

Remplace:

VSS 70 321:2019-08

Edition: 202X-XX

Mélanges traités et mélanges non traités aux liants hydrauliques

Essai de gonflement au gel

**Dieser Entwurf hat keine Gültigkeit und darf nicht angewendet werden.
Vernehmlassungsentwurf 14. Juni 2024; Frist bis 23. August 2024**

La présente norme est de la compétence de la Commission de normalisation et de recherche (CNR) 3.1 Granulat minéral de la VSS.

N° de réf.:
VSS 70 321:202X-XX fr

Droit d'auteur:
REGnorm, Nationales Register zur
Veröffentlichung von Normen,
Standards und weiterer Regulierungen
Coordinateur de la publication:
Schweizerischer Verband der
Strassen- und Verkehrsfachleute VSS

Nombre de pages:
13

Valide dès le:
202X-XX-XX

© REGnorm

Elaboration

Commission de normalisation et de recherche VSS
CNR 3.1 Granulat minéral

Ont collaboré à l'élaboration de la norme

Bucheli Hans Peter, Lucerne, industrie et commerce
Christen Gerhard, Zurich, autorités et pouvoirs publics
Fux Dieter, Soleure, autorités et pouvoirs publics
Gerber Kilian, Berne, autorités et pouvoirs publics
Göbbels Dirk, Zurich, groupe d'utilisateurs des normes
Käser, Benjamin, Uetendorf, recherche et laboratoire
Mühlán Björn, Wildegg, formation, recherche et laboratoire
Preisig Martin, Oberglatt, industrie et commerce
Rychen Patrick, Servion, formation, recherche et laboratoire
Traber Fabian, Ittigen, autorités et pouvoirs publics
Wetzig Volker, Berne, groupe d'utilisateurs des normes

Cette norme a été élaborée sur la base des connaissances actuelles dans les domaines de la sécurité et du développement durable.

Approbaton

Commission technique VSS
CT 3 Matériaux de construction

Publication

Mois 202X

Exclusion de responsabilité

Aucune responsabilité n'est assumée pour les dommages qui pourraient résulter de l'utilisation de cette publication.

**Dieser Entwurf hat keine Gültigkeit und darf nicht angewendet werden.
Vernehmlassungsentwurf 14. Juni 2024; Frist bis 23. August 2024**

TABLE DES MATIÈRES		Page
A	Généralités	4
1	<i>Domaine d'application</i>	4
2	<i>Objet</i>	4
3	<i>But</i>	4
B	Définitions	4
4	<i>Définitions générales</i>	4
	4.1 Définitions de la SN EN 13286-47 [3]	4
	4.2 Définitions utilisées en Suisse	4
5	<i>Gonflement vertical maximal f</i>	4
6	<i>Gonflement vertical résiduel r</i>	4
C	Corrélations	5
7	<i>SN EN 13286-47 [3]</i>	5
D	Appareillages	5
8	<i>Moule CBR_F</i>	5
9	<i>Installations pour l'essai de gonflement au gel</i>	7
E	Exécution de l'essai	8
10	<i>Généralités</i>	8
11	<i>Essai de gonflement au gel</i>	9
12	<i>Préparation du matériau</i>	9
13	<i>Confection de l'éprouvette</i>	9
14	<i>Préparation pour l'essai de gonflement au gel</i>	9
	14.1 Transport et mise en place de l'éprouvette	9
	14.2 Régulation du niveau d'eau	9
	14.3 Préparations supplémentaires	9
15	<i>Phase d'adaptation</i>	9
16	<i>Phase de gel</i>	10
17	<i>Phase de dégel</i>	10
18	<i>Fin de l'essai</i>	10
F	Interprétation des résultats	10
19	<i>Détermination du coefficient CBR_F</i>	10
20	<i>Gonflement vertical lors des phases de gel et de dégel</i>	11
21	<i>Quantité d'eau absorbée ou s'écoulant de l'éprouvette</i>	11
22	<i>Épaisseur de la zone gelée et non gelée</i>	11
23	<i>Teneurs en eau</i>	11
24	<i>Masse volumique sèche</i>	12
25	<i>Rapport d'essai</i>	12
G	Bibliographie	13

Dieser Entwurf ist eine Vorstudie und darf nicht angewendet werden.
 Vernehmlichmachung des Entwurfs vom 14. Juni 2024; Frist bis 23. August 2024.

A Généralités

1 *Domaine d'application*

Cette norme s'applique à l'essai de gonflement au gel pour les mélanges traités et mélanges non traités aux liants hydrauliques.

L'essai de gonflement au gel sert de base pour le dimensionnement du sol de fondation et de la chaussée de voies de communication, et est utilisé en tant qu'essai d'évaluation des performances de certains produits de construction.

2 *Objet*

L'essai décrit dans cette norme sert à la détermination de la sensibilité au gel des mélanges traités et mélanges non traités aux liants hydrauliques.

3 *But*

La norme décrit le déroulement et l'interprétation de l'essai de gonflement au gel et donne des indications concernant la construction des appareillages nécessaires.

B Définitions

4 *Définitions générales*

4.1 Définitions de la SN EN 13286-47 [3]

Les termes

- coefficient CBR
- indice de portance immédiate IPI
- cure

sont définis dans la SN EN 13286-47 «Mélanges traités et mélanges non traités aux liants hydrauliques – Partie 47: Méthode d'essai pour la détermination de l'indice portant Californien (CBR), de l'indice de portance immédiate (IPI) et du gonflement linéaire» [3].

4.2 Définitions utilisées en Suisse

Les termes

- coefficient CBR_1
- coefficient CBR_2
- coefficient CBR_F

utilisés en Suisse, sont définis dans l'annexe nationale de la SN EN 13286-47 [3].

5 *Gonflement vertical maximal f*

Gonflement vertical maximal de l'éprouvette pendant une période de gel de 24 heures (voir figure 1).

6 *Gonflement vertical résiduel r*

Gonflement vertical résiduel de l'éprouvette après la période de dégel de 24 heures (voir figure 1).

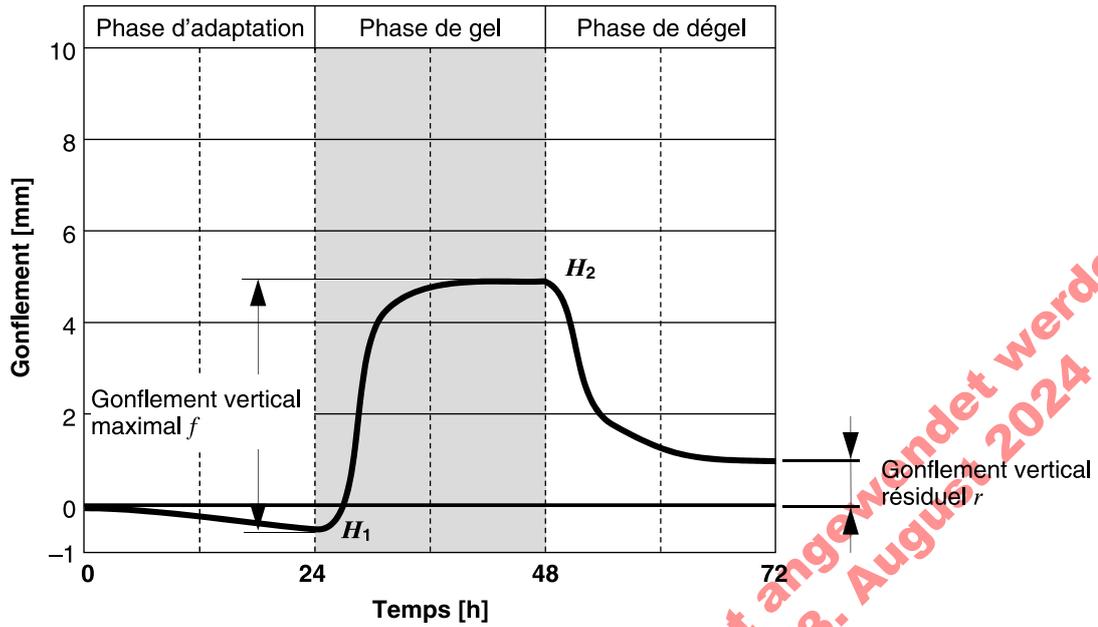


Fig. 1
Représentation du gonflement vertical

C Corrélations

7 SN EN 13286-47 [3]

La SN EN 13286-47 [3] décrit la détermination du coefficient CBR_F suite à l'essai de gonflement au gel.

D Appareillages

8 Moule CBR_F

Un schéma de construction et les dimensions du moule CBR_F sont indiqués dans la figure 2. Les composantes individuelles sont décrites dans le tableau 1. La tolérance de fabrication est de $\pm 1,0$ mm.

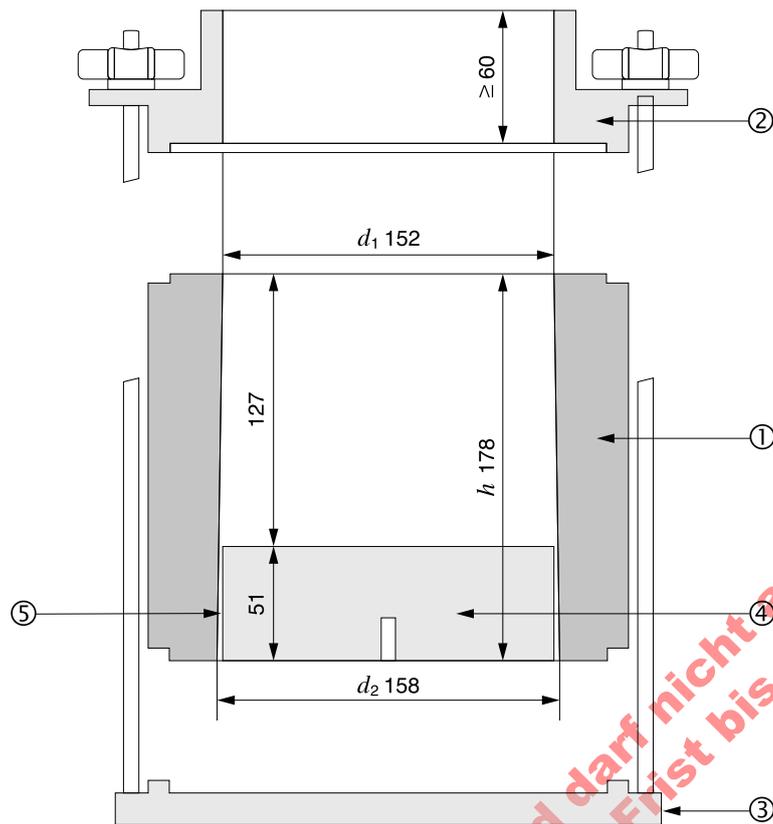


Fig. 2
Schéma de principe du moule CBR_F avec accessoires (dimensions en mm)

Description des composants du moule CBR _F (figure 2)			
①	Moule CBR _F , cylindre creux légèrement conique à base d'un matériau adapté et isolant (p.ex. résine époxy) ¹⁾	Hauteur h	178 mm
		Diamètre intérieur supérieur d_1	152 mm
		Diamètre intérieur inférieur d_2	158 mm
②	Rehausse amovible pour la confection de l'éprouvette	Diamètre intérieur	152 mm
		Hauteur intérieure	≥ 60 mm
③	Disque de fond (en acier)	Epaisseur	environ 20 mm
④	Disque d'espacement avec poignée à visser	Diamètre	156 mm
		Epaisseur	51 mm
⑤	Joint (p.ex. joint torique) assurant l'étanchéité entre le moule et le disque d'espacement, si nécessaire		

¹⁾ En acier avec une gaine isolante pour des moules plus âgés

Tab. 1
Description des composants du moule CBR_F (figure 2)

9 Installations pour l'essai de gonflement au gel

Les installations nécessaires pour le déroulement de l'essai de gonflement au gel et de la détermination des gonflements verticaux sont indiquées dans la figure 3. Les composantes individuelles sont décrites dans le tableau 2.

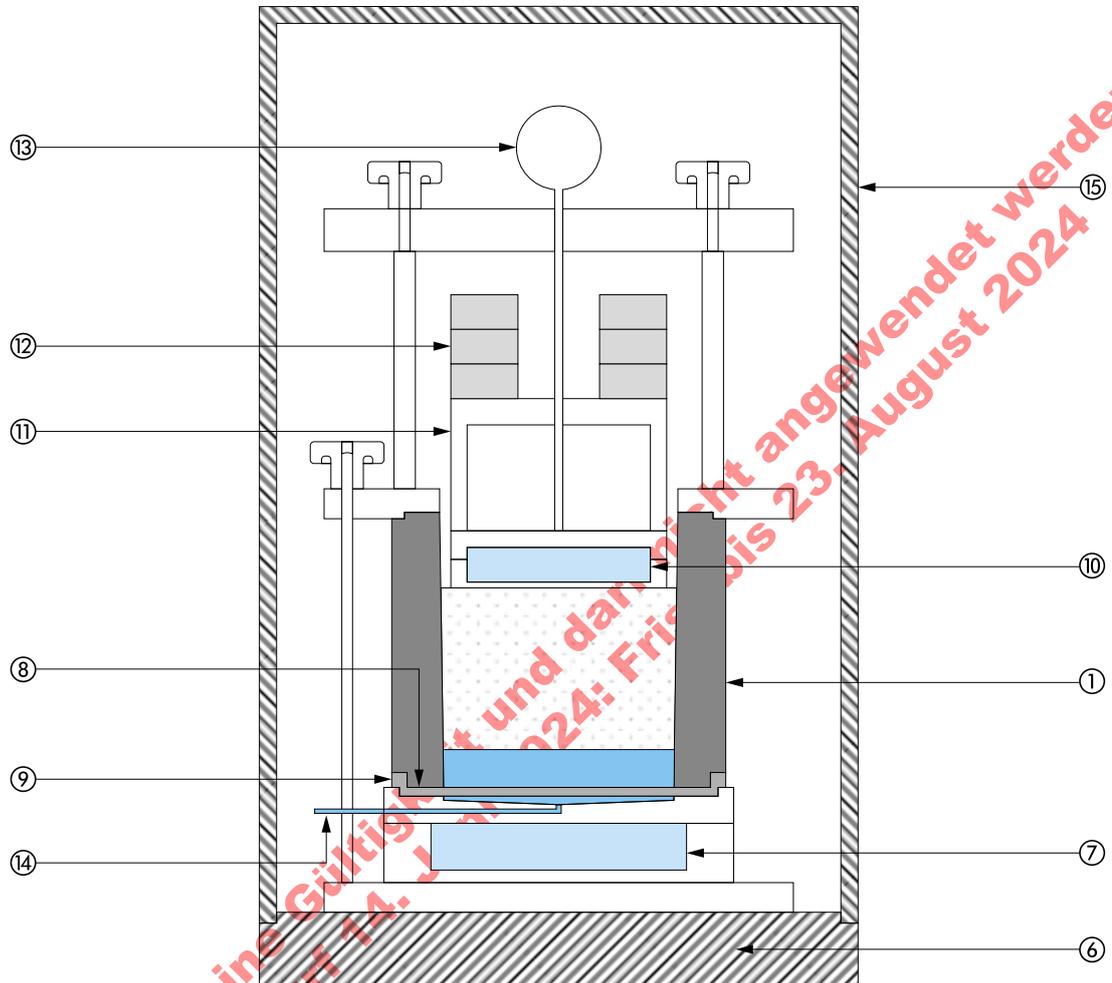


Fig. 3
Installations pour l'essai de gonflement au gel et pour la détermination des gonflements verticaux

Description des composantes des installations pour l'essai de gonflement au gel (figure 3)		
①	Moule CBR _F	
⑥	Plaque de base	A base d'un matériau adapté et isolant
⑦	Embase de régulation	En aluminium, pour la régulation de la température au pied de l'éprouvette
⑧	Joint(s)	Assurant l'étanchéité entre le moule et l'embase de régulation
⑨	Plaque filtrante	Plaque perforée (p.ex. acier chromé, aluminium), surface totale des perforations au moins 180 mm ²
⑩	Refroidisseur	En aluminium, pour le refroidissement au sommet de l'éprouvette
⑪	Rehausse	A base d'un matériau adapté et isolant, pour la transmission de la surcharge sur le refroidisseur
⑫	Surcharge	Anneau(x) d'environ 150 mm de diamètre avec un trou central d'environ 50 mm de diamètre; la masse totale de la surcharge, du refroidisseur et de la rehausse est de (10,0 ± 0,2) kg
⑬	Capteur de déplacement avec une exactitude de 0,05 mm	Installation pour la mesure des gonflements verticaux
⑭	Bouteille de Mariotte (raccordement)	Assure un niveau constant de l'eau et permet la mesure de la variation du volume d'eau dans l'éprouvette
⑮	Enceinte isolante	Evite l'échange de chaleur et de froid ainsi que d'humidité entre le dispositif d'essai et l'environnement

Tab. 2

Description des composantes des installations pour l'essai de gonflement au gel (figure 3)

Les raccords et tuyaux avec l'embase de régulation, le refroidisseur, la bouteille de Mariotte et, le cas échéant, les câbles pour le capteur de déplacement doivent passer par la plaque de base.

E Exécution de l'essai

10 Généralités

La sensibilité au gel des mélanges traités et des mélanges non traités aux liants hydrauliques est caractérisée par

- les gonflements verticaux
- le changement de la portance
- la modification de la teneur en eau suite à un cycle gel-dégel

Un essai complet de détermination de la sensibilité au gel des mélanges traités et des mélanges non traités aux liants hydrauliques se compose de

- la fabrication de l'éprouvette avec une teneur en eau optimale; la teneur en eau optimale est déterminée à l'aide de l'essai Proctor selon la SN EN 13286-2 «Mélanges traités et mélanges non traités aux liants hydrauliques – Partie 2: Méthodes d'essai de détermination en laboratoire de la masse volumique de référence et de la teneur en eau – Compactage Proctor» [2] avec une énergie de compactage de 1,2 MJ · m⁻³
- l'exécution du cycle gel-dégel avec détermination des gonflements verticaux, ainsi que de l'absorption et de la restitution d'eau
- la détermination du coefficient CBR_F selon la SN EN 13286-47 [3], chiffre 9, avec une surcharge avec une masse de 7,5 kg

11 Essai de gonflement au gel

L'essai de gonflement au gel se compose des phases suivantes

- préparation du matériau
- phase d'adaptation
- phase de gel
- phase de dégel

Les désignations suivantes sont utilisées

- début de la phase d'adaptation t_0
- début de la phase de gel t_{24}
- début de la phase de dégel t_{48}
- fin de la phase de dégel t_{72}

Les données à déterminer lors du déroulement de l'essai sont décrites dans les chiffres 19...24.

12 Préparation du matériau

L'éprouvette (environ 8 kg) doit être bien mélangée avec la quantité d'eau permettant d'atteindre la teneur en eau optimale.

L'éprouvette est à laisser reposer dans un récipient fermé pendant une durée dépendant des caractéristiques du matériau.

Selon l'expérience, les mélanges à base de granulats recyclés ainsi que les mélanges avec des teneurs en fines élevées, nécessitent des durées de conditionnement plus longues que les mélanges à base de granulats naturels et à granulométrie grossière.

Les prescriptions de la norme produit correspondante sont à considérer pour les mélanges liés.

13 Confection de l'éprouvette

La confection de l'éprouvette dans le moule CBR_F est à réaliser selon la SN EN 13286-47 [3], chiffre 7, avec l'ouverture maximale du moule CBR_F vers le bas. Une énergie de compactage de $1,2 \text{ MJ} \cdot \text{m}^{-3}$ est à appliquer.

Pendant la confection de l'éprouvette, un échantillon partiel de matériaux est à prélever pour chaque couche mise en place. Un échantillon complet est à constituer des différents échantillons partiels pour la détermination de la teneur en eau initiale.

La masse de l'éprouvette compactée est à déterminer.

14 Préparation pour l'essai de gonflement au gel

14.1 Transport et mise en place de l'éprouvette

La surface de l'éprouvette est à araser et un filtre en papier est à appliquer. Ensuite, une plaque de transport adaptée (p.ex. tôle, plaque filtrante) est à fixer sur le moule CBR_F. Ainsi le moule peut être retourné sans perte de matériaux et peut être mis en place sur l'embase de régulation.

Une feuille d'aluminium circulaire est à appliquer sur la surface de l'éprouvette, afin de protéger le refroidisseur et de permettre une meilleure répartition de la température superficielle.

14.2 Régulation du niveau d'eau

Après la mise en place de l'éprouvette et avec l'aide d'une bouteille de Mariotte, un niveau d'eau de (25 ± 5) mm au-dessus du pied de l'éprouvette est à appliquer et maintenir lors de la totalité de l'essai.

14.3 Préparations supplémentaires

Le cas échéant, mise en place de la gaine isolante du moule CBR_F

- mise en place du refroidisseur
- application de la rehausse et de la surcharge
- mise en place du capteur de déplacement et réglage de la valeur initiale
- enrober l'appareillage avec l'enceinte isolante

15 Phase d'adaptation

La phase d'adaptation (→ début d'essai t_0) démarre après la mise en place de l'éprouvette dans l'installation pour l'essai de gonflement au gel.

La phase d'adaptation dure 24 heures et est à réaliser à une température de 18...28 °C.

16 Phase de gel

La phase de gel démarre 24 heures après le début de l'essai (→ début de la phase de gel t_{24}) et dure également 24 heures.

Les températures suivantes sont à respecter lors de la phase de gel

- refroidisseur $-7,5 \pm 0,5 \text{ } ^\circ\text{C}$
- embase de régulation $+1,5 \pm 0,5 \text{ } ^\circ\text{C}$

17 Phase de dégel

24 heures après le début de la phase de gel le refroidisseur et l'embase de régulation sont déclenchés (→ début de la phase de dégel t_{48}).

La phase de dégel dure 24 heures sous l'enceinte isolante et est à réaliser à une température ambiante de 18...28 °C.

18 Fin de l'essai

L'essai de gonflement au gel se termine 72 heures après le début de l'essai (→ fin de la phase de dégel t_{72}).

L'éprouvette est sortie de l'installation, et

- le cas échéant, la plaque filtrante est enlevée
- la feuille d'aluminium est enlevée et l'eau de surface excédante est absorbée avec un tissu en papier

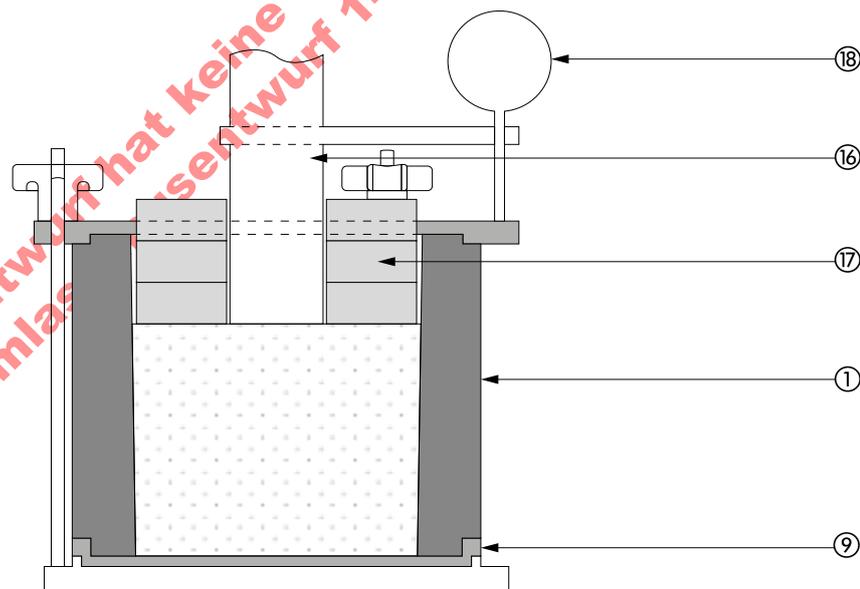
F Interprétation des résultats

19 Détermination du coefficient CBR_F

Le moule CBR_F , avec l'ouverture maximale du moule vers le haut, est à installer dans le dispositif d'essai à l'aide d'une plaque de transport adaptée ou de la plaque filtrante. Une surcharge de 7,5 kg est à appliquer sur l'éprouvette (voir figure 4).

La courbe force-enfoncement est à mesurer et à interpréter selon la SN EN 13286-47 [3].

La quantité d'eau ΔW s'écoulant lors de la détermination de la courbe force-enfoncement est à mesurer. L'éprouvette est à sortir du moule CBR_F après la détermination de la courbe force-enfoncement et peut être utilisée pour d'autres mesures (chiffres 23 et 24).



- ① Moule CBR_F
- ⑨ Plaque filtrante le cas échéant
- ⑬ Poinçon cylindrique
- ⑰ Surcharge
- ⑱ Capteur de déplacement avec une exactitude de 0,05 mm

Fig. 4

Moule CBR_F préparé pour la détermination du coefficient CBR_F

20 *Gonflement vertical lors des phases de gel et de dégel*

En règle générale, le gonflement vertical est à mesurer et enregistrer électroniquement en continu lors des phases de gel et de dégel à l'aide du capteur de déplacement (voir figure 1).

Les hauteurs suivantes sont à relever et consigner

H_0	début de la phase d'adaptation	(t_0)
H_{24}	début de la phase de gel	(t_{24})
H_{48}	début de la phase de dégel	(t_{48})
H_{72}	fin de la phase de dégel	(t_{72})

21 *Quantité d'eau absorbée ou s'écoulant de l'éprouvette*

Les quantités d'eau absorbée ou s'écoulant de l'éprouvette lors des phases spécifiques, W [g ou ml], sont à relever.

Les quantités suivantes sont à relever

A_0	début de la phase d'adaptation	(t_0)
A_{24}	début de la phase de gel	(t_{24})
A_{48}	début de la phase de dégel	(t_{48})
A_{72}	fin de la phase de dégel	(t_{72})

Les quantités d'eau absorbée lors des phases spécifiques peuvent être déterminées à l'aide des formules suivantes

$$a = A_{72} - A_0; \quad a_1 = A_{24} - A_0; \quad a_2 = A_{48} - A_{24}; \quad a_3 = A_{72} - A_{48}$$

$$W_i = W_{\text{tot}} \cdot \frac{a_i}{a} \text{ [g ou ml]}$$

avec

W_i	Eau absorbée ou s'écoulant de l'éprouvette lors de la phase i
W_{tot}	Eau absorbée ou s'écoulant de l'éprouvette pendant le déroulement complet de l'essai
A_i	Lecture au moment t_i
a	Baisse ou montée du niveau d'eau dans la bouteille de Mariotte pendant le déroulement complet de l'essai
a_i	Baisse ou montée du niveau d'eau pendant la phase i

22 *Épaisseur de la zone gelée et non gelée*

Le sol non gelé correspond à la zone inférieure ramollie, laquelle n'a pas été fissurée par des lentilles de glace.

Si la frontière entre les zones est visible, les épaisseurs de la zone gelée et non gelée sont à relever et consigner.

23 *Teneurs en eau*

Les teneurs en eau suivantes sont à déterminer selon la SN EN 1097-5 «Essais pour déterminer les caractéristiques mécaniques et physiques des granulats – Partie 5: Détermination de la teneur en eau par séchage en étuve ventilée» [1]

- teneur en eau initiale W_{init}
- teneur en eau finale W_{72}

En cas de présence de lentilles de glace, les teneurs en eau suivantes sont également à déterminer

- dans la zone de formation des lentilles de glace $W_{\text{end F}}$
- dans la zone non gelée $W_{\text{end NF}}$

24 Masse volumique sèche

La masse volumique sèche se modifie pendant l'essai lors du gonflement du mélange.

La détermination de la

- masse volumique sèche initiale $\rho_{d \text{ init}}$
- masse volumique sèche finale $\rho_{d \text{ end}}$

se fait selon les formules suivantes

Masse volumique sèche initiale

$$\rho_{d \text{ init}} = \frac{M_{\text{init}}}{V \cdot \left(1 + \frac{w_{\text{init}}}{100}\right)} \quad [\text{Mg} \cdot \text{m}^{-3}]$$

Masse volumique sèche finale

$$\rho_{d \text{ end}} = \frac{M_{\text{end}}}{(V + F_0 \cdot r) \cdot \left(1 + \frac{w_{\text{end}}}{100}\right)} \quad [\text{Mg} \cdot \text{m}^{-3}]$$

avec

$\rho_{d \text{ init}}$	Masse volumique sèche initiale	$[\text{Mg} \cdot \text{m}^{-3}]$
$\rho_{d \text{ end}}$	Masse volumique sèche finale	$[\text{Mg} \cdot \text{m}^{-3}]$
M_{init}	Masse de l'éprouvette au moment t_0	$[\text{g}]$
M_{end}	Masse de l'éprouvette au moment t_{72}	$[\text{g}]$
V	Volume du moule CBR_F	$[\text{cm}^3]$
w_{init}	Teneur en eau initiale	$[\% \text{ massique}]$
w_{end}	Teneur en eau finale	$[\% \text{ massique}]$
F_0	Surface de l'éprouvette	$[\text{cm}^2]$
r	Gonflement résiduel au moment t_{72}	$[\text{cm}]$

25 Rapport d'essai

Outre les informations requises par la SN EN ISO/IEC 17025 «Exigences générales concernant la compétence des laboratoires d'étalonnages et d'essais» [4], le rapport d'essai doit contenir les informations suivantes

- identification de l'éprouvette
- coefficient CBR_F déterminant
- énergie de compactage
- type, durée et conditions de la cure et du stockage (température, échéances, surcharge)
- teneur en eau initiale w_{init}
- teneur en eau finale w_{end}
- masse volumique sèche du mélange
 - après confection de l'éprouvette $\rho_{d \text{ init}}$
 - à la fin de l'essai de gonflement au gel $\rho_{d \text{ end}}$
- quantité d'eau ΔW s'écoulant lors de la détermination de la courbe force-enfoncement
- âge de l'éprouvette au moment de l'essai et masse de la surcharge appliquée
- représentation temporelle du gonflement avec gonflement maximal f et gonflement résiduel r
- confirmation, que l'essai de gonflement au gel ait été effectué selon cette norme et que le coefficient CBR_F ait été déterminée selon la SN EN 13286-47 [3]
- à indiquer également, si des zones gelées et non gelées sont visibles
 - épaisseur de la zone gelée et de la zone non gelée de l'éprouvette
 - teneur en eau finale dans la zone de formation de lentilles de glace $w_{\text{end F}}$
 - teneur en eau finale dans la zone non gelée $w_{\text{end NF}}$

G Bibliographie

- [1] SN EN 1097-5 Essais pour déterminer les caractéristiques mécaniques et physiques des granulats – Partie 5: Détermination de la teneur en eau par séchage en étuve ventilée
- [2] SN EN 13286-2 Mélanges traités et mélanges non traités aux liants hydrauliques – Partie 2: Méthodes d'essai de détermination en laboratoire de la masse volumique de référence et de la teneur en eau – Compactage Proctor
- [3] SN EN 13286-47 Mélanges traités et mélanges non traités aux liants hydrauliques – Partie 47: Méthode d'essai pour la détermination de l'indice portant Californien (CBR), de l'indice de portance immédiate (IPI) et du gonflement linéaire, y compris Annexe nationale
- [4] SN EN ISO/IEC 17025 Exigences générales concernant la compétence des laboratoires d'étalonnages et d'essais

**Dieser Entwurf hat keine Gültigkeit und darf nicht angewendet werden.
Vernehmlassungsentwurf 14. Juni 2024; Frist bis 23. August 2024**