



## B8 – Verbundbau

### Schriftliche Prüfung 1271150 am 24.07.2009

#### Musterlösung

Erreichbare Punktzahl: 100 (entspr. 111 %);

erreichte Punkte

(Unterschrift Prüfer)

Name, Vorname, Matrikelnummer: .....

Bearbeitungsdauer: 90 Minuten

Hilfsmittel: alle, außer elektronischen Kommunikationsmitteln

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 Verwaltungsgebäudes ist ein Verbundträger zu berechnen. Als Stahlträger wird ein IPE 500 – S355 eingesetzt. Die Deckendicke beträgt 20 cm C25/30, die Decke soll mittels 5 cm dicken Großflächenplatten hergestellt werden. Die Ausbaulast wird vereinfachend vernachlässigt; als Verkehrslast sind 3,50 kN/m<sup>2</sup> anzusetzen. Die Spannweite beträgt L = 12,0 m, der Trägerabstand beträgt a = 6,25 m.

a) Führen Sie alle Nachweise für den voll verdübelten Querschnitt im Endzustand.

Geben Sie folgende Zwischenergebnisse an: (22 P)

g,k; p,k; f,c,d; f,y,d; A,v; I,a; W,a; M,a,R,d; g<sub>1</sub>,k; q,d; V,S,d; M,S,d; b<sub>eff</sub>; A,c;

N,a,R,d; N,c,d; z,d; a; M,R,d; V,R,d; η,M; η,V;

b) Nehmen Sie eine Verdübelung an mit Kopfbolzen 22-125, e<sub>L</sub> = 140 mm über den ganzen Träger; f<sub>u</sub> = 350 N/mm<sup>2</sup>. Führen Sie alle Nachweise für die Verdübelung.

Geben Sie folgende Zwischenergebnisse an: (14 P)

k,D; α; P<sub>1</sub>,R,d; P<sub>2</sub>,R,d; P,R,d; N,D,erf; N,d,vorh; N,c,D; η; M,R,d,red; η,M; η<sub>1,min</sub>;

η<sub>2,min</sub>; η<sub>3,min</sub>;

c) Ist äquidistante Verdübelung zulässig? Begründung. (2 P)

Lösung:

- a)  $g,k = 31,3$ ;  $p,k = 21,9$ ;  $f,c,d = 16,7$ ;  $f,y,d = 327$ ;  $A,v = 52,0$ ;  $l,a = 48200$ ;  $W,a = 1930$ ;  $M,a,R,d = 719$ ;  $g1,k = 32,2$ ;  $q,d = 76,2$ ;  $V,S,d = 457$ ;  $M,S,d = 1372$ ;  $b,eff = 3,00$ ;  $A,c = 4500$ ;  $N,a,R,d = 3780$ ;  $N,c,d = 6375$ ;  $z,d = 88,9$ ;  $a = 406$ ;  $M,R,d = 1533$ ;  $V,R,d = 983$ ;  $\eta,M = 0,895$ ;  $\eta,V = 0,465$ ;
- b)  $k,D = 5,70$ ;  $\alpha = 1,00$ ;  $P1,R,d = 85,1$ ;  $P2,R,d = 98,1$ ;  $P,R,d = 85,1$ ;  $N,D,erf = 89$ ;  $N,d,vorh = 86$ ;  $N,c,D = 3649$ ;  $\eta = 0,965$ ;  $M,R,d,red = 1505$ ;  $\eta,M = 0,912$ ;  $\eta1,min = 0,760$ ;  $\eta2,min = 0,610$ ;  $\eta3,min = 0,480$ ;
- c) Ja, weil  $\eta/\eta,min = 1,58 > 1$  und  $2,5 * M,a,r,d/M,R,d = 1,17 > 1$

2. Geben Sie für den Träger aus Aufgabe 1 unterschiedliche Möglichkeiten der Optimierung an. Begründen Sie jeweils in Stichworten, ggfs. auch in Zahlen oder Skizzen.

- a) geänderter Querschnitt (1 P)  
b) geänderte Betongüte (1 P)  
c) geänderter Dübelabstand (1 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. 9 cm der Plattendicke aktivieren, bräuchte dann aber mehr Dübel.
- c) Der (teilverdübelt) Querschnitt hat einen Ausnutzungsgrad von 0,912. Der Dübelabstand kann daher nur dann verringert werden, wenn gleichzeitig die Betongüte erhöht wird.

3. Beschreiben Sie für den Träger aus Aufgabe 1 eine Dübelverteilung, die nicht gleichmäßig ist, sondern im Wesentlichen der Schubkraftlinie folgt. Geben Sie minimale und maximale Dübelabstände an, erläutern sie ggfs. mit Skizzen. Stellen Sie die Vor- und Nachteile einer gleichmäßigen und einer nicht-gleichmäßigen Verteilung gegenüber. (12 P)

Lösung:

Geblockte Anordnung, je Trägerhälfte 3 Blöcke zu je 2 m Länge;

Der minimale Dübelabstand in den äußeren Blöcken beträgt  $0,5 * 140$  mm, da die Schubkraft an den Trägerenden doppelt so groß ist, wie die Mittlere. Dieser Abstand erfüllt den Mindestabstand von  $5d$  nicht mehr, daher müssen zwei Reihen Dübel angeordnet werden.

Nachteil der geblockten Anordnung: höherer Aufwand im TB, höherer Aufwand und höheres Fehlerrisiko in der Fertigung;

4. Ermitteln Sie zu dem Träger aus Aufgabe 1 die Querbewehrung für die Dübelumrissfläche sowie die erforderliche Verankerungslänge. Aus der Bewehrung für das negative Moment der durchlaufenden Deckenplatte ist quer zur Trägerlängsachse eine obere Bewehrung von  $4,5 \text{ cm}^2/\text{m}$  vorhanden, die oberhalb der Dübelköpfe verlegt ist.

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: (14 P)

ADU;  $\tau_{\text{DU}}$ ;  $\tau_{\text{Rd32}}$ ;  $\tau_{\text{Rd33}}$ ;  $\tau_{\text{DURd}}$ ;  $\eta_{\text{DU}}$ ;

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

$\tau_{\text{DURest}}$ ;  $V_e$ ;  $A_{\text{e erf}}$ ;  $d_{\text{sDU}}$ ;  $A_{\text{e vorh}}$ ;  $\eta_{\text{Zulage}}$ ;  $L_b$ ;  $L_{\text{DU}}$ ;

b) Warum tauchen bei den Berechnungen die tatsächlichen Beanspruchungen des Trägers nicht auf? (1 P)

c) Was spricht dagegen, die ermittelte Zulage eine Nummer größer zu wählen und nur an jeden 2. Kopfbolzen zu legen? (1 P)

d) Warum haben die Kopfbolzen einen Kopf, obwohl dieser in der Rechnung nicht auftaucht? (1 P)

Lösung:

a)  $ADU = 399$ ;  $\tau_{\text{DU}} = 2,13$ ;  $\tau_{\text{Rd32}} = 3,33$ ;  $\tau_{\text{Rd33}} = 0,643$ ;  $\tau_{\text{DURd}} = 0,643$ ;  $\eta_{\text{DU}} = 3,32$ ;

Zulage erforderlich:  $\tau_{\text{DURest}} = 1,49$ ;  $V_e = 425$ ;  $A_{\text{e erf}} = 4,88$ ;  $d_{\text{sDU}} = 10,0$ ;  $A_{\text{e vorh}} = 5,61$ ;  $\eta_{\text{Zulage}} = 0,870$ ;  $L_b = 403$ ;  $L_{\text{DU}} = 101 (100)$ ;

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.

5. Beschreiben Sie Vor- und Nachteile einer großen Deckenfläche auf Verbundträgern als Durchlaufträger. Skizzieren Sie die Längsbewehrung im Bereich des Stützmomentes in einem trägerparallelen Längsschnitt und in einer Draufsicht. (15 P).



6. Skizzieren Sie in zwei Ansichten/Schnitten den Anschluss eines Kammerbeton-Verbundträgers an eine Stütze, der folgende Eigenschaften erfüllt: (15 P)  
Fertigungsfreundlich; montagefreundlich; ohne weitere Maßnahmen F60-tauglich;  
im Endzustand auch als Durchlaufträger geeignet;  
Begründen Sie gegebenenfalls in Stichworten.