تاريخ الهندسة المعمارية في الحضارة المصرية القديمة.

المقدمة

بدأت العمارة المصرية تتكون على ضفتي النيل من الطين والغاب والطوب اللبن، متأثرة بعوامل مشـتركة متفاعلة أهمها: (1) الطبيعة الجغرافية للمنطقة، و(2) التكوين الجيولوجي، و(3) المناخ، و(4) العقائد الدينية الراسـخة، وانفردت طيلة عصـورها بطراز خاص بها، نابع من أكواخ بسـيطة للإيواء، تحولت سريعا إلى سرادقات نباتية ممتدة واسعة يقوم سقفها على عَمدٍ من سيقان البُردي أو حِزَم الغابِ أو جذوع النخيل وأفلاقه، وسُـجِّلَتْ هذه الملامح الفنية في حينها على الأواني وقطع الفخار والأختام، ولم تُجَرَّد هذه العمارة النباتية الطابع من العناصـر الزخرفية المتناسـبة معها، ونلمحها على سـبيل المثال في رقة الأطراف العليا للواجهات (تلك الزخرفة التي اسـتمرت في العمارة الحجرية وعُرِفَتْ بالطنف المصـري)، وانتقل المصـري من الاعتماد بصـفة أساسـية على النباتات إلى الاعتماد على الطمي، سـواء بواسـطة كتله غير منتظمة أو بواسـطة قوالب الطوب المصـنوعة من كتل الطين المخلوط ببقايا قش النباتات، ومع زيادة الخبرة والتمرس بدأ اسـتخدام الحجر كسـوة للأرضـيات أو الحوائط أو دعامات، وظهر ذلك واضـحاً في مقابر الأسـرتين الأولى والثانية، إلى أن جاءت النقلة الكبرى على يد المهندس العبقرى "إيمحتب" والذي أطلق له الملك "جسـر" من الأسـرة الثالثة المكان والعنان؛ لكى ينفرد بإنشـاء مجموعة فريدة الطابع والطراز، معتمداً على الأحجار بصـورة لم يسـبق لها مثيل، فأظهر لنا في أسـلوب بديع كيفية تطويع الحجارة لخدمة أغراض العمارة، ولم يشـذ عن مفاهيم العصـور السـالفة ... فما أجملها من أعمدة حجرية على شكل حزم سيقان البُردى! وتقليد أفلاق جذوع النخيل في سقف حجري، وجدران زُينت برسـومات مجدولة كالحصـير وتيجان حجرية فريدة على شـكل أوراق الشـجر ... إلخ. هذه المجموعة تعد مرآة حقيقية فذة للتحول من العمارة النباتية إلى عمارة الخلود، وهي البناء بالحجر، عمارة اندمجت فيها ليونة النباتات ورقتها بصلابة الحجر وصموده.

وتتوالى الإنجازات التي تُبرز سـعة الإمكانات وسـلطة الملك وإرادة شـعب، ولم يخلُ عصـر من عصـور الحضـارة المصـرية القديمة، إلا وقد تلهفت الأقلام تشيد بعظمة عمائره وآثاره، وما من شك في أن المصـريين القدماء كانوا خير من ملك زمام نحت الأحجار وصـقلها في منطقة الوطن العربي القديم؛ فنحتوا وشـيدوا ما شـاء لهم من الجرانيت والمرمر والبازلت والديوريت وغيره الكثير من الأحجار، وتميزت العمارة بالبسـاطة والضـخامة والعظمة، وكل ذلك كان مقروناً بالجمال والانسـجام، كما كان مقروناً بعلم واسع لهندسة وفن البناء.

الهدف من البحث: وقع الاختيار على هذا الموضوع المهم لعدة أسباب كان من أهمها:

- الرغبة في التعرف على فن وأسلوب● حتمية التصميم.

البناء.

- مدى تناسب البناء مع الغرض المقام من●إيجاد صلة بين دارس الآثار والمفاهيم الهندسية المتعلقة

أجله. بهذه الدراسة.

محاور البحث:

تمت دراسة هذا الموضوع في ثلاثة محاور:

أولاً: التعريف بتاريخ الهندسة في مصر القديمة، ومفهومها، مع الإشارة للمهندس المصري القديم وأشهر ألقابه.

ثانياً: الفنون المعمارية: أي مبادئ وأسس علم الهندسة المعمارية من خواص مواد البناء، ومعايير الأحجام، ووحدات الأطوال، وأنواع مواد البناء، ثم مراحل التشييد المعماري بمنهجيها الديني والهندسي.

ثالثاً: طرق ووسائل تشييد العمائر الضخمة من واقع الأدلة الأثرية وروايات الكُتَّاب الكلاسيكيين: الأهرام أنموذجاً.

أولاً: تاريخ الهندسة

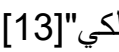
يعد تاريخ الهندسة المصرية القديمة سجلاً دامغاً على براعة أصحابها القدماء، إذ كانت الهندسة عندهم أحد فروع الرياضيات تختص بدراسة هيئات وأحجام ومواضع الأشكال الهندسية، كالمثلثات والمستطيلات والأشكال المجسمة (ثلاثية الأبعاد كالمكعبات والكرات)[1]، وتضمنت الاستخدامات الأولى للهندسة قياس أطوال ومساحات الأراضي، ووجد الكثير من الوثائق الهندسية التي أشارت إلى الكيفية التي قاس بها القدماء حجم الهرم والدائرة، ووصفوا لنا الوسائل والخطوات، وبالرغم من طولها فإنها في أغلبها تنطبق اليوم على القوانين الهندسية الصحيحة. قد كان لديهم مسائل لاستخراج الزوايا والارتفاعات العمودية، ومن المحتمل أنها كانت من ضمن مناهج التأهيل لتدريب الطلاب وإعدادهم لكي يكون لهم شأن في مهمة الهندسة والمعمار[2]. وقد ساعدت الرياضيات علم الهندسة مساعدة كبيرة، وأمدتنا الحضارة المصرية بمجموعة من الوثائق الرياضية، كانت دراستها مهمة بالفعل من قبل المتخصصين؛ لما فيها من معلومات وافرة ومهمة[3]، وقد قابلت المهندس الإنشائي الكثير من المشكلات التقنية؛ حتى يتسنى له تشييد هذه العمائر الضخمة وذكرت بردية "أنستاسي" الأولى بعضاً من هذه المشكلات وطرق حلها، وهي تعليمية بالدرجة الأولى، ونُسِبَ تأليفها إلى المهندس "إيمحتب" وزير ومهندس الملك "جسر"، وهو المؤسس لمفاهيم وأسس علم العمارة[4].

المفهوم الحالي للهندسة:

الهندسة بمفهومها الحالي هي: " المبادئ والأصول العلمية المتعلقة بخواص ومصادر القوى الطبيعية وطرق استخدامها لتحقيق أغراض مادية، أو بأسلوب آخر هي فن الإفادة من المبادئ والأصول العلمية في بناء الأشياء وتنظيمها[5]. والمهندس في المعجم: "المُهنْدِزُ" هو المقدر لمجاري المياه والقُنَى، واحتفارِها حيث تُحْفر، والاسم مشتق من كلمة "الهِنْدَازُ" الفارسية، وأصلها "آوأَنْداز" فصُيِّرتِ الزاي سيناً؛ لأنه ليس في كلام العرب زاي بعد الدال، والاسم "الهِنْدَازُ" وأصلها "أَندازَه" أي الهَنْدَسَةُ[6]. والمهندس المعماري بشخصه الحالي هو " الشخص المتميز بقدرته على التخطيط والتطبيق الابتكاري والتنفيذ، وله إلمام تام بفن وعلوم البناء حسب ظروف البيئة ومقتضياتها، ويسهم في التعمير والإنشاء"[7].

المهندس المصري القديم

هكذا كان المهندس في العصور المصرية القديمة، فقد أصابته هذه المفاهيم الحديثة، بل وزاد عليها، إذ كانت له مكانته المرموقة عبر العصور، وكان يُختار من الصفوة المنتقاة من أعلى وأرقى المستويات في الدولة، وعبرت كلمة ، kAt [8] في اللغة المصرية القديمة عن كافة المهام المعمارية، يشير المخصص في الكلمة الأولى إلى رجل جالس يحمل على رأسه قدراً تعبيراً عن جهد عضلي ويدوي، وتكتب أيضاً بمخصص النحلة للتعبير عن العمل بصفة عامة والشغل والنشاط[9].

هذا وعُرِفَ المهندس بالعديد من الألقاب منها: [1] Xrp Hmwt nb[10] أي: "مدير كل الحرفيين"[11]، [2] ، mDH nsw أي: "المهندس المعماري الملكي"[12]، [3]  mDH qd nsw أي: "مهندس البناء الملكي"[13]، [4] mDH qd nsw m pr-aA أي: " مهندس البناء الملكي في القصر"[14]، [5] imy-r kAt nb nsw "مشرف كل الأعمال الملكية"[15].

ثانياً: الفنون المعمارية

لم تكن الفنون المعمارية في مصر القديمة وليدة في عشية أوضحاها، وإنما كانت وليدة مرحلة طويلة من التجارب لاحظ فيها الإنسان الطبيعة بما يمتلئ فيها من مقومات، فحرص على التواؤم معها، ونجح في استئناسها وتطويعها لأمره، وما إن شرع في استخدامها حتى وضع كافة المبادئ والأسس التي سار عليها في عمارته، فوضع بذلك كافة المبادئ والأسس لعلم الهندسة المعمارية بعدما أيقن خواص كافة مواد البناء التي جادت بها الطبيعة، فاستحسن بعضها وفضلها ولم يكثر من استعمال الأخرى، خاصة بعدما تيقن من دور البيئة المصرية على هذه المواد وأيهما أكثر تحملاً لها، ثم بعد ذلك سعى إلى الإبداع في بناء عمائره المدنية والدينية وفقاً لضوابط هندسية وفنية ودينية[16].

وضع المصري القديم منذ اللحظات الأولى لفنونه المعمارية عدداً من الأسس التي سار عليها طوال تاريخه القديم، فأيقن أن مادة البناء والممثلة في قالب الطوب – اللبن أو الحجري – هي وحدة البناء الأساسية، فوضع المعايير لأحجامها منذ البداية وأصبحت تقليداً متبعاً عبر تاريخه القديم؛ كما حدد وحدات القياس الهندسية للأطوال، فكان منها الذراع mH والإصبع أو القيراط Dba ، كما استخدم وحدة القياس الطولية لمسافات طويلة itrw ومداها أكثر من عشرة كيلومترات؛ ثم شرع بعد ذلك في البناء وتشكيل عمارته وفقاً لمخططات تناسبت مع البيئة المصرية وما لديه من خبرات هندسية[17].

مواد البناء

أحسن المصريون القدماء استغلال بيئتهم بكل ما فيها من مواد بناء متنوعة، وتدرجوا في البناء، فكانت المساكن الأولى بدائية مصنوعة من البوص الجاف للحماية من الرياح ووطأة حرارة الشمس، ثم طوَّروا عمارتهم فكسوها بطبقة من الملاط ليزيد من حمايتها[18]، ثم زاد من تقويتها فاستخدم الطمي مع الأخشاب للأسقف ودعامات للبناء[19]، وبذلك تدرب المصري القديم على تشكيل الطمي تمهيداً لتصنيعه في أشكال منتظمة وأحجام تكاد تكون ثابتة[20].

وأخيرا نجح المصري في تصنيع قوالب الطوب النيئ [اللبن]، ويرى جيفري سبنسر أن صناعة قوالب الطوب المجففة ترجع إلى عصر ما قبل عصر الأسرات، ويقدرها بحوالي 8000 ق.م[21]. ولذلك غدت صناعة ضرب الطوب من أهم الأعمال الحرفية السائدة في مصر، ويعد ما ورد تصويره على أحد جدران مقبرة رخميرع بطيبة الغربية خير دليل[22] (شكل 1) إذ كان الطوب اللبن هو المادة الأساسية الخام اللازمة لأعمال التشييد والبناء لمساكن العامة وعِلية القوم وقصور الملوك، وساعد على انتشارها توافر طمي النيل كمادة خام، ومعطيات البيئة المصرية الأخرى التي شجعت على استخدام هذه المادة في بناء العمائر اللبنية الأولى[23]، وقد اختلفت أحجام قوالب الطوب اللبن لتتناسب مع شكل ووظيفة البناء[24]، وكذلك برع القدماء في استخدام الطوب اللبن لكافة فنون هندسة البناء، إذ اتبعوا عند تشييد الجدران الطويلة العالية مبدأ التموج في البناء، ليمنحه الصلابة ويمنعه من الانهيار (شكل 2)، كما لجؤوا إلى تقوية الجدران باستخدام العروق الخشبية والبوص، كما في حال جدران الحصون والقلاع الدفاعية، والتي ابتكروا لها قوالب من الطوب أكبر حجماً تخلط بالرمال والطفلة وكسر الأحجار وبلغ أبعادها 36×18×9 سم[25].

تطور المصري القديم مع بداية العصر التاريخي، واستحدث المادة الحجرية بعدما رأى وفرتها في المحاجر وأدرك قدرتها في البناء[26]، وكانت أقدم نماذج البناء الحجري في مقابر الأسرة الأولى بسقارة في الجدران والأرضيات والأسقف والبوابات على نطاق ضيق[27]، ومن أشهر أمثلتها مقبرة حم- كا بسقارة[28]، ومقبرة دن بأبيدوس[29]، كما عُثِرَ على بعض اللوحات الحجرية من الأسرة

الأولى في منطقة حلوان[30]، كما أشار حجر بالرمو إلى قيام أحد ملوك الأسرة الثانية بتشييد معبد من الحجر[31].

انتقلت مصر إلى مرحلة معمارية جديدة باستخدام الحجر على نطاق واسع، ويتجلى ذلك في العمارة الجنائزية للملك جسر بسقارة ومقبرته في بيت خلاف القريبة من أبيدوس بصعيد مصر، ونجح فيها الوزير والمهندس إيمحتب في تطويع الحجر وجعله يحاكي العمارة النباتية[32]. وعلى الرغم من ذلك فقد ظل استخدام الطوب اللبن إلى جانب الحجر طوال التاريخ المصري القديم والحديث لتوافره في البيئة[33]. ونظراً لانتشار محاجر الحجر الجيري - وغيرها من الأحجار- فقد استخدمه القدماء على نطاق واسع عبر التاريخ المصري القديم[34]، وتعد أهرامات الجيزة أيسر النماذج لاستخدام المحاجر، خاصة الحجر الجيري، وبالمثل كانت كسوتها[35]. ومما يثير الانتباه استخدام المصريين الأخشاب المحلية وأيضاً المستوردة من بلاد لبنان في فنونهم المعمارية والتشكيلية منذ ما قبل التاريخ، وحتى نهاية التاريخ المصري القديم[36].

مراحل التشييد المعماري

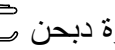
انتهج المصري القديم منهجين للتشييد المعماري، الأول: ديني، والثاني: هندسي.

المنهج الديني: وهو يقتصر على تشييد العمارة الدينية الإلهية، أو ما تُعرف بمراسم شعائر تأسيس المعبد[37]، ويبدو أنها كانت مألوفة منذ بداية عصر الأسرات، ولقدسيتها آمن القدماء بأنها شعائر كونية تختص بعالم الآلهة[38]، ويعد أكمل تصاوير هذه الشعائر ما ورد نصاً وتصويراً على جدران المعابد المصرية في العصرين البطلمي والروماني، ولعل أهم مراسمها: [1] شعيرة شد الحبل برفقة ربة الكتابة وأمام رب المعبد لتحديد موقع ومساحة المعبد، بدق أربعة أوتاد تتناسب والجهات الأصلية الأربعة وشد الحبل حولها؛ [2] نثر الملاط حول المنطقة التي تم اختيارها لتطهيرها من الأرواح الشريرة؛ [3] شعيرة عزق الأرض لحفر أساسات المعبد وتثبيت قوائم الأركان؛ [4] شعيرة سكب الرمال داخل أساسات المعبد؛ [5] شعيرة ضرب الطوب اللبن لاستخدامه كحجر أساس، مما يدل على أصالة الشعائر منذ بداية التاريخ القديم؛ [6] وضع ودائع التأسيس داخل أركان حفر الأساسات؛ [7] بدء مرحلة بناء المعبد؛ [8] شعيرة تنظيف وتطهير المعبد كاملاً؛ [9] شعيرة افتتاح المعبد وتكريسه لمعبوده؛ [10] وأخيراً تكريس القرابين والأضاحي لشعائر قربان المعبد[39].

المنهج الهندسي: خضع المنهج الهندسي إلى معايير البناء الطبيعية، فتبدأ مراحله: [أولاً] عملية قطع أحجار البناء وتجهيزها، إذ أشارت النصوص والتصاوير المصرية إلى عملية قطع الأحجار بالأحجام المناسبة للعمل، وما تحتاجه من أدوات وحسن الإدارة والتنظيم والجهد البدني، ليس في قطع الأحجار فحسب بل في نقلها أيضاً[40] (شكل 3).

وما من شك في أن أدوات الفنان المستخدمة في قطع الأحجار قد تطورت لتتناسب ومرحلة التطور المعماري والفني في العمارة المصرية القديمة، وتشهد آثار مناطق المحاجر، أو بعض الأدوات التي عُثر عليها في مواقعها، أو المنحوتات غير المكتملة على ذلك، كما تُسجل بعض صفحات المقابر مراحل قطع الكتلة وتشكيلها، ومنها: [1] مرحلة الحفر بمدقات حجرية مدببة؛ [2] مرحلة الصقل بحبات حجرية؛ [3] تشخيص الملامح وتحديدها باستخدام الإزميل والمطرقة الخشبية دون النظر إلى نوعية الحجر؛ [4] استخدام الإزميل الدقيق الطويل لضمان دقة التشكيل، خاصة المواضع ذات التجاويف، سواء في التماثيل أو النقوش أو غيرها، وعثر على نماذج منها بالقرب من هرم خع.ف-رع؛ [5] استخدام الأزاميل النحاسية للأحجار المرنة[41]. وقد أشارت بعض النصوص إلى ذلك على أنها أدوات لازمة للعامل، ودخلت ضمن قوائم القرابين والهبات وشعائر تأسيس المعبد، وتغص بعض المتاحف بكافة الأدوات اللازمة لعملية التشييد والبناء بدءًا من القوالب الخشبية والفأس وميزان الخيط الذي استخدم لضبط المداميك رأسياً، وزاوية بميزان خيط لضبطها أفقياً، علاوة على أدوات نحاسية من أجل ثقب الكتل الحجرية قبل تقطيعها من المحجر، وأيضاً أدوات للقياس ومساطر[42] (شكل 4 أ- ب).

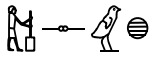
[ثانياً] عملية نقل الأحجار من المحاجر إلى موقع العمل، إذ تعد هذه المرحلة من البناء ذات أهمية كبيرة، ووصف إنجلباخ عملية النقل على أنها تتم بوضع الأحجار على قطع خشبية أسطوانية الشكل، ثم تُستخدم الطاقة البشرية أو الحيوانية أو الاثنتان معاً، فيُسهِل ذلك عملية انزلاق الكتلة ووصولها المرسى، حيث يتم حملها على طوف في النيل إلى موقع العمل[43].

[ثالثاً] عملية إعداد موقع العمل وتجهيزه وفقاً لما سوف يتم إنشاؤه من عمارة سكنية أو دفاعية أو دينية، وهى مرحلة إعداد الموقع وتجهيزه، ويتم ذلك بتسوية الأرض وإصلاحها حتى تصلح إما لعملية الحفر أو لحفر الأساسات، وقد أشارت الآثار المصرية إلى ذلك، إذ ورد نص في مقبرة دبحن  بجبانة الجيزة من عهد منكاورع يذكر الأمر الملكي بتسوية الموقع وتطهيره[44].

[رابعاً] عملية تخطيط البناء وفقاً لمعطيات وظيفته، إذ أشارت الوثائق والآثار في آن واحد إلى أهمية هذه المرحلة عبر التاريخ المصري القديم، فورد منذ عصر الدولة القديمة تباعاً حتى العصر البطلمي ما يفيد بضرورة تخطيط البناء قبل البدء في مرحلة البناء ذاتها، وقد عثر على العديد من المخططات المعمارية، منها على سبيل المثال العثور على مخطط أحد معابد النوبة وقت إنقاذها يفيد بأهمية عملية التخطيط قبل الشروع في البناء[45]. لم يكتف المصري بضرورة التخطيط المعماري

فحسب، بل كان التخطيط يشمل كل أنواع الفنون، وبصفة خاصة المفرطة في الضخامة، إذ عثر مؤخراً على مخطط لتمثالي ممنون على قطعة من الحجر الجيري ضمن الرديم الناجم عن حفائر بمنطقة مقابر الأشراف بطيبة الغربية مهشم إلى قطع صغيرة ومازال حتى الآن تحت الترميم.

[خامساً] عملية وضع أساسات البناء، وتتم هذه العملية تحت إشراف هندسي دقيق اعتماداً على موضع البناء وتخطيطه[46]، وتبدأ أولاً بالحفر لأعماق تتناسب وحجم البناء وطبيعة التربة ذاتها، ثم تُرش الرمال الناعمة والتي يثبت فوقها أحجار البناء الضخمة، وبعدها يقام البناء وفقاً للأعمال الهندسية المتبعة في البناء، مع ملاحظة أنه ربما يكون البناء جديداً في موقعه، أو ربما يقام على بناء سابق، وفي تلك الحالة لا يستلزم جهداً في حفر الأساسات، وهو ما نصت عليه النصوص المصرية القديمة، إذ فرق المصري بين كلمة smAw أو srwD بمعنى يجدد أو يرمم، وكلمة m-mAwt أي عملية الإحلال والتجديد، وقد كشفت أعمال الحفائر عن وجود أساسات بناء واضحة للعمارة الجنائزية لملوك الدولة القديمة بجبانة الجيزة، وكذلك في معابد الآلهة بالوجه البحري[47]، ومعابد صعيد مصر[48].

[سادساً] عملية البناء، ويُشار إليها بكلمة  xws[49]، وفيها اتبع المهندسون المعماريون عدة وسائل كانت من ثوابت البناء عند المصري القديم، ومما لا شك فيه أن عمليات البناء في مصر القديمة جميعها متشابهة عبر التاريخ مع اختلاف حجم ووظيفة البناء. وقد قدمت مقبرة رخميرع أصدق تصوير لعملية البناء، وذلك باستخدام المنحدرات المستخدم في بنائها الطوب اللبن وكسرات الأحجار والأخشاب[50] (شكل 5)، وكشفت الحفائر عن آثار لمنحدر بقيت أطلاله حتى الآن خلف البرج الجنوبي للصرح الأول لمعابد الكرنك[51](شكل 6)، وكلما ارتفع البناء ازداد المنحدر طولاً، ولعملية تثبيت الأحجار استخدم المصريون طريقة تثبيت أفقية، وذلك باستخدام ما اصطلح على تسميته بذيل الحمامة، يثبت فيه طبقة من المونة أو قطعة حجرية من ذات أصل حجر البناء، علاوة على التثبيت الرأسي باستخدام المونة نفسها وهي مونة الحيبة؛ وقدم ريتشارد ولكنسون تصوراً لعملية البناء والارتفاع بمدماك فوق الآخر[52] (شكل 7)، وبعد الانتهاء من البناء يلاحظ أن المبنى بأكمله يكون قد غُطى بالرديم، وتبدأ بعدها عملية إزالة المنحدرات على مراحل يصاحبها صقل البناء وزخرفته من الخارج، ثم تستكمل بعد ذلك الزخرفة الداخلية للبناء[53].

ثالثاً: طرق ووسائل تشييد العمائر الضخمة من واقع روايات الكُتَّاب الكلاسيكيين والأدلة الأثرية:

كانت العمارة المصرية القديمة، خاصة هندسة التشييد والبناء محط اهتمام المؤرخين والباحثين قديماً وحديثاً، وكان جُل ما شغل أذهان الطرفين عمارة المنشآت الضخمة، سواء كانت جنائزية أم دينية، إذ أثارت المقدرة الفائقة التي تميَّزَ بها المصريون القدماء في رفع الكتل الضخمة من الحجارة إلى

الارتفاعات الشاهقة، وخاصة الأهرامات، دهشة كثير من المؤرخين القدامى والباحثين المعاصرين، وقد صمتت الآثار المصرية ولم تقدم أية معلومات مباشرة عن طرق رفع هذه الكتل الضخمة، وهو ما دفع بعض المؤرخين القدماء أمثال هيرودوت [القرن 5 ق.م]، وديودور الصقلي [57-59 ق.م]، و بليني [القرن الأول الميلادي]، إلى طرح تفسيرات لهذه الإشكالية وإن كانت غامضة، كما حاول الباحثون في العصور الحديثة الكشف عن هذا الغموض بالحفائر والأبحاث التي أجروها في مناطق الأهرام وغيرها.

1-تفسير رواية هيرودوت:

يتلخص رأي هيرودوت في أن المصريين استخدموا "آلات من خشب" في رفع الكتل الحجرية فوق درجات الهرم، وأنهم بدؤوا البناء في الأجزاء العليا من الهرم ثم انتهوا من البناء في الأجزاء السفلى[54]. وقد أثبتت الأدلة الأثرية بما عُثِرَ عليه من ودائع الأساس في معبد حتشبسوت بالدير البحري رواية هيرودوت عن الآلات الخشبية، وهى ما يمكن أن نطلق عليها "هزاز"[55] (شكل 8)، وتتكون من قطعتين من الخشب مقوستين من أسفل ومثبتتين إلى بعضهما بعصي أو عيدان من الخشب، وهي بذلك تشبه الكرسي الهزاز، وكان الهزاز يستخدم في رفع الكتلة الحجرية بوضع ألواح مشطوفة من أحد جوانبها بالتبادل كما هو موضح في الرسم (شكل 9)، وربما كانت الكتل الحجرية تهز فوق جانب الهرم درجة إلى أن توضع في مكانها. وقد علق كلارك وإنجلباخ على هذه الهزازات بأنه كانت توجد هزازات لها من المتانة بحيث تتحمل كتلاً يبلغ وزنها عشرة أطنان[56]، وهكذا تنطبق رواية هيرودوت عن الآلات الخشبية على هذه الهزازات.

ويرى سليم حسن أن القدماء استخدموا البكر والحبال في رفع الأحجار، اعتماداً على بكرتين من الحجر، عثر عليهما في حفائره بالجيزة[57]، ولكن ستيفن إداوردز أثبت أنهما يؤرخان بالعصر الروماني[58]، ويؤكد عدم معرفة المصريين القدماء للبكر وجود رسوم صواري السفن على الآثار المصرية، والتي تؤكد وجود أشكال عراوي من الحبال أو النحاس كانت حبال رفع الشراع تمرر داخلها[59] (شكل 10). وفيما يختص برواية هيرودوت عن بناء الهرم من أعلى إلى أسفل فيبدو أنه تحدث عن وضع الكسوة الخارجية للهرم فقط وظن أنها طريقة البناء.

2-تفسير روايتي ديودور الصقلي وبليني:

ذكر المؤرخان ديودور الصقلي وبليني أن المصريين استخدموا تلالاً من الرمل أو من الملح لرفع الأحجار إلى المستويات العالية من الهرم، ثم تخلصوا من تلال الملح بعد انتهاء العمل بتحويل مياه الفيضان عليها لإذابتها، وأضاف بليني أن المصريين شيدوا قناطر من اللَّبِن من أجل خزن المياه لهذا الغرض. ولعل المقصود بالتلال في هذه الروايات هو بدون شك "المنحدرات" (Ramps)، أو كما يسميها البعض "المزالق" أو "الطرق الصاعدة"، ويعد ديودور وبليني أول من أشارا إلى استخدام

المنحدرات أو تلال الرمل، وذكرا نقلاً عن بعض المصريين أن التلال صُنِعَتْ من الملح والنطرون ومع إطلاق مياه النهر عليها بعد نهاية عملية البناء تتم إذابتها وإزالتها نهائياً دون أن يكون للإنسان ضلع في الأمر. والواقع أن هذه الرواية عارية عن الصحة تماماً، فإن القوة البشرية التي أقامت هذه التلال أرجعتها بنفسها إلى ما كانت عليه من قبل[60]. ويرجح محرم كمال أن القناطر التي شيدت من الطوب اللبن لخزن المياه يعاد استخدامها بعدما يتم بناء الهرم في إقامة مساكن القرويين وأوساط الناس[61].

اتفق جمهرة المؤرخين على الأخذ بروايتي ديودور وبليني بشأن استخدام التلال أو المنحدرات أو المزالق (Ramps) في رفع الأحجار إلى المداميك العليا، ومنهم العالم الأثري فلندرز بتري[62]، ثم المعماريان الأثريان كلارك وإنجلباخ[63]، وأيضاً المهندس الأثري الفرنسي فيليب لوير[64]، وتبعهم كثير من الباحثين الأجانب أو العرب، فذكر أحمد فخري أنه بفحص بعض المباني الأثرية التي لم تنته فإنه يمكن التأكد من أن المصريين لجؤوا إلى عمل جسور وطرق صاعدة كان يتم تشييدها من جدارين من الطوب اللبن (على الجانبين) ويُملأ ما بينهما بالتراب والحصى، ويزال بعد إتمام البناء، ولعل خير دليل على ذلك الطريق الصاعد المشيد عند هرم الملك "سخم- خت" غير المكتمل من الأسرة الثالثة، ولعلها هي الطريقة نفسها المستخدمة في بناء أهرامات الجيزة، وكثيراً ما عني المعماريون والمشتغلون بالدراسات الأثرية بهذا الموضوع وناقشوه في بحوثهم، وتتفق الأغلبية العظمى منهم على أنه لم يبن أي هرم من الأهرامات دون إقامة الطرق الصاعدة[65].

ومن أدق الدراسات في موضوع المنحدرات تلك التي ذكرها ستيفن إداوردز في كتابه "أهرام مصر"، إذ تناول طريقة رفع الأحجار بالدراسة التفصيلية وربطها بطرق بناء الهرم وكسوته، واستهل إدواردز حديثه في هذا الموضوع قائلاً: "ولعدم وجود البكرة- وهو اختراع لم يُعرف في مصر قبل عصر الرومان – لم يكن أمام المصريين إلا طريقة واحدة لرفع الأوزان الثقيلة، وذلك ببناء منزلقات من الطوب اللبن والطين، ترتفع إلى أعلى من مستوى الأرض إلى أي ارتفاع يريدونه، فإذا أرادوا مثلاً بناء حائط قصير فإن أحجار كل مدماك بعد المدماك الأسفل كانت ترتفع إلى المنسوب المطلوب على منزلق يبنى ملاصقاً للجدار وبطوله كله، وعند إضافة مدماك تال إلى البناء يلزم أن يرتفع المنزلق ويمتد أيضاً لكي يبقى الانحدار دون تغيير (شكل 11). وفي النهاية عندما يبلغ الجدار أقصى ارتفاعه يُزال المنزلق وتسوى السطوح الخارجية للأحجار التي لم تصقل سطوحها من قبل. يصقلونها طبقة بعد طبقة متجهين إلى أسفل في الوقت الذي يقللون فيه من ارتفاع المنزلق. ويمكننا أن نرى مثالاً لهذا المنزلق ملاصقاً للصرح الأول الذي لم يُكمل بناؤه في معبد الكرنك[66] (شكل 6)، وهو ما يُثبت أن هذه الطريقة نفسها كانت مُتبعة قبل ذلك في العصور القديمة، ويؤكدها ما عثر عليه محمد زكريا غنيم من بقايا المنحدر عند الهرم الدفين [هرم سخم خت] في منطقة سقارة من عصر الأسرة الثالثة[67]، ومن بقايا المُنزلقات عند

هرم حوني في ميدوم من نهاية الأسـرة الثالثة، وهرم أمنمحات الأول من الأسـرة الثانية عشـرة في اللشت[68].

كيفية بناء المنحدرات ونظامها:

أشـار فلندرز بتري إلى فكرة المنحدر (Ramp) دون تفسـير، مما جعله يفسـر طريقة الكسـوة الخارجية للهرم بغير تدقيق[69]، ولكن الأثريين المعماريين كلارك وإنجلباخ ذكرا في كتابهما "فن البناء في مصر القديمة" الذي نشراه عام 1930 وجود المنحدرات مع جسور للمشي[70]، ونظراً لدقة رأيهما فقد سار ستيفن إدواردز على دربهما وشرح هذا الأمر تفصيلاً[71] حيث قال: "كان المصريون يبنون منزلقاً أو منحدراً (Ramp) واحداً بطول جانب واحد من الهرم أطلق عليه اسـم "منزلق التموين أو منزلق الإمداد" (Supply Ramp) لاستخدامه في نقل ما يلزم من أحجار وغيرها (شكل12). وكلما ارتفع الهرم ازداد منزلق التموين في الارتفاع، فإذا كانت زاوية ميل الهرم 52º فلابد أن تنحدر واجهتا منزلق التموين الجانبيتان بزاوية قدرها 52º وبهذا يتفادون أي انهيار جانبي. أما جوانب الهرم الثلاث التي لم تُغط بمنزلق التموين فقد كان أمام كل منها جسر أو ممشى كان في أعلاها يسمح بمرور الرجال ومواد البناء يطلق عليه "جسر المشي" (Foot-hold embankment) أو ممشى العمال (شكل 13) ونظراً لأن هذه الجسـور الثلاثة لا تسـتخدم لرفع الأحجار من الأرض، فإن درجة ميلها على السـطح الخارجي يمكن أن تكون منحدرة بقدر ما تسـمح به المتانة اللازمة، وكانوا يبلطون سـطح المنحدر والجسـور ببراطيم أو عروق من الخشـب (baulks of timber) لتكوين طرقٍ متينة تتحمل مرور الزحافات وهي محملة بكتل الأحجار، وقد عثر على بعض منها فعلاً عند هرم أمنمحات الأول في اللشت[72].

وقد أمدتنا الرسـوم المصـرية نفسـها برسـم لمنحدر على أحد جدران مقبرة الوزير رخميرع من الأسرة الثامنة عشرة في طيبة الغربية(شكل5) ، وعلى الرغم من أنه لم يكن لبناء هرم فإن شكله وهيئته تطابق تماما المنحدر وجسور المشي التي كانت تشيد ملاصقة في الهرم لرفع الكتل الحجرية عليها[73]. كذلك ذكرت بعض فقرات بردية أنسـتاسـى الأولى ما يشـير إلى بناء منحدر إذ ورد: "لقد عمل منحدر، طوله 730 ذراعا ،وعرضـه 55 ذراعا ،ويحتوى على 120 قسـما ملئت بالبوص وعروق الخشـب ،ويبلغ ارتفاعه إلى قمته 60 ذراعا، وارتفاع وسـطه 30 ذراعا، ونهايته 15 ذراعا، وقاعدته خمسـة أذرع، أما مقدار اللبن اللازم له ....."[74].

كانت المنحدرات وجسور المشي تستخدم في بناء قلب الهرم، وقد وصفها إدوارز تفصيلاً بأن بناء كل مسـطح مدماك من الهرم كان يتم من الداخل إلى الخارج، ومع نهاية كل مدماك يرتفع المنحدر

وجسور المشي، وكان جل اهتمام المهندس على دقة لحامات الكتل الحجرية فيما بينها، وثبت أن كتل الحشو الداخلية لكل صفة خاصة في الهرم الأكبر وضعت بطريقة تجعلها تميل ميلاً خفيفاً إلى الداخل نحو وسط كل مدماك، فنتج عن ذلك انخفاض يمكن ملاحظته متجهاً من أعلى إلى أسفل في وسط كل وجه من أوجه الهرم ، ولا توجد هذه الظاهرة في أي هرم آخر[75].

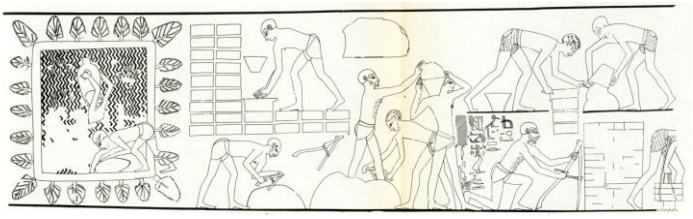
عندما يتم بناء قلب الهرم لا يتبقى إلا أن تضاف الكسوة الخارجية (outer-casing) ويستلزم هذا العمل الدقة التامة، لأن ظهور أي عيب في وضع الأحجار لا يشوه المظهر الخارجي للأثر فحسب، بل يؤدي حتماً إلى عدم انتظام الشكل الهرمي، وعلاوة على ذلك يجب أن تكون زوايا اللحامات مضبوطة وملتصقة جداً ما أمكن. ولكي يقتصدوا في الوقت ويحصلوا على أعلى ما يمكن من الدقة كانوا يعهدون بتجهيز اللحامات الصاعدة (rising joints) في هذه الكتل (وهي اللحامات بين الكتل المتجاورة في المدماك نفسه) إلى أمهر البنائين، ينجزونها على الأرض قبل نقل الكتل من مكانها، وقد ثبت إنجاز هذه الأعمال على الأرض من ترقيم كتل سقف حجرة الملك خوفو في الهرم الأكبر، ويمكن ملاحظة دقة هذه الطريقة في اللحامات الصاعدة المائلة (Oblique rising joints) لأحجار الكسوة الخارجية المذكورة (شكل 14-15). وربما يتم على الأرض أيضاً إعداد زوايا اللحامات بين الأوجه الخلفية لأحجار الكسوة وبين الأوجه الأمامية لكتل الحشو، حتى إذا ما وصلت كل كتلة من كتل الكسوة في النهاية إلى أعلى البناء تكون شبه تامة، إذ لم يبق منها دون صقل سوى الوجه الخارجي المنحوت طبقاً لزاوية الهرم، وتركب الكتل مكانها على أن يصقل الوجه الخارجي فيما بعد، أي بعد الانتهاء من بناء الهرم حتى قمته[76].

وهكذا يتبين أن الهندسة المعمارية فى مصر القديمة لم تكن وليدة صدفة أو ارتجال، وإنما تطلب تعمقاً ودراسة كافية لمسائل ومشكلات علمية وعملية، بداية من التخطيط إلى الجوانب التطبيقية والتنفيذية. وخلص البحث إلى النتائج الآتية :

1. كانت الهندسة ومازالت الطريق الأوحد لعلم التشييد والبناء بمفهومه الصحيح، من ثم اعتنى القدماء بهذا العلم وطوروه، وكانت لديهم وسائلهم التي وصفوها في الكثير من الوثائق لمعرفة كيفية قياس حجم الهرم والدائرة والإشكاليات الهندسية الأخرى.
2. تبين أهمية دور المهندس ومكانته المرموقة منذ بداية الحضارة المصرية، واتضحت هذه الأهمية مع بداية الدولة القديمة، حيث كان يُختار من صفوة رجال الدولة وقد شملته ألقاب عدة، وخلدت أسماء الكثير من هؤلاء الرجال البارزين أمثال إيمحتب على سبيل المثال لا الحصر.
3. برز أهمية دور طبقة العمال تلك الفئة المهمة القائمة على تنفيذ المشاريع المعمارية، وقد كانت لهم إدارة خاصة مسؤولة عن توجيههم إلى مناطق العمل ومسؤولة أيضاً عن البحث في شكواهم وإعطائهم مستحقاتهم.

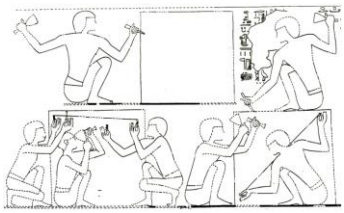
4. تبين أنه على الرغم من طول خطوات المسائل الهندسية في القياسات المختلفة، فإنها في أغلبها تنطبق على القوانين الهندسية الصحيحة بشهادة المتخصصين والباحثين في مثل هذا الفرع من العلوم.
5. نجح المهندس القديم في وضع أسس تكنولوجيا التشييد والبناء، ومن أهمها صنع قالب الطوب أو الحجر الذي لم تتغير أبعاده حتى الوقت الحاضر.
6. تُعدُ طريقة بناء الطوب في الحوائط "طريقة الرباط المصري" والمسماة خطأ في بعض مراجع العمارة الحديثة "الرباط الإنجليزي" هي من أفضل الطرق المستعملة حتى الآن.
7. يُعد المهندس القديم أول من درس وحدة التشكيل، ابتداء من الخط المستقيم إلى مختلف التشكيلات الهندسية الأخرى، هذا بالإضافة إلى استعماله وحدات القياس من ذراع معماري وتقسيماته العشرية والمئوية واستعمالها في حساب المسطحات والفراغ.
8. اكتشف المهندس القديم الأعمدة كوحدة إنشائية من وحدات العمارة منذ عصر ما قبل الأسرات وكانت من مميزات الأصالة على مر العصور المصرية القديمة.
9. أثبتت الأدلة الأثرية أهمية مرحلة التخطيط والدراسة قبل البدء في تنفيذ أي مشروع معماري.
10. ركزت المخططات والرسوم الهندسية على الشكل المعماري بما يناسب الغرض منها.
11. اتبع المصري القديم في الرسم المعماري قاعدة الإسقاط المتبعة حالياً في كل الرسوم الهندسية الحديثة.
12. جمع المهندس المصري بين الإسقاطين الرأسي والأفقي في الرسم الواحد، وكان غرضه من ذلك إظهار كل ما أمكن من النظام الداخلي والخارجي، أو إظهار التفاصيل أو الملحقات سواء إن كانت ظاهرة للعيان أو غير ظاهرة.
13. على الرغم من بساطة الرسومات فإنها تظهر بوضوح مدى معرفة قواعد الرسم الصحيحة، وفى طريقة الإظهار التي اتبعوها في رسوماتهم أكبر دليل على معرفتهم الأبعاد الثلاثة في الرسم التي هي أدق الطرق المتبعة في الرسومات الهندسية الصحيحة.

وعلى الرغم من كثرة ما قُدم من أبحاث في هذا الشأن، فإن هذا الجانب مازال في حاجة إلى الكثير من الدراسات للعديد من النقاط التي يجب أن تولى الاهتمام والدراسة، كموضوع الوصف المعماري المستمد من نصوص اللغة وهو موضوع مهم لكثرة ما به من نصوص متنوعة وقد يُكمل ما قد خفى على الآثار القائمة أو التصوير، كذلك موضوع كيفية تنفيذ المشاريع المعمارية الكبيرة والأدوات التي صنعت هذه الحضارة العظيمة، وكذلك طبقة العمال ما عليهم وما لهم .

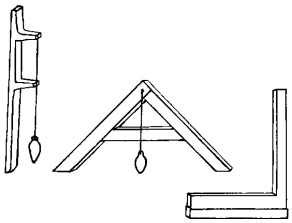


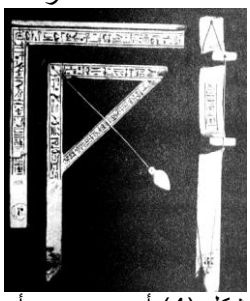
شكل (1): عملية ضرب الطوب اللبن – مقبرة رخميرع

شكل (2) التموج في بناء السور المحيط لمعابد الكرنك

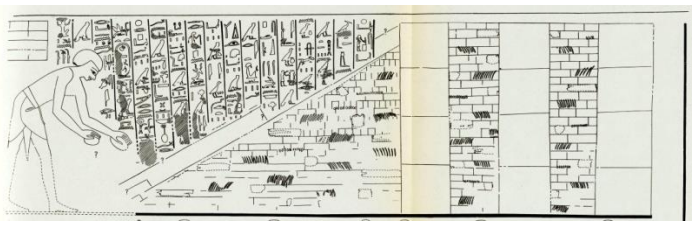


شكل (3) فحص استواء سطح الكتلة– مقبرة رخميرع



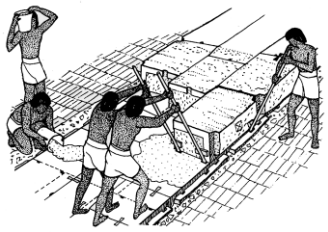


شكل (4) أ، ب: بعض أدوات البناء – المتحف المصري

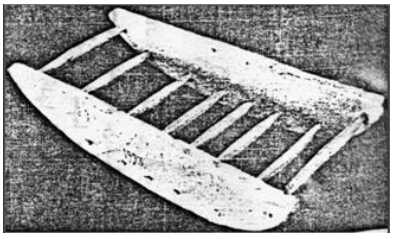


شكل (5) المنحدر المصور على أحد جدران مقبرة رخميرع بطيبة الغربية والغرض منه كما هو واضح في التصوير رفع كتلة العتب العلوي إلى أعلى قاعة الأعمدة، وقد مسَّرَ الفنان المصري المنحدر وجسور المشى بالمستطيلات الرفيعة إشارة إلى قوالب الطوب اللبن

شكل (6) بقايا المنحدر خلف الصرح الأول ـ الكرنك

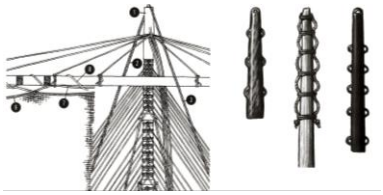


شكل (7) تصور لطريقة البناء وتثبيت الكتل المجاورة، وبالمثل تثبيت كتل الصف الثاني وطبقة الملاط

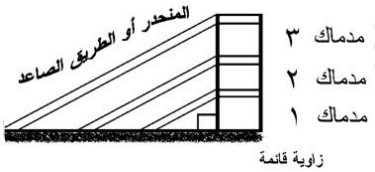


شكل (8) الهزار ـ أحد ودائع أساس معبد حتشبسوت – الدير البحري

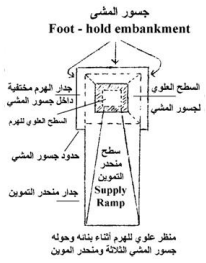
شكل (9) توضيح كيفية استخدام الهزازات في رفع كتلة الحجر



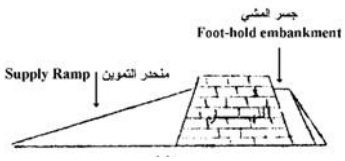
شكل (10) قمم صواري السفن كما رُسِمت على الآثار المصرية، وبها عراوي من الحبال



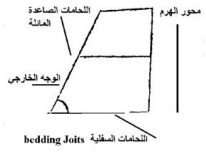
شكل (11) توضيح لمراحل تعلية المنحدر أمام المداميك وامتداده للمحافظة على درجة الانحدار



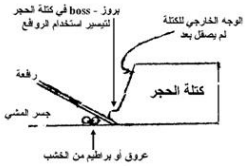
شكل (12) كيفية بناء المنحدرات ونظامها



شكل (13) قطاع جانبي للهرم ومنحدر التموين وحسر الممشى



شكل (14) قطاع جانبي في أحجار الكسوة الخارجية



شكل (15) شكل يوضح طريقة تثبيت الكسوة الخارجية في مكانها

المراجع

[1] Chace, A.B. & Manning, H.P., The Rhind Mathematical Papyrus - British Museum IOO57 and IOO58, Vol. I, Mathematical Association of America, Oberlin, Ohio, U.S.A. 1927, pp. 35-38; Eves , J. H., An introduction to the History of Mathematics, 6th Edit., New York 1990, p.38; Galán, J.M., "A remark on calculations of area in the Rhind Mathematical Papyrus", *GM* 117/118 [1990], pp. 161-164.

2- عبد العزيز صالح ، التربية والتعليم في مصر القديمة، الدار القومية للطباعة والنشر، القاهرة 1966، ج.م.ع، ص 311.

[3] Engelbach, R., The Aswan Obelisk with some remarks on the ancient engineering [service des antiquties de l'egypte, Cairo, 1922, p. 216; Engelbach, R., "A foundation scene of the second Dynasty" *JEA* 20, 1934, pp. 183-184,pl. 24; Glanville,S., "The Mathmatical Leather Roll in the British Museum", *JEA* 13, 1927, pp. 232-239.

[4] Buck, A. de, "The building inscription of the Berlin leather roll", *Studia Aegyptiaca* 1, Roma 1938, pp. 48-57.

5ـ أحمد علي العريان، المدخل إلى الهندسة، عالم الكتب للنشر والتوزيع، القاهرة 1972، ج.م.ع، ص 20.

6ـــــ ابن منظور[محمد بن مكرم بن علي أبو الفضـــل جمال الدين ابن منظور الأنصـــاري الرويفعى الأفريقى]، [ت 711هـــ/1311م]، لسان العرب، تحقيق: عبد الله علي الكبير، محمد أحمد حسب الله، هاشم محمد الشاذلي، دار المعارف للنشـــر والتوزيـــع، القاهرة [ب ت]، ج.م.ع، الجزء السادس، ص 4710.

7- توفيق أحمد عبد الجواد، دليل المهندس، مكتبة الأنجلو المصرية، القاهرة 1981، ج.م.ع، ص 88.

[8] *Wb* V,98.

9ـــــ صبحي عطية أحمد يونس ، كبار موظفي الاشغال في مصر القديمة خلال عصر الدولة الحديثة، رسالة ماجستير، لم تنشر بعد، جامعة القاهرة، كلية الآثار 1989، ج.م.ع، ص 96.

[10] *Wb* III, 85.

[11] Helck, W., Untersuchungen zu den Beamtentiteln des ägyptischen Alten Reiches, Glückstadt - Hamburg - New York, Verlag J. J. Augustin, 1954, = *ÄF* 18, p.102 f.

[12] *Wb* II,190.

[13] Sethe,K., Urkunden der 18. Dynastie, Band I, Berlin 1961, p. 20,11.

[14] *LD* II, 75, 77; Wildung, D., Imhotep und Amenhotep. Gottwerdung im alten Ägypten, München-Berlin, Deutscher Kunstverlag, 1977, p. 8 = [*MÄS* 36].

[15] Helck, H. W., " = imj-rA?", *ZÄS* 79 [1954], pp. 76-77; Gardiner, A.H., "The proposed new reading of the word for 'Overseer'", *JEA* 41 [1955], pp. 121-122.

16ـــــ محمد خليل نايل، محمد أمين عبد القادر، تاريخ فن العمارة، ج1، المطابع الأميرية، القاهرة 1943، ج.م.ع، ص4.

[17] Petrie, W.M.F., Weights and Measures, [London 1926], *BSAE* 39, pl. 25;

أحمد بدوي وهرمن كيس، المعجم الصغير في مفردات اللغة المصرية القديمة، مطبوعات جامعة عين شمس، القاهرة 1958، ج.م.ع، ص ص 30، 103، 294؛ توفيق أحمد عبد الجواد، العمارة وحضارة مصر الفرعونية، القاهرة 1984، ج.م.ع، ص 140

[18] Ricke, H., Bemerkungen zur Ägyptischen Baukunst des Alten Reiches, Bd 1, [Zürich 1944], pp. 25-38; Edwards, S., "Some Early Dynastic Contributions to Egyptian Architecture", *JEA* 35, [1949], pp. 123-128; Badawy, A., « La première architecture en Egypte », *ASAE* 51 [1951], pp. 1-23 ; Smith, W., Egyptian Architecture as Cultural Expression, [London 1960], p.153.

[19] Müller, Ch., Helz, *LÄ* II, spr. 1264-1269.

[20] Bourrial, C., Umm el-Gaab Pottery from the Nile Valley, Cambridge 1981, pp. 14, 15, 26, 31.

[21] Spencer, J., Brick Architecture in Ancient Egypt, Warminster 1979, p. 7f.

[22] Davies, N.de Garis, The tomb of Rekh-mi-rē^{c} at Thebes, Vol. 2, New York 1943, pl. LVIII; Hayes, C., The Scepter of Egypt, Vol. I, [New York 1953], p. 175.

[23] Petrie, F. & Quibell, E., Nagada and Balles, *BSAE* 1, [1896], p. 54; Quibell, E. & Green, F., Hierakonpolis, II, [Cairo 1902], *BSAE* 5, p. 54.

24ـ الفريد لوكاس، المواد والصناعات عند قدماء المصريين، ترجمة: زكي إسكندر، محمد زكريا غنيم، مراجعة: عبد الحميد أحمد، مكتبة مدبولي للنشر والتوزيع، الطبعة الأولى، القاهرة 1991، ج.م.ع، ص 89؛ و.ب.إمري، مصر في العصر العتيق، ترجمة: راشد محمد نوير ومحمد علي كمال الدين، مراجعة: محمد عبد المنعم أبو بكر، نهضة مصر للطباعة والنشر والتوزيع، القاهرة 2000، ج.م.ع، ص 170.

25ـــــ توفيق أحمد عبد الجواد، العمارة وحضـارة مصـر الفرعونية، مكتبة الأنجلو المصـرية، القاهرة 1984، ج.م.ع، ص ص 143-144.

[26] Clarke, S.& Engelbach, R., Ancient Egyptian masonry: the building craft, London: Oxford Univ. Pr. 1930, pp. 2-21; Arnold, D., Arnold, D., Building in Egypt. Pharaonic Stone Masonry, New York - Oxford, Oxford University Press, 1991, pp. 27-36

[27] Quibell, E., Excavation at Saqqara, III, [Cairo 1910], p. 5; و.ب.إمري، المرجع السابق، ص 171

[28] Emery, W.B., The tomb of Hemaka, Excavation Saqqara, [Cairo 1938], p. 6.

[29] Petrie, W.M.F., The Royal Tombs of the first dynasty, vol. 2, EEF 18, [1901], pp. 9-10.

[30] Saad, Z.Y, “Preliminary report on the royal excavations at Helwan [1942]”, *ASAE* 41, [1942], pp. 405-409; Wood, W., “The Archaic Stone Tombs at Helwan”, *JEA* 73, [1987], pp. 59-76.

[31] Breasted, J.H., Ancient records of Egypt: historical documents from the earliest times to the Persian conquest, collected, ed., and translated with commentary, Vol. I, Chicago: Univ. of Chicago Pr. 1906, § 134, p. 64.

[32] Garstang, J., “Mahasna and Bet Khallaf”, *BSAE* 7, [1902], pp. 3-15, pls. 5, 6, 7, 17.

[33] Hölscher, U., The Excavations of Medinet Habu, Volume IV, Chicago: Univ. of Chicago Pr. 1951, pl.2, 1-3.

[34] Hassan, S., Excavations at Gîza, Vol. II, Oxford : Univ. Pr. 1938-1939, p. 168; Traunecker, C., Kalkstein, *LÄ* III, spr. 301-303; Arnold, D., Building in Egypt. Pharaonic Stone Masonry, New York - Oxford, Oxford University Press, 1991, pp. 27-36.

35ـ الفريد لوكاس، المرجع السابق، ص 95.

[36] Meiggs, R., Trees and Timber in the Ancient Mediterranean World, Oxford 1982, p. 34 ff.

[37] Letellier,B., Grundungsbeigabe, *LÄ* II, spr. 906-912; Zibelius, B.,Tempelgrundung, *LÄ* VI,spr.385 f.

[38] El-Adly, S.A., Das Gründungs-und Weiheritual des Ägyptischen Tempels von der frühgeschichtlichen Zeit bis zum Ende des Neuen

Reiches. Dissertation, Tübingen, 1981, pp. 12-15; Engelbach,R., "A Foundation Scene of the Second Dynasty", *JEA* 20, [1934], pp. 183-184, pl. 24; سـيد توفيق ، تاريخ العمارة في مصـر القديمة ، دار النهضـة العربية، القاهرة، 1990، ج.م.ع، ص 37

[39] Moret, Alexandre: Du caractère religieux de la royauté pharaonique, Paris: Leroux 1902, p. 115; Blackman, A. & Fairman, H., "The Consecration of an Egyptian Temple according to the Use of Edfu" , *JEA* 32, [1946], pp. 75-91; Montet, P., «le rituel de fondation des temples égyptiens », *Kémi* 17, [1964], pp. 74-100; Wilkinson, R.H., The Complete Temples of Ancient Egypt, [London 2000], pp. 38-39.

[40] Davies, N.de Garis, The tomb of Rekh-mi-rē at Thebes, Vol. 2, New York 1943, pl. LXII; Breasted, J.H., Ancient records of Egypt: historical documents from the earliest times to the Persian conquest, collected, ed., and translated with commentary, Vol. II, Chicago: Univ. of Chicago Pr. 1906, § 321 f, p. 134 f; Clarke, S.& Engelbach, R., *op.cit*, pp. 12-22, 34; Petrie, W.M.F., The arts and crafts of ancient Egypt, Edinburgh-London 1909, p. 70; Reynes, M.B., « Les noms du silex en égyptien », *RdE* 33, 1981, pp.39-45;

محمد سـميع عافيه، التعدين في مصـر قديماً وحديثاً، الهيئة المصـرية العامة للكتاب، القاهرة 1985، ج.م.ع، ص63.

[41] Klebes, L., Die Reliefs des Alten Reiches [2980-2475 v. chr.] Material zur ägyptischen kulturgeschicht, *AHAW* 3, Heidelberg 1914, pp. 81-82; Krauss, E., The Representation of Statuary in Private Tombs of the Old Kingdom, *AA* 39, 1984, p. 17, 85 ff, Figs. 48-49; Steidorff, G., Das Grab des Ti, Leipzig 1913, pl.134; Davies, G., The Rock Tombs of Deir el-Gabrawi, Vol. 1, *ASE* 11, 1902, pl.14; Newberry, E., *op.cit*, pl. 20; Arnold, D., op.cit, pl. 6.16 ; El-Khouli, A., Egyptian Stone Vessels, vol. 3, Mainz 1978, pl. 149 ; Goyon, G., Die Cheops pyramide, [Bergisch-Gladbach 1979], Abb. 38 ; Aufrére, S., L'Univers minéral dans la Pensée égyptienne, *IFAO* 55, [1991], p. 12 ; Lauer, J.Ph., Observations sur les Pyramides, *IFAO* 30, [1960], pp. 47-63

[42] Černý, J., The Valley of the Kings, Fragments d'un manuscrit inachevé, *IFAO*, Le Caire1973. P. 20; Taufik, S., Untersuchungen zur großen Liste der Weihgeschenke Thutmosis III.fur Amon in Karnak, Göttingen 1966, Abb.14; Robert, F., Studies in Ancient Technology, vol. V, Leiden 1966, p. 22 ff; Arnold, D., *op.cit*, p. 251; *CG*: 27280 , 27259, 27258

[43] Clarke, S.& Engelbach, R., *op.cit*, p. 34 ff; Strouhal, E., Life of ancient Egyptians, American University press, Cairo 1992, pp. 187-199.

[44] Sethe,K., Urkunden der 18. Dynastie, Band I, Berlin 1961, p. 19, 6-7.

[45] Borchardt, L., "Altägyptische Werkzeichnungen", *ZÄS* 34, 1896, pp. 69-76, Taf. 1-4; Clarke, S.& Engelbach, R., *op.cit*, pp. 46-59; Reymond, E.A.E., The Mythical Origin of the Egyptian Temple, Manchester: Manchester University Press [and] New York, Barnes & Noble, Inc. 1969, passim; Siegler, K., Kalabsha Architektur und Baugeschichte des Tempels, Berlin 1970, p.43 ff; Lauer, J. & Leclant, J., Le temple haut du complexe funéraire du roi Teti, Miss. Arch. Saqq.1, Cairo 1972, p. 49; Černy, J., Community of workmen at Thebes in the Ramesside Period, Bibliothèque d'études 50, Le Caire 1973, p. 81.

46ـــ محمود عبد الهادى، التحكم البيئي في العمارة وتأثير الدين عليها خلال العصر الفرعوني والعصر الإسلامي في مصر، رسالة ماجستير [لم تنشر بعد] كلية الهندسة - قسم العمارة، جامعة أسيوط، 1975، ج.م.ع، ص23.

[47] Clarke, S.& Engelbach, R., *op.cit*, p. 69 ff; Borchardet, L., Das Grabdenkmal des Königs Ne-User-re, *WVDOG* 7, 1907, pl. 7; Arnold, D., Bauplane, *LÄ* I, spr. 661-63; Stadelmann, R., Baubeschreibung, *LÄ* I, spr. 636-37; Hansen, A., "The Excavation at Tell al Ruba", *JARCE* 6, [1967], pp. 5-8.

[48] Jéquier, G., Manuel d'archéologie égyptienne, Paris 1924, pp. 33-38; Arnold, D., Fundament, LÄ II, spr. 356-359; Idem, Building in Egypt. Pharaonic Stone Masonry, New York - Oxford, Oxford University Press, 1991, p.109; Pendlebury, J.D.S., The City of Akhenaten, Part III. The Central City and the Official Quarters. The Excavations at Tell El-Amarna during the Season 1926-1927 and 1931-1936. Vol. III, *EES*, London 1951, p. 6 f.

49ـ أحمد بدوي وهرمن كيس، المرجع السابق، ص 176.

[50] Davies, N.de Garis, The tomb of Rekh-mi-rē at Thebes, Vol. 2, New York 1943, pl. LX.

[51] Arnold, Building in Egypt, Fig. 3.50.

[52] Wilkinson, R.H., *op.cit*, p. 40-43.

[53] Ibid, p. 23.

54ـ محمد صقر خفاجة: هيرودوت يتحدث عن مصر، ترجمة: محمد صقر خفاجة، وشرح: أحمد بدوي، القاهرة 1966، ج.م.ع، فقرة 125 ص252.

[55] Clarke, S.& Engelbach, R., *op.cit*, fig.89.

[56] Ibid, p. 121.

57ـــــ سليم حسن، مصر القديمة، ج1، الهيئة المصرية العامة للكتاب، القاهرة 2001، ج.م.ع، ص 288.

58ـــــ إدواردز، أ.أ.س.، أهرامات مصر، ترجمة: مصطفى عثمان، ومراجعة: أحمد فخري، القاهرة 1956، ج.م.ع، ص 320؛ أحمد فخري، الأهرامات المصرية، ترجمة: أحمد فخري، القاهرة 1963، ج.م.ع، ص 17.

[59] Landström, B., Ships of the Pharaohs. 4000 Years of Egyptian Shipbuilding, London, Allen & Unwin, 1970, figs. 239-242, p.80.

60- وهيب كامل، ديودور الصقلي في مصر، القاهرة 1947، ج.م.ع، فقرة 63، ص 115.

61- محرم كمال، تاريخ الفن المصري القديم، القاهرة 1936، ج.م.ع، ص 83.

[62] Petrie, M.F.; “The Building of a pyramid”, Ancient Egypt, Part II, London. 1930, p. 33 ff.

[63] Clarke & Engelbach R.; *op.cit*, p. 117 ff.

[64] Lauer, J.f., Le Probléme des Pyramides de L’Egypte, Paris 1952, p. 141 ff.

65- أحمد فخري، المرجع السابق، ص 176.

[66] Clarke, S. & Engelbach R., *op.cit*, Figs.87,88.

67ـــــ محمد زكريا غنيم، الهرم الدفين، ترجمة: زكي سوس، مراجعة: جمال الدين مختار، القاهرة 1961، ج.م.ع، ص 118.

68- إدواردز، أ.أ.س.، المرجع السابق، ص 320.

[69] Petrie, M.F., *op.cit*, p. 35.

[70] Clarke, S. & Engelbach R., op.cit, pp. 117-119.

71- إدواردز، أ.أ.س.، المرجع السابق، ص 322.

72- نفسه، ص ص 322-324.

[73] Newberry P., The Life of Rakhmara, London 1900, fig 86, p. 92.

[74] Gardiner, A.H., Egyptian hieratic texts, Leipzig 1911, no. XIII.

75- إدواردز، أ.أ.س.، المرجع السابق، ص 325.

76- نفسه، ص ص 325- 328.