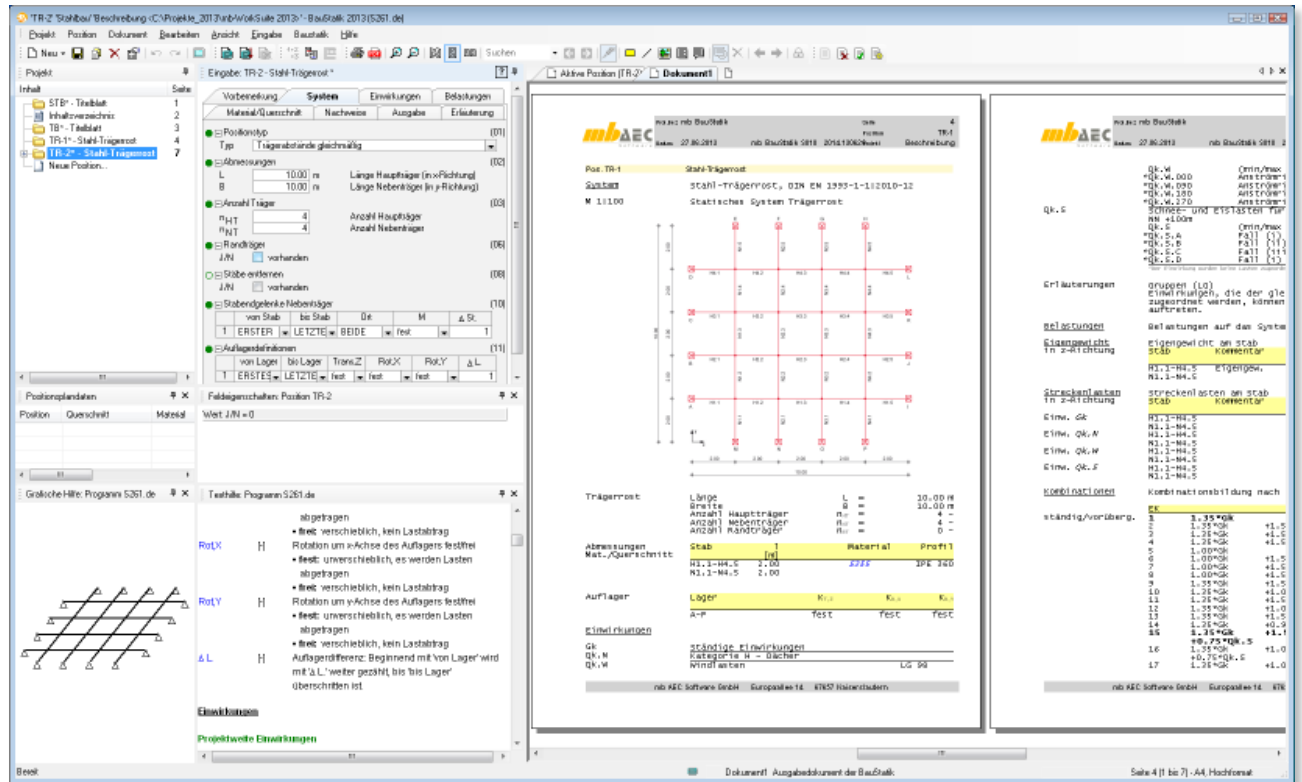


Dipl.-Ing. Sascha Heuß

Erdbebensichere Aussteifungswände

Leistungsbeschreibung des BauStatik-Moduls S443.de Stahlbeton-Aussteifungswand mit Erdbebenbemessung

Aussteifungswände können nach EC 8 (DIN EN 1998-1:2010-12) für die Duktilitätsklassen DCL und DCM ausgelegt werden. Das Modul S443.de wird beiden Auslegungsprinzipien gerecht. Neben einer Biege- und Querkraftbemessung unter Berücksichtigung der zusätzlichen Regeln des EC 8 werden auch die konstruktiven Anforderungen zur Erzielung ausreichender örtlicher Duktilität automatisch berücksichtigt.



Allgemeines

Das Modul S443.de weist alle Leistungsmerkmale des Moduls S442.de auf und ist zusätzlich in der Lage eine Erdbebenauslegung durchzuführen. Für eine detaillierte Beschreibung der Nachweisführung nach EC 2 [3] wird auf die Leistungsbeschreibung zu S442.de in der mb-news Nr. 4/2012 [9] verwiesen. Im Folgenden wird nur auf die Besonderheiten der Bemessung nach EC 8 [1] eingegangen.

Grundlagen

Lastermittlung

Vereinfacht lässt sich die Ermittlung der Erdbebenerdsatzlast auf folgende Beziehung zurückführen:

$$\text{Kraft} = \text{Masse} \times \text{Beschleunigung}$$

In EC 8 [1] wird für das vereinfachte Antwortspektrenverfahren die Gesamterdbebenkraft auf ein Bauwerk wie folgt angegeben:

$$F_b = S_d(T) \cdot m \cdot \lambda$$

mit

- $S_d(T)$ als Ordinate des Bemessungsspektrums (dieser Wert entspricht der Beschleunigung)
- m Gesamtmasse des Bauwerks
- λ als Korrekturbeiwert

Die Kernaufgabe der Lastermittlung besteht also darin, Masse und Beschleunigung des Bauwerks zu bestimmen. Mit der Schwingdauer T des linearen Einmassenschwingers kann die Beschleunigung (S_d) aus dem Bemessungsspektrum für die Horizontalkomponente der Erdbebeneinwirkung abgelesen werden.

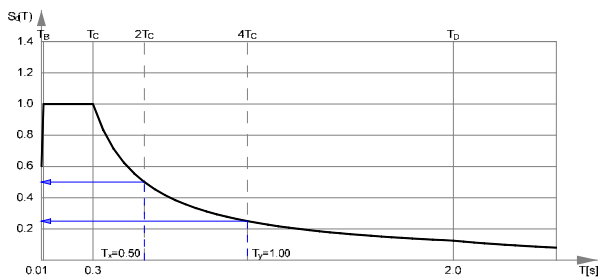


Bild 1. Bemessungsspektrum

Für die Abschnitte des Bemessungsspektrums gelten folgende Beziehungen:

$$T_A \leq T \leq T_B: S_d(T) = a_{gR} \cdot \gamma_1 \cdot S \cdot \left[1 + \frac{T}{T_B} \cdot \left(\frac{2,5}{q} - 1 \right) \right]$$

$$T_B < T \leq T_C: S_d(T) = a_{gR} \cdot \gamma_1 \cdot S \cdot \frac{2,5}{q}$$

$$T_C < T \leq T_D: S_d(T) = a_{gR} \cdot \gamma_1 \cdot S \cdot \frac{2,5}{q} \cdot \frac{T_C}{T}$$

$$T_D < T: S_d(T) = a_{gR} \cdot \gamma_1 \cdot S \cdot \frac{2,5}{q} \cdot \frac{T_C \cdot T_D}{T^2}$$

Dabei hängt die Ordinate des Bemessungsspektrums von folgenden Eingangsparametern ab:

- **Erdbebenzone**
Den Erdbebenzonen 1 - 3 sind Spitzenwerte der Bodenbeschleunigung a_{gR} zugeordnet.
- **Untergrundverhältnisse (A-R, B-R, C-R, B-T, C-T, C-S)**
Aus den Untergrundverhältnissen folgen die Kontrollperioden und der Untergrundparameter des Bemessungsspektrums (S, T_A, T_B, T_C, T_D).
- **Bedeutungskategorie des Bauwerks**
Mit der Bedeutungskategorie wird der Bedeutungsbeiwert γ_1 festgelegt.
- **Duktilität des Bauwerks**
Aus der (vorab festzulegenden) Duktilität folgt der Duktilitätsbeiwert q .

Es wird deutlich, dass dem Duktilitätsbeiwert eine entscheidende Rolle bei der Ermittlung der Beschleunigung zukommt. Je größer der Duktilitätsbeiwert q , desto kleiner ist die Beschleunigung und damit die anzusetzende Erdbebenersatzlast.

Tragwerkstyp	DCM
Rahmensystem, Mischsystem, System mit gekoppelten Wänden	3,0 α_u/α_1
Ungekoppeltes Wandsystem	3,0
Torsionsweiches System (Kernsystem)	2,0
Umgekehrtes Pendel-System	1,5

Tabelle 1. Grundwert q_0 des Verhaltensbeiwerts

Die Ermittlung der Ersatzlast ist nicht Gegenstand des Moduls S443.de und wird in der mb WorkSuite vom Modul S033.de Erdbeben-Ersatzlastermittlung übernommen.

Kombination der Erdbebenkomponenten

Im Allgemeinen müssen die Horizontalkomponenten der Erdbebeneinwirkung (x-Richtung und y-Richtung) als gleichzeitig wirkend angenommen werden. Dies wird erreicht, indem zunächst für jede Richtung die Ersatzlast getrennt bestimmt wird.

Die Überlagerung der Anteile aus beiden Richtungen darf nach EC 8 [1] nach einer der folgenden Regeln erfolgen:

$$E_{Ed} = \sqrt{E_{Edx}^2 + E_{Edy}^2}$$

oder

$$E_{Ed} = \begin{cases} E_{Edx} \oplus 0,3 \cdot E_{Edy} \\ 0,3 \cdot E_{Edx} \oplus E_{Edy} \end{cases}$$

Grenzzustand der Tragfähigkeit

Folgende Beziehung muss für alle tragenden Bauteile einschließlich der Anschlüsse gelten:

$$E_d \leq R_d$$

mit

E_d Bemessungswert der Beanspruchungsgröße in der Erdbeben-Bemessungssituation

$$E_d = \sum_{j \geq 1} G_{k,j} \oplus P \oplus A_{Ed} \oplus \sum_{i \geq 1} \psi_{2,i} \cdot Q_{k,i}$$

R_d Bemessungswert der Beanspruchbarkeit des Bauteils

$$R_d = \frac{f_k}{\gamma_M}$$

Für Stahlbeton gelten nach EC 8, 5.2.4(2) [1] in der Erdbeben-Bemessungssituation die gleichen Teilsicherheitsbeiwerte wie in der ständigen und vorübergehenden Bemessungssituation:

- Beton: $\gamma_c = 1,50$
- Betonstahl: $\gamma_s = 1,15$

Auslegung von Stahlbetonwänden

Duktilitätsklasse DCL

Eine Auslegung für niedrige Duktilität wird vom EC 8 [1] für Fälle niedriger Erdbebengefährdung empfohlen.

Dies ist nach NDP zu 3.2.1(4) [2] in den Erdbebenzonen 1 bis 3 zulässig, sofern es sich um übliche Hochbauten der Bedeutungskategorien I bis III mit nicht mehr als 6 Geschossen und einer maximalen Gebäudehöhe von 20m handelt.

Die für die Duktilitätsklasse DCL einschränkenden Randbedingungen werden vom Programm abgefragt und überprüft.

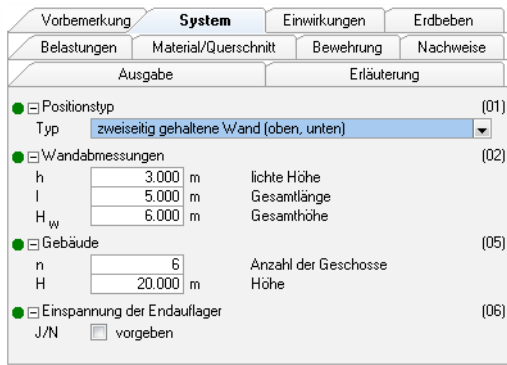


Bild 2. Eingabe der geometrischen Randbedingungen

Der geringen Duktilität der Einzelbauteile wird vorwiegend dadurch Rechnung getragen, dass ein Verhaltensbeiwert von $q = 1,50$ (ungünstigster Wert für Stahlbeton) bei der Ermittlung der Ordinate des Bemessungsspektrums zugrunde zu legen ist. D.h. in der Duktilitätsklasse DCL sind höhere Bemessungslasten anzusetzen als in der Duktilitätsklasse DCM.

Sofern das Modul S033.de zur Lastermittlung verwendet wurde und dort eine Auslegung für DCL gewählt wurde, ist der Verhaltensbeiwert q bereits bekannt und in der Lastermittlung enthalten.

Die Bemessung erfolgt nach den Regeln des EC 2 [3], wobei stets Betonstahl der Klasse B zu verwenden ist.

Duktilitätsklasse DCM

Eine Auslegung für Duktilitätsklasse DCM erfordert einen höheren konstruktiven und rechnerischen Aufwand, hat jedoch den Vorteil, dass aufgrund des höheren Duktilitätsbeiwertes q geringere Lasten aus Erdbeben anzusetzen sind und somit wirtschaftlichere Konstruktionen verwirklicht werden können.

Die einschränkenden Randbedingungen der Duktilitätsklasse DCL gelten für die Klasse DCM nicht.

Folgende, über den EC 2 [3] hinausgehende Anforderungen bestehen an Wände, die für die Duktilitätsklasse DCM ausgelegt werden sollen:

- Beschränkung der bezogenen Normalkraft

$$v_d = \frac{N_{Ed}}{A_c \cdot f_{cd}} \leq 0,4$$

Erdbeben		Auslegung für mittlere Duktilität DCM				
Längskraft Abs. 5.4.3.4.1	Begrenzung der bezogenen Längskraft					
	Ek	Abs.	N_{Ed} [kN/m]	v_d [-]	$v_{d,max}$ [-]	η [-]
5	5	-3636,75	0,257	0,40	0,64	

Bild 3. Nachweis der beschränkten Normalkraft

- Erhöhung der Bemessungsquerkraft

$$V_{Ed} = 1,5 \cdot V'_{Ed}$$

mit

V'_{Ed} rechnerische Querkraft

- Anordnung einer Umschnürungsbewehrung an den Wandenden, deren Wirksamkeit durch folgende Gleichung nachgewiesen wird:

$$\alpha \cdot \omega_{wd} \geq 30 \cdot \mu_\emptyset \cdot (v_d + \omega_v) \cdot \epsilon_{sy,d} \cdot \frac{h}{b_0} - 0,035$$

mit

ω_{wd} auf das Volumen bezogener mechanischer Bewehrungsgrad der umschnürenden Bügel

$$\omega_{wd} = \frac{(l_c + b_0) \cdot \phi_{Bü}^2 \cdot \pi \cdot f_{yd}}{2 \cdot l_c \cdot b_0 \cdot s \cdot f_{cd}}$$

μ_\emptyset erforderlicher Wert der Krümmungsduktilität

$\epsilon_{sy,d}$ Bemessungswert der Dehnung der Zugbewehrung an der Streckgrenze

h_c Brutto-Querschnittshöhe

h_0 Höhe des umschnürten Kerns

b_c Brutto-Querschnittsbreite

b_0 Breite des umschnürten Kerns

α Beiwert für die Wirksamkeit der Umschnürung

$$\alpha = \alpha_n \cdot \alpha_s$$

$$\alpha_n = 1 - \sum_n \frac{b_i^2}{6 \cdot b_0 \cdot l_c}$$

$$\alpha_s = \left(1 - \frac{s}{2 \cdot b_0}\right) \cdot \left(1 - \frac{s}{2 \cdot l_c}\right)$$

$$b_0 = b_w - 2 \cdot c_{nom}$$

b_i Achsabstand der Längsbewehrung ($b_i \leq 300\text{mm}$)

s vertikaler Abstand der Bügel

$$s = \min \left\{ \frac{b_0}{2}; 175\text{mm}; 8 \cdot \phi_{SL} \right\}$$

Umschnürung		Abs.	l_c	ω_v	α	$\epsilon_{cu2,cd}$	ω_{wd}	$\omega_{wd,erf}$	η
Abs. 5.4.3.4.2			[m]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]
5	5	2,38	0,195	0,476	0,031	0,568	0,478	0,84	

Bild 4. Nachweis der Umschnürung

- Verteilung der Umschnürungsbewehrung auf die Länge l_c und über die Höhe h_{cr}

$$l_c = x_u \cdot \left(1 - \frac{\varepsilon_{cu2}}{\varepsilon_{cu2,c}}\right) \geq \max \left\{ \begin{array}{l} 0,15 \cdot l_g \\ 1,5 \cdot h \end{array} \right.$$

mit

$$\varepsilon_{cu2,c} = 0,0035 + 0,1 \cdot \alpha \cdot \omega_{wd}$$

$$x_u = (v_d + \omega_v) \cdot \frac{l_g \cdot h}{b_0}$$

$$\omega_v = \frac{\rho_v \cdot f_{yd}}{f_{cd}}$$

$$h_{cr} = \max \left\{ l_g; \frac{H_w}{6} \right\}$$

$$h_{cr} \leq \begin{cases} 2 \cdot l_g & \text{für } n \leq 6 \text{ Geschosse} \\ 2 \cdot l_w & \text{für } n > 6 \text{ Geschosse} \end{cases}$$

mit

l_g	Länge der Wand
l_w	lichte Geschosshöhe
H_w	Gesamthöhe der Wand

Der auf das Volumen bezogene mechanische Bewehrungsgrad ω_{wd} ist u.a. von der Verteilungslänge der Umschnürungsbewehrung abhängig. Die Verteilungslänge selbst hängt ihrerseits über die Dehnung $\varepsilon_{cu2,c}$ vom auf das Volumen bezogenen mechanischen Bewehrungsgrad ω_{wd} ab, wodurch eine iterative Lösung unter Wahl unterschiedlicher Längs- und Umschnürungsbewehrungsgrade erforderlich wird.

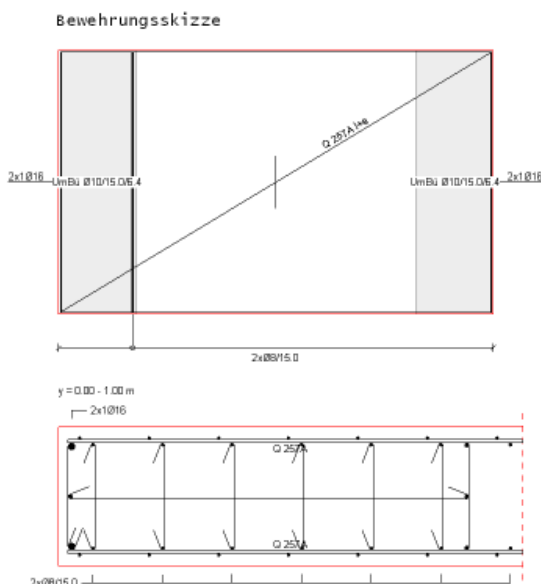


Bild 5. Skizze Umschnürungsbewehrung

Der Iterationsprozess ist in S443.de so optimiert, dass eine Lösung gesucht wird, die mit einem möglichst kleinen Bewehrungsgrad, sowohl für die Längs- als auch für die Umschnürungsbewehrung auskommt.

Nachweis- und Ausgabesteuerung

Um möglichst flexibel den unterschiedlichsten Anforderungen gerecht zu werden, können nahezu alle in den vorangegangenen Kapiteln erwähnten Optionen zur Nachweisführung nach Bedarf zu- oder abgeschaltet werden. Alle Nachweise werden vollständig und prüffähig ausgegeben.

Dipl.-Ing. Sascha Heuß
mb AEC Software GmbH
mb-news@mbaec.de

Literatur

- [1] DIN EN 1998-1:2010-12, Eurocode 8: Auslegung von Bauwerken gegen Erdbeben - Teil 1: Grundlagen, Erdbeebeeinwirkungen und Regeln für Hochbauten.
- [2] DIN EN 1998-1/NA: 2011-01, Eurocode 8: Nationaler Anhang - National festgelegte Parameter - Eurocode 8: Auslegung von Bauwerken gegen Erdbeben - Teil 1: Grundlagen, Erdbeebeeinwirkungen und Regeln für Hochbau
- [3] DIN EN 1992-1-1:2011-01, Eurocode 2: Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken – Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau.
- [4] DIN EN 1992-1-1/NA:2011-01, Eurocode 2: Nationaler Anhang – National festgelegte Parameter - Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken – Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau.
- [5] Fingerloos, F.; Hegger, J.; Zilch, K.: Eurocode 2 für Deutschland – DIN EN 1992-1-1 Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetonbauwerken, Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau mit Nationalem Anhang, Kommentierte Fassung. Berlin: Ernst & Sohn; Beuth, 2012.
- [6] DIN EN 1990:2012-12, Eurocode 0: Grundlagen der Tragwerksplanung; Deutsche Fassung EN1990:2002 + A1:2005 + A1:2005/AC:2010.
- [7] DIN EN 1990/ NA:2012-12, Eurocode 0: Nationaler Anhang – National festgelegte Parameter – Grundlagen der Tragwerksplanung
- [8] Deutsches Institut für Normung e.V.: Handbuch Eurocode 0 – Grundlagen der Tragwerksplanung – Vom DIN konsolidierte Fassung. Berlin: Beuth 2011
- [9] Heuß, S.: Vollständiger Wandnachweis nach EC 2. mb-news Nr. 4/2012. mb AEC Software GmbH.



Aktuelle Angebote

S443.de Stahlbeton-Aussteifungswand mit Erdbebenbemessung – EC 2, DIN EN 1992-1-1:2010-12

490,- EUR

Leistungsbeschreibung siehe nebenstehenden Fachartikel

BauStatik 5er-Paket

890,- EUR

bestehend aus:
5 BauStatik-Modulen deutscher Norm nach freier Wahl

(ausgenommen: S018, S030, S407, S408, S409, S469, S755, S756, S928, S261.de, S403.de, S410.de, S411.de, S412.de, S414.de)

Es gelten unsere Allgemeinen Geschäftsbedingungen. Änderungen und Irrtümer vorbehalten. Alle Preise zzgl. Versandkosten und MwSt. – Hardlock für Einzelplatzlizenz je Arbeitsplatz erforderlich (95,- EUR). Folgelizenz-/Netzwerkbedingungen auf Anfrage. – Stand: Juli 2013

Unterstützte Betriebssysteme:
Windows XP (32), SP3 / Vista (32/64), SP2 / Windows 7 (32/64) / Windows 8 (32/64)

Preisliste siehe www.mbaec.de