Kapitel 31: Berechnung der Schnittgrößen aus den Biege- und Schubspannungen eines 3D-Trägers

Ein 400 mm x 200 mm rechteckiger 3D-Stahlträger mit einer Länge von L = 6000 mm wird mit zwei entgegensetzten Knotenlasten von 24 kN bei I_1 = 2000 mm und I_2 = 3500 mm belastet. Wie groß sind die Biege- und Schubspannungen sowie für die neue Stahlbetonbemessung (siehe Kapitel 32) die Schnittgrößen mit dem maximalen Biegemoment und der maximalen Querkraft.

Schnittgrößen eines 2D-Trägers:



Rechteck-Profil:





Berechnung der Momenten-Linie aus den FEM-Hauptspannungen

Berechnung der Querkraft-Linie aus den FEM-Schubspannungen



3D-Träger generieren

Erzeugen Sie zuerst mit "Neu" und "Neues FEM-Projekt mit Balken-Linien-Modus" ein 200x400-Rechteck mit folgenden 4 Knoten: 0/0, 200/0, 200/400, 0/400.



Anschließend generieren Sie ein 2D-Netz mit Menü "3D-Netzgitter" mit einer Netzdichte in X-Richtung = 9 und in Y-Richtung = 18.

🖳 Netzgitter		3 7	×	4				
Knoten von Kante 1	: 1							
C Knoten von Kante 2	2							
C Knoten von Kante 3	: 3							
C Knoten von Kante 4	: 4							
Kante lö	ichen							
Anzahl Knoten in X-Ric	ntung: 9							
Anzahl Knoten in Y-Ric	ntung: 18						_	
3D-Netzgitter	generieren							
						1		
						R.		

Dannach extrudieren Sie mit dem Register "Netzgenerierung" und mit Menü "Quad-Netze, Verfeinern, Löschen" sowie der Netzdichte in Z-Richtung =121 und einer Z-Objekthöhe = 6000 ein 3D-Netz mit 16320 HEX8-Volumenelementen und 16320 Knotenpunkten.

🖳 Quad-Netze, Verfeinern, Löschen	X
Vierecke Verfeinem Konverter Extrudieren Rotieren Löschen Dr	rehen
Es wird ein Balken-, Dreiecks- oder Vierecksnetz mit Z	Z=0 benötigt.
Knoten in Z-Richtung = 121	
Z-Objekthöhe = 6000	
Wandstärke aus Materialdaten	
DXF UNDO 3D-FEM-Netz erze	zeugen Cancel
	N.N. States

Loslager mit Flächen-Modus erzeugen

Drehen Sie das Modell auf die rechte Seite sowie schräg nach unten und erzeugen mit Register "FEM-Projekt bearbeiten" und Menü "Randbedingungen" um mit "in Y-Richtung" und "Rechteck aufspannen" die rechte untere Kante zu lagern.



Festager mit Knoten-Modus erzeugen

Schalten Sie zuerst mit Register "Ansicht" den Knoten-Modus ein um alle Kanten-Knoten anzuzeigen. Wählen Sie wieder das Register FEM-Projekt bearbeiten" und "Randbedingungen" um mit "Einspannung" und mit "einzelne Knoten anklicken" die linke untere Kante in x-, y- und z-Richtung fest einzuspannen.

💀 Randbedingungen — 🗆	×				1			×
					Flächen	Knoten	Linien	
Anzahl Randbedingungen aktuell: 36 Neu					Anzahl	Eckknote	n = 196	02
Wert der Randbedingung: 1E-10					Kante	en	2	~
Freiheitsgrad sperren:					von:	1		
in X-Richtung in Z-Richtung					bis:	580		
🗌 in Y-Richtung 🛛 Einspannung						Knoten ar	izeigen	
Selectieren				.	Kno	otenbereid	ch erzeu	igen
O Flächenmodus O Rechteck aufspannen		ę.		- i	Kno	tenbereic	n erzeug	len
einzelne Knoten anklicken O alle angezeigten Knoten wählen		l i d <mark>a</mark> i				Flächenk	noten	1
O Koordinatenbereich definieren O alle angezeigten Surfaces wählen		a a calendaria de la cale			Flä	ächen-Ra	ndknoter	n
DB Carbola announ				I	Kno	tenbereic	h lõsche	en
NB-Symbole anpassen				- 1	Kno	otenbereid	:h lösche	ən
particular and a second s					Kn	otenbere	ch ānde	m
RB-Symbole umdrehen RB-Farbe:				.	ĸ	oordinatei	n-Faktor	
				_	Knoten	: 1944	2 E	DIT
Court Film DBs services	_			1	X:	200		
	_ 1			Ī	Y:	0		
RBs löschen				- -	Z:	6000		
				.		oten nume	rieren	
		18 <mark>2</mark>		.	Eler	mente nur	nerieren	
				<u>i</u> .	Eler	mentgrupp	en num	erieren
				Ţ	Las	stwerte an	zeigen	Ν
				1	Kn	oten-Size	editieren	2.
	and the second second			1		Storr Size	- and of Of	
		and the second s	╺┲╼┲╼┲	 <mark>P</mark>			-	
			111					
			100 00 00					

Belastungen mit Koordinatenbereich erzeugen

Aktivieren Sie mit Register "Ansicht" und "Knoten-Modus" den Knoten-Modus.

	🖩 – 🗆 >
	Flächen Knoten Linien
	Anzahl Eckknoten = 19602
🖁 Knotenbereich erzeugen — 🗆 🗙	Kanten ~
Bitte mit der Maus ein Rechteck aufspannen oder einzelner Knoten anklicken!	von: 1 bis: 580
Anzahl Knotenbereich = 0 Neu	Knoten anzeigen
Knotenbereich aus Knotenbereich erzeugen Help	Knotenbereich erzeugen
Selection	Knotenbereich erzeugen
◯ Rechteck aufspannen ◯ Knoten picken	Flächenknoten
◯ Flächenmodell	Flächen-Randknoten
	Knotenbereich löschen
Knotenbereich sichem Knotenbereich erzeugen	Knotenbereich löschen
	Knotenbereich ändern
Kenterstein statistick	Koordinaten-Eaktor

Wählen Sie weiter "Knotenbereich erzeugen" und erzeugen mit der Option "Koordinatenbereich" zwei Koordinatenbereiche an den Stellen Z=2000 und Z=3500.

Koordinatenbereich		×			
von X: 0	bis X: 200				
von Y: 400	bis Y: 401		E Koord	inatenbereich	- 0
von Z: 2000	bis Z: 2000		von X:	0	bis X: 200
Knotenberg	eich erzeugen		von Y:	0	bis Y: 0
L			von Z:	3500	bis Z: 3500
			[Knotenbere	ich erzeugen

Nachdem die Knotenbereiche mit 18 Knoten im Drahtgitter-Modus angezeigt werden wählen Sie Register "FEM-Projekt bearbeiten" und "Knotenbelastung" und

🖳 Knotenlast erzeugen	– 🗆 X
Aktueller Lastfall:	• +
Wert der Knotenlast: 26	366.67 (Einheit z.B. in N)
Freiheitsgrad:	
O X-I	Richtung O Z-Richtung
Selektion:	Richtung
O Flächenmodus	O Rechteck aufspannen
🔘 einzelne Knoten anklig	oken 💿 alle angezeigten Knoten
O Koordinatenbereich de	efinieren 🔿 alle angezeigten Surfaces

erzeugen mit dem Wert = 2666.7 in "Y-Richtung" mit "alle angezeigten Knoten" eine Knotenlast, wobei der Wert aus der Gesamtlast 2x 24 000 N dividiert durch 18 Knoten berechnet wird. Zum Schluß muß das Vorzeichen der ersten 9 Einzellasten mit "Editor" sowie Menü "Freiheitsgrade gegen die Y-Achse gedreht werden.

-	Datei	Ansicht Netzgen	erierung FEM-	Projekt bearbeiten	FEM-An	alyse	Ergebnisauswertun	g Training		
F Belas	tungen [Knotenbelastung Belastungen darsteller 	Randbedingu	1. Randbed ngen 🗹 Randbedir	ingungen ngungen da Knoter	▼ arstellen n-Modus a	Elementgruppen ktiviert	Materialdaten	Editor	6. Belastungen
+		H	thitte		<u> </u>					
	Nr.	Knoten 11343	FHG 2	Wert -2666.67				ii		
	2	11344	2	-2666.67			1444	TTTT		
	4	11496	2	-2666.67				1114-		
	6 7	11499	2	-2666.67 -2666.67		🖳 Freihe	itsgrade ändern			
	8 9	11501 11502	2	-2666.67 -2666.67		Lastfall à	indem: 1			
	10 11	6483 6484	2	2666.67 2666.67		Bereich	für Belastung definiere	vo en: 1	n:	bis:
Aktı Anzi	ueller Lastfa ahl Lasten/ Neuer	il: 1 <	Anzahl Li asttyp: 1	astfälle: 1 Knotenlast	~	Freiheits Freiheit	grade ändem sgrad vorhanden: v>	Neuer Freiheitsgra	ad:	ОК
	Le L	astfall löschen .astfall-Faktor	Lastfälle a Temp	addieren und kopieren eraturlast einlesen		Wert än Wert v	dem orhanden:	Neuer Wert:		
	Fläche Knote	enlast->Knotenlast enlast->Linienlast	Freih	eitsgrade ändem		-2666	67 ->	-2666.67		OK
			ок			Alle Bela Knotenla	istungen die im obigei ast mit doppelten Knol	n Bereich lliegen löscl tenpunkten prüfen	hen	ОК
z,	Ì	×						Cancel		

FEM-Analyse

Die Materialdaten für Stahl sind voreingestellt und müssen darum nicht eingegen werden. Speichern Sie nun den 3D-Träger mit einem Namen auf der Festplatte ab und berechnen mit Register "FEM-Analyse" und dem Quick-Solver die Ergebnisgrößen wie Verschiebungen, Spannungen und Auflagerreaktionen.

Postprocessing

Wählen Sie das Register "Ergebnisauswertung" und das Icon spannungsverteilung auszuwerten.

	Lastfall: 1 V						
Verformungen auswerten	O Auflagerkräfte auswerten						
Knotenspannungen gemittelt							
 Elementspannungen ungemittelt 	 Knotenkräfte auswerten 						
egende							
Raster-Genauigkeit:	Verformungsfaktor/Wertebereich						
	Legende und Farben einstellen						
1 3 4	Knotenwerte picken, suchen, sichem						
rgebnis-Komponente wählen							
v.Mises-Vergleichsspannung	J ~						

v.Mises-Vergleichsspannung

Es wird eine max. v.Mises-Vergleichsspannung von 5.9 N/mmm² angezeigt, diese ist aber eine zu hohe Spitzenspannung aufgrund der punktuellen Knotenlast.



Schnitt-Surfaces erzeugen

Diese Sekundärspannungen können mit einem Knotenbereich ausgeblendet werden. Wählen Sie dazu im Flächen-Modus das Menü "Schnitt-Surfaces" und definieren einen Koordinatenbereich an der Stelle X= 0 - 200 / Y= 100 - 401 / Z = 3500 - 3500 oberhalb der Knotenlast. Mit Schritt 2 erzeugen Sie daraus die Schnitt-Surfaces, die dann mit Schritt 3 als lokale Spannungsverteilung dargestellt werden können.

Maximale Biegespannung

LASTFALL= 1			
Maximale Hauptspannung S1			
2.7477			
2.3522			
1.9566			
1.5611		Schritt 1: Knotenbereich erze	ugen oder einladen
1.1655			
0.7700		Schritt 2: Schnitt-Surfaces aus Kr	notenbereich erzeugen
0.3744		Querschnittsfläche Knotenbereich A (mr	n ^a) = 84705.8
-0.0211		· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·	
Bearbeiten - +	11111 A	nur Spannungswerte des Knotenben	eiches auswerten
	///	Schritt 3: Postprocessing mit	: Schnitt-Surfaces
	🔣 Koordinatenbereich — 🗆 🗙	Colored Conference of the sec	Paladar and other and
	von X: 0 bis X: 200	Schnitt-Surraces sichem	Einlagen und editieren
	von Y: 100 bis Y: 400.0001	Schnitt-Surfaces löschen	HELP
	von Z: 3500 bis Z: 3500	Cancel	
	Knotenbereich erzeugen		

Die maximale Biegespannung S1 beträgt 2.75 N/mm² bzw. 2750 kN/m²

Maximales Biegemoment

Wird die max. Biegespannung mit dem Flächenträgheitsmoment multipliziert und durch den Abstand der neutralen Faser von 200 mm dividiert erhält man das maximale Biegemoment von **14.7 kNm**.



$$\sigma = \frac{M}{I} \cdot z$$
$$M = \frac{\sigma}{z} \cdot I$$