

コンクリート工学 第8回

コンクリートの配合設計



途中と最後に、小テスト有り！！

【配合】

配合：コンクリートをつくるときの各材料の割合または使用量
* 建築では、調合

配合設計：設定されたコンクリートの性能を満足するように材料とその配合を定める一連の作業

土木学会コンクリート標準示方書「施工編」(2002年制定)
6章 総則

「コンクリート材料およびその配合は、所要の性能を満足するように、製造プラントの制約条件および材料入手のし易さや輸送コストを含めた経済性を考慮して、これを定めなければならない。」

性能規定型

土木学会コンクリート標準示方書「施工編」(2002年制定)
付録

「コンクリートの配合は、所要の施工性、力学的性能、耐久性、およびその他の性能を満足する範囲内で、**単位水量**をできるだけ少なくするように定める。」

配合の表し方

粗骨材の最大寸法 (mm)	スラップの範囲 (cm)	水セメント比 W/C (%)	空気量 (%)	細骨材率 s/a (%)	単位量 (kg/m ³)						
					水 W	セメント C	混和材 F	細骨材 S	粗骨材 mm - mm	混和剤 A	

* 英字について、大文字は質量を、小文字は体積を示す。よって、s/aは体積比である。

示方配合：コンクリートの練上り1m³(1000リットル)の材料使用量で表したものの

【配合設計の進め方】

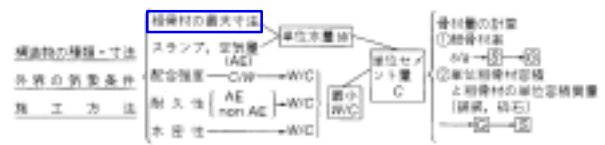


図5.1 配合設計を進める順序

【粗骨材最大寸法の選定】

表5.2 粗骨材の最大寸法の標準値

構造物の種類	粗骨材の最大寸法	
鉄筋コンクリート	一般の場合	20 または 25 mm
	断面の大きい場合	40 mm
無筋コンクリート	40 mm	
舗装コンクリート	40 mm 以下	
ダムコンクリート	120 mm 程度以下	

最大寸法が大きいくほど、同一スラップを得るのに必要な単位水量が少なくなる。

【スラップの選定】

表5.3 フレッシュコンクリートのスラップの標準値

構造物の種類	通常のコンクリート	高性能 AE 減水剤を用いたコンクリート
鉄筋コンクリート	一般の場合	5~12 cm
	断面の大きい場合	3~18 cm
無筋コンクリート	一般の場合	5~12 cm
	断面の大きい場合	3~8 cm
舗装コンクリート	2.5 cm (洗下度では 30 秒)	
ダムコンクリート	2~5 cm (40 mm 以上の粗骨材を取り除いたもの)	

コンクリートのスラップは、作業に適する範囲内でできるだけ小さくする

【空気量の選定】

激しい気象作用を受ける場合は、AE剤、AE減水剤を用いたAEコンクリートとし、空気量は**4~7%**を標準とする。

空気量は、運搬、振動、締固めなどによって1/5前後減少するので、大きめの値とする。

舗装コンクリートでは、**4%**を標準
ダムコンクリート(40mmでウェットスクリーニングした試料)では**5.0±1.0%**を標準

【水セメント比の選定】

(1) 圧縮強度をもとにして水セメント比を定める場合

設計基準強度 f'_{ck} : 構造計算において基準とするコンクリートの強度

配合強度 f'_{cr} : コンクリートの配合を決める場合に目標とする強度

割増し係数: 配合強度を定める際に、品質のはらつきを考慮し、設計基準強度に乗じる係数

$$f'_{cr} = \text{割増し係数} \times f'_{ck}$$

割増し係数の求め方

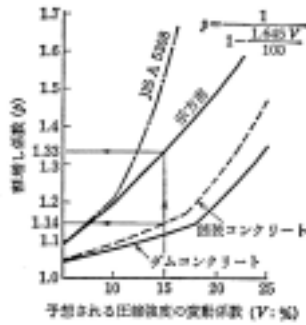


図 5.2 コンクリートの配合設計における強度の変動係数と割増し係数

表 5.4 舗装版の種類と割増し係数^{a)}

変動係数 (%)	10	12.5	15
道路舗装 割増し係数 (α)	1.09	1.12	1.14
空港舗装 割増し係数 (α)	1.21	1.36	1.55

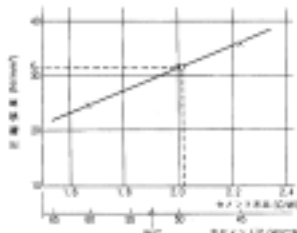


図 5.3 長期強度と水セメント比 (水セメント比) の関係の例

左図のような、水セメント比と圧縮強度との関係式を用いる (セメント水比説)。

$$f'_{cr} = A(C/W) + B$$

使用するセメントに対して、上式を予め求めておく。

- (2) 耐久性をもとにして水セメント比を定める場合
 - a) 耐凍害性をもとにして水セメント比を定める場合

i) 一般のコンクリート

表 5.5 コンクリートの耐凍害性をもとにして水セメント比を定める場合における AE コンクリートの最大水セメント比 (%)^{a)}

凍害物の露出状態	凍害作用が激しい場合または、凍害作用期が激しくない場合、凍点下の気温となることがまれな場合		凍害作用が激しくない場合、凍点下の気温となることがまれな場合	
	凍害	凍害	凍害	凍害
(1) 凍害してあるいはしばしば水で飽和される部分 ^{b)}	55	60	55	65
(2) 普通の露出状態にあり、(1)に属さない場合	60	65	60	65

^{a)} 本表、水、塩、硫酸、硝酸、トンネル掘削などで表面に近く水で飽和される部分および、これらの構造物は、氷、氷塊などで表面から離れているが腐食、浸水、水しよきなどのため、水で飽和される部分。
^{b)} 断面の厚さが 20 cm 程度以下の凍害物の部分。

ii) 海洋コンクリート

表 5.6 海洋コンクリートにおける耐久性から定まる AE コンクリートの最大水セメント比 (%)^{a)}

環境区分	工場製品または材料の選定および施工において、工場製品と同等以上の品質が保証される場合	
	一般の現場施工の場合	工場製品または材料の選定および施工において、工場製品と同等以上の品質が保証される場合
(a) 海上大気中	45	50
(b) 飛沫帯	45	45
(c) 海中	50	50

- 気候、研究成果などにより認められたものについては、耐久性から定まる最大の水セメント比を、表 5.6 の値に 5~10 程度を加えた値としてよい。

iii) 舗装コンクリート

表 5.7 舗装コンクリートで耐久性をもとにして水セメント比を定める場合の最大水セメント比 (%)^{a)}

(1) 特に厳しい気候で凍結融解がしばしば繰り返される場合	45
(2) 凍結融解がときどき起こる場合	50

iv) ダムコンクリート

表 5.8 ダムコンクリートで耐久性をもとにして水セメント比を定める場合の AE コンクリートの最大水セメント比 (%)^{a)}

気象作用が激しい場合、凍結融解がしばしば繰り返される場合	60
気象作用が激しくない場合、凍点下の気温となるのがまれな場合	65

- b) 化学作用に対する耐久性をもとにして水セメント比を定める場合
 - &
 - 硫酸根として 0.2% 以上の硫酸塩を含む水や土壌に接する場合

表 5.6 海洋コンクリートにおける耐久性から定まる AE コンクリートの最大水セメント比 (%)^{a)}

環境区分	工場製品または材料の選定および施工において、工場製品と同等以上の品質が保証される場合	
	一般の現場施工の場合	工場製品または材料の選定および施工において、工場製品と同等以上の品質が保証される場合
(a) 海上大気中	45	50
(b) 飛沫帯	45	45
(c) 海中	50	50

- 気候、研究成果などにより認められたものについては、耐久性から定まる最大の水セメント比を、表 5.6 の値に 5~10 程度を加えた値としてよい。

- c) 水密性をもとにして水セメント比を定める場合

55% 以下を標準とする。

ただし、海洋構造物に用いる鉄筋コンクリートでは、下表に従う。

表 5.7 舗装コンクリートで耐久性をもとにして水セメント比を定める場合の最大水セメント比 (%)^{a)}

(1) 特に厳しい気候で凍結融解がしばしば繰り返される場合	45
(2) 凍結融解がときどき起こる場合	50

水セメント比は、**最小のもの**を採用する。

【単位水量および細骨材率の選定】

表 5.9 コンクリートの単位粗骨材容積、細骨材率、単位水量の概略値

粗骨材最大寸法の径 (mm)	単位粗骨材容積 (kg)	AE コンクリート				
		AE 剤を用いる場合		AE 減水剤を用いる場合		
		空気量 (%)	細骨材率 (%)	単位水量 (kg)	細骨材率 (%)	単位水量 (kg)
15	58	7.0	47	180	48	170
20	62	6.0	44	175	45	165
25	67	5.0	42	170	43	160
40	72	4.5	39	165	40	155

この表に示す値は、全国の生コンクリート工業組合の標準配合などを参考に決定した平均的な値で、骨材として普通の粒度の砂（粗粒率 2.80 程度）および砂を用い、水セメント比 0.55 程度、スランブ約 8cm のコンクリートに対するものである。使用材料またはコンクリートの置置がこの条件と相違する場合には、上記の表の値を下記により補正する。

区 分	s/a の補正 (%)	W の補正
砂の粗粒率が 0.1 だけ大きい (小さい) ごとに	0.5 だけ大きく (小さく) する	補正しない
スランブが 1cm だけ大きい (小さい) ごとに	補正しない	1.2% だけ大きく (小さく) する
空気量が 1% だけ大きい (小さい) ごとに	0.5~1 だけ小さく (大きく) する	3% だけ小さく (大きく) する
水セメント比が 0.05 大きい (小さい) ごとに	1 だけ大きく (小さく) する	補正しない
s/a が 1% 大きい (小さい) ごとに		1.5 kg だけ大きく (小さく) する
川砂利を用いる場合	3~5 だけ小さくする	9~15 kg だけ小さくする

・なお、単位粗骨材容積による場合は、砂の粗粒率が 0.1 だけ大きい (小さい) ごとに単位粗骨材容積を 1% だけ小さく (大きく) する。

配合設計例

【問題】

下記の条件でコンクリートの配合設計を行い、示方配合を示せ。

- 配合条件 (フレッシュ性状、使用材料ならびに強度と C/W の関係)
- 気象条件 : 気象条件の激しい場所、普通の露出状態
 - 対象構造物 : 鉄筋コンクリート擁壁 (最小寸法 25cm、鉄筋の最小あき 7cm)
 - 設計基準強度 : 21 N/mm²
 - 圧縮強度の変動係数 : 15%
 - セメント : 普通ポルトランドセメント (比重 3.15)
 - 細骨材 : 川砂 (比重 2.61、粗粒率 2.70)
 - 粗骨材 : 砕石 (比重 2.60)
 - AE 剤 : セメント 1kg 当たり 0.1% 使用する。(比重 1.0)

強度 f'_{28} と C/W との関係: $f'_{28} = -18 + 25(C/W)$
(上記の材料を使用、空気量 5.0%)

配合計算

- 粗骨材最大寸法: 鉄筋コンクリートの一般の場合に準じ、25mm とする
- スランブ : 5 ~ 12cm の範囲で 10cm とする。
- 空気量 : 気象条件が激しい場所なので、5.0% とする。

表 5.9 コンクリートの単位粗骨材容積、細骨材率、単位水量の概略値

粗骨材最大寸法の径 (mm)	単位粗骨材容積 (kg)	AE コンクリート				
		AE 剤を用いる場合		AE 減水剤を用いる場合		
		空気量 (%)	細骨材率 (%)	単位水量 (kg)	細骨材率 (%)	単位水量 (kg)
15	58	7.0	47	180	48	170
20	62	6.0	44	175	45	165
25	67	5.0	42	170	43	160
40	72	4.5	39	165	40	155

W/C = 0.55、粗粒率 2.80、スランブ 8.0cm、s/a = 42、W = 170、空気量 5.0%

水セメント比の決定

(1) 圧縮強度をもとにする場合

変動係数 15% より、割増し係数は 1.33

$$f'_{cr} = 21 \times 1.33 = 27.9$$

$$27.9 = -18 + 25 \cdot C/W \rightarrow W/C = \frac{25}{45.9} = 0.545$$

(2) 耐久性をもとにする場合

気象が激しい場合、普通の露出状態で断面が一般の場合、表 5.5 より

$$W/C_{max} = 0.65$$

(3) 水密性をもとにする場合

$$W/C_{max} = 0.55$$

最も小さい W/C を採用すると、W/C = 0.54

W/C = 0.55、粗粒率 2.80、スランブ 8.0cm、s/a = 42、W = 170、空気量 5.0%

区分	s/a の補正	W の補正
粗粒率 (2.80 2.70)	$+\frac{2.70-2.80}{0.1} \times 0.5 = -0.5$	-
スランブ (8 10)	-	$+(10-8) \times 1.2 = +2.4$
空気量 (5 5)	-	-
W/C (0.55 0.54)	$-\frac{0.55-0.54}{0.05} \times 1 = -0.2$	-
増減量	$\Delta s/a = -0.5 - 0.2 = -0.7$	$\Delta W = 2.4\%$
補正後の値	$s/a = 42 - 0.7 = 41.3 = 41\%$	$W = 170 \times (1 + 0.024) = 174$

セメント量 $C = \frac{174}{0.54} = 322$

骨材の容積 $a = 1000 - \frac{174}{1.0} - \frac{322}{3.15} = 674$

細骨材量 $S = 674 \times 0.41 \times 2.61 = 721$

粗骨材量 $G = 674 \times (1 - 0.41) \times 2.60 = 1034$

AE 減水剤量 $Ad.1 = 322 \times \frac{0.1}{100} = 0.322$

コンクリートの示方配合

G _{max} (mm)	スランブ (cm)	W/C (%)	空気量 (%)	s/a (%)	単位量 (kg/m ³)			水和量 (kg/m ³)	
					W	C	S		
25	10	54	6.0	41.0	174	322	721	1034	0.322

AE 減水剤量: 4 倍液