



## B8 – Verbundbau

### Schriftliche Prüfung 1271150 am 07.07.2008

#### Musterlösung

Erreichbare Punktzahl: 110 (entspr. 122 %);

erreichte Punkte

(Unterschrift Prüfer)

Name, Vorname, Matrikelnummer: .....

Bearbeitungsdauer: 90 Minuten

Hilfsmittel: alle

Geben die 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.

1. Für die Decke eines Produktionsgebäudes ist ein Verbundträger zu berechnen. Als Stahlträger soll ein IPE 600 – S355 eingesetzt werden. Die Deckendicke beträgt 20 cm C35/45, die Decke soll mittels 5 cm dicken Großflächenplatten hergestellt werden.  
Die Ausbaulast wird vereinfachend vernachlässigt; als Verkehrslast sind 5,00 kN/m<sup>2</sup> anzusetzen. Die Spannweite beträgt  $L = 16,0$  m, der Trägerabstand beträgt  $a = 5,0$  m.
  - a) Führen Sie alle Nachweise für den voll verdübelten Querschnitt im Endzustand. Geben Sie folgende Zwischenergebnisse an: (19 P)  
g,k; p,k; l,a; W,a; M,a,R,d; g<sub>1</sub>,k; q,d; V,S,d; M,S,d; b,eff; A,c; N,a,R,d; N,c,d; z,d; a; M,R,d; V,R,d;  $\eta$ ,M;  $\eta$ ,V;
  - b) Nehmen Sie eine Verdübelung an mit Kopfbolzen 22-125,  $e_L = 125$  mm über den ganzen Träger;  $f_u = 350$  N/mm<sup>2</sup>. Führen Sie alle Nachweise für die Verdübelung. Geben Sie folgende Zwischenergebnisse an: (14 P)  
k,D;  $\alpha$ ; P<sub>1</sub>,R,d; P<sub>2</sub>,R,d; P,R,d; N,D,erf; N,d,vorh; N,c,D;  $\eta$ ; M,R,d,red;  $\eta$ ,M;  $\eta$ <sub>1,min</sub>;  $\eta$ <sub>2,min</sub>;  $\eta$ <sub>3,min</sub>;
  - c) Ist äquidistante Verdübelung zulässig? Begründung. (4 P)

Lösung:

- a)  $g,k = 25$ ;  $p,k = 25$ ;  $l,a = 92100$ ;  $W,a = 3070$ ;  $M,a,R,d = 1145$ ;  $g1,k = 26,2$ ;  $q,d = 72,9$ ;  $V,S,d = 583$ ;  $M,S,d = 2330$ ;  $b,eff = 4,00$ ;  $A,c = 6000$ ;  $N,a,R,d = 5110$ ;  $N,c,d = 11900$ ;  $z,d = 64,0$ ;  $a = 468$ ;  $M,R,d = 2390$ ;  $V,R,d = 1420$ ;  $\eta,M = 0,977$ ;  $\eta,V = 0,412$ ;  
b)  $k,D = 5,70$ ;  $\alpha = 1,00$ ;  $P1,R,d = 85,1$ ;  $P2,R,d = 121$ ;  $P,R,d = 85,1$ ;  $N,D,erf = 120$ ;  
 $N,d,vorh = 128$ ;  $N,c,D = 5450$ ;  $\eta = 1,07$ ;  $M,R,d,red = 2388$ ;  $\eta,M = 0,977$ ;  $\eta1,min = 0,880$ ;  
 $\eta2,min = 0,730$ ;  $\eta3,min = 0,640$ ;  
c) Ja, weil  $\eta/\eta1,min = 1,46 > 1$  und  $2,5 * M,a,r,d/M,R,d = 1,20 > 1$

2. Optimieren Sie den Träger aus Aufgabe 1 im Hinblick auf eine wirtschaftlichere Bauweise. Begründen Sie jeweils in Stichworten, ggfs. auch in Zahlen.

a) geschweißter Querschnitt (mit Profilhöhe 600 mm) statt Walzprofil

Skizzieren Sie den Querschnitt, geben Sie Maße an (3 P)

Worin liegt der Vorteil? (4 P)

b) Betongüte (5 P)

c) Dübelabstand (5 P)

Lösung:

a) bei gleicher (oder kleinerer) Gesamtmasse einen schmäleren Obergurt und breiteren Untergurt wählen. Dadurch liegt der Schwerpunkt des Stahlprofils tiefer, das vergrößert den inneren Hebelarm.

b) Mit höherer Betongüte könnte man weniger Dübel wählen.

Mit geringerer Betongüte würde man mehr als ca. 5 cm der Plattendicke aktivieren, bräuhete dann aber mehr Dübel.

c) Der (teilverdübelt) Querschnitt hat einen Ausnutzungsgrad von 0,977. Der Dübelabstand kann daher nur dann verringert werden, wenn gleichzeitig die Betongüte erhöht wird.

3. Ermitteln Sie zu dem Träger aus Aufgabe 1 die Querbewehrung für den Plattenanschnitt („Schulterschub“) sowie die erforderliche Verankerungslänge. Aus der Bewehrung für das negative Moment der durchlaufenden Deckenplatte ist quer zur Trägerlängsachse eine obere Bewehrung von  $4,0 \text{ cm}^2/\text{m}$  vorhanden.

Hinweis: Träger und mittragende Breite sind symmetrisch, die Werte für „links“ und „rechts“ sind daher symmetrisch und brauchen jeweils nur einmal angegeben zu werden.

a) Geben Sie folgende Zwischenergebnisse an: (16 P)

APA;  $\tau_{PA}$ ;  $\tau_{Rd32}$ ;  $\tau_{Rd33}$ ;  $\tau_{1ePARd}$ ;  $\tau_{PARd}$ ;  $\eta_{PA}$ ;

falls eine zusätzliche Schulterschubbewehrung erforderlich ist, geben Sie folgende weiteren Zwischenergebnisse an:

$\tau_{PARest}$ ;  $V_e$ ;  $A_{e erf}$ ;  $ds_{PA}$ ;  $A_{e vorh}$ ;  $\eta_{Zulage}$ ;  $L_b$ ;  $LPA$ ;  $LPA_{gesamt}$ ;

b) Warum tauchen bei den Berechnungen die tatsächlichen Beanspruchungen des Trägers nicht auf? (5 P)

c) Was spricht dagegen, die ermittelte Zulage eine Nummer größer zu wählen und nur an jeden 2. Kopfbolzen zu legen? (5 P)

d) Warum haben die Kopfbolzen einen Kopf, obwohl dieser in der Rechnung nicht auftaucht? (5 P)

Lösung:

a)  $APA = 187$ ;  $\tau_{PA} = 2,27$ ;  $\tau_{Rd32} = 4,67$  ;  $\tau_{Rd33} = 0,720$  ;  $\tau_{1ePARd} = 1,16$ ;  $\tau_{PARd} = 1,88$ ;  $\eta_{PA} = 1,21$ ;

Zulage erforderlich:  $\tau_{PARest} = 0,388$ ;  $V_e = 58,1$ ;  $A_{e erf} = 1,34$ ;  $ds_{PA} = 6,00$ ;  $A_{e vorh} = 2,26$ ;  $\eta_{Zulage} = 0,591$ ;  $L_b = 198$ ;  $LPA = 342$ ;  $LPA_{gesamt} = 130$ ;

b) Um „Versagen mit Ankündigung“ zu erzwingen, muss das Aufspalten der Dübel-fuge nach der tatsächlichen Anzahl der Dübel bewehrt werden.

c) Weil dann zwischen je zwei Kopfbolzen eine Fuge aufspringen könnte.

d) Die Verbundkräfte „hängen“ sich zu einem großen Teil unter den Kopf, der Dübel hätte ohne Kopf eine geringere Tragfähigkeit.

4. Skizzieren Sie in zwei Ansichten/Schnitten den Anschluss eines Kammerbeton-Verbundträgers an eine Stütze, der folgende Eigenschaften erfüllt: (25 P)  
Fertigungsfreundlich; montagefreundlich; ohne weitere Maßnahmen F60-tauglich;  
im Endzustand auch als Durchlaufträger geeignet;  
Begründen Sie gegebenenfalls in Stichworten.