

PC構造物の施工と施工管理

4

PC 施工研究会

コンクリート工

(執筆担当 小池欣司*)

1. 概 説

(1) はじめに

最近PC工事に用いるコンクリートもほとんど生コンクリートであり、現場にプラントを設置して練りませるのは運搬距離が著しく遠い場合など特殊なケースに限られている。このため現場では、コンクリートもPC鋼材や鉄筋と同様な感覚で購入し、その管理も購入したコンクリートの品質試験以後に重点がおかれるようになった。たしかに生コンクリートの使用は、現場における省力化の目玉的役割を果たしたが、その反面、購入者の立場に徹してしまうことにより、材料試験、配合計算、練混ぜ等の製造管理について関心が低くなり、「スランプが不安定である」、「時間どおりこない」、「生コン量が不足である」等のクレームを主張するだけでは、コンクリートの品質にトラブルが生じた場合にすべての責任を負えることができるものかどうか懸念される。

「コンクリートは正直な生きものである」との感覚をもち、その製造管理についても無関心であってはならないと思われるのである。特に最近、超早強セメント、新混和剤、人工軽量骨材等、新材料の開発が著しく、これらを用いたコンクリートの取扱いには十分な基礎知識が必要とされるように思われる。

また、このようなことはPC工事の施工管理全般についてもいえることであり、標準化、省力化、急速施工等の命題に取り組む過程にあって、「カタログエンジニア」程度の知識ですまされるものと、そうでないものととの区別とその重要度の認識がいっそう要求されるように

* オリエンタルコンクリート株式会社東京支店 工務部副部長

なってきたと思われるのである。

本文では、誌面の都合上コンクリートの施工計画および施工方法の詳細は割愛し、施工にあたって必要とされる管理の要点項目をとりあげて述べてみたい。

(2) コンクリートの施工管理

コンクリートの施工にあたっては、表4.1に示すように品質管理を含めた総合的な施工管理を実施する必要がある。これらのうち、1つでも不注意あるいは無知によって管理が悪いと、できあがったコンクリートの品質の良否もほとんどそれできまってくるものである。

例えば、配合、練混ぜ、運搬、打込みおよび締め固めなどの管理を現場でいかに入念に、しかも完全に行っても、最初の材料の選択が不十分で不適当な材料を使用すれば、所要の品質のコンクリートは得られないし、また締め固めまでが完全に行われても最後の養生の管理が悪いと、所要の強度がでなかったり、ひびわれその他の好ましくない問題が生ずるものである。さらに、まだ固らないコンクリートおよび硬化したコンクリートの品質について、管理試験が精度よく行われないと、構造物の製作途中はもちろん、できあがったコンクリートの品質についてのトラブルが起るようになる。

このように管理の良否が、コンクリートの品質に及ぼす影響の程度を踏まえた上で、いかにして良いコンクリートを最も経済的に、しかも所定の工期内に施工するかについて努力しなければならないわけである。

また施工中、コンクリート作業の工程、施工方法、養生方法、天候、気温、諸試験の結果等について、できる

表4.1 コンクリートの施工管理項目

項	目	内 容
① 工程管理	㉑ コンクリートの施工工程	全体工事および関連工種の工程との関係等
② 使用材料の管理	㉒ セメント ㉓ 骨材 ㉔ 水 ㉕ 混和剤	品質、貯蔵方法等
③ 使用機器の管理	㉖ バッチャープラント ㉗ 運搬設備 ㉘ 振動機 ㉙ 試験機器	性能、精度摩耗等
④ まだ固まらないコンクリートの品質管理	㉚ 配合 ㉛ 計量および練混ぜ ㉜ 生コンクリート ㉝ まだ固まらないコンクリートの品質	W/C、材料の使用量の変動計量、時間、練り量等 工場選定、条件、供給、品質スランプ、空気量、洗い分析等
⑤ 打込み作業の管理	㉞ 運搬 ㉟ 打込み ㊱ 締め固め ㊲ 仕上げ	方法、時間、分離、機器および要員の配置等
⑥ 養生の管理	㊳ 養生	方法、時間等
⑦ 硬化したコンクリートの品質管理	㊴ 型わく取りはずし時の強度 ㊵ プレストレス導入時の強度 ㊶ 設計基準強度	材令、数量、強度判定等
⑧ 構造物の外観管理	㊷ 形状寸法の検査 ㊸ 欠陥の検査	ひびわれ、鉄筋の露出、はく離、ろう水、豆板等

だけ詳細に記録を作成することが必要であり、これらの実績資料は、その構造物の信頼性の判断、および維持管理のための資料として活用するのはもちろん、将来における工事の施工計画と実施にいかすことが、コンクリート技術の進歩のためにぜひ必要とされるものである。

2. 使用材料の管理

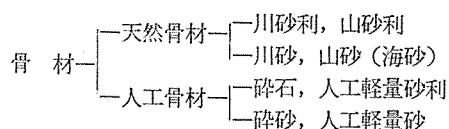
(1) セメント

PC用コンクリートに使用するセメントは、工程の短縮および乾燥収縮、温度変化、支保工の不等沈下等によるひびわれの発生を防ぐため、早期にプレストレスの一部を導入する必要があることなどから早期強度が要求され、早強セメントが多く使用される。

セメントについては、JIS R 5210「ポルトランドセメント」の規格があり、品質全般にわたって規定し、試験方法については JIS R 5201～5202 に規定が示されている。普通にはミルシートにより管理を行う。

(2) 骨 材

PC用コンクリートには、一般に次の種類の骨材が使用される。



これらの骨材は、鉄筋コンクリート標準示方書（土木学会）（以下「RC示」と略記）、プレレストコンクリート設計施工指針（土木学会）（以下「PC示」と略記）等の規定に適合するものであればよいが、コンクリートの配合には、比重、吸水量、粒度、単位容積重量、表面水等が影響を与える要因であり、これらが骨材の管理の対象となる。

骨材の比重、吸水量等の試験については JIS A 1102～1105、および JIS A 1109～1111、1120～1122 に規定が示されている。

また人工軽量骨材については JIS A 5002「構造用軽量コンクリート骨材」の規格があり、品質および粒度等について規定し、比重などの試験については、JIS A 1134～1135 に規定が示されている。

碎石についても、JIS A 5055「コンクリート用碎石」の規格があり、品質、粒形、および粒度等についてそれぞれ規定が示されている。

(3) 混 和 剤

PC用コンクリートには、減水剤および遅延剤の2種類の混和剤が主に使用される。

減水剤については、JIS規格はまだないが、土木学会「減水剤規格（案）」に規定が示されている。また最近は特に減水効果（セメント粒子の分散効果）の大きい混

和剤が開発され、特殊養生を必要とせず超強度コンクリートの製造が可能となり、すでに $\sigma_{28} = 800 \text{ kg/cm}^2$ のコンクリートを用いたPC橋の施工が行われている。

(4) 水

一般に飲用に適する水であれば問題なく使用できるが海水については、「RC示」で禁じられている。

3. 使用機器の管理

コンクリートの施工に使用する主要機器類について、管理すべき要点を表—4.2に示した。

4. まだ固らないコンクリートの品質管理

(1) コンクリートの配合

a) 配合の種類 コンクリートの配合は、重量配合が原則として用いられ、示方配合および現場配合で示される。

1) 示方配合：示方配合は、示方書または責任技術者によって指示されるもので、細骨材は 5 mm ふるいを全部とおり、粗骨材は 5 mm ふるいに全部とどまるものとし、細粗骨材とも表面乾燥飽水状態であるとしたものである。

示方配合は、一般に表—4.3のように表わしている。

2) 現場配合：現場配合は、現場における材料の状態および計量方法に応じて示方配合が得られるように定めた配合であり、骨材の含水量、細骨材中の 5 mm ふるいにとどまる量、および粗骨材中の 5 mm ふるいをとる量などを考えて示方配合を現場配合に換算する。

b) 配合設計

1) 示方配合が施主より指示された場合

① 現場で使用予定の材料を用いて施主が試し練りを行い示方配合を決定し指示した場合は、それに従い現場配合、およびパッチ当りの配合に換算する。

② 施主から指示された示方配合が使用予定の材料をもとに配合設計したものでない場合は、示方配合に用いた細骨材の粗粒率等を確かめ、実際に使用するセメント、骨材の比重、および細骨材の粗粒率等を測定して示方配合を修正するか、または③に準ずる。

③ 施主から示方配合の一部または標準配合的なものが指示された場合、「2) 示方配合が施主より指示されない場合」に準じて示方配合を決定する。

2) 示方配合が施主より指示されない場合：この場合は、次の方法のいずれかによって示方配合を決定する。

① 現場で使用予定の材料を用いて試的方法(W/Cを変えて試し練りを行う)により示方配合を決定する。

② 既知の W/C と σ_c の関係式を使って配合強度を得るための W/C を求め、使用予定の材料を用いて試

表-4.2 使用機器の管理の要点

項 目	内 容
① 一般的検討事項	㉔ 機器の使用計画時 ① 作業別機器の選定 ② 規格(性能, 形状寸法, 重量)の選定 ③ 設置位置の決定 ④ 数量の決定 ⑤ 使用期間の決定 ⑥ 購入, 手持, リースの決定 ⑦ 手配時期の決定 ⑧ 積み込み, 輸送, 取卸方法の決定 ⑨ スtock場所の決定 ⑩ 使用方法の決定 ⑪ 故障時の影響とその対策, ⑫ 修理能力の検討 ⑬ 整備工具の検討 ⑭ 予備機器, 部品の検討 ⑮ 危険防止対策 ⑯ 騒音防止対策 ⑰ 雨水防止対策 ⑱ 防塵対策 ⑲ 取扱い責任者の選定と資格 ⑳ 関係法令に対する検討
	㉕ 定期, 日常(始業, 作業中, 終業)時 ① 作業工程能力(性能, 数量の過不足) ② 機器の調子(所要性能, 精度) ③ 故障の頻度 ④ 故障箇所の発見 ⑤ 故障の処置 ⑥ 清掃状態 ⑦ 給油状態 ⑧ 摩耗状態 ⑨ 破損状態 ⑩ 部品取替えの検討 ⑪ 交換の検討 ⑫ 危険標示 ⑬ 安全装置 ⑭ 整理整頓 ⑮ 作業者の技量 ⑯ 作業者の作業態度
② バッチャープラント	㉖ ミキサー ① JIS A 8601(ドラムミキサ), JIS A 8602(可傾式ミキサ), JIS A 8603(強制練りミキサ)に性能, 構造, 材料の規格が規定されている。 ② ミキサの練り混ぜ性能については JIS A 1119 の規格によって試験する。 ③ 作業の前後には, ミキサ内のコンクリートの付着の有無, パルプ, コック, モーター等の作動状態, 圧縮空気の洩れの有無, ドラム, シャフト, 羽根の摩耗状態等について点検し, 不良箇所を早期に発見整備する。
	㉗ 計量器 ① 自動計量装置の検査を重点に行う。 ② 原器調整, 指針の精度, 零点の調整, 目盛板および計量器内の清掃, 骨材計量器, ゲート等の点検を行い, 所要の機能と精度を保持するように努める。
	㉘ 水, 混和剤溶液用タンク ① 作業の前後および作業中にタンクの水もれの有無, ポンプ, パルプ, 配管状態, タンク内の清掃状態等について点検する。
	㉙ エレベーター, ベルトコンベア ① エレベーターのピントチエーンのゆるみ, バケットピンの摩耗状態およびベルトコンベアのベルトの偏向, フレーム, プーリー, ベルト等の摩耗程度を点検し, 異常の早期発見に努め, 使用時にトラブルの生じることがないようにする。
③ 運搬設備	㉚ バケツ ① バケツは, コンクリートの運搬中に振動などにより排出口が開くことのない構造とし, 作業の前後には, この部分, およびバケツ内のコンクリートの付着の有無を点検する。 ② バケツの運搬に使用する自動車, トロッコ, ケーブルクレーン, ジブクレーン, トラッククレーン, 門型クレーン等について, 制動, 荷役, 油圧, 車輪, 動力, 方向指示器, 警報等の各装置の異常の有無を点検し整備する。
	㉛ 生コン車 ① 生コン車の性能については, 「コンクリートの排出時に排出量の 1/4 と 3/4 の箇所で, 測定したスランプの差が, 3 cm をこえてはならない」と JIS A 5308(生コンクリート)に規定が示されている ② 生コン車の油圧, 原動機, コンクリートの排出系統等についても点検整備を行う。
	㉜ コンクリートポンプ車 ① コンクリートポンプ車の油圧, 原動機, コンクリート圧送, 配管, 洗浄系統等について点検整備する。 ② 特にポンプの部品の摩耗, およびホッパー切替弁付近, 配管内の洗浄状態については入念に点検する。
	㉝ コンクリートタワー ① コンクリートタワーについては, 基礎(タワーの固定状態), 傾き, ガイドレールの取付ボルト, バケツストッパー, バケツの昇降およびダンプ作動, 下部緩衝装置, 控索(ワイヤー, アンカー), ウインチ, 安全装置および標示等について点検し整備する。
④ 振動機	㉞ 振動機については JIS A 8610「コンクリート棒型振動機」および JIS A 8611「コンクリート型枠振動機」の規格があり, 前者は直結形式(電動機, エアモーター), フレキシブル形式(電動機, エアモーター, 内燃機関)の2種類, 後者も, 取付形式(電動機, エアモーター), 手持形式(直結形, フレキシブル形)の2種類についてそれぞれ性能, 構造, 原動機, 振動体, シャフト, 材料, 検査等が示されている。 ㉟ 振動機の使用にあたっては, シャフト部分のグリス注入状況, 配線, コード, スイッチ等を点検整備する。
	㊱ 耐圧試験機は, 標準ゲージによる定期検査のほか, 使用にあたっては指針の調整およびモーター, 油圧系統の点検を行う。 ㊲ スランプ測定器, エアメーター, モールド, 骨材フルイ, 恒温水槽, 乾燥器等についても, 変形, 損傷, 寸法精度, 電気系統, 清掃状態等を点検整備する。
⑤ 試験機器	

表-4.3 示方配合の表わし方

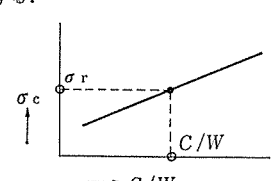
粗骨材の最大寸法(mm)	スランプの範囲(cm)	空気量の範囲(%)	水セメント比 W/C(%)	細骨材率 s/a(%)	単 位 量 (kg/m ³)				
					水 W	セメント C	細骨材 S	粗骨材 G	混和剤

注: ① 混和剤の使用量は cc または g で表わし, うすめたりしないものを示す。

② 軽量コンクリートの場合, 軽量骨材の量は絶対容積で示す。

表-4.4 配合設計の手順

項目	内 容						
① 配合強度の決定 $\sigma_r = k \sigma_{ci}$	<p>PC構造物の設計に用いる圧縮強度には、プレストレス導入時強度 (σ_{ci}) と基準強度 (σ_{ck}) があり、一般に前者は早期材令時 (4~7日)、後者については、材令 28 日とされている。 また σ_{ci} は、「PC示」に σ_{ck} の 70~85% 以上と規定されている。 これらの関係から σ_{ci} を満足する W/C は、σ_{ck} も充分満足することが知られており、一般には σ_{ci} を基準として配合設計を行う 実際には、コンクリート強度の変動係数 (V%) と構造物の重要度を考慮して σ_{ci} に割り増し係数 (k) を乗じたものを配合強度 (σ_r) とする。</p>						
	$k_1 \geq \frac{\sigma_r}{\sigma_{ck}} = \frac{0.8}{1 - \frac{1.645 V}{100}} \dots\dots(1)$ $k_2 \geq \frac{\sigma_r}{\sigma_{ck}} = \frac{1}{1 - \frac{0.674 V}{100}} \dots\dots(2)$ <p>k_1, k_2 のうち大きい値を採用</p>	<p>㉓ 土木学会「RC示」の規定 (現場練りを対象)</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 試験値は σ_{ck} の 80% を 1/20 以上の確率で下ってはならない、式 (1) ○ 試験値は σ_{ck} を 1/4 以上の確率で下ってはならない、式 (2) 					
	$k_1 \geq \frac{\sigma_r}{\sigma_{ck}} = \frac{1}{1 - \frac{V}{100}} \dots\dots(3)$ $k_2 \geq \frac{\sigma_r}{\sigma_{ck}} = \frac{0.7}{1 - \frac{3V}{100}} \dots\dots(4)$ <p>k_1, k_2 のうち大きい値を採用</p>	<p>㉔ JIS A 5308 (生コンクリート) の規定</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ σ_{ck} を下まわる確率が 1/6 以上になってはならない (式 (3))。 ○ いずれの 1 回の強度も σ_{ck} の 70% 以下になってはならない (式 (4))。 					
② 粗骨材の最大寸法の選定	「PC, RC示」の規定により選定するが一般に 20~25 mm が用いられる。						
③ 使用材料の試験	セメントの比重、骨材の粒度、含水量などを測定する。						
④ スランプおよび空気量の選定	スランプは、プレキャスト、場所打工法別、部材の断面形状、配筋状態、打込み方法等を考慮して決めるが、最近では 8 cm 程度とすることが多い。空気量については普通 4% 程度とする						
⑤ W/C の選定方法	<p>圧縮強度 (σ_c) をもとにして、W/C を決める場合は W/C と σ_c の関係を試験によって求めるのが原則とされている。普通は 35, 40, 45% の 3 種類の W/C を仮選定し、それぞれについて条件 (スランプ、空気量等) に合うように試験パッチをつくって検討し、所要材令の σ_c を求め C/W-σ_c の関係から σ_r を満足する W/C を選定する。PC用コンクリートの場合、このようにして求めた W/C は耐久性、水密性から必要とする W/C を充分満足するものであることが知られている。</p>						
⑥ 細粗骨材の量および単位水量の仮選定	<p>㉕ 細粗骨材率 (s/a) および単位水量 (W) の仮定 細粗骨材の量は所要のワーカビリティーが得られる範囲内で、W が最小となるように試験によって決めるのが原則である。 ACI では、数多くの試験結果をもとにして、粗骨材の最大寸法に対する s/a および W の大体の値を次のように示している。経験によると、この値は実際とよく合い、配合設計における最初の仮定値として採用することができる (AE コンクリートで減水剤を使用する場合は、多少の修正を必要とするが、実用上は本表の s/a, W を最初の仮定値とする)。</p>						
	粗骨材の最大寸法 (mm)	普通コンクリート	AE コンクリート	備 考			
		s/a (%)	W(kg/m ³)	o/s/a (%)	W(kg/m ³)	空気量 (%)	
	15	53	199	50	182	6±1	条件
20	45	187	42	168	5±1	① 骨材は丸味をおびたもの	
25	41	178	37	158	4±1	② W/C=55%	
						③ スランプ=7.5 cm	
						④ 細骨材の FM=2.75	
条件の変化に対する補正							
補 正 項 目			補 正 数 値		備 考		
			s/a (%)	W (%)			
W/C=0.05 の増加または減少に対し			±1	0	補正数値は ACI が示したものを経験をもとに一部修正してある。		
細骨材の FM=0.1 の増減に対し			±0.5	0			
スランプ 1 ¹ / ₂ cm の増減に対し			—	±(1.2~1.5)			
空気量 1% の増減に対し			±(0.5~1.0)	±3			
細骨材率 s/a=1% の増減に対し			—	±1			
粗骨材が角ばっているとき (碎石)			+(3~5)	+(7~10)			
細骨材が角ばっているとき (砕砂)			+(2~3)	+(4~6)			
ワーカビリティーが悪くてよいとき (舗装)			-3	-3			

項目	内容
	<p>④ s/a および W の補正 例えば ②～⑤ の結果, 細骨材の $FM=2.89$, 粗骨材の最大寸法 25 mm, スランブ 8 cm, 空気量 4% の条件で, まず $W/C=40\%$ について経済的な配合となる $W, s/a$ を試し練りバッチから求めることを計画す。 試し練りに入る前の $s/a, W$ を上記から $W=158 \text{ kg/m}^3, s/a=37\%$ と仮定する。この値は $W/C=55\%$, スランブ 7.5 cm, $FM=2.75$ の条件のものであるため条件の変化に対する補正を行う。</p> <p>○ W/C の相違に対する補正 $s/a=37-\frac{0.55-0.40}{0.05} \times 1 \div 34\%$</p> <p>○ FM の相違に対する補正 $s/a=34+\frac{2.89-2.75}{0.1} \times 0.5 \div 35\%$</p> <p>○ スランブの相違に対する補正 $W=158\left(1+\frac{8-7.5}{1} \times 0.015\right) \div 160 \text{ kg/m}^3$</p> <p>○ s/a の変化に対する補正 ($37\% \rightarrow 35\%$) $W=160\left(1-\frac{0.37-0.35}{0.01} \times 0.01\right) \div 157 \text{ kg/m}^3$</p> <p>本例では所要条件に対して $W=157 \text{ kg/m}^3, s/a=35\%$ を最初の仮定値として選定する。</p>
<p>⑦ 使用材料の計算</p>	<p>例えば $W/C=40\%$ について 1 m^3, および 1 バッチ当りの使用材料を計算すると次のようになる。</p> <p>② の結果, セメントの比重=3.15, 粗骨材の比重=2.65, 細骨材の比重=2.64 とする。</p> <p>○ コンクリート 1 m^3 中の水量 $W=157 \text{ kg/m}^3$</p> <p>○ コンクリート 1 m^3 中のセメント量 $C=\frac{W}{0.4}=\frac{157}{0.4}=393 \text{ kg/m}^3$</p> <p>○ コンクリート 1 m^3 中のセメントペーストの絶対容積 $V_P=\frac{W}{1000 \times \text{水の比重}} + \frac{C}{1000 \times \text{セメントの比重}} = \frac{157}{1000} + \frac{393}{1000 \times 3.15} = 0.282 \text{ m}^3/\text{m}^3$</p> <p>○ コンクリート 1 m^3 中の骨材の絶対容積 $V_A=1-V_P-\text{空気量}=1-0.282-\frac{4}{100}=0.678 \text{ m}^3/\text{m}^3$</p> <p>○ 1 m^3 中の細骨材の絶対容積 $V_S=V_A \times s/a=0.678 \times 0.35=0.237 \text{ m}^3/\text{m}^3$</p> <p>○ 1 m^3 中の粗骨材の絶対容積 $V_G=V_A-V_S=0.678-0.237=0.441 \text{ m}^3/\text{m}^3$</p> <p>○ 1 m^3 中の細骨材の重量 $S=V_S \times \text{細骨材の比重} \times 1000=625 \text{ kg/m}^3$</p> <p>○ 1 m^3 中の粗骨材の重量 $G=V_G \times \text{粗骨材の比重} \times 1000=1168 \text{ kg/m}^3$</p> <p>○ 1 m^3 中の混和剤の重量 $P=C \times (\text{使用}\%) / 100$</p>
<p>⑧ 試し練り</p>	<p>⑦ で求めた材料をもとに試し練りを行い, 例えば $W/C=40\%$ について ④ の所要条件を満たす範囲で経済的な配合となる W, および s/a を求める。続いてこの $W, s/a$ を基準にして $W/C=35\%, 45\%$ の場合について補正計算をしながら ④ の所要条件を満たすよう試し練りを行う。同時に強度試験用の供試体を製作する (例えば各 W/C に共通して材令 3, 5, 7, 28 日分各 3 個)。</p>
<p>⑨ 配合強度 (σ_r) を得るための W/C の選定</p>	<p>所定材令について $W/C=35\%, 40\%, 45\%$ のそれぞれの強度 (σ_c) を求め $C/W-\sigma_c$ の関係から σ_r を得るための W/C を選定する。</p> <div style="display: flex; align-items: center;">  <div style="margin-left: 20px;"> <p>例えば 材令 3 日, 5 日, 7 日, 28 日ごとの σ_r を得るための C/W を求め, 逆算して W/C を求める。</p> </div> </div>
<p>⑩ 配合強度 (σ_r) を得るための示方配合の決定</p>	<p>⑨ で選定した W/C をもとに ⑦ と同様に使用材料を計算し示方配合を決定する。またこの段階で単位セメント量のチェックを行う ($370 \sim 430 \text{ kg/m}^3$ の範囲とするのが適当である)。</p>
<p>⑪ 現場配合の決定</p>	<p>現場で使用する骨材の粒度および表面水について示方配合を修正し, 現場配合を決定する。 例えば骨材の粒度については ⑩ の結果, 細骨材 $x=657 \text{ kg/m}^3$, 粗骨材 $y=1220 \text{ kg/m}^3$ となり, ⑨ の結果, 細骨材の 5 mm 以上の量は 2.7%, 粗骨材の 5 mm 以下の量は 2.5% であったとすれば,</p> $\left. \begin{aligned} x+y &= 657+1220=1877 \\ 0.027x+(1-0.025)y &= 1220 \end{aligned} \right\}$ <p>の関係が成立し, 上式をといて, 新たに $x=647 \text{ kg/m}^3, y=1230 \text{ kg/m}^3$ を求める。 表面水については, 細骨材 1%, 粗骨材 3% とすれば, 細骨材 $= 647(1+0.03)=666 \text{ kg/m}^3$ 粗骨材 $= 1230(1+0.01)=1242 \text{ kg/m}^3$ と修正する。またこの増加分は水量であり, ⑨ で求めた単位水量から減ずる。</p>
<p>⑫ 1 バッチ当りの配合の選定</p>	<p>⑪ で求めた各材料の単位量に 1 バッチ当りのコンクリートの容積を乗じて, 1 バッチ当りの配合を決定する。</p>

し練りを行い示方配合を決定する。

③ 既知の配合例 (W/C , スランブ, 空気量, 単位セメント等) を参考にして試し練りを行い示方配合を決定する。

これらのなかで最も確実なのは, ④の方法である。

また②の方法について, かつて著者が早強セメントを用いて求めた関係式を参考までにあげると次のようである ($\sigma=350 \sim 450 \text{ kg/cm}^2$ の範囲, 標準養生)。

$$\sigma_4 = -64 + 164 C/W \text{ (材令 4 日)}$$

$$\sigma_5 = -53 + 168 C/W \text{ (材令 5 日)}$$

$$\sigma_7 = 122 + 111 C/W \text{ (材令 7 日)}$$

3) 配合設計の手順：試的方法によって配合設計をする場合は、表—4.4 に示す手順により行う。

(2) 計量および練り混ぜ

材料の計量は、1練り分ずつ重量計量し（水および混和剤溶液は容積計量してもよい）、1回計量分の許容誤差について 表—4.5 に示す規定がある。

コンクリートの練り混ぜ時間については、「RC示」に可傾式ミキサの場合、普通コンクリートで1分30秒以上、軽量コンクリートで2分以上、強制練りミキサの場合は普通、軽量とも1分以上とするのを標準とするように規定されている。

表—4.5 計量の許容誤差

材料の種類	許容誤差 (%)	
	土木学会	JIS A 5308 (生コン)
水	1	1
混和剤溶液	3	1
セメント	2	1
細, 粗骨材	3	2

(3) 生コンクリート

生コンクリートについては JIS 規格があり、適用範囲、材料、種別、品質、容積、製造、試験方法、検査、報告等について、JIS A 5308 に規定されている。生コンクリートを使用する場合の管理の要点をあげると 表—4.6 のようになる。

(4) まだ固まらないコンクリートの品質検査

まだ固まらないコンクリートの品質については、普通コンクリートの場合、主としてスランプ (JIS A 1101) および空気量 (JIS A 1116~8, JIS A 1128) の試験を行い検査する。

生コンクリートの場合は、スランプおよび空気量の許容範囲について JIS A 5308 (生コンクリート) に 表—4.7 に示す規定があり、試験値がこの許容範囲であれば合格とする。

また軽量コンクリートの場合は、スランプ、空気量のほかに、単位容積重量 (JIS A 1116) について試験を行い、試験値が所要値の±3%の範囲内であれば合格とする。不合格と判定された場合は、試験結果をよく検討して原因を調査する。原因としては、骨材の含水量、配合、計量、練混ぜ等の製造過程が悪い場合、運搬方法が悪い場合、または、試験が悪い場合等が考えられる。

原因に応じて必要な処置を行い、その後のコンクリートに不合格がでないようにする。

また不合格と判定されたコンクリートは、打ち込まな

表—4.6 生コンクリート使用上の管理の要点

項目	内容																																	
① 生コンクリート種の種別	<p>㊸ A種コンクリート</p> <p>○ A種コンクリートは、次に示す設計基準強度または指定強度とスランプとの組合せコンクリートとし、購入者が選んで指定する。</p> <p>○ A種コンクリートの配合は生産者が定めるが、混和剤については購入者の承認を得る。</p> <p>A種コンクリート (PC用コンクリート該当のみ表示)</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="3">スランプ (cm)</th> <th colspan="4">設計基準強度 (kg/cm²)</th> </tr> <tr> <th colspan="2">普通 (粗骨材 20~25 mm)</th> <th colspan="2">軽量 (粗骨材 15~20 mm)</th> </tr> <tr> <th>300</th> <th>400</th> <th>270</th> <th>300</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>5</td> <td>○</td> <td>○</td> <td>○</td> <td>○</td> </tr> <tr> <td>8</td> <td>○</td> <td>○</td> <td>○</td> <td>○</td> </tr> <tr> <td>12</td> <td>○</td> <td>—</td> <td>○</td> <td>○</td> </tr> <tr> <td>15</td> <td>○</td> <td>—</td> <td>○</td> <td>—</td> </tr> </tbody> </table>	スランプ (cm)	設計基準強度 (kg/cm ²)				普通 (粗骨材 20~25 mm)		軽量 (粗骨材 15~20 mm)		300	400	270	300	5	○	○	○	○	8	○	○	○	○	12	○	—	○	○	15	○	—	○	—
	スランプ (cm)		設計基準強度 (kg/cm ²)																															
普通 (粗骨材 20~25 mm)			軽量 (粗骨材 15~20 mm)																															
300		400	270	300																														
5	○	○	○	○																														
8	○	○	○	○																														
12	○	—	○	○																														
15	○	—	○	—																														
⑤ B種コンクリート	<p>○ A種以外の組合せで、設計基準強度、スランプ、粗骨材の最大寸法について購入者の指示したものである。</p> <p>○ B種コンクリートの配合については、購入者は生産者と十分に協議し、必要があれば試し練りを行って決定する。</p>																																	
② 生コンクリート工場の選定	<p>㊸ 製造設備とその能力</p> <p>㊸ 運搬時間と能力</p> <p>㊸ 品質管理設備と技術能力</p> <p>㊸ 施主の指定条件 (JIS 工場指定等)</p>																																	
③ 生コンクリート条件の指定	<p>購入者は、生コンクリートの種別を指定する場合、必要があれば、次の事項の中から適宜生産者に指示する。</p> <p>㊸ 所要材令時の強度</p> <p>㊸ セメントの種類、単位使用量の範囲</p> <p>㊸ W/C の範囲</p> <p>㊸ 骨材の種類、粗骨材の最大寸法</p> <p>㊸ スランプ、空気量の範囲</p> <p>㊸ 軽量コンクリートの場合、単位容積重量の限度</p> <p>㊸ コンクリートの最高、最低温度</p>																																	
④ 生コンクリートの運搬	<p>㊸ 運搬車の形式、能力、台数</p> <p>㊸ 運搬の経路、時間</p> <p>㊸ 運搬車の現場での待機時間</p> <p>㊸ 運搬車の1回転の所要時間</p>																																	
⑤ 生コンクリートの受入れ	<p>㊸ 生コンクリートの受入れ場所、検査場所、洗車場所</p> <p>㊸ 運搬車の待機場所</p> <p>㊸ 運搬車の誘導員配置</p> <p>㊸ 生コンクリートの誤配合 (納入書) の検査</p> <p>㊸ 付近住民への騒音対策</p> <p>「東京都公害防止条例施工規則」</p> <p>[生コン車を使用するコンクリート搬入作業]</p> <p>㊸ 基準点 (境界線から 30 m) における音量と騒音レベルの規制。</p> <p>○ (音量) 75 ホン以下, ○ (1日における延時間規制) 10 時間以内, ○ (規制該当作業時間) 午前 6 時~午後 9 時, ○ (連続作業日数の規制) 1 カ月以内, ○ (日曜、休日における作業の規制) 禁止</p>																																	
⑥ 品質管理	<p>㊸ スランプ、空気量、単位重量 (軽量コンクリート)</p> <p>㊸ コンクリート強度</p> <p>㊸ コンクリートの品質管理 (管理図、品質検査)</p>																																	

項 目	内 容
⑦ その他打合せ事項	㊸ 月間打設工程, 1日の最大打設量 ㊹ 時間当りの所要数量 ㊺ 工場の休日, 時刻の制約, 休憩時間 ㊻ 打設開始, 終了, 予定時刻 ㊼ 品質検査の範囲, 頻度, 方法等

表-4.7 スランプおよび空気量の許容範囲

ス ラ ン プ (cm)		気 空 量 (%)	
所 要 値	許 容 範 圍	所 要 値	許 容 範 圍
3以下	±1	5以下	±1
3~8	±1.5		
8~18	±2.5	5以上	±1.5
18以下	±1.5		

ようにする。

5. 打込み作業の管理

(1) 運 搬

a) 一 般 練り上がったコンクリートは, 時間の経過とともにスランプや空気量が変化し材料の分離が大きくなるので, 打込み場所までの運搬時間はできるだけ短くするのが原則である。

生コンクリートの運搬については, 「コンクリートは練混ぜを開始してから1.5時以内で荷卸しができるように運搬しなければならない。ただし購入者の指示があれば短縮または延長することができる」と JIS A 5308 (生コンクリート) に規定されている。

また「RC示」では, 「練り混ぜてから打ち終るまでの時間は, 温暖で乾燥しているときで1時間, 低温で湿潤なときでも2時間をこえてはならない」と規定している。

現場内での運搬には, コンクリートポンプ, タワー, ベルトコンベヤ, バケット, シュート, 手押車, トロッコ等が用いられているが, 工事の条件, 工程, コンクリート量, 経済性等を考慮して最も適切な運搬方法を採用する。

b) コンクリートポンプ工法 最近ではコンクリートポンプ工法が, その機動性と作業員および仮設機材の節約等, 急速化, 省力化の面から急増してきている。

コンクリートポンプ工法については, 「コンクリートポンプ工法施工指針案」(建築学会) に規定が示されており, 管理の要点をあげると表-4.8 に示すようである。

(2) 打 込 み

a) 1日当りの打込量および区画の選定 構造物の形状およびコンクリート量, コンクリートの供給能力, 打込み能力(設備), 作業員および時間, 季節条件, 養生方法, 型わく, 打継目, 工程等を総合的に考慮して

表-4.8 コンクリートポンプ工法の管理の要点

項 目	内 容				
① コンクリートポンプ採用上の検討事項	㊸ コンクリートの種類と配合(スランプ) ㊹ 現場の立地条件 ㊺ 現場内の運搬距離と高さ ㊻ コンクリートの1回の打込み量と速度 ㊼ コンクリートポンプの機種(能力), 台数 ㊽ 作業員事情 ㊾ オペレーターの熟練度 ㊿ 工程条件, 経済性(他工法との比較)				
② コンクリートポンプの機種と台数	㊸ 機種は最大輸送距離が配管全体の水平換算距離を上まわるものを選ぶ ㊹ 台数は1時間当りの吐出量と予定機種の最大吐出量を検討して決める				
③ コンクリートポンプの設置場所と配管	㊸ コンクリートポンプは, コンクリートの供給が容易で配管に便利な場所に設置する ㊹ 打込み順序, 速度等に応じて輸送管の長さは, できるだけ短かくする ㊺ ベント管やゴムホースの使用は少なくしテーパー管はできるだけ長いものを使用する ㊻ 輸送管は圧送条件, 圧送のしやすさ, 単位時間当りの圧送量, 粗骨材の大きさ等を考慮して決める				
④ コンクリートポンプによる打込み要員	㊸ オペレーターは, 圧送条件に応じて十分な経験と技能のある者を選ぶ ㊹ 輸送管の設置, コンクリートの受入れ, 圧送, 打込み, 段取替え, 輸送管の撤去, 等に応じて必要な作業員を配置する				
⑤ コンクリートの品質	㊸ 圧送前後のコンクリート品質に差が生じないように材料, 配合, 圧送機械, 圧送方法の管理を行う ㊹ 圧送前後のコンクリートの品質が次の許容差をこえる場合は, 配合, コンクリートポンプ, 配管, 圧送方法等を再検討して対策を講ずる				
	品 質	圧送前後の品質の許容差			
	スランプ (cm)	普通コンクリート		人工軽量コンクリート	
		5~18	18以上	8~18	18以上
空気量 (%)	1.0		1.0		
単位重量 (kg/m ³)	—		40		

一日当りの打込み量および打込み区画を選定する。

b) 打継目の選定 設計図に示された箇所以外に打継目を設ける場合は, 構造物の機能, およびPCケーブル, 鉄筋等の配置状態を考慮し, 打継目の処理が確実にできる位置を選定する。

c) 打込み順序の選定 構造物の形状, コンクリートの供給状態, 打ち込みによって生ずる型わくおよび支保工の変形がすでに打ち込まれたコンクリートに及ぼす影響の程度, 表面仕上げ速度等を考慮して, 無理のない打込み順序を選定する。

d) 打込み前の検討事項 コンクリートの打ち込み前の準備が不備の状態で作業を開始すると, 取りかえしのつかないトラブルが生ずる恐れがあるので, 次にあげる事項について打ち込み前に検討を行うことが大切である。

1) 型わく, 支保工, PCケーブルおよび定着具, 鉄筋, 埋設物等の配置状態

- 2) 型わく内の清掃および打継目の処理状況
- 3) コンクリートの手配、運搬および打込み設備等の点検
- 4) 不測のトラブルにより打ち込みが中断した場合の処置方法（停電、生コン車の延着等）
- 5) 使用機械類の準備および点検（試運転）
- 6) 作業人員の配置および打ち込み上の注意事項の徹底
- 7) コンクリートがあまった場合の処理方法
- 8) 養生材料および試験の準備
- 9) 交通整理および騒音防止の対策
- 10) 天候急変（風雷雨）および夜間作業等に対する準備

e) 打ち込み時の注意事項 コンクリートの打込みについて要点をあげると次のようになる。

- 1) 打ち込み作業中、PCケーブル、鉄筋、定着具、型わく、支保工等の異常の有無を点検する。
- 2) コンクリートの分離を防ぐため、バケット、ホッパー等の吐き口からコンクリート打込み上面までの高さは1.5m以内とし鉛直に落とす。
- 3) コンクリート打込みの1層の高さは40cm以下を原則とする。
- 4) コンクリートを2層にわたって打込む場合は、下層のコンクリートが固まり始める前に上層を打ち込む。
また、下層のコンクリートが再振動により再びプラスチックになる程度の固まりである場合は、再振動を与えて流動化させ、速やかに上層コンクリートを打ち込む。
- 5) 張出部をもつ構造物の場合は、付け根以下を打ち込んだ後、2時間以上経ってから張出し部分のコンクリートを打込むことを標準とする。

6) 型わくの高さが大きい場合には、コンクリートの分離防止、および打ち込み層の上部にある鉄筋、PCケーブル、型わく等にコンクリートが付着して硬化するのを防ぐため、型わくに投入口を設けるか、または縦シュート等を用いて打ち込む。

7) 暑中の場合は、練混ぜ後1時間以内に打ち込むことを目標とし、打ち込んだコンクリートの最高温度は65°Cをこえないようになる、このためにはセメント種類の選定、使用材料の冷却等の措置が必要である。

8) 打継目の場合は、旧コンクリートの表面処理、および十分な吸水等を行い、新旧コンクリートの温度差が著しく大きくなるようにする。温度差が大きいとひびわれが発生する恐れがあるので、特に構造形式、季節条件に応じて打込み前後の養生についても考慮する。

(3) 締 固 め

a) 締固め時の注意事項

- 1) 内部振動機を用いて締め固める場合、PCケーブ

ル、鉄筋、その他型わく内に配置してあるものに、くると、あるいは損傷を与えないように注意する。

2) 構造物の形状および配筋状態により内部振動機の使用が困難な箇所は、コンクリートの打込み量および速度を加減しながら型わく振動機を使用して締め固める。

3) 内部振動機は、原則として鉛直に下層コンクリート中に10cm程度そう入して締め固める、そう入間隔は、隣接した振動部分の振動効果が重複する範囲内とし一般に60cm以下とするが、軽量コンクリートの場合は、振動の有効範囲が小さい傾向にあるので留意する。

4) 内部振動機のそう入はすばやく行い、引抜く時は後に穴が残らないように徐々に行う。

5) 1箇所の振動時間は、目視によりコンクリート表面にペーストが薄く現われるまでとし、一般に数十秒を標準とする。

6) 軽量コンクリートの場合は、長時間振動を加えると粗骨材が分離する恐れがあるので注意する。

7) その他型わくのはらみ、傾き、支保工の変形等の異常に注意し、発生した場合は作業を中断し速やかに修理する。

6. 養生の管理

PC用コンクリートの場合は、配合条件、および構造物の形状、施工速度等から特に打ち込み後24時間程度の初期養生を季節条件に応じて適切に行うことが必要である。一般に行われている養生方法を大別すると表-4.9に示すようであり、これらが単独または併用される。

養生中は、養生状況の点検を行うことが必要であり、特に給熱養生の場合は強風雨雪、および火災、熱源中断

表-4.9 養生方法の種類

種	類	備 考
① 湿潤養生	㊸ 湛水養生	普通の気象条件および暑中コンクリート等に主として採用する。
	㊹ 散水養生	
	㊺ 濡れむしろ類	
② 保湿養生	㊻ 膜養生（合成樹脂系、油脂系の封かん剤による養生）	
	㊼ 防水紙による養生（不透性シート類）	
③ 保温養生	㊽ 覆い養生（シート、マット、毛布、ガラス綿、むしろ等で覆う）	普通の気象条件および気温5°C以上の暑中コンクリート等に採用。
④ 給熱養生	㊾ コンクリート周囲に給熱（ジェットヒーター、マスターヒーター、ジムバーナー、サランダー、ストーブ、赤外線電球、蒸気等）	寒中コンクリートおよび強度促進の必要時に採用。蒸気養生については、 ○ 前養生時間(2~3時間) ○ 温度上昇勾配(15°C/時間) ○ 最高温度(65°C) ○ 温度降下勾配等について管理する。
	㊿ コンクリート中に給熱（温床用電熱線等をコンクリート中に埋設）	
⑤ その他	㊿ 初期養生中は、有害な振動や衝撃を与えない。	

等のトラブルに注意する。

7. 硬化したコンクリートの品質管理

(1) コンクリート強度の管理対象

PC構造物の設計に用いるコンクリート強度としては、曲げおよび軸圧縮強度、曲げ引張強度、せん断強度、付着強度、支圧強度および弾性係数等があり、それぞれ設計荷重段階に応じて許容強度が規定されている。したがって、施工にあたっては、硬化したコンクリートのこれら諸強度が設計で用いた強度を十分満足するように管理しなければならない。しかしながら圧縮強度以外は測定が比較的めんどうであること、およびいままでの実験から圧縮強度とその他強度との間には、密接な関係のあることが知られており（表—4.10）、普通の場合は圧縮強度をコンクリートの力学的特性を代表するものとし、施工時のコンクリート強度の管理対象としている。

また圧縮強度試験用供試体の作り方、および試験方法については、JIS A 1132, JIS A 1108 に規定が示されている。

表—4.10 コンクリート強度の関係

	普通コンクリート	人工軽量 コンクリート
引張強度 圧縮強度	$\frac{1}{10} \sim \frac{1}{13}$	$\frac{1}{10} \sim \frac{1}{15}$
曲げ強度 圧縮強度	$\frac{1}{5} \sim \frac{1}{8}$	$\frac{1}{6} \sim \frac{1}{10}$
せん断強度 圧縮強度	$\frac{1}{4} \sim \frac{1}{6}$	$\frac{1}{6} \sim \frac{1}{10}$

(2) コンクリートの基準強度

a) 型わく取りはずし時の強度 一般にPC構造物の側型わく、内型わく、および端型わくの取りはずしはプレストレスの導入前に行われ、取りはずし時にコンクリート表面が損傷しないこと、構造物自身および特に張出部分が大きい部材の場合、自重による座屈強度、引張強度に抵抗できること等のために $50 \sim 100 \text{ kg/cm}^2$ 程度の強度を目標とすることが多い。

またこの時期については、原則として現場養生した供試体の強度試験の結果から決めるが、便宜的にはコンクリートの試し練り時に $\sigma_3, \sigma_5, \sigma_7, \sigma_{28}$, 等の強度を求め、 σ -材令曲線から推定することもできる。

b) プレストレス導入時の強度 プレストレスを与えてよい時の圧縮強度については、「PC示」に次のように規定されている。

1) ポストテンション方式の場合：

① 全プレストレスを与えてよい時の圧縮強度 (σ_{ci}) は、 σ_{ck} の 70% 以上とする。ただし設計においてクリップ係数 $\phi=2$ (屋外)、 $\phi=2.5 \sim 4.0$ (屋内) の値を採用

している場合は、 σ_{ck} の 85% 以上とし、高温高压等の特殊養生をしない場合は材令 4 日以上とする。

② 早期にプレストレスの一部を与える場合の圧縮強度は、プレストレスを与えた直後コンクリートにおこる最大圧縮応力度の 1.7 倍以上とする。

ただし自重の占める割合の大きい部材の場合、および定着具に接する支圧応力度等については安全性を検討しなければならない。

2) プレテンション方式の場合：プレストレスを与える時の圧縮強度は、 300 kg/cm^2 以上とする。

ただし短い部材、および部材端近くで大きな曲げモーメント、またはせん断力を受ける部材の場合は、 350 kg/cm^2 とする。以上の規定は、部材本体の圧縮強度を示すものであり、現場では部材と同等の条件で現場養生した供試体によって圧縮強度を判断する。

c) 設計基準強度 PC用コンクリートの設計基準強度 (σ_{ck}) について「PC示」では次のように規定している。

プレテンション方式の場合、 $\sigma_{ck} \geq 350 \text{ kg/cm}^2$

ポストテンション方式の場合、 $\sigma_{ck} \geq 300 \text{ kg/cm}^2$

(3) コンクリートの品質管理

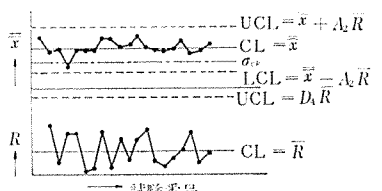
a) 品質管理の対象強度 現在の設計法では、一般に材令 28 日の標準養生供試体による圧縮強度を設計基準強度 (σ_{ck}) としているので、コンクリートの品質が所要のものであるかどうかを確かめるには、材令 28 日の圧縮強度の試験を行う。

しかしながらコンクリートの品質管理の目的は、品質の異常をすみやかに発見し措置を講ずることにあり、この目的からすれば、スランプ、空気量の管理に次いで早期材令時のコンクリートの品質について管理し σ_{ck} の品質を推測することができれば最も効果的である。さいわいPC用コンクリートの場合は、早期材令時 (4~7 日) にプレストレスを導入することが多く、またこの時の強度 (σ_{ci}) は σ_{ck} の 70~85% 以上とされているため、実際には σ_{ci} が早期材令で確保されれば材令 28 日において σ_{ck} を十分満足することが経験的に知られている。実際にコンクリートの配合強度も σ_{ci} を基準とし、ある範囲の早期材令時に確保することを目標とすることが多い。

したがって、硬化したコンクリートの品質については σ_{ck} に先んじて σ_{ci} の管理を行うようにする。

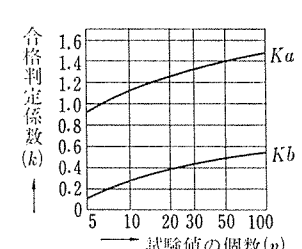
また配合設計時に設定した σ_{ci} と一定材令の関係は、季節、および現場養生条件によりばらつきが生じるため、 σ_{ci} については現場養生、および標準養生の 2 種類、 σ_{ck} については標準養生のそれぞれについて品質管理を行うとよい。コンクリートの品質管理にあたっては、養生条

表—4.11 \bar{x} -R 管理 の 手 順

項 目	内 容																														
① 試験値の取捨	<p>④ 試験値は一般の場合、同一バッチからとった供試体3個の強度の平均値 (\bar{x}) とする。</p> <p>⑤ 供試体3個の強度のうち、とび離れた強度を捨ててよいかを決めるには、次の条件を参考とする。</p> <p>$e \geq 3\sigma$ ……その供試体の値を捨てる</p> <p>$3\sigma > e \geq 2\sigma$ ……その他の事情を考えて取捨を決める</p> <p>$e < 2\sigma$ ……その供試体の値を捨ててはならない</p> <p>ここに、</p> <p>e: 1バッチの強度の平均値ととび離れた強度との差</p> <p>σ: 標準偏差の推定値で次の式による</p> $\sigma = \bar{R}/d_2$ <p>\bar{R}: 同一バッチ内の強度の最大値と最小値の差の1組 (10バッチ以上) の平均値</p> <p>d_2: nバッチの供試体の個数 n によって決まる係数 (下表参照)</p>																														
② 管理図の作成	<p>④ PC₄工事の場合は、1回に採取する供試体が σ_{ci} 用3個、(実際には標準養生用3個、現場養生用3個とするよ い)、σ_{ck} 用3個、とすることが多いので試験値3個を1つの群とする。</p> <p>⑤ 各群について平均値 (\bar{x}) および範囲 (R) を計算する。</p> $\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + x_3}{3}, \quad R = x_{\max} - x_{\min},$ <p>x_{\max}: 群内の試験値の最大値, x_{\min}: 最小値</p> <p>⑥ 管理限界線を次の式で計算し記入する。</p> <p>[\bar{x} 管理図]</p> <p>中心線 $CL = \bar{\bar{x}}$</p> <p>上方管理限界 $UCL = \bar{\bar{x}} + A_2 \bar{R}$</p> <p>下方管理限界 $LCL = \bar{\bar{x}} - A_2 \bar{R}$</p> <p>[$R$ 管理図]</p> <p>中心線 $CL = \bar{R}$</p> <p>上方管理限界 $UCL = D_4 \bar{R}$</p> <p>下方管理限界 $LCL = D_3 \bar{R}$</p> <p>ここに</p> $\bar{\bar{x}}: \text{試験値の総平均値} = \frac{\bar{x}_1 + \bar{x}_2 + \dots + \bar{x}_n}{n}$ $\bar{R}: \text{範囲の平均値} = \frac{R_1 + R_2 + \dots + R_n}{n}$ <p>A_2, D_3, D_4: 群の数によって決まる管理係数 (下表参照)</p>																														
3 σ 法																															
n	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 10%;"></th> <th style="width: 15%;">A_2</th> <th style="width: 15%;">D_3</th> <th style="width: 15%;">D_4</th> <th style="width: 15%;">d_2</th> <th style="width: 15%;">E_2</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">2</td> <td style="text-align: center;">1.880</td> <td style="text-align: center;">0</td> <td style="text-align: center;">3.267</td> <td style="text-align: center;">1.128</td> <td style="text-align: center;">2.660</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">3</td> <td style="text-align: center;">1.023</td> <td style="text-align: center;">0</td> <td style="text-align: center;">2.575</td> <td style="text-align: center;">1.693</td> <td style="text-align: center;">1.772</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">4</td> <td style="text-align: center;">0.729</td> <td style="text-align: center;">0</td> <td style="text-align: center;">2.282</td> <td style="text-align: center;">2.059</td> <td style="text-align: center;">1.457</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">5</td> <td style="text-align: center;">0.577</td> <td style="text-align: center;">0</td> <td style="text-align: center;">2.115</td> <td style="text-align: center;">2.326</td> <td style="text-align: center;">1.290</td> </tr> </tbody> </table>		A_2	D_3	D_4	d_2	E_2	2	1.880	0	3.267	1.128	2.660	3	1.023	0	2.575	1.693	1.772	4	0.729	0	2.282	2.059	1.457	5	0.577	0	2.115	2.326	1.290
	A_2	D_3	D_4	d_2	E_2																										
2	1.880	0	3.267	1.128	2.660																										
3	1.023	0	2.575	1.693	1.772																										
4	0.729	0	2.282	2.059	1.457																										
5	0.577	0	2.115	2.326	1.290																										
	<p>④ 試験値と管理限界線を管理図用紙に記入する。</p> <p>⑥ 一般に工事開始時に管理限界を設定するには、既往の工事例をもとに仮設定するか、または、配合強度を平均値として計算するか、あるいは工事開始直後の最初の試料をもとに仮設定するかして、工事の進行にともない多くの試料が得られてきた場合には、例えば試料数5~10ごとに④~⑥の手順で、管理限界線を修正する。</p>																														
③ 管理図の記入例																															
④ 管理状態の判定	<p>⑥ 管理図中に点がランダムに並んでいて、次のような状態にあるときは工程は一応安定な状態にあると判断してよい。</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 連続する25点以上が管理限界内にある場合 ○ 連続する35点のうち、管理限界外の点が1点以下の場合 ○ 連続する100点のうち、管理限界外の点が2点以下の場合 <p>⑦ 管理図において点が管理限界内にある場合でも、次のそれぞれの場合には、工程に異常が生じた可能性があるとしてよい。</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 点がだんだん上昇または下降する場合 ○ 点が周期的に上下する場合 ○ 連続する7点以上が中心線の一方の側にある場合 ○ 連続する11点のうち、10点以上が中心線の一方の側にある場合 																														

項目	内 容
	<ul style="list-style-type: none"> ○ 連続する 14 点のうち、12 点以上が中心線の一方の側にある場合 ○ 連続する 17 点のうち、14 点以上が中心線の一方の側にある場合 ○ 連続する 20 点のうち、16 点以上が中心線の一方の側にある場合
⑤ 判定後の処置	<ul style="list-style-type: none"> ㉔ 管理図において、工程が安定な状態にあると判断される場合は、現場作業をそのまま継続して行う。 ㉕ 管理図において、工程に異常が生じた可能性があるとして判断される場合は <ul style="list-style-type: none"> ○ 材料の品質（骨材の品質、含水量、粒度、セメントおよび混和剤の品質） ○ 機械設備の性能（計量、練混ぜ、運搬） ○ 試験方法（供試体の製作、試験機） ○ 養生方法（養生温度） 等について原因を調査し必要に応じて適切な処置を講ずる。 ㉖ 構造物のコンクリートが所要の品質を有するかどうかについては、別途品質検査を行い判定する。
⑥ 備 考	<ul style="list-style-type: none"> ㉗ 管理限界には、普通 3σ 限界が用いられるが、2σ 限界も併用し 2σ 限界と 3σ 限界の間に点がプロットされたときは、要注意として、工程状態を管理する方法も行われている。

表-4.12 コンクリートの品質検査の手順

項目	内 容	容
① 判定基準	<p>JIS A 5308 (生コンクリート) の検査方法</p> <ul style="list-style-type: none"> ㉔ 設計基準強度 (σ_{ck}) を下まわる確率が 1/6 以上とならないことが適当な危険率で推定できること。 ㉕ すべての回の試験値が設計基準強度の 70% を上まわること。 	<p>土木学会 (現場練りコンクリートを対象) の検査方法</p> <ul style="list-style-type: none"> ㉔ 設計基準強度 (σ_{ck}) の 80% を 1/20 以上の確率で下らないことが適当な危険率で推定できること。 ㉕ 試験値が、設計基準強度を 1/4 以上の確率で下らないこと。
② 試験結果の計算	<ul style="list-style-type: none"> ㉔ 1 生コン車から採取した 3 個の供試体強度の平均値 (\bar{x}) を計算する。 $\bar{x} = \frac{1}{3}(x_1 + x_2 + x_3) \text{ (kg/cm}^2\text{)}$ ㉕ 引続き試験した n 回の平均値 (\bar{x}) を計算する。 $\bar{x} = \frac{1}{n}(\bar{x}_1 + \bar{x}_2 + \dots + \bar{x}_n) \text{ (kg/cm}^2\text{)}$ ㉖ n 回の平均値の設計基準強度に対する割り増し係数 (k) を計算する。 $k = \frac{\bar{x}}{\sigma_{ck}}$ ㉗ 合格判定係数 (K) を計算する。 $K = \frac{1 - 1.282 \frac{V}{100\sqrt{n}}}{1 - \frac{V}{100}}$ <p>ただし V: 配合強度を求めるときに用いた変動係数(%) n: 試験の回数 また合格しているにもかかわらず不合格と判定される危険率を $\alpha=10\%$ として定めてある。</p> 	<ul style="list-style-type: none"> ㉔ 計量検査法による場合、n 回の試験値から平均値 (\bar{x}) を計算する。 $\bar{x} = \frac{1}{n}(\bar{x}_1 + \bar{x}_2 + \dots + \bar{x}_n) \text{ (kg/cm}^2\text{)}$ ㉕ 不偏分散の平方根 S_n を計算する。 $S_n = \sqrt{\frac{1}{n-1}(\bar{x}_1 - \bar{x})^2 + (\bar{x}_2 - \bar{x})^2 + \dots + (\bar{x}_n - \bar{x})^2} \text{ (kg/cm}^2\text{)}$ ㉖ 合格判定係数 K_a, K_b は一般のコンクリートの場合のようになる (生産者危険率 $\alpha=10\%$ の場合)。 
③ 判 定	<ul style="list-style-type: none"> ㉔ 次の式を満足すれば、所定の品質が得られたものとして合格とする。 $k \geq K$ 一般の場合、本検査方法で合格と判定されたコンクリートは、土木学会で規定する検査の条件を満足していると判断してよい。 	<ul style="list-style-type: none"> ㉔ 次の両式を満足すれば所定の品質が得られたものとして合格とする。 $\bar{x} \geq 0.8 \sigma_{ck} + K_a S_n$ $\bar{x} \geq \sigma_{ck} + K_b S_n$
④ 判定後の処置	<ul style="list-style-type: none"> ㉔ 合格と判定された場合は、材料の管理、計量、練混ぜ、運搬、打込み等の作業をそのまま継続して行う。 ㉕ 不合格と判定されたが、合格値に近い場合はコンクリートの配合強度を高め、材料、計量、および練混ぜ設備と方法、運搬方法等を改善して、その後のコンクリートに不合格がでないようにする。また、そのコンクリートを使用した構造物については、養生期間の延長、コアによる試験、非破壊試験、載荷試験、その他の試験を行ってコンクリートの品質を調査し、養生期間の延長等を含めて供用性に対する高度な判断を行う。 ㉖ 明らかに不合格と判定された場合は、試験結果をよく検討して原因を調査する。 原因としては、一般に材料の品質、配合、製造過程の状態が悪い場合。または、供試体の製作、試験方法が悪い場合等が考えられる。 原因に応じて必要な処置を行い、その後のコンクリートに不合格がでないようにする。また、そのコンクリートを使用した構造物については、適当な補強を行うなどを含めて供用性に対する高度な判断を行う。 	

件を一定にすることが最も重要なことである。

b) 品質管理 品質管理は、コンクリートが安定した状態で製造され所要の条件を満足し、異常がないか

どうかをなるべく早く知って、異常があれば配合を修正したり、計量、練混ぜ運搬、打込み等を改善するために行うものである。