

## Abbildung periodischer Randbedingungen in ANSYS

Ausgabe: 04 / 2004

### Problemstellung:

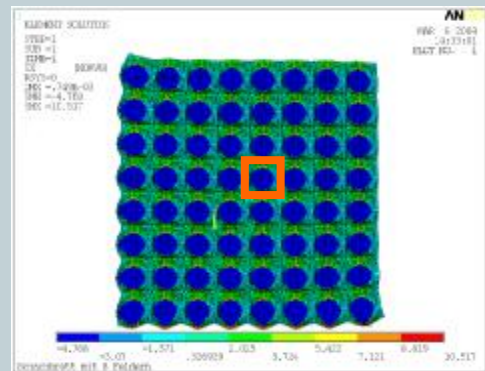
Es soll eine Simulation einer Struktur durchgeführt werden, die sich n-fach in X- und Y-Richtung periodisch wiederholt, ohne dass alle n Unterstrukturen im FE-Modell abgebildet werden müssen.

Dieses Problem tritt in der Praxis z.B. häufig bei der Modellierung von Verbundwerkstoffen auf, die zwar i.d.R. in sich inhomogen sind, jedoch eine regelmäßige innere Struktur (z.B. Glasfaser+umgebendes Epoxidharz) besitzen. Weitere Anwendungsfälle sind Biomaterialien wie Holz, Knochen, etc. aber auch elektronische bzw. optische Komponenten.

Zur Simulation soll ein repräsentatives Volumen (RV) herausgeschnitten und mit korrekten Randbedingungen versehen werden.

### Frage:

Wie modelliert man die Randbedingungen für diese freigeschnittene Teilstruktur?



### Umsetzung:

An den entstehenden Rändern des Modells werden die periodischen Randbedingungen in ANSYS als Constraint Equations (CEs) realisiert.

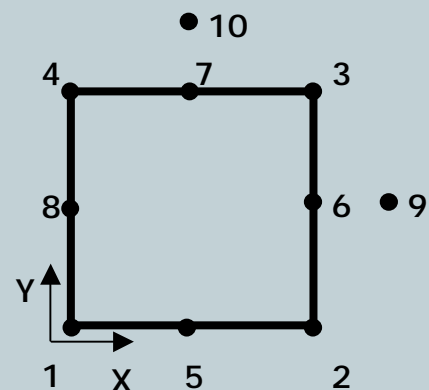
Der rechte Rand kann sich bei einer periodisch in x- und y-Richtung wiederholenden Struktur nicht unabhängig vom linken verschieben. Die Verschiebungsform muss zusammenpassen.

Das bedeutet also zunächst:

$$UX2-UX1=0$$

$$UX6-UX8=0$$

$$UX3-UX4=0$$



Dies ist jedoch eine starre Verbindung der Ränder. So wäre keine Dehnung der Struktur möglich. Um diese Längung korrekt abbilden zu können, ohne auf die gleiche Form des linken und rechten Schnittrandes verzichten zu müssen, ist die Einführung eines Hilfsfreiheitsgrades (hier Knoten 9) zur Aufnahme dieser konstanten Verschiebungsdifferenz zwischen rechts und links notwendig:

$$UX2-UX1=UX9$$

$$UX6-UX8=UX9$$

$$UX3-UX4=UX9$$

## Abbildung periodischer Randbedingungen in ANSYS

Ausgabe: 04 / 2004

### Umsetzung (Fortsetzung):

Gleichungen für die Periodizität zwischen linkem und rechtem Rand:

$$UX2-UX1-UX9=0 \quad (1)$$

$$UX6-UX8-UX9=0 \quad (2)$$

$$UX3-UX4-UX9=0 \quad (3)$$

(Analog für UY)

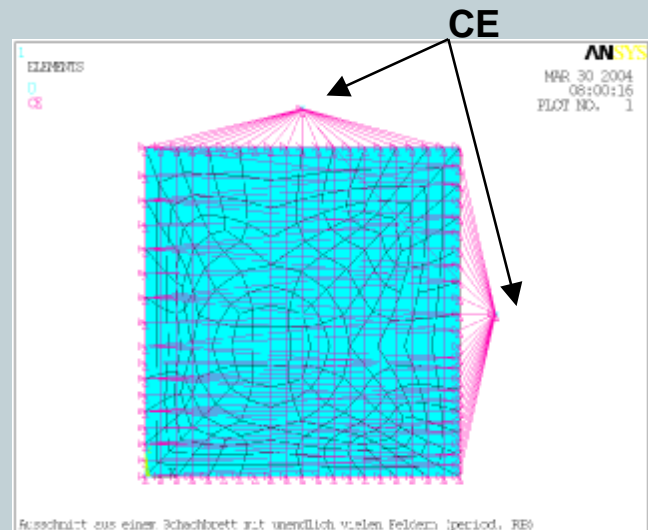
Gleichungen für die Periodizität zwischen unterem und oberem Rand:

$$UX4-UX1-UX10=0 \quad (4)$$

$$UX7-UX5-UX10=0 \quad (5)$$

$$UX3-UX2-UX10=0 \quad (6)$$

(Analog für UY)



Die CEs können über das Kommando CEINTF automatisch generiert werden.

Mit dieser Methode ist sichergestellt, dass auch für nicht-koinzidente Knoten links und rechts die korrekten Gleichungen automatisch geschrieben werden. Einzelheiten können dem Inputfile period-rb.inp (s. später) entnommen werden. Im wesentlichen werden zu diesem Zweck die Knoten des linken Randes nach rechts geschoben und in diesem Zustand dann das CEINTF-Kommando mit den selektierten Knoten des linken Randes und den Elementen des rechten Randes für die FG UX und UY ausgeführt. Anschließend werden die Knoten wieder zurückgeschoben.

Sämtliche so generierten CEs müssen nun lediglich noch um den zusätzlichen FG UX9 erweitert werden, der über ein Dummy-Element MASS21 eingeführt wird.

Analoges Vorgehen für unteren und oberen Rand.

### Sonderbehandlung der Eckknoten:

Eckgleichungen für UX noch einmal hingeschrieben:

$$UX2-UX1-UX9=0 \quad (1)$$

$$UX3-UX4-UX9=0 \quad (3)$$

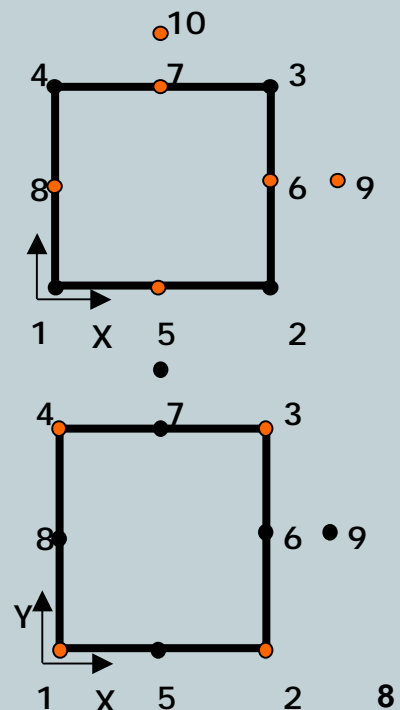
$$UX4-UX1-UX10=0 \quad (4)$$

$$UX3-UX2-UX10=0 \quad (6)$$

An den Ecken (Gl. (1),(3),(4),(6)) die Hilfsvariable eliminieren

$$(3)-(1): UX1-UX2+UX3-UX4=0 \quad (1^*)$$

$$(6)-(4): UX1-UX2+UX3-UX4=0 \quad (6^*)$$



## Abbildung periodischer Randbedingungen in ANSYS

Ausgabe: 04 / 2004

### Sonderbehandlung der Eckknoten (Fortsetzung):

Das sind offensichtlich keine unabhängigen Gleichungen, sondern zwei identische Beziehungen

- ⇒ Overconstrained
- ⇒ Überbestimmung des Gleichungssystems
- ⇒ linear unabhängige Gleichungen sind zu ermitteln

### ANSYS Umsetzung:

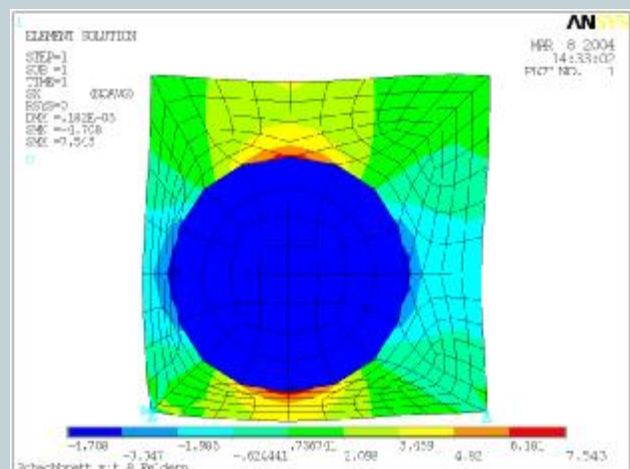
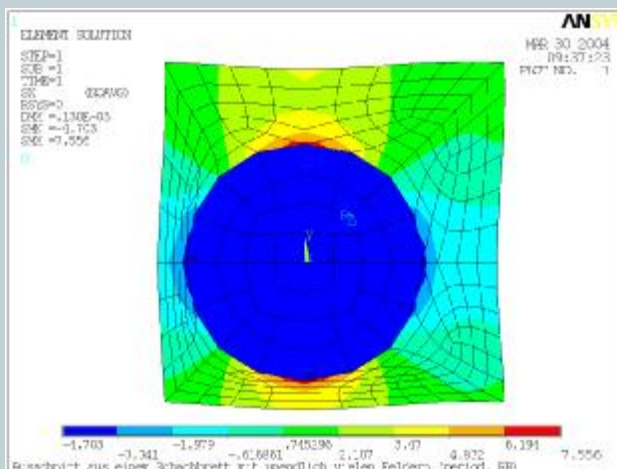
CEs können in ANSYS zwischen linkem und rechtem Rand per CEINTF generiert werden. Versucht man dasselbe daraufhin zwischen unterem und oberem Rand, führt der auf der vorherigen Seite besprochene Overconstraint-Zustand (Überbestimmtheit des Gleichungssystems) an den nun zweimal mit CEs „angefassten“ Eckknoten zum Ignorieren dieser zweiten CEINTF-Gleichung an eben diesen Eckknoten.

Abhilfe:

Bei der Behandlung des oberen und unteren Randes mit CEINTF werden die oberen beiden Eckknoten deselektiert.

Da aufgrund der Überbestimmtheit ferner eine Eckgleichung der Beziehung unten-oben gestrichen wurde (im Beispiel die für die beiden rechten Eckknoten), ist *eine* Gleichung (im Beispiel die für die beiden linken Eckknoten) nun per CE-Kommando manuell zu ergänzen (s. input file period-rb.ppt).

### Vergleichsrechnung:



Sehr gute Übereinstimmung bei Verwendung von nur 258 Elementen mit periodischer Randbedingung (links) anstelle von 16384 Elementen für das 8x8 Vollmodell (rechts)!

## Abbildung periodischer Randbedingungen in ANSYS

### Weitere Modellierungsaspekte :

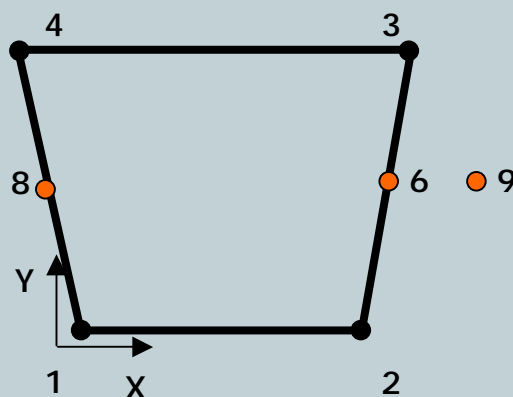
Zur Abbildung eines periodischen **Schublastfalles** ist eine weitere Zwangsbedingung zwischen den beiden MASS21-Knoten notwendig:  $UX_{10}=UY_9$ . Diese unterbindet auch gleichzeitig die Rotation des Modells, womit für eine statisch bestimmte Lagerung nun nur noch ein einzelner Knoten irgendwo im Modell in UX und UY festgehalten werden muss.

Zur Erzeugung dieses Schublastfalles ist nun lediglich eine Einzelkraft an einem Hilfsknoten notwendig: z.B. oberer MASS21-Knoten mit horizontaler Kraft  $FX=1$ .

Soll mit dieser Modellbildung auch **Biegung**, d.h. eine Rotation der momentan lediglich verwölbten Randquerschnitte, erfasst werden bzw. über die Hilfsknoten analog zum Schub per Einzelmoment eingeleitet werden, ist ein zusätzlicher Rotationsfreiheitsgrad am MASS21-Hilfsknoten notwendig und die Gleichungen entsprechend zu ergänzen

$$\begin{aligned} UX_3 - UX_4 &= UX_{10} + NY_3 * ROTZ_{10} \\ UX_2 - UX_1 &= UX_{10} + NY_2 * ROTZ_{10} \end{aligned}$$

so dass ein Gradient in der Verschiebung UX hinsichtlich der Richtung UY ( $dUX/dUY$ ) von ANSYS im Rotationsfreiheitsgrad ROTZ10 erfasst wird.



Für den 3D-Fall ist alles analog übertragbar, es muss lediglich für eine 3D-Periodizität ein weiterer Hilfsknoten generiert und entsprechend eingebunden werden.

### HINWEIS:

Dieser Beitrag entstand im Rahmen der Projektarbeit unseres CADFEM Dienstleistungsbereiches. Unsere Mitarbeiter unterstützen Sie gern bei der Umsetzung Ihrer Berechnungsaufgaben mit ANSYS (Ansprechpartner: [mmoosrainer@cadfem.de](mailto:mmoosrainer@cadfem.de))