



Stahlbau – Stabilität
Schriftliche Prüfung am 07.02.2008
Musterlösung

Erreichbare Punktzahl: 88 (entspr. 117 %);

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/mm^2], Querschnittswerte [cm^x], Längen [mm], Flächenlasten [kN/m^2];

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

1. Hallenstütze IPE 240 – S235, $L = 12,0$ m;
auf dem Fundament und in der Dachebene seitlich unverschieblich gehalten;
die schwache Achse ist auf +3,50 m und auf +6,75 m durch Wandriegel seitlich unverschieblich gehalten;
Normalkraft $N_d = 150$ 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, Euler-Last, bezogene Schlankheit, Knickspannungslinie, κ , Grenznormalkraft (14 P)
Lösung:
Rechengang nach DIN 18800-2
 $s_k = 12000/5250$; $N_{ki} = 573/214$; $\lambda_K = 1,28/2,10$; $KSL = a/b$; $\kappa = 0,482/0,192$;
 $N_{R,d,\kappa} = 411/164$; $\eta = 0,365/0,913$
2. Durch welche konstruktive Maßnahmen lässt sich die Tragfähigkeit der Stütze aus Aufgabe 1 steigern? (2 P)

Lösung:

Anordnung eines weiteren Wandriegel oberhalb von +6,75; kontinuierliche Stützung des Außengurtes durch ein Trapezblech;

3. Gegeben ist ein Dachträger IPE 600 – S235; $L = 15,0$ m als Einfeldträger mit einem Pfettenabstand von $5,00$ m (unverschieblich gestützt).

Streckenlast auf dem Dachträger: $q_d = 16$ kN/m (Auflast)

Ermitteln Sie den Ausnutzungsgrad für Kippen.

Geben Sie folgende Zwischenergebnisse an:

Abstand zwischen den Gabellagern, Lastangriffsmaß z_p , Momentenbeiwert ζ , kritisches Kippmoment, bezogene Schlankheit, maßgebender Trägerbeiwert; κ_M , Grenzmoment (9 P)

Lösung:

Rechengang nach DIN 18800-2

$L = 5000$; $z_p = -300$; $\zeta = 1,06$; $M_{y,ki} = 722$ kNm; $\lambda_{M} = 1,028$; $n = 2,00$; $\kappa_M = 0,687$; $M_{y,R,d,kappa} = 525$ kNm; $\eta = 0,858$

4. Ermitteln Sie für den Dachträger in Aufgabe 3 einen überschlägigen Ausnutzungsgrad für Kippen unter Windsog. Vernachlässigen Sie dabei die Stützung des Obergurtes durch die Pfetten.

Streckenlast auf dem Dachträger: $q_d = 0,8$ kN/m (abhebend)

Zwischenergebnisse angeben wie in Aufgabe 3 genannt. (9 P)

Lösung:

Rechengang nach DIN 18800-2

$L = 15000$; $z_p = +300$; $\zeta = 1,12$; $M_{y,ki} = 308$ kNm; $\lambda_{M} = 1,57$; $n = 2,50$; $\kappa_M = 0,388$; $M_{y,R,d,kappa} = 296$ kNm; $\eta = 0,0760$;

5. Zu Aufgabe 4: Durch welche konstruktive Maßnahme kann man sicherstellen, dass auch der Untergurt durch die Pfetten horizontal unverschieblich gestützt wird (Skizze). (4 P)

Lösung:

durch je ein Paar Kammersteifen im Dachträger unter den Pfetten

6. Gegeben ist ein stehender zylindrischer Löschwasserbehälter mit folgenden Abmessungen:

$D = 6,50$ m; $L = 8,00$ m; zylindrische Wanddicke $3,0$ mm; Werkstoff S235; Füllhöhe $H = 7,00$ m mit Notüberlauf (Stützendurchmesser 80); kegelförmiges Gespärredach mit 10° Dachneigung; Dübelabstand am Behälterfuß ca. $0,50$ m;

Der Behälter steht in einem geschlossenen Gebäude ohne Windlasten. Beim Entleeren des Behälters kann durch eine Fehlfunktion des Belüftungsventils im Behälter ein Unterdruck entstehen, der einer Pegeldifferenz von 120 mm Wassersäule entspricht.

Ermitteln Sie den Ausnutzungsgrad des zylindrischen Mantels für den Beulnachweis unter Außendruck. Gehen Sie von einem „mittellangen“ Behälter aus; verwenden Sie vereinfachend C, φ statt C, φ^* .

Geben Sie folgende Zwischenergebnisse an:

Beulfeldlänge; Randbedingungen, C, φ , ideale Beulspannung, bezogene Schlankheit, κ , Teilsicherheitsbeiwert des Bauteilwiderstandes, Grenzbeulspannung; Bemessungswert der effektiven Flächenlast; vorh. Umfangsspannung; (11 P)

Lösung:

Rechengang nach DIN 18800-4

$L = 8000$; Fall 2 – RB2/RB1; $C, \varphi = 1,25$; $\sigma, \varphi S_i = 2,75$; $\lambda = 9,34$; $\kappa_1 = 0,00745$; $\gamma M = 1,1$; $\sigma, \varphi S_{R,d} = 1,63$; $q, d = 1,80$; $\sigma, \varphi S_{d} = 1,95$; $\eta = 1,20$;

7. Fragen zu Aufgabe 6:

- Welchen Einfluss haben unterschiedliche Füllpegel auf den Beulnachweis, welcher Füllpegel wird üblicherweise maßgebend? (2P)
- Mit welchen konstruktiven Maßnahmen kann man die in Aufgabe 6 ermittelte Tragfähigkeit wirkungsvoll erhöhen (die Blechdicke soll nicht mehr verändert werden)? (1P)
- Kann eine Verstärkung des Behälters mit Längsrippen sinnvoll sein? Wie müssten diese bei dem obigen Behälter angeordnet werden? (4P)
- Beurteilen Sie die Wirtschaftlichkeit der unter c) beschriebenen Maßnahme. Von welchen Einflussgrößen hängt diese ab? In welchen Fällen kann eine Erhöhung der Blechdicke wirtschaftlich sein? (2P)
- Mit welcher Begründung kann man den in Aufgabe 6 angesetzten Teilsicherheitsbeiwert für den Innendruck verringern? Welcher Wert darf dann angesetzt werden? (4P)

Lösung:

- Unterschiedliche Pegel bestimmen die Beulfeldlänge, maßgebend wird der (fast) leere Behälter;
- Ringsteife(n) anordnen
- Ja. Umfangswellenzahl = 11, d.h. 22 Halbwellen, es müssen ca. 44 Längsrippen angeordnet werden.
- Die Wirtschaftlichkeit hängt vom Verhältnis Lohn-/Materialkosten ab. Bei unlegierten Baustählen kann eine Erhöhung der Blechdicke wirtschaftlich sein.

- e) Wenn es sich um eine kontrollierte Einwirkung handelt, z.B. weil ein zweites Belüftungsventil vorhanden ist, darf ein Teilsicherheitsbeiwert von 1,20 angesetzt werden.
8. Zum Aufbocken einer Maschine stehen 500 mm lange Rohrstücke 324x4 – S355 zur Verfügung. Wie hoch ist die Traglast eines Rohrstückes unter zentrischem Druck? Gehen Sie vereinfachend von einem mittellangen Zylinder aus, verwenden Sie $C_x = 1,00$.
Geben Sie folgende Zwischenergebnisse an:
Ideale Beulspannung, bezogene Schlankheit, κ , Teilsicherheitsbeiwert für den Bauteilwiderstand, Grenzbeulspannung, Querschnittsfläche; (8P)
Lösung:
Rechengang nach DIN 18800-4
 $\sigma_{xSi} = 3176$; $\lambda = 0,337$; $\kappa_2 = 0,919$; $\gamma_M = 1,117$; $\sigma_{xS,R,d} = 296$; $A = 4020$; $N_{R,d} = 1190$;
9. Fragen zu Aufgabe 8:
a) Warum wird beim Beulnachweis für Axiallasten mit κ_2 bemessen und auch ein erhöhter Sicherheitsfaktor verwendet? (2P)
b) Warum wird bei den Rohrstücken in Aufgabe 8 Knicken nicht maßgebend? (2P)
Lösung:
a) katastrophaler Kollaps bei Stabilitätsverlust unter Axiallast gegenüber einem stabilen Nachbeulverhalten unter Außendruck.
b) weil die Rohrstücke im Verhältnis zu ihrem Durchmesser zu kurz sind.
10. Als Dachträger eines Tanks mit Durchmesser 12 m werden Z-Pfetten 400x120x30x3 – S355 gewählt, die als Einfeldträger aufliegen. Ermitteln Sie die aufnehmbare Beulspannung im Obergurt.
Geben Sie folgende Zwischenergebnisse an:
Bezugsspannung, Beulwert, ideale Einzelbeulspannung, bezogene Schlankheit, Parameter c , κ , Teilsicherheitsbeiwert, Grenzbeulspannung, Bemessungswert der vorh. Axialdruckspannung; (8P)
Lösung:
Rechengang nach DIN 18800-3
 $\sigma_e = 119$; $\kappa_\sigma = 4,00$; $\sigma_{xPi} = 475$; $\lambda = 0,871$; $c = 1,00$; $\kappa = 0,858$; $\gamma_M = 1,1$;
 $\sigma_{P,R,d} = 281$;

11. Fragen zu Aufgabe 10:

- a) Ermitteln Sie die aufnehmbare Druckkraft im Obergurtblech und das aufnehmbare Biegemoment; vernachlässigen Sie näherungsweise die Spannungen in den Stegen? (2P)
- b) Geben Sie ein einfaches Näherungsverfahren an, nach dem die aufnehmbare Druckkraft ermittelt werden kann. (2P)
- c) Ermitteln Sie die aufnehmbare Druckkraft und das aufnehmbare Biegemoment nach dem unter b) genannten Verfahren. (1P)
- d) Um wieviel Prozent liegt in diesem Fall die Näherungslösung unter der genauen Lösung (100 %)? (1P)

Lösung:

a) $N_{R,d} = 120 \text{ mm} \cdot 3 \text{ mm} \cdot 281 \text{ N/mm}^2 = 101 \text{ kN}$

b) Mittragende Breite von ca. $13 \cdot T$ ab jeder Kante, die als gelenkige Auflagerung des Blechstreifens aufgefasst werden kann.

c) $N_{R,d} = 2 \cdot 13 \cdot 3 \text{ mm} \cdot 3 \text{ mm} \cdot 360 \text{ N/mm}^2 / 1,1 = 76,6 \text{ kN}$

d) $(76,6 - 101) / 101 = -24,2 \%$