

Spezifikation

Dieser Artikel beschreibt die Möglichkeiten des SOFISTIK Programmes ASE bei der Berechnung von Brandlasten auf Schalenträgerwerke, z.B. bei Brand in einem Tunnel.

Die Brandlast erzeugt eine zeitabhängige nichtlineare Temperaturverteilung über die Bauteildicke. Diese kann für jeden Zeitschritt je Schalenelement (QUAD) separat z.B. in Abhängigkeit vom Abstand zum Brandherd eingegeben werden. In oben dargestelltem Beispiel wird die räumliche Ausdehnung des Brandes durch eine hohe Temperaturlast in 4 QUAD Elementen definiert. 12 an diesen Brandherd anschließende QUAD Elemente erhalten eine geringere Temperatur, um einen Übergangsbereich zu schaffen.

Die Schalenelemente erhalten in Abhängigkeit der Schichttemperatur eine Temperaturschwindung, die in AQUA nichtlinear frei definierbar ist (siehe quads_on_fire_1.dat). Die Bewehrung kann dabei andere Temperaturschwindungen als der Beton berücksichtigen. Die Temperatur in der Bewehrung wird aus der Verteilung über die Bauteildicke abgegriffen.

In der nichtlinearen Berechnung der Schichten wird anschließend eine temperaturabhängige Arbeitslinie für den Beton und die Bewehrung abgefahren. Eine Schädigung im Druckbereich, die Rissbildung im Zugbereich sowie die Mitwirkung des Betons zwischen den Rissen (tension stiffening) wird dabei abgespeichert und im nächsten Zeitschritt bzw. Lastschritt als Vorschädigung angesetzt.

Materialeingabe

In AQUA können für verschiedene diskrete Temperaturen Arbeitslinien und Temperaturdehnungen definiert werden. In der ASE Berechnung wird dann einfach zwischen zwei Arbeitslinien interpoliert.

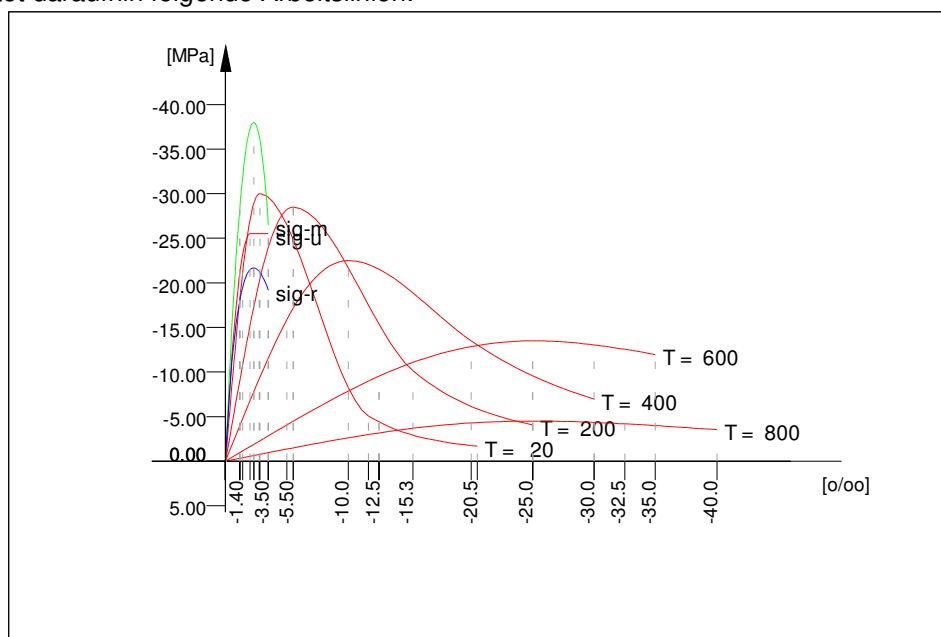
Die Materialeingabe aus dem Beispiel quads_on_fire_1.dat setzt hier eine eigene Temperaturausdehnungskurve (ohne Eingabe von EPST würde AQUA eine normenspezifische Kurve erzeugen).

```

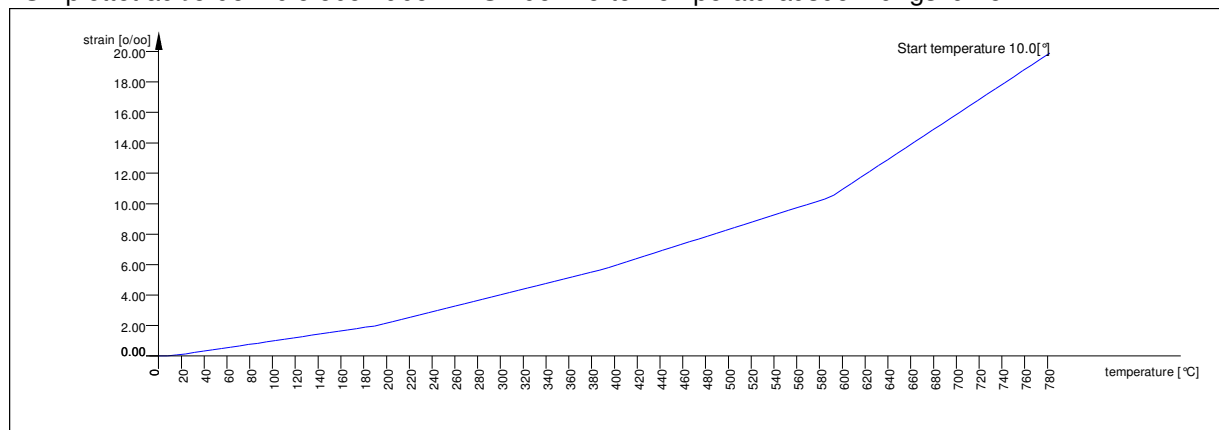
+PROG AQUA
KOPF Brand-Temperaturlasten auf ASE QUAD Schalenelemente
NORM DIN 1045-1
BETO 1 C 30
ARBL BRUC TEMP 20 EPST 0*1.0E-5
ARBL BRUC TEMP 200 EPST 180*1.1E-5
ARBL BRUC TEMP 400 EPST 380*1.5E-5
ARBL BRUC TEMP 600 EPST 580*1.8E-5
ARBL BRUC TEMP 800 EPST 780*2.6E-5

```

AQUA plottet daraufhin folgende Arbeitslinien:



ASE plottet außerdem die oben über EPST definierte Temperaturexpansionskurve:



Zu beachten ist, dass die Berechnung üblicherweise mit temperaturabhängigen nichtlinearen Materialarbeitslinien erfolgt und der Spannungszuwachs dann bei hohen Temperaturen eher abfällt als ansteigt (obwohl der Dehnungszuwachs in obigem Bild bei hohen Temperaturen ansteigt).

Temperatureingabe

Die Eingabe der über die Quaddicke nichtlinearen Temperaturverläufe erfolgt in SOFILOAD mit QUAD...typ=TEMP...Z0. Die z-Werte sind in Meter gemessen von der Elementmitte einzugeben. In unten stehendem Beispiel soll ein 40 cm dickes QUAD belastet werden. Nach der Eingabe des ersten Elementes (hier 501) mit den Temperaturdaten kann das nächste Element mit == die Eingaben der vorigen Zeile übernehmen:

```
+PROG SOFILOAD
KOPF
LF 101 BEZ 'Erster Temperaturschritt'
QUAD 501 TYP TEMP 1 Z0 -0.20 10 $$
                        -0.10 10 $$
                        -0.00 10 $$
                        +0.06 13 $$
                        +0.12 20 $$
                        +0.17 70 $$
                        +0.19 90 $$
                        +0.20 120

601 ==
602 ==
701 ==
```

Nach der Berechnung mit ASE können die Temperaturverläufe im Animator über Element Info geplottet werden (mit nächster Animator Version).

In der ASE Ausgabe erscheinen Sie in der Tabelle der Layerspannungen bei ECHO SCHN VOLL. Dabei ist xi=-1 die Elementoberseite und xi=+1 die Elementunterseite (positive lokale z Achse):

```
LAYERELEMENT - SPANNUNGEN
Lastfall 301 NONLINEAR
Element xi MNR sig-x sig-y sig-xy sig-v temp
          [MPa] [MPa] [MPa] [MPa] [°C]
1 -1.000 1 -3.26 -3.25 0.00 3.25 10.00
  -0.842 1 -1.48 -1.46 0.00 1.47 10.00
  -0.690 1 0.25 0.26 0.00 0.26 10.00
  -0.542 1 1.92 1.94 0.00 1.93 10.00
  ...
  0.782 1 1.95 2.00 0.00 1.98 56.47
  0.848 1 0.01 0.07 0.00 0.06 69.54
  0.904 1 -2.77 -2.72 0.00 2.74 80.78
  0.950 1 -5.08 -5.02 0.00 5.05 89.95
  0.983 1 -11.01 -10.95 0.00 10.98 110.06
  1.000 1 -14.01 -13.96 0.00 13.98 120.00
-0.825 -2 -7.92 10.00
-0.775 -2 -4.32 10.00
  0.775 -2 258.17 55.00
  0.825 -2 267.93 65.00
```

Die vier letzten Zeilen geben die Ergebnisse in den vier Bewehrungslagen wieder.

ASE Steuerparameter

Für nichtlineare Temperaturberechnungen ist eine Eingabe STEU NSCH zwingend. Dabei kann neben der Layeranzahl eine Verdichtung der Layer an einer Seite angefordert werden: STEU NSCH:

- W2 = +1 Elemente an positiver lokaler z-Achse fein unterteilen
- W2 = +2 " feiner unterteilen
- W2 = +3 " noch feiner unterteilen
- W2 = -1 bis -3 : an negativer lokaler z-Achse feiner unterteilen
- Voreinstellung 0 = konstant unterteilen

Mit STEU NSCH W3 kann eine Grundtemperatur der Layer (Ausgangstemperatur) definiert werden. Voreinstellung 20 Grad Celsius. Das hat den Vorteil dass bei der SOFILOAD Eingabe immer die echte momentane Gesamttemperatur eingegeben werden kann.

Nichtlineare Berechnung

Die nichtlineare Berechnung der geschichteten Schalenelemente wird mit

SYST PROB NONL NMAT JA

angefordert. Die Auswahl der Arbeitslinie ist derzeit auf UL und ULD beschränkt, da in AQUA die temperaturabhängigen Arbeitslinien standardmäßig nur hierfür angelegt werden. Es ist daher die Eingabe

DEHN KSV UL oder ULD

zwingend. Mit STEU BETO W3 ... W4 können wie üblich die derzeit noch temperaturunabhängigen Zugfestigkeiten eingestellt werden.

Beispiele

Quads_on_fire_1.dat dient der Kontrolle des Berechnungsverfahrens. Ein einzelnes QUAD Element wird dabei einmal frei verschieblich und einmal eingespannt mit Brand Temperaturlasten beaufschlagt.

Quads_on_fire_2.dat demonstriert die Anwendung auf eine räumliche Tunnelschale. Bitte klicken Sie mit Element Info im Animator ein Element im Bereich der Brandbelastung an und sehen sich die Spannungsverteilung in den Schichten für die verschiedenen Lastfälle an, z.B. für Lastfall 303:

