

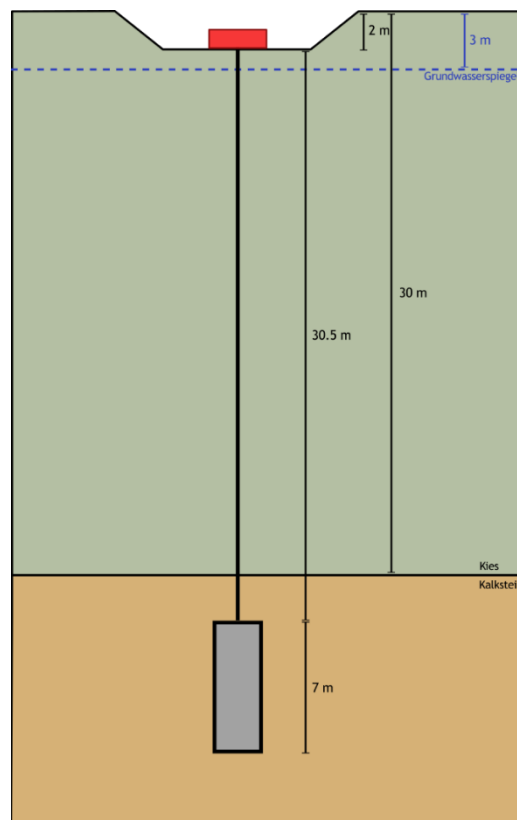
Geotechnische Dimensionierung-Challenge

Unser Ziel ist es, die gängige Praxis zu bewerten und den Austausch zu fördern. Vor allem junge Ingenieure:innen sollen dazu ermuntert werden, ihr "engineering judgment" zu entwickeln und zu verfeinern.

Die folgende Aufgabe basiert auf einem Ankerversuch. Im Rahmen des Baus eines Laufwasserkraftwerks ist eine Baugrubensicherung geplant, die aus einer rückverankerten Bohrpfehlwand besteht. Die Verpresskörper der Anker sind in einer Kalksteinschicht angeordnet.

Um den äusseren Tragwiderstand der Verankerungen zu bestimmen, wurde vorgängig eine Versuchskampagne mit 3 vertikal angeordneten Versuchsankern durchgeführt. Analog zur Empfehlung der Norm SIA 267 wurde für die Tragfähigkeit der niedrigste Versuchswert aus den 3 Versuchsanker gewählt.

Ziel der Aufgabe ist es, den äusseren Tragwiderstand der Anker $R_{a,k}$ zu bestimmen. Angaben zu den Boden- und Gesteinseigenschaften, der Abmessungen der Verankerung und der Ausführungsbedingungen können für die Tragwiderstandsbestimmung herangezogen werden. Die Antworten der Teilnehmer werden mit den Versuchsergebnissen verglichen. Die den Messwerten am nächsten kommenden Antworten werden ausgezeichnet. Informationen zur Ausführung der Verankerung und zu den hydrogeologischen Bedingungen sind auf der folgenden Seite angegeben.



Die 3 Teilnehmer mit den besten Antworten erhalten eine 3-jährige Gratis-Mitgliedschaft in unserer GS-Gesellschaft. Zudem wird ein iPad unter allen Teilnehmenden verlost.

Frist für die Abgabe der Antworten zum Design Challenge: **20 Februar 2026**. Wir empfehlen den Teilnehmenden ihre Kontaktdaten im Formular zu hinterlegen, so dass wir die Gewinner kontaktieren können.

Frage 1: Schätzen Sie den äusseren Tragwiderstand des Anker $R_{a,k}$.

Frage 2 (Nebenfrage): Schätzen Sie die Verschiebung des Ankerkopfes bei 50 % der unter Frage 1 definierte Bruchlast.

Die Antworten zu Frage 2 werden zur Bestimmung der Gewinner nicht herangezogen.

Randbedingungen:

Geologie

Der angetroffene Baugrundaufbau ist wie folgt:

- Eine erste Schicht aus sandigem Kies, mit wenig Silt/Schluff und Steinen, sowie lokal siltigem/schluffigem Ton, der reich an kiesigem Sand ist, mit einer Dicke von 30 m. Die Lagerungsdichte der Kiesschicht kann als hoch bis sehr hoch eingestuft werden, mit Standard-Penetration-Test-Ergebnisse (SPT)-von $N_{30} > 70$.
- Der Kalkstein zeigt einen variablen Frakturierungsgrad: In den wenigen oberen ersten Meter (ca. 1-2 m) können die Gesteinsstrukturen stärker zerklüftet sein, mit Hohlräumen, die teils mit siltigen oder schluffigen Tonen gefüllt sind. Vereinzelt treten abgerundete Kalksteinblöcke, Gerölle oder teilweise verwitterte Fragmente auf, teils mit tonigen Ablagerungen vermischt. Mit zunehmender Tiefe verbessert sich die Gesteinsqualität deutlich: Die Lugeon- und Lefranc-Tests zeigen eine Durchlässigkeit im Bereich von $k = 10^{-7} - 10^{-9}$ m/s, was auf eine geringe bis fehlende Frakturierung hinweist. Entsprechend liegt der RQD-Wert bei ca. 75–90 %, was eine hohe Festigkeit und Tragfähigkeit des Felsens darstellt.
- Der Grundwasserspiegel befindet sich in 3 m Tiefe.

Die mechanischen und hydraulischen Eigenschaften sind wie folgt:

- Gesättigtes Raumwichte des sandigen Kieses: $\gamma_{\text{sat}} = 20.0 - 21.5 \text{ kN/m}^3$
- Raumwichte des Kalksteins: $\gamma = 25.9 - 26.7 \text{ kN/m}^3$
- Einaxiale Druckfestigkeit (UCS) des Kalksteins (7 Versuche):
 $UCS_{\text{mittel}} = 28.2 \text{ MN/m}^2$ (min / max: 6.2 / 59.2 MN/m^2)
- Elastizitätsmodul des Kalksteins (7 Versuche):
 $E_{\text{mittel}} = 8'527 \text{ MN/m}^2$ (min / max: 2'454 / 22'777 MN/m^2)

Versuchsanker

Der untersuchte Anker ist ein vertikaler vorgespannte Anker mit einer Gesamtlänge von 37.5 m, bestehend aus einer 30.5 m freier Länge, die nicht für die Lastabtrag genutzt wird,

und einer 7 m lange Verankerungslänge, die vollständig im Kalkstein verankert ist. Der Bohrdurchmesser beträgt 178 mm. Der Anker wird ausschliesslich in vertikaler Richtung belastet.

Das Verankerungssystem besteht aus 18 Litzen, jeweils mit einem Querschnitt von 150 mm^2 , mit Festigkeiten $f_y = 1600 \text{ N/mm}^2$ – $f_{tk} = 1860 \text{ N/mm}^2$ und einem Elastizitätsmodul $E_p = 195 \text{ kN/mm}^2$.

Nach der verrohrt hergestellten Bohrung, der Einbringung der Ankerlitzen und der Verfüllung mit Zementsuspension wurde ein Zementmörtel mit einem Wasser/Zement-Verhältnis von 0,5 nach $\frac{1}{2}$ Tag injiziert (Injektionsvolumen 725 kg bei einem Druck von 15 bar).

Die Vorspannung des Versuchsankers erfolgte in 8 aufeinanderfolgenden Laststufen, mit einer Wartezeit von 15 Minuten für die ersten beiden und 30 Minuten für die folgenden sechs Stufen. Das Prüfverfahren folgt den Empfehlungen der Normen SIA 267 und SIA 267/1.