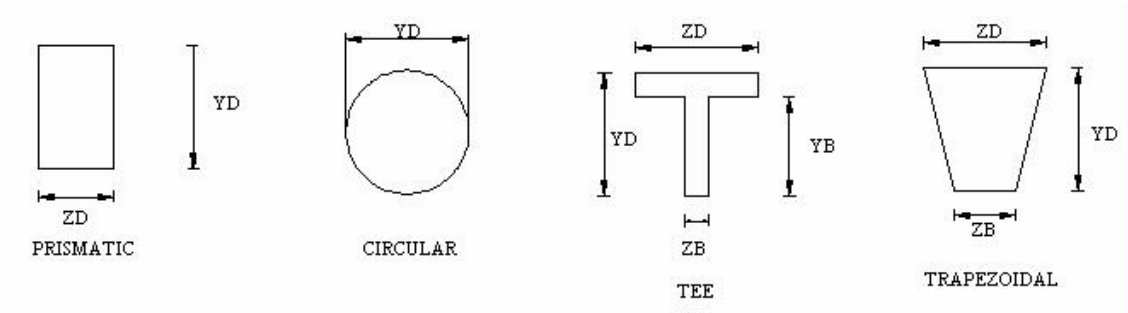
Bài 10:

THIẾT KẾ CẤU KIỆN BÊ TÔNG CỐT THÉP

STAAD khả năng thiết kế hầu hết các loại cấu kiện bê tông cốt thép với mức độ thiết kế rất chi tiết. Khi thiết kế chương trình có khả năng tính toán ra diện tích cốt thép, Chọn các loại thép phù hợp và đưa ra các cách bố trí thép có thể. Chương trình cũng đưa ra cũng như bố trí thép đai theo yêu cầu chịu lực hay cấu tạo. Tại vị trí đầu thanh chương trình sẽ tính neo nếu cần thiết. Kết quả cuối cùng là sơ đồ bố trí thép, số thanh thép, chủng loại thép và trọng lượng thép. Trong mô đun STAAD.Pro chương trình có khả năng thiết kế cấu kiện bê tông cốt thép như dầm, cột, và móng bê tông cốt thép. Tiêu chuẩn thiết kế là ACI 318. STAAD có khả năng lấy nội lực từ quá trình phân tích (phi tuyến hoặc tuyến tính) để thực hiện thiết kế các cấu kiện bê tông cốt thép được chỉ định.

Các loại tiết diện chương trình có khả năng thiết kế

- Đối với dầm Beam Dessign : hình chữ nhật, hình thang và chữ T (Rectangular, trapezoidal, T shape)
- Đối với cột Colunm Dessign: hình chữ nhật, hình thang và hình tròn (Rectangular, Circular)
- Đối với tấm sàn, tường Wall/Plates: các đối tượng sàn tường có chiều dầy xác định (finite elements)



Khi thiết kế các bạn phải dùng đến các tham số, các tham số này có thể khác nhau đối với các bài toán. Các tham số trong STAAD lấy theo tiêu chuẩn thiết kế ACI 318. Nếu không thay đổi các tham số thì chương trình sẽ lấy các giá trị mặc định. Các giá trị này là các giá trị hay thường dùng nhất. Các tham số được ghi ở bảng dưới.

Tham số	Giá trị mặc định	Chú giải
FYMAIN	6000 pound/in^2	Giới hạn chảy của cốt thép chịu lực chính
FYSEC	6000 pound/in^2	Giới hạn chảy của loại vật liệu thép làm cốt thép phụ - cốt đai
FC	4000 pound/inch^2	Cường độ chịu nén trung bình của bê tông - chính là mác bê tông.
CTL, CLB, CLS	1.5 inch	Chiều dày lớp bê tông bảo vệ phía trên, phía dưới và bên cạnh của tiết diện bê tông cốt thép.
MINMAIN	∅4	Đường kính nhỏ nhất (mm) của cốt thép chính
MINSEC	∅4	Đường kính nhỏ nhất (mm) của cốt thép đai.
MAXMAIN	∅18	Đường kính lớn nhất (mm) của cốt thép chính
SFACE	0	Khoảng cách từ nút đầu phần tử tới vị trí tại đó lấy giá trị lực cắt để tính cốt đai
EFACE	0	Giống như SFACE nhưng là tại nút cuối của phần tử .
REINF	0	Thông số cho biết kiểu liên kết của cốt thép đai trong tiết diện, nếu = 0 tức là cốt đai được liên kết buộc. nếu = 1 tức là cốt đai có dạng xoắn ốc
MMAG	1	Hệ số tăng mômen, an toàn có thể lấy giá trị >1.
WIDTH, DEPTH:	*YD	Chiều rộng và chiều cao của tiết diện để tính cốt thép khi thiết kế (mặc định sẽ lấy các giá trị trong phần khai báo Property).
NSECTION	12	Số lượng mặt cắt liên tiếp trên phần tử, tại đó cần phải tìm mômen nguy hiểm nhất để thiết kế
TRACK	0	Thông số cho biết kiểu thể hiện các kết quả tính toán. Track = 0 các kết quả chính được in ra Track = 1 kết quả thông thường;Track = 2 thì tất cả các kết quả chi tiết được thể hiện.

Chú ý

Nếu khi cài chương trình bạn chọn hệ đơn vị dùng là Metric thì khi khai báo đường kính lớn nhất hay nhỏ nhất của cốt thép thì ta khai theo đường kính có trong tiêu chuẩn (4 mm, 6 mm, 8 mm ,12 mm..) chứ không nhập số thanh.

Chương trình STAAD cung cấp hai dạng phân tích là P-Delta Analysis và Perform Analysis. Với kiểu phân tích đầu tiên thì chính xác hơn, bạn không cần nhập hệ số MMAG Tuy nhiên nếu dùng kiểu phân tích này thì các tải trọng đưa vào phải là các trường hợp tải trọng (Primary Load Case) chứ không được phép là các tổ hợp tải trọng (Load Combination). Khi thiết kế độ mảnh đối với cấu kiện chịu nén rất quan trọng, dựa vào liên kết ở hai đầu phần tử, ảnh hưởng của lực dọc, mô men, chuyển vị..chương trình sẽ phân tích nội lực chính xác từ đó thiết kế cấu kiện. Với cách thứ hai là cách phân tích thông thường nên để an toàn người ta đưa vào hệ số tăng mômen MMAG (lấy trị số tính được nhân với hệ số lớn hơn 1). Chi tiết có thể tham khảo tiêu chuẩn ACI - 318 phần 10.10 & 10.11.

Các bước tiến hành

- *Vào sơ đồ kết cấu để phân tích: sơ đồ hình học, thuộc tính vật liệu, điều kiện biên, các tải trọng ...*
- *Chọn các cấu kiện cần thiết kế và gán cho chung kiểu cấu kiện phù hợp (dầm, cột hay bản)*
- *Chọn các thông số thiết kế khác (nếu khác với giá trị mặc định). Bước này là bước rất quan trọng vì đối với mỗi bài toán thiết kế cụ thể thường là các tham số thiết kế khác nhau.*

Thiết kế cấu kiện dầm.

Cấu kiện dầm được tính toán thiết kế để chịu các biến dạng uốn, cắt và xoắn. Chương trình sẽ kiểm tra các trường hợp tải trọng và lựa chọn giá trị lớn nhất để vẽ biểu đồ bao sau đó sẽ thiết kế

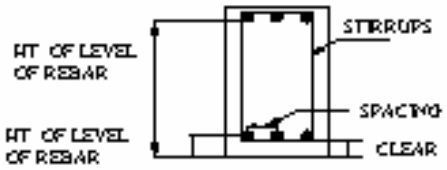
Trong STAAD cốt thép chủ được thiết kế chỉ chịu uốn, chương trình sẽ thể hiện diện tích cốt thép tính được và hàm lượng tương ứng. Nếu kích thước tiết diện không đảm bảo, dẫn tới hàm lượng cốt thép tính toán > hàm lượng cốt thép lớn nhất, chương trình sẽ thông báo lỗi.

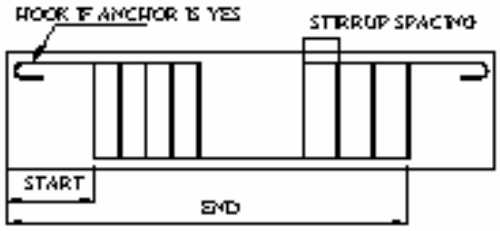
- Chiều cao tính toán của tiết diện (ký hiệu là d) được lấy bằng chiều cao thực của tiết diện - (bề dày lớp bê tông bảo vệ + đường kính cốt thép đai + 1/2 đường kính cốt thép chủ).

- Khi tính toán cốt thép chịu uốn, STAAD chỉ xét tới mômen uốn Mz, bỏ qua mômen uốn My (trong đó y, z là các trục địa phương của tiết diện phần tử thanh). Do vậy khi vào sơ đồ hình học, bạn phải xác định các trục địa phương một cách phù hợp.
- Cốt thép đai trong tiết diện luôn có hai nhánh, được thiết kế để chịu lực cắt và mômen xoắn. Giá trị lực cắt lấy tại các vị trí cách 2 đầu phần tử dầm các khoảng cách (d+SFASE) và (d+EFACE) trong đó d là chiều cao tính toán của tiết diện (được tính sau khi đã xác định và bố trí lượng cốt thép chủ). Nó chính là khoảng cách từ mép tiết diện tới tâm diện tích cốt thép chủ.
- Chiều dài các đoạn thép neo (dạng đường cong hoặc thẳng) được xác định cho từng lớp thép và sẽ tuân theo các chỉ dẫn trong qui phạm tương ứng.

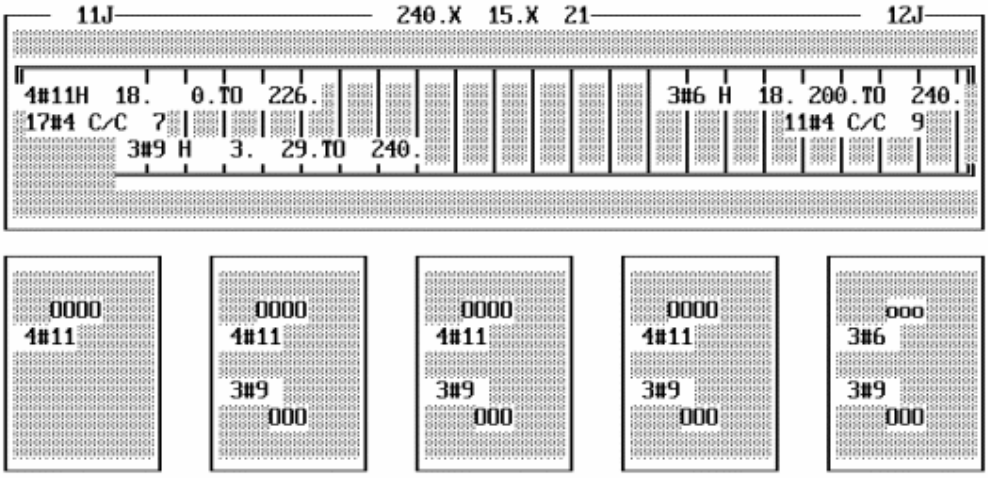
Một số mục trong file kết quả trong thiết kế dầm.

Tham số	Chú giải
LEVEL	Số thứ tự thép (bao gồm một hay nhiều thanh thép).
HEIGHT	khoảng cách từ tâm của một lớp thép tới đáy dầm.
BAR INFO	Số thanh thép và đường kính thanh của lớp thép (ví dụ 3#18).
FROM, TO	Các khoảng cách từ đầu lớp thép và từ cuối lớp thép tới nút đầu dầm.
ANCHOR	Thông số cho biết có neo cốt thép hay không.
ROW	Hàm lượng cốt thép theo tính toán.
ROWMN, ROWMX	Hàm lượng cốt thép nhỏ nhất và lớn nhất căn cứ theo từng qui phạm cụ thể.
SPACING	Khoảng cách đặt thép





```
B E A M  N O.  14  D E S I G N  R E S U L T S -  FLEXURE

LEN -  20.00FT.  FY - 60000.  FC - 4000.  SIZE - 15.00 X 21.00 INCHES

LEVEL    HEIGHT     BAR INFO       FROM            TO          ANCHOR
         FT.   IN.               FT.    IN.     FT.    IN.   STA  END
 ---------------------------------------------------------------------

  1    0 + 2-5/8    3-NUM.9      2 + 4-5/8     20 + 0-0/0    NO   YES
 |-------------------------------------------------------------|
 |   CRITICAL POS MOMENT=    189.77 KIP-FT  AT 12.00 FT, LOAD   1 |
 |   REQD STEEL=  2.48 IN2, ROW=0.0090, ROWMX=0.0214 ROWMN=0.0033 |
 |   MAX/MIN/ACTUAL BAR SPACING=  7.50/ 2.26/ 4.94 INCH          |
 |   BASIC/REQD. DEVELOPMENT LENGTH = 37.95/ 31.42 INCH          |
 |-------------------------------------------------------------|

  2    1 + 6-1/8    4-NUM.11     0 + 0-0/0     18 +10-0/0    YES  NO
 |-------------------------------------------------------------|
 |   CRITICAL NEG MOMENT=    369.86 KIP-FT  AT  0.00 FT, LOAD   1 |
 |   REQD STEEL=  5.47 IN2, ROW=0.0198, ROWMX=0.0214 ROWMN=0.0033 |
 |   MAX/MIN/ACTUAL BAR SPACING=  7.50/ 2.82/ 3.20 INCH          |
 |   BASIC/REQD. DEVELOPMENT LENGTH = 59.20/153.91 INCH          |
 |-------------------------------------------------------------|

  3    1 + 6-3/8    3-NUM.6     16 + 8-1/4     20 + 0-0/0    NO   YES
 |-------------------------------------------------------------|

 |   CRITICAL NEG MOMENT=    105.87 KIP-FT  AT 20.00 FT, LOAD   1 |
 |   REQD STEEL=  1.31 IN2, ROW=0.0047, ROWMX=0.0214 ROWMN=0.0033 |
 |   MAX/MIN/ACTUAL BAR SPACING=  7.50/ 1.75/ 5.13 INCH          |
 |   BASIC/REQD. DEVELOPMENT LENGTH = 16.70/ 27.75 INCH          |
 |-------------------------------------------------------------|
     B E A M  N O.  14  D E S I G N  R E S U L T S - SHEAR

AT START SUPPORT - Vu=   83.90 KIP  Vc=   35.10 KIP  Vs=   63.61 KIP
                   PROVIDE NUM. 4  BARS AT  7.0 IN. C/C FOR  108. IN.
AT END   SUPPORT - Vu=   57.51 KIP  Vc=   35.10 KIP  Vs=   32.56 KIP
                   PROVIDE NUM. 4  BARS AT  9.3 IN. C/C FOR   84. IN.
```



Thiết kế cấu kiện cột.

Cấu kiện cột được tính toán thiết kế để chịu lực dọc và mômen uốn theo 1 hay 2 phương (biaxial moment). Tiết diện cột phải có dạng vuông, chữ nhật hoặc tròn, cốt thép cột được bố trí đều trên tiết diện. tùy thuộc vào thông số TRACK mà dạng thể hiện kết quả sẽ khác nhau.

Các bước thiết kế:

- Bước 1: Tính toán diện tích thép. Trong ACI thì số lượng thép được lấy khởi đầu 1% để thiết kế (bài toán tính lặp)
- Bước 2: Tra bảng chọn thép phù hợp với diện tích thép vừa tính được.
- Tính PNMAX = 0.85 P_0; P_0 là khả năng chịu lực lớn nhất của tiết diện. Chú ý rằng tải trọng trên cột không được vượt quá giá trị PNMAX, nếu vượt quá thì phải tăng hàm lượng thép nhưng không vượt quá trị số 8%. Nếu vượt quá giá trị này thì phải tăng kích thước cột.
- Bước 4: Xác định khả năng chịu uốn theo từng phương M_{ycap}, M_{zcap}.
- Bước 5: Kiểm tra điều kiện

$$\left(\frac{M_{ny}}{M_{ycap}}\right)^{\alpha} + \left(\frac{M_{nz}}{M_{zcap}}\right)^{\alpha} \leq 1.0$$

Nếu cột chịu uốn theo 2 phương thì α = 1.25, theo 1 phương thì α = 1

- Bước 6: Khi điều kiện trên thỏa mãn thì sẽ tìm cách bố trí cốt thép với số thanh thép đã tìm được, kiểm tra lại điều kiện dựa trên sơ đồ bố trí thép hiện tại. Nếu thỏa mãn thì đưa kết quả thiết kế này ra tệp tin kết quả.
- Bước 7: Nếu thỏa mãn thì tăng diện tích cốt thép và làm lại từ bước 2 đến bước 6

Trong File kết quả nếu để tham số TRACK là 1 thì các thông tin sau sẽ được in ra:

P_0	Khả năng chịu nén lớn nhất của cột khi không có mômen
P_{nmax}	Khả năng chịu lực cho phép khi thiết kế =0.85P_0
P- bal	Khả năng chịu kéo trong trạng thái giới hạn
M- bal	Khả năng chịu uốn theo trạng thái giứo hạn
P - ten	Lực kéo cho phép
M_u	Mômen uốn

Dạng File kết quả khi thiết kế cột

```
=========================================================

      C O L U M N   N O.   5   D E S I G N   R E S U L T S

  FY - 60000  FC - 4000 PSI,  SQRE SIZE - 12.00 X 12.00 INCHES, TIED

         AREA OF STEEL REQUIRED =   7.888  SQ. IN.

  BAR CONFIGURATION       REINF PCT.   LOAD   LOCATION   PHI
  -------------------------------------------------------

    8 - NUMBER 9            5.556        2      STA     0.700
  (PROVIDE EQUAL NUMBER OF BARS AT EACH FACE)
```

TRACK 1.0 generates the following additional output.

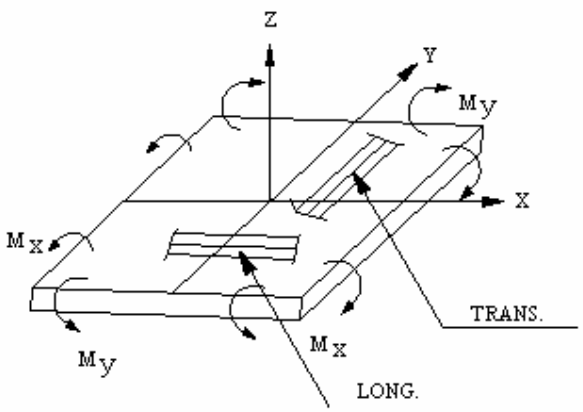
```
   COLUMN INTERACTION: MOMENT ABOUT Z -AXIS (KIP-FT)

  -------------------------------------------------------
    PO        Pn max    P-bal.    M-bal.   e-bal.(inch)
    897.12    717.70    189.56    158.50   10.03
     MO       P-tens.   Des.Pn    Des.Mn     e/h
    137.46   -432.00    323.12      9.88    0.003
  -------------------------------------------------------

      COLUMN INTERACTION: MOMENT ABOUT Y -AXIS (KIP-FT)


    137.46   -432.00    323.12    128.08    0.033
  -------------------------------------------------------
```

TRACK 2.0 generates the following output in addition to all of the above.

```
                              Pn      Mn      Pn      Mn   (@ Z )
            |                210.44  166.60  156.52  170.63
         PO |*               202.41  168.67  149.93  169.69
            | *              194.25  169.97  143.69  168.61
     Pn,max|  *              185.95  170.45  137.80  167.44
            |   *            178.93  171.48  132.25  166.20
     Pn     |    *           163.81  171.74  127.39  165.41
 NOMINAL    |     *           Pn      Mn      Pn      Mn   (@ Y )
  AXIAL     |      *         210.44  166.60  156.52  170.63
 COMPRESSION|       *        202.41  168.67  149.93  169.69
          Pb|-------*Mb      194.25  169.97  143.69  168.61
            |      *         185.95  170.45  137.80  167.44
            |    *           178.93  171.48  132.25  166.20
            |  * MO   Mn,    163.81  171.74  127.39  165.41
            | *   BENDING
     P-tens|*     MOMENT
            |
```

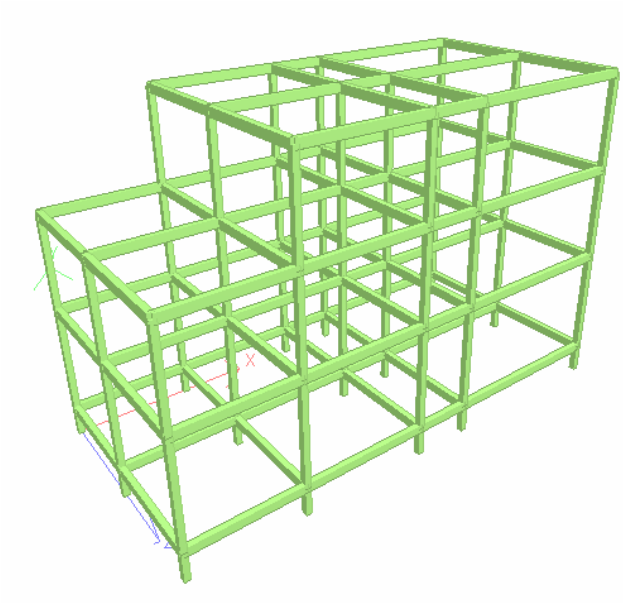
Thiết kế cấu kiện tấm bản.

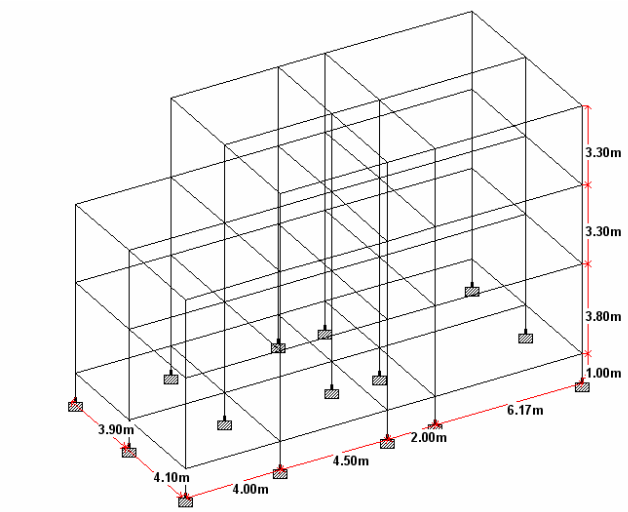
Cấu kiện dạng tấm bản phải được thể hiện dưới dạng phần tử tấm/vỏ (PLATE/SHELL). Cốt thép dọc chịu mômen Mx, cốt thép ngang chịu mômen My (x, y là các trục trong hệ tọa độ địa phương). Với thiết kế tấm bản, bạn chỉ cần vào các tham số FYMAIN, FC và CLEAR




```
ELEMENT FORCES    FORCE,LENGTH UNITS= KIP  FEET
--------------
FORCE OR STRESS = FORCE/WIDTH/THICK, MOMENT = FORCE-LENGTH/WIDTH
ELEMENT  LOAD        QX         QY          MX          MY          MXY
                                FX          FY          FXY

  13      1        0.00       0.04        0.14        0.06        0.00
                             6.05        0.76        0.00
    TOP :  SMAX=     9.35  SMIN=     2.09  TMAX=     3.63  ANGLE=   0.0
    BOTT:  SMAX=     2.74  SMIN=    -0.56  TMAX=     1.65  ANGLE=   0.0
           3        0.00       0.03        0.10        0.04        0.00
                             2.63        0.25        1.46
    TOP :  SMAX=     5.44  SMIN=     0.74  TMAX=     2.35  ANGLE=  18.7
    BOTT:  SMAX=     1.37  SMIN=    -1.81  TMAX=     1.59  ANGLE=  35.5
ELEMENT DESIGN SUMMARY
----------------------

ELEMENT    LONG. REINF      MOM-X /LOAD    TRANS. REINF      MOM-Y /LOAD
           (SQ.IN/FT)     (K-FT/FT)        (SQ.IN/FT)      (K-FT/FT)

  13 TOP :     0.130         0.14 /   1        0.130          0.06 /   1
     BOTT:     0.000         0.00 /   0        0.000          0.00 /   0
```

Vidu:





1- Vật liệu:

2- Tiết diện:

Cột C1: 20x20 cm

D1: 20x30 cm, D2: 20x40 cm

3- Tải trọng:

3.1. Tĩnh tải

- Trọng lượng bản thân cấu kiện

- Trọng lượng tường dày 200 cao 4 m: g^{tc} = 1.1 T/m (tường bao quanh công trình)

- Tĩnh tải: g = 0.3 [T/m^2]

3.2. Hoạt tải: p= 0.2 [T/m^2]

1. Về bê tông:

* Với ACI 318:
Độ bền tính toán fc = (0.85~0.86)*f'c
(f'c: độ bền bê tông hay giới hạn bền)

* Với TCVN 5574 - 1991:
Cường độ tính toán Rn = (0.45~0.42)*R
(R: mác bê tông hay giới hạn bền)

* Qui đổi độ bền của bê tông giữa 2 tiêu chuẩn: f'c = R/1.2

2. Về cốt thép:

* Với ASTM A 615:
Giới hạn chảy: fy = 0.7*(cấp độ bền)*100
(VD: cấp độ bền 40ksi có giới hạn chảy 0.7*40*100= 2800kg/cm2)

* Với TCVN 1651 - 1985:
Giới hạn chảy (cường độ tiêu chuẩn): Rac = Ra*1.15
(Ra: Cường độ tính toán gốc của cốt thép VN)

có thể chuyển đổi giữa mác bê tông theo TCVN (M) và cường độ chịu nén đặc trưng của bê tông theo ACI (f'c) theo công thức gần đúng sau:
f'c=0.75xM/1.2=0.62M (*)
(thường dùng f'c = (0.6 ~ o.65)M).
dẫn giải như sau:
Cường độ tiêu chuẩn của BT theo TCVN la Rtc =An.Rn(1-1.64v)
Với Rn: giá trị trung bình của cường độ các mẫu thử chuẩn - chính là mác bê tông M.
v: hệ số biến động của cường độ BT, nếu thiếu số liệu thống kê, lấy v =0.15 (theo TCVN).
An: hệ số đưa độ bền của mẫu thử sang độ bền của kết cấu.
Do vậy không xét hệ số này trong quá trình chuyển đổi.
Như vậy sau khi xử lý thống kê, bê tông (TCVN) có cường độ là
R = M(1-1.64x0.15)= 0.75M
Xét tới yếu tố cường độ mẫu lập phương (15x15x15cm) bằng khoảng 1.2 cường độ mẫu lăng trụ 6x12in. (Giá trị này càng giảm về 1 khi cường độ BT càng cao), ta có thể suy ra công thức (*).
Tuy nhiên đây chỉ là công thức gần đúng vì cách xử lý thống kê của 2 tiêu chuẩn TCVN và ACI khác nhau. (Theo ACI để có được BT có cường độ chịu nén đặc trưng tiêu chuẩn là f'c, thì phải đảm bảo (i) giá trị trung bình của 3 cặp mẫu thí nghiệm liên tiếp bất kỳ luôn > hoặc = f'c với xác suất đảm bảo là 99% và (ii) không có giá trị trung bình của cường độ của cặp thí nghiệm nào thấp hơn f'c 500psi hoặc 0.1f'c khi lần lượt f'c < 5000psi hay >5000psi với xác suất đảm bảo là 99%).

Tài liệu tham khảo: ACI 318 -02, TCVN, website: www.reiworld.com, www.ketcau.com