



## Stabilitätsprobleme im Stahlbau B8 – 1271060

### Schriftliche Prüfung am 20.01.2010

#### Musterlösung

Erreichbare Punktzahl: 121 (entspr. 134 %);

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<sup>2</sup>], Querschnittswerte [cm<sup>x</sup>], Längen [mm], Flächenlasten [kN/m<sup>2</sup>];

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

Alle Aufgaben sind nach Eurocode 3 (EC 3) zu bearbeiten.

1. Hallenstütze IPE 240 – S235, L = 9,50 m;  
auf dem Fundament und in der Dachebene seitlich unverschieblich gehalten;  
die schwache Achse ist auf +2,80 m und auf +7,50 m durch Wandriegel seitlich unverschieblich gehalten;  
Normalkraft N,d = 210 kN (Biegemoment aus Wind und Rahmenwirkung vernachlässigen)  
Ermitteln Sie die Ausnutzungsgrade für Knicken um beide Achsen; wählen Sie jeweils einen geeigneten Ersatzstab.  
Geben Sie jeweils folgende Zwischenergebnisse an:  
Plastische Normalkraft, Knicklänge, Euler-Last, bezogene Schlankheit, Knickspannungslinie, Imperfektionsbeiwert, Reduktionsfaktoren, Grenznormalkraft (19 P)  
Lösung:  
Rechengang nach EC3-1-1  
N,R,d = 835; L<sub>cr</sub> = 9500/4700; N<sub>cr,d</sub> = 812/242; λ<sub>K</sub> = 1,014/1,857; KSL = a/b; α = 0,21/0,34; Φ = 1,10/2,51; χ = 0,656/0,239; N<sub>b,R,d</sub> = 548/199; η = 0,383/1,06

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

Lösung:

Anordnung eines weiteren Wandriegel zwischen +2,80 und +7,50; kontinuierliche Stützung des Außengurtes durch ein Trapezblech;

3. Die Hallenstütze aus Aufgabe 1 wird aus Rahmenwirkung durch ein Eckmoment  $M_d = -60$  kNm beansprucht (nimmt linear bis zum Stützenfuß ab). Ermitteln Sie den Ausnutzungsgrad aus Kippen.

Geben Sie folgende Zwischenergebnisse an:

Plastisches Moment, Abstand zwischen den Gabellagern, Verhältnis der Endmomente, Euler-Last, Beiwert  $c$ ; Lastangriffsmaß  $z_p$ , Momentenbeiwert  $\zeta$ , kritisches Kippmoment, bezogene Schlankheit, Beulkurve; Imperfektionsbeiwert, Reduktionsfaktoren, Korrekturfaktoren, Grenzmoment

a) Vernachlässigen Sie die Wandbekleidung und die Wandriegel. (18 P)

b) Vernachlässigen Sie die Wandbekleidung, nehmen Sie an den Anschlusspunkten der Wandriegel eine Gabellagerung an. (15 P)

Lösung:

Rechengang nach EC3-1-1

a)  $M_{R,d} = 78,9$ ;  $L = 9500$ ;  $\psi = 0$ ;  $N_{cr,z,d} = 59,3$ ;  $c = 416$ ;  $z_p = 0$ ;  $\zeta = 1,77$ ;  $M_{cr,y,d} = 43,7$ ;  $\lambda_{LT} = 1,344$ ;  $K_{SL} = b$ ;  $\alpha = 0,34$ ;  $\Phi = 1,34$ ;  $\chi_{LT} = 0,500$ ;  $k_c = 0,752$ ;  $f = 0,949$ ;  $\chi_{LT,mod} = 0,527$ ;  $M_{b,R,d} = 41,6$  kNm;  $\eta = 1,44$

b)  $L = 4700$ ;  $\psi = 0,373$ ;  $N_{cr,z,d} = 242$ ;  $c = 229$ ;  $z_p = 0$ ;  $\zeta = 1,48$ ;  $M_{cr,y,d} = 82,1$ ;  $\lambda_{LT} = 0,980$ ;  $K_{SL} = b$ ;  $\alpha = 0,34$ ;  $\Phi = 0,959$ ;  $\chi_{LT} = 0,712$ ;  $k_c = 0,829$ ;  $f = 0,920$ ;  $\chi_{LT,mod} = 0,774$ ;  $M_{b,R,d} = 61,1$  kNm;  $\eta = 0,982$

(für das obere Feld mit  $L = 2000$  erhält man aufgrund der kürzeren Länge trotz der größeren Momente nur einen Ausnutzungsgrad von 0,803, das mittlere Feld ist daher maßgebend)

4. Zu Aufgabe 3:

a) Skizzieren Sie den Anschluss der Wandriegel an die Stütze, so dass eine Gabellagerung konstruktiv realisiert ist. Hinweis: Wandriegel sind außen bündig. (10 P)

b) Gibt es Gründe dafür, dass trotz des von Ihnen gewählten Anschlusses eine Gabellagerung in statischer Hinsicht nicht eindeutig realisiert ist? (Stichworte 5 Punkte)

c) Wie verändert sich der Nachweis, wenn die Wandverkleidung auf der Außenseite der Stütze in der Berechnung berücksichtigt wird? (nur in Stichworten beschreiben, nicht rechnen, 3 P)

5. Gegeben ist ein stehender zylindrischer Wasserbehälter mit folgenden Abmessungen:  $D = 24000$  mm; Traufhöhe  $H = 12000$  mm; Wanddicke 5,0 mm; Werkstoff 1.4162 (Lean-Duplex). Technische Eigenschaften laut Datenblatt:  $E = 2,05 \cdot 10^5$  N/mm<sup>2</sup>;  $f_y = 530$  N/mm<sup>2</sup>. Der Behälter hat ein kegelförmiges Gespärredach mit 12° Dachneigung, der Ankerabstand am Behälterfuß beträgt ca. 70 cm. Auf halber Höhe des Behälters ist eine außenliegende Ringsteife (mit ausreichender Steifigkeit) vorhanden, die kontinuierlich mit dem Behältermantel verbunden ist. Der Behälter ist belüftet, steht im Freien und ist dem natürlichen Wind ausgesetzt. Ermitteln Sie den Ausnutzungsgrad des zylindrischen Mantels für den Beulnachweis unter Außendruck, nehmen Sie dabei einen Staudruck  $q_0 = 0,58$  kN/m<sup>2</sup> an. Gehen Sie von einem „mittellangen“ Behälter und von Herstellertoleranzklasse A aus; Geben Sie folgende Zwischenergebnisse an:  
Beulfeldlänge; geometrische Schlankheit, Längenverhältnis, Längenparameter, Randbedingungen,  $C, \varphi$ , ideale Beulspannung, Imperfektions-Abminderungsfaktor, bezogene Schlankheit, plastische Grenzschlankheit, Beul-Abminderungsfaktor, char. Beulspannung; Bemessungswert der Beulspannung; Wind-Beiwert, Ersatz-Außendruck; Beiwert für den inneren Unterdruck (ungünstig gewählt); vorh. Umfangsspannung; (19 P)
- Lösung:  
Rechengang nach EC3-1-6  
 $L = 6000$ ;  $R/T = 2400$ ;  $L/R = 0,500$ ;  $\omega = 24,5$ ; Fall 3 – BC2/BC2;  $C, \theta = 1,00$ ;  $\sigma, \theta_{cr} = 3,21$ ;  $\alpha, \theta = 0,75$ ;  $\lambda = 12,9$ ;  $\lambda, \rho = 1,37$ ;  $\chi = 0,00454$ ;  $\sigma, \theta, R, k = 2,41$ ;  $\sigma, \theta, R, d = 2,19$ ;  $k, w = 0,915$ ;  $q, eq = 0,531$ ;  $k_s = 0,600$ ;  $q, s = 0,348$ ;  $\sigma, \theta, Ed = 2,11$ ;  $\eta = 0,964$ ;
6. Zu Aufgabe 5:  
a) Geben Sie ein Kriterium für den Höchstabstand der Anker an. (Nur stichwortartig beschreiben, nicht rechnen, 3 P)  
b) Ist dieser Behälter ausreichend eng verankert? Welche Auswirkungen hat das bei der oben angegebenen Geometrie des Behälters? (4 P)
7. Führen Sie den Stabilitätsnachweis unter Axialdruck für den Behälter in Aufgabe 5. Nehmen Sie für das Dach eine charakteristische Eigenlast von  $g = 0,30$  kN/m<sup>2</sup> an, für den Schnee eine charakteristische Last von  $s = 1,80$  kN/m<sup>2</sup>, vernachlässigen Sie das Eigengewicht der Zylinderwand.  
Geben Sie folgende Zwischenergebnisse an:  
geometrische Schlankheit, Längenverhältnis, Längenparameter, Beiwert  $C_x$ , ideale Beulspannung, bezogene Schlankheit, char. Imperfektionsamplitude, Imperfektionsfaktor; maßgebender Imperfektionsfaktor, Plastische Grenzschlankheit, Beul-

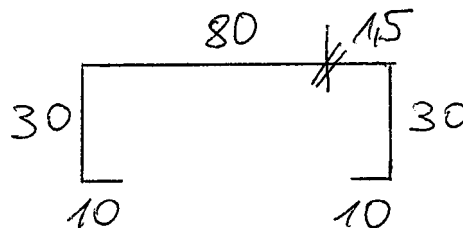
Abminderungsfaktor, char. Beulspannung, Bemessungs-Beulspannung, Bemessungswerte der Dach-Flächenlast und Gesamlast, Bemessungswert der vorhandenen Längsspannung (17 P)

Lösung:

Rechengang nach EC3-1-6

$R/T = 2400$ ;  $L/R = 0,50$ ;  $\omega = 24,5$ ;  $C_x = 1,00$ ;  $\sigma_{xRcr} = 51,7$ ;  $\lambda = 3,20$ ;  $\Delta_{wk} = 1,22$ ;  
 $\alpha_x = 0,174$ ; ( $\alpha_{xpp} = 1,08$ );  $\alpha_x = 0,174$ ;  $\lambda_p = 0,660$ ;  $\chi = 0,0170$ ;  $\sigma_{xR,k} = 9,01$ ;  
 $\sigma_{xR,d} = 8,19$ ;  $q_{d} = 3,11$ ;  $F_{d} = 1405$ ;  $\sigma_{d} = 3,73$ ;  $\eta = 0,455$ ;

8. Als Unterkonstruktion für Photovoltaik-Paneele werden dünnwandige, gekantete C-Profile mit Lippe 80 x 30 x 10 x 1,5 – S235 (Querschnitt siehe Skizze) hergestellt. Die Profile sollen auch als Stützen eingesetzt werden.



- a) Mit welchem Näherungsverfahren kann man überschlägig die aufnehmbare Druckkraft bestimmen, bevor örtliches Beulen der Querschnittsteile auftritt? (4 P)  
b) Wie groß ist diese Druckkraft für den oben beschriebenen Querschnitt? (3 P)

Lösung:

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

b) mitwirkende Breite ist  $13 \cdot 1,5 \text{ mm} = 19,5 \text{ mm}$

$$A = (10 + 30 + 19,5 + 19,5 + 30 + 10) \text{ mm} \cdot 1,5 \text{ mm} = 179 \text{ mm}^2$$

$$N_{R,d} \geq 179 \text{ mm}^2 \cdot 235 \text{ N/mm}^2 / 1,1 = 38,1 \text{ kN}$$