الفصل الرابع عشر

مواد البناء ورصف الطرق

أولا : مواد البناء

يحصل المهندسون على أغلب المواد اللازمة لإقامة المبانى والمنشآت الهندسية من صخور القشرة الأرضية. بطريقة مباشرة أو غير مباشرة.

فالحديد والصلب والمعادن المختلفة التى تستخدم فى الأغراض الإنشائية كانت فى الأصل خامات معدنية مدفونة فى صخور القشرة الأرضية. وأما المواد التى تستخدم مباشرة فهى متعددة وأهمها الرواسب المحلية من المواد المفككة (مثل رواسب الرمال والطفلة) فى بناء السدود. ولا تخفى أهمية استخدام الطفلة فى صناعة الطوب الأحمر الذى يستخدم فى أغلب أنواع المنشآت الهندسية.

هذا بالإضافة إلى الأنواع المختلفة من أحجار البناء والجير والأسمنت والجبس والرخام والخرسانة وهى جميعًا مواد تختلف صفاتها باختلاف الصفات الجيولوجية للصخور التى تدخل فى تركيبها.

وفيما يلى بعض أنواع مواد البناء ورصف الطرق وأماكن وجودها فى جمهورية مصر العربية وأهميتها من النواحى التطبيقية.

الجبس

تركيبه الكيميائى كبريتات الكالسيوم المائية (كاكب أ$_{1}$ – ٢ يد$_{2}$ أ). ويوجد الجبس فى جمهورية مصر العربية فى مناطق كثيرة أهمها:

١ – **منطقة البلاح:** شمال محافظة الإسماعيلية.

٢ – **منطقة وادى غرندل:** وتقع بشبه جزيرة سيناء.

٣ – **منطقة وادى الريانة:** وتقع على بعد حوالى ثلاثين كيلو مترًا شرق بورتوفيق.

٤ – **منطقة غرب الإسكندرية:** وتشمل منطقة الغربانيات والحمام والعميد والعلمين.

أنواع الجبس:

(أ) الجبس الخام:

وهو الذى يستخدم بعد استخراجه مباشرة من صخور القشرة الأرضية دون أن تجرى عليه أية عمليات صناعية.

والجبس يستخدم على هذه الصورة فى صناعة الأسمنت البورتلندى كمادة تقلل من سرعة شك الأسمنت، كما يستخدم فى صناعة الورق كمادة مالئة، ويستخدم أيضًا فى تجهيز بعض المواد الملونة.

(ب) الجبس الزراعى:

وهو الجبس الخام الذى يستخدم فى استصلاح الأراضى القلوية والمحلية. ويشترط فى هذا النوع من الجبس أن يحتوى على أكثر من ٧٠٪ بالوزن من كبريتات الكالسيوم.

(جـ) الجبس الصناعى:

يمر الجبس الصناعى بعدة مراحل لتصنيعه، فيعد استخراج الجبس الخام من الصخور المحيطة به. يتم تكسيره إلى أحجام مناسبة لتغذية الأفران أو القمائن، ثم تبدأ بعد ذلك عمليات الحرق أو التكليس وتستخدم فيها الأفران الدوارة أو القمائن التى تتراوح درجة حرارتها (١٢٠°، ١٨٠°م) حيث يفقد الجبس حوالى ثلاثة أرباع ماء التبلور، ثم يصنف الجبس بعد ذلك بالنسبة لدرجة نعومته ويعبأ فى عبوات مناسبة.

وينقسم الجبس الصناعى إلى ثلاثة أنواع رئيسية:

١ - الجبس البلدى:

ويوجد نوعان من الجبس البلدى (عادى، نمرة واحد) ولونه رمادى أو وردى أو مائل للاصفرار. ولا تقل فيه نسبة كبريتات الكالسيوم المحتوية على نصف جزىء من الماء (كا كب أ، يد، أ) عن ٦٠٪ بالوزن، كما لا تقل نسبة أكسيد الكالسيوم عن ثلثى نسبة ثالث أكسيد الكبريت، كما لا تزيد نسبة كلوريد الصوديوم على ٢٪ بالوزن ولا تقل نسبة الماء المتحد عن ٣٪ ولا تزيد عن ٩٪ بالوزن ولا تزيد نسبة الشوائب من السليكا وأكسيد الحديد وأكسيد الألومنيوم عن ٢٠٪ بالوزن.

ويستخدم هذا النوع من الجبس فى أعمال البياض (البطانة والضهارة) بالمبانى.

درجة نعومته: يمر الجبس العادى جميعه من منخل قياسى فتحته ١,٢٥ مم ولا يبقى منه على منخل فتحته ٠,١٥مم أكثر من ٢٥٪ بالوزن.

زمن الشك: يوجد نوعان من الجبس البلدى بالنسبة لزمن الشك، أولهما متوسط الشك وهو الذى يقل فيه زمن الشك عن ١٥ دقيقة، وثانيهما سريع الشك وهو الذى لا يقل فيه زمن الشك عن ٥ دقائق ولا يزيد عن ٨ دقائق.

قوة تحمل الجبس البلدى: لا تقل قوة تحمل الجبس البلدى للانحناء عن ١٠ كجم/سم٢ عند اختباره بعد ٢٤ ساعة من إضافة الماء إليه ولا تقل قوة تحمله عن ٢٠ كجم/سم٢ عند اختياره بعد مرور ٧ أيام من إضافة الماء إليه.

٢ - جبس المصيص:

وهو المعروف باسم المصيص ويمتاز بلونه الأبيض الناصع. وهو أكثر نعومة من الجبس البلدى، ويستخدم المصيص فى طبقة الضهارة لبياض الأسقف والحوائط الداخلية.

درجة نعومته: يمر المصيص جميعه من منخل قياسى فتحته ١,٢٥ مم ولا يبقى منه على منخل قياسى فتحته ٠,١٥ مم أكثر من ٢٠٪ بالوزن.

زمن الشك: يوجد نوعان من المصيص، متوسط الشك وهو الذى لا يقل زمن الشك فيه عن ١٥ دقيقة، أما بطئ الشك فهو الذى لا يقل زمن الشك فيه عن ساعة.

قوة تحمل المصيص: لا تقل قوة المصيص للانحناء عن ١٥ كجم/سم٢ عند اختباره بعد مضى ٢٤ ساعة من إضافة الماء إليه، ولا يقل عن ٣٠ كجم/سم٢ عند اختياره بعد مرور سبعة أيام من إضافة الماء إليه.

٣ - جبس التشكيل:

وهو نوع من الجبس يسهل تشكيله ويستخدم فى صناعة التماثيل وأعمال الزخرفة كما يستخدم فى صناعة الخزف والصينى ولونه أبيض ناصع وتزيد درجة نعومته عن كل من الجبس البلدى والمصيص. وتستخدم أنقى أنواع جبس التشكيل فى جراحة العظام وتجهيز الأربطة الطبية.

درجة نعومته: يمر جبس التشكيل جميعه من منخل قياسى فتحته ١,٢٥ مم ولا يتبقى منه على منخل قياسى فتحته ٠,١٥ مم أكثر من ٥٪ بالوزن.

زمن الشك: لا يقل زمن الشك لجير التشكيل عن ١٥ دقيقة، ولا يزيد عن ٤٠ دقيقة.

قوة تحمله: لا تقل قوة تحمل هذا النوع للانحناء عن ١٥ كجم/سم٢ عند اختباره بعد مرور ساعة واحدة من إضافة الماء إليه ولا تقل عن ٤٠ كجم/سم٢ بعد مرور سبعة أيام من إضافة الماء إليه.

(د) الإنهيدريت:

وتركيبه الكيميائى (كاكب ا،) ويوجد الإنهيدريت فى الطبيعة نتيجة تبخر ماء البحر فى أحواض طبيعية مقفولة، كما أنه ينتج أيضًا من عملية حرق الجبس الخام واستمرار عملية تكليسه حتى يفقد كل ماء تبلوره.

الرخام وأحجار الزينة

يطلق الرخام على الصخور الجيرية المتحولة، أما أحجار الزينة فتطلق على جميع أنواع الصخور المستخدمة فى أغراض الزينة سواء كانت نارية أم رسوبية أم متحولة وأكثر أنواع الرخام وأحجار الزينة الشائعة فى جمهورية مصر العربية هى:

١ - الألباستر المصرى:

وهو أقل أنواع الرخام صلابة ولونه أصفر فاتح وبه عروق بيضاء ويوجد فى ثلاثة مناطق شرق بنى سويف، شرق أسيوط، العين السخنة. وللألباستر المصرى شهرة كبيرة لأنه يستخدم منذ عصر الفراعنة فى صنع التماثيل والزينة.

٢ - الرخام:

وهو نوع من الرخام يحتوى على حفريات مختلفة تعطى هذا النوع من الرخام لونه.

٣ - الرخام السكرى:

ويطلق على أحجار الزينة ذات البللورات المتساوية والتى يقارب شكلها شكل حبيبات السكر.

٤ - السربنتين:

ويطلق على ذلك النوع من الصخور الذى يتكون كلية من معدن السربنتين ويطلق عليه اسم الرخام الأخضر وهو يوجد فى وادى عطا الله فى جنوب الصحراء الشرقية.

٥ - البريشيا:

ويطلق على أحجار الزينة المكونة من قطع الصخور المختلفة المتماسكة وتعطى ألوانًا متعددة تبعًا لنوع ولون الصخور المكونة لها. وهو يوجد بالصحراء الشرقية بمنطقة (وادى الحمامات).

٦ - الأونكس:

وهو نوع من أحجار الزينة يعطى لمعانًا زجاجيًا وهذا الصخر ينتج من الحجر الجيرى الذى يتكون من آبار المياه الساخنة التى يترسب عليها هذا النوع من الصخور ويطلق عليه أحيانًا (الترافيرتينو).

٧ - الجرانيت:

ويستخرج من مدينة أسوان ويستخدم فى الإنشاءات وفى أغراض الزينة ومنه الأحمر والأسود والرمادى.

استخدام الرخام وأحجار الزينة:

يستخدم الرخام وأحجار الزينة فى عمل تكسيات للمبانى من الخارج أو الداخل وكذلك للأرضيات ويختار لهذه التكسيات أنواع الرخام الصلبة ذات الألوان الزاهية والقابلة للصقل والتلميع والتى تعطى انعكاسات جميلة للضوء، كما يستخدم الرخام فى صناعة الأثاث وفى تابلوهات الكهرباء وفى إنشاء النصب التذكارية والمقابر ودور العبادة.

الخرسانة

الخرسانة مادة سهلة التشكيل ومن أكثر مواد البناء شيوعًا. ويتطلب كل عمل إنشائى خواصً معينة فى الخرسانة لتناسب استعماله، ولذلك كان من الطبيعى أن يهتم المهندسون بالخواص الجيولوجية للمواد المكونة للخرسانة.

وأهم المواد الطبيعية التى تدخل فى صناعة الخرسانة هى الرمل والزلط وكسر الأحجار.

الخرسانة والمونة Concrete and Mortar

وتحضر من خلط ركام صخرى (Rock Aggregate) مع المواد اللاحمة وأهمها الأسمنت، فإذا كان قطر الركام الصخرى كبيرًا مثل الزلط والحصى فإنه ينتج الخرسانة، أما إذا كان الركام الصخرى من مواد قطرها أقل من ٢ مم مثل الرمل فإنها تسمى بالمونة. وهناك ٣ أنواع رئيسية من الخرسانة هى:

١ - الخرسانة الثقيلة Heavy Concrete

وتتكون من مواد من الرمل والحصى وقطع صخرية مثل الجرانيت والديوريت والجابرو والبازلت والدوليريت والكوارتزيور فيرى والحجر الرملى. أما الخرسانة الثقيلة التى تتكون من المخلفات الصناعية فيدخل فى تركيبها خبث الأفران العالية لصناعية الحديد والصلب، وقطع الكلنكر المتخلفة من صناعة الأسمنت، والحديد الخردة، والكربورندم.

٢ - الخرسانة الخفيفة Light Weight Concrete

ويدخل فى تركيبها صخور خفيفة مثل الحجر الخفاف (Pumice stone) والحمم البركانية ذات المسامية العالية والصوف الخشبى (Wood wool). أما المواد التى تحضر صناعيًا وتدخل فى تركيب الخرسانة الخفيفة فمنها خبث الأفران العالية بعد طحنه، مخلفات رماد الفحم، والطين المحروق، وكرات الصلصال المجوفة.

٣ - الخرسانة الخاصة بالمفاعلات الذرية Concrete for Nuclear Reactor

ويدخل فى تركيبها الأساسى معدنا المجنتيت والهيماتيت وأحيانًا بعض معادن البورون.

الخواص المميزة للرمل والزلط اللازم لصناعة الخرسانة:

يعتبر الرمل والزلط أرخص مصدر للمواد المستخدمة فى صناعة الخرسانة ويستخرج عادة من الرواسب النهرية (مثل رمل الهرم وزلط الخطاطبة) أو من الكثبان الرملية مثل رمل الساحل (رمل سيدى بشر) وتعتبر الرواسب النهرية أكثر ملائمة للأعمال الخرسانية المختلفة وذلك لأن حبيباتها مستديرة الشكل نتيجة تأثرها بالتيارات المائية، كما أن حبيباتها متدرجة بدرجة مناسبة، هذا بالإضافة إلى تآكل الأجزاء الضعيفة نتيجة الاحتكاك الذى يحدث أثناء نقل الرواسب.

أما رواسب الكثبان الرملية الناتجة بفعل الرياح فإنها أقل صلاحية من الرواسب النهرية ويرجع ذلك إلى نعومة حجم حبيباتها.

وتمتاز رواسب الرمل والزلط النهرية بزيادة نسبة ثانى أكسيد السيليكون بها وذلك بعكس رمال الكثبان الرملية التى فيها هذه النسبة قليلة.

ويوضح الجدول (٣٨) التحليل الكيميائى لبعض أنواع الرمال الشائعة فى جمهورية مصر العربية:

جدول (٣٨) التحليل الكيميائى لبعض أنواع الرمال

نوع الرمل / التركيب الكيميائى	رمل الهرم	رمل الخطاطبة	رمل سيدى بشر	رمل العجمى
ثانى أكسيد السيليكون	٪٩٦,٤٨	٪٨٨.٨٨	٪١١,٩٠	٪١,٧٢
أكاسيد الألومنيوم والحديد	٪٠.٨٢	٪٠.٨٠	٪١,٨٨	٪٠,٦٩
أكسيد الكالسيوم	٪١.٦٢	٪٤,٤٢	٪٤٥,٠٧	٪٥٤,٥٨
المغنسيوم	آثار	٪٠,١١	٪٠,٤٥	٪٠.١٧
ثالث أكسيد الكبريت	آثار	٪٠,٩٦	٪٠,٠٩	٪٠,١٤
كلوريدات وبروميدات وأيودات	آثار	٪١,٣٨	٪٥,٢٥	٪١,٤٨
الفقد بالتسخين	٪٠,٧٦	٪٣,٤٥	٪٣٥,٣٥	٪٤١,٢١
الرطوبة	٪٠,١٩	٪٠,٤٣	٪٠,٣٧	٪٠.٣٠

الخواص المميزة لكسر الأحجار اللازم لصناعة الخرسانة:

يستخدم أحيانًا كسر الأحجار فى عمل الخرسانة بالمناطق التى ينعدم فيها الرمل والزلط أو إذا كانت تكاليف نقل الرمل والزلط كبيرة.

ومن أمثلة كسر الأحجار الصالحة للاستعمال فى الخرسانة ما يأتى:

١ - الجرانيت:

صخر صلب ومتين ويعتبر كسر هذا الصخر من الأنواع الممتازة فى صناعة الخرسانة.

٢ - البازلت:

يعتبر أيضًا كسر هذا الصخر من الأنواع الممتازة فى صناعة الخرسانة.

٣ - الحجر الرملى:

يصلح كسر الحجر الرملى للخرسانة عندما يكون صلدًا وكثافته عالية، وأفضلها ما يتكون من حبيبات الكوارتز المتماسكة بمادة أكسيد الحديد المائى للسيليكا.

أما أنواع الحجر الرملى الكلسى التى تتماسك حبيباته بمادة كربونات الكالسيوم فإن كسره لا يصلح للأعمال الخرسانية وذلك لأنه يتعرض لتأثير أحماض الكربونيك والكبريتيك الموجودة بالهواء الجوى.

٤ - الحجر الجيرى:

يستخدم أحيانًا كسر بعض أنواع الحجر الجيرى الصلد ذو الكثافة العالية فى الأعمال الخرسانية. ولكن يجب تجنب الأنواع المسامية غير الصلدة.

الأسمنت

يعرف الأسمنت البورتلاندى أو سريع التصلد بأنه المادة الناعمة الناتجة عن طحن وتنعيم نواتج حرق المواد الجيرية والطينية لدرجة التسميت على أن تخلط هذه المواد قبل عملية الحرق خلطًا تامًا بنسبة معينة مع عدم إضافة أى مادة أخرى بعد الحريق سوى مادة الجبس محروقة أو غير محروقة والماء.

ويعتبر الأسمنت من أكثر مواد البناء ضرورة حيث لا يمكن أن تستغنى عنه المشروعات الهندسية. والأسمنت مادة سهلة التداول والتشكيل عند خلطها وبعد إضافة الرمل والزلط إليها تتكون الخرسانة ومع إضافة أسياخ الحديد إلى هذه الخلطة تنتج الخرسانة المسلحة.

ومن أهم المكونات الكيمائية اللازمة لصناعة الأسمنت: أكسيد الكالسيوم، والسيليكا والألومنيا وأكسيد الحديد، وتوجد هذه المكونات بوفرة فى الحجر الجيرى أو الطباشير والطين.

الحجر الجيرى:

تقع مصادر الحجر الجيرى إلى الشرق والجنوب من مدينة القاهرة. ويرجع تكوينها إلى عصر الأيوسين الأوسط.

وتمتد رواسب الحجر الجيرى من جبل الجيوشى شمالا إلى هضبة حلوان جنوبًا. وتختلف خواص الأحجار الجيرية من حجر لآخر، ويوضح الجدول (٣٩) بعض التحاليل للأنواع المختلفة من الأحجار الجيرية.

وتمتاز مناطق الحجر الجيرى القريبة من القاهرة بتنوع خواص الأحجار المستخرجة منها فتتدرج صلابتها من الأنواع الطباشيرية اللينة إلى الأنواع الدولوميتية الصلبة، ويختلف لون الحجر الجيرى المصرى من الأبيض المصفر إلى اللون البنى ويرجع ذلك إلى نسبة مكوناته.

ويتكون الحجر الجيرى أساسًا من كربونات الكالسيوم بالإضافة إلى نسبة تختلف من نوع لآخر من كربونات وأكاسيد الحديد والألومنيا بالإضافة إلى بعض المواد الطينية.

الطين:

أهم أنواع الطين المستخدمة فى صناعة الأسمنت هى:

جدول (٣٩)

تحليل بعض أنواع الحجر الجيرى

اسم المحجر	السيليكا	كربونات الكالسيوم	أكسيد المغنسيوم
جبل العباد	٣,١	٩١,٢	٣,١
جبل الرفاعى	١,٤	٩٤,٩	٤,٣
جبل بطن البقرة	٢,٦	٩١,٦	٢,٧
جبل طره	٥,٤	٩٠,٨	٥,٤
جبل حلوان	٣,٥	٩٣,٢	٣,٤
جبل أثر النبى	٣,٦	٩٢,٠	٢,٦
جبل الموصلا	٤,٣	٩٢,٠	٣,٢
جبل التبين	٣,٥	٩١,٥	٣,٢

الطين الطباشيرى (Chalk Clay)

ويظهر هذا النوع فى الجزء الأسفل من التكوينات الطباشيرية، وهو صلب داكن اللون ويحتوى على نسبة عالية من كربونات الكالسيوم مع قليل من البيريت وفوسفات الكالسيوم.

الطين الغرينى (Alluvial Clay)

ويوجد عند مصبات الأنهار وقيعان البحيرات الجافة. ويتميز هذا النوع بأنه خفيف وملمسه صابونى ولا يحتوى إلا على نسبة قليلة من كربونات الكالسيوم.

الطين الرملى (Loam)

ويطلق على الطين الذى يحتوى على السيليكا الحرة، وهو عبارة عن خليط من الرمل والطين ولا يستخدم هذا النوع فى صناعة الأسمنت إلا نادرًا وذلك لزيادة نسبة الرمل فيه.

الطين الصفحى (Shales)

وهو عبارة عن طين مضغوط بقوة مما أدى إلى تحجره ويتفكك هذا النوع إلى صفائح رقيقة.

الطين (Mud)

ويظهر على الأنواع غير النقية من الطين التى لم تتعرض للاندماج بواسطة الضغط وتتكون بعض أنواع الطين من تراب الجير المختلط مع الغرين.

الطين الجيرى (مارل) (Marl)

وهى مخاليط طبيعية من الطين وكربونات الكالسيوم، ويتميز النوع المستخدم فى صناعة الأسمنت بأنه عبارة عن رواسب جيرية ذات ملمس ناعم.

مواد الطين لصناعة الأسمنت فى مصر:

يؤخذ الطين اللازم لصناعة الأسمنت من الأراضى الزراعية التى يرسب النيل عليها كميات كبيرة من الطمى.

ثانيًا: مواد الرصف

إن مواصفات الصخور التى تستخدم فى رصف الطرق تختلف عن مواصفات مواد البناء وتعتمد على الظروف الجوية وحركة المرور على الطريق. ويجب أن تتوفر فى مواد الرصف المواصفات الآتية:

١ - يجب أن يكون الصخر صلبًا حتى يتحمل حركة المرور للسيارات وعربات النقل الثقيلة.

٢ – أن يعمل المسحوق الناتج من تآكل الصخر كمادة أسمنتية تكون طبقة ناعمة غير منفذة للماء على السطح.

٣ – أن يحتفظ الصخر ومسحوقه بالماء بخاصية التوتر السطحى وأن يتماسك مع المواد اللاحمة مثل البتيومين والأسفلت.

٤ – أن يقاوم الصخر الكسر نتيجة لضغط الأحمال الواقعة عليه أو لاحتكاك العجلات.

٥ – مقاومة عوامل التعرية حتى لا يتآكل الصخر وتعتمد هذه الخاصية أساسًا على صلابة الصخر ومتانته.

ويجب عند إنشاء الطرق فى المدن أو الطرق الزراعية أو الصحراوية أو طرق السكك الحديدية مراعاة ما يأتى:

١ – دراسة خواص وتركيب صخور الأساس التى ستنشأ عليها الطرق.

٢ – نوع الصخور المستعمل لإنشاء الطريق.

خواص صخور الأساس:

يجب أن تكون أساسات الطرق من الطمى والرمل والحصى، وفى حالة الطرق التى تنشأ فى المنخفضات يفضل أن تكون الصخور المفككة التى تغطى هذه المنخفضات من الحصى والرمل الجاف لأنها تتحمل أثقالا كبيرة على عكس الرمل المبلل والطين الذى له قوة تحمل صغيرة. أما أساسات كبارى السكك الحديدية فيجب إنشائها على صخور صلبة وأن تكون حبيباتها ذات حجم كبير، بينما فى حالة كبارى عربات النقل فإن أساساتها تكون ذات حجم صغير نسبيًا.

الصخور المستعملة فى الطرق:

(أ) الصخور النارية:

وأهمها البازلت والجابرو والريوليت والجرانيت وتستعمل كتل من الجرانيت لإنشاء الطرق التى تتحمل حركة النقل الثقيل كما فى الطرق التى توجد بالموانى أو المناطق الصناعية ويتميز الجرانيت بأن الفلسبار يتآكل بدرجة أكبر من الكوارتز وبذلك يصبح الطريق خشنًا بينما فى حالة الكوارتزيت يكون الطريق أملس ويساعد على الانزلاق، وبصفة عامة فإن الصخور التى تستعمل لإنشاء الطرق يفضل أن تتكون من معادن متقاربة فى الصلابة.

وأفضل أنواع الطرق هى تلك التى تغطى بالمكدام نسبة إلى اسم مخترع هذه الطريقة، ويتكون المكدام من قطع من صخور صلبة ذات أحجام منتظمة يتراوح قطرها من ٢,٥ سم إلى ٥ سم مختلطة مع مواد رابطة أو لاحمة، ويوضع المكدام على أساس صخرى من مادة تسمح بامتصاص

الذبذبات حتى يصبح السطح مرنًا ويمتص الاهتزازات الشديدة، ويجب أن تكون صخور المكدام صلبة وتقاوم الضغوط المفاجئة وأفضل المواد المستخدمة فى إنشاء الطرق هى الصخور النارية التى تتداخل حبيبات معادنها وخاصة المعادن المنشورية أو الليفية مثل الهورنبلند، أما الأوجيت فهو غير مناسب لأنه يتكسر بسهولة على مستويات تشقق المعدن. وأفضل الصخور النارية الحمضية استخدامًا هى البجماتيت الدقيق الحبيبات الذى يتكون فقط من الكوارتز والفلسبار، أما أفضل الصخور النارية القاعدية استخدامًا فهى الدوليريت وأحيانًا البازلت.

(ب) الصخور الرسوبية:

هذه الصخور أقل جودة كمواد لإنشاء الطرق لأن حبيباتها شبه المستديرة تتفكك بسهولة من المواد اللاحمة كما أن مسحوق الكوارتز لا يلتحم بسهولة، ويتميز الحجر الجيرى بأن مسحوقه لا يلتحم بسهولة كبيرة كما أنه يتماسك مع البتيومين والأسفلت بينما الجرانيت لا يلتحم بسهولة مع البتيومين ولهذا لا يكون صالحًا لعمل المكدام. وأكثر الصخور الرسوبية استخدامًا فى إنشاء الطرق هى الحجر الجيرى والدولوميت.

(جـ) الصخور المتحولة:

قد يستخدم النيس أحيانًا كمادة لرصف الطرق، غير أن معظم الصخور المتحولة لا تصلح كمواد للرصف نتيجة وجود مستويات التورق بها.

وطبقًا للاختبارات التى تجرى على مواد الرصف فإن العلاقة بين حركة النقل وصلابة المواد المستخدمة فى إنشاء الطريق موضحة بالجدول (٤٠).

ودرجة الصلابة فى خلطة المكدام يمكن قياسها عادة بالارتفاع مقدرًا بالسم الذى يسقط منه ثقل قدره ٢ كجم لكى تنكسر أسطوانة من خلطة المكدام قطرها واحد بوصة وطولها بوصة واحدة. أما الصخور غير صالحة الاستعمال لرصف الطرق فتشمل الصلصال والطفل والرخام والإردواز لأنها ضعيفة وسهلة الكسر.

جدول (٤٠)

العلاقة بين حركة النقل وصلابة مواد الرصف

حركة النقل فى اليوم الواحد	الصلابة
١٠٠ عربة	٥ – ٩
١٠٠ – ٢٥٠ عربة	١٠ – ١٣
أكثر من ٢٥٠ عربة	١٠ – ١٩

1. Bates, R, L., Geology of the Industrial Rocks Mincrals Harper and row, New York, (1960).
2. Hiller, J.E., Mineral Raw Materials: Springer Varlag, Stuttgrt, (1962).
3. Kieslinger, R., rocks for Building and Plastics: Springer Verlag, Vienna, (1961).
4. Merrill, G.P., Stones for Building and Decoration: Wiley, New York, (1910).
5. Moos. A.V., and F. Quervain, Technische Gestein skunbe: Birkhauscr Verlag, Brsel and Stutgart, (1967).
6. Seeley, W., Industrial Minerals and rocks: American Institue of Mining and Metallurgical Engineers, New York (1960).

٧ – موارد الثروة المعدنية فى مصر: المهندس عز الدين الزغبى، نشرة الاتحاد المصرى لصناعة التعدين والبترول من ص ١٣٥ إلى ص ١٦٣، العدد الثانى، أغسطس (١٩٥٣).

٨ – استغلال الخامات المعدنية المصرية فى الصناعة: للأستاذ عبد الحميد الدفراوى، نشرة الاتحاد المصرى لصناعة التعدين والبترول من ص ٣٣ إلى ص ٥٢، العدد التاسع أبريل (١٩٥٤).

٩ – تكنولوجيا الخراسانة: الناشر عالم الكتب بالقاهرة (١٩٦٧). تأليف: د. أحمد العريان، د. عبد الكريم عطا.