



Stabilitätsprobleme im Stahlbau B8 – 1271060

Schriftliche Prüfung am 10.02.2009

Musterlösung

Erreichbare Punktzahl: 99 (entspr. 124 %);

erreichte Punkte

(Unterschrift Prüfer)

Name, Vorname, Matrikelnummer:

Bearbeitungsdauer: 90 Minuten

Hilfsmittel: alle, außer elektronische Kommunikationsmittel

Geben sie alle Ergebnisse in folgenden Einheiten an: Kräfte [kN], Momente [kNm],
Spannungen [N/mm²], Querschnittswerte [cm^x], Längen [mm], Flächenlasten [kN/m²];

Geben Sie alle Ergebnisse mit (mindestens) 3 Ziffern Genauigkeit an.

1. Kranbahnstütze IPE 330 – S355, L = 10,0 m, im Freien, im Fundament eingespannt; die schwache Achse ist auf +6,00 m durch einen Riegel und auf +10,0 m durch die Kranbahnträger seitlich unverschieblich gehalten, der Kranbahnträger läuft mittig über den Stützenkopf;
Normalkraft $N_d = 450$ kN (Biegemoment aus Wind vernachlässigen)
Ermitteln Sie die Ausnutzungsgrade für Knicken um beide Achsen; wählen Sie jeweils einen geeigneten Ersatzstab.

Geben Sie jeweils folgende Zwischenergebnisse an:

Knicklänge, Quetschlast, Euler-Last, bezogene Schlankheit, Knickspannungslinie, Beiwert α , Koeffizient k , κ , Grenznormalkraft (19 P)

Lösung:

Rechengang nach DIN 18800-2

$s, k = 20000/4200$; $N, \rho_l = 2254$; $N, \rho_{ki} = 610/926$; $\lambda, K = 1,92/1,56$; $KSL = a/b$; $\alpha = 0,21/0,34$; $k = 2,53/1,95$; $\kappa = 0,240/0,321$; $N, R, d, \kappa = 491/658$; $\eta = 0,916/0,684$

2. Durch welche konstruktive Maßnahmen lässt sich die Tragfähigkeit der Stütze aus Aufgabe 1 steigern? (2 P)

Lösung:

zusätzlichen Riegel unterhalb von +5,7 m anbringen; Erhöhung der Steifigkeit um die starke Achse, z.B. durch Aufschweißen zusätzlicher Gurtlamellen;

3. Gegeben ist eine Pfette IPE 140 – S235 als Durchlaufträger über jeweils $L = 5,0$ m. Die Auflast beträgt $q_d = 7,0$ kN/m

Ermitteln Sie den Ausnutzungsgrad für Kippen in einem der mittleren Felder.

Hinweis: schätzen Sie die Lage der Momentennullpunkte und führen Sie den Nachweis an einem Ersatzstab zwischen den Momentennullpunkten.

Geben Sie folgende Zwischenergebnisse an:

Länge des Ersatzstabes, Lastangriffsmaß z_p , Momentenbeiwert ζ , Verzweigungslast um die schwache Achse, Parameter c , kritisches Kippmoment, Tragemoment, bezogene Schlankheit, maßgebender Trägerbeiwert; κ , Grenzmoment, vorhandenes Moment (13 P)

Lösung:

Rechengang nach DIN 18800-2

$L = 3000$; $z_p = -70$; $\zeta = 1,12$; $N_{ki,z} = 103$ kN; $c = 154$ mm; $M_{y,ki} = 14,2$ kNm;

$M_{y,R,d} = 19,2$ kNm; $\lambda_{M} = 1,16$; $n = 2,50$; $\kappa_M = 0,633$; $M_{y,R,d,\kappa} = 12,2$ kNm;

$M_{y,S,d} = 7,88$ kNm; $\eta = 0,647$

4. Warum liegt die in Aufgabe 3 durchgeführte Berechnung möglicherweise etwas auf der unsicheren Seite? (2 P)

Lösung:

Der Ersatzstab beginnt zwar in einem Momentennullpunkt, dort ist aber kein Gabellager vorhanden, sondern eine nachgiebig-elastische Dreheinspannung.

5. Warum liegt die in Aufgabe 3 durchgeführte Berechnung auf der sicheren Seite? (2 P)

Hinweis: gehen Sie von einer im Industriebau üblichen Dacheindeckung aus.

Lösung:

Der Obergurt der Pfette ist im Abstand von ca. 250 mm mit Trapezprofilen oder Sandwich-Elementen verbunden. Der Obergurt wird dadurch seitlich sehr gut gestützt, der Ausnutzungsgrad liegt deutlich tiefer.

6. Ermitteln Sie für die Pfette in Aufgabe 3 einen überschlägigen Ausnutzungsgrad für Kippen unter Windsog. Die abhebende Last beträgt $q_d = 3,0$ kN/m

Keine Zwischenergebnisse erforderlich (3 P)

Lösung:

Rechengang nach DIN 18800-2, Lastbild und Widerstände sind symmetrisch

$$\eta = \eta(\text{auflast}) \cdot q, d(\text{sog}) / q, d(\text{auflast}) = 0,647 \cdot 3,0 \text{ kN/m} / 7,0 \text{ kN/m} = 0,277;$$

7. Liegt das Ergebnis aus Aufgabe 6 ebenfalls auf der sicheren Seite?

Begründung. (3 P).

Lösung:

Bei Windsog wird der Zuggurt seitlich gehalten. Auch dadurch steigt die Tragfähigkeit, jedoch nicht so stark wie bei einer Fixierung des Druckgurtes.

8. Gegeben ist ein stehender zylindrischer Gasbehälter mit folgenden Abmessungen: $D = 30,0 \text{ m}$; $H = 60,0 \text{ m}$; Wanddicke $6,0 \text{ mm}$; Werkstoff S235; kegelförmiges Gespärredach mit 15° Dachneigung; Ankerabstand am Behälterfuß ca. $5,9 \text{ m}$. Außen am zylindrischen Mantel des Gasbehälters befinden sich auf $+12$, $+24$, $+36$ und $+48$ Metern umlaufende Bühnen mit einer Belagbreite von $1,50 \text{ m}$, die kontinuierlich mit dem Behältermantel verbunden sind.

Auf dem Gasvolumen schwimmt eine Scheibe, die sich zwischen $+4 \text{ m}$ und $+78 \text{ m}$ vertikal bewegen kann. Oberhalb dieser Scheibe herrschen atmosphärische Verhältnisse, das Dach des Behälters ist großzügig belüftet (ca. 20 m^2 Öffnungsquerschnitt).

Ermitteln Sie überschlägig den Ausnutzungsgrad des zylindrischen Mantels für den Beulnachweis unter Windlasten, nehmen Sie dabei einen Staudruck $q_0 = 1,00 \text{ kN/m}^2$ an. Gehen Sie vereinfachend von einem „mittellangen“ Behälter aus; verwenden Sie C, φ^* .

Geben Sie folgende Zwischenergebnisse an:

Beulfeldlänge; Längenparameter, Randbedingungen, C, φ , ideale Beulspannung, bezogene Schlankheit, κ , Teilsicherheitsbeiwert des Bauteilwiderstandes, Grenzbeulspannung; Beiwert δ , Bemessungswert der effektiven Flächenlast; vorh. Umfangsspannung; (13 P)

Lösung:

Rechengang nach DIN 18800-4

$$L = 12000; L, \text{quer} = 40,0 \text{ Fall 3 – RB2/RB2}; C, \varphi^* = 1,03; \sigma, \varphi S_i = 1,97; \lambda = 11,0; \kappa_1 = 0,00534; \gamma M = 1,1; \sigma, \varphi S, R, d = 1,17; \delta = 0,824; q, d = 2,14; \sigma, \varphi S, d = 5,34; \eta = 4,58;$$

9. Fragen zu Aufgabe 8:

In welchem Abstand müssten Längssteifen bei dem obigen Behälter angeordnet werden, damit die Tragfähigkeit wirksam erhöht wird? (4 P)

Lösung:

Umfangswellenzahl = 22, d.h. 44 Halbwellen, es müssen ca. 90 Längsrippen angeordnet werden.

10. Führen Sie für den in Aufgabe 8 beschriebenen Behälter den Beulnachweis für die Dachlasten. Der Bemessungswert der Dachlasten beträgt $q_d = 3,30 \text{ kN/m}^2$. Gehen Sie vereinfachend von einem mittellangen Zylinder aus.

Geben Sie folgende Zwischenergebnisse an:

Beiwert C_x , ideale Beulspannung, bezogene Schlankheit, κ , Teilsicherheitsbeiwert für den Bauteilwiderstand, Grenzbeulspannung, Querschnittsfläche; aufnehmbare Normalkraft, Dachfläche, Auflast (11 P)

Lösung:

Rechengang nach DIN 18800-4

$C_x = 1,00$; $\sigma_{xSi} = 50,9$; $\lambda = 2,17$; $\kappa_2 = 0,0424$; $\gamma_M = 1,45$; $\sigma_{xS,R,d} = 7,02$; $A = 5655 \text{ cm}^2$; $N_{R,d} = 3970$; $A_{\text{Dach}} = 707 \text{ m}^2$; $N_{S,d} = 1980$; $\eta = 0,588$;

11. Fragen zu Aufgabe 10:

a) Warum wird beim Beulnachweis für Axiallasten mit κ_2 bemessen und auch ein erhöhter Sicherheitsfaktor verwendet? (2 P)

b) Nennen Sie zwei unterschiedliche konstruktive Maßnahmen, mit denen man die Tragfähigkeit erhöhen kann (2 P).

Lösung:

a) katastrophaler Kollaps bei Stabilitätsverlust unter Axiallast gegenüber einem stabilen Nachbeulverhalten unter Außendruck.

ba) Wanddicke erhöhen

bb) Stützen / Lisenen einbauen

12. Eine würfelförmige Keksdose hat die Kantenlängen 250 mm und ist aus 0,5 mm dickem Blech gefertigt. Nehmen Sie als Werkstoffgüte S235 an.

Ermitteln Sie den Ausnutzungsgrad für Beulen der Seitenwände, wenn die Dose beim Stapeln durch 6,0 kN belastet wird.

Geben Sie folgende Zwischenergebnisse an:

Spannung in den Seitenwänden; Randspannungsverhältnis; Bezugsspannung, Beulwert, ideale Einzelbeulspannung, bezogene Schlankheit, Parameter c , κ , Teilsicherheitsbeiwert, Grenzbeulspannung, Bemessungswert der vorh.

Axialdruckspannung; (11 P)

Lösung:

Rechengang nach DIN 18800-3

$\sigma_{\text{oben}} = -12,0$; $\sigma_{\text{unten}} = -12,0$; $\psi = +1,00$; $\sigma_e = 0,759$; $k_\sigma = 4,00$; $\sigma_{xPi} = 3,04$;
 $\lambda = 8,89$; $c = 1,00$; $\kappa = 0,110$; $\gamma_M = 1,1$; $\sigma_{P,R,d} = 23,9$; $\eta = 0,501$;

13. Fragen zu Aufgabe 12:

a) Kann man die Tragfähigkeit der Dose näherungsweise auch ohne Beulnachweis ermitteln? Wie? Warum? Skizzieren, bemaßen und rechnen Sie. Wie hoch ist dann der rechnerische Ausnutzungsgrad (8 P)

b) Warum unterscheiden sich das genaue und das genäherte Ergebnis so stark? (4 P)

Lösung:

a) Ja. Ersatzquerschnitt mit ausfallenden Querschnittsteilen. Restquerschnitte (jeweils beidseits der Ecken) müssen $b/t = 13$ erfüllen, dann erreichen sie die Fließgrenze.

$A = 4 * 2 * (13 * T) * T = 26 \text{ mm}^2$; $N_{R,d} = 26 \text{ mm}^2 * 218 \text{ N/mm}^2 = 5,67 \text{ kN}$; $\eta = 1,06$