جامـــعة دمـــشق
كليـــــة الهندسة المدنية
قسم هندسة النقل ومواد البناء

رص التربة – دور طبقات الرصف

المحاضرة 12

هندسة الطرق

محتوى المحاضرة:

الرص و أهدافه

تجربة بروكتور

دور طبقات الرصف – أنواع المواد الحصوية

الرص و أهدافه:

تعرف 1: هو تطبيق قدرة ميكانيكية على التربة مما يؤدي إلى إنقاص الفراغات الهوائية دون خروج الماء (أي نسبة الرطوبة ثابتة w%)

تعرف 2 : هو زيادة الكثافة الحجمية (زيادة واحدة الوزن الحجمي) عن طريق إنقاص الفراغات الهوائية وزيادة التشابك والارتباط بين الجزيئات الصلبة.

أهداف الرص:

1. زيادة مقاومة التربة على القص.
2. تقليل إمكانية تسرب مياه الأمطار إلى جسم الطابق الترابي.
3. إنقاص الهبوطات في جسم الطريق الناجمة عن الحمولات.
4. إنقاص التغيرات الحجمية من انكماش وانتفاخ التربة تبعاً لفصول السنة.

فعالية رص التربة تتعلق بـ :

1. طبيعة التربة
2. الطريقة التي يتم بها الرص.

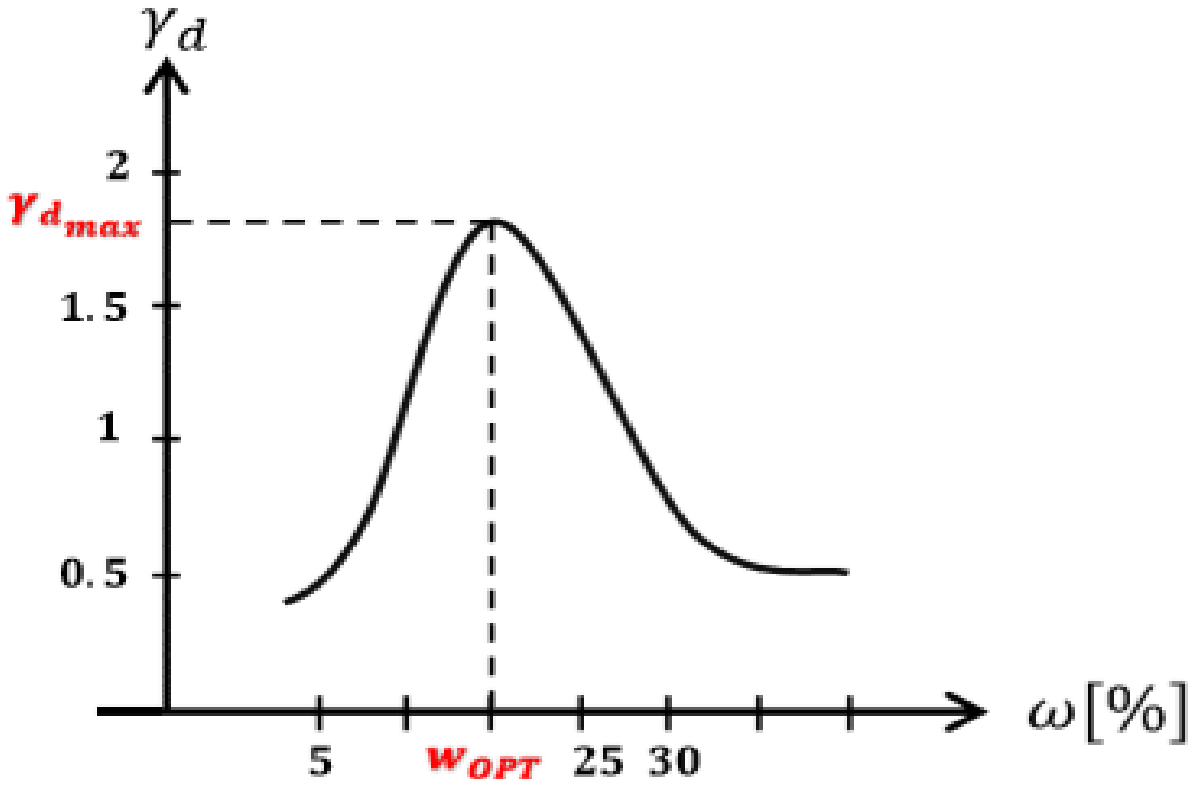
الكثافة الحجمية تتوقف على:

1. نوعية التربة (غضارية – سيليتية....)
2. نسبة الرطوبة W%
3. الأدوات المستخدمة في عملية الرص.

يتم زيداة فعالية الرص: بإضافة الماء إلى التربة لأنه يعمل على تخفيف الاحتكاك بين الجزيئات الصلبة أثناء عملية الرص أي نزيد نسبة الماء لنحصل على الرطوبة المثالية ω_{opt} التي تتوقف على الكثافة الجافة الاعظمية، ويتم تحديد ذلك من خلال تجربة بروكتور.

تجربة بروكتور:

الهدف: تحديد الرطوبة المثالية (الأصولية) ω_{opt} الموافقة للكثافة الجافة $\gamma_{d_{max}}$ الأعظمية تحت تأثير طاقة رص محددة وذلك من أجل مراقبة درجة الرص في الحقل.



منحني بروكتور: نلاحظ عند إضافة الماء تدريجياً (زيادة الرطوبة) ← تزداد الكثافة الجافة γ_d ,وذلك حتى الوصول إلى نقطة معينة $\gamma_{d_{max}}$ ثم تعود بالانعكاس، فعند إضافة الماء إلى التربة فإنه يقوم بتغليف حبات التربة بطبقة رقيقة حيث يكون هناك شد سطحي بين حبات التربة يعيق انزلاقها على بعضها تحت تأثير طاقة الرص، ولكن بزيادة الماء تدريجياً فإن سماكة الطبقة المائية المحيطة بالحبات تزداد، وبالتالي يؤدي ذلك إلى انخفاض الشد السطحي من جهة وسهولة انزلاق الحبات من جهة آخرى.

بالتالي يكون هناك توضع للحبات فيعطي حجماً أقل (كثافة أكبر) $\gamma = \frac{M}{V}$ وهكذا حتى الوصول إلى نسبة الرطوبة المثالية (الأصولية) وبعدها يلعب الماء دوراً عكسياً.

كما نعلم أن الماء غير قابل للانضغاط بالتالي يحصل تباعد بين حبات التربة أي تقل الكثافة.

تجربة بروكتور النظامية والمعدلة:

تجربة بروكتور النظامية: تعتمد طاقة رص معتدلة وتطبق في حال بناء السدود المائية والمنشآت التي لا تحتاج لقدرة رص كبيرة بشكل عام.

تجربة بروكتور المعدلة: تعتمد طاقة رص كبيرة وتستخدم في أساسات الطرق ومدرجات المطارات وكافة المشاريع التي تحتاج إلى طاقة رص كبيرة (المنشآت التي تتعرض لحمولات ديناميكية كبيرة).

الجدول التالي يوضح الاختلاف بين تجربة بروكتور النظامية والمعدلة

$$1\ Pounds\ (lb) = 0.454\ (kg)$$

	عدد الطبقات	عدد الضربات	ارتفاع السقوط	وزن المطرقة	الحاجة للرص	الاستخدامات
بروكتور النظامية	3	25 ضربة لكل طبقة	12 *Inch*	5.5 *Lb*	طاقة رص معتدلة	السدود والمنشآت التي لا تحتاج لرص كبير
بروكتور المعدلة	5	56 طربة لكل طبقة	18 *Inch*	10 *Lb*	طاقة رص كبيرة	المنشآت التي تتعرض لحمولات كبيرة

طاقة الرص الأصغرية وطاقة الرص الأعظمية:

طاقة الرص الأصغرية: هي الطاقة التي تكون أقل بقليل من الطاقة التي تعطيها تجربة بروكتور النظامية وهي أصغر طاقة رص يمكن تطبيقها على جسم طابق ترابي حتى لا يتعرض لهبوطات أثناء الاستثمار.

طاقة الرص الأعظمية: هي الطاقة التي تكون أعلى بقليل من الطاقة التي تعطيها تجربة بروكتور المعدلة وهي أعظم طاقة رص يمكن تطبيقها حتى لا يحدث انكماشات خلال فصول السنة.

الترب الغضارية: يجب أن لا تقل درجة الرص عن 90%

الترب الرملية: يجب أن لا تقل درجة الرص عن 95%

المقصود بدرجة الرص (الرص النسبي) هي حاصل قسمة الكثافة الجافة الحقلية γ_{d_f} على الكثافة الجافة الأعظمية الموافقة لتجربة بروكتور (النظامية أو المعدلة):

$$D = \frac{\gamma_{d_f \text{حقلية}}}{\gamma_{d_{max}} \text{بروكتور}}$$

D درجة الرص

γ_{d_f} الكثافة الجافة الحقلية

$\gamma_{d_{max}} = \gamma_{d_{proc}}$ الكثافة الجافة الأعظمية حسب تجربة بروكتور (النظامية أو المعدلة)

خطوات تجربة بروكتور:

1) نحسب الكثافة الرطبة للعينة والتي تساوي وزن العينة الرطبة مقسوماً على حجمها.

$$\gamma = \frac{M_{total}}{V_{total}}$$

2) نحسب وزن الماء: وزن العينة الرطبة مطرحاً منها وزن العينة الجافة.

$$w_{water} = w_{wet} - w_{dry}$$

3) نحسب وزن العينة وهي جافة: وهي عبارة عن وزن العينة جافة مع العلبة ناقص وزن العلبة.

4) نجسب الرطوبة W% وهي وزن الماء مقسوماً على وزن العينة الجافة

$$\omega = \frac{\text{وزن ماء}}{\text{الوزن الجاف}}$$

5) نحسب الكثافة الجافة:

$$\gamma_d = \frac{\gamma}{1+\omega}$$

كي تكون النتائج واقعية يجب مراعاة ما يلي:

1. يفضل ألا تزيد نسبة العناصر الخشنة (البحص) (التي أبعادها أكبر من 20mm) عن 30%.
2. يفضل استبدال العناصر الخشنة بوزن مكافئ من التربة نفسها أبعادها بين

5 ← 20 mm وفي حال عدم الاستبدال يجب تصحيح النتائج باستخدام العلاقتين:

$$\gamma_{d_{1max}} = \frac{\gamma_{dmax}}{1 - X\%\left(\frac{1-\gamma_{d_{max}}}{G * \gamma_w}\right)}$$

$$\omega_1 = (1 - X\%)\omega\%$$

$\gamma_{d_{1max}}$ الكثافة الجافة الأعظمية المصححة. G الوزن النوعي

ω_1 الرطوبة المصححة X نسبة العناصر الخشنة γ_w الوزن الحجمي للماء

مسألة:

أجريت تجربة بروكتور على تربة ما وأعطت النتائج التالية:

الرطوبة المثالية: $\omega_{opt} = 14\%$ الكثافة الجافة

الأعظمية: $\gamma_{d_{max}} = 1.85\ g/C\ m^3$

نسبة العناصر الخشنة: x=12% الكثافة الجافة الحقلية:

$$\gamma_{d_f} = 1.7\ g/C\ m^3$$

الوزن النوعي للتربة $G = 2.7\ g/C\ m^3$

والمطلوب:

1. الكثافة الجافة الاعظمية المصححة.
2. الرطوبة المصححة.
3. إيجاد درجة الرص ومقارنتها مع المواصفات.

الحل:

$$\gamma_{d_{1max}} = \frac{\gamma_{dmax}}{1 - X\%\left(\frac{1 - \gamma_{d_{max}}}{G * \gamma_w}\right)} = \frac{1.85}{1 - 12\%\left(\frac{1 - 1.85}{2.7 * 1}\right)}$$

$$= 1.783 \ \ g/c\,m^3$$

$$\omega_1 = (1 - X\%)\omega\% = (1 - 12\%)14\% = 0.1232 = 12.32\%$$

$$D = \frac{\gamma_{d_f \text{حقلية}}}{\gamma_{d_{max}} \text{بروكتور}} = \frac{1.7}{1.783} = 0.953 = 95.3\%$$

بما انه لم يذكر نوع التربة نفرضها رملية.. بوالتالي نجد أن درجة الرص مطابقة مع المواصفات لأن الترب الرملية كما تعلمنا سابقاً لا يجب أن تقل درجة الرص عن 95%

العوامل المؤثرة على درجة الرص في المخبر:

1. **طاقة الرص** : إن طاقة الرص تؤثر على منحني الرص حيث إن منحني بروكتور المعدل يعطي قيم أعلى من منحني بروكتور النظامي وذلك لأن طاقة الرص أكبر وكذلك وزن المطرقة وارتفاع السقوط وعدد الضربات أيضاً تكون اكبر.
2. **نوعية التربة** : الترب الرملية تعطي كثافة جافة عالية فنلاحظ وجود ذروات عالية في المنحنيات، أما الترب الغضارية فتعطي منحنيات أكثر تفلطحاً من منحني رص الترب الرملية والترب السيليتية.
3. **تأثير العناصر الخشنة**: لتكون نتائج بروكتور واقعية يجب ألا تزيد نسبة المواد الخشنة على 30 % وفي حال كانت أكبر من 30 % يفضل استبدالها بوزن مكافئ أو تصحيح نتائج التجربة من كثافة أعظمية ونسبة الرطوبة (العناصر الخشنة لها تأثير كبير على درجة الرص).

يجب ألا تؤدي طاقة الرص إلى حدوث تشوهات (انتفاخ أو انكماش) خلال فترة الاستثمار .

يجب رص الردميات على طبقات بحيث لا تزيد سماكة كل طبقة على 30 سم .

مثال: أي في حال كانت طبقة ما تحت الأساس بسماكة 70 سم فإننا نفرد هذه الطبقة على ثلاث مراحل حيث نفرد الطبقة الأولى 30 سم ونقوم برصها ومن ثم نفرد فوقها الطبقة الثانية 30 سم ونقوم برصها ومن ثم نفرد فوقها الطبقة الأخيرة ونرص الثلاثة معاً (في حال كانت السماكة 60 سم فإننا نرص الطبقة على مرحلتين).

فعالية الرص تكون جيدة في الترب ذات التدرج الحبي الجيد وينصح ألا تقل قرينة اللدونة عن 6 $(PI \geq 6)$

آلات الرص المستخدمة في مشاريع الطرق :

1. **مداحل بدواليب ملساء**: هي الأكثر استخدام وزنها يتراوح بين $(4 \rightarrow 18\ Ton)$ وينصح ألا تتجاوز سماكة الطبقة 15 سم عند الرص , وعدد الأشواط اللازمة بين 8 لـ 4 " الشوط ذهاباً وإياباً "
2. **مداحل بدواليب مطاطية**: فعالة في الترب اللدنة وغير فعالة في الترب الرملية وزنها يصل على 20 tonوسماكة الطبقة 30 سم وعدد الأشواط بين 8 ل 12
3. **مداحل أرجل الغنم**: تستخدم بشكل أساسي للترب الغضارية المتماسكة وسماكة الطبقة من 15 ل 20 سم وعدد الأشواط يصل إلى 24 شوط
4. **المداحل الرجاجة الثابتة**: مبدؤها يعتمد على تطبيق الضغط مع الرج في عملية الرص وتصلح للترب المفككة وسماكة الطبقة لا تتجاوز 15 سم وتوتر الآلات العملي بين 1000 – 4000 دورة في الدقيقة.

في الترب البحصية بعد استخدام المداحل المطاطية لا بد من استخدام المدال الملساء للحصول على رص جيد على كامل عرض الطبقة.

بعد استخدام المداحل الرجاجة يجب استخدام المداخل ذات الدواليب الملساء كي يكون الرص منتظماً على كامل عمق الطبقة.

في الترب الغضارية بعد استخدام مدال أرجل الغنم يجب استخدام المداحل الملساء للحصول على سطح مستو.

العوامل المؤثرة على الرص في الحقل (الورشة) :

يوجد أربع عوامل وهي:

1. نسبة الرطوبة في التربة.
2. عدد الأشواط اللازمة لإتمام عملية الرص.
3. ضغط التماس σ_z .
4. تشوه الطبقة الحاملة.

نسبة الرطوبة في التربة:

وتؤثر بشكل مشابه لتجربة بروكتور.

عدد الأشواط اللازمة لإتمام عملية الرص.

ويعطى قانونها بالعلاقة:

$$N = \frac{C * E}{A * Q * \alpha}$$

N عدد الأشواط C طاقة الرص بالمخبر. E سماكة الطبقة المرصوصة.

Q الضغط المطبق في جهاز الرص. A مقدار الهبوط نتيجة الرص

α يتعلق بنوع التربة ويساوي ← 0.5 في حال كانت الترب غضارية

← 1 في حال كانت التربة حجر مكسر

ضغط التماس :

هو حاصل قسمة وزن المدحلة على سطوح التماس:

$$\sigma_z = q * \left(1 - \frac{z^3}{(a^2 + z^2)^{3/2}}\right)$$

σ_z ضغط التماس q القوة الموزعة الناتجة عن وزن المدحلة.

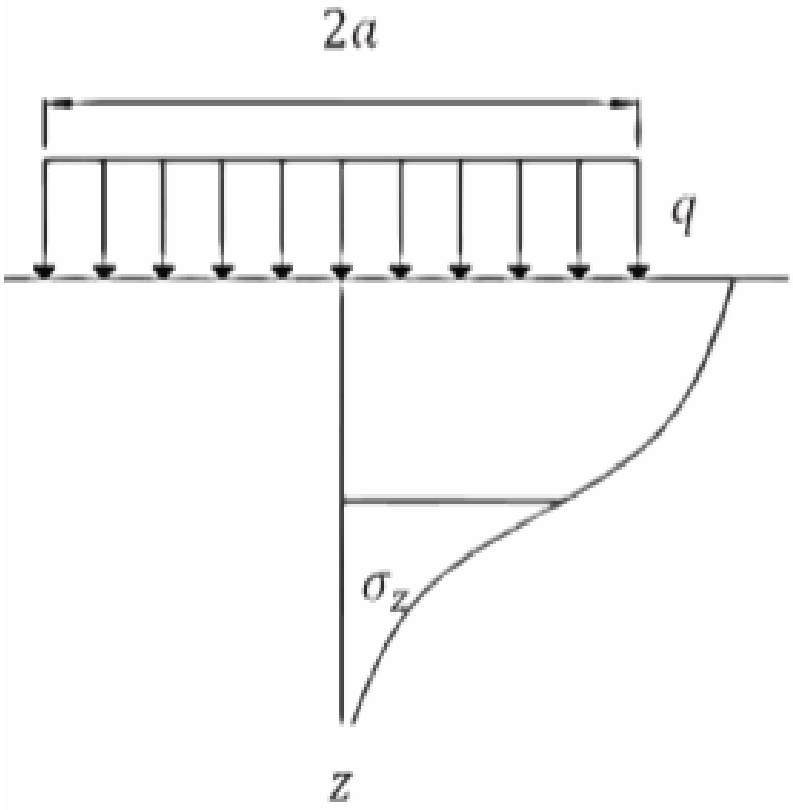
Z بعد النقطة المدروسة a مساحة سطح التماس.

من القانون نلاحظ:

تزايد مساحة سطحالتماس a مع ثبات q

تزايد فعالية الرص بزيادة q مع بقاء a ثابتة

تتناقص فعالية الرص مع العمق.



تشوه الطبقة الحاملة

يكون الرص أكثر فقالية كلما كانت الطبقة الحاملة أكثر صلابة، وعلمياً يصعب رص طبقة تستند على طبقة سلتية من النوع (A-4) والتي تعطي تشوهات مرنة أثناء مرور المدحلة وبعد مغادرتها تعود إلى وشعها الطبيعي.

مراقبة الرص في الحقل

لمراقبة الرص يحب معرفة درجة الرص (الرص النسبي) $D = \gamma_d / \gamma_{dmax}$ لمعرفة الكثافة الحقلية γ_{dt} نأخذ عينات من التربة المتماسكة المرصوصة من اجل تحديد وزن و حجم و رطوبة كل عينة ، اما بالنسبة للترب الرملية المفككة فيتم قياس حجم العينة بطريقة استبدال الحفرة برمل معروف الوزن الكثافة النوعية (جهاز المخروط الرملي) حيث يتم حفر حفرة وملؤها بالرمل بواسطة قمع مخروطي ، وبمعرفة كثافة الرمل و المسامية نستطيع إيجاد حجم الرمل الذي ملأ الحفرة وبالتالي حجم الأسطوانة وحساب γ_{dt}

القياس بواسطة الإشعاع النووي

مبدأ العمل:

يعتمد على وجود مصدر للطاقة النووية الذي يسمح بإصدار فوتونات (أشعة غاما) ونترونات عالية السرعة ويتم استقبالها بشكل منفصل بواسطة عداد حيث:

- يدل عدد الفوتونات الملتقطة خلال مدة زمنية محددة على الكثافة الرطبة γ_d
- يدل عدد النترونات خلال مدة زمنية محددة على نسبة الرطوبة.
- وأخيراً ثم نحسب الكثافة $\gamma_d = \frac{\gamma}{1+\omega\%}$
- مدة القياس من 5 ل 3 دقيقة وتسمح بالتحقيق من درجة الرص لعدد كبير من النقاط وعملها سريع لا يعيق عمل الورشة.

تجربة نسبة تحمل كالفيورنيا C.B.R

تعريف : هي تجربة ليس لها أساس نظري وتجرى باستخدام جهاز C.B.R على عينة مرصوصة معلومة الكثافة والمحتوى وتعرف بأنها حاصل قسمة نسبة تحمل التربة المدروسة إلى نسبة تحمل المقالع الكالفورنية

ينصح بإجراء هذه التجربة حقلية على الترب غير المتجانسة ، اما في حال التجانس فيفضل إجراؤها في المخبر.

عندما تقول أن لدينا تربة نسبة تحملها 45% فإننا نقصد أن نسبة تحملها هي 45% من نسبة تحمل كاليفورنيا.

دور طبقات الرصف – أنواع المواد الحصوية:

إن تصميم منشأة طرقية يعني تحديد أمرين وهما:

1. سماكة طبقات الرصف.
2. الخلائط الحصوية المستخدمة في طبقات الرصف وذلك تبعاً للمواصفات المطلوبة حيث أن التصميم يعتمد على قيمة الحمولات المحورية ESAL وقدرة تحمل كاليفورنيا CBR والشروط المناخية والشروط الهيدرولوجية و أماكن تواجد الخلائط الحصوية.

اولاً: عناصر طبقات الرص و دور كل منها

1) طبقة المجبول الإسفلتي أو الطبقة السطحية (القميص) وتنقسم لقسمين:

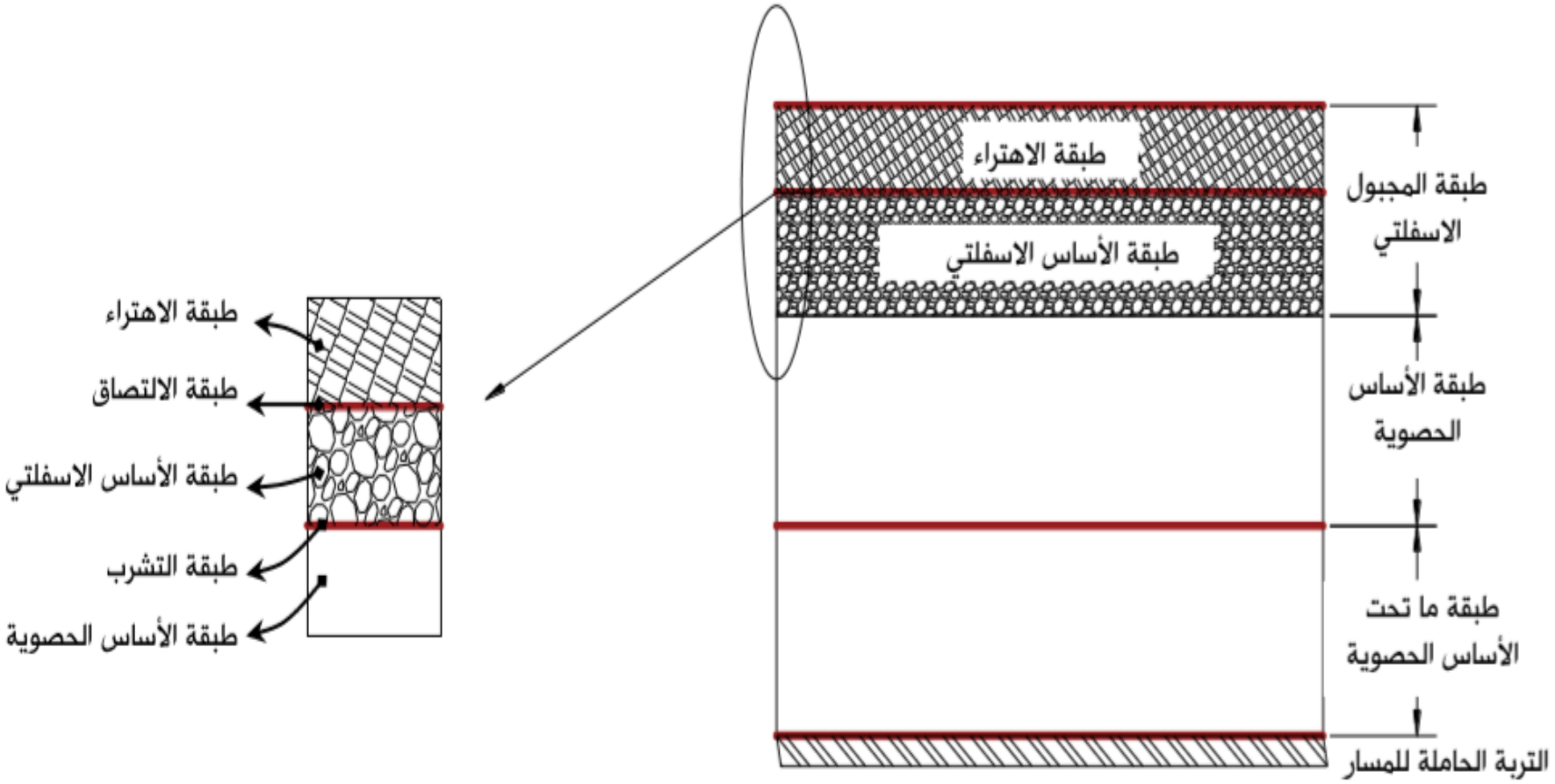
- طبقة الاهتراء
- طبقة الأساس الإسفلتي (المجبول الإسفلتي الأساسية).

يربط بين طبقة (الاهتراء و الأساس الإسفلتي الاساسية) طبقة الالتصاق.

2) طبقة الأساس الحصوية.

3) طبقة ما تحت الأساس الحصوية.

4) طبقة التربة الحاملة للمسار


طبقة الاهتراء
طبقة الالتصاق
طبقة الأساس الاسفلتي
طبقة التشرب
طبقة الأساس الحصوية
طبقة الاهتراء
طبقة الأساس الاسفلتي
طبقة المجبول الاسفلتي
طبقة الأساس الحصوية
طبقة ما تحت الأساس الحصوية
التربة الحاملة للمسار

- بين طبقة الاهتراء وطبقة الأساس الإسفلتية يوجد طبقة تسمى بطبقة الالتصاق حيث ترش كطبقة من البيتومين السائل للربط بين الطبقتين حسب المواصفات ونسميها أيضاً الطبقة اللاصقة الإسفلتية (البيتومينية) فهي تؤمن الالتصاق بين طبقة الأساس الإسفلتية وطبقة الاهتراء.
- بين الطبقة السطحية (الاهتراء والمجبول الإسفلتية) وطبقة الأساس الحصوية توجد طبقة تسمى طبقة التشرب حيث ترش كطبقة من البيتومين السائل على طبقة الأساس الحصوية ومهمتها:

1. توفير العزل بين الطبقتين وذلك بسد المسامات في الطبقة السطحية.
2. تأمين الالتصاق بين الطبقة السطيحة وطبقة الأساس الحصوية.

طبقة المجبول الأساسية أو السطحية أو القميص:

تقسم الطبقة السطحية إلى طبقتين (طبقة الاهتراء + طبقة المجبول الإسفلتي الأساسية) وهي أجود الطبقات من حيث التنفيذ ويتم تنفيذها وفقاً للحالتين:

- **حالة الرصف المرن**: يتم تنفيذها من خلائط الحصوية تتكون من البيتون البيتومني الاسفتلي.
- **حالة الرصف الصلب**: يتم تنفيذها من خلائط الحصوية تتكون من البيتون الاسمنتي.

تقسم الطبقة السطحية إلى طبقتين بسبب الصيانة ، حيث نفرش:

أولاً: طبقة الأساس الاسفلتي الأساسية .

ثانياً: ثم نفرض طبقة الالتصاق التي تساعد على تماسك الطبقة العلوية والسفلية.

ثالثاً: ثم نفرش طبقة الاهتراء.

وعندما نريد الصيانة نقوم بإزالة طبقة الاهتراء أو نعيد ترميمها.

خواص الطبقة السطحية:

1. **مقاومتها على عزم الانعطاف ضعيفة**: لذلك يجب أن تكون الإجهادات المنقولة إلى تربة المسار لا تتجاوز قيمة نسبة تحمل CBR المستخدمة في تصميم طبقات الرصف.
2. **تتعرض للحمولات والعوامل الجوية** : لذلك يجب أن تكون مواصفات تصميمها تتناسب مع ما تتعرض له أي يجب أن تكون اجود الطبقات المصممة.

دور الطبقة السطحية أو القميص أو طبقة المجبول الاسفلتي :

1. يجب أن تقاوم الإجهادات الناظمية الناجمة عن حركة المرور والتي تقدر بـ

   ($700 \rightarrow 1500 \frac{KN}{M^2}$) و الذي هو ضغط إطار السيارات عند سطح التماس a

2. يجب ان تقاوم العوامل الجوية والاهتراء والصدم والزحف الناتج عن الحمولات .
3. تأمين الراحة و الأمان لمستخدمي الطريق من ركاب وسائقين .
4. تأمين الكثافة لمنع تسرب المياه السطحية إلى جسم الطابق الترابي (جسم الطريق).

طبقة الأساس الحصوية :

- هي الطبقة التي تأتي مباشرة تحت الطبقة السطحية وتمثل الجزء المقاوم والحامل من الغطاء ويتم فيها تخامد الإجهادات الشاقولية.
- ويتم تنفيذها من الخلائط الحصوية (حجر مكسر أو المواد المعالجة بروابط كيميائية مثل الإسمنت أو الكلس أو البيتومين).
- مواصفاتها أقل جودة من مواصفات الطبقة السطحية.

دور طبقة الأساس الحصوية :

1. تأمين مقاومة وحمل جيد للطبقة السطحية.
2. تخفيض الإجهادات الشاقولية الناجمة عن حمولات إلى تربة المسار.
3. مقاومة الإجهادات الحرارية اليومية أو السنوية تبعاً لتغير فصول السنة.
4. حماية تربة المسار من فعل الصقيع في حالة الرصف الصلب.

طبقة ما تحت الأساس الحصوية :

- يتم إنشاؤها من مواد لا تتأثر مقاومتها بالرطوبة.
- موادها الحبيبية ذات تدرج مفتوح بحيث تسمح بمرور المياه من الأعلى إلى الأسفل فقط.
- في حال كانت تربة المسار ذات مواصفات جيدة او كان الطريق من الدرجة غير الدرجة الأولى (أي لا يمر عدد كبير من المركبات فوقها وبالتالي لا يتجمل إجهادات كبيرة بشكل مستمر) فيمكن الاستغناء عن طبقة ما تحت الأساس عدا عن هذه الحالة فإن وجود هذه الطبقة يكون ضرورياً.

دور طبقة ما تحت الأساس الحصوية:

1. الاقتصاد في طبقة الأساس أي عند استخدام طبقة ما تحت الأساس فإننا نقتصد في سماكة طبقة الأساس ولا تكون بالجودة المستخدمة في حال عدم وجود طبقة ما تحت الأساس.
2. معالجة تسرب المياه الجوفية ومياه الأمطار.
3. تعتبر طبقة استناد جيدة لطبقة الأساس الحصوية...فمثلاً من الصعب تنفيذ طبقة أساس حصوية بسماكة 20cm على قاعدة ذات صلابة ضعيفة (تربة المسار)
4. إعطاء رص متجانس بأسفل طبقة الأساس الحصوية.
5. المساعدة على تخفيف الإجهادات مع زيادة العمق.

طبقة تربة المسار:

هي الطبقة الاخيرة التي تستقبل الإجهادات وتتألف من التربة الطبيعية ثم تسويتها من (20➔ 25 cm) لاستقبال طبقات الرصف التي ستتوضع فوقها ويجب ألا تزيد الإجهادات المنقولة لها عن قيمة CBR المطلوبة أثناء التصميم.

دور طبقة تربة المسار:

1. إعطاء سطح متجانس لطبقة ما تحت الأساس الحصوية مما يساعد في عملية الرص.
2. التخفيف من توقف ورشة العمل في فصل الشتاء.
3. السماح لآلات الورشة بالحركة بشكل مريح.

ثانيا: انواع الخلائط الحصوية المستخدمة في طبقات الرصف

حسب المنشأ:

1. **طبيعية**: ناتجة عن عمليات الحت والتعرية (بقايا المقالع) وتميز بأن حوافها مستديرة تحتوي مختلف الحجوم كما في مجاري الأنهار والسيول.
2. **صناعية**: ناتجة عن تكسير الكتل الصخرية بالكسارات في المقالع كما تسمى (بالحجر المكسر) وتكون حوافها حادة وحجومها حسب الطلب.

أنواعها:

1) خلائط حصوية تحوي **قليل من المواد الناعمة**:

نفوذيتها: عالية بسبب وجود الفراغات الكبيرة

ثباتها: ضعيف

حساسيتها نحو الصقيع: شبه معدومة.

2) خلائط حصوية تحوي **مواد ناعمة كافية لملأ الفراغات بين الحبات الحصوية الخشنة**:

نفوذيتها: ضعيفة ثباتها: أعلى من الخلطة الحصوية السابقة

حساسيتها نحو الصقيع: موجودة كثافتها: عالية

3) خلائط حصوية تحوي **نسب عالية من المواد الناعمة** وبالتالي التماس بين الحبات الخشنة معدوم وبالتالي لثباتها فهي تعتمد على خاصية حساسية المياه (الخاصة الشعرية)

نفوذيتها: منخفضة حساسيتها نحو الصقيع: موجودة كثافتها: منخفضة

معادلة منحني التوزيع الحبي لخليط :

$$P = 100 * (d/D)^{0.5}$$

P: نسبة المار من المنخل ذو الفتحة d

d قطر الحبة المدروسة.

D قطر أكبر حبة في الخليط

عامل الانتظام (التجانس):

وهو يعبر عن انتظام الحبات:

$$C_u = \frac{D_{60}}{D_{30}}$$

D_{60} قطر المنخل التي تمرر 60%

D_{30} قطر المنخل التي تمرر 30%

ولدينا الشرط $4 < C_u$

عامل الانحناء (الارتباط):

وهو يعبر عن انحناء منحني التوزيع الحبي

$$C_z = \frac{D_{30}}{D_{60} * D_{10}}$$

D_{10} قطر المنخل التي تمرر 10%

ولدينا الشرط: $1 < C_z < 3$

في حال تحقق الشرطين السابقين ($4 < C_u, 1 < C_z < 3$) نقول أن التربة ذات **تدرج حبي جيد**.

في أعمال الطرق تستخدم الترب الخشنة ذات التدرج الحبي الجيد ونستبعد الناعمة:

لأن الترب الناعمة تكون شرهة للماء وحساسة للصقيع وسطحها النوعي كبير.

الشروط المطلوبة للخلائط الحصوية والمواد الناعمة حسب ASTM:

1) المراد الناعمة من المنخل رقم N.200 (0.075mm)

لا تزيد عن 60% من المواد المارة من المنخل رقم N.30 (0.6mm)

لا تتجاوز 12%

المكافئ الرملي أكبر من 55%

2)المواد المارة من المنخل رقم N.40 (0.425mm)

حد السيولة لها لا يزيد عن 25

قرينة اللدونة أقل من 4

المكافئ الرملي لا يقل عن 35%

3) الطبقة السطحية (القميص) (طبقة المجبول الإسفلتي) يجب ألا يتجاوز القطر الأعظمي للحبات الحصوية المستخدمة في الخلطة 1/3 من سماكة الطبقة الحصوية.

التجارب المطلوبة أثناء تصميم الخلطة الخرسانية

المقاومة (تجربة التفتت):

يجب أن تكون الحصويات ذات مقاومة كافية للإجهادات الناجمة عن الحمولات والتجربة التي تدرس مقاومة الحصويات, وتسمى تجربة التفتت.

تجربة التفتت:

توضع عينة من المواد الحضوية(12.5 mm➔10) ضمن قالب معدني, وليكن وزنها W1 وترض على ثلاثة طبقات حيث ترص كل طبقة ب 25 ضربة تحت مكبس هيدروليكي بحمولة 40 ton وبمعدل 4ton لكل دقيقة, بعد 10 دقائق ترفع العينة وتمرر على المنخل ذو القطر 2.36 mm ونحسب وزن العينة وليكن W2 , عندها يمكن حساب عامل التفتت من خلال العلاقة:

$$f_c = w_2/w_1$$

كلما كانت قيمة عامل التفتت صغير➔ المقاومة كبيرة, ولأعمال الطرق يشترط للطبقة السطحية $f_c \leq 30\%$ ولطبقة الأساس الحصوية $f_c \leq 45\%$ ونسبة أكبر لطبقة ما تحت الأساس

الصلابة (تجربة لوس أنجلوس):

تتعرض الحصويات إلى احتكاك مستمر نتيجة حركة المرور والذي بدوره يؤدي إلى تآكل جزء من الحصويات لذلك يجب أن تكون صلابة هذه الحصويات كافية لمقاومة الأفعال.

تجربة لوس أنجلوس:

أسطوانة قطرها الداخلي 70cm وطولها 50cm وتدور حول محور أفقي بعدد دورات ثابت و يوجد فيها كرات (445 g ➔ 390), نختار وزنها و عددها تبعاً للتركيب الحبي المطلوب, ومزودة بفتحة يتم فتحها و إغلاقها ببراغي ليتم إدخال العينة إلى داخل الأسطوانة

طريقة العمل:

توضع العينة المحجوزة على المنخل رقم N.8 مع الكرات الفولاذية في الجهاز ونشغل الجهاز وبعدها نخرج العينة من الجهاز وتمرر على المنخل رقم (1.7 mm) N.12 ثم نقوم بوزن العينة المارة من هذا المنخل ونرمز له ب W1 وبعدها يمكننا حساب عامل لوس أنجلوس:

$$f = \frac{w - w_1}{w}$$

كلما كانت قيمة معامل لوس أنجلوس f صغيرة ← صلابة الحصويات كبيرة

تختلف قيمة المعامل تبعاً لطبقات الرصف:

الطبقة السطحية: يشترط أن تكون $f \leq 30\%$

طبقة الأساس الحصوية: يشترط أن تكون القيمة $f \leq 40\%$

طبقة ما تحت الأساس الحصوية: يشترط أن تكون القيمة $f \leq 5\%$

المتانة (تجربة الصدم):

نتيجة حركة المرور تتعرض الحصويات لفعل الصدم بين بعضها البعض فنجري عليها تجربة الصدم.

تجربة الصدم:

مكونات الجهاز: يتألف الجهاز من أسطوانة لوضع العينة ومطرقة شاقولية تنزلق بتأثير وزنها الذاتي.

طريقة العمل:

1. نرص العينة المارة من المنخل ذو القطر 12.5mm والمحجوز على المنخل ذو الفتحة 10mm على ثلاث طبقات لكل طبقة 25 ضربة.
2. تنقل العينة إلى جهاز الصدم حيث تطرق 15 طرقة بمطرقة جهاز الصدم.
3. نمرر العينة على المنخل ذو الفتحة 2.36mm.
4. نحسب معامل الصدم وهو يساوي وزن المواد المارة من المنخل السابق

كلما كانت قيمة معامل الصدم قليلة ← متانة الحصويات جيدة, وبالتالي نميز الحالات التالية:

1. قيمة معامل الصدم أقل من 10% ← الحصويات ذات مقاومة عالية.
2. قيمة معامل الصدم في المجال %(10~20) ← ذات مواصفات عالية أو مقبولة.

فكرة:

الطبقة السطحية هي الاهم كونها تتعرض للاحتكاك والعوامل الجوية فيجب أن يكون معامل الصدم لها أقل من 20%

عوامل الشكل(دليل التطاول – دليل التسطح –الرقم الزاوي)

يوجد عدة أشكال للحصويات وهي "كروية – مكعبية – متطاولة – مستديرة – زاوية"

وفي أعمال الطرق نستبعد الحبات الرقيقة أو المتطاولة بسبب ضعف مقاومتها ونستخدم عوضاً عنها:

الحصويات المستديرة: في خلطات البيتون في طبقات الرصف الصلب.

الحصويات الزاوية: في الخلطات الإسفلتية في الرصف المرن.

الحصويات المكعبية: في أعمال البيتون البيتوميني في طبقات الرصف المرن.

دليل التطاول:

هو النسبة المئوية وزناً للحبات المتطاولة والتي تكون فيها أكبر بعد على الأقل أعلى ب 1ز8 مرة من البعد الوسطي، ويتم تطبيق هذا الاختبار على حبات أكبر من 6.3 mm، كما يجب ألا يتجاوز دليل التطاول 15%، حيث تؤخذ عينة من الحصويات وتمرر على مجموعة من المناخل ثم يتم توزيعها على مجموعات، ويحدد البعد الوسطي لحبات كل مجموعة وبالتالي يتم تحديد الحبات المتطاولة لكل مجموعة عندها يكون دليل التطاول:

$$E_1 = \frac{w_1}{w} * 100\%$$

E_1 دليل التطاول W وزن العينة الكلي

w_1 مجموع اوزان الحبات المتطاولة لكل مجموعة

دليل التسطح:

النسبة النئوية وزناً للحبيبات الرقيقة والتي سماكتها أقل من 0.6mm من البعد الوسطي

ويجب ألا يتجاوز دليل التسطح 15%

$$E_2 = \frac{w_2}{w} * 100\%$$

E_2 دليل التسطح W وزن العينة الكلي

w_2 مجموع اوزان الحبات المسطحة لكل مجموعة

الرقم الزاوي:

في الحبات المستديرة يكون حجم المواد الحصوية 67& وحجم الفراغات 33% ويحسب الرقم الزاوي من:

$$AN = \left(\frac{100 * w}{w_{1^*} G} - 67\right)^* 100\%$$

AN الرقم الزاوي W وزن العينة W1 وزن الماء المستعمل لاملاء الإسطوانة

G الوزن النوعي لحبيبات التربة.

كلما زاد الرقم الزاوي يدل على ان الحبات تكون بشكل حاد (مستديرة ←حادة)

الحبات المستديرة يكون لها الرقم الزاوي (0)

في أعمال الطرق يتراوح الرقم الزاوي 1←0

طريقة التجربة للرقم الزاوي

1. نمرر العينة على سلسلة من المناخل ثم تملأ ضمن أسطوانة و ترص على ثلاث طبقات.
2. كل طبقة ترص ب 100 ضربة بواسطة قضيب معدني.
3. نحسب وزن العينة.
4. يتم ملأ الأسطوانة بالما وليكن وزن الماء W1 ويكون G الوزن النوعي للحصويات.
5. نحسب الرقم الزاوي

بعض متطلبات الجودة لطبقتي الأساس الحصوية وما تحت الأساس الحصوية

متطلبات الجدوة لطبقة الأساس الحصوية

1. يجب أن تكون الحصويات المستخدمة في هذه الطبقة مكونة من حبات شديدة التحمل ويمكن ان تكون من حجر مكسر او حجر طبيعي.
2. يجب مطابقة الحصويات للشروط والمواصفات الفنية الخاصة لاحد متطلبات التدرج الحبي.
3. متطلبات الجودة لطبقة الأساس الحصوية: اختبار الأصالة او الديمومة, النقص بالوزن باستخدام كبريتات الصوديوم, 12 كحد أقصى.
4. عامل لوس أنجلوس أصغر أو يساوي 12% , حد السيولة أصغر أو يساوي 25% ، المكافئ الرملي أكبر تماماً من 45% , قرينة اللدونة تساوي 6.
5. نسبة تحمل كاليفورنيا CBR : تدرج حبي عالي الجودة 100% - تدرج حبي ثاني 80% - تدرج حبي ثالث 60%

متطلبات الجدوة لطبقة ما تحت الأساس الحصوية

1. يشمل هذا العمل تقديم وفرش ورص طبقات ما تحت الاساس الحصوية طبقاً للأبعاد والمناسيب حسب المخططات.
2. يجب ألا يزيد الحد الأقصى لحجم الحصويات 2/3 من سماكة الطبقة المراد إنشاؤها.
3. يجب أن تكون الحصويات مطابقة لأحد متطلبات التدرج الحبي المذكور في المتطلبات السابقة.
4. المكافئ الرملي أكبر أو يساوي 25% - قرينة اللدونة أصغر أو تساوي 60% - عامل لوس انجلوس أصغر أو يساوي 50% - عامل نسبة تحمل كاليفورنيا أكبر أو يساوي 50%.