Soil investigation

Site exploration, which usually ranges from about 0.5 to 1.0 percent of total construction costs, only to find after construction has started that the foundation must be redesigned, is certainly false economy. This fact is generally recognized, and it is doubtful that any major structures are currently designed without site exploration being undertaken. Small structures are sometimes designed without site exploration; however, the practice is not recommended. The condition of the adjacent structures is an indication, but certainly no guarantee, that a site is satisfactory. Suitable building sites in urban areas are becoming difficult to find, and often sites targeted for urban renewal are used. These sites can be quite hazardous from demolition of previously existing structures and backfilling of former basements during landscaping. Often this type of backfill is done with little supervision or quality control, so there can be significant soil variation at these sites within a few meters in any direction.	أنّ تحريات الموقع، والذي يتراوح عادة من حوالي 0.5 إلى 1.0 بالمائة من إجمالي تكاليف البناء، ثم اكتشاف أنه بعد بدء البناء يجب إعادة تصميم الأساس، هو بالتأكيد اقتصاد زائف. هذه الحقيقة معترف بها بشكل عام، ومن المشكوك فيه أن يتم تصميم أي هياكل رئيسية حاليًا دون إجراء استكشاف للموقع. في بعض الأحيان يتم تصميم الهياكل الصغيرة دون استكشاف الموقع؛ ومع ذلك، لا ينصح بها. تعتبر حالة المباني المجاورة مؤشرًا، ولكن بالتأكيد ليس ضمانًا، على أن الموقع مُرضٍ. لقد أصبح من الصعب العثور على مواقع بناء مناسبة في المناطق الحضرية، وغالباً ما يتم استخدام المواقع المستهدفة للتجديد الحضري. يمكن أن تكون هذه المواقع خطيرة للغاية نتيجة لهدم الهياكل الموجودة سابقًا وردم الأقبية السابقة أثناء تنسيق الحدائق. في كثير من الأحيان يتم إجراء هذا النوع من الردم مع القليل من الإشراف أو مراقبة الجودة، لذلك يمكن أن يكون هناك اختلاف كبير في التربة في هذه المواقع على بعد بضعة أمتار في أي اتجاه.
The elements of a site investigation depend heavily on the project but generally should provide the following:	**تعتمد عناصر التحريات الموقعية في الموقع بشكل كبير على المشروع ولكن بشكل عام ينبغي تتكوّن مما يلي:**
1. Information to determine the type of foundation required (shallow or deep). 2. Information to allow the geotechnical consultant to make a recommendation on the allowable load capacity of the foundation. 3. Sufficient data/laboratory tests to make settlement predictions. 4. Location of the groundwater table (or determination of whether it is in the construction zone). For certain projects, groundwater table fluctuations may be required. These can require installation of piezometers and monitoring of the water level in them over a period of time. 5. Information so that the identification and solution of construction problems (sheeting and dewatering or rock excavation) can be made. 6. Identification of potential problems (settlements, existing damage, etc.) concerning adjacent property. 7. Identification of environmental problems and their solution.	1.معلومات لتحديد نوع الأساس المطلوب (سطحي أو عميق). 2. معلومات تتيح للاستشاري الجيوتقني تقديم توصية بشأن سعة التحميل المسموح بها للأساس. 3. بيانات/فحوصات مختبرية كافية لإجراء تنبؤات الهبوط. 4. موقع منسوب المياه الجوفية (أو تحديد ما إذا كانت موجودة في منطقة البناء). بالنسبة لبعض المشاريع، قد تكون هناك تذبذب لمنسوب المياه الجوفية. قد يتطلب ذلك تركيب أجهزة قياس الضغط ومراقبة مستوى الماء فيها على مدى فترة من الزمن. 5. المعلومات حتى يمكن تحديد وحل مشاكل البناء (الألواح ونزح المياه أو حفر الصخور). 6. تحديد المشاكل المحتملة (المستوطنات، الأضرار القائمة، الخ) المتعلقة بالممتلكات المجاورة. 7. التعرف على المشكلات البيئية وحلها.

METHODS OF EXPLORATION

طرق التحرّي

The most widely used method of subsurface investigation for compact sites as well as for most extended sites is boring holes into the ground, from which samples may be collected for either visual inspection or laboratory testing	انّ اكثرالطرق استخدامًا للتحرّي عن التربب تحت السطحية في معظم المواقع عبارة عن حفر في الأرض يمكن جمع العينات منها للفحص البصري أو للفحوصات المختبرية

1- Disturbed Sampling

1- النمذجة للترب المخلخلة

Method الطريقة	Depth العمق	Applicability التطبيق
Auger boring	Depends on equipment and time available, practical depths being up to about 35 m	All soils. Some difficulty may be encountered in gravelly soils. Rock requires special bits, and wash boring is not applicable. *Penetration testing* is used in conjunction with these methods, and disturbed samples are recovered in the split spoon. Penetration counts are usually taken at 1- to 1.5 m increments of depth
Rotary drilling Wash boring	Depends on equipment, most equipment can drill to depths of 70 m or more	
Test pits and open cut	As required, usually less than 6 m; use power equipment	

2- Disturbed Sampling

2 النمذجة للترب الغيرمخلخلة

Method الطريقة	Depth العمق	Applicability التطبيق
Auger drilling, rotary drilling, percussion drilling, washing drilling	Depends on equipment as for disturbed sample recovery	Thin-walled tube samplers and various piston samplers are used to recover samples from holes advanced by these methods. Commonly, samples of 50- to 100-mm diameter can be recovered
Test pits	Same as for disturbed samples	Hand-trimmed samples. Careful trimming of sample should yield the least sample disturbance of any method

Soil boring

1- Hand Tools

The earliest method of obtaining a test hole was to excavate a test pit using a pick and shovel. Because of economics, the current procedure is to use power excavation equipment such as a backhoe to excavate the pit and then to use hand tools to remove a block sample or shape the site for in situ testing. This is the best method at present for obtaining quality ***undisturbed*** **samples** for testing other than vertical orientation. For small jobs, where the sample disturbance is not critical. Hand- augured holes are usually drilled to depths of the order of 2 to 5 m, as on roadways or airport runways, or investigations for small buildings.

1-الادوات اليدويه

كانت أول طريقة للحصول على ثقب اختبار هي حفر حفرة اختبار باستخدام مجرفة ومجرفة. نظرًا للاقتصاد ، يتمثل الإجراء الحالي في استخدام معدات حفر كهربائية مثل الجرافة الخلفية لحفر الحفرة ثم استخدام الأدوات اليدوية لإزالة عينة كتلة أو تشكيل الموقع للاختبار في الموقع. هذه هي أفضل طريقة في الوقت الحالي للحصول على عينات غير مشوشة دون عائق للاختبار في اتجاه آخر غير الاتجاه الرأسي. بالنسبة للوظائف الصغيرة ، حيث لا يكون اضطراب العينة حرجًا. عادة ما يتم حفر الثقوب التي يتم حفرها يدويًا إلى أعماق تتراوح من 2 إلى 5 أمتار ، كما هو الحال في الطرق أو مدارج المطارات ، أو التحقيقات الخاصة بالمباني الصغيرة.

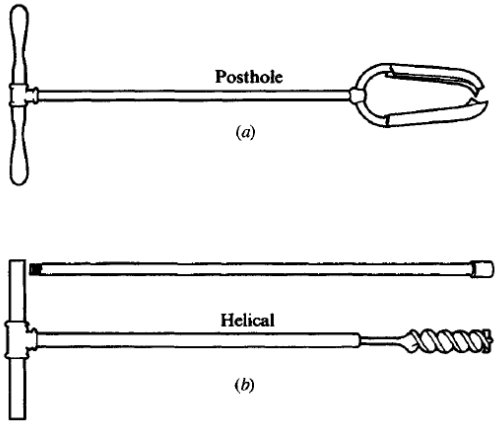

Figure 3-1 Hand tools for soil exploration. (*a*), (*b*) Hand augers; (*c*) gasoline-engine-powered hand auger with additional auger flights in the foreground together with hand-driven sample tube.

2- Mounted power drill

2- الحفربالقوة المركبة

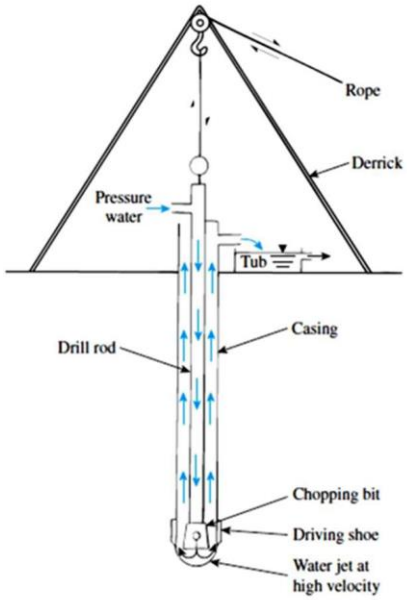

Figure 3.2 Wash boring

For numerous borings to greater depths and to collect samples that are undisturbed, the only practical method is to use power-driven equipment.

2.1 Wash boring is a term used to describe one of the more common methods of advancing a hole into the ground. A hole is started by driving casing (Fig. 3-2) to a depth of 2 to 3.5 m. Casing is simply a pipe that supports the hole, preventing the walls from sloughing off or caving in. The casing is cleaned out by means of a chopping bit fastened to the lower end of the drill rod. Water is pumped through the drill rod and exits at high velocity through holes in the bit. The water rises between the casing and drill rod, carrying suspended soil particles, and overflows at the top of the casing. The hole is advanced by raising, rotating, and dropping the bit into the soil at the bottom of the hole. This method is quite rapid for advancing holes in all

بالنسبة للعديد من الثقوب إلى أعماق أكبر ولجمع العينات غير المضطربة ، فإن الطريقة العملية الوحيدة هي استخدام المعدات التي تعمل بالطاقة.

1.1 الحفر بالغسل هو مصطلح يستخدم لوصف إحدى الطرق الأكثر شيوعًا لإحداث ثقب في الأرض. يبدأ الثقب بدفع الغلاف (الشكل 3-2) على عمق 2 إلى 3.5 متر. الغلاف هو ببساطة أنبوب يدعم الثقب ، ويمنع الجدران من الانزلاق أو الرضوخ. يتم تنظيف الغلاف عن طريق لقمة تقطيع مثبتة في الطرف السفلي لقضيب الحفر. يُضخ الماء عبر قضيب الحفر ويخرج بسرعة عالية من خلال الثقوب الموجودة في لقمة الحفر. يرتفع الماء بين الغلاف وقضيب الحفر ، حاملاً جزيئات التربة المعلقة ، وتفيض في الجزء العلوي من الغلاف. يتم دفع الحفرة برفع وتدوير وإسقاط الريشة في التربة في قاع الحفرة. هذه الطريقة سريعة جدًا في إحداث الثقوب في جميع طبقات التربة الصلبة جدًا باستثناء طبقات التربة الصلبة جدًا.

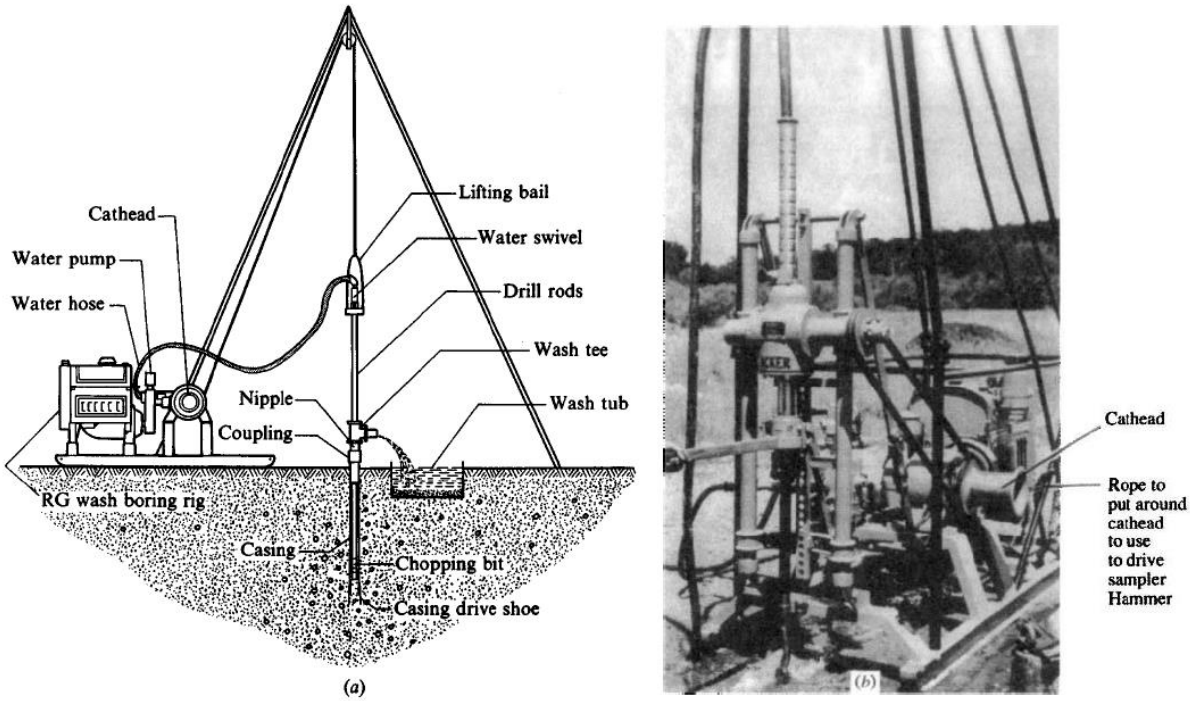

Figure 3-2 (*a*) Schematic of wash-boring operations; (*b*) photograph of wash-boring operation. Note weight in lower right foreground to advance th casing and to take penetration numbers when the chopping bit is replaced with the split spoon. (*The Acker Drill Company.*)

3- Rotary drill

Rotary drilling is the most rapid method of advancing holes in rock, it can also be used for any type of soil. Drilling mud may be used in soils where the sides of the hole tend to cave in. Drilling mud is usually a water solution of a special kind of clay (such as bentonite), with or without other admixtures, that is forced into the sides of the hole by the rotating drill. The mud cake thus formed provides sufficient strength in conjunction with the hydrostatic pressure of the mud suspension so that the cavity is maintained. When soil samples are needed, the drilling rod is raised, and the drilling bit is replaced by a sampler.

3- الحفرالدوراني

الحفر الدوراني هو أسرع طريقة لإحداث ثقوب في الصخور، ويمكن استخدامه أيضًا لأي نوع من التربة. يمكن استخدام طين الحفر في التربة حيث تميل جوانب الحفرة إلى الانهيار. وعادة ما يكون طين الحفر محلول مائي لنوع خاص من الطين (مثل البنتونيت)، مع أو بدون مواد مضافة أخرى، يتم دفعها إلى جوانب الثقب بواسطة المثقاب الدوار. توفر عجينة الطين المتكونة على هذا النحو قوة كافية بالاقتران مع الضغط الهيدروستاتيكي لتعليق الطين بحيث يتم الحفاظ على التجويف. عند الحاجة إلى عينات التربة، يتم رفع قضيب الحفر واستبدال لقمة الحفر بأخذ العينات..

4- Continuous flight augers

4- المثاقب الطياراة المستمرة

Continuous flight augers with a rotary drill are probably the most popular method of soil exploration at present (Fig. 3-3). The flights act as a screw conveyor to bring the soil to the surface. The method is applicable in all soils. Borings up to nearly 100 m can be made with these devices, depending on the driving equipment, soil, and auger diameter.

من المحتمل أن تكون مثاقب الطيران المستمرة ذات المثقاب الدوار هي الطريقة الأكثر شيوعًا لاستكشاف التربة في الوقت الحاضر (الشكل 3-3). تعمل الرحلات كناقل لولبي لجلب التربة إلى السطح. الطريقة قابلة للتطبيق في جميع أنواع التربة. يمكن عمل بورات تصل إلى 100 متر تقريبًا باستخدام هذه الأجهزة ، اعتمادًا على معدات القيادة والتربة وقطر المثقاب.

Figure 3-3 Soil drilling using a continuous-flight auger.

SOIL SAMPLING

The most important engineering properties for foundation design are ***strength, compressibility, and permeability***. Reasonably good estimates of these properties for cohesive soils can be made by laboratory tests on *undisturbed* samples, which can be obtained with moderate difficulty. It is nearly impossible to obtain a truly undisturbed sample of soil, so in general usage the term ***undisturbed*** means a sample where some precautions have been taken to minimize disturbance of the existing soil skeleton. **The following represent some of the factors that make an undisturbed sample hard to obtain:**

1. *The sample is always unloaded from the in situ confining pressures, with some unknown resulting expansion*
2. *Samples collected are disturbed by volume displacement of the tube or other collection device. The presence of gravel greatly aggravates sample disturbance.*
3. *Sample friction on the sides of the collection device tends to compress the sample during recovery. Most sample tubes are swaged so that the cutting edge is slightly smaller than the inside tube diameter to reduce the side friction.*

أخذ عينات التربة

أهم الخصائص الهندسية لتصميم الأساس هي القوة والانضغاطية والنفاذية. يمكن إجراء تقديرات جيدة بشكل معقول لهذه الخصائص للتربة المتماسكة عن طريق الاختبارات المعملية على العينات غير المشوشة ، والتي يمكن الحصول عليها بصعوبة معتدلة. يكاد يكون من المستحيل الحصول على عينة غير مشوشة حقًا من التربة ، لذلك في الاستخدام العام ، يعني مصطلح غير مشوش عينة تم فيها اتخاذ بعض الاحتياطات لتقليل اضطراب الهيكل التركيبي للتربة الحالي. يمثل ما يلي بعض العوامل التي تجعل من الصعب الحصول على عينة غير مشوشة:

1 .يتم تفريغ العينة دائمًا من ضغوط الحصر في الموقع ، مع بعض التمدد الناتج غير المعروف
2 .تتأثر العينات التي تم جمعها بسبب إزاحة حجم الأنبوب أو أي جهاز تجميع آخر. يؤدي وجود الحصى إلى تفاقم اضطراب العينة بشكل كبير.
3 .يميل احتكاك العينة على جوانب جهاز الجمع إلى ضغط العينة أثناء الاسترداد. يتم تحريك معظم أنابيب العينات بحيث تكون حافة القطع أصغر قليلاً من قطر الأنبوب الداخلي لتقليل الاحتكاك الجانبي.

4. There are unknown changes in water content depending on recovery method and the presence or absence of water in the ground or borehole. 5. Loss of hydrostatic pressure may cause gas bubble voids to form in the sample. 6. Handling and transporting a sample from the site to the laboratory and transferring the sample from sampler to testing machine disturb the sample more or less by definition. 7. The quality or attitude of drilling crew, laboratory technicians, and the supervising engineer may be poor. 8. On very hot or cold days, samples may dehydrate or freeze if not protected on-site. Furthermore, worker attitudes may deteriorate in temperature extremes.	4- هناك تغيرات غير معروفة في محتوى الماء اعتمادًا على طريقة الاسترداد ووجود أو عدم وجود الماء في الأرض أو البئر. 5- قد يؤدي فقدان الضغط الهيدروستاتيكي إلى تكوين فقاعات غازية في العينة. 6- التعامل مع العينة ونقلها من الموقع إلى المختبر ونقل العينة من جهاز أخذ العينات إلى آلة الاختبار يزعج العينة بشكل أو بآخر بحكم التعريف. 7- قد تكون نوعية أو سلوك طاقم الحفر وفنيي المختبر والمهندس المشرف سيئًا. 8- في الأيام شديدة الحرارة أو البرودة، قد تجف العينات أو تتجمد إذا لم تكن محمية في الموقع. علاوة على ذلك، قد تتدهور مواقف العمال في درجات الحرارة القصوى.

Cohesionless Soil Sampling

It is nearly impossible to obtain undisturbed samples of cohesionless material for strength testing. Sometimes samples of reasonable quality can be obtained using ***thin-walled piston samplers*** **in medium- to fine-grained sands**. In gravelly materials, and in all dense materials, samples with minimal disturbance are obtained only with extreme difficulty.

Since it is nearly impossible to recover undisturbed samples from cohesionless deposits, density, strength, and compressibility estimates are usually obtained from ***penetration tests*** or other ***in situ methods***.

أخذ عينات التربة غير المتماسكة

يكاد يكون من المستحيل الحصول على عينات غير مضطربة من مادة غير متماسكة لاختبار القوة. في بعض الأحيان يمكن الحصول على عينات ذات جودة معقولة باستخدام أجهزة أخذ عينات ذات مكبس رقيق الجدران في رمال متوسطة إلى دقيقة الحبيبات. في المواد المكسوة بالحصى، وفي جميع المواد الكثيفة، لا يتم الحصول على العينات ذات الحد الأدنى من الاضطراب إلا بصعوبة بالغة نظرًا لأنه يكاد يكون من المستحيل استرداد العينات غير المضطربة من الرواسب غير المتماسكة، يتم الحصول على تقديرات الكثافة والقوة والانضغاط عادةً من اختبارات الاختراق أو طرق أخرى في الموقع.

Disturbed Sampling of All Soils

In recognizing the difficulty and expense of obtaining undisturbed samples, it is common practice on most foundation projects to rely on *penetration tests* and, disturbed samples for obtaining an estimate of the soil conditions. The standard penetration test (SPT) is nearly universally used, even though highly disturbed samples are recovered.

Figure 3-5 illustrates the *sampling device* (also called a *split spoon)* most used with the SPT.

In a test the sampler is driven into the soil a measured distance, using falling weight producing some number of blows (or drops). The number of blows ***N*** to drive the specified distance is recorded as an indication of soil strength.

The penetration number ***N*** (a measure of resistance) is usually sufficient for making estimates of both strength and settlement in cohesionless soils.

أخذ عينات مشوشة من جميع أنواع التربة

في إدراك صعوبة وتكلفة الحصول على عينات غير مضطربة، من الشائع في معظم مشاريع التأسيس الاعتماد على اختبارات الاختراق والعينات المضطربة للحصول على تقدير لظروف التربة. يتم استخدام اختبار الاختراق القياسي (SPT)عالميًا تقريبًا، على الرغم من استعادة العينات المضطربة للغاية.

يوضح الشكل 3-5 جهاز أخذ العينات (ويسمى أيضًا الملعقة المقسمة) الأكثر استخدامًا مع SPT.

في الاختبار، يتم دفع جهاز أخذ العينات إلى التربة مسافة محسوبة، باستخدام الوزن الساقط مما ينتج عنه عددًا من الضربات (أو القطرات). يتم تسجيل عدد الضربات N لقيادة المسافة المحددة كمؤشر على قوة التربة.

عادة ما يكون رقم الاختراق N (مقياس المقاومة) كافياً لعمل تقديرات لكل من القوة والاستقرار في التربة غير المتماسكة.

Unassembled split-spoon sampler after sampling

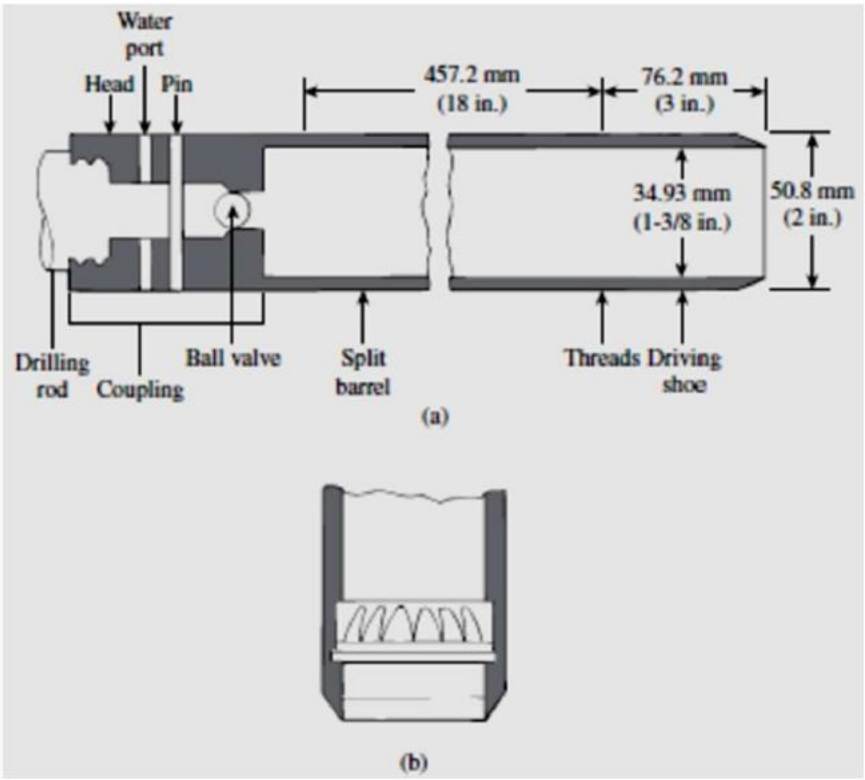

Figure 3.5 **(a) Standard split-spoon sampler; (b) spring core catcher**

Undisturbed Sampling in Cohesive Soils

Recovery of "*undisturbed*" samples in cohesive soils is accomplished by replacing the split spoon on the drill rod with specially constructed ***thin-walled tubes*, sometimes referred to as *Shelby tubes***.
Samples obtained in this manner may be used for **consolidation or shear tests**. Friction holds the sample in the tube as the sample is withdrawn; however, there is also special valve or piston (Fig. 3-6) arrangement that use a pressure differential (suction) to retain the sample in the tube.

يتم استعادة العينات "غير المشوشة" في التربة المتماسكة عن طريق استبدال الملعقة المنقسمة على قضيب الحفر بأنابيب رقيقة الجدران مُصممة خصيصًا، والتي يشار إليها أحيانًا باسم أنابيب شيلبي.
يمكن استخدام العينات التي تم الحصول عليها بهذه الطريقة في اختبارات الدمج أو القص.
يحتك الاحتكاك بالعينة في الأنبوب أثناء سحب العينة؛ ومع ذلك، يوجد أيضًا صمام أو مكبس خاص (الشكل 3-6) ترتيب يستخدم فرق ضغط (شفط) للاحتفاظ بالعينة في الأنبوب.

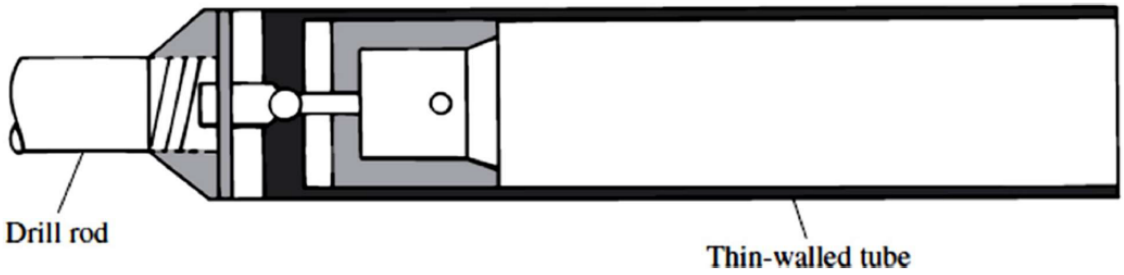

Fig. 3-6 Thin-walled tube