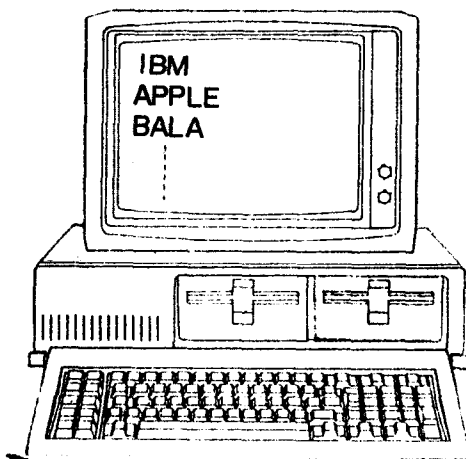


土木工程小品程式集

林進山 編著



總經銷：總源書局

版 權 所 有
印 翻 勿 請

土木工程小品程式集

編著者：林進山 定 價：新台幣 170元

發行者：林進山 (郵撥：150元)

住 址：台南縣永康鄉富強路二段19巷14弄14號

電 話：(06) 2712180 2690320

郵 撥：0390108-6 (林進山)

總經銷：總源書局

門市部：台南市青年路53號

電 話：(06) 2282420

郵 撥：03163375號

中華民國七十七年七月初版

自 序

本書程式乃參攷各版本 BASIC 電腦語言編寫而成，可於各種機型電腦上使用。且採用結構化觀念設計，流程簡明；易於研讀。內容包括各種 RC 樑、柱、版、基礎、承重牆、剪力牆之設計分析；以及公路定曲線、導線測量平差計算、土壓力分析、橋樑墩台分析、沈陷量計算——等。適合土木、建築相關科系同學研習例題及工程從業人員輔助設計之應用。本書以介紹程式為主，理論部份請參閱下列專書。因著者才疏學淺，缺失在所難免，尚祈先進專家不吝指正。謝謝！

編著者謹識於 1988.06.30

參攷書籍：

- 一 蘇慧憲著——鋼筋混凝土（三民書局）
- 二 張志超編著——鋼筋混凝土學總整理（文笙書局）
- 三 建築技術規則——建築構造編

程 式 目 次 表

1

- | | |
|-----------------------------|-----------------------------|
| 1. --- U.S.D 設計單筋矩形樑 | 2. --- U.S.D 分析單筋矩形樑 |
| 3. --- U.S.D 設計雙筋矩形樑 | 4. --- U.S.D 分析雙筋矩形樑 |
| 5. --- U.S.D 設計單筋 T (I) 形樑 | 6. --- U.S.D 分析單筋 T (I) 形樑 |
| 7. --- U.S.D 設計雙筋 T (I) 形樑 | 8. --- U.S.D 分析雙筋 T (I) 形樑 |
| 9. --- U.S.D 柱設計 | 10. --- U.S.D 柱分析 |
| 11. --- U.S.D 版鋼筋設計 | 12. --- U.S.D 承重牆設計 |
| 13. --- U.S.D 樑箍筋設計 | 14. --- U.S.D 受撓柱剪力設計 |
| 15. --- U.S.D 樑抗扭與抗剪 | 16. --- U.S.D 深樑剪力設計 |
| 17. --- U.S.D 牆基礎設計 | 18. --- U.S.D 矩形基礎設計 |
| 19. --- U.S.D 剪力牆設計 | 20. --- 樑受線性載重之固端彎矩計算 |
| 21. --- W.S.D 設計單筋矩形樑 | 22. --- W.S.D 分析單筋矩形樑 |
| 23. --- W.S.D 設計雙筋矩形樑 | 24. --- W.S.D 分析雙筋矩形樑 |
| 25. --- W.S.D 設計單筋 T (I) 形樑 | 26. --- W.S.D 分析單筋 T (I) 形樑 |
| 27. --- W.S.D 設計雙筋 T (I) 形樑 | 28. --- W.S.D 分析雙筋 T (I) 形樑 |
| 29. --- W.S.D 柱設計 | 30. --- W.S.D 柱分析 |
| 31. --- W.S.D 版設計 | 32. --- W.S.D 受撓柱剪力設計 |
| 33. --- W.S.D 牆基礎設計 | 34. --- W.S.D 矩形基礎設計 |
| 35. --- W.S.D 樑箍筋設計 | 36. --- 細長柱效應分析 |
| 37. --- 樑撓度計算 | 38. --- 側向土壓力分析 |
| 39. --- 公路定曲線測量 I | 40. --- 公路定線測量 II |
| 41. --- 閉合導線測量平差 | 42. --- 附合導線測量平差 |
| 43. --- 倍經距法求面積 | 44. --- 土壤容許承載力分析 |
| 45. --- 土壓沉陷量計算 | 46. --- 樁群之容許承載力分析 |

附表一。中國國家標準規定之鋼筋尺寸。

編號 (分)	單位重量 (kg/m)	圓竹節鋼筋之標準尺寸		
		直徑(mm)	斷面積(mm ²)	周長(mm)
2	0.249	6.35	31.67	19.95
3	0.559	9.53	71.33	29.94
4	0.994	12.70	126.68	39.90
5	1.550	15.90	198.56	49.95
6	2.240	19.10	285.52	60.00
7	3.050	22.20	387.08	69.74
8	3.980	25.40	506.71	79.80
9	5.060	28.70	646.93	90.16
10	6.410	32.20	814.33	101.16

附表二。美國材料試驗學會規定之鋼筋尺寸。

編號 (號)	單位重量 (#/ft)	圓鋼筋之標準尺寸		
		直徑(in)	斷面積(in ²)	周長(in)
#3	0.376	3/8	0.11	1.178
#4	0.668	4/8	0.20	1.571
#5	1.043	5/8	0.31	1.963
#6	1.502	6/8	0.44	2.356
#7	2.044	7/8	0.60	2.749
#8	2.067	1-	0.79	3.142
#9	3.400	1-1/8	1.00	3.544
#10	4.303	1-2/8	1.27	3.990
#11	5.313	1.410	1.56	4.430
#14	7.650	1.693	2.25	5.320
#18	13.600	2.257	4.00	7.090

極限強度設計法 (簡稱 U . S . D)

一符號定義

- f_c' — 混凝土28天之圓柱試體抗壓強度。
 f_c — 混凝土之壓應力。
 f_y — 鋼筋之極限拉應力。
 ϵ_c — 混凝土之應變。
 ϵ_s — 鋼筋之應變。
 E_c — 混凝土之彈性模數： f_c / ϵ_c 。
 E_s — 鋼筋之彈性模數： f_s / ϵ_s 。
 ϵ_y — f_y / E_s 。
 NA — 中立軸 (neutral axis)：通過斷面重心之軸，該軸上之應力與應變均為零。
 C — 斷面內混凝土之總壓力。
 T — 斷面內鋼筋之總拉力。
 C_s — 斷面內鋼筋之總壓力。
 ϕ — 減強因子。
 M_u — 作用極限力矩。
 \overline{M}_u — 設計極限力矩 = M_u / ϕ
 a — C. S. Whitney 混凝土應力矩塊深度。
 A_s — 抗拉鋼筋之斷面積。
 A_s' — 抗壓鋼筋之斷面積。
 ρ — 鋼筋比 (steel ratio)，抗拉鋼筋面積與梁有效斷面積之比： A_s / bd
 b — 矩形梁寬。
 d — 矩形梁有效深。
 b_s — T(I)形梁梁翼寬。
 b_w — T(I)形梁梁腹寬。
 t — T(I)形梁梁翼厚。

Handwritten signature: *Handwritten signature*

三、建築技術規則混凝土構造篇相關規定

(一)設計需要強度：混凝土構造之構材須能承受依載重及載重因數計得之設計需要強度。

1. 僅垂直載重時，包括靜載重 (D) 及活載重 (L)，設計需要強度 (U) 應依下式計算。

$$U \geq 1.4D + 1.7L$$

2. 如因風力 (W) 作用須行併入合計時，需要強度應依下列兩式計算之較大者，且不得小於上式之值：

$$U \geq 0.75(1.4D + 1.7L + 1.7W)$$

$$U \geq 0.9D + 1.3W$$

3. 如因地震橫力 (E) 作用須行併入合計時，需要強度應依第一款及第二款三式計算之較大值，但以 (1.1E) 代替 (W)。

4. 如因土壓力 (H) 作用須行併入合計時，需要強度應依下列五式之較大者計算：

$$U \geq 1.4D + 1.7L + 1.7H$$

$$U \geq 1.4D + 1.7L$$

$$U \geq 0.9D + 1.7H, (D) (L) \text{ 與 } (H) \text{ 相反時。}$$

$$U \geq 1.4D + 1.7H, (L) \text{ 與 } (D) (H) \text{ 相反時。}$$

$$U \geq 0.9D + 1.7L + 1.7H, (D) \text{ 與 } (L) (H) \text{ 相反時。}$$

5. 如因液壓力 (F) 作用須行併入合計時，需要強度，應依下列五式之較大者計算：

$$U \geq 1.4D + 1.4L$$

$$U \geq 1.4(D + F_v) + 1.7L + 1.4F$$

$$U \geq 1.4(D + F_v) + 1.4F, (L) \text{ 與 } (D) (F) \text{ 相反時。}$$

$$U \geq 0.9(D + F_v) + 1.4F, (D) (L) \text{ 與 } (F) \text{ 相反時。}$$

$$U \geq 0.9(D + F_v) + 1.7L + 1.4F, (D) \text{ 與 } (L) (F) \text{ 相反時。}$$

其中 (F_v) 爲與 (F) 同時作用之液體垂直壓力。

6. 如有衝擊影響 (D) 時，以 ($L + I$) 代替 (L) 。
7. 如有不同沉陷、潛變、收縮，或溫度變化之顯著影響 (X) 時，應依下列兩式較大者計算：

$$U \geq 0.75 [1.4(D+X) + 1.7L]$$

$$U \geq 1.4D + 1.7L$$

(二) 有效強度：混凝土構造之構材受軸力、彎矩、剪力或應力影響之有效強度，應依本節規定計得之強度乘以下列有關折減因數 (ϕ) ；折減因數之應用依下列規定：

1. 受軸拉力或受無論有無軸拉力之撓曲時， 0.90 。
 2. 受軸壓力或受軸壓力與撓曲合共作用時：
 - (1) 鋼筋混凝土構材以螺筋圍箍者， 0.75 。
 - (2) 其他鋼柱混凝土構材， 0.70 。
 - (3) 鋼筋之降伏應力不超過四二〇〇公斤／平方公分，且應用於對稱斷面，其 $(\frac{h - d' \leq d_s}{h})$ 值不小於 0.70 時，本款之(1)或(2)之折減因數可按壓構材設計軸壓力 (P_u)，由 ($0.10 f_c' A_g$) 減至零作直線比例，增加至 0.90 。
 - (4) 受較小軸壓力不符合本款之(3) 斷面時，本款之(1)或(2)之折減因數可按壓構材設計軸壓力 (P_u)，由 ($0.10 f_c' A_g$) 或平衡力 (P_b) 二者之較小值減至零作直線比例，增加至 0.90 。
- (h) 爲構材全深度。
 (d) 爲壓力鋼筋重心至壓力外緣之距離，(d_s) 爲拉力鋼筋重心至構材拉力面之距離，(A_g) 爲全斷面積，(f_c') 混凝土設計規定壓力強度。
3. 受剪力與扭力合併作用時， 0.85 。
 4. 混凝土承壓時， 0.70 。

5. 無筋混凝土受撓曲時， 0.65 。

6. 鋼筋之握持長，無折減因數。

(三) 鋼筋強度限制：除預力鋼材外，設計所用之鋼筋降伏應力不得大於五六〇〇公斤／平方公分。

(四) 設計假定：撓曲與軸力構材依強度設計，應依本條之假定，並符合平衡規定且與應變相合。

鋼筋與混凝土之應變假定與中軸線之距離成正比。

混凝土壓力外緣之最大應用應變假定為 0.003 。

鋼筋之應力，如低於其降伏應力時，可以作為 (E_s) 乘以鋼筋之應變；應變大於其相當降伏應力之應變時，鋼筋之應力均等於其降伏應力，與應變無關。 (E_s) 為鋼筋之彈性模數。設計鋼筋混凝土撓曲時，混凝土拉應力不計，預力混凝土依本章第七節之規定。

混凝土壓應力分佈與應變之關係可假定為矩形、梯形、拋物線形以及其他曾經試驗證明認可之各形。

如假定以相當矩形分佈混凝土壓應力，應依下列規定：

混凝土壓應力 $(0.85f'_c)$ 假定均勻分佈於一相當矩形之壓力區，其頂邊為斷面最大壓力應變外緣，其底邊為平行斷面中軸線距離最大壓力應變外緣 $(\alpha = \beta_1 C)$ 之直線。 (C) 為最大壓應變外緣至中軸線之垂直距離，混凝土設計規定壓力強度 (f'_c) 不超過二八〇公斤／平方公分時， (β_1) 為 0.85 ；超過二八〇公斤／平方公分時，每超過七〇公斤／平方公分，應減小 0.05 。

(五) 設計原則：構材斷面承受撓曲或同時承受撓曲與軸力時，應依本編第四一六條假定按其應力與相合之應變設計之。撓曲構材及符合本編第四一四條二款之(四)同時承受撓曲與較小軸壓力構材，其鋼筋斷面比 (ρ) 不得大於無軸力僅受撓曲時平衡鋼筋斷面比 (ρ_b) 之 0.75 。

平衡狀態係斷面之拉力鋼筋達到降伏應力時正好混凝土壓力應變亦達到其假定之 0.003 。
承受壓力載重之斷面，須依其應用彎矩及其支承载重狀況並依細長比規定設計之。

- 一題例：1. 已知作用力矩 $M_u = 52 \text{ m} \cdot \text{t}$ ， $f_c' = 210 \text{ Kg/cm}^2$ ， $f_y = 2800 \text{ Kg/cm}^2$ 設計斷面之尺寸 b, d ，及鋼筋量 A_s ？
 2. 已知作用力矩 $M_u = 52 \text{ m} \cdot \text{t}$ ， $f_c' = 210 \text{ Kg/cm}^2$ ， $f_y = 2800 \text{ Kg/cm}^2$ 梁寬 $b = 30$ 公分，梁有效深 $d = 50$ 公分，設計斷面鋼筋量 A_s ？

二應用觀念與解法步驟

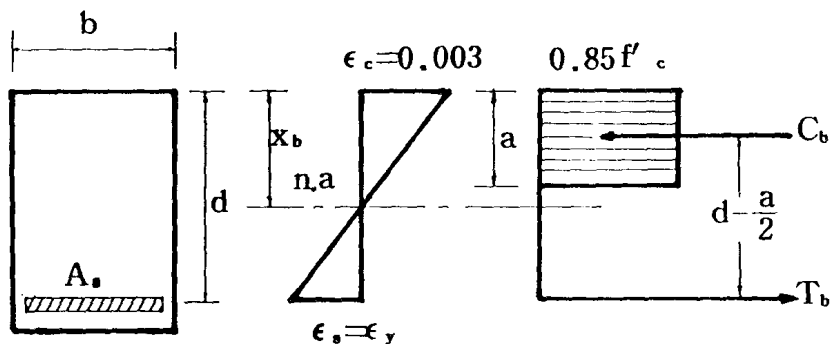
依據 C. S. Whitney 等值矩形應力塊理論，混凝土應力固定為 $0.85f_c'$ 矩塊深度 $a = \beta_1 x$ ， β_1 值規範規定如下：

當 $f_c' \leq 280 \text{ Kg/cm}^2$ $\beta_1 = 0.85$

當 $f_c' > 280 \text{ Kg/cm}^2$ 每增加 70 Kg/cm^2 ， β_1 值減少 0.05

規範並規定鋼筋比不得超過 0.75 理想狀態鋼筋比 ρ_b ，以確保梁之拉力降伏破壞，同時對於極少量拉力鋼筋的梁為避免梁一旦開裂將造成拉筋突然破壞，規定最小拉力鋼筋比 $\rho_{min} = 14 / f_y$

1: 依應力應變關係，求解理想狀態平衡鋼筋比 ρ_b



$$\text{令 } X_b = \frac{\epsilon_c}{\epsilon_c + \epsilon_y} d = kd$$

$$\text{則 } a = \beta_1 X_b \quad C = 0.85f_c' ab$$

$$\text{又 } T = A_s f_y = \rho_b bdf_y$$

$$\text{由 } C = T \Rightarrow 0.85f_c' \beta_1 kbd = \rho_b bdf_y$$

$$\text{得 } \rho_b = 0.85f_c' \beta_1 k / f_y$$

2. 設定 $\rho = 0.6\rho_b < 0.75\rho_b$

由 $R_u = \rho f_y (1 - \rho m / 2)$ $m = f_y / 0.85 f_c'$

需要 $b d^2 = \overline{M}_u / R_u \dots\dots\dots \textcircled{1}$

通常 $\frac{1}{2} d < b < \frac{2}{3} d$

定 $b = \frac{7}{12} d$ 代入 $\textcircled{1}$ 解出 b, d

3. 選取適當的一組 b, d (或輸入已知值)

修正 $R_u = \overline{M}_u / b d^2$

則 $\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 m R_u}{f_y}} \right)$

檢核 $14 / f_y < \rho < 0.75\rho_b$

$A_s = \rho b d$

三程式解說

160-190 依應變關係，求解理想狀態平衡鋼筋比

200 採鋼筋比 $\rho = 0.6\rho_b < 0.75\rho_b$

220 $m = \frac{f_y}{(0.85 f_c')}$, $R_u = \rho f_y (1 - \rho \frac{m}{2})$

250 採 $b = \frac{7}{12} d \Rightarrow b d^2 = \frac{7}{12} d^3 = \frac{\overline{M}_u}{R_u}$

270 選定 b, d

280 修正 R_u 值

300 修正 $\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - 2 m \frac{\text{修正 } R_u}{f_y}} \right)$

400 選定設計鋼筋量 \geq 需要鋼筋量。

420 完成設計後，在極限彎矩作用下拉筋必定屈服， $T = A_s f_y$

430 計算矩塊深度 a ，極限彎矩 \overline{M}_u

440 輸出設計斷面容許極限彎矩 $M_u = \phi \overline{M}_u$ ，以供檢驗

四程式及執行例

```

100 REM U.S.D 設計單筋矩形樑--RC1.PRG
110 INPUT"混凝土強度 FC'=(KG/CM^2)";FC
120 INPUT"鋼筋強度 FY=(KG/CM^2)";FY
130 INPUT"作用彎矩 MU=(KG-CM)";MU
140 INPUT"折減因子 %=";N
150 EC=.003:EY=FY/(2.04*1000000!)
160 XB=EC/(EC+EY)
170 B1=.85-.05*((FC-280)/70)
180 IF B1>.85 THEN B1=.85
190 PB=.85*FC/FY*B1*XB
200 P=.6*PB:REM P 須小於.75PB,採用.6 PB
210 IF P<14/FY THEN P=14/FY
220 M=FY/(.85*FC):RU=P*FY*(1-P*M/2)
230 MU=MU/N
240 REM 樑寬B須介於1/2至2/3樑深.採B=(7/12)D
250 D=(MU*12/7/RU)^(1/3):B=7/12*D
260 PRINT"樑寬 B=";B;" 樑深 D=";D
270 INPUT"採用 B=? D=";B,D
280 RU=MU/(B*D*D)
290 IF (1-2*M*RU/FY)<0 THEN PRINT"斷面太小":END
300 P=1/M*(1-SQR(1-2*M*RU/FY))
310 PL=14/FY
320 IF P*4/3<PL THEN PL=P*4/3
330 IF P<PL THEN P=PL
340 IF P>.75*PB THEN PRINT"屬雙筋設計":END
350 AS=P*B*D
360 PRINT"最大鋼筋比 .75PB=";.75*PB
370 PRINT"最小鋼筋比 14/FY=";14/FY
380 PRINT"鋼筋比 P="P
390 PRINT"鋼筋量 AS=";AS;" CM^2"
400 INPUT "設計鋼筋量 AS=(CM^2)";AS
410 REM 檢驗
420 T=AS*FY
430 A=T/(.85*FC*B):MU=T*(D-A/2):X=A/B1:ES=(D-X)/X*.003
440 PRINT"檢驗彎矩 MU=";MU*N;" KG-CM"
450 PRINT"壓力塊 A=";A;"公分"
460 END

```

RUN "RC1.PRG"
混凝土強度 $FC' = (KG/CM^2)? 280$
鋼筋強度 $FY = (KG/CM^2)? 2800$
作用彎矩 $MU = (KG-CM)? 5500000$
折減因子 $\% = ? .9$
樑寬 $B = 31.1636$ 樑深 $D = 53.42331$
採用 $B = ? D = ? 36,52$
最大鋼筋比 $.75PB = 3.717797E-02$
最小鋼筋比 $14/FY = .005$
鋼筋比 $P = 2.657528E-02$
鋼筋量 $AS = 49.74892 CM^2$
設計鋼筋量 $AS = (CM^2)? 49.74892$
檢驗彎矩 $MU = 5499999 KG-CM$
壓力塊 $A = 16.25782$ 公分
Ok

RUN "RC1.PRG"
混凝土強度 $FC' = (KG/CM^2)? 210$
鋼筋強度 $FY = (KG/CM^2)? 2800$
作用彎矩 $MU = (KG-CM)? 2520000$
折減因子 $\% = ? .9$
樑寬 $B = 26.44274$ 樑深 $D = 45.3304$
採用 $B = ? D = ? 27,45$
最大鋼筋比 $.75PB = 2.788348E-02$
最小鋼筋比 $14/FY = .005$
鋼筋比 $P = 2.213148E-02$
鋼筋量 $AS = 26.88975 CM^2$
設計鋼筋量 $AS = (CM^2)? 26.88975$
檢驗彎矩 $MU = 2520000 KG-CM$
壓力塊 $A = 15.62222$ 公分
Ok

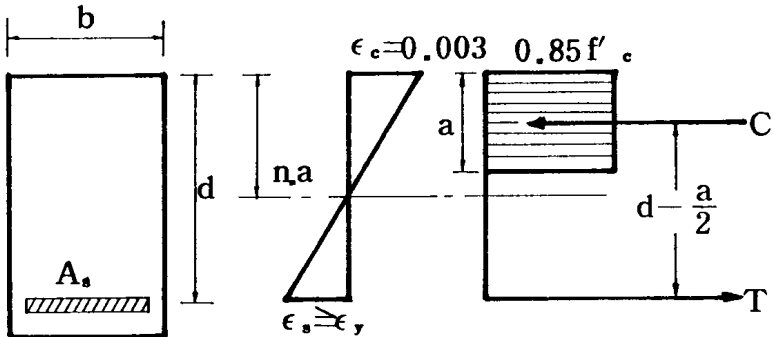
一題例：已知 $b = 30$ 公分， $d = 50$ 公分， $A_s = 4\text{-}\#10$ ，
 $f_c' = 280 \text{ Kg/cm}$ ， $f_y' = 2800 \text{ Kg/cm}^2$ ，試求該斷面
 所能擔負之極限強度。

二應用觀念與解法步驟

1. 依應力應變關係，求解理想狀態平衡鋼筋比 ρ_b

$$\text{檢核 } 14/f_y < \rho < 0.75\rho_b$$

2. 當 $14/f_y < \rho < 0.75\rho_b$ 在極限彎矩作用下，鋼筋必屈服



$$C = 0.85 f_c' a b \quad T = A_s f_y$$

$$\therefore C = T \quad \therefore a = A_s f_y / (0.85 f_c' b)$$

$$M_u = \phi \overline{M}_u \quad (\phi : 0.9 \text{ 折減因子})$$

三程式解說

210 依應變關係求解理想狀態中立軸 X_b

220 壓力矩塊深度 $a_b = \beta_1 X_b$

230 總壓力 $C_b = 0.85 f_c' b a_b$

240 $T_b = C_b$ 則理想狀態拉筋量 $A_1 = C_b / f_y$

290 當 $A_s \leq 0.75 A_1$ ，在極限彎矩作用下，拉筋必屈服， $T =$

$$A_s f_y, C = 0.85 f_c' a b \text{ 又 } C = T \therefore a = A_s f_y / (0.85 f_c' b)$$

$$\overline{M}_u = C (d - a/2)$$

310 極限彎矩 $M_u = \phi M_u$

四程式及執行例

```

100 REM U.S.D 分析單筋矩形樑--RC2.PRG
110 INPUT"樑寬 B=(公分)";B
120 INPUT"樑深 D=(公分)";D
130 INPUT"鋼筋量 AS=(CM^2)";AS
140 INPUT"混凝土強度 FC'=(KG/CM^2)";FC
150 INPUT"鋼筋強度 FY=(KG/CM^2)";FY
160 INPUT"折減因子 %=";N
170 EC=.003:EY=FY/(2.04*1000000!)
180 B1=.85-.05*((FC-280)/70)
190 IF B1>.85 THEN B1=.85
200 REM 求平衡鋼筋比A1
210 XB=EC*D/(EC+EY)
220 AB=B1*XB
230 CB=.85*FC*AB*B
240 A1=CB/FY
250 AH=.75*A1
260 IF AS>AH THEN PRINT"鋼筋過量設計":END
270 AL=14/FY*B*D
280 IF AS <AL THEN PRINT"鋼筋量太少":END
290 A=AS*FY/(.85*FC*B):MU=AS*FY*(D-A/2)
300 PRINT"壓力塊寬度 A=";A;" 公分"
310 PRINT"極限彎矩 MU'=";MU*N;" KG-CM"
320 END

```

```

RUN "RC2.PRG"
樑寬 B=(公分)? 36
樑深 D=(公分)? 52
鋼筋量 AS=(CM^2)? 49.74892
混凝土強度 FC'=(KG/CM^2)? 280
鋼筋強度 FY=(KG/CM^2)? 2800
折減因子 %=? .9
壓力塊寬度 A= 16.25782 公分
極限彎矩 MU'= 5499999 KG-CM
Ok

```

```

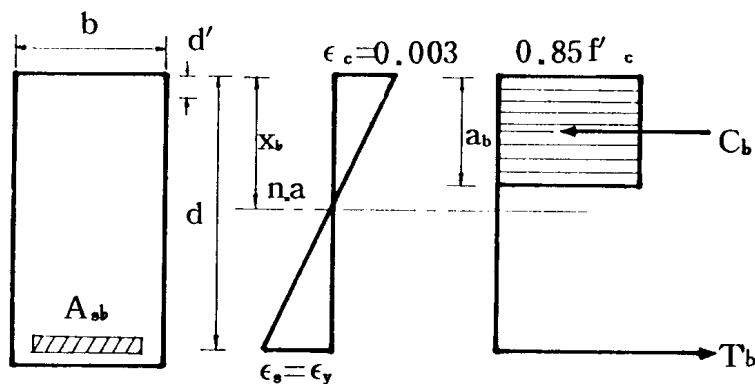
RUN "RC2.PRG"
樑寬 B=(公分)? 27
樑深 D=(公分)? 45
鋼筋量 AS=(CM^2)? 26.88975
混凝土強度 FC'=(KG/CM^2)? 210
鋼筋強度 FY=(KG/CM^2)? 2800
折減因子 %=? .9
壓力塊寬度 A= 15.62222 公分
極限彎矩 MU'= 2520000 KG-CM
Ok

```


一題例：已知 $b = 35$ 公分， $d = 60$ 公分， $d' = 7$ 公分， $f_c' = 280 \text{ Kg/cm}^2$ ， $f_y = 4200 \text{ Kg/cm}^2$ ， $M_u = 101 \text{ m}^t$
 試求斷面所需要之鋼筋量

二應用觀念及解法步驟

1. 求解已知斷面在理想狀態下之平衡鋼筋比 ρ_b



2. 配置 $0.75\rho_b$ 之拉筋，計算平衡彎矩 M_1

若 $\overline{M}_u \leq M_1$ 則屬單筋設計

3. 若 $\overline{M}_u > M_1$ 則須採雙筋設計

