



Stahlbau – Stabilität
Schriftliche Prüfung am 20.07.2007
Musterlösung

Erreichbare Punktzahl: 94 (entspr. 125 %);

erreichte Punkte

(Unterschrift Prüfer)

Name, Vorname, Matrikelnummer:

Bearbeitungsdauer: 90 Minuten

Hilfsmittel: alle

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 200 – S235, $L = 10,0$ m;
auf dem Fundament und in der Dachebene seitlich unverschieblich gehalten;
auf +2,50 m und auf +6,25 m durch Wandriegel seitlich unverschieblich gehalten;
Normalkraft $N, d = 110$ 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

$s, k = 10000/3750$; $N, k_i = 403/209$; $\lambda, K = 1,30/1,81$; $KSL = a/b$; $\kappa = 0,469/0,250$;

$N, R, d, \kappa = 291/156$; $\eta = 0,378/0,707$

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

Lösung:

Anordnung weiterer Wandriegel; kontinuierliche Stützung des Außengurtes durch ein Trapezblech;

3. Dachträger IPE 550 – S235; $L = 16,0$ m (Einfeldträger)
Pfettenabstand $4,00$ m (unverschieblich)
Streckenlast auf dem Dachträger: $q,d = 14$ 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_p ,
Grenzmoment (9 P)
Lösung:
Rechengang nach DIN 18800-2
 $L = 4000$; $z_p = -275$; $\zeta = 1,19$; $M_{y,ki} = 851$ kNm; $\lambda_{,M} = 0,845$; $n = 2,00$; $\kappa_{,M} = 0,814$; $M_{y,R,d,\kappa} = 494$ kNm; $\eta = 0,906$
4. Ermitteln Sie für den Dachträger in Aufgabe 3 einen überschlägigen Ausnutzungsgrad für Kippen unter Windsog. Vernachlässigen Sie dabei die Stützung des Außengurtes 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
 $L = 16000$; $z_p = +275$; $\zeta = 1,12$; $M_{y,ki} = 213$ kNm; $\lambda_{,M} = 1,69$; $n = 2,00$; $\kappa_{,M} = 0,331$; $M_{y,R,d,\kappa} = 201$ kNm; $\eta = 0,127$
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 Löschwasserbehälter mit folgenden Abmessungen:
 $D = 8,50$ m; $L = 12,50$ m; zylindrische Wanddicke $4,0$ mm; Werkstoff 1.4301 mit $f_y = 195$ N/mm² und $E = 1,7 \cdot 10^5$ N/mm²; Füllhöhe $H = 12,00$ m mit Notüberlauf (Stützendurchmesser 120); kegelförmiges Gespärredach mit 15° Dachneigung; Ankerabstand am Behälterfuß ca. 1 m;
Ermitteln Sie den Ausnutzungsgrad des zylindrischen Mantels für den Beulnach-

weis unter Windlasten. Gehen Sie von einem „mittellangen“ Behälter aus; verwenden Sie vereinfachend C_{φ} statt C_{φ}^*

Legen Sie willkürlich einen für Süddeutschland sinnvollen Staudruck q, w fest (Begründung).

Geben Sie folgende Zwischenergebnisse an:

Beulfeldlänge; Randbedingungen, C_{φ} , ideale Beulspannung, bezogene Schlankheit, κ , Teilsicherheitsbeiwert, Grenzbeulspannung, δ ; Staudruck; Bemessungswert der effektiven Flächenlast in Luv; vorh. Umfangsspannung; (14 P)

Lösung:

Rechengang nach DIN 18800-4

$L = 12500$; Fall 2 – RB2/RB1; $C_{\varphi} = 1,25$; $\sigma_{\varphi Si} = 2,37$; $\lambda = 9,07$; $\kappa_1 = 0,00790$;
 $\gamma_M = 1,1$; $\sigma_{\varphi S, R, d} = 1,40$; $\delta = 0,631$; $q, w = 0,80$ – Schätzwert nach DIN 1055-4:1986 für Höhen über +8 m über GOK; $q, d = 1,48$; $\sigma_{\varphi S, d} = 1,57$; $\eta = 1,12$;

7. Fragen zu Aufgabe 6:

a) Welchen Einfluss haben unterschiedliche Füllpegel auf den Beulnachweis, welcher Füllpegel wird üblicherweise maßgebend? (2P)

b) Wie beeinflussen unterschiedliche Füllpegel den Druckzustand im Inneren des Behälters? Wie kann man dies rechnerisch abschätzen? (4P)

c) Mit welchen konstruktiven Maßnahmen kann man die in Aufgabe 6 ermittelte Tragfähigkeit wirkungsvoll erhöhen (die Blechdicke soll nicht mehr verändert werden)? (1P)

d) Kann eine Verstärkung des Behälters mit Längsrippen sinnvoll sein? Wie müssten diese bei dem obigen Behälter angeordnet werden? (4P)

e) 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)

f) Mit welcher Begründung kann man bei dem Beulnachweis in Aufgabe 6 einen E-Modul von $2,1 \cdot 10^5 \text{ N/mm}^2$ ansetzen? (2P)

g) Mit welcher Begründung kann man den in Aufgabe 6 ermittelten Ausnutzungsgrad als „unbedenklich“ einstufen? (4P)

Lösung:

a) Unterschiedliche Pegel bestimmen die Beulfeldlänge, maßgebend wird der leere Behälter;

b) Bei niedrigem Pegel und großem Luftvolumen wird der Ausgleichsdruck während einer 5-s-Bö möglicherweise nicht erreicht. Abschätzung durch Strömungsrechnung für den Belüftungstutzen.

c) Ringsteife(n) anordnen

- d) Ja. Umfangswellenzahl = 10, d.h. 20 Halbwellen, es müssen ca. 40 Längsrippen angeordnet werden.
- e) Die Wirtschaftlichkeit hängt vom Verhältnis Lohn-/Materialkosten ab. Bei (preiswerten) unlegierten Baustählen kann eine Erhöhung der Blechdicke wirtschaftlich sein.
- f) Der Bemessungswert der Umfangsspannung ist so klein, dass die Nichtlinearität des nichtrostenden Stahls in der Spannungs-Dehnungslinie noch nicht begonnen hat.
- g) Beulen unter Außendruck führt zunächst nicht zum Kollaps der Schale. Die entstandene, bei so geringer Überschreitung elastisch anzunehmende Beule kann als Problem der Gebrauchstauglichkeit aufgefasst werden. Wenn die Bö weg ist, verschwindet auch die Beule wieder.
8. Für das Tragrohr eines 25 m hohen Stahlschornsteines wird ein Rohrquerschnitt 710 x 5,0 – S235 gewählt. Als mittlere Linienlast aus Wind wirken $q_d = 0,75$ kN/m, aufgrund der Kopfbühne und anderer Anbauten entsteht ein Einspannmoment von $M_d = 280$ kNm. Ermitteln Sie den Ausnutzungsgrad für den Beulnachweis unter den entstehenden Längsspannungen. Die Eigenlasten des Schornsteines werden vernachlässigt. 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, Grenzbeulspannung, Bemessungswert der vorh. Axialdruckspannung; (7P)
- Lösung:
Rechengang nach DIN 18800-4
 $\sigma_{xSi} = 1789$; $\lambda = 0,366$; $\kappa^2 = 0,891$; $\gamma_M = 1,123$; $\sigma_{xS,R,d} = 190$; $\sigma_{xS,d} = 141$; $\eta = 0,743$;
9. Fragen zu Aufgabe 8:
Warum wird beim Beulnachweis für Axiallasten mit κ^2 bemessen und auch ein erhöhter Sicherheitsfaktor verwendet? (2P)
- Lösung:
katastrophaler Kollaps bei Stabilitätsverlust unter Axiallast gegenüber einem stabilen Nachbeulverhalten unter Außendruck.
10. Für ein 10 m auskragendes Vordach an einem Messegebäude werden geschweißte Kragträger mit rechteckigem Querschnitt gewählt. Das Untergurtblech hat die Abmessungen 400 x 8 – S355. Unter Auflasten herrscht dort ein Bemessungswert der

Druckspannungen von $\sigma_{,d} = -240 \text{ N/mm}^2$. Ermitteln Sie den Ausnutzungsgrad des Untergurtbleches für Plattenbeulen, gehen Sie dabei von einachsiger Biegung aus. Geben Sie folgende Zwischenergebnisse an:

Bezugsspannung, Beulwert, ideale Einzelbeulspannung, bezogene Schlankheit, Parameter c , κ , Teilsicherheitsbeiwert, Grenzbeulspannung, Bemessungswert der vorh. Axialdruckspannung; (9P)

Lösung:

Rechengang nach DIN 18800-3

$\sigma_{,e} = 75,9$; $\kappa\sigma = 4,00$; $\sigma_{,xPi} = 304$; $\lambda = 1,089$; $c = 1,00$; $\kappa = 0,733$; $\gamma M = 1,1$;

$\sigma_{,P,R,d} = 240$; $\eta = 1,00$;

11. Fragen zu Aufgabe 10:

a) Wie groß ist die aufnehmbare Druckkraft im Untergurtblech? (1P)

b) Geben Sie ein einfaches Näherungsverfahren an, nach dem die aufnehmbare Druckkraft ermittelt werden kann. (2P)

c) Ermitteln Sie die aufnehmbare Druckkraft 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) $N_{,R,d} = 400 \text{ mm} * 8 \text{ mm} * 240 \text{ N/mm}^2 = 768 \text{ kN}$

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

c) $N_{,R,d} = 2 * 13 * 8 \text{ mm} * 8 \text{ mm} * 360 \text{ N/mm}^2 / 1,1 = 545 \text{ kN}$

d) $(545 - 768) / 768 = -29 \%$