TJES
ISSN: 1813-162X
مجلة تكريت للعلوم الهندسية
متاحة على الموقع الالكتروني: http://www.tj-es.com

# قياس وتحسين جودة مقاومة الانضغاط لمنتج المكعبات الخرسانية

**زهير حسن عبدالله[1] ، ثامر خلف سالم [2]**
[1] جامعة الفرات الأوسط التقنية، المعهد التقني بابل، العراق
[2] قسم الهندسة الميكانيكية، جامعة تكريت، صلاح الدين، العراق

*(Received 01 November 2012, Accepted 03 August 2013, Available online 30 June 2017)*

**الخلاصة**

تناول البحث دراسة المسار التكنولوجي لتصنيع المكعبات الخرسانية حسب المواصفة القياسية العراقية لدرجة الكونكريت C20 رقم 52 لسنة 1984، والتي يكون فيها النموذج مكعب الشكل وبإبعاد (150×150×150) مليمتر لكل بعد ونسبة الخلط للخرسانة هي (4:2:1) تستخدم في صب الأرضيات. وللحصول على خرسانة بالمقاومة المطلوبة بحيث تحقق درجة ثقة 100%، تم فحص مقاومة انضغاط 40 نموذج من المكعبات الخراسانية بعمر 28 يوم في مختبرات قسم المدني- المعهد التقني بابل جميعها صنعت من نفس الخلطة الخرسانية. حيث صنفت هذه العينات ضمن الفحوصات المقبولة وتم اعتمادها في تنفيذ المشاريع الاستثمارية في قطاع الإنشاءات. يهدف البحث أولاً، إلى قياس مستوى جودة مقاومة الانضغاط للمكعبات الخرسانية لان نقصان أو زيادة مقاومة الانضغاط عن المواصفة التصميمية يسهم في فشل المشاريع الاستثمارية في قطاع البناء، وبما ان الفحوصات تكون اتلافية لذلك فان جميع المكعبات المفحوصة التي تقع خارج حدود المواصفة هي وحدات تالفة. ثانياً، إلى دراسة تحسين مستوى جودة خاصية مقاومة الانضغاط للمكعبات الخرسانية. أظهرت النتائج ان نسبة المكعبات التالفة هي 0.00685، ومقاومة الانضغاط تحقق درجة ثقة 99.5 % وان انتاج المكعبات الخرسانية ضمن المستوى المقبول للجودة (3 سيكما). كما تم تحسين جودة مقاومة الانضغاط ضمن المستوى الجيد باستعمال مستويات متقدمة من السيكما.

**الكلمات الدالة:** مقاومة الانضغاط ،الخرسانة، الجودة، سيكما.

## *Measurement and Improvement the Quality of the Compressive Strength of Product Concrete*

**Abstract**

The research dealt with studying path technology to manufacture of concrete cubes according to specification design of Iraq to the degree of concrete C20 No. 52 of 1984, and in which sample was cubic shape and the dimensions (150 × 150 × 150) mm for each dimensions and the proportion of mixing of the concrete is (1:2:4) using in the casting floor. For concrete resistance required that achieve the degree of confidence of 100%, were examined compressive strength 40 samples of concrete cubes of age 28 days in the Labs section of Civil Department – Technical Institute of Babylon, all made from the same mixing concrete. Where, these samples classified within the acceptable tests were adopted in the implementation of investment projects in the construction sector. The research aims first, to measure the compressive strength of concrete cubes because the decrease or increase the compressive strength from specification design contributes to the failure of investment projects in the construction sector therefore, test was classified units that produced within damaged units. Second, to study an improvement the quality of compressive strength of concrete cubes. Results show that the proportion of damaged cubes are 0.00685, compressive strength was achieve confidence level 99.5% and producing of concrete cubes within the acceptable level of quality (3 Sigma). The quality of compressive strength was improved to good level use advanced sigma levels.

**Keyword:** Compressive strength, Concrete, Quality, Sigma.

**المقدمة**

إن قطاع الإنشاءات يمثل المركز الأول من حيث الاستثمارات في معظم الدول العربية إذ ينفق العالم العربي ما بين (70-90%) من استثماراته على هذا القطاع الذي يتألف من المساكن والطرق والسدود وغيرها وتشكل قيمة المواد التي تدخل في هذه الإنشاءات 80% من التكاليف وهي تتمثل في الحصو، الرمل، الأسمنت، الخرسانة. تعتمد المشاريع الإنشائية الجاري تنفيذها حالياً في محافظة بابل على الخرسانة بشكل أساسي، حيث تعددت أنواع الخرسانة المنتجة تبعاً للأغراض المستعملة من اجلها. وكما هو معلوم ان خواص الخرسانة تعتمد بصورة أساسية على خواص ونسب الخلط للمواد الأولية المستعملة في إنتاجها من السمنت والركام بنوعيه الخشن والناعم بالإضافة إلى الماء. والخَرَسَانَة التي تم استخدامها). في هذا البحث كانت نسبة الخلط المستخدمة (1,2,4) وأبعاد المكعبات الخرسانية (150×150×150) مليمتر لكل بعد حسب المواصفة العراقية لرتبة الكونكريت C20 مع تماثل مصادر المواد الأولية المستخدمة في تحضير المكعبات الخرسانية[1].

تعتبر مقاومة الخرسانة للانضغاط من أهم خواصها التي تعطي صورة شاملة عن مستوى جودتها ودليل جيد لمعظم خواصها الأخرى لان مقامة الخرسانة لها تأثير مباشر على تصميم المنشئات بصورة عامة تكون الخرسانة ذات المقامة العالية أكثر صلابة، اقل نفاذية للماء وذات مقاومة عالية للتأثيرات الجوية. معظم المنشآت الخرسانية مصممة على اعتبار ان الخرسانة تقاوم اجهادات الانضغاط فقط ولا تقاوم اجهادات الشد، لذلك فان مقاومة الانضغاط هي المعيار في تحديد نوعية الخرسانة. في هذا البحث تم قياس مقاومة الانضغاط كمعيار لمعرفة مستوى الجودة للخرسانة التي تم إنتاجها في قطاع البناء[2].

ونظرا لأهمية السيطرة على جودة المكعبات الخراسانية المعتمدة في الإنشاءات فانه من الضروري التركيز على إجراء الاختبارات والفحوصات الأساسية للتأكد من مطابقة تلك المكعبات للمواصفات الخاصة بها. ولضبط جودة إنتاج مادة معينة أو عمل معين يتم استخدام أدوات ضبط الجودة الإحصائية. وقد تم في هذا البحث استخدام مخطط $\overline{X}$ لضبط جودة مقاومة الانضغاط للمكعبات الخرسانية المنتجة من قبل جهة استثمارية في محافظة بابل ومعرفة فيما إذا كانت العملية الإنتاجية لهذه المكعبات في حالة ضبط إحصائي أم لا مع تحديد مستوى الجودة المعتمدة من قبل تلك الجهة الاستثمارية[3].

***أهداف البحث***

1- تحديد منطقة الهدف المتمثلة بمتوسط العملية الإنتاجية للمكعبات الخرسانية باستعمال مخطط السيطرة الإحصائي $\overline{X}$ ، والتأكد من ان العملية الإنتاجية تحت الضبط الإحصائي أم لا.

2-تحديد نسبة الوحدات التالفة والكلفة المترتبة عليها باستعمال مخطط التوزيع الطبيعي.

3- تحديد مستوى الجودة للفحوصات المختبرية المعتمدة في قطاع البناء وأساليب تحسينها.

***مشكلة البحث***

تكمن مشكلة البحث أولاُ، اعتماد الفحوصات المختبرية للمكعبات الخراسانية حسب المواصفة التصميمية لرتبة الكونكريت C20 على بيانات مقاومة الانضغاط التي تكون مساوية للحد 20 فأكثر أي الحد الأدنى لمقاومة الانضغاط هو 20 دون الأخذ بنظر الاعتبار كل من الحد الأعلى للمواصفة وقيمة المركز المتمثلة بمنطقة الهدف للمواصفة التصميمية. ثانياُ، عدم الاهتمام بالمتغيرية التي تحصل نتيجة الزيادة في مقامة الانضغاط ومدى تأثير ذلك على مستويات التحكم في جودة الفحص.

***أهمية البحث***

تنبؤ الجهة التي تقوم بعمليات الفحص للمكعبات الخراسانية بمدى تأثير متغيرية مقاومة الانضغاط على مستوى جودة الخرسانة باستعمال الأساليب الإحصائية وأثر ذلك على سلامة الأجزاء الخرسانية. بالإضافة إلى الأخذ بنظر الاعتبار الحدود العليا ومنطقة الهدف للمواصفة التصميمية المعتمدة عند إجراء عمليات الفحص التي تحقق حداً مقبولا من الموثوقية في المنشآت الخرسانية.

**مقاومة الانضغاط للمكعبات الخرسانية**

ان مقاومة الانضغاط هي من أهم خواص الخرسانة المتصلدة على الإطلاق وهي تعبر عن درجة جودتها وصلاحيتها، ومقاومة الضغط هي المقاومة الأم للخرسانة حيث ان معظم الخواص والمقاومات الأخرى مثل الشد والانحناء والقص والتماسك مع حديد التسليح تتحسن وتزيد بزيادة مقاومة الضغط والعكس صحيح. لذلك يجرى اختبار الضغط بغرض التحكم في جودة إنتاج الخرسانة كما يفيد في تحديد صلاحية الركام وماء الخلط للتعرف على تأثير الشوائب التي قد توجد يهما على مقاومة الضغط للخرسانة. تتضمن المواصفة العراقية للمكعبات الخرسانية ذات الإبعاد (150×150×150) مليمتر مقاومة الانضغاط حسب درجة الكونكريت عند عمر 28 يوم على صب المكعبات الخرسانية كما موضح في الجدول (1). ويتم حساب مقامة الانضغاط للمكعبات الخرسانية $f_{(c)}$ من خلال قسمة الحمل المسلط $P(N)$ عند الفشل مقاساً بالنيوتن على مساحة المنطقة المعرضة للحمل (A) مقاسة بالمليمتر مربع [4].

$$f_c = \frac{P}{A} \quad \text{.....(1)}$$

**جدول (1)** المواصفات التصميمية للمكعبات الخرسانية عند عمر 28 يوم [1]

| درجة (رتبة) الكونكريت | مقاومة الانضغاط MPa ($N/mm^2$) | درجة (رتبة) الكونكريت | مقاومة الانضغاط MPa ($N/mm^2$) |
|---|---|---|---|
| C12-15 | 12 | C25-30 | 25 |
| C16-20 | 16 | C30-35 | 30 |
| C20-25 | 20 | C35-40 | 35 |

***لوحة المتوسط***

تعرف لوحة ضبط الجودة $\overline{X}$ بأنها خارطة بيانية تستخدم كوسيلة لاتخاذ القرار المناسب بشان سير العملية الإنتاجية في مرحلة إنتاج معينة وفق المسار المحدد لها. ويتم ذلك من خلال سحب عينات عشوائية من المكعبات الخرسانية في فترات زمنية متباينة وفحصها. الأمر الذي يغني عن طريقة الفحص الشامل التي يؤخذ عليها ارتفاع تكاليفها واستغراقها لفترة طويلة وربما تدمير المنتج. تستخدم بشكل واسع في الصناعات الهندسية شريطة أن يكون حجم العينة اقل من 10 مفردات[5].

تستخدم لوحة المتوسط في حالة وجود إمكانية قياس المتغير الذي يعبر عن خاصية نوعية والمتمثلة في هذا البحث بمقاومة الانضغاط للمكعبات الخرسانية. يحسب خط المركز وحدود الضبط للوحة المتوسط طبقاً للمعادلات التالية [3].

$$UCL_{\overline{X}} = \overline{\overline{X}} + A_2 \overline{R} \quad \text{.....(2)}$$

$$UCL_{\overline{X}} = \overline{\overline{X}} + A_2 \overline{R} \quad \text{.....(3)}$$

حيث ان $\overline{\overline{X}}$ يمثل الخط المركزي للوحة الضبط، $UCL_{\overline{X}}, LCL_{\overline{X}}$ يمثلان الحدين الأعلى والأدنى للوحة الضبط و $\overline{R}$ تمثل متوسط المديات. وتعتمد قيمة المعامل $(A_2)$ على حجم العينات المأخوذة، ويتم حساب قيمة هذا المعامل من الجدول (2) الذي سوف يقتصر فقط على حجم العينات من (2) إلى (5) كذلك يشمل الجدول معاملات الخط المركزي $(d_2)$، تسهم هذه المعاملات في حساب حدود الضبط للوحة المتوسط [6].

**جدول (2)** معاملات لحساب حدود السيطرة [6]

| عدد المشاهدات | معاملات المتوسط | | | معاملات الخط المركزي |
|---|---|---|---|---|
| n | A | $A_1$ | $A_2$ | $d_2$ |
| 2 | 2.121 | 3.760 | 1.880 | 1.128 |
| 3 | 1.732 | 2.394 | 1.023 | 1.693 |
| 4 | 1.500 | 1.880 | 0.729 | 2.059 |

**العلاقة بين منحني التوزيع الطبيعي وحدود التفاوت:**

الغرض من ضبط جودة الخرسانة إحصائياً هو تحليل النتائج للوقوف على مدى تجانس وجودة الخرسانة ومطابقتها للمواصفات. فعندما يكون لدينا عدد من النتائج (مقاومة الانضغاط) على أبعاد متساوية من القيمة المتوسطة ويكون اكبر عدد من العينات له قيم مساوية للمتوسط فانه يكون من المفيد توقيع تلك البيانات بحيث تأخذ شكل منحني التوزيع الطبيعي[7].

وخصائص منحني التوزيع الطبيعي تعتمد على قيمتي الانحراف المعياري $(\sigma')$ والمتوسط $\overline{\overline{X}}$، اللذان يسهمان في تحديد الحد الأدنى والأعلى لمقدرة العملية الإنتاجية $(6\sigma')$، إذا تبين أن العملية الإنتاجية في حالة منضبطة إحصائيا، أي عندما تكون التغيرات في العملية الإنتاجية نتيجة مسببات صدفية فقط وتأخذ شكل التوزيع الطبيعي[3].

$$6\sigma' = 6\frac{\overline{R}}{d_2} \quad \text{.....(4)}$$

$$UCL_{\sigma} = \overline{\overline{X}} + 3\sigma' \quad \text{.....(5)}$$

$$LCL_{\sigma} = \overline{\overline{X}} - 3\sigma' \quad \text{.....(6)}$$

حيث ان $\overline{R}$ تمثل متوسط المدى للعينات، $(UCL_{\sigma}, LCL_{\sigma})$ تمثلان الحدين الأعلى والأدنى لمقدرة العملية الإنتاجية .

من البديهيات لدى المتخصصين في قطاع البناء، ان عمليات إنتاج الخرسانة كافة تقع تحت تأثير تغيرات تنتج بسبب عنصر أو أكثر من العناصر الآتية:

- نوعية المواد المستخدمة في عملية إنتاج الخرسانة
- مهارة العمال المنفذين للعملية الإنتاجية.
- أجهزة الفحص ومهارة القائمين بعملية الفحص.
- الظروف المحيطة بالعمل.

ومن المعلوم ان هذه العناصر تؤدي إلى إحداث تغيرات في خواص جودة الخرسانة التي يمكن الوقوف عليها من خلال قياس مقاومة الانضغاط للمكعبات الخرسانية. ان المسببات التي تحدث التغيرات الحاصلة بين المكعبات الخرسانية المنتجة إلى مسببات صدفية تكون متأصلة في

العمليــة الإنتاجيــة نفســها لا يمكــن تحديــدها أو تحديــد مصادرها، ومسببات لا صدفية يمكن تحديدها وإزالتها في كثيـر مـن الحـالات. بعـد الوقـوف علـى أنـواع التغيـرات ومسبباتها يمكن تحديد العلاقة بين التوزيع الطبيعي وحدود التفاوت في حالة كون قابلية تغير عملية إنتاج الخرسانة مساوي لمدى التفاوت تقريباً ولكن الوسط مزاح بمقدار كبير وهذا يؤدي إلى خروج الإنتاج خارج حدود التفاوت. وهذه الحالة تتطلب إعادة تنظيم الماكنة بهدف إعادة الوسط إلـى البعـد الاسـمي مـع اسـتخدام تفتـيش 100% بالنسـبة للخواص الحرجة [6].

لتحديد نسبة الفحوصات للمكعبات الخرسانية الغير مقبولة يمكن الاستعانة بالجدول (3) الذي يعطي المساحة تحت المنحني الطبيعي القياسي المحدد بين $Z=-\infty$ وبين أي قيمة معيارية للمتغير(Z) والتي يتم حسابها من المعادلة رقم (7) وقيم Z في هذا الجدول سوف تقتصر فقط على القيم التي سوف يتم الاستفادة منها في الجانب التطبيقي حيث تكون هذه القيم معطاة لرقمين عشريين، يحدد الرقم العشري الثاني منهما العمود الواجب استخدامه[5].

$$Z=\frac{X-\overline{\overline{X}}}{\sigma'} \quad \text{.....(7)}$$

**جدول (3)** المساحة تحت المنحني الطبيعي [9]

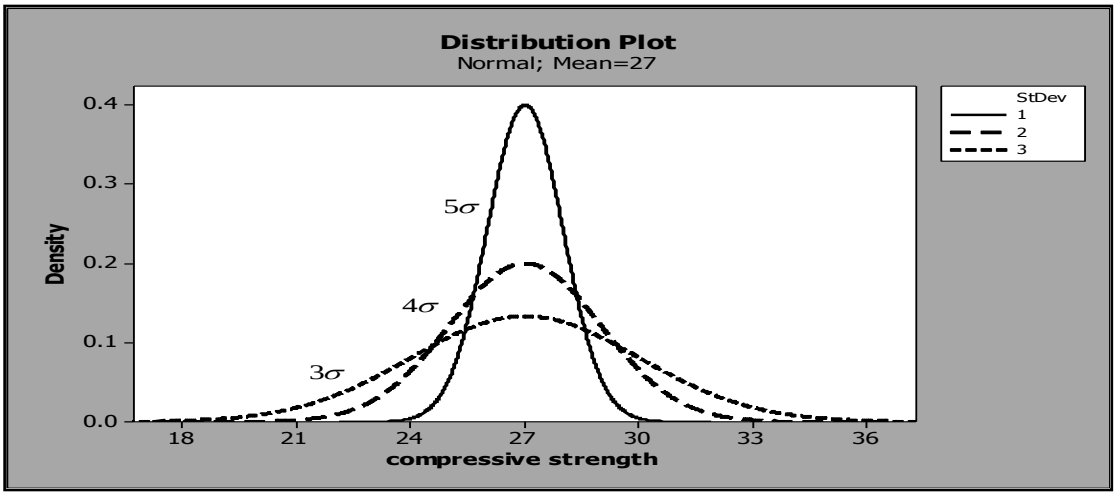
| z | 0.08 | 0.07 | 0.06 | 0.05 | 0.04 |
|---|---|---|---|---|---|
| -2.6 | 0.0037 | 0.0038 | 0.0039 | 0.0040 | 0.0041 |
| -2.5 | 0.0049 | 0.0051 | 0.0052 | 0.0054 | 0.0055 |
| -2.4 | 0.0066 | 0.0068 | 0.0069 | 0.0071 | 0.0073 |
| -2.3 | 0.0087 | 0.0089 | 0.0091 | 0.0094 | 0.0096 |
| -2.2 | 0.0113 | 0.0116 | 0.0119 | 0.0122 | 0.0125 |

**مؤشر مقدرة العملية الإنتاجية ومستويات التحكم في الجودة**

يعتمد مؤشر مقدرة العملية الإنتاجية ومستوى السيكما $\sigma_L$ على قيمة الانحراف المعياري وذلك من خلال استعمال الانحراف المعياري كمقياس لدرجة ضبط الجودة للخرسانة حيث انه كلما زادت قيمة الانحراف المعياري دل ذلك على ضعف التحكم في جودة الخرسانة والعكس صحيح. ومن الجدير بالذكر ان منحني التوزيع الطبيعي يتأثر كثيراً نتيجة التغير في قيمة الانحراف المعياري حيث يزداد تدبباً كلما قل التغير في قيمة مقاومة الانضغاط للمكعبات الخرسانية وهذا التقلص في حدود منحني التوزيع الطبيعي يوازيه الزيادة في مستوى التحكم بالجودة أي زيادة مستوى الجودة للخرسانة كما مبين في الشكل (1). وللوقوف على مستوى جودة الخرسانة يتم حساب مؤشر مقدرة العملية الإنتاجية ومستوى السيكما طبقاً للمعادلات التالية [8]:

$$Cp=\frac{T}{6\sigma'}=\frac{U-L}{6\sigma'} \quad \text{.....(8)}$$

$$\sigma_L=3\times Cp \quad \text{.....(9)}$$




**شكل (1)** مقدرة العملية الإنتاجية ومستويات التحكم في الجودة [8]

***أسس التحكم في مقاومة الخرسانة***

يعتمد تصميم العناصر الخرسانية على افتراض وجود حد أدنى لمقاومة الخرسانة للانضغاط يسمى المقاومة الاسمية $f_{cu}$ ، وحيث ان المقاومة الفعلية للخرسانة مقدار متغير نتيجة لعوامل تتعلق بتغيرات في خواص وجودة المواد المستخدمة ودرجة التحكم في أوزان

الخلطة وكمياتها، والتغيرات الحاصلة في إجراءات اخذ العينة، وفي الاختبار نفسه. لذا على المصانع ان تنتج خرسانة ذات متوسط مقاومة ضغط $f_m$ أعلى من الحد الأدنى المطلوب انشائياً بهامش أمان مناسب $(M = k\sigma)$ بحيث نتوقع أن يصنع كل جزء من المنشأ من خرسانة ذات مقاومة كافية. ويرتبط هذا الهامش بالانحراف المعياري $\sigma$ الذي يعكس جودة التحكم في إنتاج الخرسانة في ذلك المصنع ومعامل الاحتمالات $k$ ويساوي 3 في حالة ان يكون مطلوب درجة ثقة 100%. ويحسب متوسط المقاومة المطلوبة وفقاً للكود العراقي من خلال المعادلة التالية [7]:

$$f_m = f_{cu} + k\sigma \quad \text{.....(10)}$$

**المواد الأولية والأدوات المستخدمة**

1- الاسمنت: هو المادة التي تمتلك خواص تماسكية وتلاصقية بوجود الماء، وهذه الخواص تجعله قادراً على ربط الأجزاء مع بعضها وتحوله إلى وحدة كاملة ومتراصة، ويعتبر السمنت العنصر الأساسي في الخرسانة .في هذا البحث تم استخدام الاسمنت البورتلاندي المقاوم أهمها السمنت العراقي نوع القائم من معمل محافظة الانبار كما مبين في الشكل [2: ( $2-a$ )].

2- الركام: ان لنوعية وخواص الركام تأثير كبير على الخرسانة وخواصها كونه يشغل حوالي (70-75%) من الحجم الكلي للخرسانة. والركام بصورة عامة يتكون من نوعين أساسيين هما الركام الخشن (الحصى) والركام الناعم (الرمل). ويعطي الركام للكتلة الخرسانية استقراريتها ومقاومتها للقوى الخارجية والعوامل الجوية المختلفة كالحرارة والرطوبة، كما يقلل التغيرات الحجمية الناتجة عن تجمد وتصلب عجينة الخرسانة، لذلك فان الركام يعطي للخرسانة متانة أفضل مما لو استعملت عجينة السمنت لوحدها. أن الحصى المستخدم في هذا البحث هو حصى عادي ذو شكل مكور والمقاس الأقصى له (5,20) ومن خلال التحليل المنخلي وجد انه مطابق للمواصفات العراقية، والرمل المستخدم في هذا البحث ومن خلال التحليل المنخلي الذي اجري عليه وجد انه ضمن المواصفات العراقية رقم (52) والرمل من نوع منطقة تدرج (2) كما مبين في الشكل [2: ( $2-b$ )].

3- الماء: تم استخدام ماء الشرب الاعتيادي لمدينة الحلة في الخلط وهو ماء صالح للشرب.

4- قالب مكعب معدني: تم استخدام قالب مكعب ذو أبعاد (150×150×150) مليمتر و يجب أن تكون قوالب المكعبات نظيفة تماماً ويفضل طلائها بطبقة رقيقة من الزيت وذلك لمنع التصاقها بالخرسانة ولسهولة فك القوالب في اليوم التالي كما مبين في الشكل [2: ( $2-b$ )].

5- قضيب معدني يستخدم لدمك الخرسانة داخل القالب المعدني وعلى مراحل مختلفة.

$2-a$

$2-b$

**شكل (2)** المكونات والأدوات الأساسية المستخدمة في تحضير النماذج الخرسانية

***طريقة تحضير النماذج الخرسانية***

تبدأ عملية الصب بتنظيف قوالب الصب جيدا ثم تدهن القوالب من الداخل بطبقة خفيفة من الزيت لتسهيل تفكيك وإخراج القالب منها بعد الصب وبعد ذلك تبدأ التحضير للخلطة الخرسانية توزن الكميات اللازمة من الاسمنت والركام الصغير والركام الكبير والماء بحسب كمية المواد المطلوبة وتكون نسبة الخلط الوزنية (4:2:1) ويراعى

عند حساب الوزن ان تزيد كمية الخرسانة المخلوطة عن الخرسانة اللازمة لملء القوالب بحوالي 15% وذلك لتعويض أي فقد أو هالك قد يحدث أثناء الاختبار. حيث يوضع الرمل والحصى أولا ثم الاسمنت ثم تخلط مكونات الخرسانة أما ميكانيكياً أو يدوياً خلطاً جيداً حتى يصبح لونها متجانس وهي جافة ثم يضاف إليه الماء مع استمرار عملية الخلط لحين الحصول على مخلوط متجانس وبعد ذلك تبدأ عملية ملئ القوالب في الخرسانة وكما يلي:

1- يعد قالب الاختبار وتغطى أوجه القالب الداخلية بطبقة رقيقة من الزيت الخفيف.

2- بمجرد الانتهاء من الخلط تجرى اختبارات القوام (الهبوط مثلاً) وأي اختبارات أخرى تكون مطلوبة مثل اختبارات القابلية للتشغيل (عامل الدمك) أو اختبار تحديد نسبة الماء في الخلطة.

3- بعد اختبارات الخرسانة الحديثة الخلط يملا القالب مباشرة بالخرسانة وعلى ثلاث طبقات وتدك كل طبقة أما بمكنة الاهتزاز أو يدوياً حتى تدمك كل طبقة من الخرسانة علي حدة بواسطة قضيب ألدمك بعدد (25)

مرة لكل طبقة بحيث توزع عدد الضربات بانتظام علي سطح الخرسانة دمكاً تاماً دون حدوث انفصال حبيبي. وبعد الانتهاء من دمك الطبقة العلوية يسوي سطحها مع سطح القالب بواسطة المسطرين، ويتم كتابة البيانات اللازمة علي المكعب الخراساني ويؤرخ على وجهها العلوي تاريخ الصب وعيار الخرسانة ونوعها.

4- تحفظ القوالب المملوءة بالخرسانة بعيداً عن أشعة الشمس وعن أي اهتزاز في مكان درجة حرارته 15 إلى 20 درجة مئوية ولمدة (24) ساعة.

5- تعلم العينات الخرسانية بعد ذلك ثم تفك من القوالب وتغمر في الحال في ماء نقي درجة حرارته حوالي (15-20) درجة مئوية وتترك حتى وقت الاختبار أي بعد عمر 28 يوم ويفضل ترك مسافات بين المكعبات وبعضها في أحواض المعالجة كما ينصح بعدم وضع المكعبات فوق بعضها.

6- يتم كسر المكعبات الخرسانية عادة بعد (28 يوم) لمعرفة مقاومة الخرسانة، بحيث توضع المكعبات بين سطحي آلة الضغط وتطبق عليها حمولة منتظمة.

**الأجهزة المستخدمة**

اجري فحص مقاومة الانضغاط للمكعبات الخراسانية التي تم تحضيرها حسب المواصفة العراقية (C20) ذات الأبعاد (150×150) بواسطة جهاز فحص الانضغاط نوع (Compression Testing Machining) ذات الدقة (0.01) في مختبرات قسم المدني. الشكل [3:(3 − a)] يوضح مقياس الفحص، والشكل [3:(3-b)] يبين وضع المكعب في ماكينة الضغط أما الشكل [3:(3-c)] فيوضح شكل الكسر في العينة الخرسانية المكعبة الشكل بعد إجراء اختبار الضغط عليها. تعرض العينة لحمل ضغط محوري حتى الكسر بعدها يتم إيقاف الجهاز واستخراج النموذج منه وتعاد العملية بشكل متتالي لبقية النماذج وتدون النتائج في جدول، وإن عدد النماذج التي تم فحصها هي 40 نموذج تم تنظيمها حسب أسبقية الفحص في الجدول (4).

**النتائج والمناقشة**

تم فحص العينات في مختبرات المعهد التقني-بابل (قسم المدني) من اجل الوقوف على مستوى جودة الفحوصات المختبرية والتي يتم اعتمادها في تنفيذ المشاريع الاستثمارية في قطاع البناء. حيث كان متوسط مقاومة الانضغاط للمكعبات الخرسانية التي تم فحصها تحت الضبط الإحصائي من خلال استعمال مخطط $\overline{X}$ المصمم بالبرنامج الإحصائي (Minitab) ولا تحتاج لأي عمل تصحيحي لان جميع النقاط تقع ضمن حدود السيطرة كما مبين في الشكل (4).

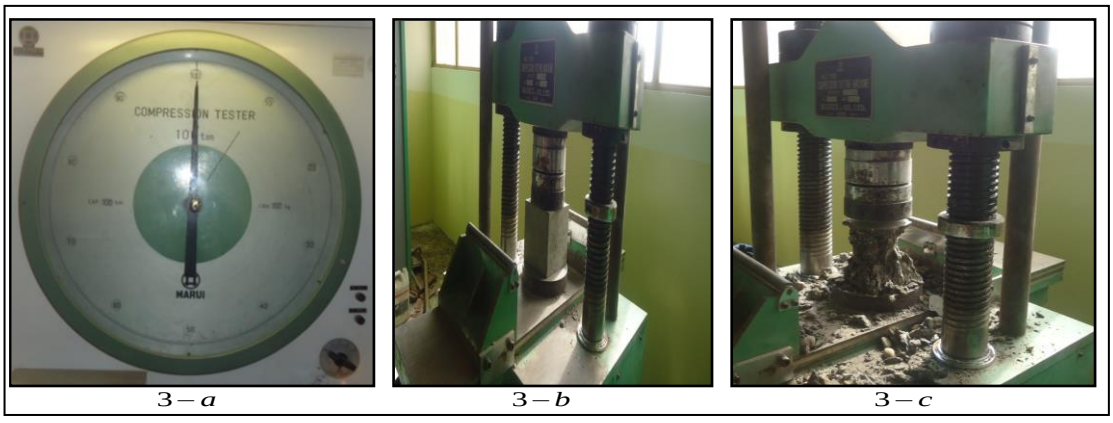
***مقدرة العملية الإنتاجية ومستوى السيكما***

يؤكد الشكل (5) الذي يمثل مقدرة العملية الإنتاجية لمقاومة الانضغاط للمكعبات الخرسانية المعتمدة والتي تبين وجود مساحة إلى يسار المخطط تمثل نسبة الفحوصات الغير مقبولة والتي تساوي تقريباً (0.00685) نتيجة إزاحة متوسط العملية الإنتاجية إلى يسار المخطط . هذا الأمر جعلنا نبحث عن مستوى جودة الفحوصات المختبرية المعتمدة في قطاع البناء والذي يعتمد على قيمة مؤشر مقدرة العملية الإنتاجية فوجدنا أنها تعمل ضمن مستوى سيكما يساوي 3. وعند مقارنة التفاوت الذي يمثل الفرق بين حدود المواصفات $(T = 10.78)$ بمقدرة العملية الإنتاجية $(6\sigma = 10.78)$ نجد أن مقدرة العملية الإنتاجية مساوية لقيمة التفاوت وهذا يشير إلى ايجابية الحالة أي أن العملية الإنتاجية قادرة على تحقيق التفاوت التصميمي. كذلك عند مقارنة مستوى السيكما المعتمدة مع الجدول (1) نجد أن قيمته تقع ضمن مستوى الجودة المقبول.

يمكن تحسين مقدرة العملية الإنتاجية من خلال :-

اولاً، جعل حدود مقدرة العملية الإنتاجية منطبقة على حدود المواصفة التصميمية للمكعبات الخرسانية وذلك بعد إزاحة متوسط العملية الإنتاجية إلى يمين المخطط بمقدار (0.958) بحيث تصبح نسبة الوحدات التالفة مساوية للصفر كما مبين في الشكل (6).

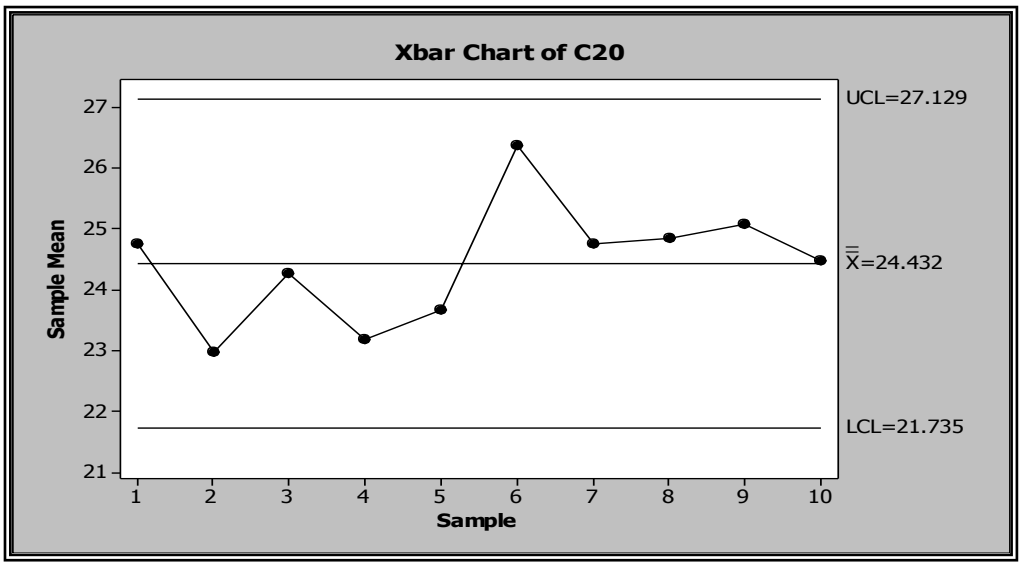
ثانياً، استعمال مستويات متقدمة من السيكما وذلك من خلال استعمال خمسة سيكما كما مبين في الشكل (7) حيث نلاحظ تحسين مقدرة العملية الإنتاجية من 10.78 إلى 6.472 نتيجة تقلص قيمة الانحراف المعياري للعملية الإنتاجية مما يسهم في تحسين جودة الإنتاج للمكعبات الخرسانية من 49.97% إلى 83.28% كما مبين في الشكل (8).



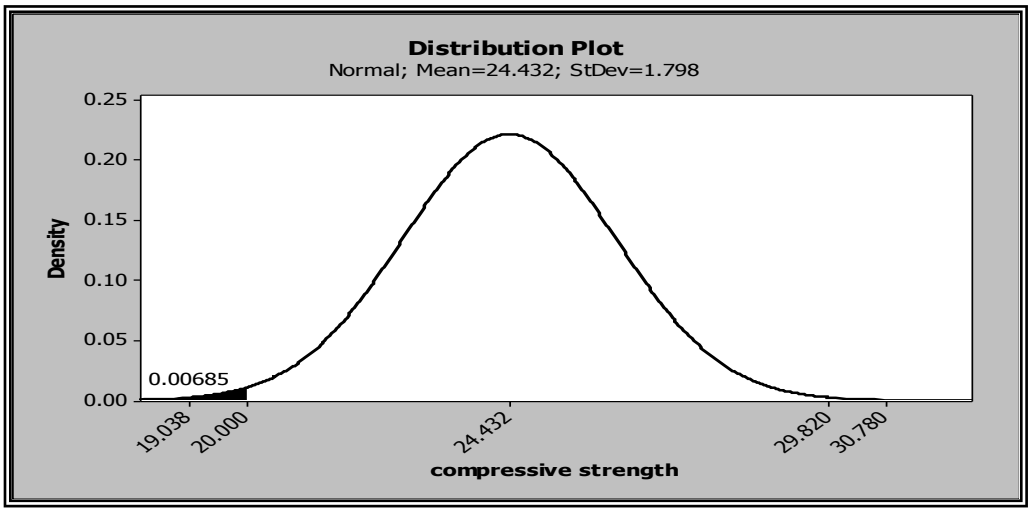

**شكل (3)** ماكينة فحص مقاومة الانضغاط للمكعبات الخرسانية

**جدول (4)** مقاومة الانضغاط للمكعبات الخرسانية عند عمر 28 يوم

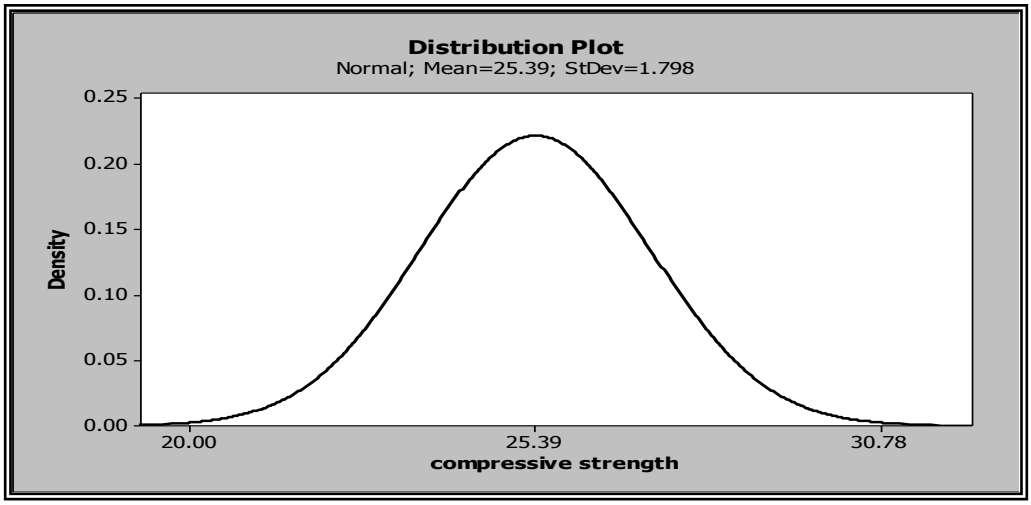
| العينات | مقاومة الانضغاط للعينات ( $N/mm^2$ ) | | | |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 23.01 | 29.51 | 24.11 | 22.31 |
| 2 | 22.53 | 21.13 | 24.09 | 24.12 |
| 3 | 25.61 | 22.13 | 24.11 | 25.19 |
| 4 | 23.3 | 23.22 | 22.14 | 24.11 |
| 5 | 23.55 | 23.98 | 22.16 | 25 |
| 6 | 24.64 | 23.5 | 27.76 | 29.55 |
| 7 | 24.5 | 29.13 | 21.98 | 23.4 |
| 8 | 24.13 | 25.31 | 24.33 | 25.6 |
| 9 | 25.11 | 23.16 | 27.99 | 24 |
| 10 | 25.3 | 24.11 | 24.31 | 24.15 |



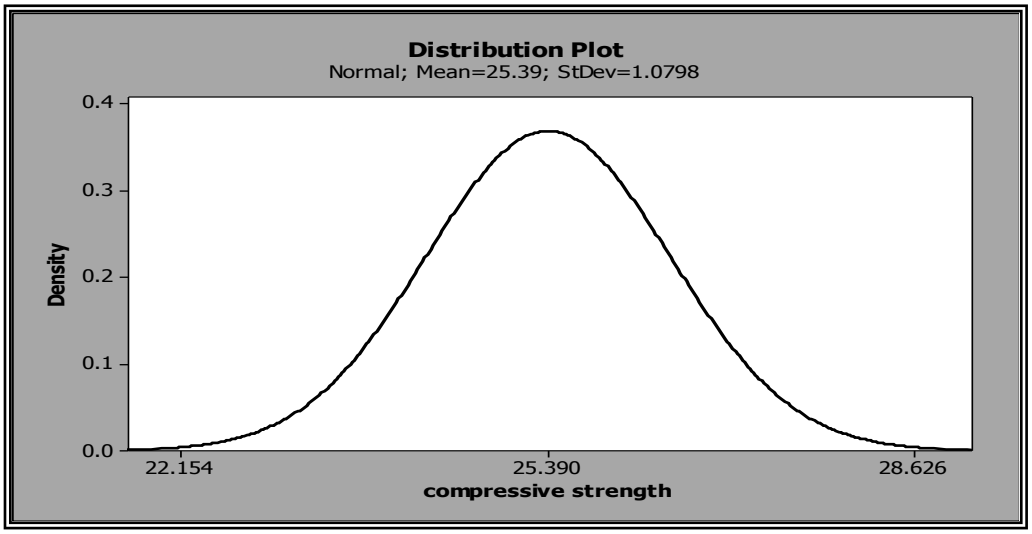

**شكل (4)** لوحة المتوسط لخاصية مقاومة الانضغاط للمكعبات الخرسانية



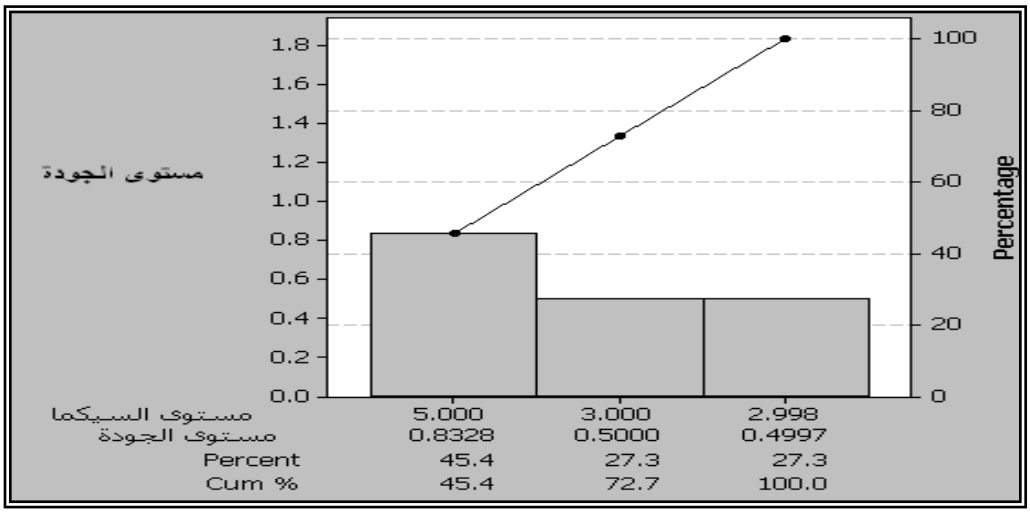

**شكل (5)** مقدرة العملية الإنتاجية للمكعبات الخرسانية عند مستوى تحكم ثلاثة سيكما




**شكل (6)** مقدرة العملية الإنتاجية للمكعبات الخرسانية بعد إزاحة متوسط العملية الإنتاجية




**شكل (7)** مقدر ة العملية الانتاجية بعد استعمال مستو ى الجو دة خمسة سيكما




**شكل (8)** تأثير مستوى السيكما المعتمد على مستوى جودة المنتج

**الاستنتاجات والتوصيات**

1- ان العملية الإنتاجية تحت الضبط ولا تحتاج لأي تصحيح لان جميع النقاط تقع ضمن حدود الضبط.
2- مؤشر مقدرة العملية الإنتاجية للخرسانة ومستوى جودتها يقعان ضمن المستوى المقبول.
3- ان متوسط مقاومة الضغط الفعلية اقل من متوسط مقاومة الضغط المطلوبة مما يجعل تحقيق مقاومة الضغط المطلوبة في الموقع بشكل مستمر غير ممكن حيث كانت نسبة الإنتاج المعاب 0.00685.
4- ان نسبة الإنتاج المعاب تساوي صفر بعد إزاحة متوسط العملية الإنتاجية بمقدار متوسط مقاومة الضغط المطلوبة.
5- ان أفضل مؤشر لمقدرة العملية الإنتاجية للمكعبات الخرسانية $(CP)$ يتحقق عندما يكون التفاوت $(T)$ مساوي إلى 10 انحرافات معيارية $(\sigma)$. وهذا يعني عملياً ان الرقم 1.67 هو أفضل مؤشر لمقدرة العملية الإنتاجية للمكعبات الخرسانية أي عند مستوى جودة $(\sigma_L)$ يساوي خمسة سيكما.
6- تطبيق معايير الجودة الشاملة ومعايير المستويات المتقدمة للسيكما ومقارنتها مع مدى تحقيقها مستوى متقدم لجودة إنتاج المكعبات الخرسانية (صناعة الخرسانة) وعلى فترات زمنية محددة.
7- تحسين متوسط العملية الإنتاجية الفعلي وفق المتوسط المطلوب.

**المصادر**

1- صالح، ياسين علي، تأثير تغيير مصادر الركام والسمنت على مقامة الانضغاط للخلطات الخرسانية، مجلة هندسة الرافدين، العدد 14، مجلد 18; 2010.
2- الخلف، مؤيد نوري و يوسف، هناء عبد، تكنولوجيا الخرسانة، مطبعة الجامعة التكنولوجية; 1984.
3- عبدالله، زهير حسن، تأثير التفاوتات التصميمية على مقدرة العملية الإنتاجية، مجلة التقني، العدد 12، مجلد 4; 2011.
4- عباس، جودت كاظم وصالح، ياسين علي، تأثير المواد المكونة للخلطات الخرسانية المستخدمة في مشاريع اعمار محافظة صلاح الدين على مقاومة الانضغاط، مجلة تكريت للعلوم الهندسية، العدد 2، مجلد 13; 2006.
5- Gerald MS, Statistical process control and quality improvement. Printice Hall; 2003.
6- Marvin SJ. Quality control hand book. Chemical Institute of Canada. 4th edition; 2005.
7- إمام، محمود، الخرسانة–الخواص–الجودة– الاختبارات، قسم الهندسة الإنشائية، كلية الهندسة، جامعة المنصورة; 2002.
8- الصفاوي، صفاء يونس و يحيى، مزاحم محمد، التحليل الإحصائي باستخدام أسلوب Six Sigma، المؤتمر الإحصائي العربي الثاني، سرت، الجماهيرية العربية الليبية; 2009.
9- القزاز ،إسماعيل إبراهيم و عادل، عبد الملك، ضبط الجودة النظرية والتطبيق، الطبعة الأولى، بغداد، 2004.