

الضبط الإحصائي لجودة الكتل الخرسانية

مناف عبد الرزاق محمد
مدرس مساعد/ مركز التدريب والمعامل
الجامعة التكنولوجية

د.ابتسام محمد علي
مدرس/ قسم هندسة البناء والإنشاءات
الجامعة التكنولوجية

الخلاصة (Abstract):

يقدم البحث شرحاً مفصلاً عن أنواع لوحات السيطرة أو الضبط الإحصائي وأهميتها ومزايا استخدامها وطريقة العمل بها إضافة إلى أنواع ومزايا واستعمالات الكتل الخرسانية كجانب نظري مع بيان كيفية استخدام لوحات السيطرة في اتخاذ القرارات المناسبة بشأن العملية الإنتاجية لصناعة الكتل الخرسانية وكيف تساعد على دراسة التغيرات التي تحصل في خواص المواد أو الصفات المدروسة حيث تساعد على جعل هذه التغيرات بالحد الأدنى أو إزالتها وكيف أن استخدامها يؤدي إلى بقاءها مطابقة للمواصفات المطلوبة كجانب عملي للبحث.

Abstract:

This paper presents a detailed explanation about the types of control charts or statistical adjustment, their importance, the qualities of their usage and the method of how to work with them. Besides, it presents the types, characteristics, and usage of the concrete blocks as a theoretical side of the paper. As an applied side of the paper, it introduces the method of using the control charts in determining the suitable decisions about the production process of manufacturing concrete blocks, and how it would help to show the actual variation in the produced units. Identification of defected units in an early stage of production will save materials and production costs.

المقدمة (Introduction):

إن قطاع الإنشاءات يمثل المركز الأول من حيث الاستثمارات في معظم الدول العربية إذ ينفق العالم العربي ما بين (٧٠-٩٠%) من استثماراته على هذا القطاع الذي يتألف من المساكن والطرق والسدود وغيرها وتشكل قيمة المواد التي تدخل في هذه الإنشاءات (٨٠%) من التكاليف وهي تتمثل في الحصى، الرمل، الأسمنت، الخرسانة، الطابوق، الرخام، البلوك الخرساني وغيرها. ونظراً لأهمية السيطرة النوعية على المواد الرئيسية في الإنشاءات فإنه من الضروري التركيز على إجراء الاختبارات والفحوصات الأساسية للتأكد من مطابقة المواد للمواصفات الخاصة بها. ولضبط جودة إنتاج مادة معينة أو عمل معين يتم استخدام أدوات ضبط الجودة الإحصائية^[1]. وقد تم في هذا البحث استخدام إحدى هذه الأدوات لضبط جودة الكتل الخرسانية المنتجة في إحدى المعامل في محافظة كربلاء ومعرفة فيما إذا كانت العملية الإنتاجية لهذه المادة في حالة ضبط إحصائي أم لا.

الكتل الخرسانية

تنتج الكتل الخرسانية بأشكال وحجوم مختلفة وتستخدم في بناء الجدران الحاملة للأتقال والقواطع لتقسيم الفضاءات الداخلية وهي نوعين، الأول هو الكتل الخرسانية الصلدة وهي قليلة الاستعمال لثقلها وقلة تماسكها مع المونة المستعملة في عملية البناء. والثاني هو الكتل الخرسانية المجوفة وهي الأكثر انتشاراً في أعمال البناء المختلفة لخفة وزنها مقارنة مع الكتل الخرسانية الصلدة ولأن تجاوبها تؤدي إلى الاقتصاد في الموارد الأولية التي تستخدم في صناعتها إضافة إلى سرعة إنجازها للأعمال البنائية حيث

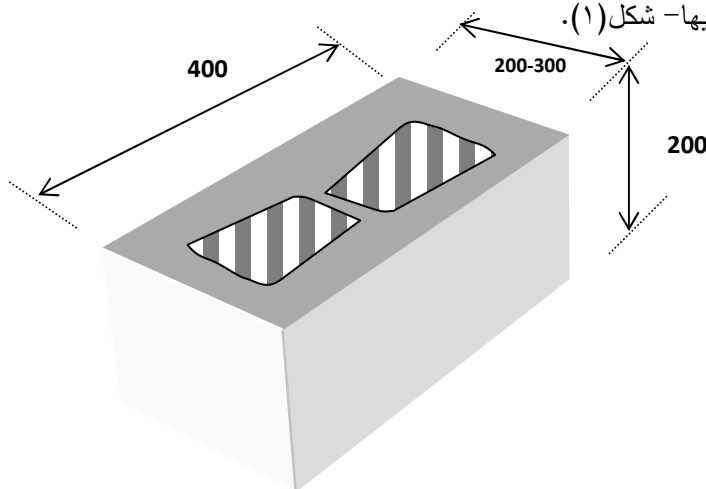
إنها أسرع من استعمال وحدات الطابوق حيث يستغرق بناء جدار باستعمال الكتل الخرسانية نصف الفترة الزمنية التي يستغرقها نفس الجدار إذا استعمل في بناء وحدات الطابوق [٢].

أنواع واستعمالات الكتل الخرسانية

توجد هناك أنواع متعددة من الكتل الخرسانية التي تستعمل في الأجزاء البنائية المختلفة حيث تختلف هذه الكتل أشكالاً وحجوماً حسب أماكن استعمالها وكما يلي [٣]:

١- الكتل الخرسانية المستعملة للأعمدة

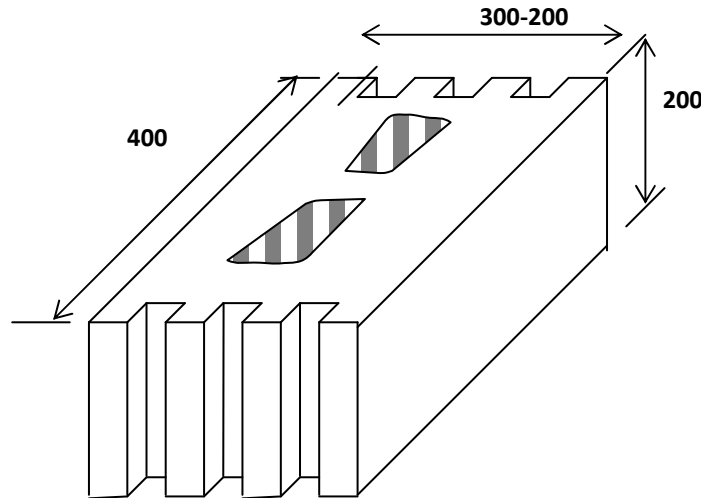
تتكون هذه الكتل بأبعاد (٢٠٠×٢٠٠×٤٠٠) ملم أو (٢٠٠×٣٠٠×٤٠٠) ملم وقد تكون صلبة أو مجوفة وتمتاز باستواء سطوحها الخارجية، وتستعمل التجاويف التي تحتويها لتمرير القضبان الحديدية المستعملة في التسليح لتقوية الأعمدة وزيادة كفاءتها في تحملها للأثقال النازلة عليها- شكل (١).



شكل رقم (١) الكتل الخرسانية المستعملة للأعمدة

٢- الكتل الخرسانية المستعملة في الجدران

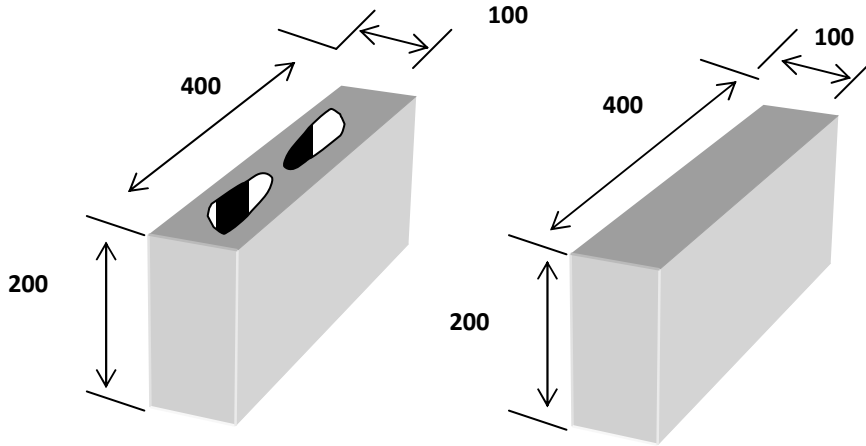
وهي بنفس أبعاد الكتل المستعملة للأعمدة وتكون إما صلبة وهي قليلة الاستعمال أو مجوفة وهي الأكثر انتشاراً واستعمالاً. وتكون هذه الكتل على نوعين الأول منها ذات سطوح مستوية تكون بها عملية الربط في الجدران ضعيفة لعدم تماسكها مع المادة الرابطة. أما النوع الثاني منها فهي ذات سطحين مستويين وهما السطح الخارجي والداخلي أما سطوحها الجانبية التي تجاور الكتل الأخرى أثناء عملية البناء لتزيد من تماسكها مع المواد الرابطة المستعملة في بنائها كما في الشكل رقم (٢).



شكل رقم (٢) الكتل الخرسانية المستعملة في الجدران

٣- الكتل الخرسانية المستعملة في القواطع

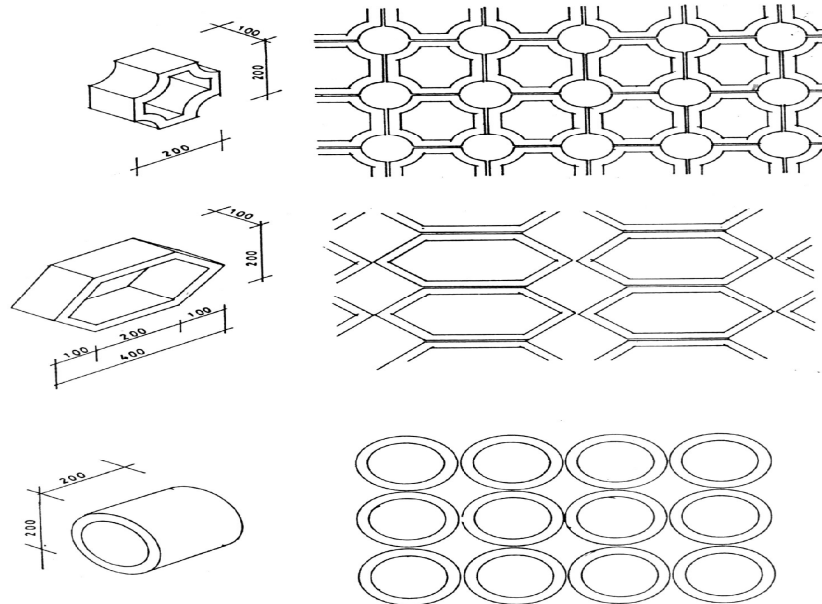
وتكون بأبعاد (٢٠٠×١٠٠×٤٠٠) ملم وهي على نوعين أحدهما الكتل الصلدة الخالية من التجاويف غير العازلة للصوت والحرارة والنوع الثاني الكتل المجوفة العازلة للصوت والحرارة وبنفس الأبعاد وهي الأكثر نجاحا في بناء القواطع الداخلية للأبنية والمنشآت المختلفة كما إنها لا تتحمل أي نوع من الأثقال عدا وزنها فقط كما في الشكل (٣).



شكل رقم (٣) الكتل الخرسانية المستعملة في القواطع

٤- الكتل الخرسانية للاستعمالات الأخرى

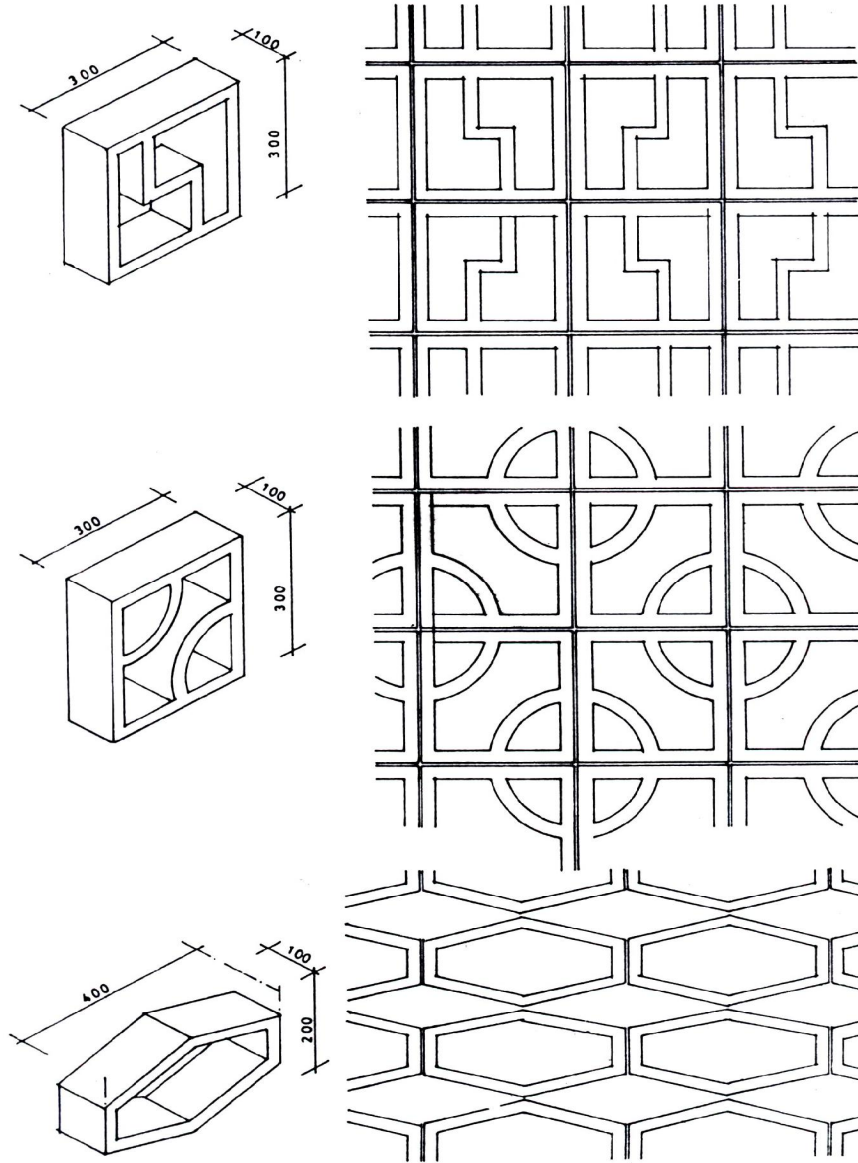
هناك أنواع من الكتل الخرسانية تستعمل لتبليط الأرضيات والسطوح والمسالك وطرق الحدائق والأرصفة والتي تكون بأشكال وأحجام وألوان مختلفة منها الأحمر والأصفر والكلبي والأسود والإسمنتي وأشكالها تتراوح بين المربع والمستطيل والمخمس والمسدس والمثلث. والأشكال المربعة تكون بأبعاد (٤٠×٤٠×٤٠) ملم أو (٥٠×٤٠×٤٠) ملم أو (٤٠×٥٠×٥٠) ملم أو (٥٠×٥٠×٥٠) ملم، أما الأشكال المستطيلة فإنها بأبعاد (٤٠×٢٠×٤٠) ملم أو (٥٠×٢٠×٤٠) ملم أو (٤٠×٢٥×٥٠) ملم أو (٥٠×٢٥×٥٠) ملم كما في الشكل (٤)



شكل رقم (٤) الكتل الخرسانية المستعملة لتبليط الارضيات

٥- الكتل الخرسانية المستعملة في القواطع المزخرفة غير الصلدة

وتكون من النوع المجوف ويتم إنتاجها بأشكال وأحجام كثيرة وألوان مختلفة يتم استعمالها في بناء القواطع الداخلية والخارجية التي لا تقوم بحجز الفضاءات حجراً كلياً وتكون عند بنائها مع بعضها نقوشاً وزخارف مختلفة. كما يمكن استعمالها كقواطع أمام الشبابيك في واجهات الأبنية المختلفة لتقوم بعملية كسر أشعة الشمس ومنعها من الدخول المباشر إلى الداخل - شكل رقم (٥).



شكل رقم (٥) الكتل الخرسانية المستعملة في القواطع

مواصفات الكتل الخرسانية [٤]

١. لا تقل قابلية تحمل الكتل الخرسانية الصلدة عن ٦٥ كغم/سم^٢ بعد ٢٨ يوماً من تصنيعها و ٤٠ كغم/سم^٢ بعد ٧ أيام من تصنيعها.
٢. لا تقل قابلية تحمل الكتل الخرسانية المجوفة عن ٥٠ كغم/سم^٢ بعد ٢٨ يوماً من تصنيعها و ٣٠ كغم/سم^٢ بعد ٧ أيام من تصنيعها.
٣. لا تتجاوز قابلية امتصاصها للماء عن ٨% من وزن الكتلة الجافة بعد ٢٤ ساعة امتصاص للماء.

٤. يجب أن تكون خالية من الشقوق أو الفطور أو التلوم.
٥. يجب أن تكون متجانسة اللون ومتوازية الأوجه وجيدة المنظر.

صناعة الكتل الخرسانية

تصنع الكتل الخرسانية من مزيج الأسمنت والرمل والحصى بنسبة (٤:٢:١) إلى (١٦:٨:١) مع الماء الذي يكون نسبة معينة من وزن المزيج. وتعتمد نسب المزيج على كمية الأتقال التي يتطلب من هذه الكتل أن تتحملها كما يجب أن يكون المزيج شبه جاف قليل الرطوبة ليتم كبسه في قوالب حديدية مع استعمال جهاز الاهتزاز المستمر لجعل الكتلة الخرسانية أكثر ترصاً وقل مسامية وذات كثافة عالية، بعد ذلك يتم فتح القوالب الحديدية ووضع الكتل الخرسانية فوق قاعدة حديدية وتركها لمدة لا تقل عن ٢٤ ساعة يف مكان رطب وتنقل بعد ذلك إلى مخازن رطبة لترش بالماء اللازم لتقلب الأسمنت ولمدة لا تقل عن ثلاثة أيام ثم تترك بعد هذه الفترة لمدة ٢٨ يوماً لاكتساب المقاومة اللازمة وتكون بعدها حاجز للاستعمال في الأبنية المختلفة بعد أن وصلت المواد الداخلة في صناعتها إلى تصلبها النهائي^[٤].

لوحات السيطرة Control chart

لوحات السيطرة أو الضبط هي عبارة عن خارطة بيانية تستخدم كوسيلة لاتخاذ القرار المناسب بشأن سير العملية الإنتاجية في مرحلة انتاج معينة وفق المسار المحدد لها ويتم ذلك من خلال سحب عينات عشوائية زمنية من الدفعات الإنتاجية^[٥].

أنواع لوحات السيطرة

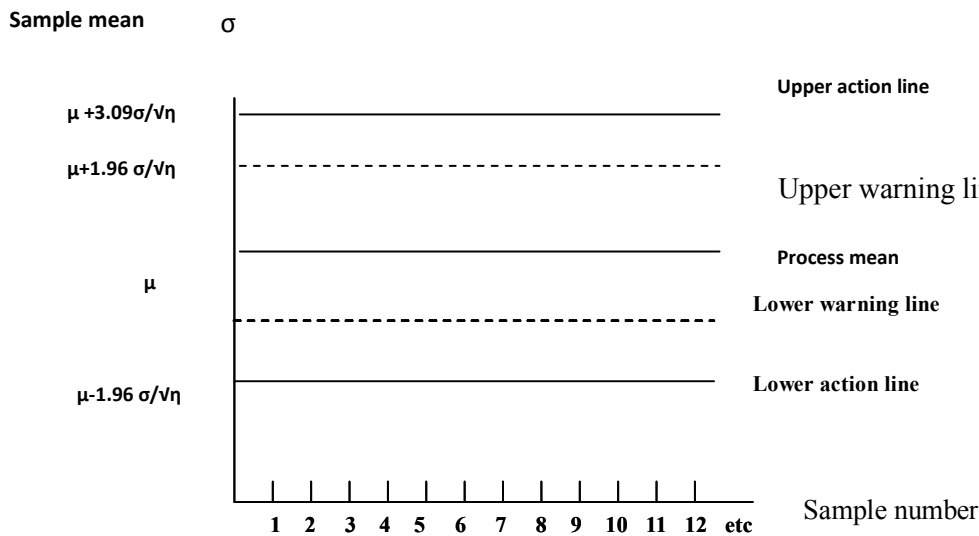
تتكون لوحات السيطرة من الانواع الرئيسية التالية:

- لوحات السيطرة للصفات المتغيرة
- لوحات السيطرة للصفات التمييزية.

لوحات السيطرة للصفات المتغيرة

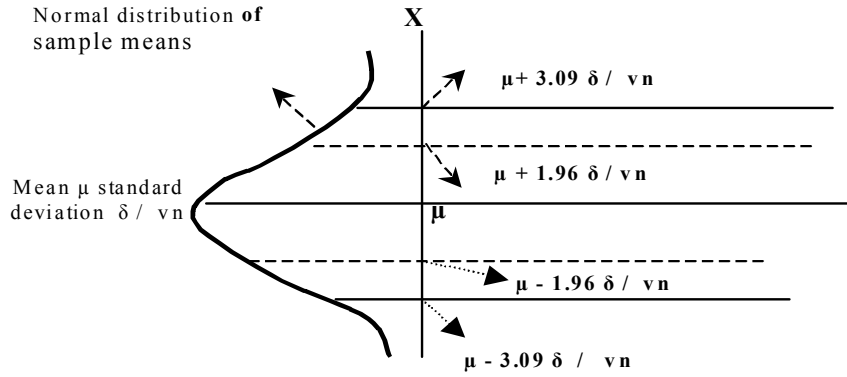
وهي اللوحات التي تستخدم عندما تعتمد البيانات على القياسات كالمتر أو كغم و أنواعها:

- لوحات السيطرة لمتوسط العينة والتي فيها تؤخذ عينة من الإنتاج بشكل منتظم ويعتمد حجم العينة على طبيعة العملية الإنتاجية وكلما كانت العينة كبيرة كانت اقرب إلى الواقع. ويوضح الشكل رقم (٦) نموذج للوحة المتوسط^[٦]



شكل رقم (٦) لوحة المتوسط

وتتبع لوحات السيطرة للمتوسط منحني التوزيع الطبيعي كما مبين في الشكل رقم (٧)



شكل رقم (٧) منحني التوزيع الطبيعي

أما المعادلات المستخدمة لحساب خطوط حدود اللوحة السفلى و العليا فهي باستخدام المعادلات التالية:

$$Warning - line = \mu \mp 1.96 \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$$

$$Action - line = \mu \mp 3.09 \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$$

$$\sigma = \bar{W} An$$

Where: σ Standard divation

An Constant depend on n

n Sample size

\bar{W} Mean range

Therefore:

$$Warning - line = \mu \mp 1.96 \frac{An\bar{W}}{\sqrt{n}}$$

$$= 1.96 \frac{An}{\sqrt{n}}$$

$$\mu \mp A0.025\bar{W}$$

$$Action - line = \mu \mp 3.09 \frac{An\bar{W}}{\sqrt{n}}$$

$$Action - line = \frac{An}{\sqrt{n}}$$

جدول رقم (١) قيم An بموجب المواصفات البريطانية 2846

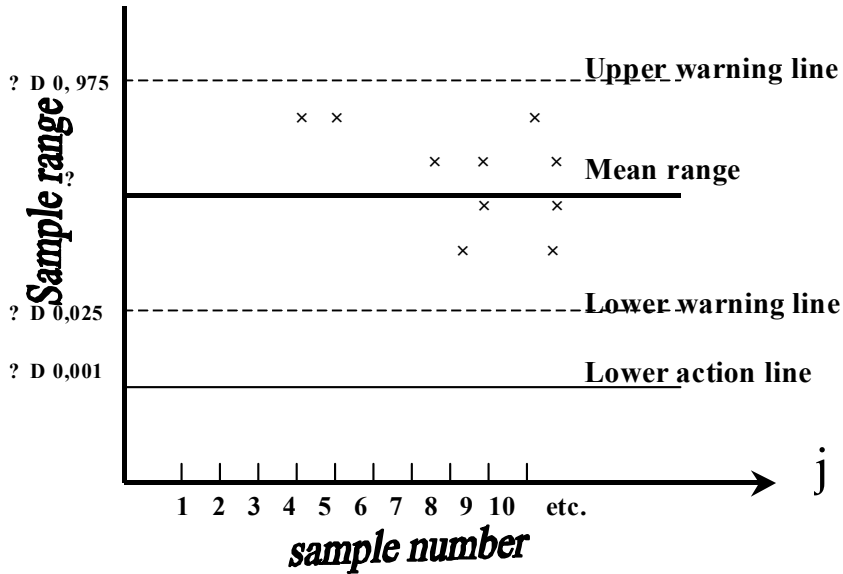
| A | N |
|-------|----|
| 0.886 | 2 |
| 0.591 | 3 |
| 0.486 | 4 |
| 0.43 | 5 |
| 0.395 | 6 |
| 0.37 | 7 |
| 0.351 | 8 |
| 0.337 | 9 |
| 0.325 | 10 |
| 0.315 | 11 |

جدول رقم (٢) قيم A بموجب المواصفة البريطانية 2846

| A0.001 | A0.025 | N |
|--------|--------|----|
| 1.937 | 1.229 | 2 |
| 1.054 | 0.668 | 3 |
| 0.75 | 0.476 | 4 |
| 0.594 | 0.377 | 5 |
| 0.498 | 0.316 | 6 |
| 0.432 | 0.274 | 7 |
| 0.384 | 0.244 | 8 |
| 0.347 | 0.22 | 9 |
| 0.317 | 0.202 | 10 |
| 0.294 | 0.186 | 11 |

- لوحات السيطرة للمدى

حيث تعتمد على توزيع مربع كاي λ ويوضح الشكل رقم (٨) نموذج للوحة المدى^[٧].



شكل رقم (٨) لوحة السيطرة للمدى

أما طريقة حساب خطوط حدود اللوحة السفلى و العليا فهي باستخدام المعادلات التالية:

$$Warning - line = \bar{W}D0.975(upper)$$

$$\bar{W} D0.025(lower)$$

$$Action - line = \bar{W}D0.999(upper)$$

$$\bar{W} D0.001(lower)$$

جدول رقم (٣) قيم D بموجب المواصفة البريطانية 2846

| D0.999 | D0.975 | D0.025 | D0.001 | N |
|--------|--------|--------|--------|----|
| 4.12 | 2.81 | 0.04 | 0 | 2 |
| 2.99 | 2.17 | 0.18 | 0.04 | 3 |
| 2.58 | 1.93 | 0.29 | 0.1 | 4 |
| 2.36 | 1.81 | 0.37 | 0.16 | 5 |
| 2.22 | 1.72 | 0.42 | 0.21 | 6 |
| 2.12 | 1.66 | 0.46 | 0.26 | 7 |
| 2.04 | 1.62 | 0.5 | 0.29 | 8 |
| 1.99 | 1.58 | 0.52 | 0.32 | 9 |
| 1.94 | 1.56 | 0.54 | 0.35 | 10 |
| 1.9 | 1.53 | 0.56 | 0.38 | 11 |

لوحة السيطرة للصفات التمييزية

تستخدم عندما يتم تصنيف الوحدات المنتجة إلى معيبة وغير معيبة ولمراقبة نوعية الإنتاج وخاصة عند إنتاج كميات كبيرة ويتعذر التفقيش والفحص الكامل ومن أهم التطبيقات هي ضبط جودة الكونكريت. كما تستخدم للسيطرة على نوعية الوحدات المنتجة على أساس التمييز بين تلك الوحدات من كونها جيدة أو غير جيدة، تالفة أو غير تالفة، معيبة أو غير معيبة، وتستخدم إحدى الأنواع التالية^[7]:

- لوحة الضبط لنسبة الوحدات غير المطابقة p chart

عند استخدام هذا النوع من اللوحات يتم معرفة عدد الوحدات غير المطابقة من كل عينة وحساب نسبتها من حجم العينة الكلي ويتم حساب حدود اللوحة بالشكل التالي:

$$Action - line = PO \mp 3 \sqrt{\frac{PO(1-PO)}{n}}$$

$$C-L=PO$$

PO متوسط نسبة الوحدات غير المطابقة

N حجم العينة

$$Warning - line = PO \mp 2 \sqrt{\frac{PO(1-PO)}{n}}$$

- لوحة الضبط لعدد العيوب في الوحدة C-Chart

يتم اللجوء لهذا النوع من اللوحات في حالة الاهتمام بعدد العيوب في وحدة الإنتاج الواحدة وليس نسبتها وتهدف الإدارة إلى جعل تلك العيوب أدنى حد ممكن وعند تجاوز العدد المتفق عليه من العيوب أو النواقص تعتبر المنتجات فاشلة ومن الأمثلة على ذلك عدد العيوب في المتر طول من أنابيب المياه أو المتر المربع من الصفائح المعدنية. ويتم حساب حدود اللوحة بالشكل التالي:

$$Action - line = Co \mp 3\sqrt{Co}$$

$$Warning - line = Co \mp 2\sqrt{Co}$$

Co متوسط عدد العيوب في الوحدة

لوحة السيطرة للقياس المنفرد

يستخدم هذا النوع من اللوحات عندما يكون من غير العملي أو من الصعب الحصول على عدد من القياسات خلال فتره زمنية قصيرة. ويستخدم الوسط الحسابي (X) لتقدير معدل خاصية العملية. وبالنسبة إلى الانحراف المعياري فإن من الممكن حسابه بطريقتين وكما يلي^[8]:

- المدى المتحرك بين مراقبات متتابعة consecutive observations

- الانحراف المعياري العام للنموذج

وتعد الطريقة الاولى (باستخدام المدى المتحرك MR) هي الطريقة الاكثر استخداما في اعمال السيطرة على الجودة . وفي هذه الطريقة يتم استخدام ازواج متتابعة من المراقبات بصورة نموذجية لحساب المديات المتحركة وهكذا يكون لمجموعة (n) من المراقبات مديات متحركة بعدد (n-1) ليتم منها حساب المدى المتحرك المعدل وكما يلي:

$$\overline{MR} = \frac{\sum_{i=2}^n MR_i}{(n-1)}$$

وبذلك تكون حدود السيطرة control limits لمخطط X كما يلي:

$$\overline{X} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n}$$

$$UCL = \overline{X} + \frac{3}{d_2} \times MR$$

$$LCL = \overline{X} - \frac{3}{d_2} \times MR$$

إن قيمة n لهذه الحالة هي قيمة خاصة وتساوي (2) لذا فان قيمة $d_2=1.128$ وان حدود السيطرة ستكون:

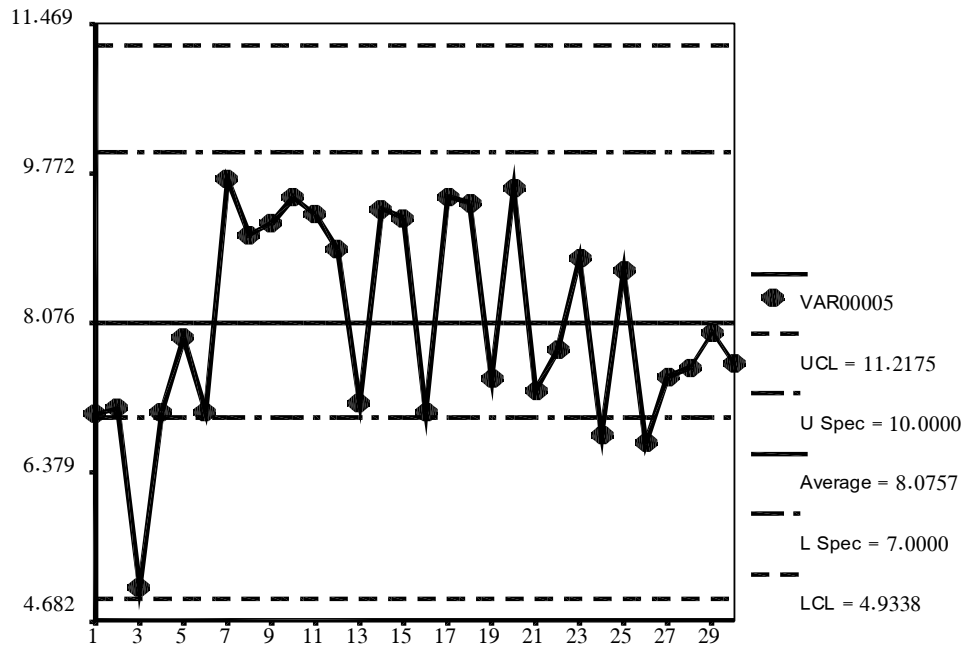
$$\text{Control limits} = \overline{X} \pm 2.66MR$$

الجانب العملي

ليبيان مدى أهمية وطريقة استخدام لوحات السيطرة تم اخذ احد معامل صناعة البلوك (الكتل الخرسانية) في محافظة كربلاء ، الحد الأدنى لقوة التحميل لمعدل ثلاث كتل هو (٧ نيوتن /ملم^٢) محدد من قبل ادارة المصنع ووفق الموصفات المطلوبة والحد الاعلى (٠٠ نيوتن/ملم^٢) ، تم اخذ القراءات المبينة في جدول رقم (٤) من خلال زيارات عديدة.

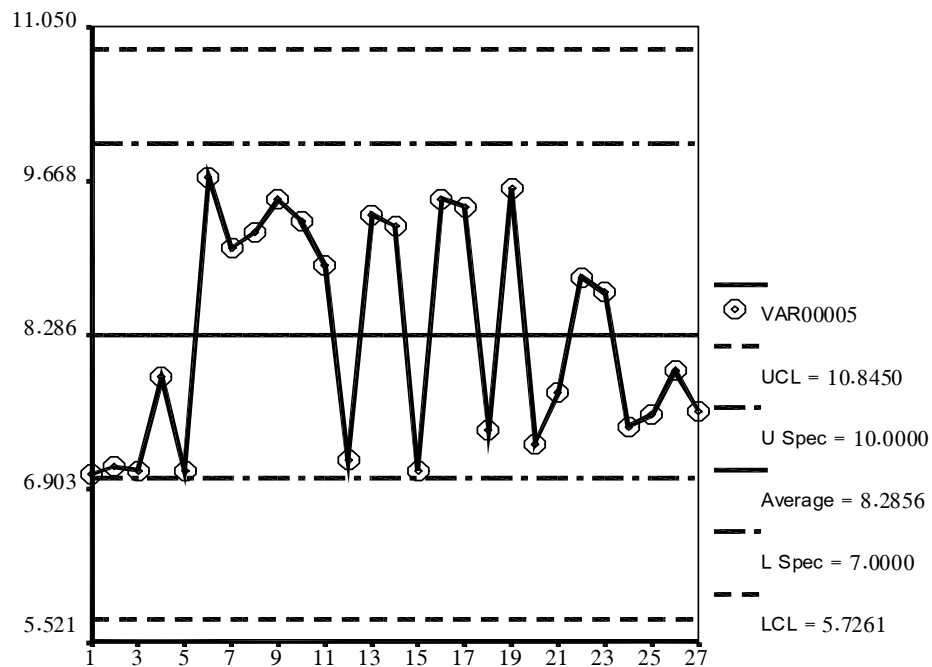
جدول رقم (٤) نتائج فحوص العينات

| رقم العينة | ا | ب | ج | المعدل |
|------------|---------------|------|-----|--------|
| 1 | 7.1 | 5.8 | 8.2 | 7.03 |
| 2 | 8.2 | 6.8 | 6.3 | 7.1 |
| 3 | 5.6 | 5 | 6.5 | 5.06 |
| 4 | 8.7 | 4.1 | 8.4 | 7.06 |
| 5 | 8.4 | 8.3 | 7 | 7.9 |
| 6 | 6.4 | 5 | 9.8 | 7.06 |
| 7 | 10.9 | 9 | 9.2 | 9.7 |
| 8 | 11.8 | 8.3 | 7.1 | 9.06 |
| 9 | 9.5 | 10.1 | 8.2 | 9.2 |
| 10 | 10.4 | 10.9 | 7.4 | 9.5 |
| 11 | 8.9 | 9.6 | 9.4 | 9.3 |
| 12 | 7.8 | 10.1 | 9 | 8.9 |
| 13 | 7.8 | 7.5 | 6.2 | 7.16 |
| 14 | 8.9 | 9.6 | 9.6 | 9.36 |
| 15 | 10.4 | 7.8 | 9.6 | 9.26 |
| 16 | 10.5 | 6.5 | 4.2 | 7.06 |
| 17 | 9.8 | 9.3 | 9.6 | 9.5 |
| 18 | 11.2 | 7.8 | 9.4 | 9.43 |
| 19 | 6.4 | 8.5 | 7.4 | 7.43 |
| 20 | 8.4 | 10.6 | 10 | 9.6 |
| 21 | 7.2 | 7.6 | 7.1 | 7.3 |
| 22 | 5.6 | 8.5 | 9.2 | 7.76 |
| 23 | 8.9 | 8.7 | 8.8 | 8.8 |
| 24 | 5.8 | 7.6 | 7 | 6.8 |
| 25 | 8.7 | 8.9 | 8.4 | 8.66 |
| 26 | 5.8 | 9.7 | 4.6 | 6.7 |
| 27 | 5 | 8.7 | 8.7 | 7.46 |
| 28 | 5.6 | 8.9 | 8.2 | 7.56 |
| 29 | 4.1 | 9.9 | 9.9 | 7.96 |
| 30 | 8.4 | 7.2 | 7.2 | 7.6 |
| | المجموع الكلي | | | |
| | المتوسط | | | |
| | | | | 242.27 |
| | | | | 8.07 |



شكل رقم (٩) لوحة المتوسط لنتائج الفحوصات

من الشكل رقم (٩) نلاحظ خروج النقاط (٣،٢٤،٢٦) عن الحد السفلي المسموح به في لوحة المتوسط وهذا مما يستدعي دراسة المسببات التي أدت إلى خروج تلك النقاط عن حدود الضبط والتي تعود إما إلى اختلاف في نوعية الأسمنت المستخدم في التصنيع أو لمهارة الأيدي العاملة المستخدمة أو طريقة معالجة الكتل الخرسانية. وقد تم استبعاد هذه النقاط و أعيدت الحسابات ورسم اللوحة على أساس العينات المتبقية والبالغ عددها ٢٧ نقطة وكما في الشكل رقم (١٠) التالي:



شكل رقم (١٠) لوحة المتوسط لنتائج الفحوصات باستخدام برنامج (APSS)

الاستنتاجات :-

- ١- من خلال النتائج اعلاه وخاصة فيما يتعلق بنتائج لوحة السيطرة للمتوسط وخروج عدد من نقاط خارج حدود السيطرة مما يدل على ان العملية الانتاجية ليست تحت الضبط ، ويمكن البحث في الاسباب التي ادت الى خروج هذه النقاط عن حدود السيطرة وهي اسباب لاصدفيه **assignable causes** وناتجة عن اسباب يمكن ان تتعلق بالماكنة او العامل او المواد الاولية الداخلة في صناعة الكتل. ويمكن التوصل للسبب الحقيقي لعدم خضوع العملية الانتاجية للسيطرة من خلال معرفة رقم الاختبار وتأريخ الاختبار لتحديد مصادر هذه الاخطاء وملفاتها حدوثها مستقبلا وتقليل كلفة هذه الأخطاء عند رصدها بصورة مبكرة .
- ٢- وجود تذبذب للنقاط حول متوسط العملية وذلك يعود لاسباب عشوائية نابعة من الصدفة Non - Assignable causes أي انها متأصلة في العملية الانتاجية ذاتها وتتميز هذه الاسباب بأنها عديدة وصغيرة لايمكن تحديدها او تحديد مصادرها ولايمكن التغلب عليها ،من هذه المسببات العشوائية الاختلاف البسيط في درجات الحرارة ضمن الحدود المسموحة او قد تكون ناتجة عن اهتزاز بسيط في الماكنة المنتجة.
- ٣- ان اعادة رسم لوحة سيطرة جديدة للمتوسط والمدى باستبعاد النقاط الخارجة عن حدود السيطرة يوفر لادارة المعمل وسيلة سريعة للحكم على سير العملية الانتاجية وذلك بتسقيط النتائج اللاحقة للفحوصات بين فترة واخرى على تلك اللوحة ومعرفة فيما اذا كان سير العملية الانتاجية تحت سيطرة ام لا واتخاذ الاجراءات التصحيحية اللازمة بأسرع وقت ممكن عند حدوث اخطاء وخروج تلك النتائج عن حدود السيطرة.

المصادر :

١. قدار، طاهر رجب (المدخل إلى إدارة الجودة الشاملة والايزو ٩٠٠٠)، الطبعة الثانية، القاهرة، ٢٠٠٢.
٢. السقار وليد اكرم (ضبط الجودة وأسلوب تنفيذ المباني) المؤتمر الأردني للهندسة المدنية ١٩٩٢.
٣. العريان، احمد علي و د.عبد الكريم عطا (تكنولوجيا الخرسانة) الطبعة الأولى عالم الكتب، دمشق ١٩٧٥.
٤. وزارة الإسكان والتعمير (المواصفات الفنية لإعمال الهندسة المدنية) بغداد ١٩٨٥.
٥. القزاز ،اسماعيل ابراهيم و د. عبد الملك عادل (ضبط الجودة النظرية و التطبيق)، الطبعة الأولى، بغداد، ٢٠٠٤.
٦. احمد، زيد علي (المرشد لتحقيق النوعية)، الطبعة الأولى، بغداد ١٩٨٩ .
٧. J.A. Bland B. Sc.Ph. D. Afima (Statistics for Construction Students) Macmillan P.C, New York 1985 .
٨. Richard E.Tsong . john W. (Statistical Quality Design and control) Macmillan P.C, New york 1992.