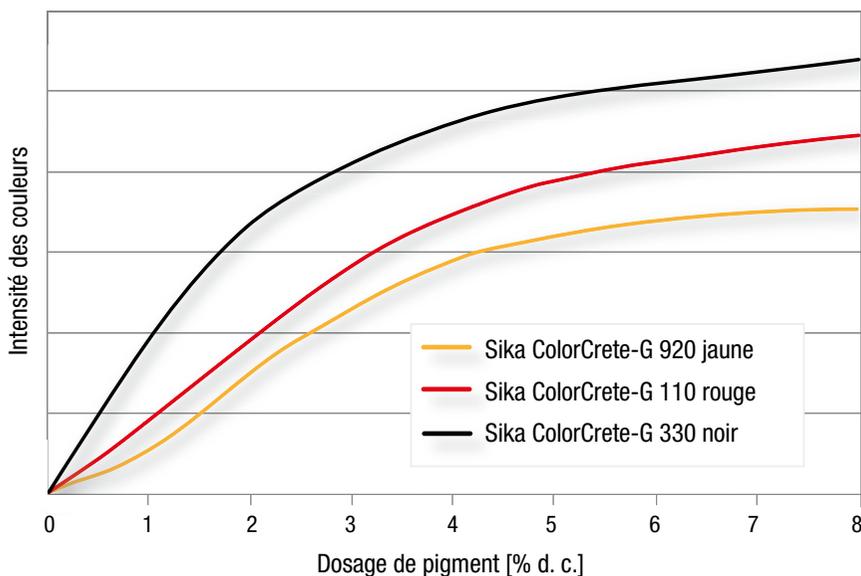


Fig. 17: Influence du dosage des pigments sur l'intensité de la couleur

Sika® ColorCrete-G ne doit pas être entreposé à des températures supérieures à +80 °C car, dans cette gamme de températures, une oxydation des pigments peut survenir.

3. Béton

L'utilisation de pigments peut avoir une influence sur les diverses propriétés du béton frais et du béton durci. En cas de dosages usuels jusqu'à env. 5 %, les pigments rouges et noirs ne requièrent pas de hausse notable de la quantité d'eau. Pour les pigments jaunes, le besoin en eau se trouve augmenté à partir d'un dosage de 4 - 5 %. Des influences sur le processus de prise ainsi que sur la résistance à la compression ne peuvent pas être exclues. Sika® ColorCrete-G satisfait aux exigences de la norme SN EN 12878, il est toutefois nécessaire de tester entre autres le temps de prise et la résistance à la compression.

3.3 Recette du béton

Comme déjà démontré dans les chapitres précédents, un béton coloré réussi ne dépend pas uniquement de la recette du béton. Les expériences des centrales à béton offrent d'excellentes possibilités pour trouver la recette du béton appropriée. Souvent, il existe déjà des recettes éprouvées pour le béton apparent qui conviennent parfaitement comme point de départ pour une recette de béton coloré.

Les critères suivants doivent être respectés pour une recette de béton:

- rapport e/c la plus basse possible
- teneur en farines suffisante (cf. béton pompé)
 - homogène, stable et robuste, pas de ressuage et de ségrégation
- courbe granulométrique régulière
- si possible utiliser des granulats ronds → le béton se laisse plus facilement compacter
- $D_{max} = 32$ mm en règle générale bénéfique pour la qualité de la surface
- ne pas utiliser des reliquats d'eau ou de l'eau de recyclage

3.4 Fabrication

Une couleur régulière du béton dépend fortement de conditions de production constantes. C'est pourquoi il ne faut pas modifier les conditions de production ni les composants du béton au sein d'une même commande. De faibles fluctuations du rapport e/c (± 0.02) peuvent provoquer des divergences de couleurs. Un béton qui a été fabriqué dans les mêmes conditions, mais avec un

3. Béton

rapport e/c élevé paraît plus clair que le même béton qui a été fabriqué avec un rapport e/c bas (voir Fig. 18).

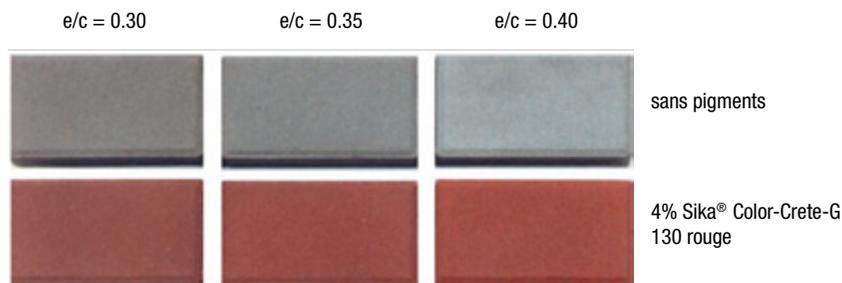


Fig. 18: Influence du rapport e/c sur la couleur du béton

L'ordre de mélange et la durée du mélange ont également une influence sur la qualité. C'est pourquoi il est conseillé de doser Sika® ColorCrete-G déjà sur le tapis roulant ou dans le mélangeur sur les granulats du béton. Les granulats du béton et Sika® ColorCrete-G doivent être mélangés durant env. 20 secondes avant d'ajouter le ciment. Ajouter ensuite l'eau et les adjuvants du béton. Pour une dispersion optimale des granulats colorés et obtenir ainsi un béton de couleur régulière, il faut respecter un temps de malaxage humide de 90 secondes au minimum.

Pour ne pas salir le mélangeur de la centrale à béton, Sika® ColorCrete-G peut également être dosé dans le camion malaxeur. Il est toutefois impératif de faire des essais préliminaires afin de déterminer le temps de malaxage nécessaire ainsi que les éventuelles mesures à prendre pour obtenir la consistance souhaitée. Sika® ColorCrete-G ne devrait être ajouté dans le camion-malaxeur que lorsqu'une partie du béton s'y trouve déjà. D'autre part, il faudrait ajouter une charge de béton à la fin, après que l'intégralité du Sika® ColorCrete-G est déjà dans le tambour.

Le nettoyage du malaxeur ainsi que du camion malaxeur se fait en règle générale avec de l'eau. Selon le degré de dosage des pigments, l'eau de rinçage peut présenter une coloration relativement élevée. Les pigments sont écologiquement neutres et se déposent sur le fond du bassin de décantation. Si possible, le malaxeur peut être nettoyé avec un mélange de béton ultérieur comme p.ex. un béton maigre.

3. Béton

3.5 Remarque importante Sika® ColorCrete-G Colormix

La dénomination Sika® ColorCrete-G Colormix se rapporte à des mélanges spéciaux de différentes couleurs standard à la demande du client qui en règle générale sont livrés par lot se rapportant à la charge (gâchée). Les différentes densités des granulats pouvant provoquer des mélanges irréguliers, seuls des emballages entiers doivent être utilisés.

En alternative, on peut naturellement aussi ajouter séparément les différentes couleurs standard dans le rapport de mélange souhaité.



Fig. 19: Dosage de Sika® ColorCrete-G sur le tapis roulant

3.6 Transport

Le transport doit être effectué au moyen d'un camion malaxeur. Ainsi, le béton coloré peut être à nouveau mélangé sur le chantier afin qu'il soit homogène et présente une coloration régulière.

Laver soigneusement le camion malaxeur avant de le remplir avec le béton coloré afin que les résidus de l'ancien béton n'influencent pas la couleur du béton coloré. D'autre part, il faut prendre garde à ce qu'il ne reste pas ou que très peu d'eau dans le tambour afin de ne pas modifier le rapport e/c.

4. Soumission

Le planificateur / adjudicateur donne des indications aussi précises que possible concernant le but à atteindre! Les bases sont les références, échantillons et plans de la surface.

L'entrepreneur connaît les objectifs et doit pouvoir les atteindre avec ses possibilités sans trop de restrictions. Le mode de procédé est laissé à l'exécutant.

- Annexer à la soumission les objets de références, les surfaces-échantillons et les plans.

4.1 Données à indiquer dans la soumission

La soumission doit contenir des informations aussi détaillées que possible. Ce peut être une description exacte, des plans, des photos ou un échantillon de béton.

Les points suivants doivent entre autres être traités:

- Surface de coffrage, système de coffrage
- Description détaillée de la surface (texture de la surface, traitement de la surface)
- Classification du béton (incl. pigments et dosage)
- Disposition des joints de coffrage
- Emplacement, formation et fermeture des trous borgnes
- Division de la surface ce qui peut être fait entre autres sous la forme d'un plan de coffrage
- Formation des arêtes (p. ex. arêtes vives, listes à trois pans)
- Emplacement, formation et largeur des joints de reprise, des joints de dilatation et des joints aveugles

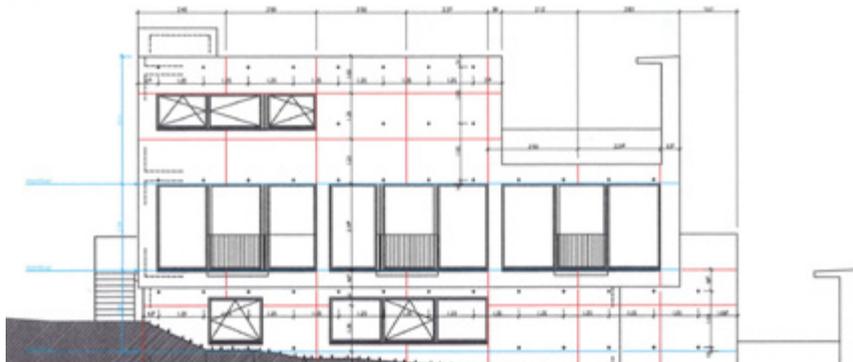


Fig. 20: Exemple d'un plan de coffrage

4. Soumission

4.2 Exemple d'un texte de soumission pour le béton coloré et le béton apparent

R 090 Béton coloré et béton apparent

R 091 Description détaillée des prestations pour le béton coloré et le béton apparent

R .100 La coordination de la configuration des joints (coffrage), des étapes de bétonnage et de la disposition des assemblages de coffrage ainsi que la matérialisation doit être déterminé par le planificateur et la direction des travaux en accord avec le maître de l'ouvrage

R .200 Les adjuvants doivent être définis en accord avec la centrale à béton et après consultation avec Sika Schweiz AG.
- Sika ColorCrete-G (désignation exacte de la couleur)
- Sika ViscoCrete- (désignation exacte)
- Sika PerFin-300

R .300 D'autre part, les points suivants doivent être consignés par écrit dans le plan / document no par le planificateur en accord avec le maître de l'ouvrage:

- Sorte de coffrage
- Genre de surface
- Pigmentation / dosage
- Exécution des joints de coffrage
- Disposition des assemblages de coffrage
- Marche à suivre face à des défauts
- etc.

R .400 Le traitement de cure doit être effectué selon les règles de l'art et les exigences spéciales de la direction des travaux.

R .500 L'utilisation d'eau de recyclage n'est pas autorisée pour la fabrication du béton coloré et du béton apparent.

R .600 Les agrégats du béton (pas d'agrégats de recyclage) devraient si possible se composer de matériaux arrondis dont le diamètre le plus grand ne dépasse pas 32 mm.

R .700 Une protection supplémentaire de la surface en béton (impermeabilisation, protection contre la carbonatation) peut être effectuée p.ex. avec Sikagard®-705L, après entente avec Sika Schweiz AG.

R 092 Prescriptions supplémentaires

R .100 L'exécution de l'ouvrage est effectuée selon les plans d'armature et de coffrage de l'ingénieur qui doivent être agréés par le maître de l'ouvrage et l'architecte.

R .200 Recette du béton: béton étanche à l'eau

Pour réduire le rapport e/c, il faut utiliser des adjuvants du béton de Sika Schweiz AG. Il est impératif de maintenir le rapport e/c constante (variation < 0.02) afin de réduire autant que possible le risque de divergences de couleur. D'éventuelles réductions du ciment et joints de filler ou poudre de roche peuvent être utilisés selon la saison, la température ambiante et les exigences des éléments de construction, mais uniquement après entente avec la centrale à béton, le maître de l'ouvrage et Sika Schweiz AG.

R .210 Béton pour les éléments en béton apparent

- Béton selon SN EN 206-1, type CAN C
- Classe de résistance: C 30/37
- Classe d'exposition: XC4, XF1, XD1, XD2
- Valeur nominale grain maximal: Dmax 32 mm
- Classe de teneur en chlorures: CL 0.10
- Classe de consistance: C3
- Pigments:
 - Sika ColorCrete-G (désignation exacte de la couleur), dosage (0.5 - 5 % en poids du ciment)
- Adjuvants:
 - Sika ViscoCrete- (désignation exacte), dosage: env. 1 % en poids du ciment)
 - Sika PerFin-300, dosage: 1 kg/m³ de béton

Les dosages doivent être définis sur la base d'essais préliminaires et d'échantillonnage. Sika Schweiz AG fournit des points de repère. Il faut tenir compte des conditions climatiques, du type de coffrage et du traitement de cure.

R .220 Surcoût en pourcent pour un dosage supérieur

4. Soumission

- R .300 Qualité du béton: la qualité du béton dépend tout autant de la recette du béton, de la mise en place et du traitement de cure. L'entrepreneur doit donc respecter les prescriptions suivantes:
- Travaux de coffrage soignés
 - Application soignée de l'agent de décoffrage
 - Les personnes travaillant avec le vibreur sont des personnes formées
 - Le bétonnage est surveillé par le contremaître
 - Pour les parois, les 15 cm inférieurs doivent être bétonnés avec un béton de raccord selon pos. R 92.200ff
- R .400 Délais de décoffrage, traitement de cure:
- Parois 24 h (max. 48 h.)
 - Plafonds au min. 7 jours
- Ces délais de décoffrage sont des valeurs indicatives et peuvent éventuellement être raccourcies ou prolongées par la direction des travaux suivant les conditions climatiques.
- Matériel de couverture: feuille plastique ou natte isolante
- L'armature en attente doit être protégée au moyen de feuilles en plastique afin d'éviter la formation de taches de rouille sur la surface du béton apparent.
- R .500 Mesures à prendre pour un bétonnage en hiver: en complément de la norme SIA 262, il faut tenir compte des points suivants:
- il ne faut pas bétonner en présence de températures inférieures à +5 °C.
 - les compétences concernant les dispositions à prendre en hiver sont du ressort de la direction des travaux.
 - la recette du béton, en particulier le type et le dosage des adjuvants seront définis en accord avec l'ingénieur et le fournisseur d'adjuvants.
 - les délais de décoffrage seront définis par l'ingénieur sur la base du développement de la résistance.
 - l'ingénieur décide le cas échéant de prolonger la durée de couverture avec des nattes isolantes.
 - des éprouvettes sous forme de cube seront entreposées sur le chantier, sous les mêmes conditions que les éléments bétonnés, pour contrôler le développement de la résistance.
 - le chef de chantier/contremaître note chaque jour la température de l'air au moyen d'un thermomètre indiquant les valeurs minimales et maximales.
 - la température du béton frais doit être d'au moins 10 degré Celsius.
 - la température durant la prise doit être supérieure à +8 °C pour une durée de 48 heures.
- R .600 Mesures à prendre pour un bétonnage en été:
- la température lors de la mise en place ne doit pas excéder 30 °C.
 - une prise rapide du béton ne doit en aucun cas être empêchée par l'adjonction d'eau.
 - le béton doit être recouvert immédiatement après la mise en place.
- R .700 Transport du béton: le béton coloré et le béton apparent doivent être transportés au moyen d'un camion malaxeur. D'éventuels surcoûts doivent être calculés dans le prix unitaire.
- R .800 Section transversale du béton, disposition: la disposition p.ex. de tuyauterie, conduites vides pour installations électriques etc. doit être planifiée avant le début des travaux.
- R .900 contrôles du béton frais:
- un contrôle du béton frais a lieu env. tous les 300 - 500 m³.

5. Exécution

5.1 Préparation des travaux

Planification des étapes de bétonnage. Lors de la planification des étapes de bétonnage, il faut tenir compte des aspects suivants:

Conditions climatiques

- Une forte pluie peut augmenter le rapport e/c et ainsi modifier la couleur du béton
- Il ne faut pas bétonner si la température est inférieure à +5°C.
- Des températures élevées conduisent en général à une prise plus rapide du béton.
- Des températures élevées et/ou le vent accélèrent le dessèchement du béton. Il faut donc prévoir des mesures correspondantes pour le traitement de cure.
- Les basses températures provoquent un ralentissement du développement de la résistance ce qui doit être pris en compte en particulier pour le décoffrage.
- Les bétonnages effectués sur une longue période ou à des saisons différentes seront indubitablement effectués à différentes températures. Les différences de températures peuvent avoir une influence visible sur la couleur du béton. En cas de températures élevées, il se forme de fins cristaux, de sorte que la couleur du béton paraît plus claire à cause d'une plus forte diffusion de la lumière.

Conditions de circulation (pour le béton de centrale)

Pour éviter des effets visibles de la mise en place du béton en couches successives et "lier" suffisamment ensemble les différentes couches, les camions malaxeurs devraient avoir un chemin le plus court possible jusqu'au chantier et pouvoir arriver à des intervalles réguliers. En zones urbaines, il faut éviter les heures de pointe afin d'éviter le plus possible les retards dus à la circulation.

Capacité de la centrale à béton pour le transport

En principe la centrale à béton doit être capable de livrer la quantité de béton exigée dans le temps imparti. Pour le cas où il y aurait un contretemps, il faut choisir à l'avance une centrale de réserve qui utilise les mêmes constituants.

- Préparation immédiatement avant le début des travaux de bétonnage
Dès que la première charge de béton est mise en place dans le coffrage, il faut garantir un déroulement sans faille sur le chantier. Tous les travaux préliminaires doivent être terminés sur le chantier. Les coffrages et les armatures doivent être prêts de même que toutes les installations doivent être à disposition comme p.ex. grue, benne à béton (évent. avec tuyau) ou pompe à béton, vibreur et autres outillages nécessaires à la mise en place.

5. Exécution

Au cas où de l'eau se trouverait encore dans le coffrage, il est impératif de l'enlever avant faute de quoi il pourrait se produire des traînées d'eau.

5.2 Coffrage et agent de décoffrage

Avant l'application de l'agent de décoffrage, il est nécessaire de nettoyer soigneusement le coffrage et ensuite de le protéger de la poussière, du pollen, de la sciure et toutes autres salissures. Les règles à respecter lors du traitement préliminaire, du nettoyage et de l'entreposage du coffrage ainsi que l'utilisation de l'agent de décoffrage sont traitées dans les chapitres 2.4 à 2.6.

5.3 Armature, distanceurs de coffrage et supports

Les armatures et supports doivent être posés et fixés dans les règles de l'art sans blesser la surface du coffrage.

Afin d'éviter toutes lacunes suite à un mauvais compactage, il faut prévoir suffisamment de chemins pour le vibreur. Un nombre suffisant d'écarteurs de coffrage garantissent une couverture suffisante de l'armature par le béton.

En particulier pour les plafonds, l'armature ne devrait pas être exposée trop longtemps aux intempéries afin qu'il n'y ait pas de rouille qui puisse se déposer sur le coffrage et provoquer par la suite des taches de rouille sous le dessous du plafond. Pour les zones très délicates, il faudrait penser à un revêtement de l'armature, p.ex. avec SikaTop®-Armotec® 110 EpoCem®. D'autres remarques sont contenues dans les chapitres 2.7 et 2.8.

5. Exécution

5.4 Mise en place du béton

La mise en place de béton coloré devrait être effectuée par une équipe expérimentée.

Les critères suivants doivent être pris en compte:

- hauteur de chute maximale du béton de 1.0 m, le cas échéant utiliser une benne à béton munie d'une chaussette ou un tuyau de mise en place
- couches aussi régulières que possible de < 50 cm
- mettre en place le béton au centre, pas contre le coffrage ou l'armature
- vibrer régulièrement et suffisamment, en cas de plusieurs couches, placer le vibreur à 10-15 cm dans la couche inférieure et "lier" ainsi les couches ensemble.
- pour des parois hautes ou des piliers, utiliser si nécessaire un mélange ayant le même rapport e/c pour le béton de raccordement (au pied du mur)
- lors de la mise en place du béton coloré au moyen d'une pompe, utiliser le cas échéant un lubrifiant; ne pas mettre le premier litre de béton immédiatement dans le coffrage faute de quoi il pourra y avoir des divergences de couleurs

5.5 Décoffrage

Pour éviter des cassures vers les arêtes et les angles, le béton doit avoir une résistance suffisante. Le développement de la résistance du béton dépend avant tout des facteurs suivants:

- la classe de résistance et le développement de la résistance du ciment utilisé
- le rapport e/c
- l'influence de l'adjuvant utilisé (FM, FM/VZ, VZ etc.)
- la température du béton frais et de l'environnement

5.6 Traitement de cure

Le traitement de cure sert à protéger le béton jeune contre:

- un dessèchement prématuré par le vent, le soleil et le froid sec
- les influences néfastes p.ex. de l'huile, des sels etc.
- des températures extrêmes resp. des brusques changements de températures.

5. Exécution

Le traitement de cure est d'une importance capitale pour la qualité du béton car un dessèchement prématuré peut conduire à :

- un développement insuffisant de la résistance
- un farinage et écaillage de surface
- une augmentation de la vitesse de carbonatation et ainsi une corrosion accrue de l'armature
- une formation de fissures et ainsi une pénétration d'eau de même qu'une résistance amoindrie aux intempéries et aux attaques par les agents chimiques.

D'autre part, le traitement de cure a une influence décisive sur la surface du béton. C'est pourquoi il faut observer les points suivants lors du traitement de cure du béton coloré :

- laisser les éléments de construction dans le coffrage pour un même laps de temps.
- protéger le béton contre le vent et les rayons du soleil.
- protéger le béton décoffré avec une membrane qui ne sera pas directement posée sur la surface du béton à cause de la condensation qui peut se former et qui provoquera des efflorescences. Poser la membrane sans provoquer l'effet cheminée.
- utiliser un produit de cure liquide uniquement après avoir effectué des essais préliminaires pour s'assurer qu'il n'y aura pas d'effet néfaste de la couleur à la surface du béton.

5.7 Mesures de protection durant la construction

Etant donné que l'on ne peut exclure que des salissures ou des petits dommages puissent survenir durant la phase de construction, il est nécessaire de protéger les éléments en béton coloré contre les salissures et de munir les arêtes d'une protection (voir Fig. 21).

Pour éviter des coulées de rouille provenant des fers d'armature en attente, il convient de recouvrir les éléments au moyen d'un plastique (voir Fig. 22).



Fig. 21: Protection des arêtes et protection contre les salissures



Fig. 22: Protection contre les coulées de rouille

6. Erreurs possibles et leur origine

Ce chapitre donne un aperçu des erreurs pouvant survenir lors de l'exécution des travaux. Il faut différencier entre les erreurs qui peuvent être évitées, qui pourraient être évitées de celles qui ne le peuvent pas.

Les erreurs qui peuvent être évitées sont p.ex.

- les pores et les creux suite à un mauvais compactage
- les nids de graviers
- disposition irrégulière et non soignée de joints et trous des écarteurs de coffrage.

Les erreurs qui peuvent être évitées sous condition sont p.ex.

- la formation de nuages et les marbrures pour les coffrages lisses et non absorbants
- l'accumulation de pores vers la couronne murale
- de légères divergences de couleur lors d'une mise en place par couche
- des traces de rouille sous le plafond.

Ne peuvent pas ou ne peuvent pas être exécutées de façon déterminée p.ex.

- des surfaces en béton exemptes de pores/creux
- des surfaces en béton sans aucunes divergences de couleur
- des surfaces en béton sans efflorescences.

6.1 Coffrage



Fig. 23: Résultats d'une surface de coffrage défectueuse

6.2 Etanchement des joints



Fig. 24: Divergences de couleur à l'endroit d'un joint de reprise non étanché

6. Erreurs possibles et leur origine

6.3 Pores et creux

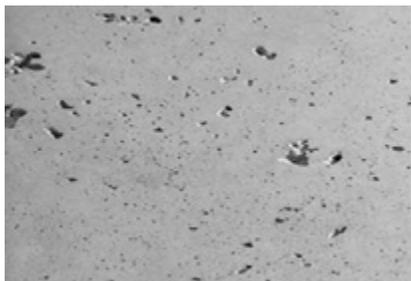


Fig. 25: Formation accrue de pores et creux suite à un mauvais compactage

6.4 Nids de gravier



Fig. 26: Nid de gravier

6.5 Traînées d'eau

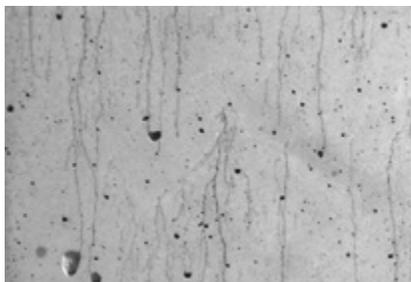


Fig. 27: Traînée d'eau

6.6 Efflorescences



Fig. 28: Efflorescences suite à la formation d'eau de condensation

Lors de l'hydratation, il se forme de grandes quantités d'hydroxyde de calcium Ca(OH)_2 qui sont transportées à la surface du béton par le système des pores capillaires. Là, il se transforme en carbonate de calcium CaCO_3 au contact du gaz carbonique CO_2 contenu dans l'air (Fig. 29). Le processus se développe à cause des pores capillaires remplis d'eau jusqu'en surface. L'eau peut provenir d'un excédent d'eau dans le béton, mais il peut s'agir également d'eau ayant une autre origine comme l'eau de pluie, l'eau de condensation ou de l'humidité montante.

6. Erreurs possibles et leur origine

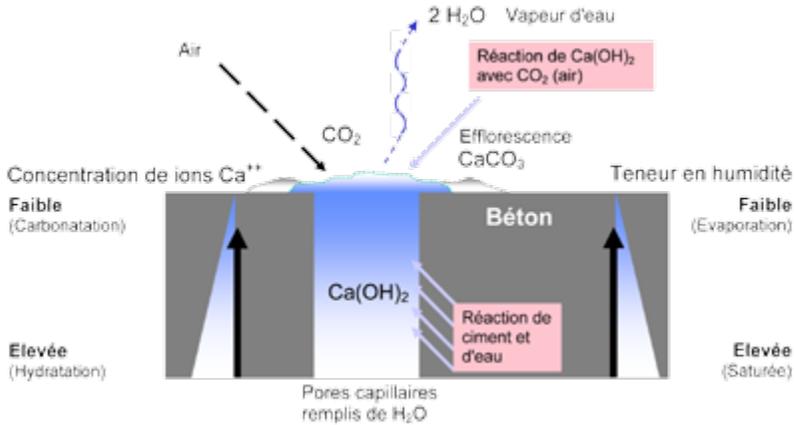


Fig. 29: Formation d'efflorescences calcitiques

Un temps froid et humide favorise la formation d'efflorescences si bien qu'il est difficile de les éviter à coup sûr. Des efflorescences de ce genre surviennent surtout durant les premières années et décroissent souvent avec le temps. Etant donné qu'elles sont presque insolubles, les efflorescences ne peuvent être enlevées que mécaniquement. Le processus de transformation du carbonate de calcium difficilement soluble en carbonate d'hydrogène de calcium soluble débute uniquement après quelques temps (Fig. 30).

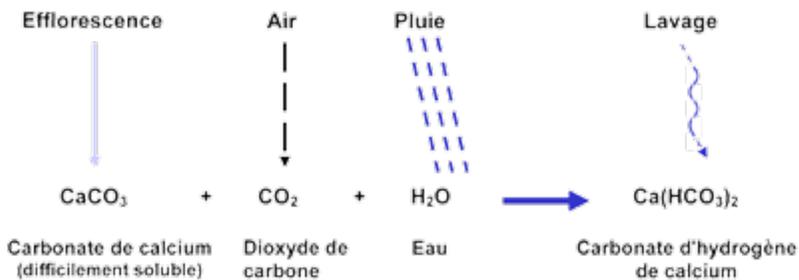


Fig. 30: Lavage par les intempéries des efflorescences calcitiques

Comme protection contre les efflorescences, il est possible d'appliquer une imperméabilisation (voir chapitre 2.9).

7. Littérature

[1] DBV und BDZ: Merkblatt Sichtbeton, 08/2004

[2] SN EN 206-1:2000 Béton - Partie 1: Spécification, performances, production et conformité

[3] SIA 118/262:2004 Conditions générales pour la construction en béton

[4] Peck, Bose, Bosold: Technik des Sichtbetons – Praktische Hinweise zur Planification und Ausführung glatter Sichtbetonflächen, 2007

[5] SN EN 12878:2005 Pigments de coloration des matériaux de construction à base de ciment et/ou de chaux - Spécifications et méthodes d'essai

Sika – le partenaire fiable

La valeur ajoutée: des fondations jusqu'au toit



- Solutions de systèmes pour la construction de tunnels
- Technologie du béton
- Étanchéités
- Revêtements de sols industriels et décoratifs
- Matériaux de poseurs de carrelages
- Technologie de colles pour parquets
- Collage et étanchement de l'enveloppe du bâtiment
- Protection contre le feu du béton et de l'acier
- Protection anticorrosion de l'acier
- Réfection et protection d'ouvrages, renforcement de structures
- Étanchéité des toits plats

Sika Schweiz AG
Tüffenwies 16
CH-8048 Zurich
Tel. +41 58 436 40 40
Fax +41 58 436 45 84
www.sika.ch

Avant toute utilisation et mise en œuvre, veuillez toujours consulter la fiche de données techniques actuelles des produits utilisés. Nos conditions générales de vente actuelles sont applicables.

