

Réhabilitation d'un silo à sucre - CARBOrefit®

Uelzen, Allemagne

Resume:

La réhabilitation d'un silo à sucre à double chambre de 35 mètres de hauteur à Uelzen constitue une application industrielle de référence du procédé de renforcement en béton carbone CARBOrefit®.

Sous l'effet des sollicitations dynamiques liées aux cycles de remplissage et de vidange, la paroi intérieure de la coque externe présentait fissurations et décollements de béton. Des fragments se détachaient et tombaient dans le sucre stocké, compromettant à la fois la sécurité structurelle et l'hygiène du produit.

Plutôt qu'une démolition-reconstruction, la structure a été renforcée à l'aide de grilles carbone HITEXBAU incorporées dans le mortier haute performance PAGEL TF10, formant une couche de renforcement en béton carbone de 20 mm d'épaisseur appliquée sur environ 3 100 m² de surface.

L'intervention a permis de restaurer la capacité portante, de garantir la conformité hygiénique et de réduire les coûts à environ 50 % d'une reconstruction neuve

Project Background

Context

Le silo, exploité par Nordzucker AG, présente les caractéristiques suivantes :

- Capacité : env. 20 000 t de sucre
- Hauteur : env. 35 m
- Diamètre : env. 30 m
- Configuration : système « silo dans silo » à double chambre

Dans les années 1990, une réparation conventionnelle de 7 cm d'épaisseur avec armatures acier avait été réalisée par coffrage glissant .

Sous l'effet des sollicitations typiques d'un silo à vrac :

- Cycles répétés de remplissage et de vidange
- Variations de pression interne
- Effets d'arc-boutement du matériau granulaire
- Vibrations lors du déchargement

- la couche de réparation s'est dégradée. Des fissures et des décollements sont apparus, entraînant la chute de fragments de béton dans le sucre stocké .

Une solution durable et conforme aux exigences alimentaires était nécessaire.

Location

Maître d'ouvrage : Nordzucker AG, An der Zuckerfabrik 1, 29525 Uelzen, Allemagne

Entreprise exécutante : Torkret Substanzbau AG

Période d'exécution : juillet - septembre 2012

Étendue et objectifs

Etendue:

- Réhabilitation d'environ 3 100 m² de surface intérieure
- Injection des fissures
- Préparation et sablage du support
- Mise en œuvre de renfort textile carbone multicouche
- Application d'un système mince en béton carbone
- Finition par revêtement époxy agréé contact alimentaire

Consommations principales :

- Env. 14 000 m² de grille carbone de **HITEXBAU**
- Env. 150 t de mortier PAGEL TF10

Objectifs:

- Conserver la structure existante
- Restaurer la capacité portante
- Supprimer le risque d'écaillage
- Maîtriser l'ouverture des fissures
- Garantir la conformité hygiénique
- Éviter la démolition et réduire l'arrêt d'exploitation

Méthodes et Matériaux

1. Système structurel

Le procédé CARBOrefit® consiste en l'application d'une couche mince de béton renforcé par textile carbone directement collée sur le support préparé.

La couche de 20 mm agit comme une enveloppe de confinement et de reprise en traction, redistribuant les efforts générés par les charges dynamiques.

Par rapport à une solution traditionnelle en béton projeté armé acier, le système :

- Ne nécessite pas d'ancrages mécaniques
- Ajoute une masse minimale
- Supprime tout risque de corrosion
- Permet un renforcement avec une épaisseur fortement réduite

2. Matériaux

Renforcement carbone

Produit : HITEXBAU HTC 21/21-40

- Env. 14 000 m² de grille carbone
- Largeur des lés : env. 2,46 m
- Pose verticale sur env. 33 m de hauteur

Quatre couches de textile ont été incorporées, espacées d'environ 4 mm .

Le renforcement textile présente une résistance en traction élevée et une durabilité intrinsèque, sans corrosion.

Matrice béton

Produit : PAGEL TF10 CARBOrefit®

Caractéristiques principales :

- Haute résistance mécanique
- Forte adhérence au support
- Faible capillarité
- Adapté aux applications en faible épaisseur

Épaisseur totale du renforcement : 20 mm

Après durcissement, la surface a été poncée et protégée par un revêtement époxy agréé contact alimentaire

Execution

Préparation :

- Installation d'un échafaudage circulaire complet
- Sablage jusqu'à support granulaire
- Injection d'environ 2 000 m de fissures
- Consommation d'env. 200 kg de résine d'injection

Application :

- Mise en œuvre en quatre couches successives
- Application « frais sur frais »
- Déploiement vertical des grilles
- Lissage de la couche finale

Organisation :

- 2 équipes
- Postes de 12 heures
- Délai maximal de 2 heures entre couches

Conditions relevées :

- Température : 25 °C
- Humidité relative : 60 %

Une autorisation spécifique au projet (ZiE) a été obtenue .

Défis et solutions

Exigences hygiéniques

Défi : environnement de stockage alimentaire direct.

Solution : système béton carbone testé + revêtement époxy certifié.

Sollicitations dynamiques

Défi : contraintes cycliques générant fissures et décollements.

Solution : renforcement textile multicouche assurant redistribution des contraintes.

Application verticale

Défi : intervention sur 35 m de hauteur en géométrie circulaire.

Solution : mise en œuvre continue verticale et contrôle strict des temps d'application.

Préservation de l'ouvrage

Défi : éviter une reconstruction complète.

Solution : renforcement mince de 20 mm permettant la conservation intégrale de la coque.

Résultats:

Performance structurelle

- Capacité portante restaurée
- Maîtrise des fissures
- Suppression du risque d'écaillage
- Absence totale de corrosion future

Performance économique

- Coût $\approx$ 50 % d'une reconstruction
- Arrêt d'exploitation limité
- Conservation de la structure existante

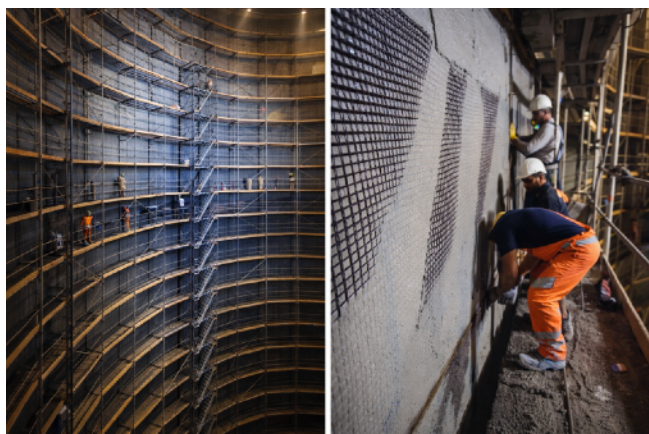
Efficacité matière

Par rapport à une solution traditionnelle de 70 mm en béton projeté armé acier, le système mince de 20 mm a permis une réduction d'environ 70 % du volume de béton ajouté et la suppression complète des armatures acier.

Conclusion

La réhabilitation du silo à sucre de Nordzucker à Uelzen démontre la pertinence technique, économique et hygiénique du renforcement en béton carbone pour les infrastructures industrielles de stockage.

L'association des grilles carbone **HITEXBAU** et du mortier **PAGEL TF10 CARBOrefit®** a permis :



- Un renforcement structurel performant
- Une application mince (20 mm)
- Une durabilité sans corrosion
- Une conformité aux exigences alimentaires
- Une réduction significative des coûts

Ce projet constitue une référence industrielle majeure pour la réhabilitation verticale de silos soumis à des sollicitations dynamiques.