

THIẾT KẾ CẤP PHỐI CHO BÊ TÔNG (MIX PROPORTION FOR CONCRETE)

I. Quy định vật liệu

1. Thành phần bê tông:

No	XM	Nước	Khí	Cốt liệu mịn	Cốt liệu thô	Ghi chú
1	7 – 15%	16 – 21%	1 – 3%	25 – 30%	51 – 31%	Không bọt khí

2. Nước trộn cho bê tông (TCVN 302:2004)

- Không chứa váng dầu hoặc mỡ
- Tạp chất hữu cơ < 15mg/l
- Độ 4 < PH < 12.5
- Không có màu
- Hàm lượng muối hoà tan < 2000, SO_4^{2-} < 600, Cl^- < 350, cặn không tan < 200 mg/l

Mục đích sử dụng	Muối hoà tan	Ion sunfat	Ion Clo	Cặn không tan
1. Nước trộn BT và vữa cho kết cấu bê tông UST	2.000	600	350	20
2. Nước trộn BT và vữa cho kết cấu bê tông thường	5.000	2.700	1.200	200
3. Nước trộn bê tông không cốt thép	10.000	2.700	3.500	300
4. Nước rửa cốt liệu và bảo dưỡng BT có yêu cầu trang trí bề mặt	5.000	2.700	1.200	500
5. Nước bảo dưỡng BT không yêu cầu trang trí bề mặt	30.000	2.700	20.000	500
6. Nước tưới mạch ngừng	1.000	500	350	500

3. Cát dùng cho bê tông (TCVN 1770:1986)

Tên các chỉ tiêu	Mức theo nhóm cát			
	To	Vừa	Nhỏ	Rất nhỏ
1. Module độ lớn	2,5 < đến 3,3	2 đến 2,5	1 đến <2	0,7 đến <1
2. Khối lượng thể tích xấp xỉ	≥ 1400	≥ 1300	≥ 1200	≥ 1150
3. % KL lượng hạt < 0,14 mm, không lớn hơn	10	10	20	35
4. Vùng	Vùng 1	Vùng 1	Vùng 2	Vùng 3

Tên các chỉ tiêu	Mức theo mác bê tông (%)		
	< 75	150 – 200	> 200
1. Sét, á sét, các tạp chất ở dạng cục	Không	Không	Không
2. Lượng hạt trên 5 mm, tính bằng KL cát, không lớn hơn	10	10	10
3. Hàm lượng muối sulfate, sulfite theo SO_3 không lớn hơn	1	1	1
4. Hàm lượng mica, tính bằng % KL cát, không lớn hơn	1,5	1	1
5. Hàm lượng bụi, bùn, sét, tính bằng % KL cát, không lớn hơn.	5	3	3

6. Hàm lượng tạp chất hữu cơ thử theo phương pháp so màu, màu của dung dịch trên cát không sẫm hơn	mẫu hai	mẫu hai	mẫu chuẩn
--	---------	---------	-----------

4. Tính công tác của bê tông

Tính công tác (tính dễ tạo hình) nó biểu thị khả năng lấp đầy khuôn nhưng vẫn đảm bảo độ đồng nhất trong một điều kiện đầm nén nhất định.

Để đánh giá tính công tác, người ta sử dụng 3 chỉ tiêu: độ lưu động, độ giữ nước, và độ cứng.

Độ lưu động:

- ✓ Là chỉ tiêu quan trọng nhất của hỗn hợp bê tông
- ✓ Nó đánh giá khả năng dễ chảy của hỗn hợp bê tông
- ✓ Được xác định bằng độ sụt
- ✓ Nếu độ sụt bằng không thì tính công tác được đặc trưng bằng độ cứng

5. Các yếu tố ảnh hưởng tính công tác

Lượng nước nhào trộn

- Lượng nước tạo hồ xi măng
- Lượng nước dùng cho cốt liệu (độ cần nước)

Loại và lượng xi măng

- Lượng nước tiêu chuẩn
- Độ mịn
- Thời gian ninh kết

Lượng vữa xi măng: (hồ xi măng + cát): để bao bọc cốt liệu lớn (đá)

Phụ gia:

- Độ giảm nước phụ gia
- Liều lượng sử dụng

Nhiệt độ môi trường

II. Trình tự thiết kế:

1. Bước 1: Chọn độ sụt

Tùy theo dạng kết cấu, phương thức đổ BT, ta xác định DS theo bảng sau (bảng 1)

Dạng kết cấu	Độ sụt (cm)	
	Tối đa	Tối thiểu
Móng và tường BTCT	9 - 10	3 - 4
Dầm tường BTCT	11 - 12	3 - 4
Cột	11 - 12	3 - 4
Đường, nền, sàn	9 - 10	3 - 4
Khối lớn	7 - 8	3 - 4
Bê tông bơm	14 - 20	9 - 14
Cọc khoan nhồi	16 - 20	
Khe, hốc nhỏ không đầm được	18 - 22	

2. Bước 2: Xác định lượng nước trộn ban đầu:

Bảng 2: lượng nước trộn theo Mô đun và độ sụt

Stt	độ sụt	Kích thước hạt lớn nhất Dmax											
		10			20			40			70		
		Mô đun độ lớn của cát, Mdl											
		1.5-1.9	2.0-2.4	2.5-2.3	1.5-1.9	2.0-2.4	2.5-3.0	1.5-1.9	2.0-2.4	2.5-3.0	1.5-1.9	2.0-2.4	2.5-3.0
1	1-2	195	190	185	185	180	175	175	170	165	165	160	155
2	3-4	205	200	195	195	190	185	185	180	175	175	170	165
3	5-6	210	205	200	200	195	190	190	185	180	180	175	170
4	7-8	215	210	205	205	200	195	195	190	185	185	180	175
5	9-10	220	215	210	210	205	200	200	195	190	190	185	180
6	11-12	225	220	215	215	210	205	205	200	195	195	190	185
7	13-16	Theo DS 7-8 + dẻo hóa, theo DS 5-6 + dẻo hoá cao, theo DS 3-4 + siêu dẻo											
8	17-20	Theo DS 9-10+ dẻo hóa, theo DS 7-8 + dẻo hoá cao, theo DS 5-6+ siêu dẻo											

Ghi chú: Khi cát có Mô đun >3: giảm 5 lít nước

3. Bước 3: Tính tỉ lệ xi măng - nước: X/N

- Khi $X/N \leq 2.5$ $\frac{X}{N} = \frac{R_n}{A.R_x} + 0.5$
- Khi $X/N > 2.5$ $\frac{X}{N} = \frac{R_n}{A_1.R_x} - 0.5$

R_n = (mác BT) x (hệ số an toàn)

+ 1.1 đối với trạm trộn

+ 1.15 trạm trộn thủ công

R_x : cường độ thực tế của XM 28 ngày MPa

Hệ số tra A và A1:

- Đối với xi măng portland hỗn hợp

- Thứ theo TCVN 6061: 1997 thì A = 0.50, A1 = 0.32

4. Bước 4: Hàm lượng xi măng & phụ gia

- Xi măng: $X = \frac{X}{N} \times N$
- Lượng dùng phụ gia: $PG = X \times \frac{x}{100}$

x : Tỷ lệ phụ gia sử dụng so với lượng xi măng, % (tùy theo từng chủng loại phụ gia, Cty Vi Khanh sẽ cung cấp)

5. Bước 5: Xác định cốt liệu lớn (Đá, sỏi)

$$\text{Lượng cốt liệu lớn: } D = \frac{1000}{\frac{r \times k_d}{P_{vd}} + \frac{1}{P_d}}$$

P_{vd} : khối lượng thể tích xốp, g/m³

P_{vd} : khối lượng riêng cốt liệu lớn, 2.66 – 2.68: đá dăm

P_{vd} : khối lượng riêng xi măng, 3.1 g/cm³

$$V_h = \left(\frac{X}{P_x} + N \right) \quad \text{thể tích hồ xi măng}$$

$$r = \left(1 - \frac{P_{vd}}{P_d} \right) \quad \text{độ rỗng của đá}$$

Bảng 5: Bảng tra hệ số Kd

Mô đun cát	Kd ứng với Vh									
	225	250	275	300	325	350	375	400	425	450
3.0	1.33	1.38	1.43	1.48	1.52	1.56	1.59	1.62	1.64	1.66
2.75	1.30	1.35	1.40	1.45	1.49	1.53	1.56	1.59	1.61	1.63
2.5	1.26	1.31	1.36	1.41	1.45	1.49	1.52	1.55	1.57	1.59
2.25	1.24	1.29	1.34	1.39	1.43	1.47	1.50	1.53	1.55	1.57
2.0	1.22	1.27	1.32	1.37	1.41	1.45	1.48	1.51	1.53	1.55
1.75	1.14	1.19	1.24	1.29	1.33	1.37	1.40	1.43	1.45	1.47
1.5	1.07	1.12	1.17	1.22	1.26	1.30	1.33	1.36	1.38	1.40

Hiệu chỉnh Kd: Khi $\Delta S > 12\text{cm}$

$K_d = K_d + 0.1$: Mdl < 2

$K_d = K_d + 0.15$: Mdl = 2 – 2.5

$K_d = K_d + 0.2$: dl > 2.5

6. Bước 6: Hàm lượng cốt liệu nhỏ (cát)

$$C = \left\{ 1000 - \left(\frac{X}{P_x} + \frac{D}{P_d} + \frac{N}{P_n} + \frac{PG}{P_{pg}} \right) \right\} \times P_c$$

P_x, P_d : khối lượng riêng của xi măng, khối lượng riêng của đá, g/cm³

P_n : khối lượng riêng của nước, 1g/cm^3

P_c : khối lượng riêng của cát, g/cm^3 (2.62 – 2.65 g/cm^3)

7. Bước 7: Xây dựng ba thành phần cấp phối:

Thành phần 1: là thành phần cơ bản như trên

Thành phần 2: tăng 10% hàm lượng xi măng như 1 và hiệu chỉnh lại cát đá như bước 5 và 6

Thành phần 3: giảm 10% hàm lượng

(Theo nguyên tắc cộng thêm 1 lít nước khi tăng thêm 10kg xi măng)

8. Bước 8: Hiệu chỉnh lượng cốt liệu theo lượng hạt > 5 mm và độ ẩm

Theo hàm lượng hạt:

$C_{hc} = C \times (1 + x/100)$ trong đó x = Lượng hạt > 5 mm

$D_{hc} = D - (C_{hc} - C)$

Theo độ ẩm

$C_{tt} = C \times (1 + W_c/100)$

$D_{tt} = D \times (1 + W_d/100)$

$N_{tt} = N - [(D_{tt} - D_{hc}) + (C_{tt} - C_{hc})]$

9. Bước 9: Kiểm tra và hiệu chỉnh độ sụt (TCVN 3106:1993)

$|\Delta S_{tt} - \Delta S_{yc}| < 2$: không cần hiệu chỉnh

$\Delta S_{yc} - \Delta S_{tt} = 3 - 5$: tăng lượng nước và xi măng

$\Delta S_{tt} - \Delta S_{yc} = 2 - 3$: tăng 2 – 3 % cát và đá

$\Delta S_{tt} - \Delta S_{yc} = 4 - 5$: tăng 3 – 5 % cát và đá

$|\Delta S_{tt} - \Delta S_{yc}| > 5$: thiết kế lại cấp phối

10. Bước 10: Xác định cường độ nén (TCVN 3105: 1993, TCVN 3118: 1993).

11. Bước 11: Chọn thành phần bê tông chính thức

III. Ví dụ cấp phối

Yêu cầu bê tông:

Bê tông mác 30 MPa, cường độ nén sau 28 ngày : 30 MPa

Kích thước mẫu chuẩn: 150*150*150 mm

Điều kiện thi công:

Điều kiện cân trộn: tự động

Đặc điểm cấu tạo thi công: cột, bê tông đổ bằng bơm.

Vật liệu chế tạo:

Xi măng: PCB 40 Nghi Sơn. Cường độ thực tế: 52MPa

Cốt liệu lớn: đá dăm 1*2 cm, $D_{max} = 20$ mm, Khối lượng riêng: $\rho_d = 2.66 \text{ g/cm}^3$

khối lượng thể tích xếp: $\rho_{vd} = 1420 \text{ kg/m}^3$, độ hút nước: 0.3%, độ ẩm: 0.29%

Cốt liệu nhỏ: cát vàng, $\rho_c = 2.64 \text{ g/cm}^3$, $M_{dl} = 2.2$, khối lượng thể tích xếp: 1600 kg/m^3 , hàm lượng hạt >5 mm : 3%, Độ ẩm $W = 4\%$

Phụ gia: Daratard 45 hóa dẻo, lượng giảm nước : 8 – 12%, liều dùng 0.4%

Bước 1: Từ bảng 1 chọn ΔS : 12cm ngay sau khi trộn



Bước 2: Xác định lượng nước:

Tra bảng 2 ta có: $N = 210 - 210 \times 0.09 = 191$ lít



Bước 3: Xác định tỉ lệ X/N :

$$\frac{X}{N} = \frac{R_n}{A \cdot R_x} + 0.5 = \frac{30 \times 1.1}{0.50 \times 52} + 0.5 = 1.77 (< 2.5)$$



Bước 4: Xác định hàm lượng xi măng và phụ gia:

$$X = (X/N) \cdot N = 1.77 \cdot 191 = 338 \text{ Kg} \quad PG = 1.4 \cdot 338 / 100 = 1.35 \text{ lít}$$



Bước 5: Xác định hàm lượng cốt liệu lớn (Đá)

- Tra bảng 5, có hệ số $k_d = 1.39$
- $r = (1 - \frac{1420}{2660}) = 0.47$ $V_h = (\frac{338}{3.1} + 191 + \frac{1.35}{1.2}) = 301 \text{ l}$
- Khối lượng đá dăm: $D = \frac{1000}{\frac{0.47 \times 1.39}{1.42} + \frac{1}{2.66}} = 1196 \text{ kg}$



Bước 6: Xác định hàm lượng cốt liệu nhỏ (Cát)

$$C = \{1000 - (\frac{338}{3.1} + \frac{1196}{2.66} + \frac{191}{1} + \frac{1.01}{1.2})\} \times 2.64 = 657 \text{ kg}$$



Bước 7: Hiệu chỉnh Cát Đá

$$Chc = 657(1 + \frac{3}{100}) = 677 \quad Ctt = 677(1 + \frac{4}{100}) = 704$$

$$Dhc = 1196 - (677 - 657) = 1176 \quad Dtt = 1179(1 + \frac{0.29}{100}) = 1179$$

$$Ntt = 191 - (704 - 677) - (1179 - 1176) = 161$$

❖ Cấp phối

X,kg	C,kg	D,kg	N,l	PG,l
338	704	1179	161	1.35

Đánh giá cường độ nén trên kết cấu – TCXDVN 239:2006

- Đạt yêu cầu thiết kế khi: $R_{ht} \geq 0.9R_{yc}$

- R_{ht} : cường độ bê tông hiện trường
- R_{yc} : cường độ bê tông yêu cầu

Tính toán từ mức bê tông: $R_{yc} = 0.778 R_{\text{thiết kế}}$

- $R_{htTB} \geq 0.9R_{yc}$ (TCXDVN 239:2006)
- $R_{htmin} \geq 0.75R_{yc}$
 $R_{ht} 0.9R_{yc} \approx 0.7R_{tk}$ (TCXDVN239:2006)
 $R_{htmin} 0.6R_{tk}$
 $R_{ht} 0.9R_{yc} \approx 0.7R_{tk}$ (TCXDVN239:2006)
 $R_{htmin} 0.6R_{tk}$

- $D=2.3$ nếu khoan theo phương song song với phương đổ bê tông
- $D=2.5$ nếu khoan theo phương vuông góc với phương đổ bê tông
- a_{it} : khoảng cách từ tâm thanh thép đến mép ngoài bê tông
- d_{it} : đường kính thanh thép