



Dansk Byggekomponent ApS
Att: Henrik Pommergaard Hansen
Farum Gydevej 67
3520 Farum

Berechnungen durchgeführt von:

Teknologisk Institut
Kongsvang Alle 29
DK-8000 Aarhus C
Tel. +45 72 20 10 00
Fax +45 72 20 20 19

info@teknologisk.dk
www.teknologisk.dk

4. februar 2022
118997/JRB

Berechnung der Lasten auf DBK-Rohrträgern bei Einbau in Kies

Das Technologische Institut, Fachbereich Kunststoff & Verpackung, wurde von Dansk Byggekomponent ApS beauftragt, Berechnungen der auf zwei Typen von DBK-Rohrträgern wirkenden Lasten bei einer Überdeckung von Rohrleitungen mit nicht verdichtetem Kies durchzuführen.

Bei einer Überdeckung von Rohrleitungen und Rohrträgern mit Kies treten im Zeitverlauf Setzungen sowohl im Kiesmaterial als auch in den darunterliegenden Bodenschichten auf. Diese Setzungen bewirken eine Abwärtsbewegung des Kiesmaterials, welche zu einer Lastbeanspruchung der Rohrleitungen sowie der Rohrträger führt.

Im Rahmen der Berechnungen werden drei unterschiedliche Lastszenarien zugrunde gelegt, bei denen die Kiesüberdeckung in jeweils unterschiedlicher Weise auf Rohrleitungen und Rohrträger einwirkt:

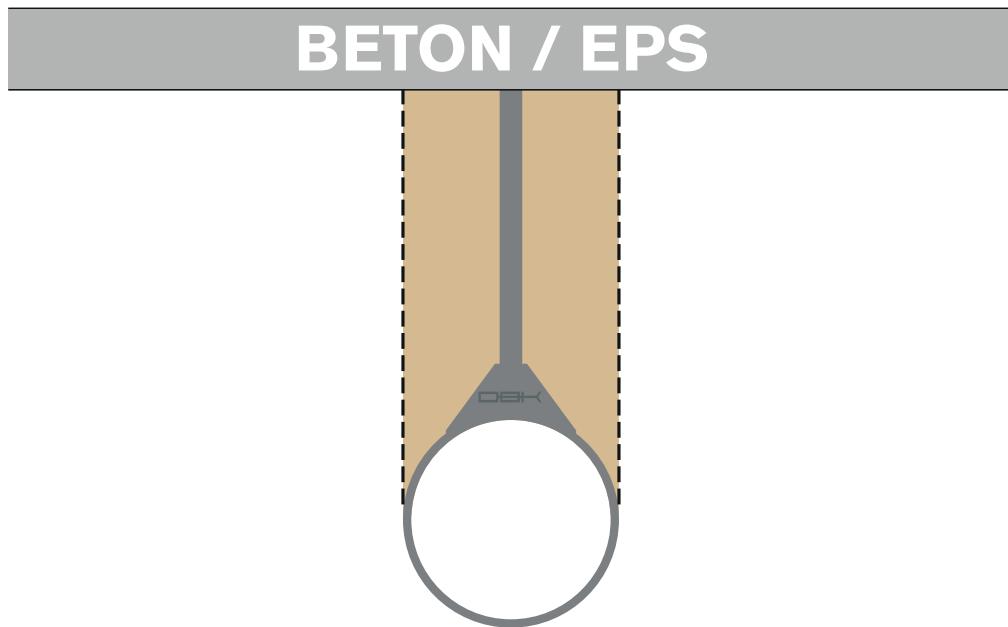
- Szenario 1 Kies liegt unmittelbar oberhalb des Rohres über die gesamte Rohrbreite (entsprechend dem Rohrdurchmesser) an.
- Szenario 2 Kies liegt in einem Winkel von 45° auf dem Rohr an; die Last wirkt in Form eines Dreiecks mit der tiefsten Spitze in der Mittellinie oberhalb des Rohres.
- Szenario 3 Kies liegt in einem Winkel von 45° auf dem Mittelpunkt des Rohres an.

Die Berechnungen werden für zwei Abmessungen von DBK-Rohrträgern durchgeführt, nämlich für einen Nenndurchmesser von 110 mm sowie für einen Nenndurchmesser von 160 mm.

Annahmen::

- Schichtdicke der Kiesüberdeckung über dem Rohr: $t = 0,25 \text{ m}$
- Raumgewicht des Kiesmaterials: $\gamma = 11 \text{ kN/m}^3$
- Reibungswinkel (konservativ angesetzt): $\phi = 45^\circ$
- Rohrdurchmesser ($\varnothing 110 \text{ mm}$): $d\varnothing 110 = 0,11 \text{ m}$
- Rohrdurchmesser ($\varnothing 160 \text{ mm}$): $d\varnothing 160 = 0,16 \text{ m}$
- Eigengewicht der wassergefüllten Rohrleitung $\varnothing 110 \text{ mm}$: $m\varnothing 110 = 93 \text{ N/m}$
- Eigengewicht der wassergefüllten Rohrleitung $\varnothing 160 \text{ mm}$: $m\varnothing 160 = 197 \text{ N/m}$
- Abstand zwischen den Rohrträgern: $l_b = 0,5 \text{ m}$

Szenario 1: Kies bedeckt das Rohr in der Breite des Rohrdurchmessers.



Belastung pro Rohrträger (Ø110 mm):

$$F_{1a} = (P_{1a} * l_b * \gamma) + (m_{\phi 110} * l_b) \text{ , hvor}$$

$$P_{1a} = \left(d_{\phi 110} * \left(t + \frac{d_{\phi 110}}{2} \right) \right) - \left(0,5 * \frac{\pi}{4} * d_{\phi 110}^2 \right)$$

$$P_{1a} = \left(0,11 * \left(0,25 + \frac{0,11}{2} \right) \right) - \left(0,5 * \frac{\pi}{4} * 0,11^2 \right) [\text{m}^2]$$

$$P_{1a} = 0,024 [\text{m}^2]$$

Belastung pro Rohrträger:

$$F_{1a} = (0,024 * 0,5 * 11 * 10^3) + (93 * 0,5) = 178,8 [\text{N}] = 18,2 [\text{kg}]$$

Belastung pro Rohrträger (Ø160 mm):

$$F_{1b} = (P_{1b} * l_b * \gamma) + (m_{\phi 160} * l_b) \text{ , hvor}$$

$$P_{1b} = \left(d_{\phi 160} * \left(t + \frac{d_{\phi 160}}{2} \right) \right) - \left(0,5 * \frac{\pi}{4} * d_{\phi 160}^2 \right)$$

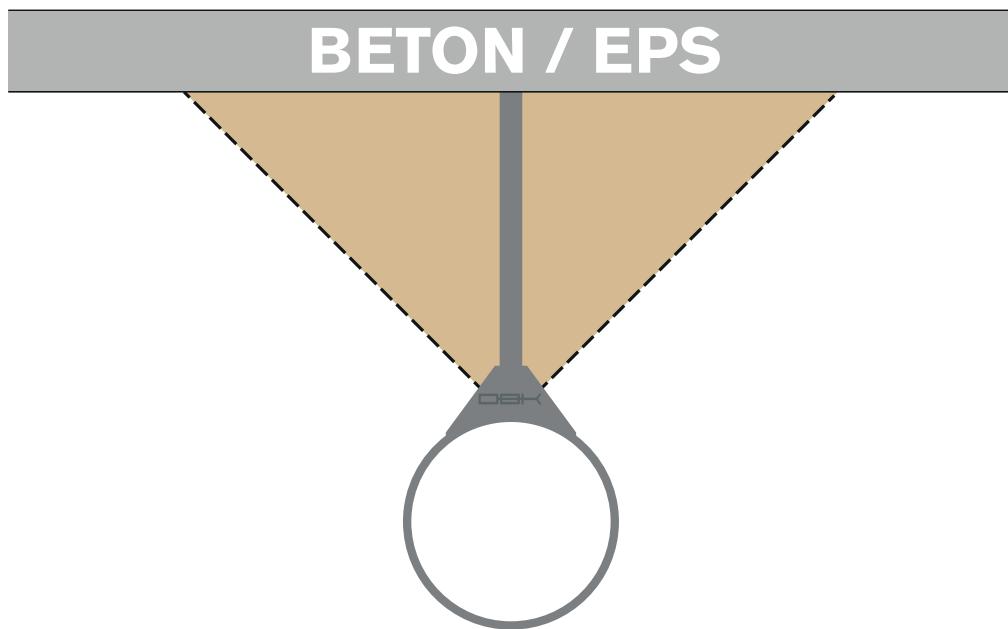
$$P_{1b} = \left(0,16 * \left(0,25 + \frac{0,16}{2} \right) \right) - \left(0,5 * \frac{\pi}{4} * 0,16^2 \right) [\text{m}^2]$$

$$P_{1b} = 0,033 [\text{m}^2]$$

Belastung pro Rohrträger:

$$F_{1b} = (0,033 * 0,5 * 11 * 10^3) + (197 * 0,5) = 278,3 [\text{N}] = 28,3 [\text{kg}]$$

Szenario 2: Kies, der in einem Winkel von 45° zum Rohr abfällt (Dreieck, Spitze in der Mittellinie)



Belastung pro Rohrträger (Ø110 mm):

$$F_{2a} = (P_{2a} * l_b * \gamma) + (m_{\varnothing 110} * l_b) , \text{ hvor}$$

$$P_{2a} = \left(\frac{1}{2} * t * (2 * t) \right) = (t * t)$$

$$P_{2a} = (0,25 * 0,25) [\text{m}^2]$$

$$P_{2a} = 0,063 [\text{m}^2]$$

Belastung pro Rohrträger:

$$F_{2a} = (0,063 * 0,5 * 11 * 10^3) + (93 * 0,5) = 390,3 [\text{N}] = 39,7 [\text{kg}]$$

Belastung pro Rohrträger (Ø160 mm):

$$F_{2b} = (P_{2b} * l_b * \gamma) + (m_{\varnothing 160} * l_b) , \text{ hvor}$$

$$P_{2b} = (t * t)$$

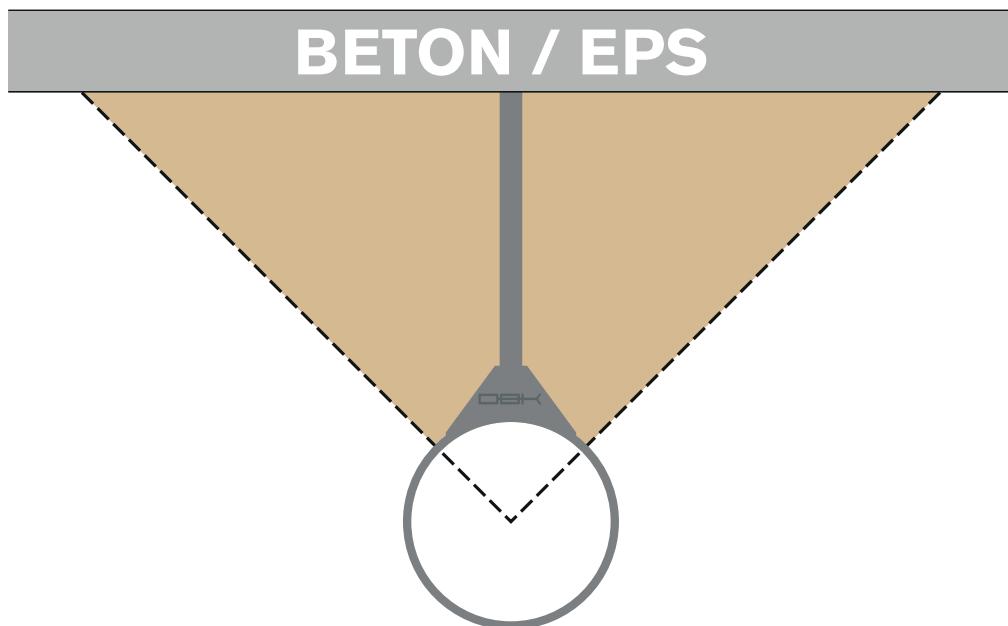
$$P_{2b} = (0,25 * 0,25) [\text{m}^2]$$

$$P_{2b} = 0,063 [\text{m}^2]$$

Belastung pro Rohrträger:

$$F_{2b} = (0,051 * 0,5 * 11 * 10^3) + (197 * 0,5) = 440,3 [\text{N}] = 44,8 [\text{kg}]$$

Szenario 3: Kies, der in einem Winkel von 45° zur Rohrmitte hin abfällt (Dreieck, Spitze in der Mitte)



Belastung pro Rohrträger (Ø110 mm):

$$F_{3a} = (P_{3a} * l_b * \gamma) + (m_{\varnothing 110} * l_b) \text{ , hvor}$$

$$P_{3a} = \left(t + \frac{d_{\varnothing 110}}{2} \right) * \left(t + \frac{d_{\varnothing 110}}{2} \right) - \left(\frac{1}{4} * \frac{\pi}{4} * d_{\varnothing 110}^2 \right)$$

$$P_{3a} = (0,31 * 0,31) - \left(\frac{1}{4} * \frac{\pi}{4} * 0,11^2 \right) [\text{m}^2]$$

$$P_{3a} = 0,091 [\text{m}^2]$$

Belastung pro Rohrträger:

$$F_{3a} = (0,091 * 0,5 * 11 * 10^3) + (93 * 0,5) = 545,1 [\text{N}] = 55,5 [\text{kg}]$$

Belastung pro Rohrträger (Ø160 mm):

$$F_{3b} = (P_{3b} * l_b * \gamma) + (m_{\varnothing 160} * l_b) \text{ , hvor}$$

$$P_{3b} = \left(t + \frac{d_{\varnothing 160}}{2} \right) * \left(t + \frac{d_{\varnothing 160}}{2} \right) - \left(\frac{1}{4} * \frac{\pi}{4} * d_{\varnothing 160}^2 \right)$$

$$P_{3b} = (0,33 * 0,33) - \left(\frac{1}{4} * \frac{\pi}{4} * 0,16^2 \right) [\text{m}^2]$$

$$P_{3b} = 0,104 [\text{m}^2]$$

Belastung pro Rohrträger:

$$F_{3b} = (0,104 * 0,5 * 11 * 10^3) + (197 * 0,5) = 669,8 [\text{N}] = 68,2 [\text{kg}]$$

Sicherheit

Frühere durchgeführte Prüfungen der DBK-Rohrträger ergaben folgende durchschnittliche Werte der Bruchlast bzw. Tragfähigkeit:

- Ø110 mm: 152 kg
- Ø160 mm: 124 kg

Vid största belastning enligt ovanstående beräkningar blir säkerhetsfaktorn mot brott vid korttidslast:

$$S_{\varnothing 110} = \frac{\text{Brudstyrke}}{\text{Maks. last}} = \frac{152}{F_{3a}} = \frac{152}{55,5} = 2,7$$

Auf Grundlage der maximal ermittelten Belastungen ergibt sich für beide Rohrträgerabmessungen eine ausreichende Sicherheit gegen Versagen unter Kurzzeitlast.

$$S_{\varnothing 160} = \frac{\text{Brudstyrke}}{\text{Maks. last}} = \frac{124}{F_{3b}} = \frac{124}{68,2} = 1,8$$

Kommentarer

Von den drei berechneten Szenarien entspricht Szenario 3 am ehesten einer klassischen geotechnischen Gründungsberechnung im Boden. In der Berechnung von Szenario 3 wurde ein Reibungswinkel von 45° angesetzt, welcher für nicht verdichteten Kies als konservativ anzusehen ist.

Die tatsächlich auf Rohrleitungen und Rohrträger wirkenden Belastungen liegen voraussichtlich unterhalb der in allen drei Lastszenarien berechneten Belastungswerte.

Da die Verwendung von nicht verdichtetem Kies vorgesehen ist, ist eine etwaige Lastumlagerung im überlagernden Kiesmaterial lediglich von sehr kurzer Dauer. Der Kies gleitet seitlich am Rohr vorbei, sodass die Rohrträger anschließend ausschließlich durch das Eigengewicht der Rohrleitung sowie deren Inhalt beansprucht werden.

Mit freundlichen Grüßen
Technologisches Institut
Fachbereich Kunststoff & Verpackung

Jørn Bech
Seniorspecialist

Telefon: 72 20 16 74
E-mail: jrb@teknologisk.dk