

呼び強度比による工程管理の有効性

○野上圭一*1 頓花淳*1 橋井眞文*1 石田晶平*1 辰濃正義*1

要旨：大阪兵庫生コンクリート工業組合（以下、当工組と称す）は、呼び強度比により工程を管理する手法をまとめて「呼び強度比一元化管理マニュアル」を制定し、第17回の技術大会で報告した。このたび、当工組の工場の協力により、一年間の工程管理データを用いて呼び強度比一元化管理を実施した結果を検証し、マニュアルの有効性を確認した。

キーワード：呼び強度比一元化管理、工程管理、統計的手法、シューハート管理図

1. はじめに

強度による工程管理は代表的な配合で行うが、任意の配合で対応しなければならない場合がある。この場合には、層別して管理図にするには不適切な個数、あるいは個数を確保するための期間が長期に亘る為、管理図の信頼性に欠ける等の問題点が生じる。

このような問題点を解決する方法として提案した、呼び強度比一元化管理の有効性と問題点を、実施例により検証した。

2. データの概要

当工組の組合員工場の中から、募集した18工場の工程管理のために採取した、普通コンクリートの強度結果（平成24年10月1日～平成25年9月30日までの1年間）を用い、表-1に工程管理における配合の割合を示す。

表-1 工程管理における配合の割合（%）

工場 No.	呼び強度									
	18	21	24	27	30	33	36	40	42	45
1	8.6	19.0	37.5	19.8	6.9	6.0	1.7	0.4	0.0	0.0
2	18.6	15.1	34.9	16.3	7.8	1.2	5.0	0.0	1.2	0.0
3	16.5	15.2	43.8	13.4	5.8	4.0	1.3	0.0	0.0	0.0
4	13.9	23.4	18.4	22.8	7.0	3.8	9.5	1.3	0.0	0.0
5	37.4	24.3	27.0	7.4	2.2	1.7	0.0	0.0	0.0	0.0
6	0.6	77.4	6.3	3.4	8.3	2.3	1.1	0.3	0.3	0.0
7	7.1	45.9	23.1	13.9	7.8	0.0	2.1	0.0	0.0	0.0
8	0.3	95.8	1.4	1.4	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
9	1.1	97.9	0.4	0.0	0.4	0.0	0.4	0.0	0.0	0.0
10	10.9	89.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
11	0.7	98.5	0.4	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
12	70.1	23.7	3.6	1.8	0.0	0.4	0.4	0.0	0.0	0.0
13	2.4	96.5	0.7	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

*1 大阪兵庫生コンクリート工業組合

工場 No.	呼び強度									
	18	21	24	27	30	33	36	40	42	45
14	13.7	9.8	20.9	6.4	25.2	10.7	8.5	4.7	0.0	0.0
15	8.9	10.3	11.6	13.7	37.7	4.1	6.2	0.7	1.4	5.5
16	25.8	4.8	11.0	16.3	14.4	6.7	11.0	10.0	0.0	0.0
17	12.1	15.4	32.4	14.0	9.9	7.4	7.0	0.7	1.1	0.0
18	14.2	5.7	31.1	11.8	26.4	8.0	1.4	0.0	1.4	0.0

注) 表内の網掛け部分は、代表配合

当工組での代表配合の割合は、都市部で 40 %以下を示し、郊外に移行するにつれ割合が上昇し、90 %を超える。この要因は、都市部は建築工事が主で、工期は比較的短いのが、郊外に移行するにつれ、土木工事の割合が多くなり、工期が長くなることによる影響と思われる。

3. 一元化の分布図

当地区では配合設計に用いる変動係数を原則として 11 %、10 %および 9 %の 3 段階に区分している。その場合、正規化コンクリートの変換式は基準コンクリートの変動係数ごとに異なり、表-2 に示す通りとなる。ケース①は変動係数 11 %のコンクリートを基準コンクリートとし、変動係数 10 %または 9 %のコンクリートの呼び強度比を変換する式 (Z=) である。

表-2 基準コンクリートと正規化コンクリートの変換式

変動係数	ケース①	ケース②	ケース③
11 %	基準コンクリート	$Z = 0.8701X + 0.1104$	$Z = 0.7640X + 0.2154$
10 %	$Z = 1.1493X - 0.1269$	基準コンクリート	$Z = 0.8781X + 0.1185$
9 %	$Z = 1.3090X - 0.2819$	$Z = 1.1389X - 0.1349$	基準コンクリート

呼び強度比一元化管理を行った結果が有効である為には、工場のデータを 3つのケースのいずれの変換式で換算しても、一元化したデータの分布が同じ形になることが必要である。

そこで、表-3 に示す工場 (No.18) のデータを用いて比較検討し、図-1 に示す 3つの分布図を作製し、基本統計量を算出し表-4 にまとめた。

表-3 工場 No18 のデータ

設計変動係数	データ数	該当する呼び強度
11 %	62	18,24 (高性能)
10 %	138	21,24,27,30
9 %	26	33,36,42

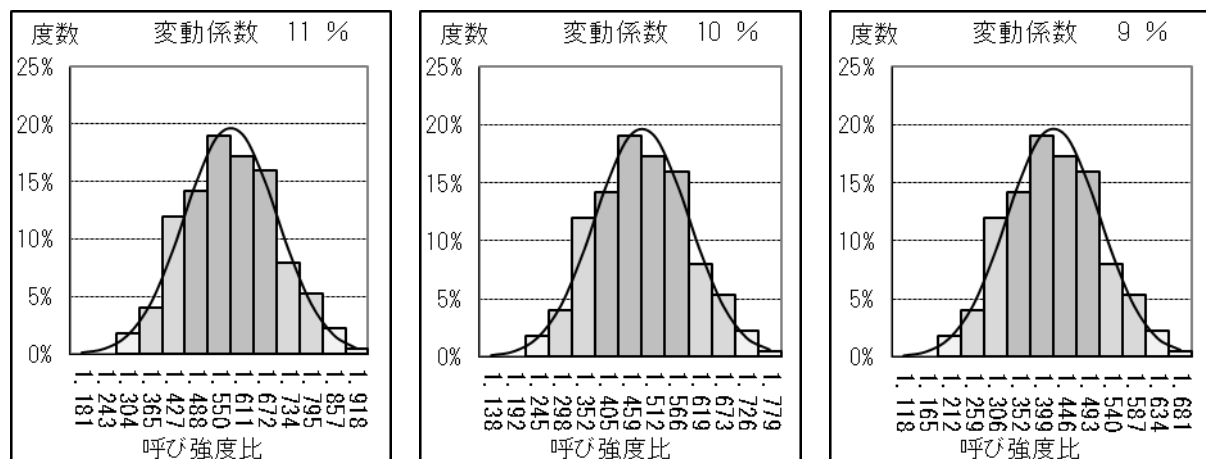


図-1 分布図

表-4 基本統計量

	11 %	10 %	9 %
平均	1.58037	1.48552	1.42283
標準偏差	0.12283	0.10688	0.09385
レンジ	0.63368	0.55138	0.48414
尖度(とがり)	-0.36325	-0.36325	-0.36325
歪度(ゆがみ)	0.04695	0.04695	0.04695

図-1の分布図については、表-4の基本統計量からの平均値・標準偏差及びレンジ等の値は異なるが、尖度と歪度が同じことから、分布の形状が等しい。従って、呼び強度比一元化管理を実施するにあたり、基準コンクリートの変動係数の違いは分布図の形状に影響しないと考えてよい。

4. シューハート管理図の判定ルールの検討

従来の層別管理図において、JIS Z 9021 : 1998「シューハート管理図」に規定されている8つの判定ルールに該当していなかったデータが、呼び強度比一元化管理では該当する場合があります、表-5に判定ルールの該当割合を示す。

また、正規分布するデータについて、第1種の誤りが発生する確率は、表-6のとおりである。

表-5 判定ルールの該当割合

管理個数	ルール①	ルール②	ルール③	ルール④	ルール⑤	ルール⑥	ルール⑦	ルール⑧
30	0.42 %	0.16 %	0.21 %	0.00 %	0.68 %	4.59 %	0.00 %	0.00 %
60	0.37 %	0.68 %	0.21 %	0.05 %	0.63 %	6.26 %	0.05 %	0.00 %
100	0.16 %	1.56 %	0.16 %	0.05 %	0.47 %	5.79 %	0.05 %	0.05 %

注) 管理個数とは、平均値と標準偏差を求める為のデータ個数

表-6 第1種の誤りが発生する確率

ルール	ルールの内容	第1種の誤りの確率
①	1点が領域Aを超えている	0.26 %
②	9点が中心線に対して同じ側にある	0.20 %
③	6点が増加、又は減少している	—
④	14の点が交互に増減している	0.77 %
⑤	連続する3点中、2点が領域A又はそれを超えた領域にある	0.60 %
⑥	連続する5点中、4点が領域B又はそれを超えた領域にある	3.46 %
⑦	連続する15点が領域Cに存在する	0.33 %
⑧	連続する8点が領域Cを超えた領域にある	0.01 %

各判定ルールに該当した発生確率は、第1種の誤りが発生する確率に近似しているが、ルール①・ルール②及びルール⑥は理論値以上に発生していることについて検討する。

4.1 判定ルール①及び判定ルール②について

ルール①では、図-2に示すように、同一日のデータでも、管理個数の違いにより平均値及び標準偏差が異なり、3σ管理線の内外に打点されてしまう。

また、ルール②では管理個数30個の場合は、理論値とほぼ同じ値であったが、管理個数が増えるにつれて、該当の割合が大幅に増えた。呼び強度比一元化管理を実施する場合は、管理個数の定め方に注意が必要である。

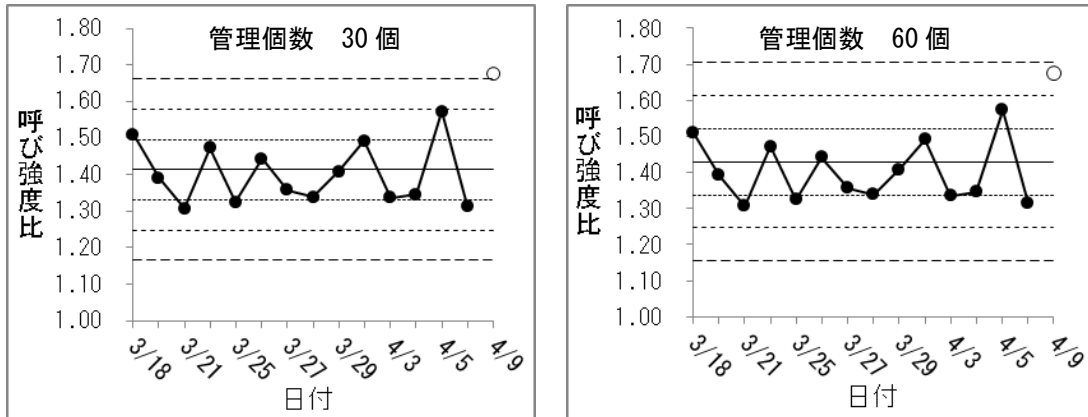


図-2 実施例の工程図

4.2 判定ルール⑥について

図-3 の検査日が 7/9 での結果は、ルール⑥に該当するが、7/10 については過去 4 点の影響により改善されているにも拘らず、ルール⑥に該当すると判定された。また、ルール⑤においても同様の事例が見受けられた。

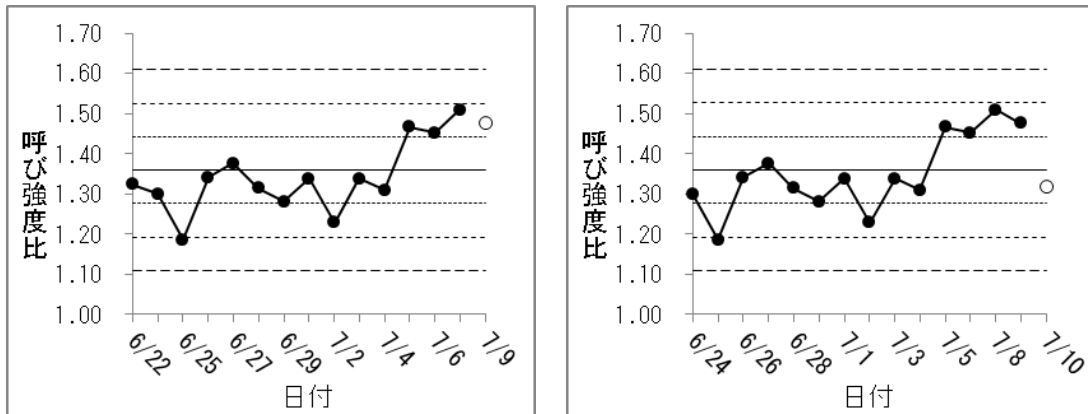


図-3 実施例の工程図

5. 結論

工程管理における強度を、呼び強度比一元化管理マニュアルを用いて管理した結果、基準コンクリートの違いによる差、代表配合の割合による差はなく、管理できる事が分かった。

ただし、シューハート管理図の判定ルールを適用すると、統計的管理状態ないと判断される状態が現れる。4.「シューハート管理図の判定ルールの検討」については、JIS Z 9021 : 1998「シューハート管理図 解説 3.2.2 規格の内容 e) 異常判定ルール」等を参考に、工場の管理状態等を考慮し規定する必要がある、異常判定ルールの内容によっては、アクションの取り方を考慮する必要がある。

参考文献

- 1) 仁科健 : JIS Z 9021 シューハート管理図の制定,標準化と品質管理,Vol.51,No.12 ,1998
- 2) 仁科健 : シューハート管理図,品質,Vol.41,No.4,2011
- 3) Lloyd S Nelson : The Shewhart Control Chart—Tests for Special Causes, Journal of Quality Technology, Vol.16,No.4,1984
- 4) Lloyd S Nelson : Interpreting Shewhart \bar{X} Control Charts, Journal of Quality Technology, Vol.17,No.2, 1985