

Verbundfuge nach DIN 1045-1:2008

In unserem Programm **G.0001 Stahlbetonbalken** wurde der Verbundfugennachweis zwischen Steg und eventuell **nachträglich betonierter Decke** bzw. Decke und nachträglich betonierter **Überzug** ergänzt. Der Aufruf ist denkbar einfach.

Konstruktionswerte / Nachweise			
Raumgewicht	0.0	kN/m ³	Querschnittskorrektur
Randabstand d1	oben	5.0	cm unten
Umlagerung	Art	Prozent	xi lim
Gebrauchstauglichkeit	Sigma c <= 0.60 fck	0	<= 0.45 fck
	Sigma s <= 0.80 fyk	0	0/1 = nein/ja
Kriechen	Betonalter bei Belastung	100	Tage rel.Luftfeuchtigkeitsklasse
			Zementfestigkeitsklasse
Schuberm. für Vollast	0 = nein, 1 = ja		max. Bügel as/m
Druckstrebenneigung	40.0		Verbundfuge
Sondernachweis Schnee Norddeutsche Tiefebene			

In der Eingabemaske „Konstruktionswerte“ wurde die Abfrage nach diesem Nachweis hinzugefügt. Wird dieser angewählt, dann werden lediglich 2 Parameter zusätzlich benötigt:

Verbundfuge Steg - Decke	
Oberfläche	4 1/2/3/4
1 = verzahnt, 2 = rauh, 3 = glatt, 4 = sehr glatt	
gesamte Einschnürung	8.0 cm

Die eingegebene Oberflächenbeschaffenheit nach DIN 1045-1:2008 wird als Mindestanforderung angesehen und intern an den notwendigen Stellen bis hin zu einer Profilierung erhöht. Die Analyse erfolgt in Bereichen der Länge d.

Zur Auflage von Fertigteildecken kann die Fugenbreite eingeschnürt werden.

In der Vorversion war wie in dem Beispiel des Deutschen Betonvereins der Reibungsanteil der Normal-

spannung vernachlässigt worden. In der nun vorliegenden Fassung wird auch der Reibungsanteil unter Druck- bzw. Zugspannungen berücksichtigt. Zu beachten ist insbesondere, dass die Oberflächenbeschaffenheiten in DIN 1045-1:2008 anders definiert wurden als in der Vorläufernorm. Der jetzt gültige Nachweis entspricht im übrigen dem EC2. Alle Varianten werden automatisch gesteuert. Hier ist insbesondere an den Adhäsionsanteil, der bei Zugspannungen senkrecht zur Fuge nicht angesetzt werden darf, und an den Reibungsanteil aus Normalspannungen in der Verbundfuge zu denken. Hierzu muss die exakte senkrechte Belastung in der Fuge bekannt sein. Um dies zu gewährleisten, ist bei der Eingabe der Einwirkungen ein evtl. Lastangriff an Querschnittunterkante gemäß Dialog mit 999 zu definieren. Es wird dann je nach Querschnitt wie folgt verfahren:

Plattenbalken

Es wird die gesamte eingegebene Belastung in der Fuge angesetzt. Evtl. unten angreifende Lasten werden davon abgezogen. Einzellasten werden anteilig auf die Betrachtungsbereichslänge d verteilt.

Überzug (Platte unten)

Es wird lediglich die unten angreifende Last als Zugspannung angesetzt. Die obere Belastung wird vernachlässigt, da sie i.d.R. in der Fuge nicht als Druckspannung wirkt.

Bei Zugspannungen in der Fuge wird die Oberflächenbeschaffenheit „sehr glatt“ unterbunden.

Verbundfuge Steg -Deckenplatte

Einschnürung 8.0 cm $\gamma_c = 1.80$ $f_{ctd} = 1.13 \text{ N/mm}^2$

Bereich	V_{Ed}	z	b	σ_N	V_{Ed}	Oberfl.	c_j	μ	v	$v_{Rdj, max}$	a_{sB}
m - m	kN	cm	cm	N/mm ²	kN/m					kN/m	cm ² /m
Feld 1 links $b_w/h = 32.0 / 72.0 \text{ cm}$											
0.00 - 0.65	274.4	55.8	24.0	0.17	491.8	rau	0.4	0.7	0.5	850.0	9.7
0.65 - 1.27	248.4	55.8	24.0	0.17	445.2					850.0	8.4
1.27 - 1.89	222.5	55.8	24.0	0.17	398.7					850.0	7.2
1.89 - 2.51	196.5	55.8	24.0	0.17	352.1					850.0	5.9
2.51 - 3.13	170.5	55.8	24.0	0.17	305.6	sehr gl.	0.0	0.5	0.2	340.0	10.9
3.13 - 3.75	144.5	55.8	24.0	0.17	259.0					340.0	9.1
3.75 - 4.37	118.6	55.8	24.0	0.17	212.5					340.0	7.3
4.37 - 4.99	92.6	55.8	24.0	0.17	165.9					340.0	5.6
4.99 - 5.61	66.6	55.8	24.0	0.17	119.4					340.0	3.8
5.61 - 6.23	40.6	55.8	24.0	0.17	72.8					340.0	2.0

Bild 1 Beispiel DBV mit Mindestbeschaffenheit „sehr glatt“

Verbundfuge Steg - Deckenplatte

Einschnürung 8.0 cm $\gamma_c = 1.80$ $f_{ctd} = 1.13 \text{ N/mm}^2$

Bereich		V_{Ed}	z	b	σ_N	V_{Ed}	Oberfl.	c_j	μ	ν	$v_{Rdj, max}$	a_{sB}
m	- m	kN	cm	cm	N/mm ²	kN/m					kN/m	cm ² /m
Feld 1 links		$b_w/h = 32.0 / 72.0 \text{ cm}$										
0.00	- 0.65	274.4	55.8	24.0	0.17	491.8	rau	0.4	0.7	0.5	850.0	9.7
0.65	- 1.27	248.4	55.8	24.0	0.17	445.2					850.0	8.4
1.27	- 1.89	222.5	55.8	24.0	0.17	398.7					850.0	7.2
1.89	- 2.51	196.5	55.8	24.0	0.17	352.1					850.0	5.9
2.51	- 3.13	170.5	55.8	24.0	0.17	305.6	glatt	0.2	0.6	0.2	340.0	7.2
3.13	- 3.75	144.5	55.8	24.0	0.17	259.0					340.0	5.7
3.75	- 4.37	118.6	55.8	24.0	0.17	212.5					340.0	4.3
4.37	- 4.99	92.6	55.8	24.0	0.17	165.9					340.0	2.8

Bild 2 Beispiel DBV mit Mindestbeschaffenheit „glatt“

In den Bildern 1 und 2 wird das Beispiel des DBV gezeigt. Da der Reibungsanteil berücksichtigt wird, ist die erforderliche Bewehrung etwas kleiner. In Bild 1 wurde als Mindestbeschaffenheit „sehr glatt“ und in Beispiel 2 „glatt“ vorgegeben. Beide Varianten sind möglich, da die Fuge durch die Auflast gedrückt ist. Im Beispiel 1 ist jedoch wegen des nicht angesetzten

Adhäsionsanteils eine höhere Bewehrung erforderlich. In beiden Fällen muss der Träger bis 2.50 m vom Auflager rau ausgebildet werden. Die Version steht ab sofort im Update-Fach zur Verfügung.

Heißbemessung von Kragstützen

Validierung mit Level-3 Verfahren

Wir hatten schon in unseren bisherigen Veröffentlichungen immer wieder darauf aufmerksam gemacht, dass eine Heißbemessung nach dem Zonenverfahren EC2 Anhang B.2 bei verschieblichen Systemen nicht immer zu Ergebnissen nach Level-3 Verfahren führt.

Dies liegt zum einen daran, dass das Zonenverfahren in EC2 nur sehr ungenau und teilweise unvollständig beschrieben ist und zum anderen die Steifigkeit im Punkt M bei der Berechnung II. Ordnung zu einer zu kleinen Aussermitte e_2 führt.

Wir haben deshalb nicht den Beton-Elastizitätsmodul des Punktes M zugrunde gelegt. Der mittlere Elastizitätsmodul kann besser mit dem Faktor k_c nach EC2 Anhang B.3 ermittelt werden. Zusätzlich ergibt sich ein Krümmungsanteil aus dem Abfall des Stahl-Elastizitätsmoduls. Wir haben diese Anteile bisher unabhängig von anderen Parametern auf Basis der Level-2 Steifigkeiten immer gleichmäßig berücksichtigt und bei allen Vergleichen mit Level-3 Ergebnissen eine sehr gute Übereinstimmung erzielt.

In den letzten Wochen und Monaten haben wir darüber hinaus nochmals eine systematische Gesamtanalyse unter Einbeziehung aller möglichen bezogenen Außermitten, aller möglichen Schlankheiten und

verschiedener Bewehrungsrandabstände unabhängig von dem wahrscheinlichen Auftreten in der Praxis vorgenommen.

Das Ergebnis hat uns gezeigt, dass bei sehr großen Außermitten und großen Schlankheiten unser Ergebnis auf der sicheren Seite lag und bei bezogenen Außermitten von weit über 1.5 und geringen Schlankheiten eine größere Bewehrung als nach Level-3 Verfahren errechnet wurde. Bei sehr geringen Außermitten lag unser bisheriges Ergebnis jedoch bis zu 20% auf der unsicheren Seite. Diese Angaben beziehen sich auf die Berechnung nach EN 1992-1-2. Bei einer Berechnung nach ENV 1992-1-2 sind die Unterschiede wesentlich geringer.

Wir haben deshalb unsere Modifikation des Level-2 Verfahrens überarbeitet und unter Berücksichtigung der bezogenen Außermitten und Schlankheiten weiterentwickelt. Unsere Ergebnisse sind nunmehr in allen Varianten der Exzentrizität und Schlankheit mit Level-3 Verfahren vergleichbar.

Da in der Praxis i.d.R. bei Kragstützen größere Exzentrizitäten auftreten, wird unsere neue Version in diesen Fällen geringere Bewehrungsgrade ermitteln.

Nur in Fällen sehr geringer Exzentrizitäten sowie mittlerer und geringer Schlankheiten kann eine höhere Be-

Februar 2009 Blatt

wehrung errechnet werden. Diese Fälle sind uns bisher nur als reine Analysefälle und nicht als praktische Beispiele bekannt. Bei allen unseren Testbeispielen werden mit der neuen Version identische Ergebnisse erzielt, so dass unsere bisherigen Veröffentlichungen uneingeschränkt weiter gültig sind.

Die neue Version steht ab 23.02.2009 in unserem Update-Fach zur Verfügung.

Bei dieser Gelegenheit wollen wir noch kurz auf die Marktveröffentlichung der Firma Friedrich und Lochner FriLo Aktuell 10/2008 eingehen. FriLo wehrt sich dort gegen den Vorwurf, unwirtschaftlich zu rechnen und erklärt den Unterschied zu anderen Programmen mit der Berücksichtigung der thermischen Dehnungen.

Grundsätzlich ist festzustellen, dass die Definition allgemeines Verfahren irreführend ist. Ein Level-2 Verfahren wird nicht nur durch Berücksichtigung von thermischen Dehnungen zu einem „allgemeinen Verfahren“. Auch das dort erwähnte Verfahren Quast/Richter BuSt 2/2008 ist ein Level-2 Verfahren und arbeitet mit den mittleren Temperaturen in den einzelnen Zonen.

Zu den theoretischen Ausführungen und den Parametern des Beispiels wollen wir nicht umfänglich Stellung nehmen. Erstaunlich ist nur, dass bei sehr unterschiedlichen effektiven Steifigkeiten in der Größenordnung ähnliche MII-Momente ermittelt werden.

Das Beispiel selbst haben wir analysiert.

Kragstütze 100% eingespannt:

Stütze 50/50 cm Beton C 35/45 Stahl 500 S(A)

L = 8.60 m Bewehrung u = 5 cm

Normalkraft am Kopf 428 kN eo = 0.3 cm

FriLo gibt für diese Stütze mit Berücksichtigung der thermischen Dehnungen eine erforderliche Bewehrung von 41.4 cm² (1.66 %) an. Ohne thermische Dehnungen sollen 9.94 cm² erforderlich sein.

Eine Berechnung mit dem dort erwähnten Diagrammverfahren Hosser/Richter ergibt:

aufnehmbare Normalkraft am Kopf im Brandfall NRd,fi:

bei 2% Bew. (50 cm²) 882 kN

bei 1% Bew. (25 cm²) 533 kN

Selbst bei einem Bewehrungsgrad von 1% ist danach die aufnehmbare Kraft noch höher als 428 kN. Da das Verfahren auf einen Mindestbewehrungsgehalt von 1% beschränkt ist, kann diese Stütze mit diesem Verfahren gar nicht nachgewiesen werden. Mit oder ohne Berücksichtigung der thermischen Dehnungen nach FriLo werden die Ergebnisse nach Level-3 nicht erreicht. Bei der behaupteten Verifizierung nach diesem Verfahren muss also „etwas schief gegangen“ sein.

Eine Exzentrizität von 0.3 cm kann in der Praxis auch nicht auftreten, da mindestens die Imperfektion nach DIN 1045-1 bzw. EC2 angesetzt werden muss. Sie beträgt ca. 2.9 cm.

Dieses Beispiel fällt in den Bereich, in dem auch unser Programm eine etwas zu geringe Bewehrung ermittelt hatte, wegen seiner zu geringen Außermitte in der Praxis aber nicht vorkommen kann.

Neureichenau, im Februar 2009



Dipl.-Ing. Dieter Vogelsang