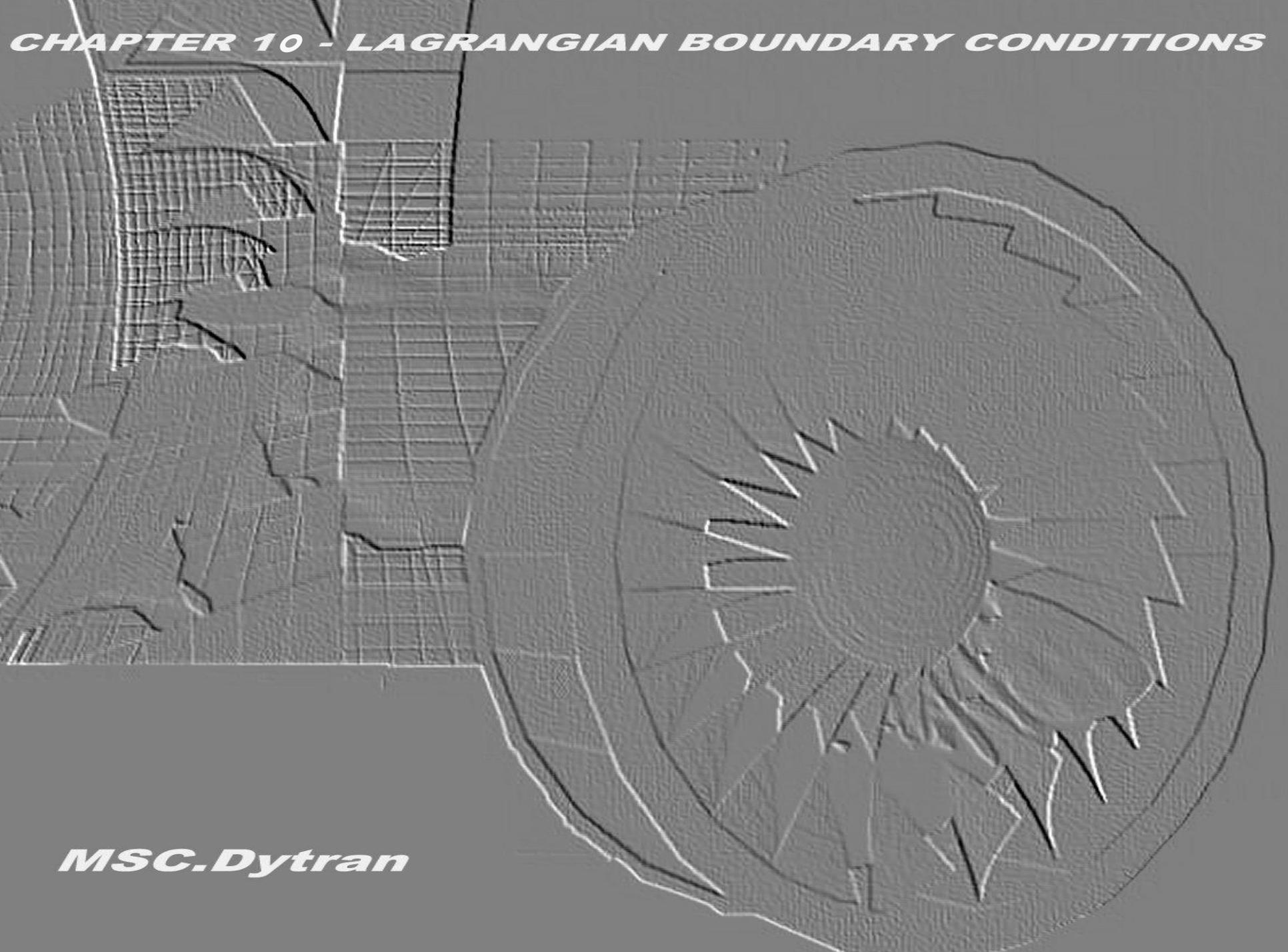


CHAPTER 10 - LAGRANGIAN BOUNDARY CONDITIONS



MSC.Dytran

СОДЕРЖАНИЕ

- ❑ **Закрепление узлов – SPCn**
- ❑ **Вынужденное перемещение – FORCE/MOMENT**
- ❑ **Жёсткие стенки – WALL**
- ❑ **Элементы-связи – RCONN**
- ❑ **Элементы – жёсткие тела**
 - RBE2
 - KJOIN
 - VJOIN

ЗАКРЕПЛЕНИЕ УЗЛОВ

- ❑ Предотвращает движение узла в указанном направлении
- ❑ Операторы Bulk Data, “закрепляющие” узлы, должны быть инициированы оператором Case Control
 - SPC = SID
 - Операторы SPCn раздела Bulk Data, не инициированные операторами Case Control, будут игнорированы
- ❑ Операторы SPC и SPC1 “закрепляют” узлы в той системе координат, в которой вычисляются их перемещения (*в MSC.Dytran – это система координат, в которой задано расположение узлов*)
- ❑ Закрепления узлов могут использоваться для моделирования граничных условий и условий симметрии
- ❑ Закрепляемые компоненты перемещений кодируются цифрами от 1 до 6, например 23 или 156
 - SPC = 100
 - BEGIN BULK
 - ...
 - SPC, 100, 27, 123
 - SPC1, 100, 156, 19, THRU, 28

“ВРАЩАТЕЛЬНЫЕ” ГРАНИЧНЫЕ УСЛОВИЯ

- ❑ Оператор SPC2 используется для задания окружной и радиальной скоростей узлов
- ❑ Операторы SPC2 должны быть инициированы соответствующим оператором Case Control
- ❑ Пример:

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
SPC2	SID	G		TYPE1	VALUE1	NX	NY	NZ	+CONT1
SPC2	1	10		CONSTANT	100.	1.	1.	0.	+CONT1
+CONT1	TYPE2	VALUE2							+CONT2
+CONT1	CONSTANT	0.							+CONT2
+CONT2	G1	G2	THRU	G3	BY	G5	-etc-		
+CONT2	10	13	THRU	56	BY	4			

Узел на оси вращения

Величина и направление угловой скорости

Характеристика закрепления в радиальном направлении

- ❑ Угловая скорость задаётся в РАДИАНАХ в единицах времени

ЗАКРЕПЛЕНИЕ УЗЛОВ В ЛОКАЛЬНЫХ СИСТЕМАХ КООРДИНАТ

- ❑ Оператор SPC3 используется для закрепления узлов в локальной системе координат (которая, в свою очередь, может быть закреплена в другой локальной системе координат)
- ❑ Операторы SPC3 должны быть инициированы соответствующим оператором Case Control
- ❑ Пример:

“Первичная” система координат, в которой закрепляются узлы

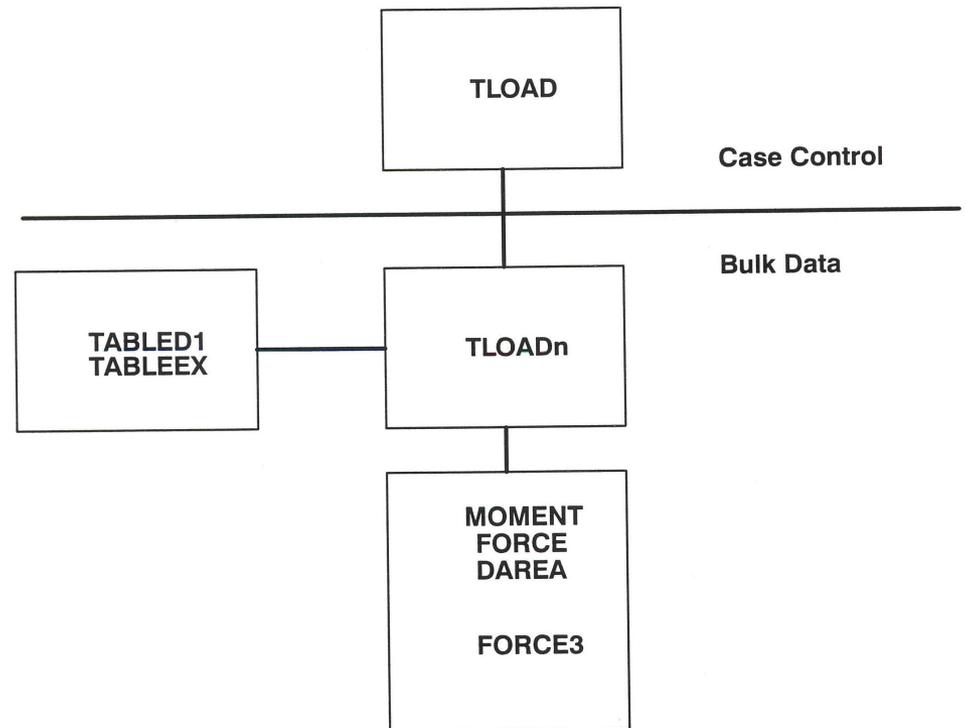
Закрепляемые компоненты перемещения

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
SPC3	SID	CID1	C1	CID2	C2				+CONT1
SPC3	1	5	12						+CONT1
+CONT1	G1	G2	THRU	G3	BY	G4	-etc.-		
+CONT1	5	6	THRU	18	BY	3			

“Вторичная” система координат (в которой может закрепляться “первичная” система координат) и закрепляемые компоненты перемещения “первичной” системы координат во “вторичной”

ВЫНУЖДЕННОЕ ПЕРЕМЕЩЕНИЕ

- ❑ Задаётся *кинематическое* перемещение узлов
- ❑ Задание вынужденного перемещения инициируется при TYPE=2 в операторе TLOADn
- ❑ Операторы TLOADn раздела Bulk Data должны быть инициированы оператором Case Control
- ❑ Вынужденное перемещение может быть задано в локальной системе координат



ВЫНУЖДЕННОЕ ПЕРЕМЕЩЕНИЕ УЗЛОВ

- ❑ Поле 5 (TYPE=2) в операторах TLOAD1 и TLOAD2 определяет, что задаётся вынужденное перемещение
 - TLOAD1, 100, 110, , 2, 120
 - TLOAD2, 100, 110, , 2,0., 10.E-3, 1000., 90.,+
+, 0., 2.
- ❑ Оператор DAREA задаёт поступательную или угловую скорость по *отдельным* составляющим
- ❑ Операторы FORCE и MOMENT задают компоненты поступательной или угловой скорости по всем составляющим
- ❑ Вынужденная скорость может варьироваться во времени (задаётся оператором TABLED1)

```

TLOAD = 100
BEGIN BULK
...
TLOAD1, 100, 110, , 2, 120
TABLED1, 120, , , , , , +
+, 0., 0., 1., 1., ENDT
FORCE, 110, 27, , -6., , 1., 0.
    
```

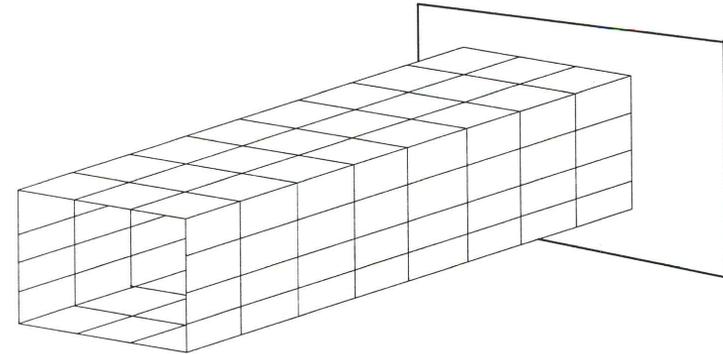
ВЫНУЖДЕННОЕ ПЕРЕМЕЩЕНИЕ

- Поле CORDXXX в операторе FORCE определяет систему координат, в которой задаётся вынужденное перемещение

FORCE, 110, 27, 2, -6., , 1.

ЖЁСТКИЕ СТЕНКИ

- ❑ С помощью оператора WALL моделируется жёсткая плоскость, сквозь которую указанные “slave” узлы “проникать” не могут
- ❑ “Стенка” определяется заданием точки в пространстве и вектором, перпендикулярным к задаваемой плоскости
- ❑ Два типа контакта со “стенкой”
 - PENALTY – допускается внедрение (контактная сила нарастает с увеличением внедрения), трение может быть ненулевым
 - KINEMATIC – узлы “просто” “возвращаются” в плоскость жёсткой стенки, трение отсутствует



```
WALL,101,0.,0.,0.,0.,0.,1.,102,+  
+,PENALTY,0.2  
SET1,102,1,THRU,1999
```

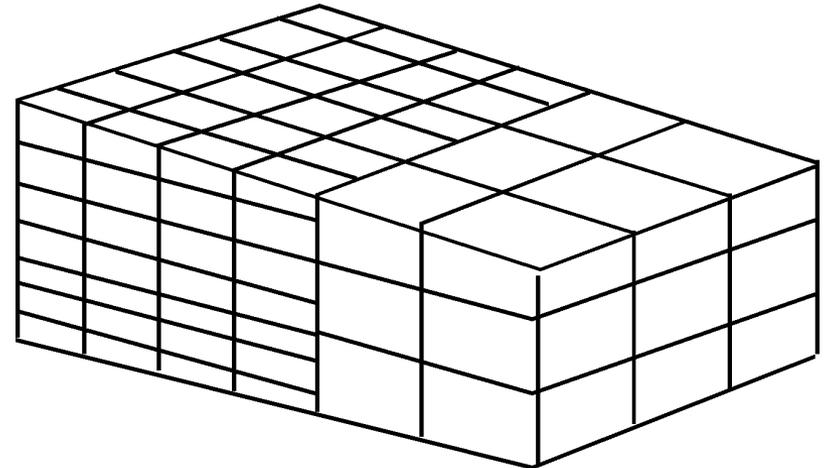
ЭЛЕМЕНТЫ - СВЯЗИ

- ❑ С помощью элементов - связей связываются две *разные* (с разными размерами элементов) конечно-элементные сетки
- ❑ Возможно совмещение сеток из балочных, оболочечных и объёмных элементов без совмещения положения узлов – “заполнение” зазоров между несовпадающими сетками
- ❑ Не рекомендуется применять в зонах, где ожидаются “пики” напряжений или “разрушение” модели
- ❑ Три типа связи:
 - Поверхность – поверхность
 - Узлы – поверхность
 - Ребро оболочки – поверхность оболочки

СВЯЗЬ ПОВЕРХНОСТЬ - ПОВЕРХНОСТЬ

❑ **Две поверхности постоянно связаны между собой**

- **Master-поверхность:** всегда связана с “грубой” сеткой
- **Slave-поверхность:** всегда связана с “подробной” сеткой



❑ **Взаимосвязь сил и скоростей:**

- Силы: *slave-узлы* ⇒ *master-узлы*
- Скорости: *master-узлы* ⇒ *slave-узлы*

❑ **Пример: два объёмных тела связаны между собой посредством общих поверхностей 7 и 8**

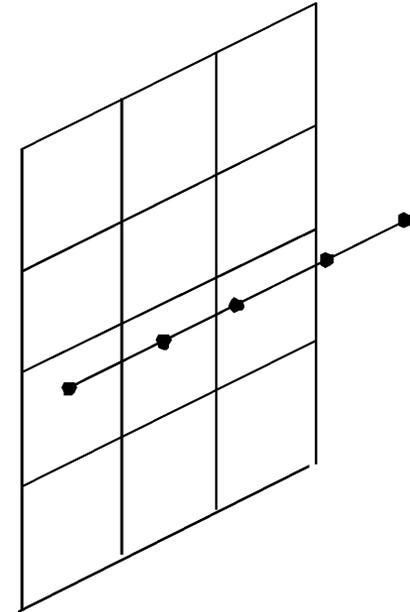
RCNN, 1, SURF, SURF, 7, 8

СВЯЗЬ УЗЛЫ - ПОВЕРХНОСТЬ

- ❑ Связь *отдельных* узлов с поверхностью (в операторе RCONN параметр OPTION=NORMAL)
- ❑ Узлы определяют slave-поверхность, master-поверхность определяется как набор сегментов
- ❑ Связываются только поступательные степени свободы
- ❑ Пример: узлы с 1-го по 10-ый (принадлежащих балочным элементам) связаны с поверхностью 7

RCONN, 1, GRID, SURF, 3, 7, NORMAL

SET1, 3, 1, THRU, 10

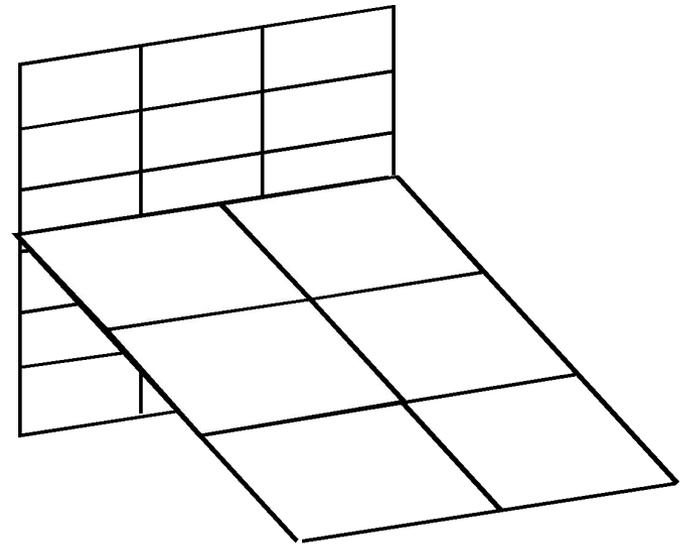


СВЯЗЬ РЕБРО ОБЛОЧКИ - ПОВЕРХНОСТЬ

- ❑ Связь балок или ребер оболочек с поверхностью (в операторе RCONN параметр OPTION=SHELL)
- ❑ Узлы определяют slave-поверхность, master-поверхность определяется как набор сегментов
- ❑ Связываются только поступательные степени свободы
- ❑ Пример: узлы с 1-го по 10-ый (принадлежащих оболочечным элементам) связаны с поверхностью 7

RCONN, 1, GRID, SURF, 3, 7, SHELL

SET1, 3, 1, THRU, 10



ЭЛЕМЕНТЫ - ЖЁСТКИЕ ТЕЛА

- ❑ **Оператор RBE2 задаёт набор узлов, определяющих жёсткое тело**
- ❑ **С помощью этого оператора можно сформировать набор узлов, перемещение которых по указанным направлениям, будут одинаковы**
 - **Может применяться для моделирования неразрушаемых точек сварки**
 - **Пример: узлы с 1-го по 28-ой будут иметь перемещения в направлениях x и z, равные перемещениям по x и z узла 55**
RBE2, 12, 55, 13, 1, THRU, 28
- ❑ **Элемент RBE2 может использоваться наряду с элементами-связями**
 - **Использование вместо перечисления связываемых степеней свободы параметра FULLRIG приводит к тому, что перечисленные узлы “ведут себя” аналогично одному жёсткому телу**
 - **Пример: узлы с 1-го по 28-ой будут “вести себя” как жёсткое тело с именем FR12**

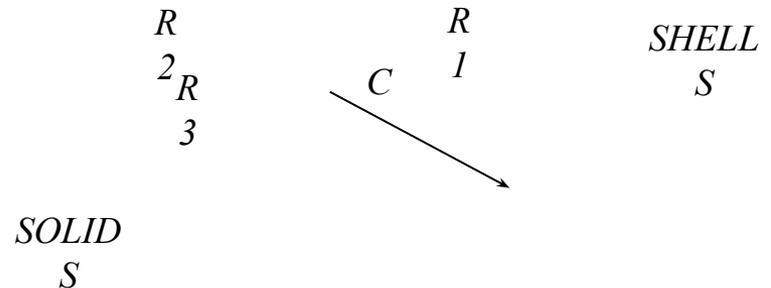
RBE2, 12, 55, FULLRIG, 1, THRU, 28

КИНЕМАТИЧЕСКАЯ СВЯЗЬ

- ❑ **Элемент KJOIN может использоваться для связи оболочки с объёмным элементом (достигается связь по всем степеням свободы)**
 - Элемент JOIN может использоваться в случае, если необходимо связать только поступательные степени свободы
- ❑ **Связывание оболочки и объёмного элемента осуществляется наложением кинематических связей на узлы оболочки**
- ❑ **Пример: элемент KJOIN связывает**

- а) узлы 30, 32, 40, 42, 50 и 52;
- б) узлы, отстоящие друг от друга на расстояние не более $1 \cdot 10^{-5}$

KJOIN,2,333,1.0E-5,,0.5
SET1,333,30,32,40,42,50,52



РАЗРУШАЮЩАЯСЯ СВЯЗЬ

- ❑ Элемент VJOIN может применяться для моделирования связи между узлами балочных или оболочечных элементов с возможностью разрушения
- ❑ Разрушение связи происходит при наступлении соответствующих условий
- ❑ Модели разрушения:
 - По значению силы или момента
 - По значению отдельных компонентов силы или момента
 - “Точка сварки”
 - Пользователя (посредством пользовательской подпрограммы)
- ❑ Узлы, связываемые элементом VJOIN, могут отстоять на некоторое расстояние (моделирование точки сварки)
- ❑ Пример: соединяются элементы, отстоящие не более чем на $1 \cdot 10^{-4}$, разрушение связи при достижении силы $1 \cdot 10^6$

VJOIN, 1, 333, 1.0E-4, FOMO, 1.0E6
SET1, 333, 31, THRU, 2000

