



Stabilitätsprobleme im Stahlbau B8 – 1271060

Schriftliche Prüfung am 28.07.2008

Musterlösung

Erreichbare Punktzahl: 113 (entspr. 141 %);

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. Kranbahnstütze IPE 400 – S235, $L = 12,0$ m, im Freien, im Fundament eingespannt; die schwache Achse ist auf +7,00 m durch einen Riegel und auf +12,0 m durch die Kranbahnträger seitlich unverschieblich gehalten, der Kranbahnträger läuft mittig über den Stützenkopf;
Normalkraft $N_d = 550$ 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

$s, k = 24000/5000$; $N_{pl} = 2030$; $N_{ki} = 832/1090$; $\lambda, K = 1,56/1,36$; $KSL = a/b$; $\alpha = 0,21/0,34$; $k = 1,86/1,62$; $\kappa = 0,348/0,398$; $N_{R,d,\kappa} = 641/735$; $\eta = 0,858/0,749$

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

Lösung:

Werkstoffgüte S355 (nur in geringem Maße); 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 im Endfeld.

Hinweis: schätzen Sie die Lage des Momentennullpunktes grob ab 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, Tragmoment, bezogene Schlankheit, maßgebender Trägerbeiwert; κ , Grenzmoment, vorhandenes Moment (13 P)

Lösung:

Rechengang nach DIN 18800-2

$L = 4000$; $z_p = -70$; $\zeta = 1,12$; $N_{ki,z} = 58,2$ kN; $c = 196$ mm; $M_{y,ki} = 10,7$ kNm; $M_{y,R,d} = 19,2$ kNm; $\lambda_{M} = 1,34$; $n = 2,50$; $\kappa_{M} = 0,512$; $M_{y,R,d,\kappa} = 9,84$ kNm; $M_{y,S,d} = 14,0$ kNm; $\eta = 1,42$

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

Lösung:

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

5. Warum gibt der in Aufgabe 3 für die Pfette ermittelte Ausnutzungsgrad das tatsächliche Tragverhalten nur ungenügend wieder? (4 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 $q_d = 4,0$ kN/m

Keine Zwischenergebnisse erforderlich (3 P)

Lösung:

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

$$\eta = \eta(\text{auflast}) \cdot q_{d(\text{sog})} / q_{d(\text{auflast})} = 1,42 \cdot 4,0 \text{ kN/m} / 7,0 \text{ kN/m} = 0,811;$$

7. Gegeben ist ein stehender zylindrischer Gasbehälter mit folgenden Abmessungen: $D = 50,0 \text{ m}$; $L = 80,0 \text{ m}$; Wanddicke $5,0 \text{ mm}$; Werkstoff S235; kegelförmiges Gespärredach mit 15° Dachneigung; Ankerabstand am Behälterfuß ca. $7,0 \text{ m}$. Der zylindrische Mantel des Gasbehälters ist durch umlaufende, ausreichend steife Rippen ausgesteift, die einen vertikalen Abstand von 800 mm haben. 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. 50 m^2 Öffnungsquerschnitt). Ermitteln Sie überschlägig den Ausnutzungsgrad des zylindrischen Mantels für den Beulnachweis unter Windlasten, nehmen Sie dabei einen Staudruck $q_0 = 1,20 \text{ kN/m}^2$ 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

$$L = 800; L_{\text{quer}} = 2,26 \text{ Fall 3 – RB2/RB2}; C_{\varphi}^* = 2,00; \sigma_{\varphi S_i} = 34,1; \lambda = 2,65; \kappa_1 = 0,0923; \gamma_M = 1,1; \sigma_{\varphi S,R,d} = 20,1; \delta = (2,62) 1,0; q_{d} = 2,88; \sigma_{\varphi S,d} = 14,4; \eta = 0,715;$$

8. Fragen zu Aufgabe 7:
- Der Ausnutzungsgrad sieht auf den ersten Blick so aus, als ob man den Behältermantel auch mit einer Wanddicke von 4 mm bauen könnte. Nehmen Sie dazu Stellung (nicht rechnen, nur erläutern) (3 P)
 - Kann man die in Aufgabe 7 ermittelte Tragfähigkeit wirkungsvoll erhöhen, in dem man den Belüftungsquerschnitt ändert? Begründen Sie. Was könnte gegen diese Maßnahme sprechen? (4 P)
 - In welchem Abstand müssten Längssteifen bei dem obigen Behälter angeordnet werden, damit die Tragfähigkeit wirksam erhöht wird? (4 P)

Lösung:

- bei Wanddicke 4 mm sinkt auch der Beulwiderstand, dann liegt der Ausnut-

zungsgrad wahrscheinlich über 1.

b) Belüftungsquerschnitt sehr klein machen, dann kann während einer Bö von z.B. 5 Sekunden nur ein sehr kleines Volumen aus dem Behälter abgesaugt werden. Dadurch sinkt der Druck im Inneren nur gering. Dagegen spricht, dass dann eventuelle Gasaustritte nicht mehr ausreichend verdünnt werden.

c) Umfangswellenzahl = 182, d.h. 364 Halbwellen, es müssen ca. 730 Längsrippen angeordnet werden.

9. Führen Sie für den in Aufgabe 7 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_2 , Teilsicherheitsbeiwert für den Bauteilwiderstand, Grenzbeulspannung, Querschnittsfläche; aufnehmbare Normalkraft, Dachfläche, Auflast (11 P)

Lösung:

Rechengang nach DIN 18800-4

$C_x = 1,29$; $\sigma_{xSi} = 32,9$; $\lambda = 2,70$; $\kappa_2 = 0,0274$; $\gamma_M = 1,45$; $\sigma_{xS,R,d} = 4,53$; $A = 7854 \text{ cm}^2$; $N_{R,d} = 3560$; $A_{Dach} = 1963 \text{ m}^2$; $N_{S,d} = 6480$; $\eta = 1,81$;

10. Fragen zu Aufgabe 9:

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

b) Warum wird bei dem Behälter in Aufgabe 9 (überraschenderweise) Axialdruck maßgebend? (3 P)

c) Nennen Sie zwei unterschiedliche konstruktive Maßnahmen, mit denen man ausreichende Tragfähigkeit herstellen kann (3 P).

Lösung:

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

b) weil das R/T-Verhältnis extrem groß ist und gleichzeitig die Dachfläche quadratisch gegenüber dem Umfang steigt.

ca) Wanddicke erhöhen

cb) Stützen / Lisenen einbauen

11. Für eine Verbundbrücke liegen vier geschweißte Stahlträger als Einfeldträger nebeneinander mit einer Stützweite von 50 m. Im Bauzustand muss jeder Träger $M_{d} = 7500 \text{ kNm}$ aufnehmen.

Die Querschnitte haben folgende Abmessungen:

Obergurt 200 x 30; Steg 2500 x 10; Untergurt 1000 x 40, jeweils S355.

Die Querschnittswerte für die Ränder des Stegbleches sind:

$W_{\text{oben}} = 32300 \text{ cm}^3$; $W_{\text{unten}} = 90600 \text{ cm}^3$

Ermitteln Sie den Ausnutzungsgrad für Stegbeulen.

Geben Sie folgende Zwischenergebnisse an:

Spannungen an den Rändern des Stegbleches; Randspannungsverhältnis; Bezugsspannung, Beulwert, ideale Einzelbeulspannung, bezogene Schlankheit, Parameter c , κ , Teilsicherheitsbeiwert, Grenzbeulspannung, Bemessungswert der vorh. Axialdruckspannung; (11 P)

Lösung:

Rechengang nach DIN 18800-3

$\sigma_{\text{oben}} = -232$; $\sigma_{\text{unten}} = +82,8$; $\psi = -0,357$; $\sigma_e = 3,04$; $k_\sigma = 11,3$; $\sigma_{xPi} = 34,3$;
 $\lambda = 3,24$; $c = 1,25$; $\kappa = 0,360$; $\gamma_M = 1,1$; $\sigma_{P,R,d} = 118$; $\eta = 1,97$;

12. Fragen zu Aufgabe 11:

a) Muss man für den Obergurt einen Beulnachweis führen? Begründung. (2 P)

b) Nennen Sie mehrere Maßnahmen, mit denen der Steg ausreichend beulsicher gemacht werden kann. (4 P)

c) Hätte man die Tragfähigkeit des Trägerquerschnittes näherungsweise auch ohne Beulnachweis ermitteln können? Wie? Warum? Skizzieren und bemaßen Sie. (8 P)

Lösung:

a) nein, $100 \text{ mm} / 30 \text{ mm} = 3,33 < 13$ ist eingehalten

b) größere Blechdicke, Längssteife im Druckbereich

c) Ja. Ersatzquerschnitt mit ausfallenden Querschnittsteilen. Restquerschnitte müssen $b/t = 13$ erfüllen, dann erreichen sie die Fließgrenze.