مسائل تصميم خلطات بيتونية

المسألة الأولى:

يطلب تصميم خلطة بيتونية وفق المعطيات المبينة باستخدام طريقة الحجوم المطلقة

a) **المتطلبات التصميمية**:

- تستخدم الخلطة للجدران المسلحة
- العناصر الخرسانية محمية من دورات التجمد والذوبان ومن أملاح الإذابة
- المقاومة الاسطوانية المميزة هي 25MPa
- البعد الأصغري للقالب 30cm
- البعد الصافي بين قضبان التسليح 50mm
- سماكة طبقة التغطية 40mm
- المجبل جديد ولا يوجد معطيات إحصائية سابقة

b) **المواد**:

- الاسمنت Type I وزنه النوعي 3.15
- البحص (الحصويات الخشنة) : القطر الأعظمي والقطر الاسمي الأعظمي 25mm
  الوزن النوعي الكتلي الجاف 2.65 , الامتصاص 0.8% ، الوزن الحجمي الكتلي $1680kg/m^3$, محتوى الرطوبة 0.1% والبحص مكسر ذو حواف حادة.
- الرمل (الحصويات الناعمة) : رمل مكسر ، الوزن النوعي الكتلي الجاف 2.6 , التشرب (الامتصاص) 1% محتوى الرطوبة 0.5% ، معامل النعومة 3

الحل:

1- **المقاومة الاسطوانية المتوسطة**: بما أنه لا توجد معطيات إحصائية وبما أن $f'c = 25MPa$ فمن الجدول (2) يكون :

$$f'cr = f'c + 8.5 = 25 + 8.5 = 33.5MPa$$

2- **نسبة w/c** : من الجدول (3) وبحسب المقاومة الاسطوانية المتوسطة وبالتوسيط بين القيمتين 28-35 وبدون استخدام مولدات الفقاعات الهوائية نحسب القيمة المقابلة للمقاومة المتوسطة 33.5 :

35	0.48
33.5	X
28	0.57

$$\frac{33.5 - 35}{28 - 35} = \frac{x - 0.48}{0.57 - 0.48}$$

وبالحساب تكون قيمة w/c=0.5

وبما أن الخرسانة محمية من دورات التجمد والذوبان ومن أملاح الإذابة وبالتالي فلا داعي لمقارنتها مع نسبة الماء إلى الاسمنت العظمى w/c_{max} ونعتمد النسبة w/c المحسوبة.

3- **البحص**:

- الاشتراطات البعدية: يجب أن نتحقق من أن القطر الأعظمي للحصويات الخشنة (البحص) أصغر

من المقادير التالية:

25mm<1/5(300mm)=60mm ok

25mm<3/4(50mm)=37.5mm ok

25mm<3/4(40mm)=30mm ok

- حساب الحجم الكتلي للبحص في واحدة الحجم من البيتون: بالاستناد للجدول (6) وبما أن القطر الاسمي الأعظمي للبحص 25mm ومعامل النعومة للرمل 3 يكون الحجم الكتلي للبحص $v=0.65m^3$

فيكون الوزن الجاف للبحص: $1680*0.65=1092kg/m^3$

4 - **محتوى الهواء**: من الجدول (7) وبما أنه لا يوجد مولدات فقاعات هوائية وبحسب القطر الاسمي الأعظمي للبحص (25mm) تكون نسبة الهواء 1.5%

5 – **قابلية التشغيل**: من الجدول (8) وبما أن الخلطة ستستخدم للجدران المسلحة، يكون مقدار الهبوط لمخروط أبرامز (الخرسانة) بين mm(100-25) فنأخذ القيمة التصميمية للهبوط 75mm

6 – **كمية الماء (ماء الجبل)**: من الجدول (7) وبحسب القطر الاسمي الأعظمي للبحص (25mm) وبدون استخدام مولدات الفقاعات الهوائية وبحسب المجال الحاوي على القيمة التصميمية للهبوط [100-75] يكون وزن الماء $193kg/m^3$

وبما أن البحص مكسر ذو حواف حادة لن نحتاج لتعديل وزن الماء.

7 – **محتوى الاسمنت**: بما أن وزن الماء $w=193kg/m^3$ وبحسب نسبة الماء للاسمنت المحسوبة w/c=0.5

يكون محتوى الاسمنت c : $c = \frac{193}{0.5} = 386kg/m^3$

وبما أن الخلطة محمية من دورات التجمد والذوبان وأملاح الإذابة ولا يوجد حالة صب تحت الماء فنعتمد

وزن الاسمنت المحسوب $386kg/m^3$

8 – **الرمل (الحصويات الناعمة)**:

نقوم بحساب الحجوم المطلقة للمواد:

حجم الماء: $\frac{193}{1000} = m^3 0.193/\ m^3$

حجم الاسمنت: $\frac{386}{3.15*1000} = m^3 0.122/\ m^3$

حجم البحص: $\frac{1092}{2.65*1000} = m^3 0.412/\ m^3$

حجم الهواء: $\frac{1.5}{100} = m^3 0.015/\ m^3$

حجم الرمل : $1 - (0.193 + 0.122 + 0.412 + 0.015) = m^3 0.258/\ m^3$

فيكون وزن الرمل : $0.258*2.6*1000=671kg/m^3$

9 – **تصحيحات الرطوبة**:

- البحص: نحسب وزن البحص الرطب $1092*1.001=1093kg/m^3$
- الرمل: نحسب وزن الرمل الرطب $671*1.005=675kg/\ m^3$
- الماء: كمية الماء الناتجة عن رطوبة البحص: $1092*0.001=1.092kg/m^3$

كمية الماء اللازمة لتأمين نسبة التشرب (الامتصاص): $1092*0.008=8.736kg/m^3$

كمية الماء المطلوب تأمينها للبحص: $8.736-1.092=7.644kg/m^3$

كمية الماء الناتجة عن رطوبة الرمل : $671*0.005=3.355kg/m^3$

كمية الماء اللازمة لتأمين نسبة التشرب (الامتصاص): $671*0.01=6.71kg/m^3$

كمية الماء المطلوب تأمينها للرمل: $6.71-3.355=3.355kg/m^3$

هاتان الكميتان المطلوبتان يجب إضافتهما لوزن الماء وبالتالي تكون كمية الماء الكلية (وزن الماء المضاف):

$193+7.644+3.355=204kg/m^3$

يمكن الحساب بالطريقة التالية:

كمية الماء في البحص: $1092*(0.001-0.008)= -7.644kg/m^3$

كمية الماء في الرمل: $671*(0.005-0.01)= -3.355kg/m^3$

كمية الماء الكلية: $193+7.644+3.355=204kg/m^3$

الكميات النهائية المطلوبة للمواد لكل $1m^3$:

وزن البحص الرطب 1093kg

وزن الرمل الرطب 675kg

وزن الاسمنت 386kg

وزن الماء المضاف 204kg

المسألة الثانية:

يطلب تصميم خلطة بيتونية وفق المعطيات المبينة باستخدام طريقة الحجوم المطلقة

المتطلبات التصميمية:

- تستخدم الخلطة للأرصفة حيث من المتوقع تعرضها للرطوبة بشكل كبير ولظروف تعرض شديدة لدورات التجمد والذوبان.
- المقاومة الاسطوانية المميزة المطلوبة لعمر 28 يوم هي 31MPa
- تم استخدام مولدات فقاعات هوائية (القيمة التصميمية 7%)
- الهبوط المطلوب (القيمة التصميمية للهبوط) تعادل 75mm
- المجبل جديد ولا يوجد معطيات إحصائية سابقة

المواد:

- الاسمنت بورتلاندي Type I وزنه النوعي 3.15
- البحص (الحصويات الخشنة) : جيد التدرج، طبيعي مدور، القطر الأعظمي 28mm والقطر الاسمي الأعظمي 25mm
الوزن النوعي الكتلي الجاف 2.68 , الامتصاص (التشرب) 0.5% ، الوزن الحجمي الكتلي (الكثافة الجافة) $1600kg/m^3$, محتوى الرطوبة 2%
- الرمل (الحصويات الناعمة) : رمل طبيعي ، الوزن النوعي الكتلي الجاف 2.64 , التشرب (الامتصاص) 0.7% ، محتوى الرطوبة 6% ، معامل النعومة 2.8
- الإضافات: - مولدات الفقاعات الهوائية تستخدم كما يلي: 0.5g لكل 1kg من الاسمنت
  - مخفضات الماء: تؤدي لتخفيض نسبة الماء بنسبة 10% عندما تستخدم كما يلي:
    3g لكل 1kg من الاسمنت

الحل:

1- **المقاومة الاسطوانية المتوسطة**: بما أنه لا توجد معطيات إحصائية وبما أن $f'c = 31MPa$ فمن الجدول (2) يكون : $f'cr = f'c + 8.5 = 31 + 8.5 = 39.5MPa$

2- **نسبة w/c** : من الجدول (3) وبحسب المقاومة الاسطوانية المتوسطة المحسوبة ومع استخدام مولدات الفقاعات الهوائية وبالتوسيط بين القيمتين 35-41, نحسب **w/c** المقابلة للمقاومة المتوسطة 39.5 :

41	0.32
39.5	X
35	0.4

بالحساب نجد أن $x = 0.34$ وبالتالي تصبح قيمة w/c=0.34

وبما أن الخرسانة معرضة لدورات التجمد والذوبان فمن الجدول(4) نجد أن $w/c_{max} = 0.45$ أي أن:

$w/c=0.34 < w/c_{max} = 0.45$ ok

3- **البحص**:

بما أنه لا يوجد لدينا معطيات عن البعد الأصغري للقالب أو البعد بين قضبان التسليح أو سماكة طبقة التغطية

فلا داعي للتحقق من القطر الأعظمي للبحص إن كان يحقق الاشتراطات البعدية.

نحسب الحجم الكتلي للبحص في واحدة الحجم من البيتون بالاستناد للجدول (6) وبما أن القطر الاسمي الأعظمي للبحص 25mm ومعامل النعومة للرمل 2.8 يكون الحجم الكتلي للبحص في واحدة الحجم

$v=0.67m^3/m^3$

فيكون الوزن الجاف للبحص: $1600*0.67=1072kg$

4 - **محتوى الهواء (الفراغات الهوائية):** من المعطيات لدينا نسبة الهواء % 7

5 – **قابلية التشغيل (الهبوط):** من المعطيات لدينا القيمة التصميمية للهبوط 75mm

6 – **محتوى الماء (ماء الجبل)**: من الجدول(7) وبحسب القطر الاسمي الأعظمي للبحص (25mm) ومع استخدام مولدات الفقاعات الهوائية وبحسب القيمة التصميمية للهبوط (75mm) يكون وزن الماء 175kg

وبما أن البحص طبيعي مدوّر فإننا نقوم بتخفيض كمية الماء بمقدار 27kg فتصبح كمية الماء المعدلة:

$w=175-27=148kg$

وبما أننا استخدمنا مخفضات الماء سنقوم بتخفيض كمية الماء بمقدار 10% فتصبح كمية الماء المعدلة:

$w=148-(0.1*148)=133.2kg$

7 – **محتوى الاسمنت**: بما أن وزن الماء $w=133.2kg$ وبحسب نسبة الماء للاسمنت المحسوبة $w/c=0.34$ ، يكون

محتوى الاسمنت c : $c = \frac{133.2}{0.34} = 392kg$

وبما أن الخلطة معرضة لدورات التجمد والذوبان يجب تحقق $c \geq c_{min}=334kg$ وهذا محقق علماً بأننا لو أخذنا أيضاً قيمة c_{min} من الجدول (9) العائد لبلاطات الأرصفة والأرضيات تكون $c_{min}=310kg$ بحسب القطر الأعظمي الأسمي 25mm وبكلا الحالتين تكون قيمة c المحسوبة محققة، فنعتمد وزن الاسمنت المحسوب 392kg

8 – **الإضافات:**

- **مولدات الفقاعات الهوائية:** 0.5g إضافات لكل 1kg اسمنت
  x 392kg اسمنت

$x = 392 * 0.5 = 196g$

- **مخفضات الماء:** 3g إضافات لكل 1kg اسمنت
  x 392kg اسمنت

$x = 392 * 3 = 1176g$

9- الرمل (الحصويات الناعمة):

نقوم بحساب الحجوم المطلقة للمواد:

حجم الماء: $\frac{133.2}{1000} = m^3 0.1332/\ m^3$

حجم الاسمنت: $\frac{392}{3.15*1000} = m^3 0.124/\ m^3$

حجم البحص: $\frac{1072}{2.68*1000} = m^3 0.4/\ m^3$

حجم الهواء: $\frac{7}{100} = m^3 0.07/\ m^3$

حجم الرمل : $1 - (0.1332 + 0.124 + 0.4 + 0.07) = m^3 0.273/\ m^3$

فيكون وزن الرمل الجاف: $0.273*2.64*1000=721kg$

10 – **تصحيحات الرطوبة**:

- البحص: نحسب وزن البحص الرطب $1072*1.02=1093kg/m^3$
- الرمل: نحسب وزن الرمل الرطب $721*1.06=764kg/\ m^3$

كمية الماء في البحص: $1072*(0.02-0.005)=16kg/m^3$

كمية الماء في الرمل: $721*(0.06-0.007)=38.213kg/m^3$

كمية الماء الكلية: $133.2-16-38.213=79kg/m^3$

الكميات النهائية المطلوبة من المواد لـ $1m^3$:

وزن البحص الرطب 1093kg

وزن الرمل الرطب 764kg

وزن الاسمنت 392kg

وزن الماء المضاف 79kg

وزن مولدات الفقاعات الهوائية $196g$

وزن مخفضات الماء $1176g$

المسألة الثالثة:

يطلب تصميم خلطة بيتونية وفق المعطيات المبينة باستخدام طريقة الحجوم المطلقة

c) **المتطلبات التصميمية**:

- يُطلب تصميم خلطة تحوي مولدات فقاعات هوائية لاستخدامها في عمود خارجي فوق سطح الأرض حيث يمكن أن تتعرض لدورات التجمد والذوبان بشكل كبير.
- المقاومة الاسطوانية المميزة على عمر 28 يوم هي 25MPa
- الهبوط يجب أن يتراوح بين (50-100)mm والقطر الأعظمي للحصويات يجب أن لا يزيد عن 30mm
- المجبل جديد ولا يوجد معطيات إحصائية سابقة

d) **المواد**:

- الاسمنت Type I وزنه النوعي 3.15
- البحص (الحصويات الخشنة): يتوافر نوعان وهما من الحصويات الناتجة عن تكسير الصخور، نسبة خلطهما 60:40 (60 للنوع الأول و 40 للنوع الثاني)، الكثافة الكتلية الجافة المرصوصة للخليط تعادل $1650kg/m^3$
  حصويات النوع الأول: القطر الأعظمي الاسمي 25mm , الوزن النوعي 2.75 , الامتصاص 0.7% , العينة المخبرية التي استخدمت في تحضير الخلطات التجريبية رطوبتها 0%
  حصويات النوع الثاني: القطر الأعظمي الاسمي 10mm , الوزن النوعي 2.65 , الامتصاص 0.8% , العينة المخبرية التي استخدمت في تحضير الخلطات التجريبية رطوبتها 0.5%
  الرمل (الحصويات الناعمة) : رمل طبيعي ، الوزن النوعي 2.6 , التشرب (الامتصاص) 1%, العينة المخبرية التي استخدمت في تحضير الخلطات التجريبية رطوبتها 3% , معامل النعومة 2.8

الحل:

1- **المقاومة الاسطوانية المتوسطة**: بما أنه لا توجد معطيات إحصائية وبما أن $f'c = 25MPa$ فمن الجدول (2) يكون :

$$f'cr = f'c + 8.5 = 25 + 8.5 = 33.5MPa$$

2- **نسبة w/c** : من الجدول (3) وبحسب المقاومة الاسطوانية المتوسطة وبالتوسيط بين القيمتين 28-35 ومع استخدام مولدات الفقاعات الهوائية نحسب القيمة المقابلة للمقاومة المتوسطة 33.5 :

$$\frac{33.5 - 35}{28 - 35} = \frac{x - 0.4}{0.48 - 0.4}$$

35	0.4
33.5	X
28	0.48

وبالحساب تكون قيمة w/c=0.42

وبما أن الخرسانة معرضة دورات التجمد والذوبان ومن الجدول (4) تكون $w/c_{max}=0.45$ وبالتالي نعتمد النسبة w/c=0.42 المحسوبة باعتبارها أقل من العظمى المسموحة.

3- **البحص**:

- الاشتراطات البعدية: لا يوجد اشتراطات بعدية فهي محققة كون أقطار الحصويات أقل من 30mm المحددة في النص. وبما أنه لدينا نوعي بحص بقطرين أعظميين اسميين مختلفين، نختار الأكبر بينهما للحساب.
- حساب الحجم الكتلي للبحص في واحدة الحجم من البيتون: بالاستناد للجدول (6) وبما أن القطر الاسمي الأعظمي المعتمد للبحص 25mm ومعامل النعومة للرمل 2.8 يكون الحجم الكتلي للبحص $v=0.67m^3$

فيكون الوزن الجاف للبحص: $1650*0.67=1105.5kg/m^3$

4 – **مولدات الفقاعات**: يوجد مولدات غير محددة النوع والكمية لذلك نكتفي بحاجتنا لنسبة الفراغات التي تحددها ظروف التعرض وهي من الجدول (7) تساوي 6% وبالتالي يكون مجال الاستخدام (العمل) يتراوح بين (5-8)%

5 – **قابلية التشغيل**: يتراوح الهبوط بين (50-100)mm فنأخذ القيمة التصميمية للهبوط 75mm

6 – **كمية ماء الجبل**: من الجدول (7) وبحسب القطر الاسمي الأعظمي للبحص (25mm) ومع استخدام مولدات الفقاعات الهوائية وبحسب المجال الحاوي على القيمة التصميمية للهبوط [75-100] يكون وزن الماء $175kg/m^3$ وبما أن البحص مكسر فلا داعي لتعديل وزن الماء.

7 – **محتوى الاسمنت**: بما أن وزن الماء $w=175kg/m^3$ وبحسب نسبة الماء للاسمنت المحسوبة $w/c=0.42$

يكون محتوى الاسمنت c : $c = \frac{175}{0.42} = 416.667kg/m^3$

وبما أن الخلطة معرضة لدورات التجمد والذوبان يجب ألا تقل كمية الاسمنت عن 334kg وهذا محقق

8 – **الرمل (الحصويات الناعمة)**:

نقوم بحساب الحجوم المطلقة للمواد:

حجم الماء: $\frac{175}{1000} = m^3 0.175/\ m^3$

حجم الاسمنت: $\frac{416.667}{3.15*1000} = m^3 0.132/\ m^3$

حجم البحص:

للنوع الأول $\frac{1106*0.6}{2.75*1000} = m^3 0.241/\ m^3$

للنوع الثاني $\frac{1106*0.4}{2.65*1000} = m^3 0.167/\ m^3$

حجم الهواء: $\frac{6}{100} = m^3 0.06/\ m^3$

حجم الرمل : $1 - (0.175 + 0.132 + 0.241 + 0.167 + 0.06) = m^3 0.225/\ m^3$

فيكون وزن الرمل : $0.225*2.6*1000=585kg/m^3$

9 – **تصحيحات الرطوبة**:

- البحص:
  نحسب وزن البحص الرطب للنوع الأول $664*1.00 = 664kg/m^3$
  نحسب وزن البحص الرطب للنوع الثاني $442*1.005 = 444.21kg/m^3$
- الرمل: نحسب وزن الرمل الرطب $585*1.03 = 602.55kg/\ m^3$
- الماء:
  كمية الماء في البحص نوع أول $664*(0.00-0.007) = -4.648kg/m^3$
  كمية الماء في البحص نوع ثاني $442*(0.005-0.008) = -1.326kg/m^3$
  كمية الماء في الرمل: $585*(0.03-0.01) = +11.7kg/m^3$
  كمية الماء الكلية المضافة: $175+4.648+1.326-11.7=169.274kg/m^3$

الكميات النهائية المطلوبة للمواد لكل $1m^3$:

وزن البحص الرطب نوع أول 664kg

وزن البحص الرطب نوع ثاني 444.21kg

وزن الرمل 602.55kg

وزن الاسمنت 416.667kg

وزن الماء المضاف 169.274kg

المسألة الرابعة:

يطلب تصميم خلطة بيتونية وفقاً لـ ACI211.1 باستخدام طريقة الحجوم المطلقة

المتطلبات التصميمية:

- تستخدم الخلطة لبناء ركيزة جسر حيث تتعرض بشكل كبير لدورات التجمد والذوبان بالإضافة لأملاح الإذابة.
- المقاومة الاسطوانية المميزة المطلوبة لعمر 28 يوم هي 30MPa
- القيمة التصميمية لنسبة الفراغات الهوائية 7%
- الهبوط المطلوب (القيمة التصميمية) تعادل 75mm
- المعطيات الإحصائية المتوفرة من خمسين تجربة تشير إلى أن الانحراف المعياري 2.4MPa

المواد:

- المواد الاسمنتية: اسمنت بورتلاندي عادي Type I وزنه النوعي 3.15 , رماد متطاير وزنه النوعي 2.5 ونسبة إضافته للمادة الاسمنتية الكلية تعادل 15%
- البحص (الحصويات الخشنة) : جيد التدرج، مكسر حاد الحواف، القطر الاسمي الأعظمي 19mm الوزن النوعي الكلي الجاف 2.68 , الامتصاص (التشرب) 0.5% ، الوزن الحجمي الجاف المرصوص $1600kg/m^3$, محتوى الرطوبة 2%
- الرمل (الحصويات الناعمة) : رمل طبيعي ، الوزن النوعي الكلي الجاف 2.64 , التشرب (الامتصاص) 0.7% محتوى الرطوبة 6% ، تدرجه الحبي مبين بالجدول التالي:

قطرالمنخل mm	9.5	4.75	2.36	1.18	0.6	0.3	0.15	القاعدة
النسبة المئوية المارة %	100	98	85	65	45	22	5	0

- الإضافات: - مولدات الفقاعات الهوائية تستخدم كما يلي: 0.5g لكل 1kg من المادة الاسمنتية الكلية
  - مخفضات الماء: تؤدي لتخفيض الماء بنسبة 15% عندما تستخدم كما يلي:
    3g لكل 1kg من المادة الاسمنتية الكلية.

الحل:

1. **المقاومة الاسطوانية المتوسطة**: بما أن n=50>30 نعوض بالمعادلتين مباشرة

$$f'_{cr} = f'_c + 1.34\,\sigma = 30 + 1.34 * 2.4 = 33.22MPa$$

$$f'_{cr} = f'_c + 2.33\,\sigma - 3.45 = 30 + 2.33 * 2.4 - 3.45 = 32.14MPa$$

نأخذ قيمة $f'_{cr} = 33.22MPa$

2- **نسبة w/c** : من الجدول (3) وبحسب المقاومة الاسطوانية المتوسطة المحسوبة ومع استخدام مولدات الفقاعات الهوائية وبالتوسيط بين القيمتين 35-28, نحسب **w/c** المقابلة للمقاومة المتوسطة 33.22 :

35	0.4
33.22	X
28	0.48

بالحساب نجد أن $x = 0.42$ وبالتالي تكون قيمة w/c=0.42

وبما أن الخرسانة معرضة لدورات التجمد والذوبان فمن الجدول(4) نجد أن $w/c_{max} = 0.45$ أي أن:

$w/c=0.42 < w/c_{max} = 0.45$ ok

3- **البحص**:

بما أنه لا يوجد لدينا معطيات عن البعد الأصغري للقالب أو البعد بين قضبان التسليح أو سماكة طبقة التغطية

فلا داعي للتحقق من القطر الأعظمي للبحص إن كان يحقق الاشتراطات البعدية.

نحسب معامل نعومة الرمل حسب العلاقة:

معامل نعومة الرمل FM = (مجموع المحاجيز المئوية الكلية على المهزات وصولاً للمهزة 0.15)/100

يجب الانتباه لضرورة حساب المحاجيز الكلية على المهزات في الجدول:

قطرالمنخل mm	9.5	4.75	2.36	1.18	0.6	0.3	0.15	القاعدة
النسبة المئوية المارة %	100	98	85	65	45	22	5	0
النسبة المئوية المحجوزة %	0	2	15	35	55	78	95	100

FM= (0+2+15+35+55+78+95)/100 = 2.8

نحسب الحجم الكتلي للبحص في واحدة الحجم من البيتون بالاستناد للجدول (6) وبما أن القطر الاسمي الأعظمي للبحص 19mm ومعامل النعومة للرمل 2.8 يكون الحجم الكتلي للبحص في واحدة الحجم

$v=0.62m^3/m^3$

فيكون الوزن الجاف للبحص: 1600*0.62=992kg

4 - **محتوى الهواء (الفراغات الهوائية):** من المعطيات لدينا نسبة الهواء % 7

5 – **قابلية التشغيل (الهبوط):** من المعطيات لدينا القيمة التصميمية للهبوط 75mm

6 – **محتوى الماء (ماء الجبل)**: من الجدول(7) وبحسب القطر الاسمي الأعظمي للبحص (19mm) ومع استخدام مولدات الفقاعات الهوائية وبحسب القيمة التصميمية للهبوط (75mm) يكون وزن الماء 184kg

وبما أن البحص مكسر حاد الحواف فلا داعي لتخفيض الماء حسب شكل البحص

وبما أننا استخدمنا مخفضات الماء سنقوم بتخفيض كمية الماء بمقدار 15% فتصبح كمية الماء:

w=184-(0.15*184)=156.4kg

7 – **محتوى الاسمنت**: بما أن وزن الماء w=156.4kg وبحسب نسبة الماء للاسمنت المحسوبة w/c=0.42 ، يكون

محتوى الاسمنت c : $c = \frac{156.4}{0.42} = 372.38\text{kg}$

وبما أن الخلطة معرضة لدورات التجمد والذوبان يجب تحقق $c \geq c_{min}=334\text{kg}$ وهذا محقق.

8 – **الإضافات:**

- **مولدات الفقاعات الهوائية:** 0.5g إضافات لكل 1kg اسمنت

  x 372.38kg اسمنت

  $x = 372.38 * 0.5 = 186.19g$=0.186kg

- **مخفضات الماء:** 3g إضافات لكل 1kg اسمنت

  x 372.38kg اسمنت

  $x = 372.38 * 3 = 1117.14g$=1.117kg

9- الرمل (الحصويات الناعمة):

نقوم بحساب الحجوم المطلقة للمواد:

حجم الماء: $\frac{156.4}{1000}$ =$m^3$0.156/ m^3

حجم الهواء: $\frac{7}{100}$ =$m^3$0.07/ m^3

حجم البحص: $\frac{992}{2.68*1000}$ =$m^3$0.37/ m^3

حجم الاسمنت: $\frac{372.38}{3.15*1000}$ =$m^3$0.118/ m^3

حجم الرماد المتطاير: $\frac{0.15*372.38}{2.5*1000} = \frac{55.86}{2.5*1000}$= $m^3$0.022/ m^3

حجم الرمل : $1 - (0.156 + 0.07 + 0.37 + 0.118 + 0.022)$ =$m^3$0.264/ m^3

فيكون وزن الرمل الجاف: 0.264*2.64*1000=697kg

10 – **تصحيحات الرطوبة**:

- البحص: نحسب وزن البحص الرطب 992*1.02=1011.84kg/m^3
- الرمل: نحسب وزن الرمل الرطب 697*1.06=738.82kg/ m^3

كمية الماء في البحص: 992*(0.02-0.005)=14.88kg/m^3

كمية الماء في الرمل: 697*(0.06-0.007)=36.941kg/m^3

كمية الماء الكلية المضافة: 156.4-14.88-36.94=104.58kg/m^3

الكميات النهائية المطلوبة من المواد لـ $1m^3$:

وزن البحص الرطب 1011.84kg

وزن الرمل الرطب 738.82kg

وزن الاسمنت 372.38kg

وزن الرماد المتطاير 55.86kg

وزن الماء المضاف 104.58kg

وزن مولدات الفقاعات الهوائية 0.186kg

وزن مخفضات نسبة الماء 1.117kg