الباب الثاني

الدراسة النظرية

الفصل الثالث أختبارات الخرسانة الطرية

1.3.2 : المقدمة

تبدأ مرحلة الخرسانة الطرية ابتداء" من لحظة اضافة الماء الى مكونات الخرسانة الجافة الى لحظة حدوث زمن الشك الابتدائي ويتطلب اجراء بعض الاختبارات المهمة في هذه المرحلة وأخذ العينات ممثلة تماما للخلطة ويجب مراعاة حماية العينة من التأثيرات الجوية من تعرض المباشر للشمس والرياح والامطار والاتربة ، من خلال الاختبارات في هذه المرحلة يتم معرفة على اهم خواصها والممثلة بدرجة قوام الخلطة الخرسانية و قابلية تشغيلها نتيجة اي تغيير يطرأ على نسب و اوزان المكونات الرئيسية .

2.3.2 : اختبار الهبوط Slump test

يستعمل فحص الهبوط بصورة واسعة في موقع العمل وفي جميع انحاء العالم وهذا الاختبار يفيد في الكشف عن التغيرات الحاصلة في المواد الداخلة في تكوين الخرسانة بين فترة واخرى كزيادة محتوى الرطوبة في الركام او تغير التدرجه او ويمكن تحديد قوام(Consistency) الخلطة الخرسانية بتعيين مدى هبوطها بعدتشكيلهاعلى هيئة مخروط ناقص ويعتبر هذا الاختبار من أبسط وأفضل الوسائل لضبط الجودة فى محطات الخلط وفى مواقع التنفيذ.(الخلف وأخرون، 1984)

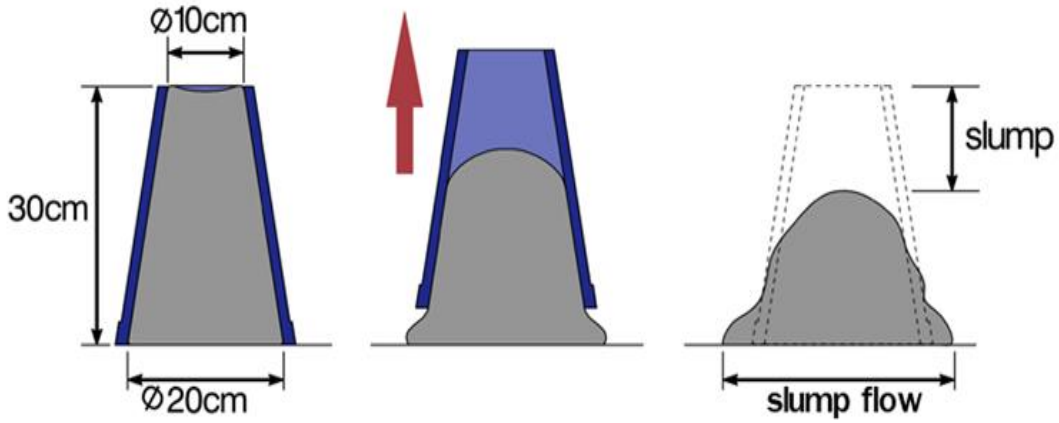
- ادوات الاختبار

1. قالب الإختبار: عبارة عن مخروط ناقص ومصنوع من معدن متين بسمك(1.5) مم على الأقل مفتوح من أعلى ومن أسفل، قطر فتحتها العليا(10) سم و السفلى(20) سم و إرتفاعه(30) سم.
2. قضيب الدمك: وهو سيخ من الصلب بقطر(15) مم وطول(60) سم.

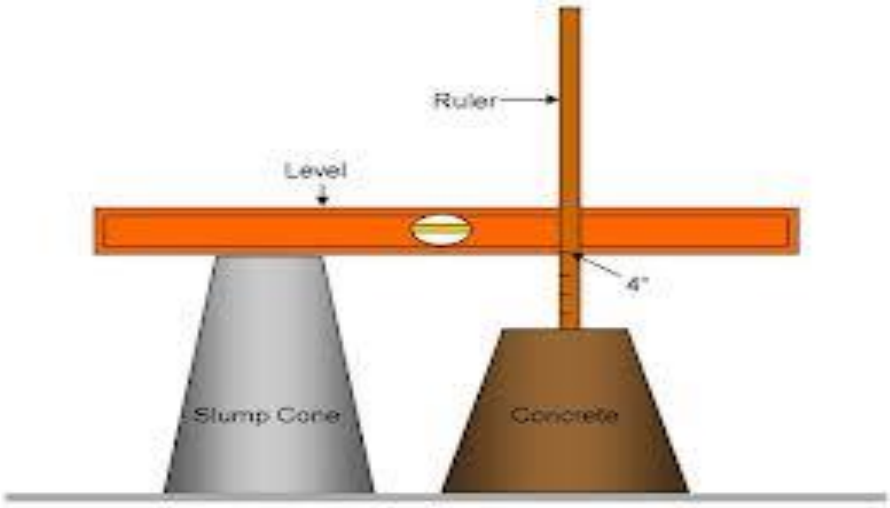
- طريقة اجراء الاختبار

1. ينظف السطح الداخلى للقالب بحيث لاتوجد به أى مياه عالقة أو آثار خرسانية.
2. يوضع القالب على سطح أفقي أملس غيرمُنفذ للماء على أن يثبت جيداً
3. يملئ القالب على ثلاث طبقات إرتفاع الواحدة يساوى ثلث إرتفاع القالب تقريباعلى أن تدمك كل طبقة بواسطة قضيب الدمك (25) مرة موزعه تقريباعلى السطح وبشرط أن ينفذ القضيب إلى الطبقة التى تحتها.
4. بعد الانتهاء من دمك الطبقة العليا للقالب يسوى سطحها مع حافة القالب ويرفع بعدها بالاتجاه الرئسي وببطئ وعناية كما في الشكل (2-3- 1).
5. يقاس مقدار الهبوط Slump بعد رفع القالب مباشرة وهو الفرق بين إرتفاع القالب وإرتفاع مركز عينة الخرسانة الطازجة كما في الشكل (2-3- 2) يتم توصيف القوام إما جافاً أو

صلباً اولدناً أو مبتلاً أو رخواً و ذلك طبقاً لقيمة الهبوط كما موضح في جدول (2-3-1).(العريان وأخرون، 1975)



الشكل (2-3-1) مراحل اختبار الهبوط

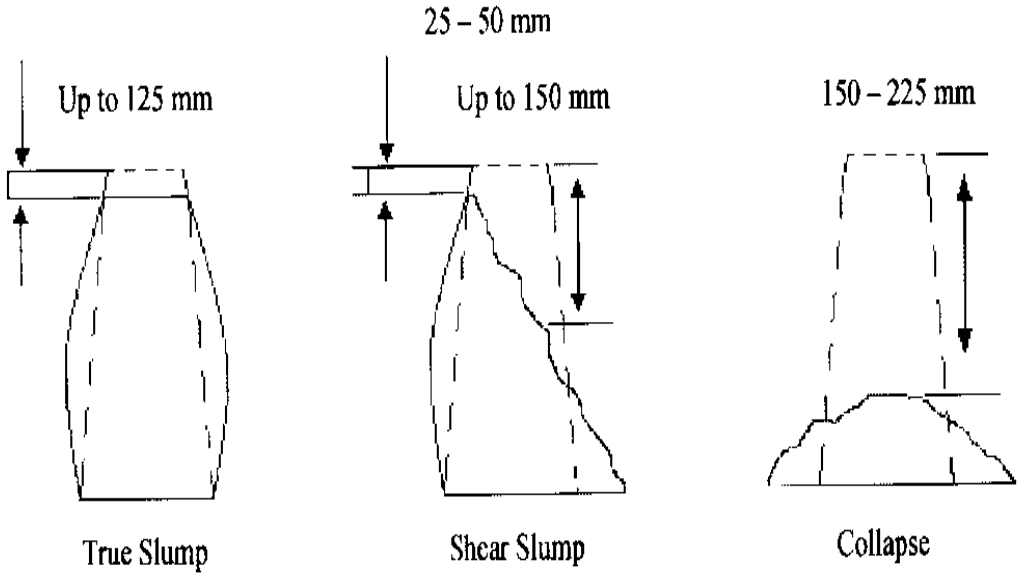


الشكل (2-3- 2) قياس الهبوط

الجدول (2-3- 1) قيم الهبوط المناظرة لدرجات قوام الخرسانة المختلفة (امام وأخرون، 2007)

الهبوط (مم)Sump	20-0	40-10	120-30	200-100	220-180
قوام الخلطة Consistency	جاف Dry	صلب Stiff	لدن Plastic	مبتل Wet	رخو Sloppy

يتطلب في اختبار الهبوط بأن لايزيد المقاس الاعتباري الاكبر للركام عن(40) مم ، و ان لا تزيد الفترة بين انتهاء الخلط وبداية الاختبار عن دقيقتين، ويحدث للهبوط ثلاثة اشكال هي (هبوط حقيقي true و هبوط قص shear مم وهبوط انهيار collapse .(Neville,2010) كما موضح في الشكل (2-3-3) وفي حالة الخرسانة ذات السيولة العالية مثل الخرسانة ذاتية الرص (self-compacting) يتم قياس انسياب الهبوط وهو القطر المتوسط للخرسانة المنسابة بعد رفع مخروط الهبوط .



الشكل (2-3-3) اشكال الهبوط (Neville, 2010)

3.3.2 : اختبار الانسياب Flow test

يتم هذا الاختبار في المختبر لغرض التعرف على قوام الخرسانة ومدى ميلها للانعزال Segregation وذلك بتعيين مقدار انتشار عمود من الخرسانة الطرية بعد تعرضه لرجات ترددية معينة ويعتبر الاختبار هذا قيما في تخمين مدى تماسك مكونات الخلطة الخرسانية مع بعضها البعض ،يمكن تعيين انسياب الخرسانة بموجب المواصفات الامريكية (ASTM C 124-77) باستعمال جهاز الانسياب المبين بالشكل (2-3-4) (الخلف وأخرون، 1984).

- ادوات الجهاز

1. قالب الإختبار : وهوعبارة عن قالب معدنى على شكل مخروط ناقص ويكون هذا القالب مفتوحا من أعلى ومن أسفل بمستويين عموديين على محور المخروط.
2. قرص الإنسياب (Flow Table) ويثبت القرص الدائري (قطره 760 مم)على قاعدة جاسئة بإرتفاع من (40- 50) سم وبوزن (15) كغم .

- طريقة اجراء الاختبار

1. ينظف القرص جيداً بالماء ثم يجفف بعناية حيث لايبقى به أثر لماء التنظيف.
2. يوضع القالب مثبتا فى وسط القرص وذلك بالضغط على مقبضية باليد.
3. يملئ القالب على شكل طبقتين متساويتين وتدمك كل طبقة بواسطة قضيب الدمك القياسي (25) مرة وموزعة تقريبا بالتساوي على سطح المقطع المستعرض للقالب بشرط نفاذ الدمك الى الطبقة التي تليها ويراعى ان يكون نصف عدد ضربات الدمك في اتـجاه مائل الى الخارج والنصف الثاني باتجاه رأسي.
4. بعد الانتهاء من دمك الخرسانة للطبقة العليا للقالب يسوى سطحها مع حافة القالب بالمسطرين مع مراعاة ملئ القالب تماما.

5. تُزال الخرسانة الزائدة التى سقطت على قرص الإختبار عند تسوية السطح ثم ينظف جيداً حول قالب الإختبار.
6. يُرفع القالب المعدنى بعدملئه مباشرة من الخرسانة بإنتظام فى إتجاه رأسي.
7. يُرفع القرص ويخفض بمعدل منتظم لمسافة(12.5) مم وذلك (15) مرة فى مدى(15) ثانية.
8. تقاس قاعدة الخرسانة المنسابة نتيجة الرفع والخفض المذكورة ويكون القياس لقطر القاعدة فى (6) اتجاهات مختلفة ثم يؤخذ متوسط هذه القراءات ليمثل قطر الإنسياب لقاعدة المخروط الخرسانى بعد إنسياب الخرسانة.

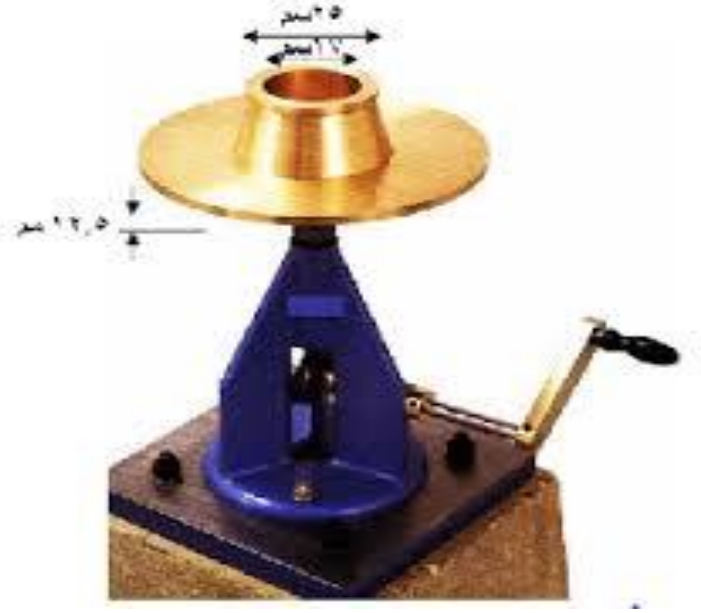
- **النتائج**

تحسب النسبة المئوية لإنسياب الخرسانة لأقرب(5) مم بإعتبارها النسبة المئوية لزيادة قطرالإنسياب عن قطر القاعدة الأصلى بالمعادلة (2-3-1) كمايلى:

$$F_L = 100 \times \frac{D - D1}{D1} \qquad 1-3-2$$

F_L= الانسياب ، D = قطر الخرسانة المنتشرة على القرص و D_1 =القطر الاصلي 25 سم

يوضح الجدول (2-3-2) العلاقة بين قوام الخلطة والانسياب. (امام وأخرون، 2007)



الشكل (2-3-4) جهاز اختبار الانسياب

الجدول (2-3-2) العلاقة بين قوام الخلطة والانسياب

النسبة المئوية للانسياب	20-0	60-15	100-50	120-90	150-110
قوام الخلطة Consistency	جاف Dry	صلب Stiff	لدن Plastic	مبتل Wet	رخو Sloppy

4.3.2 : اختبار كرة الاختراق كيلي Ball Penetration Test Kelly

يجري هذا الاختبار الحقلي البسيط لغرض السيطرة على قوام الخرسانة وقياس التغيرات التي تحصل في مكونات الخلطة الخرسانية خلال انتاجها كتغير رطوبة الركام وكبديل عن اختبار الهبوط لكونه ابسط واسرع منه ويمكن تطبيقه على الخرسانة الموضوعة في داخل عربة النقل او فعليا على الخرسانة الموضوعة في القالب .(الخلف وأخرون، 1984) ، يتكون الجهاز أساساً من ثقل على شكل نصف كرة نصف قطرها 15 سم و وزنها 13.6 كغم يتصل بها يد عليها مقياس مدرج والكل ينزلق من فتحة داخل إطار كما في الشكل (2-3-5) ويمكن وضع هذا الإطار على سطح الخرسانة المراد قياس قوامها كما ان هذا الاطار يصلح استخدامه كمستوى ثابت للمقارنة وقت الاختبار . ويلاحظ ان جميع اجزاء الجهاز تصنع من الصلب او اي معدن مشابهة .(العريان وأخرون، 1975)،(Neville, 2010)

- طريقة عمل الاختبار

يمكن وضع الخرسانة فى وعاء أو يمكن إجراء الإختبار والخرسانة فى مكانها داخل القالب (الفرم) بعد صبها مباشرة ، وفى الحالتين يجب ألا يقل سمك الخرسانة عن(15) سم وأن يكون لها سطحاً مستوياً بأقل بعد يساوى (30) سم. ويجب جعل سطح الخرسانة مستوياً وناعماً ، يوضع الجهاز بعناية فوق سطح الخرسانة مع رفع اليد إلى أعلى وجعل الإطار يرتكز برفق فوق السطح ثم تترك اليد لتنزلق داخل الإطار. تُقرأ مسافة إختراق الثقل داخل الخرسانة مباشرة على اليد المدرجة لأقرب 5 مم. يؤخذ متوسط عدة قراءات فى أماكن متفرقة. وتفيد هذه الطريقة فى بيان ومقارنة قوام الخرسانة عند صبها مباشرة داخل الفرم.

شكل (2-3-5) جهاز اختبار كرة كيلي

5.3.2 : اختبار عامل الرص Compacting Factor Test

يعتبر اختبار عامل الرص الاكثر الجدارة من الاختبارات المهمة لقياس قابلية التشغيل اذ يتضمن تعيين درجة الرص الحاصلة بمقدار قياسي من الشغل المؤثر والذي يشمل الشغل المبذول للتغلب على الاحتكاك السطحي ، و ان نسبة كبيرة منه يصرف في التغلب على الاحتكاك الداخلي بين اجزاء الخرسانة ولهذا السبب يعتبر هذا الاختبار كمقياس جيد لقابلية التشغيل ، ويمكن اجراء هذا الاختبار بموجب المواصفات القياسية البريطانية (B.S.1881-1993: 103) وباستعمال الجهاز المبين في الشكل (2-3-6) . (الخلف وأخرون، 1984)، (Neville, 2010)

- **طريقة الاختبار**

1. توضع الخلطة الخرسانية في المخروط العلوى بواسطة الجاروف ويسوى سطحها مع حافة المخروط.
2. يفتح الباب الموجود فى أسفل المخروط العلوى بحيث يسمح بهبوط الخرسانة تحت تأثير وزنها فقط إلى المخروط السفلى.
3. تكرر نفس الخطوات بالنسبة للمخروط السفلى فسوف تمر الخرسانة إلى الإسطوانة.
4. بعد الإنتهاء من ملئ الإسطوانة يسوى سطحها وتنظف جوانبها وحوافها الخارجية ثم توزن ويعين وزن الخرسانة المالئة للإسطوانة وهو وزن الخرسانة المدموكه جزئياً (W_{pa}).
5. يعاد ملئ الإسطوانة من نفس الخلطة الخرسانية على طبقات على أن تدمك آلطبقة يدوياً أو ميكانيكياً حتى تملئ تماما بالخرسانة ثم توزن و يعين وزن الخرسانة المالئة للإسطوانة وهو وزن الخرسانة المدموكة كلياً (W_{to}).

- النتائج

يحسب عامل الرص او الدمك (compacted factor) من المعادلة (2-3-2) التالية:

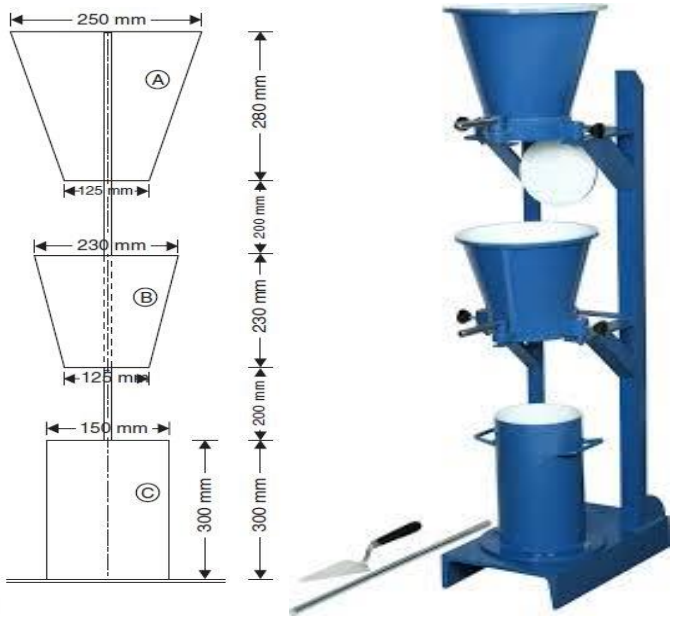
$$C.F = \frac{W_{pa}}{W_{to}} \qquad 2-3-2$$

C.F = عامل الرص.

W_{pa} = وزن الخرسانة المدموكة جزئيا.

W_{to} = وزن الخرسانة المدموكة كليا.

يعتبر اختبار عامل الدمك إختباراً معملياً وغير مناسب لموقع العمل إلا فى المنشآت الكبيرة. و تستخدم هذه الطريقة لقياس قابلية التشغيل لجميع الخلطات الخرسانية بإستثناء الخلطات منخفضة قابلية التشغيل و الخلطات الخشنة لتعذر الحصول على نتائج دقيقة لهذه الخلطات ، يوضح الجدول (2-3-3) قابلية لتشغيل معبراً عنها بعامل الدمك .(امام وأخرون، 2007).



الشكل (2-3-6) جهاز اختبار عامل الرص compact factor

الجدول (2-3-3) القابلية للتشغيل معبراًعنها بعامل الدمك

درجة التشغيلية	عامل الدمك	الهبوط سم	الإستعمال المناسب للخرسانة
منخفضة جدا	0.78	2-0	الطرق المستخدم فيها الهز بالماكينات العادية أو اليدوية
منخفضة	0.85	2.5 -2	الطرق المستخدم فيها الهز بالماكينات اليدوية أو الهز اليدوى إذا كان الركام مستديرا أو زاويا. الخرسانة الكتلية فى الأساسات بدون اهتزازات أو الخرسانة المسلحة التى فيها تسليح خفيف بواسطة الدمك بالهز.
متوسطة	0.92	10 -5	الأسقف المدموكة باليد أوالخرسانة المسلحة ذات التسليح الثقيل و المدموكة باليد أو بالإهتزازات
عالية	0.95	17.5 -10	للقطاعات ذات التسليح الشديد جداً غير المناسب للهز

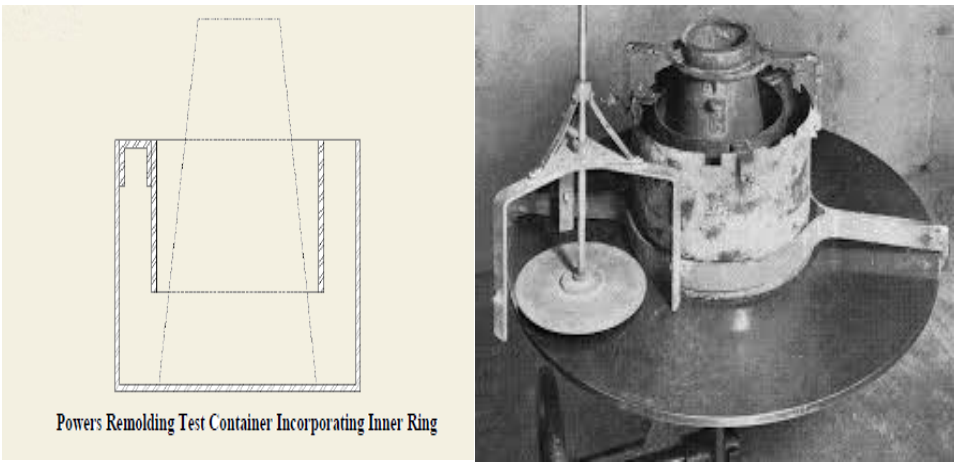
6.3.2 : اختبار اعادة التشكيل Remoulding Test

يتم بهذا الاختبار قياس قابلية تشغيل الخرسانة بالجهد اللازم لتغير شكل نموذج من الخرسانة من هيئة الى اخرى بواسطة الرج الترددي بواسطة الجهاز المبين بالشكل (2-3-7) الذي يتكون من مخروط ناقص(شبيه للمستعمل في فحص الهبوط)، اسطونة قطرها(305) مم وارتفاعها (203)مم وفي داخلها حلقة داخلية قطرها (210) مم وارتفاعها (127) مم . (الخلف وأخرون،1984) ويعتبر من الاختبارات الهامة عند دراسة تحرك الكتلة الخرسانية المصنوعة بكميات مختلفة من الماء والاسمنت والركام والمختلفة نوعا وتدرجا. (العريان وأخرون، 1975)

- طريقة عمل الاختبار

1. يوضع المخروط داخل الاسطوانة ويملئ بالخرسانة بالطريقة القياسية .
2. يزال القالب ويوضع قرص بوزن(1.9) كغم على سطح الخرسانة و يرفع و يخفض باسقاطه لمسافة(6.3) مم وتكرر العملية عدة مرات بمعدل سقوط واحد كل ثانية .

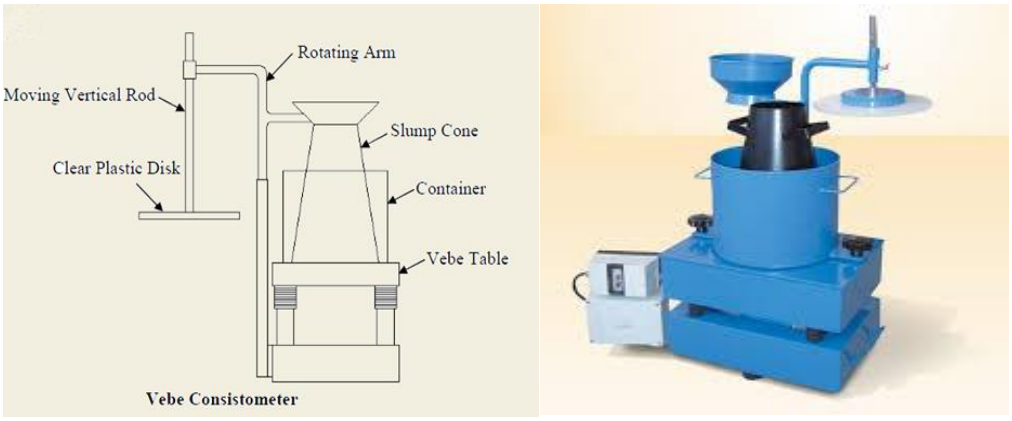
3. بعد تكرار العملية يهطل المخروط الخرساني مقدارا معينا متغيرا شكله الى اسطواني .
4. تعبر عدد الرجات الترددية عن الجهد اللازم لاعادة التشكيل ويعتبر مقياس لقابلية التشغيل مع العلم ان الجهد هذا يزداد بزيادة جفاف الخليط.



الشكل (2-3-7) جهاز اعادة تشكيل الخرسانة

7.3.2 : اختبار في بي Vebe (VB) Test

هو من الاختبارات لقياس قابلية تشغيل الخرسانة وهذا الاختبار تعديل لاختبار إعادة التشكيل بحيث أُلغيت الإسطوانة الداخلية في الجهاز وتم الدمك بالهز بدلاً من الرج كما في الشكل (2-3-8) ويفترض أن إعادة التشكيل لقد إكتملت عندما يغطى اللوح الزجاجى الخرسانة تماما وعندما تتلاشى آلفراغات فى الخرسانة ويحدد هذا بالنظر الذى يعتبر أحد عيوب إجراء الإختبار. ويتم الدمك بواسطة منضدة إهتزاز بها حمل غير متمركز ويدور بسرعة(3000) لفة فى الدقيقة وبعجلة قدرها(3-4)ج حيث (ج) هى عجلة الجاذبية الأرضية و بفرض أن كمية الطاقة اللازمة لتمام الدمك تمثل درجة التشغيلية للخليط معبراً عنها بالزمن اللازم بالثانية لإعادة التشكل الكامل. وفي بعض الأحيان يعمل تصحيح قدره (V_2 / V_1) ، و يمثل(V1) حجم الخرسانة قبل الاهتزاز ويمثل (V2) حجم الخرسانة بعد الاهتزاز ، و الاختبار هذا مناسبا للخرسانة الجافة او التي تحوي على الياف . وقد يستخدم ايضا للتعبير عن القوام.(امام وأخرون، 2007)،(Neville, 2010)



الشكل(2-3-8) جهاز VB