

Ermüdungsnachweis von Stahlbetonschalenelementen

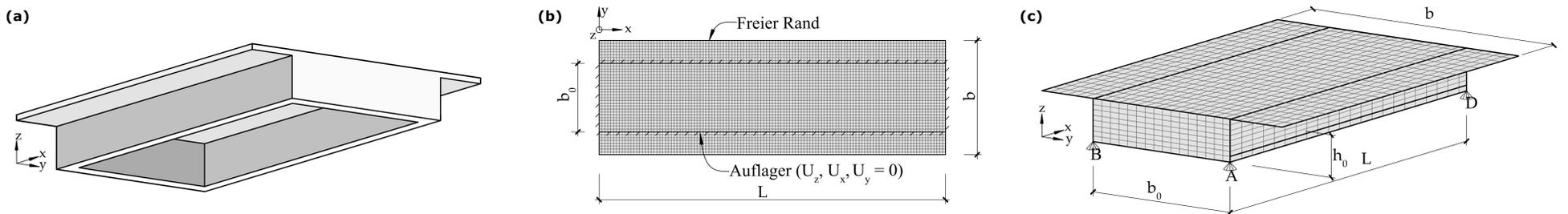


Bild 1: Tragwerksmodellierung offener Brückenquerschnitt: (a) Isometrie; (b) Plattenmodell; (c) Schalenmodell.

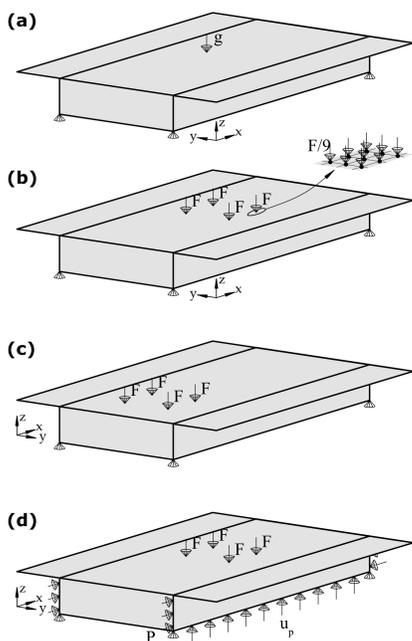


Bild 2: Übersicht der Lastfälle: (a) Unterlast; (b) Oberlast in Brückenmitte; (c) Oberlast im Auflagerbereich; (d) Vorspannung.

Modellbildung

- Plattenmodell
- Schalenmodell

Schnittkraftberechnung

- lineare elastische Finite-Element-Methode
- nicht lineare Finite-Element-Methode

Ermittlung der Stahlspannung

- Normalmomenten-Fließbedingung
- Sandwichmodell
- Schichtenmodell

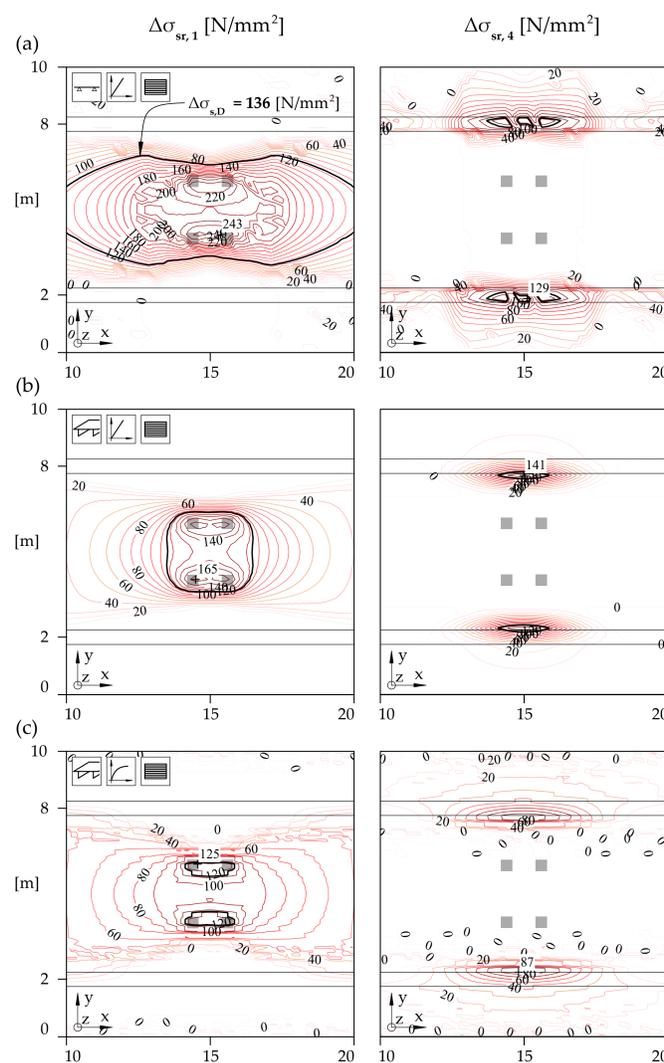


Bild 3: Stahlspannungsamplitude Oberlast in Brückenmitte: (a) bis (c) Schichtenmodell; (d) und (e) Näherungsverfahren.

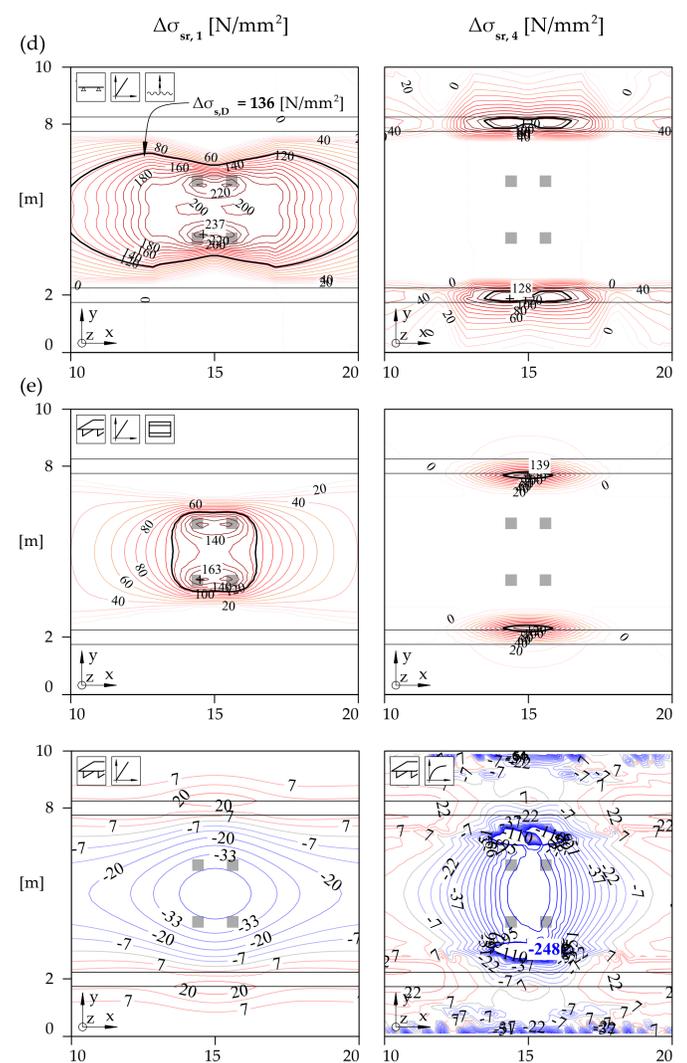


Bild 4: Membranspannungen n_y : (a) el.-FE-Analyse; (b) nl-FE-Analyse.

Problemstellung

Der Nachweis des Grenzzustandes Typ 4 (Ermüdung) kann entsprechend der normativen Regelungen des Öfiteren nicht erbracht werden. Gründe dafür sind vor allem konservative Annahmen. Für die Ermittlung der Schnittkräfte werden oft vereinfachte Tragwerksmodelle verwendet, die weiterhin konservative Annahmen für den Widerstand erfordern. Das Gefährdungsbild der Ermüdung bei Stahlbetonbauteile beschränkt sich primär auf die Bewehrung.

Der Ermüdungsnachweis basiert darin die Spannungsamplitude respektive die Spannungen infolge einer Unter- und einer Oberlast zu begrenzen, weshalb die Stahlspannung zu ermitteln ist. Dieses erfordert jedoch eine realitätsnahe Abbildung der Ein- und Auswirkungen. Dennoch werden in der Praxis Methoden für die Ermittlung der Stahlspannung angewendet, welche mecha-

nisch auf der Plastizitätstheorie basieren. Das sind die Normalmomenten-Fließbedingung und das Sandwichmodell.

Lösungskonzept

Um den Einfluss der Modellbildung aufzuzeigen, werden für die Ermittlung der Schnittkräfte zwei Tragwerksmodelle eines offenen Brückenquerschnitts erstellt [Bild 1]. Zum einen wird nur die Fahrbahnplatte als Plattenmodell modelliert. Die Stege und Endträger werden dabei als Linienlager idealisiert. Zum anderen wird das gesamte Tragwerk räumlich als Schalenmodell abgebildet. Die Schnittkräfte werden anhand der linearen elastischen FE-Methode bestimmen. Die Stahlspannung und Stahlspannungsamplitude wird anhand einer Unterlast und einer Oberlast untersucht [Bild 2]. Die Unterlast berücksichtigt hauptsächlich die ständigen Einwirkungen, während die Oberlast mit dem Ermüdungslastmodell in Brückenmitte

und im Auflagerbereich angesetzt wird. Die Stahlspannungen werden mit dem Schichtenmodell, der Normalmomenten-Fließbedingung und dem Sandwichmodell berechnet.

Zudem wird das Tragverhalten des räumlichen Modells mit nichtlinearen Werkstoffgesetzen untersucht.

Folgerungen

Aus der elastischen FE-Analysen geht hervor, dass die Membrankräfte einen positiven Einfluss auf die Stahlspannungen haben. So nehmen die Stahlspannungsamplituden mit dem Schalenmodell, welche einer Biege- und Membranbeanspruchung ausgesetzt ist [Bild 3 (b)], im Vergleich zur Analyse mit dem Plattenmodell, die eine reine Biegebeanspruchung erfährt [Bild 3 (a)], um ca. 32% ab. Die Stahlspannungsamplituden mit den Näherungsverfahren [Bild 3 (d) und (e)] zeigen einen ähnlichen Verlauf der Intensi-

tät der Stahlspannung.

Der Steifigkeitsabfall der Stege und der Fahrbahnplatte nach der Rissbildung führt zu einer Kraftumlagerung, welche nur mit der nlFe-Analyse berücksichtigt werden kann. So kommt es zu einer unterschiedlichen Abtragung der Schnittkräfte (M, N, V). Zudem sorgen bei der nlFe-Analyse die Kragarme dafür, dass eine Druckmembrankraft [Bild 4 (b)] aufgebaut werden kann, welches sich positiv auf die Stahlspannung [Bild 3 (c)] auswirkt und Tragreserven mobilisiert.

Afrim Esadi

Advisor:
Prof. Dr. Karel Thoma

Experte:
Dr. Marius Weber