

5 品質管理

[5] 品質管理

1 目的及び品質管理基準

「土木工事の施工管理基準及び規格値」4. 品質管理を参照すること。

2 品質管理上の留意点

(1) 計画

1) 品質管理資料として、主に作成する書類は以下のとおりである。

- ① 品質管理総括表
- ② 測定結果一覧表
- ③ 品質管理図表
- ④ 度数表・ヒストグラム、 \bar{X} -R、X-Rs-Rm (測定数が8点未満は提出不要)

2) 着工に先立ち、「土木工事の施工管理基準及び規格値」等関係規定及び契約図書に基づき、試験又は測定項目、試験頻度、試験回数、規格値等を記入した品質管理計画表を作成する。

3) 試験及び測定項目の決定にあたっては、「必須」「その他」の試験区分、特別な場合の適用除外工事等が規定されているので、留意の上計画する。

4) 試験又は測定以外に、材料及び二次製品については品質証明書、カタログ、見本、試験成績表等の提出又は承諾が必要であるので、共通、特記仕様書を熟読のうえ対処する。

5) 「道路土工の各種指針」「コンクリート標準示方書」等の関係規定を把握して計画、実施に反映させる。

(2) 管理

管理計画に基づき作業標準を定め、試験又は測定を行い直ちに試験成績表、工程能力図、品質管理図表(ヒストグラム、 \bar{X} -R、X-Rs-Rm管理図)を作成する。異常がある場合にはその原因の究明と対策を講ずる。

3 品質管理技法

我々が今作っている構築物が満足なものであり、今後もこの満足な状態が維持されるためには、一般に次の二つの条件を満足する必要がある。

(イ) 工程が安定していること・・・管理図で調べる。

(ロ) 規格を満足すること・・・ヒストグラムで調べる。

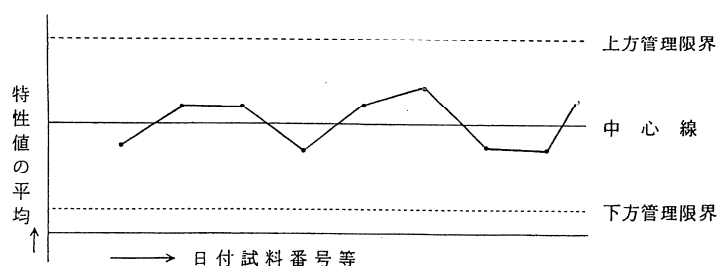
この二つの条件は、各々独立であって安定していても規格外のものが出来たり、規格は満足するが、工程が安定でないことも起り得る。

3-1 管理図

品質管理を行うとき得られたデータ(品質特性値)を図-1のような上下の枠をもつグラフにプロットする。

この上・下の枠をもつグラフを管理図と云う。上の線を上方管理限界、下の線を下方管理限界と云う。

図-1 品質管理図



3-2 管理図の種類

品質管理をする場合に、対象とする品質特性値（データとして表わされる数値）が重さ、硬さ、長さのように非常に細かく、精密に求められるものと、不良個数とか表面のキズのように何個という整数値をとるものがある。

前者を計量値、後者を計数値とよんでいる。

これを表にしてみると、表-1 のようになる。

表-1 管理図の種類

値	データの種類	管理図(記号)
計 量 値	長さ、目方、時間、強度	1 平均値と範囲の管理 ($\bar{X}-R$ 管理図) 一点管理図 ($X-R_s-R_m$ 管理図)
	化学成分、圧力、収率	2 平均値と標準偏差の管理図 ($\bar{X}-S$ 管理)
	原単価、生産量	3 生データの管理図 (X 管理)
計 数 値	製品の不良率	4 不良率管理図 (P 管理図)
	不良個数	5 不良個数管理図 (P_n 管理図)
	単位面積または単位の大きさ 当りの欠点数	6 欠点数管理図 (C 管理図)
	単位が違う場合の欠点数	7 平均欠点管理図 (u 管理図)

このうち土木工事で、一般的に用いられるものは $\bar{X}-R$ 管理図（平均値と範囲の管理図）と $X-R_s-R_m$ 管理図（一点管理図）である。

3-3 管理図作成の手順

管理図のうち最も多く用いられる $\bar{X}-R$ 管理図 $X-R_s-R_m$ 管理図及びヒストグラムにつて、その作成手順をのべる。

(A) $\bar{X}-R$ 管理図の作り方

$\bar{X}-R$ 管理図は一般的に最も多く用いられる代表的な管理図で、平均値の変動とバラツキの変化を、同時に監視していくことによって、工程の状況をとらえていく管理図である。

手順1 予備データの準備

建設工事の現場で予備データとして最初の5組のデータが得られたので、これを基に管理図により工程を管理する。

番号	X_1	X_2	X_3
1	154	156	156
2	156	148	160
3	160	156	168
4	150	164	158
5	162	160	154

手順2 \bar{X} の計算

- 1 $(154+156+156) \div 3=155$
- 2 $(156+148+160) \div 3=155$
- 3 $(160+156+168) \div 3=161$
- 4 $(150+164+158) \div 3=157$
- 5 $(162+160+154) \div 3=159$

手順3 Rの計算

群ごとに最大値と最小値の差を計算する。

$$R = X_{\max} - X_{\min}$$

- 1 $156-154=2$
- 2 $160-148=12$
- 3 $168-156=12$
- 4 $164-150=14$
- 5 $162-154=8$

手順4 \bar{X} の計算

群ごとの平均値 \bar{X} を更に群数（組数）で割って全体の総平均を計算する。

$$\bar{X} = (\bar{X}_1 + \bar{X}_2 + \dots + \bar{X}_n) / K \quad K \dots \dots \dots \text{組数}$$

$$\bar{X} = (155 + 155 + 161 + 157 + 159) / 5 = 157$$

手順5 \bar{R} の計算

群ごとのRを更に群数（組数）で割って \bar{R} 計算する。

$$\bar{R} = (2 + 12 + 12 + 14 + 8) / 5 = 9.6$$

手順6 管理線の計算

1 \bar{X} 管理図

中心線 $CL = \bar{X}$

上方管理限界線 $UCL = \bar{X} + A_2 \bar{R}$

下方管理限界線 $LCL = \bar{X} - A_2 \bar{R}$

A_2 は群試料大きさnによってきまる定数

2 R管理図

中心線 $CL = \bar{R}$

上方管理限界線 $UCL = D_4 \bar{R}$

下方管理限界線 $LCL = D_3 \bar{R}$

$D_4 \cdot D_3$ は群試料大きさnによってきまる定数 D_3 は $n \leq 6$ では考えない。

n	A_2	D_3	D_4
2	1.880	考えない	3.267
3	1.023	〃	2.575
4	0.729	〃	2.282
5	0.577	〃	2.115
6	0.483	〃	2.004
7	0.419	0.076	1.924
8	0.373	0.136	1.864
9	0.337	0.184	1.816

1 \bar{X} 管理図

中心線 CL =157

上部管理限界線 UCL =157+1.023×9.6=167

下部管理限界線 LCL =157-1.023×9.6=147

2 R管理図

中心線 CL =9.6

上部管理限界線 UCL =2.575×9.6=24.7

下部管理限界線 LCL =考えない。

手順7 管理図用紙の基準

時間的に長くつづける場合が多いから巻方眼紙などを用いるとよい。

手順8 管理図の記入

- 1 \bar{X} 管理図を上部にR管理図を下部に配置し群番号をそろえて対象できるようにする。品質特性、測定単位、工事名、管理図番号などの必要関係事項を記入する。
- 2 縦軸は管理限界線の幅が3～5cm程度になるよう目盛るとよい。横軸は点の間隔が2～5mmぐらいにとるとよい。
- 3 \bar{X} 管理図、R管理図の左側にそれぞれ \bar{X} 、Rを記入する。
- 4 \bar{X} 管理図の左上に試料の大きさnを記入する。
- 5 管理線の記入の仕方は次のようにするとはっきりする。

予備データの時

中心線は実線 _____

限界線は破線 - - - - -

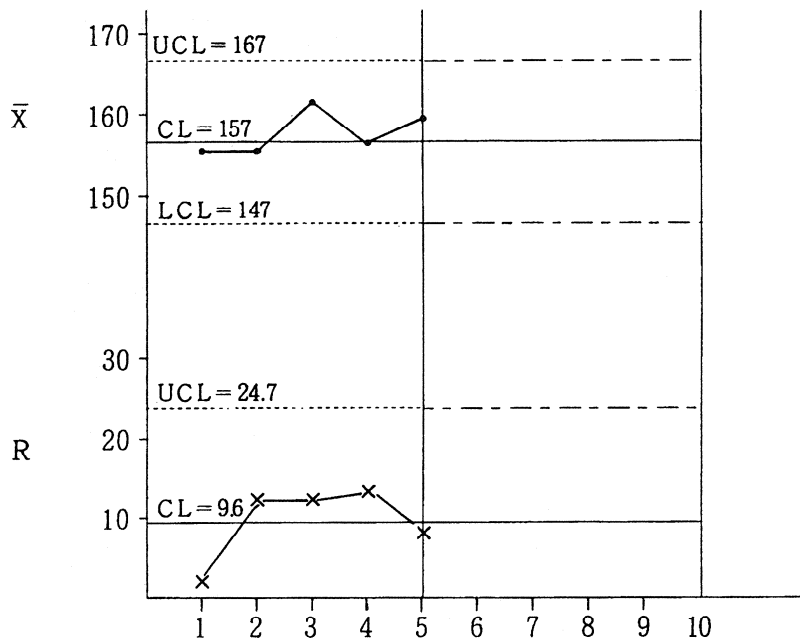
予備データの最後の組番号まで引く。管理線の延長は予備データによる管理線と区別するために中心線は実線でかくが限界線は、一点鎖線 - · - · - で書くとよい。

- 6 点の記入は、はっきり大きめにする。

普通は \bar{X} は直径1mmぐらいの「・」Rは各線の長さが2mmぐらいの「×」印で打点する。

- 7 管理限界からでた点は「◎」「⊗」など赤丸をつけて、はっきりするようにするとよく、限界線上の点は管理はずれとする。打点した点は組番号順に細い実線で結ぶ。

- 8 予備データの最後の組のあとに締切線を引いて、どこまでが予備データであることを明確にする。



手順9 安定状態の判定

打点した \bar{X} 、Rがそれぞれ管理限界内でクセがなければ、安定状態であると判定し、もし限界外に打点されれば、その点について原因を調査し原因を除去して再発を防ぐ。安定状態であれば手順11にうつる。

手順10 管理線の再計算

手順9で処理ができたなら、その点を除いて管理線の再計算を行い管理線の中心線、管理限界線を引き直す。

限界外に打点された点でも原因がわからないか、わかっても処理できなければその点は除かないで再計算に用いる。

始めに管理限界内にあった点が再計算したために新しい管理限界からとび出してもそのまま用いる。

手順11 規格に対する検討

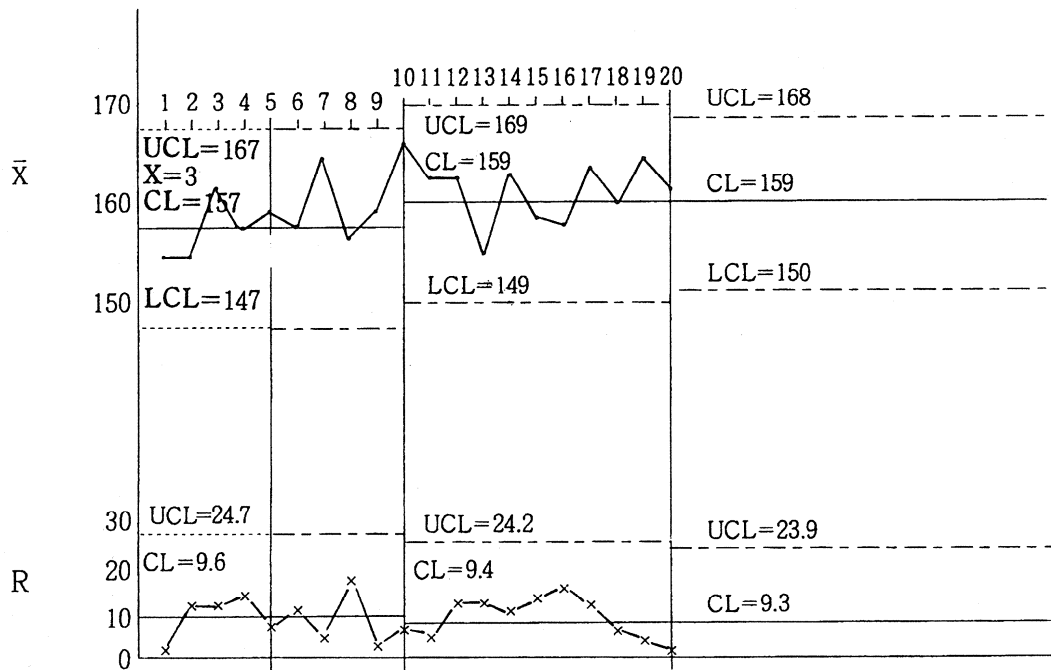
以上の手順をふんで管理線の計算に用いた個々のデータ全部を使ってヒストグラムをつくり規格と比較検討する。

X-R管理データシート(1)

名 称		アスファルト混合物		工 事 名		〇〇道路改良工事		期 間		自平成〇〇年〇〇月〇〇日			
品質・特性		温度		出張所名		〇〇出張所				至平成〇〇年〇〇月〇〇日			
測定単位		℃		目標標準量		170t/日		受注者		〇〇 〇〇			
規格 限界	上限値		試料		大きさ		1回1測定		現場代理人		〇〇 〇〇		
	下限値				間 隔		1回/トラック1台		測定者		〇〇 〇〇		
設計基準値		110		作業機械名				測定者		〇〇 〇〇			
月日	組の 番号	測 定 値					計 ΣX	平均値 X̄	範囲 R	$\bar{X} \pm A_2 \bar{R} = 140.2 \pm 1.02 \times 3.4$ $= 143.7 \sim 136.7$ $D_4 \bar{R} = 2.57 \times 3.4 = 8.7$			
		X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅							
	1	138	142	140			420	140.0	4				
	2	141	139	138			418	139.3	3				
	3	139	142	141			422	140.7	3				
	4	143	138	137			418	139.3	6	平均	X̄=140.2	R=3.4	
	5	142	141	142			425	141.7	1	累計	701	17	
	小計							701.0	17	小計	701	17	
	6	139	137	143			419	139.7	6	$\bar{X} \pm A_2 \bar{R} = 139.7 \pm 1.02 \times 3.8$ $= 143.6 \sim 135.8$ $D_4 \bar{R} = 2.57 \times 3.8 = 9.8$			
	7	140	138	137			415	138.3	3				
	8	139	137	140			416	138.7	3				
	9	143	138	137			418	139.3	6	平均	X̄=139.7	R=3.8	
	10	142	140	139			421	140.3	3	累計	1,397.3	3.8	
	小計							696.3	21	小計	69603	21	
	11	138	142	143			423	141.0	5	$\bar{X} \pm A_2 \bar{R} = 139.7 \pm 1.02 \times 3.9$ $= 143.7 \sim 135.7$ $D_4 \bar{R} = 2.57 \times 3.9 = 10.0$			
	12	140	138	139			417	139.0	2				
	13	139	140	142			421	140.3	3				
	14	138	137	143			418	139.3	6				
	15	140	138	137			415	138.3	3				
	16	138	140	142			420	140.0	4				
	17	139	142	143			424	141.3	4				
	18	138	137	142			417	139.0	5				
	19	143	140	138			421	140.3	5	平均	X̄=139.7	R=3.9	
	20	139	140	137			416	138.7	3	累計	2,794.5	78	
	小計							1,397.2	40	小計	1,397.2	40	
記 事										n	d ₂	A ₂	D ₄
										2	1.13	1.88	3.27
										3	1.69	1.02	2.57

̄X-R管理図 (I)

設計基準値	160	工 事 名	道路舗装工事		出張所名	
名 称	トペカ	目 標 準 量	146t/日		期 間	白 平成 年 月 日
品 質 特 性	混合物温度	規 格 限 界	上限値	180		至 平成 年 月 日
測 定 単 位	℃		下限値	140	受 注 者	
測 定 方 法	自己装置	試 料	大 小 さ	1 回 1 測 定	現 場 代 理 人	
作 業 機 械 名	40t/h全自動プラント		間 隔	1 日 6 回	測 定 者 名	



手順12 管理限界線の決定

品質特性値が十分なゆとりをもって規格を満足し、しかも安定状態にあることがわかったら管理限界線を延長して、工程に対して当分の間の管理限界とし、この状態を維持するように管理していく。

最初の5組で次の5組を管理し、それまでの10組のデータで次の10組を管理し、それまでの20組のデータで20~30組を管理し、その後は最近の20~30組のデータにより次の20~30組を管理する方式がとられている。

このような方式は20~30組をとるまでに工事が終わってしまうような場合でも適用できる。これを5-5-10-20方式という。

(B) X-Rs-Rm管理図の作り方

X-Rs-Rm管理図は、X管理又は一点管理ともいい、個々のデータをそのまま時間的、空間的順序に並べて管理するものである。

データが1つあれば、ただちに打点できるので、工程の状態を早く判定できる。

1個のデータをとるのに時間がかかる場合、又は試験に多額の費用がかかる場合、又工程が均一であるためにデータを多く必要としない場合などに便利である。

手順1 予備データの準備

	a	b	c	d
1	187	192	187	188.7
2	215	209	215	213.0
3	221	221	215	219.0
4	187	187	198	190.7
5	209	204	204	205.7

コンクリートの強度のように同一バッチから3個の供試体をとるような場合、3個の平均値をデータ1個と考える。

手順2 \bar{X} の計算

$$\bar{X} = \Sigma X = \frac{188.7 + 213.0 + 219.0 + 190.7 + 205.7}{5} = 203.4$$

手順3 移動範囲Rsの計算

相隣る2つのデータの差、即ち移動範囲Rsを計算する。

$$\begin{aligned} 1 \text{ と } 2 \text{ の差} & \quad |188.7 - 213.0| = 24.3 \\ 2 \text{ と } 3 \text{ の差} & \quad |213.0 - 219.0| = 6.0 \\ 3 \text{ と } 4 \text{ の差} & \quad |219.0 - 190.7| = 28.3 \\ 4 \text{ と } 5 \text{ の差} & \quad |190.7 - 205.7| = 15.0 \end{aligned}$$

手順4 試験誤差の範囲R_mの計算

同一バッチのデータの最大値と最小値の差を求める

- 1 192-187= 5
- 2 215-209= 6
- 3 221-215= 6
- 4 198-187=11
- 5 209-204= 5

手順5 \bar{R}_s 、 \bar{R}_m を計算する

$$\bar{R}_s = \frac{\sum R_s}{k-1} \quad \bar{R}_m = \frac{\sum R_m}{k}$$

$$\bar{R}_s = \frac{\sum R_s}{k-1} = \frac{24.3+6.0+28.3+15.0}{4} = 18.4$$

$$\bar{R}_m = \frac{\sum R_m}{k} = \frac{5+6+6+11+5}{5} = 6.6$$

手順6 管理線の計算

X管理線

中心線 $CL = \bar{X}$

上部管理限界線 $UCL = \bar{X} + 2.660\bar{R}_s$

下部管理限界線 $LCL = \bar{X} - 2.660\bar{R}_s$

R_s管理図

中心線 $CL = \bar{R}_s$

上部管理限界線 $UCL = D_4\bar{R}_s$

下部管理限界線 $LCL = \text{考えない}$

R_m管理図

中心線 $CL = \bar{R}_m$

上部管理限界線 $UCL = D_4\bar{R}_m$

下部管理限界線 $LCL = D_3\bar{R}_m$

(注) $D_3 \cdot D_4$ は、 n 、 m に対応したものとする。

X管理図

中心線 $CL = \bar{X} = 203.4$

上部管理限界線 $UCL = \bar{X} + 2.660\bar{R}_s = 203.4 + 2.660 \times 18.4 = 252.3$

下部管理限界線 $LCL = \bar{X} - 2.660\bar{R}_s = 203.4 - 2.660 \times 18.4 = 154.5$

R_s管理図

中心線 $CL = \bar{R}_s = 18.4$

上部管理限界線 $UCL = D_4\bar{R}_s = 3.27 \times 18.4 =$

下部管理限界線 $LCL = \text{考えない}$

手順7 管理図用紙の基準

\bar{X} -R管理図のときと同じ

手順8 管理図の記入

\bar{X} -R管理図の要領と同じ

手順9 安定状態の判定。すべての点が管理限界線の中に入ってクセがないか判定する。

手順10 管理線の再計算

手順11 管理限界線の決定

以上の方法で最初の5個のデータを用いて次の3個を管理し、それまでの8個で次の5個を管理し、今までの13個のデータ全部を用いて次の7個の管理をし、管理状態を示せば今までに得た20個のデータを全部用いて次の10個に対して管理をする。30個のデータが得られたら、そのうち最近の20個を用いて次の10個の管理をする。

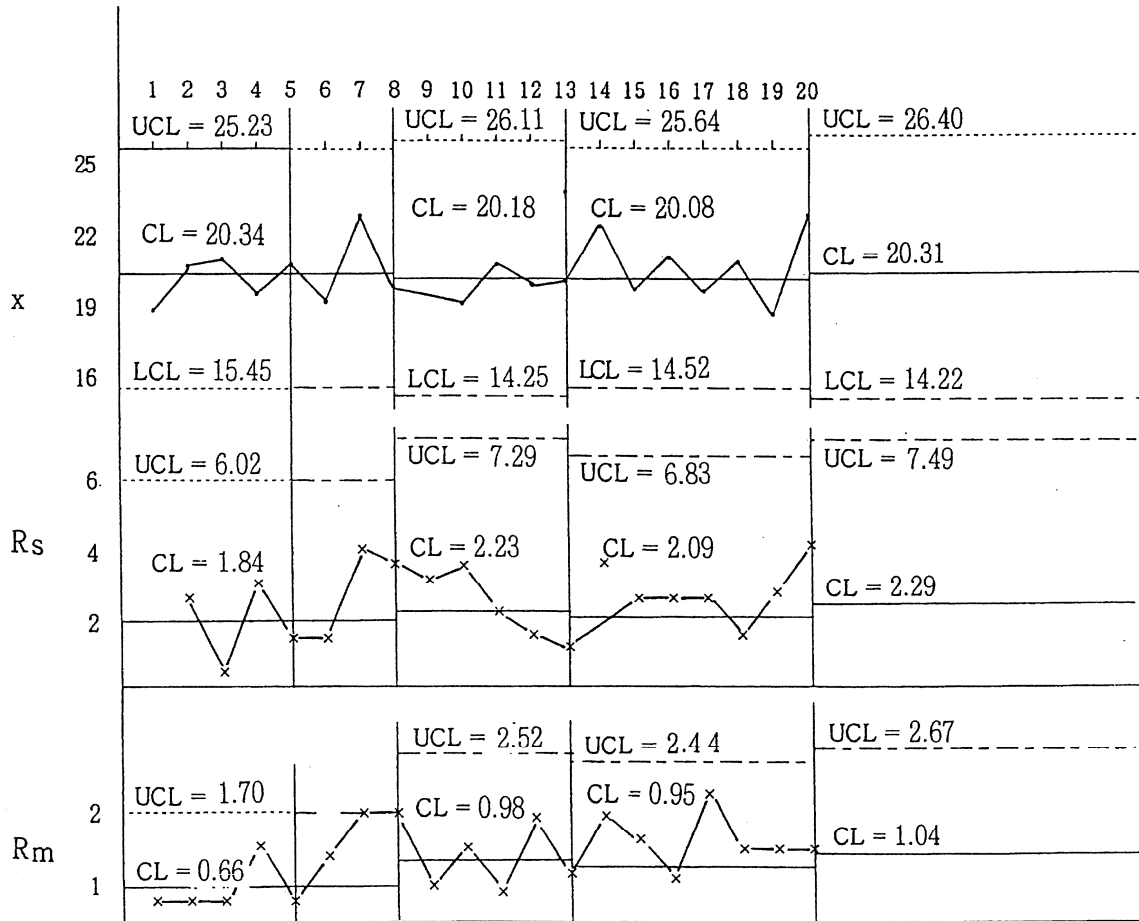
これを5-3-5-7方式という。

X-Rs-Rm 管理データシート(2)

名 称		コンクリート		工 事 名		道路舗装工事		期 間		自 平成 年 月 日			
品質・特性		圧縮強度		出張所名				至 平成 年 月 日					
測定単位		N/m ²		目標標準量		21m ³ /日		受注者					
規格 限界	上限値			試料	大きさ	1回/3試料		現場代理人					
	下限値				間隔	1日1回		測定者					
設計基準値		180kg/cm ²		作業機械名				測定者					
月日	試験 番号	測 定 値				計 Σ	代表値 X	移動 範囲 Rs	測定値 内の範 囲Rm				
4.12	1	18.7	19.2	18.7		55.6	18.87		0.5	$\bar{X} \pm E_2 R_s = 20.34 \pm 4.89 = 15.45 \sim 25.23$ $D_4 R_s = 3.27 \times 1.84 = 6.02$ $D_4 R_m = 2.57 \times 0.66 = 1.70$			
13	2	21.5	20.9	21.5		63.9	21.30	2.43	0.6				
14	3	22.1	22.1	21.5		65.7	21.90	0.60	0.6		X	Rs	Rm
15	4	18.7	18.7	19.8		57.2	19.07	2.83	1.1	平均	$\bar{X} = 20.34$	$\bar{R}_s = 1.84$	$\bar{R}_m = 0.66$
16	5	20.9	20.4	20.4		61.7	20.57	1.50	0.5	累計	101.71	7.36	3.3
		小 計					101.71	7.36	3.3	小計	101.71	7.36	3.3
19	6	18.1	19.2	18.7		56.0	18.67	1.90	1.1	$\bar{X} \pm E_2 R_s = 20.18 \pm 5.98 = 14.25 \sim 26.11$ $D_4 R_s = 7.29$ $D_4 R_m = 2.52$			
20	7	22.6	22.6	20.9		66.1	22.03	3.36	1.7				
22	8	18.1	19.2	19.8		57.1	19.03	3.00	1.7	平均	$\bar{X} = 20.18$	$\bar{R}_s = 2.23$	$\bar{R}_m = 0.98$
		小 計					59.73	8.26	4.5	累計	161.44	15.62	7.8
23	9	22.1	21.5	21.5		65.1	21.70	2.67	0.6	小計	59.73	8.26	4.5
24	10	19.2	18.7	18.1		56.0	18.67	3.03	1.1	$\bar{X} \pm E_2 R_s = 20.08 \pm 5.56 = 14.52 \sim 25.64$ $D_4 R_s = 6.83$ $D_4 R_m = 2.44$			
26	11	20.4	20.9	20.9		62.2	20.73	2.06	0.5				
27	12	18.7	20.4	19.2		58.3	19.43	1.30	1.7				
28	13	18.7	19.2	19.3		57.2	19.07	0.36	0.6	平均	$\bar{X} = 20.08$	$\bar{R}_s = 2.09$	$\bar{R}_m = 0.95$
		小 計					99.60	9.42	4.5	累計	261.04	25.04	12.3
29	14	22.6	23.2	21.5		67.3	22.43	3.36	1.7	小計	99.60	9.42	4.5
30	15	19.8	19.8	18.7		58.3	19.43	3.00	1.1	$\bar{X} \pm E_2 R_s = 20.31 \pm 6.09 = 14.22 \sim 26.40$ $D_4 R_s = 7.49$ $D_4 R_m = 2.67$			
5.3	16	21.5	22.1	22.1		65.7	21.90	2.47	0.6				
4	17	18.7	19.2	20.4		58.3	19.43	2.47	1.7				
5	18	20.4	21.5	21.5		63.4	21.13	1.70	1.1	平均	$\bar{X} = 20.31$	$\bar{R}_s = 2.29$	$\bar{R}_m = 1.047$
6	19	18.1	19.2	19.2		65.5	18.83	2.30	1.1	累計	406.26	43.58	20.7
7	20	22.6	22.1	21.5		66.2	22.07	3.24	1.1	小計	145.26	18.54	8.4
		小 計					145.22	18.54	8.4	n	d ₂	D ₄	E ₂
記 事										2	1.13	3.27	2.66
										3	1.69	2.57	1.77

X-Rs-Rm管理図

設計基準値	180	工 事 名	道路舗装工事	出張所名	
名 称	コンクリート	目 標 準 量	21m ³	期 間	白 平成 年 月 日
品 質 特 性	圧縮強度	規 格 限 界	上限値		至 平成 年 月 日
測 定 単 位	N/m ²		下限値	受 注 者	
測 定 方 法	径15cm供試体	試 料	大 小	1 回 3 試 料	現 場 代 理 人
作 業 機 械 名	40t/h全自動プラント		間 隔	1 日 2 回	測 定 者 名



3-4 ヒストグラムによる規格管理

管理図では工程が安定状態であるかを調べるものであるが、管理図の性格上規格に対する管理はできない。いいかえれば工程が安定していても規格はずれの製品を作っていることもあり得るわけである。そこで製品管理においては工程が安定していて、しかも規格も同時に十分な“ユトリ”をもって満足しなければならない。

規格の管理にはヒストグラムを用いる。

(a) ヒストグラムの作り方。

手順1 最近のデータをできるだけ多く集める。

	X_1	X_2	X_3
1	154	156	156
2	156	148	160
3	160	156	168
4	150	164	158
5	162	160	154
6	158	152	162
7	158	164	166
8	146	160	162
9	156	158	160
10	164	166	172
11	158	164	160
12	162	166	154
13	148	160	158
14	158	168	164
15	164	152	158
16	162	148	156
17	158	170	162
18	156	162	160
19	166	164	162
20	158	162	160

手順2 データの中から最大値、最小値を求める。

	X_1	X_2	X_3
Xmax	166	170	◦ 172
Xmin	◦ 146	148	154

手順3 全体の範囲、 $R = X_{\max} - X_{\min}$ を求める。

$$R = 176 - 146 = 26$$

手順4 クラス分けするときのクラス幅をきめる。

データの数	クラスの数
50 以下	7 ~ 8
100 内外	10
500 程度	10 ~ 15
1000 以上	20

建設工事の場合は、データの数が少ない場合が多いので、
クラスの数 は 5 ~ 10 でよい。

$$R \div (\text{クラスの数}) = C'$$

C' を測定単位の整数倍にし、これをクラスの幅 C とする。

データの数が60個であるので、クラスの数 を 9 として

$$26 \div 9 = 2.9 \div 3 \text{ とする。}$$

手順5 最大値、最小値が含むようにクラス幅 C で区切り全データを割りふる。

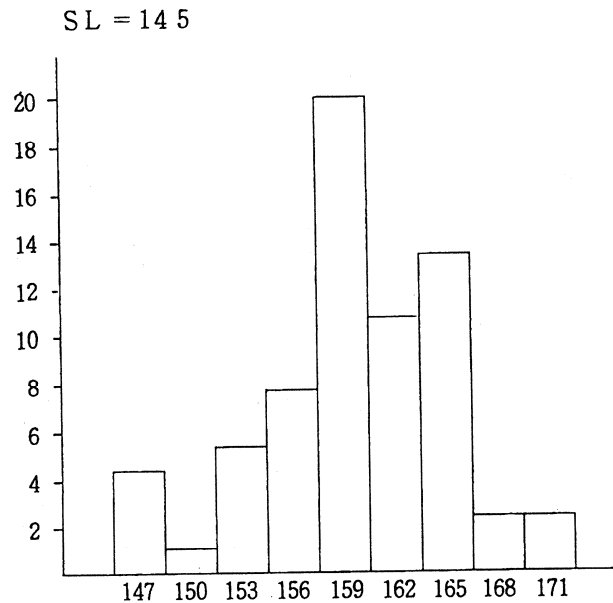
手順3 データを分ける。度数分布表を作る。このとき「~~///~~」を用い「正」は用いない。
単純作業なので間違いやすいから二度やる必要がある。

クラス	代表者	X ₁	X ₂	X ₃	計
145.5 ~ 148.5	147	//	//		4
148.5 ~ 151.5	150	/			1
151.5 ~ 154.5	153	/	//	//	5
154.5 ~ 157.5	156	///	//	//	7
157.5 ~ 160.5	159	////	////	////	18
160.5 ~ 163.5	162	///	//	////	10
163.5 ~ 166.5	165	///	////	//	11
166.5 ~ 169.5	168		/	/	2
169.5 ~ 172.5	171		/	/	2
計					60

手順7 横軸を品質特性値、縦軸に度数をとってヒストグラムを作る。

手順8 規格値をこれに記入する。

規格値 145とする。



3-5 管理図の見方

i) 管理図の見方

A 安定状態

管理図で打点した結果をふりかえって見たときの次の状態であれば、その工程は安定状態にあったと考えてよい。

- (1) 点が連続25点以上管理限界内にあるとき。
- (2) 連続35点中限界外に出るものが1点以内のとき。
- (3) 連続100点中限界外に出るものが2点以内のとき。

B 安定状態にない場合

- (1) 点が管理限界外に出た場合

工程をみだす原因が起きていることを示す。

たとえばR管理図ではバラツキが大きくなったことを、X管理図では平均値が変わったか、バラツキが大きくなったことを示す。

点が管理限界を出た場合は断固として処置をとる。

- (2) 点が中心線に対して一方の側に連続して現われた場合

5点並んだときは注意を、6点並んだときは調査を、7点並んだときは処置をとる。

(図 a)

- (3) 点が中心線に対して一方の側に多く現われた場合

連続11点中10点以上 (図 b) 連続14点中12点以上

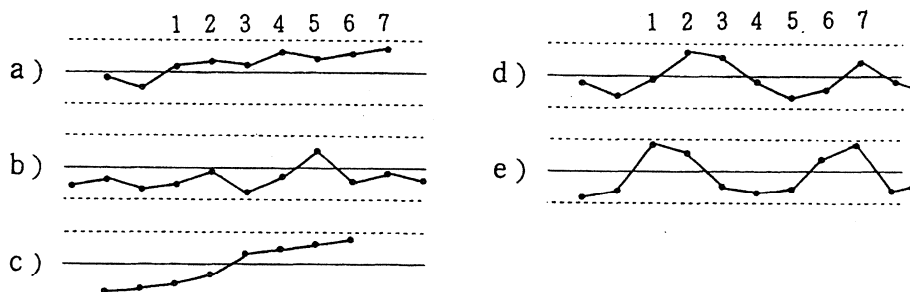
連続17点中14点以上 連続20点中16点以上

が中心線に対して一方の側にある場合は工程に異常原因があると考える。

- (4) 点がだんだん上昇または下降する傾向がある場合 (図 c)

- (5) 点が周期的に上下する場合 (図 d)

- (6) 点がしばしば限界線に現われる場合 (図 e)



ii) 原因の追求と処置

A 見のがせない原因の発生

点が管理限界の外に出た場合（その他前項の安定でない場合）には見のがせない原因の発生を物語る。見のがせない原因の追求と処置が品質管理の最も重要な課題であり、管理図はこの警告を発することで大部分の任務を果たし終る。

B 原因の探求

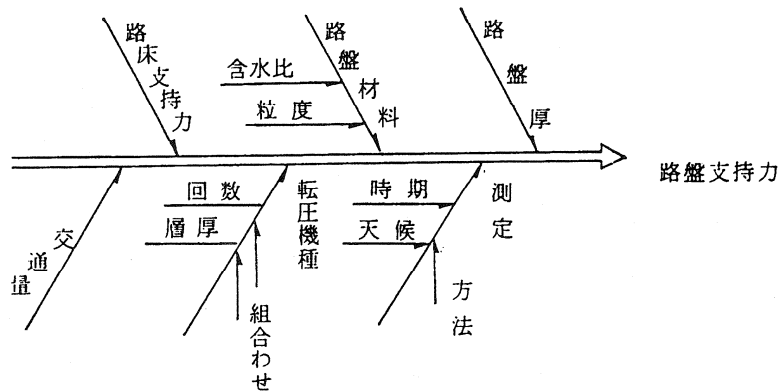
手順1 管理限界をはずれたことの確認

試料のとり方、測定のしかた、計算のしかた、打点のしかたに誤りがなかったかどうかを調べる。

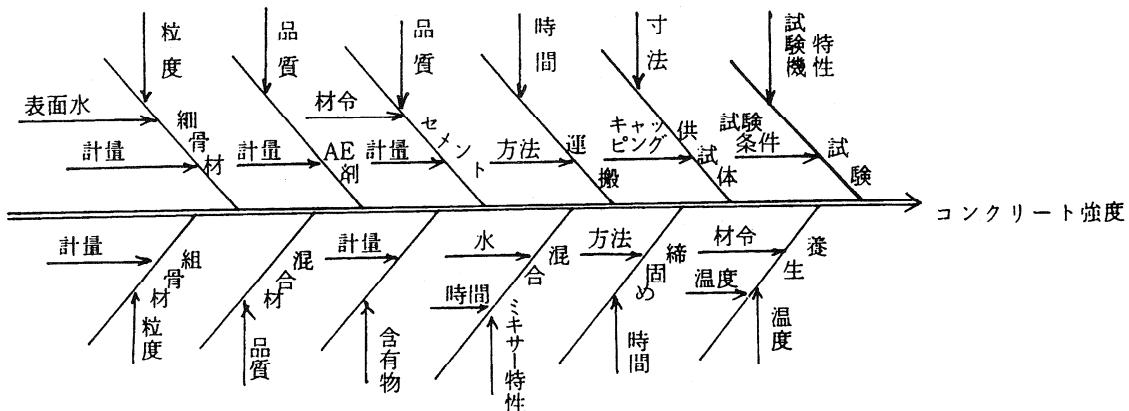
手順2 技術的知識の活用

材料に異常はないか、作業標準どおり作業が正しく行われたかを調べる、技術的知識や過去の経験から、工程をみだす原因について最も起こりやすいものから順に調べてゆく、この手順は表にして整理しておくといよい。

例1 路盤支持力特性要因図



例2 コンクリート強度の特性要因図



手順3 層別

これはデータを材料別、機械別、作業者別、その他の条件によって分類する方法である。たとえばコンクリートのスランプ管理で骨材の納入個所が変わったために管理はずれを生ずるなどである。

管理図打点を条件別に色別してみると傾向が発見できることがある。

手順4 他の管理図との比較

その前後の工程における管理図と比較する。また、たとえば最終製品の品質管理図と材料、施工条件などの因子の管理図とを比較する。

3-6 ヒストグラムによる判定

1) ヒストグラムによる判定

a) 規格値は与えられているが、規格値を割る確率が与えられていない場合

手順1 標準偏差の推定を求める。

$$\sqrt{V} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n \bar{x}_i^2 - n\bar{\bar{x}}^2}{n-1}}$$

	X_1	X_2	X_3	\bar{X}	X^2	
1	154	156	156	155	24,025	
2	156	148	160	155	24,025	
3	160	156	168	161	25,921	
4	150	164	158	158	24,964	
5	162	160	154	159	25,281	
6	158	152	162	157	24,649	
7	158	164	166	163	26,569	
8	146	160	162	156	24,336	
9	156	158	160	158	24,964	
10	164	166	172	167	27,889	
11	158	164	160	161	25,921	
12	162	166	154	161	25,921	
13	148	160	158	155	24,025	
14	158	168	164	163	26,569	
15	164	152	158	158	24,964	
16	162	148	156	155	24,025	
17	158	170	162	163	26,569	
18	156	162	160	159	25,281	
19	166	164	162	164	26,896	
20	158	162	160	160	25,600	
				3,188	508,394	

$$\bar{\bar{x}} = \frac{3,188}{20} = 159.4$$

$$\sqrt{V} = \sqrt{\frac{508,394 - 20 \times 159.4^2}{20 - 1}} = \sqrt{\frac{226.8}{19}} = 3.45$$

手順2

$$\text{両側規格値の場合 } \frac{|S_U \text{ (及び } S_L) - \bar{x}|}{\sqrt{V}} \geq 3 \text{ (できれば4)}$$

$$\text{片側規格値の場合 } \frac{|S_U \text{ (及び } S_L) - \bar{x}|}{\sqrt{V}} \geq 3 \text{ (できれば4)}$$

仮に上限規格値 $S_U=171$

下限規格値 $S_L=145$ とすれば

$$\frac{171-159.4}{3.45} = 3.36 > 3 \text{ 故にゆとりがある。}$$

$$\frac{145-159.4}{3.45} = 4.17 > 3 \text{ 故にゆとりがある。}$$

b) 規格値を下まわってもよい確立 P_0 が与えられている場合

手順1

標準偏差の推定値を求める。

$$\sqrt{V} = \sqrt{\frac{\sum X_i^2 - n\bar{X}^2}{n-1}}$$

手順2

$$\frac{|S - \bar{X}|}{\sqrt{V}} \geq h$$

上記を満足するか計算する。

但し h : 次表による。

n \ p	1/20	1/50	1/100	1/200	1/500	1/2,000	1/5,000
5	4.17	5.10	5.73	6.30	7.01	7.97	8.56
10	2.87	3.50	3.93	4.33	4.81	5.47	5.87
15	2.54	3.11	3.94	3.84	4.27	4.85	5.21
20	2.38	2.91	3.27	3.60	4.01	4.56	4.90
25	2.23	2.79	3.14	3.46	3.85	4.38	4.71
30	2.21	2.71	3.05	3.36	3.74	4.25	4.57
60	2.02	2.48	2.80	3.09	3.41	3.92	4.21
100	1.90	2.34	2.65	2.92	3.26	3.71	3.99
∞	1.64	2.05	2.33	2.58	2.88	3.29	3.54

$$h = \frac{K_p + \sqrt{K_p^2 - \left(1 - \frac{K_{0.05}^2}{2(n-1)}\right) \times \left(K_p^2 - \frac{K_{0.05}^2}{n}\right)}}{1 - K_{0.05}^2 / 2(n-1)}$$

前記例において「規格値145を20回に1回以上の確立下がってはならない」とすると、

$$\left. \begin{array}{l} S=145 \\ \bar{x}=159.4 \\ \sqrt{V}=3.45 \end{array} \right\}$$

$$\frac{S-\bar{x}}{\sqrt{V}} = \frac{145-159.4}{3.45} = 4.17$$

$$h=2.38$$

$$\therefore \frac{S-\bar{x}}{\sqrt{V}} > h \quad \text{であるから規格を満足する。}$$

[作成例] 品質管理総括表

工事名				測定者							
工種	種別	試験項目	試験基準	測定回数		規格値	測定値			摘要	
				計	画実施		最大値	最小値	平均値		
土	盛土	土の締め試験	最大乾燥当初及び土質の変化した時	1	1	-	-	-	2.106		
		〃	最適含水比	〃	1	1	-	-	-	9.3	
		CBR試験		〃	1	1	12以上	-	-	13.4	
	路床	現場密度の測定	現場密度	500m ³ につき1回	5	5	-	1.993	1.936	1.969	
		〃	含水比	〃	5	5	-	4.7	5.2	4.88	
		〃	締め度	〃	5	5	90%以上	94.6	91.9	93.6	
路盤	下層	締め試験	最大乾燥施工前及び材料の変更時	1	1	-	-	-	2.223		
		〃	最適含水比	〃	1	1	-	-	-	5.6	
		修正CBR試験		〃	1	1	20%以上	-	-	50.5	
	層	425 μ mふるい通過部分のPI		〃	1	1	塑性指数 Pt6以下	-	-	NP	
		ふるい分け試験		〃	1	1	-	-	-	-	別紙
	工盤	現場密度の測定	現場密度	1,000m ³ につき1個	6	6	-	2.178	2.118	2.146	
		〃	含水比	随時(異常が認められたとき)	6	6	-	5.0	4.3	4.6	
〃		締め度	1,000m ³ につき1個	6	6	r _{dmax} の93%以上 X ₁₀ 95%以上 X ₆ 96%以上 X ₃ 97%以上	98.0	97.3	97.5		
コンクリート	21N/mm ²	スランプ	圧縮強度試験用供試体採取時及び打ち込み中に品質の変化が認められた時	4	5	±2.5cm	8.5	7.0	7.6		
		空気量		4	5	±1.5%	4.3	3.6	4.0		
		圧縮強度	鉄筋コンクリートは打設日1日につき2回(午前・午後)その他のコンクリートは打設1日につき1回行う	4	5	21N/mm ² 以上	28.3	26.5	27.7		
		塩分濃度	午前・午後2回	4	5	0.3kg/m ³ 以下	0.010	0.008	0.009		
		温度測定(気温、コンクリート)	1回供試体作成時各ブロック打ち込み開始時終了時								コンクリート等々に摘要

**コンクリート圧縮強度試験成果一覧表
(18-8-40)**

工 事 名 _____

受 注 者 _____

測 定 者 _____

番号	供試体 採取日	荷下ろし地点			1 週 強 度						4 週 強 度					摘 要
		空 気 量	スランブ	温 度	試験 月日	X1	X2	X3	\bar{X}	移 動 範囲 R_s	試験 月日	X1	X2	X3	\bar{X}	
1	H23.9.3	50	80	13	9/10	12.5	13.4	13.5	13.1		10/1	20.9	21.3	20.8	21.0	
2	H23.9.5	55	85	14	9/12	13.2	14.5	12.8	13.5	0.4	10/3	19.7	20.3	20.1	20.0	1
3																

移動範囲 max= min= \bar{x} = \bar{R}_s =

コンクリート管理データシート

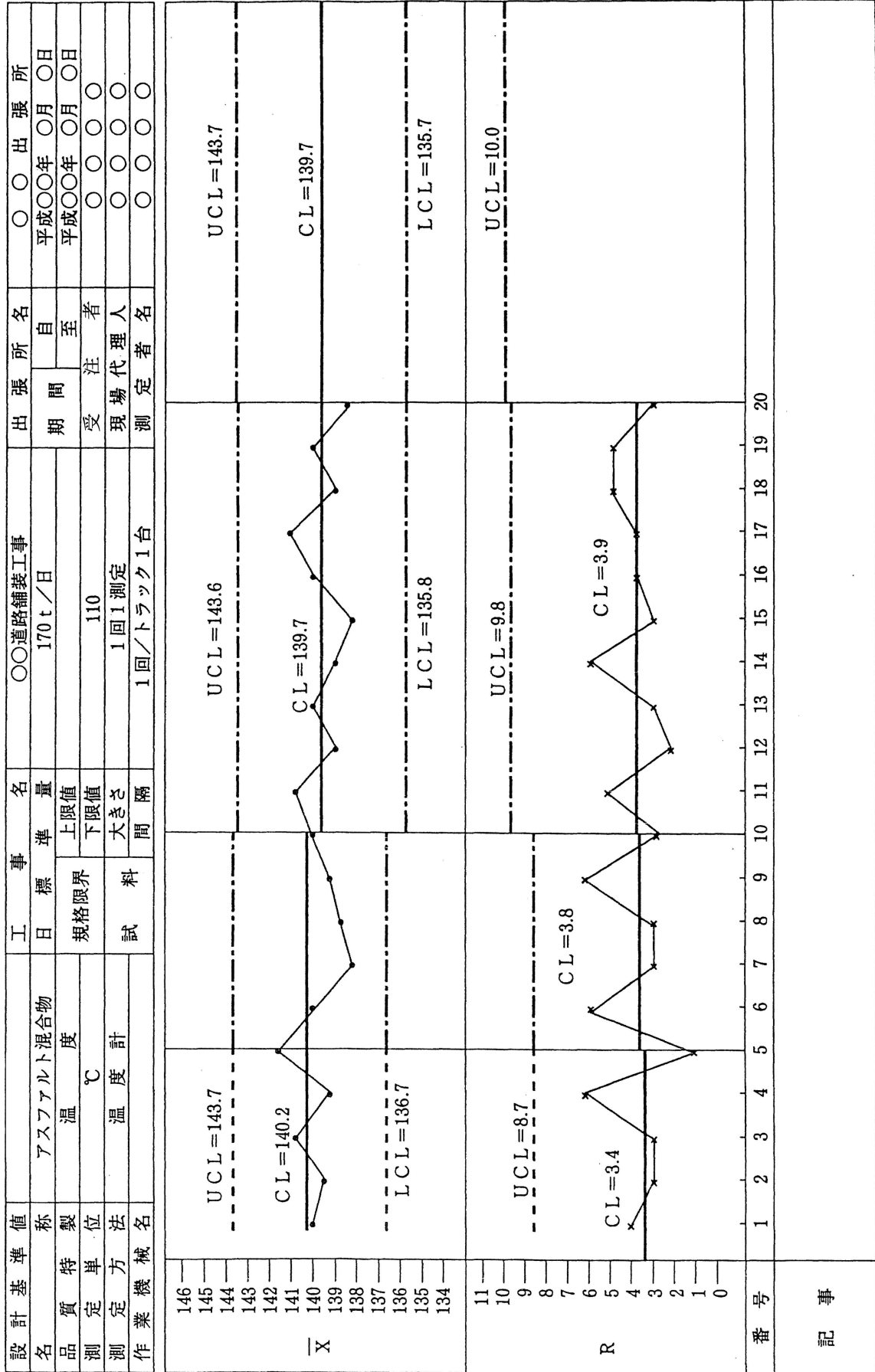
工事名							期	自			
品質特性		—			コンクリート	18-8-40(σ 28)		間	至		
測定単位		N/mm ²			日標準量	40m ³		受注者			
規格限界	上限値	—			試料	大きさ	1回 3試料		現場代理人		
	下限値	18					間隔	1日 1~2回 (午前・午後)		測定者	
設計基準強度		180			呼び強度	18		作成者			
採取 月日	試験 番号	測定値			計	1回の 試験の 平均値 \bar{x}	3回の 試験の 平均値 $\bar{\bar{x}}$	検査方法 (1) $X \geq$ 呼び強度 $\times 0.85$ (2) $\bar{x} \geq$ 呼び強度			
		a	b	c	Σ			18 \times 0.85			
9.3	1	23.5	24.0	23.4	70.9	23.6	23.1	23.6	N/mm ² \geq	15.3N/mm ²	合格
9.5	2	22.2	22.8	22.6	67.6	22.5		22.5	N/mm ² \geq	15.3N/mm ²	合格
9.9	3	23.3	23.7	22.6	69.6	23.2		23.2	N/mm ² \geq	15.3N/mm ²	合格
計						69.3		23.1	N/mm ² \geq	18.0N/mm ²	合格
9.13	4	23.8	23.5	24.1	71.4	23.8	23.5	23.8	N/mm ² \geq	15.3N/mm ²	合格
9.16	5	22.6	22.4	22.6	67.6	22.5		22.5	N/mm ² \geq	15.3N/mm ²	合格
9.19	6	24.0	24.4	24.1	72.5	24.2		24.2	N/mm ² \geq	15.3N/mm ²	合格
計						70.5		23.5	N/mm ² \geq	18.0N/mm ²	合格
9.25	7	23.0	22.4	22.8	68.2	22.7	22.9	22.7	N/mm ² \geq	15.3N/mm ²	合格
10.1	8	22.4	22.2	22.6	67.2	22.4		22.4	N/mm ² \geq	15.3N/mm ²	合格
10.3	9	23.1	23.9	23.5	70.5	23.5		23.5	N/mm ² \geq	15.3N/mm ²	合格
計						68.6		22.9	N/mm ² \geq	18.0N/mm ²	合格

1週強度の場合は工場実績に置ける推定式による。

X-R管理データシート(1)

名 称		アスファルト混合物		工 事 名		〇〇道路改良工事		期 間		自平成〇〇年〇〇月〇〇日			
品質・特性		温度		出張所名		〇〇出張所				至平成〇〇年〇〇月〇〇日			
測定単位		℃		目標標準量		170t/日		受注者		〇〇 〇〇			
規格 限界	上限値			試料	大きさ	1回1測定		現場代理人		〇〇 〇〇			
	下限値				間隔	1回/トラック1台		測定者		〇〇 〇〇			
設計基準値		110		作業機械名				測定者		〇〇 〇〇			
月日	組の 番号	測 定 値					計 ΣX	平均値 \bar{X}	範囲 R	$\bar{X} \pm A_2 \bar{R} = 140.2 \pm 1.02 \times 3.4$ $= 143.7 \sim 136.7$ $D_4 \bar{R} = 2.57 \times 3.4 = 8.7$			
		X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅							
	1	138	142	140			420	140.0	4				
	2	141	139	138			418	139.3	3				
	3	139	142	141			422	140.7	3				
	4	143	138	137			418	139.3	6	平均	$\bar{X} = 140.2$	$\bar{R} = 3.4$	
	5	142	141	142			425	141.7	1	累計	701	17	
	小計							701.0	17	小計	701	17	
	6	139	137	143			419	139.7	6	$\bar{X} \pm A_2 \bar{R} = 139.7 \pm 1.02 \times 3.8$ $= 143.6 \sim 135.8$ $D_4 \bar{R} = 2.57 \times 3.8 = 9.8$			
	7	140	138	137			415	138.3	3				
	8	139	137	140			416	138.7	3				
	9	143	138	137			418	139.3	6	平均	$\bar{X} = 139.7$	$\bar{R} = 3.8$	
	10	142	140	139			421	140.3	3	累計	1,397.3	3.8	
	小計							696.3	21	小計	696.3	21	
	11	138	142	143			423	141.0	5	$\bar{X} \pm A_2 \bar{R} = 139.7 \pm 1.02 \times 3.9$ $= 143.7 \sim 135.7$ $D_4 \bar{R} = 2.57 \times 3.9 = 10.0$			
	12	140	138	139			417	139.0	2				
	13	139	140	142			421	140.3	3				
	14	138	137	143			418	139.3	6				
	15	140	138	137			415	138.3	3				
	16	138	140	142			420	140.0	4				
	17	139	142	143			424	141.3	4				
	18	138	137	142			417	139.0	5				
	19	143	140	138			421	140.3	5	平均	$\bar{X} = 139.7$	$\bar{R} = 3.9$	
	20	139	140	137			416	138.7	3	累計	2,794.5	78	
	小計							1,397.2	40	小計	1,397.2	40	
記 事										n	d ₂	A ₂	D ₄
										2	1.13	1.88	3.27
										3	1.69	1.02	2.57

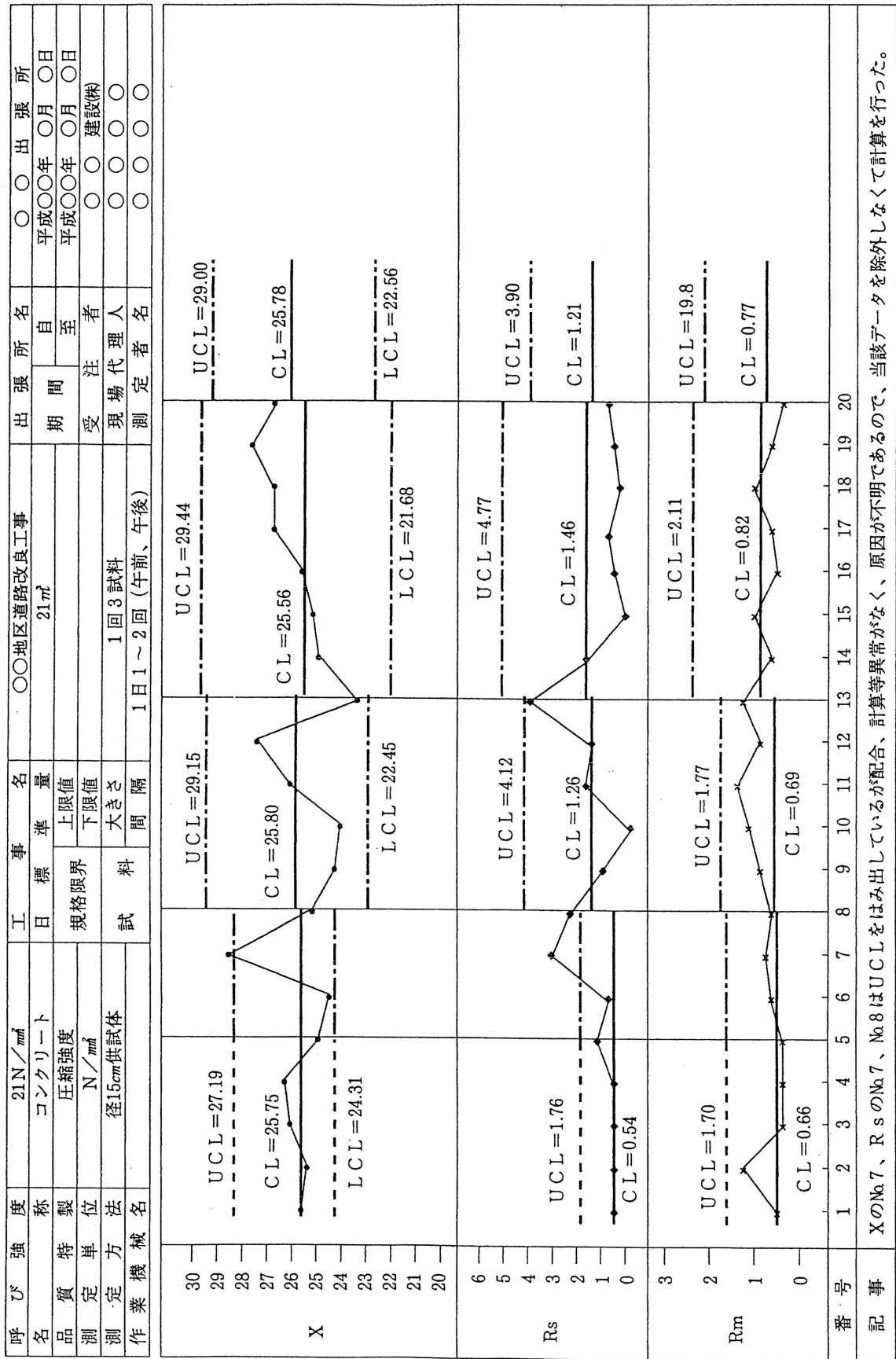
X - R 管理図



X-Rs-Rm 管理データシート(2)

名 称		コンクリート		工 事 名		〇〇道路改良工事		期 間		自平成〇〇年〇〇月〇〇日			
品質・特性		圧縮強度		出張所名		〇〇出張所				至平成〇〇年〇〇月〇〇日			
測定単位		N/mm ²		目標標準量		21m ³ /日		受注者		〇〇 〇〇			
規格 限界	上限値			試料	間 隔	大きさ	1回/3試料		現場代理人		〇〇 〇〇		
	下限値					間 隔	1日1~2回 (午前、午後)		測定者		〇〇 〇〇		
設計基準値	210kg/cm ²							測定者		〇〇 〇〇			
月日	試験 番号	測 定 値				計 Σ	代表値 X	移動 範囲 R _s	測定値 内の範 囲R _m	$\bar{X} \pm E_2 \bar{R}_s = 25.75 \pm 2.66 \times 0.54$ $= 24.31 \sim 27.19$ $\bar{D}_4 \bar{R}_s = 3.27 \times 0.54 = 1.76$ $\bar{D}_4 \bar{R}_m = 2.57 \times 0.66 = 1.70$			
	1	25.6	26.2	26.0		77.8	25.93		0.6				
	2	25.4	26.1	25.		76.5	25.51	0.42	1.2				
	3	26.2	25.7	25.8		77.7	25.90	0.39	0.5		X	R _s	R _m
	4	26.5	26.0	26.2		78.7	26.23	0.33	0.5	平均	X=25.75	R _s =0.54	R _m =0.66
	5	24.9	25.3	25.4		75.6	25.20	1.03	0.5	累計	128.77	2.17	3.3
	小計						128.77	2.17	3.3	小計	128.77	2.17	3.3
	6	24.0	24.5	24.7		73.2	24.4	0.80	0.7	$\bar{X} \pm E_2 \bar{R}_s = 25.8 \pm 2.66 \times 1.26$ $= 22.45 \sim 29.15$ $\bar{D}_4 \bar{R}_s = 4.12 \quad \bar{D}_4 \bar{R}_m = 1.77$			
	7	27.4	27.9	28.2		83.5	27.83	3.43	0.8				
	8	25.0	25.5	25.7		76.2	25.40	2.43	0.7				
	小計						77.63	6.66	2.2	平均	X=25.8	R _s =1.26	R _m =0.69
	9	23.9	24.8	24.2		72.9	24.30	1.10	0.9	累計	206.40	8.83	5.5
	10	24.2	23.6	24.7		72.5	24.17	0.13	1.1	小計	77.63	6.66	2.2
	11	25.7	26.3	26.9		78.9	26.30	2.13	1.2	$\bar{X} \pm E_2 \bar{R}_s = 25.66 \pm 2.6 \times 1.46$ $= 21.68 \sim 29.44$ $\bar{D}_4 \bar{R}_s = 4.77 \quad \bar{D}_4 \bar{R}_m = 2.11$			
	12	27.1	27.9	27.8		82.8	27.60	1.30	0.8				
	13	23.0	24.2	23.3		70.5	23.50	4.10	1.2				
	小計						125.87	8.76	5.2	平均	X=25.56	R _s =1.46	R _m =0.82
	14	25.1	25.3	24.6		75.0	25.00	1.50	0.7	累計	332.27	17.59	10.7
	15	24.2	25.3	25.2		74.7	24.90	0.10	1.1	小計	125.87	8.76	5.2
	16	25.9	25.6	25.4		76.9	25.63	0.73	0.5	$\bar{X} \pm E_2 \bar{R}_s = 25.78 \pm 2.66 \times 1.21$ $= 22.56 \sim 29.00$ $\bar{D}_4 \bar{R}_s = 3.96 \quad \bar{D}_4 \bar{R}_m = 1.98$			
	17	27.0	26.6	26.5		80.1	26.70	1.07	0.5				
	18	26.4	27.0	27.3		80.7	26.90	0.20	0.9				
	19	27.5	28.0	27.3		82.8	27.60	0.70	0.7	平均	X=25.78	R _s =1.21	R _m =0.77
	20	26.5	26.4	26.7		79.6	26.53	1.07	0.3	累計	515.53	22.96	15.4
	小計						183.26	5.37	4.7	小計	183.26	5.37	4.7
記 事										n	d ₂	D ₄	E ₂
										2	1.13	3.27	2.66
										3	1.69	2.57	1.77

X - R s - R m 管理図



番 号 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20

記事 XのNo.7、R sのNo.7、No.8はUCLをはみ出しているが配合、計算等異常がなく、原因が不明であるので、当該データを除外しなくて計算を行った。

〇〇地区〇〇工事 コンクリート工

平成〇〇年度

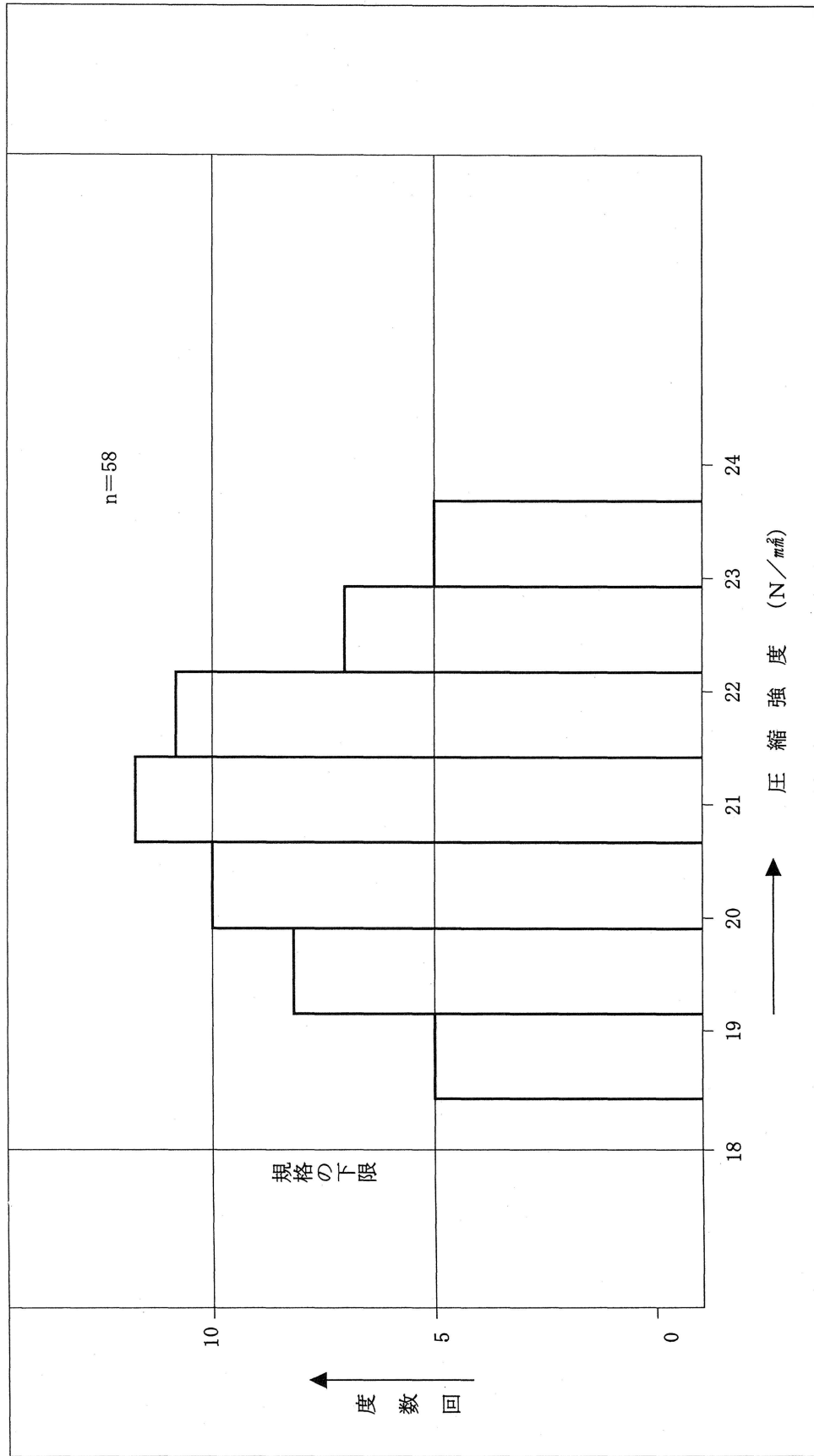
受注者 〇〇建設

〇〇出張所

〇〇工事事務所

測定者 〇〇〇〇

平成〇〇年〇〇月〇〇日 現在



コンクリート品質管理工程能力図 (スランプ、空気量)

工事名： 平成 年度		事業		地区		工区						計	平均
試験番号													
試験日時													
気温	最高												
	最低												
気温管理図	+30												
	+20												
	+10												
	0												
	-10												
測定値	SL												
	Air												
スランプ管理図	+3												
	+2												
	+1												
	cm												
	-1												
	-2												
空気量管理図	+1.5												
	%												
	-1.5												
打設箇所													

平成〇〇年〇〇月度 工 程 能 力 図 (No.〇)

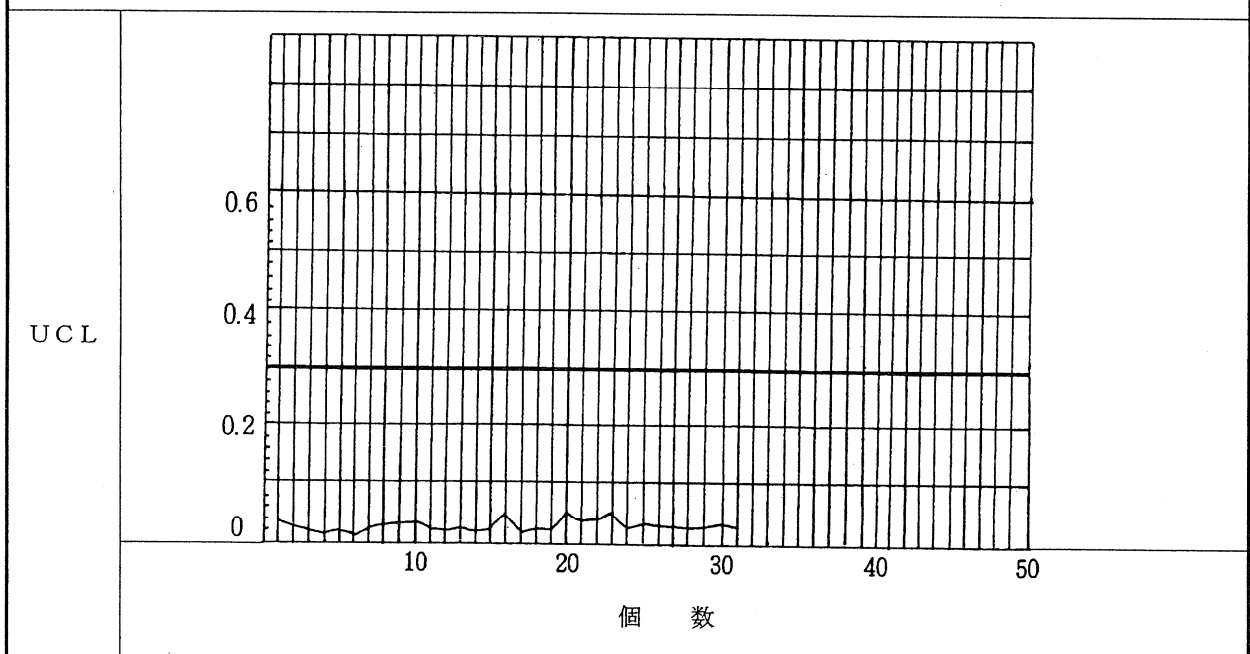
名 称	コンクリート	測 定 単 位	kg/m ³	期 間	自〇〇年月〇〇年〇〇年日
品 質 特 性	塩化物量	測 定 間 隔	1~2回/1日		至〇〇年月〇〇年〇〇年日
設 計 基 準 値		規 格 値	$0.3 \geq \bar{X}$	個 数	31

番 号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
月 日	12/5	10	14	16	17	18	22	25	25	28
Cl ⁻	0.035	0.027	0.023	0.017	0.021	0.013	0.024	0.029	0.031	0.032

番 号	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
月 日	1/9	11	14	15	16	19	22	24	27	28
Cl ⁻	0.021	0.020	0.024	0.019	0.019	0.046	0.017	0.020	0.020	0.051

番 号	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
月 日	1/31	2/4	13	19	25	26	3/7	8	9	14
Cl ⁻	0.036	0.042	0.048	0.026	0.036	0.033	0.033	0.032	0.033	0.034

番 号	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
月 日	3/18									
Cl ⁻	0.028									



工事名 ○○地区舗装工事

工事箇所 ○○○○

試験月日 平成○○年○○月○○日

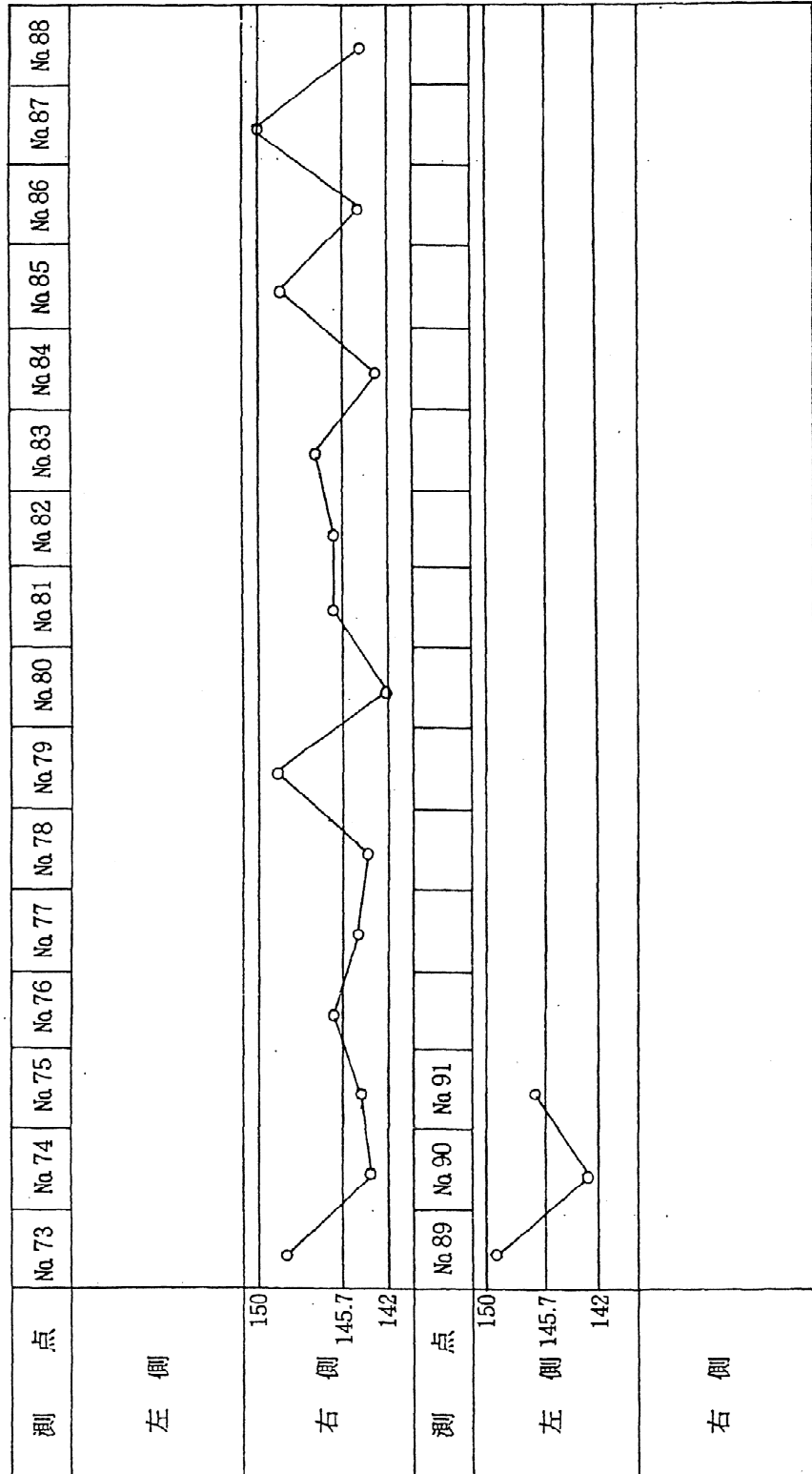
試験者 ○○○○

アスファルト混合物の温度

測 点	初期転圧の温度	摘 要	測 点	初期転圧の温度	摘 要
No. 73	148				
No. 74	143				
No. 75	144				
No. 76	146				
No. 77	145				
No. 78	144				
No. 79	148				
No. 80	142				
No. 81	146				
No. 82	146				
No. 83	147				
No. 84	143				
No. 85	148				
No. 86	145				
No. 87	150				
No. 88	145				
No. 89	149				
No. 90	143				
No. 91	146				
$\Sigma =$	2768	}			
n =	19				
$\bar{X} =$	145.7				

○○地区舗装工事

初 転 圧 温 度



〇〇地区舗装工事

採取コア一試験 総括

基準密度=2,330

測 点	厚 さ (cm)				(cm) 平均厚	(t/cm ³) 密 度	(%) 締固め度
	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄			
No. 74 (右)	5.2	5.1	5.1	5.2	5.15	2,317	99.4%
No. 80 (中)	5.0	5.0	4.9	4.8	4.92	2,268	97.1%
No. 87 (左)	5.8	5.9	5.9	5.6	5.80	2,278	97.8%
No.							
No.							
No.							
No.							
No.							
No.							
No.							
No.							
\bar{X}_3					5.29		98.2%

Max 5.9cm

Max 99.4%

Min 4.8cm

Min 97.3%

現場密度試験総括表

粒度調整路盤工

rdmax 2,110 (g/cm³)

測 点	含 水 比 (%)	乾燥密度 (g/cm ³)	締 固 め 度 (%)
No. 73	7.0%	2,062	97.7%
No. 80	6.8%	2,076	98.4%
No. 90	7.3%	2,052	97.3%

Max 7.3%
Min 6.8%
 \bar{X} 7.03%

Max 98.4%
Min 97.3%
 \bar{X} 97.8%

現場密度試験結果表

	No.73	No.80	No.90	
含 水 比 6.5%	7.0%	6.8%	7.3%	$\bar{X} 3=7.03\%$
締 固 め 密 度 2,110 2,036 (96.5%)	2,062 97.7%	2,076 98.4%	2,052 97.3%	$\bar{X} 3=97.8\%$ (96.5%以上)