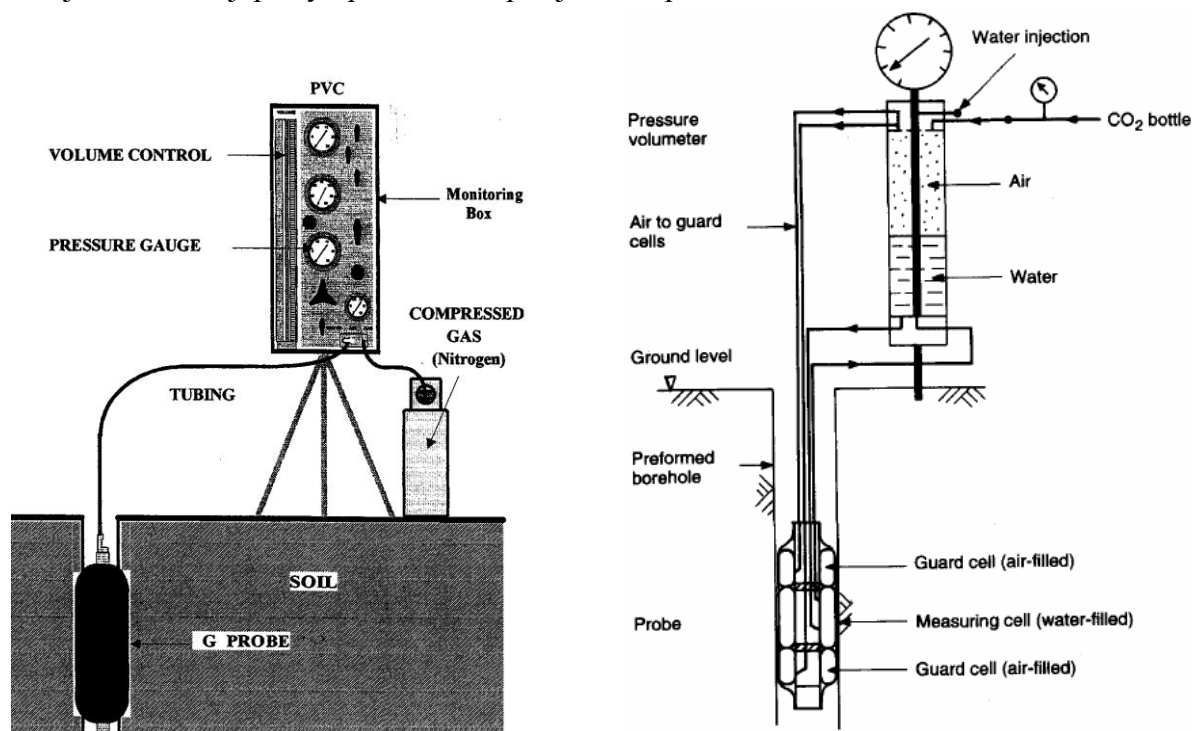


Поглавље 13 - Пресиометарски тест

13.1. Увод

Пресиометар је уређај који се састоји од пресиометарске сонде, контролно/мјерне јединице на површини терена и одговарајућих водова за гас/флуид. Пресиометарска сонда је челични цилиндар прекривен гуменом мембраном. Уношењем гаса/флуида у сонду врши се њена радијална експанзија (повећање запремине) чиме се наноси притисак на зидове бушотине. Пресиометарски тест се састоји у спуштању сонде пресиометра на дубину тестирања, експанзији сонде и мјерењу притиска и промјене запремине.



Слика 13.1: а) основне компоненте пресиометра , б) Шема Ménard-овог пресиометра

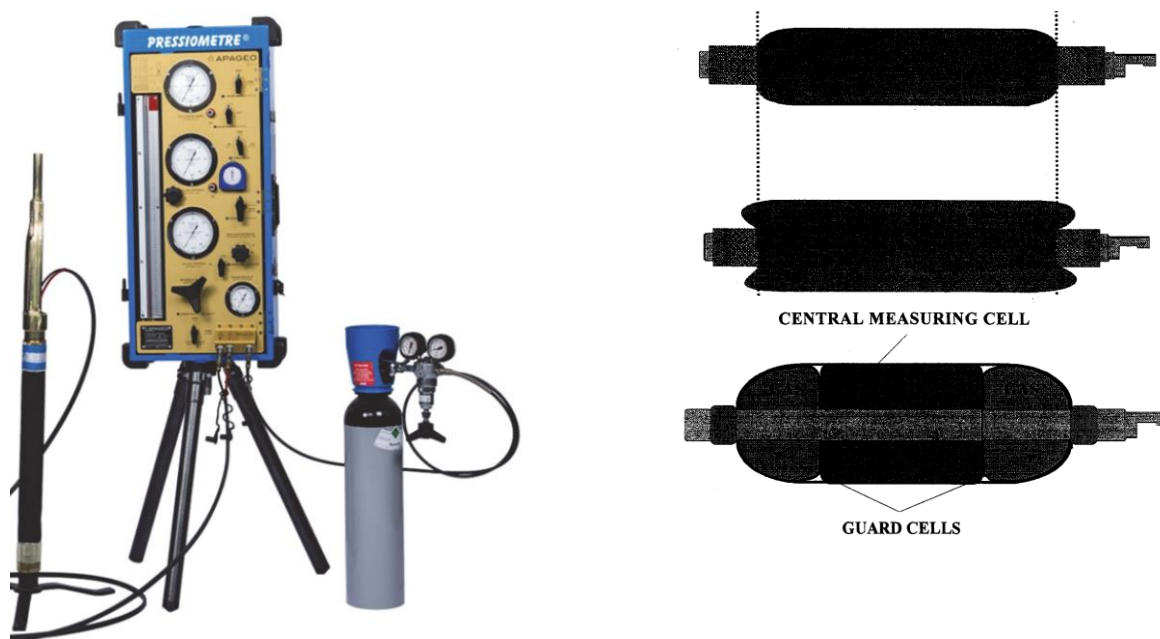
Предност употребе пресиометра је у томе што се избегавају тешкоће у прибављању непоремећених узорака тла. Додатно, за разлику од осталих теренских тестова добијају се два независна податка.

Постоје три типа пресиометара:

- Пресиометри у бушотини (*The borehole pressuremeter*)
- Самобушећи пресиометри (*The self-boring pressuremeter - SBP*)
- Пресиометри који се утискују у тло (*displacement pressuremeters*)

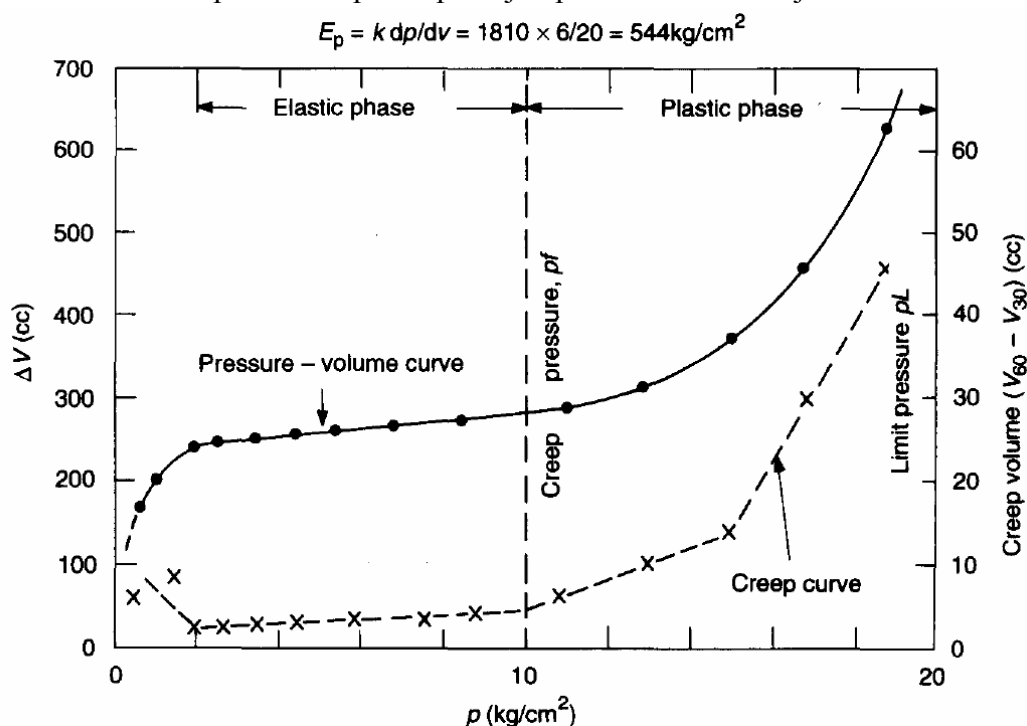
13.2. Пресиометри у бушотини

Сонда пресиометра која је нешто мањих димензија од бушотине се спушта на одговарајућу дубину након чега се радијално шири под дејством притиска воде/гаса. Сонда је повезана са контролно-мјерном јединицом на површини терена. Код Ménard-овог пресиометарског теста (*MPT*) сонда се састоји из три ћелије, двије заштитне и једне мјерне. Заштитне ћелије које се пуне гасом/водом не користе се за мјерење промјене запремине. Њихова сврха је да обезбиједе константну радијалну деформацију дуж мјерне ћелије.



Слика 13.2: а) Мénéard-ов пресиометар, б) Нехомогена деформација при крајевима мјерне ћелије, ц) мјерна ћелија са заштитним ћелијама

Преко сонде пресиометра притисак се аплицира на зидове бушотине при чему се мјери деформација тла кроз мјерење повећања запремине бушотине. Притисак гаса и воде се повећава у једнаким инкрементима времена и приближно једнаким инкрементима притиска. Одговарајуће промјене запремине сонде се региструју 15,30,60 и 120 секунди након наношења сваког инкремента. Уобичајен број инкремената је од 5 до 14. Кориговане вриједности притиска и промјене запремине очитане након 120 секунди се приказују помоћу тзв. пресиометарске криве. Типична пресиометарска крива је приказана на доњој слици.



Слика 13.1: Типична пресиометарска крива – веза притиска и промјене запремине

Крива се састоји из три дијела:

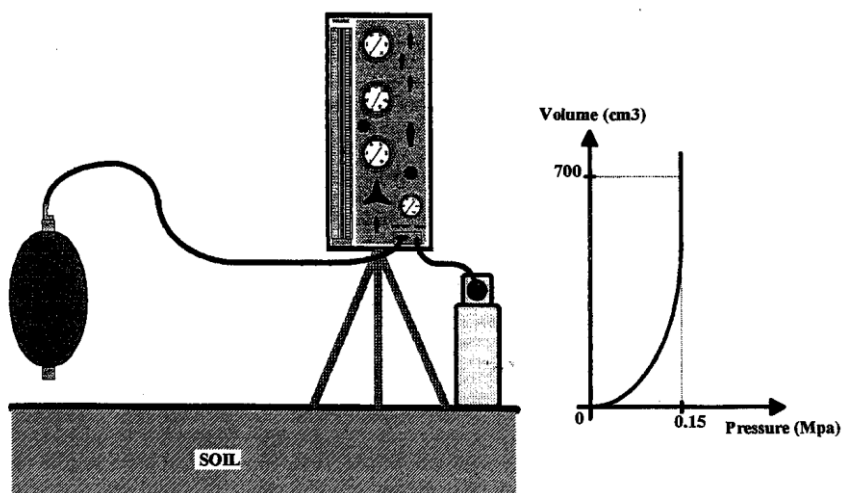
1. Налијегање сонде на зидове бушотине и поновно успостављање хоризонталног примарног напона, $p < p_0$.
2. Зона псевдоеластичног понашања, са ниским нивоом пузања (*creep*) $p_0 < p < P_F$
3. Зона пластичне деформације, са повећаним утицајем пузања које се јавља када се тло приближава лому ($P_F < p < P_L$)
гдје су
 P_F – притисак пузања (*creep*) који представља границу између квази-еластичног понашања и великих деформација
 P_L – гранични притисак који се користи за прорачун носивости темеља

Крива пузања (*creep curve*) приказује промјену запремине измјерену након 30 и 60 секунди у функцији од коригованог притиска.

Корекције се морају примјенити из следећих разлога:

1. Отпор саме сонде при експанзији (ширењу). Резултат је читавање већег отпора тла од стварног.
2. Експанзија вода који повезују сонду са контролно-мјерном јединицом. Резултат је читавање нешто веће промјене запремине од стварне.
3. Хидростатички ефекат – мјерна ћелија и водови су испуњени водом па је ставрни притисак у ћелији већи од измјереног.

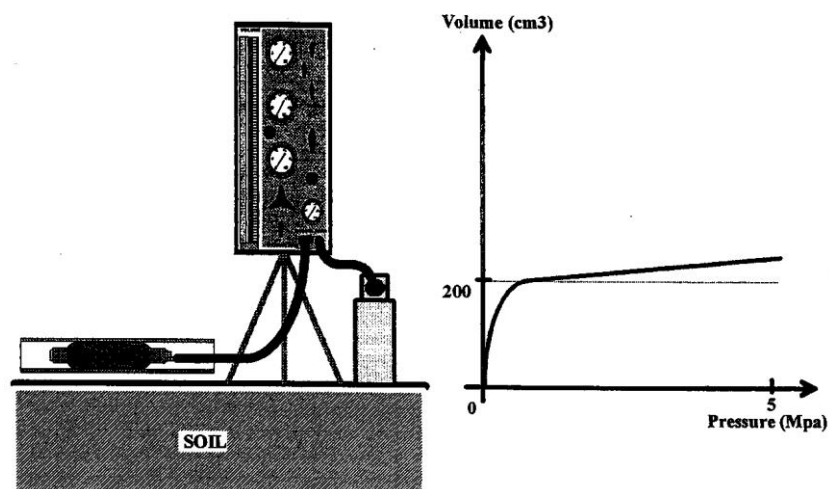
Одређивање корекције услед отпора сонде се спроводи у тесту губитка притиска (*Open-air pressure loss test*) који се спроводи тако што се у сонди на површини терена постепено повећава запремина наношењем притиска у инкрементима као и при пресиометарском тесту при чему се добија крива промјене запремине у функцији притиска. Добијени отпор сонде се одузима од вриједности добијених током теста у бушотини за сваку очитану промјену запремине.



Слика 13.2: Одређивање корекције због отпора саме сонде (*Open-air pressure loss test*)

Корекција услед експанзије вода се мјери у тесту губитка запремине (*volume loss test*) гдје се пресиометарска сонда уноси у крути челични цилиндар, повећава се притисак и читава се

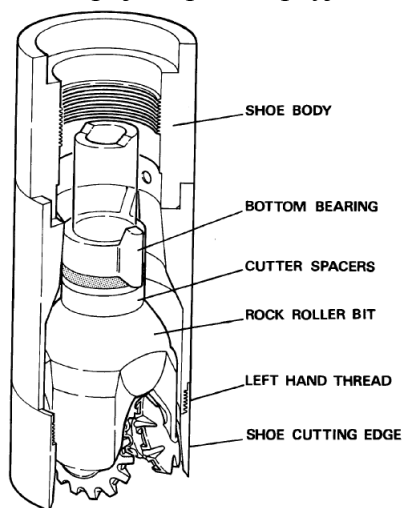
пормјена запремине. Добијена крива промјене запремине у функцији притиска указује на губитак запремине услед ширења водова.



Слика 13.3: Корекција услед експанзије водова (volume loss test)

13.3. Самобушећи пресиометри

У циљу смањења ефекта поремећаја тла који су неизбежни при изради бушотине развијени су самобушећи пресиометри у Француској (Baguelin, 1974) и Енглеској (Wroth, Hughes, 1973). Ови пресиометри имају у бази уграђен механизам за ископ. Пресиометар се хидрауликом утискује у тло а истовремено се механизам за бушење ротира и снабдијева течномшћу за бушење којом се ископани материјал транспортује на површину кроз унутрашњост тијела пресиометра.

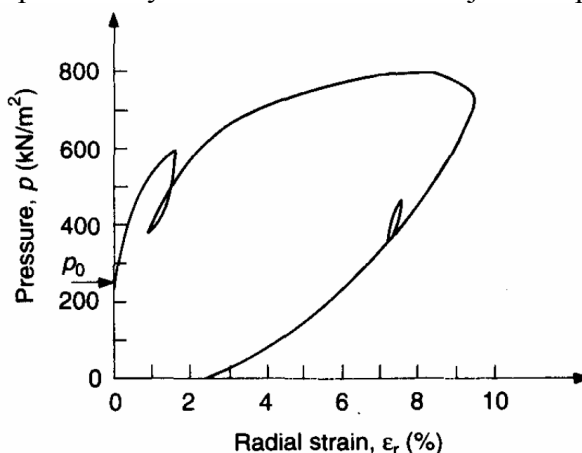


Слика 13.4: Самобушећи пресиометар

Резултати овог типа пресиометарског теста се приказују као зависност коригованог притиска од радијалне деформације шупљине ε_c (cavity strain) која се одређује као:

$$\varepsilon_c = \frac{d - d_0}{d_0}$$

гдје је d_0 почетни пречник пресиометра при хоризонталном напону у терену (примарни, in-situ притисак) док је d текући пречник шупљине након експанзије под притиском p .



Слика 13.5: Типични резултат пресиометарског теста (самобушећи пресиометар) – зависот притиска од радијалне деформације шупљине (cavity strain)

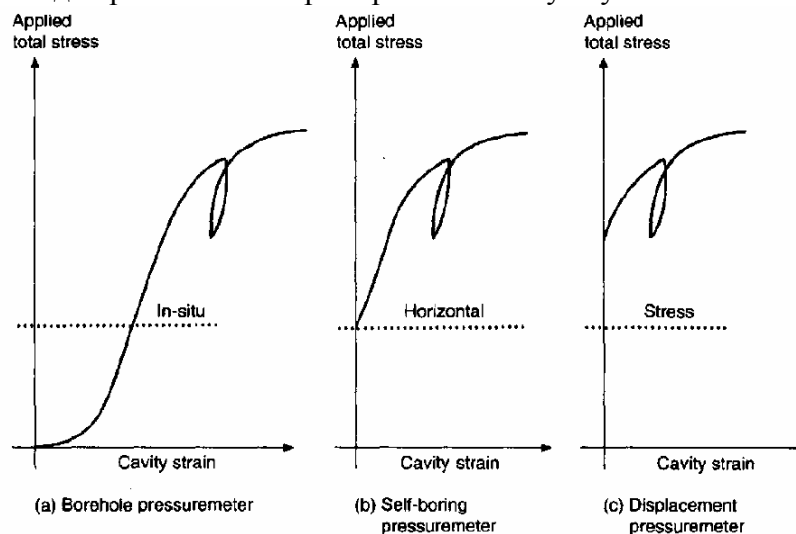
13.4. Пресиометри који се утискују у тло (displacement pressuremeters)

Постоје двије врсте ових пресиометара:

- „push-in“ пресиометар (PIP) који је првенствено намијењен за геотехничка истраживања на мору (off-shore investigations)
- консуни пресиометар (cone- pressuremeter) који је монтиран изнад CPT уређаја.

13.5. Примјена резултата пресиометарског теста

Разлика између описане три врсте пресиометара је у вриједности хоризонталног тоталног напона од којег се почиње у тесту. Тако за пресиометре у бушотини тест почиње од хор. напона који је приближно нула, самобушећи пресиометри почињу од примарног хоризонталног напона који је постојао прије уношења пресиометра. Код пресиометара који се утискују у тло, почетни напон је знатно већи од хоризонталног примарног напона у тлу.



Слика 13.6: Пресиометарске криве у зависности од типа пресиометра

При коришћењу резултата Ménard-ов пресиометра користи се полу-емпиријски приступ. Гранични притисак P_L је од стране Ménard-а дефинисан као притисак потребан да повећа запремину сонде два пута у односу на почетну величину. Нето гранични притисак P_L^* се дефинише као:

$$P_L^* = P_L - \sigma_{h0}$$

гдје је σ_{h0} – примарни хоризонтални напон

Нето гранични притисак се у Француској користи за прорачун носивости темеља. За глине се недренирана кохезија може одредити као:

$$c_u = \frac{P_L^*}{N_p}$$

гдје је N_p фактор који варира од 5.50 до 10.

Један од најкориснији параметара који се могу добити из овог теста је деформациони модул при првом оптерећењу – пресиометарски модул E_0 или Ménard-ов модул E_m . Добија се из нагиба пресиометарске криве у псеудо-еластичном подручју и користи се за прорачун слегања темеља.

$$E_m = A \frac{\Delta p}{\Delta V}$$

гдје A зависи од величине сонде и Пуаоновог коефицијента тла.

Baguelin (1978) је дао табелу вриједности параметра α с којим E_m треба подијелити да би се добиле вриједности Јанговог модула еластичности E за прорачун. Вриједност α варира од 0.25 до 1.0, зависно од односа E_m/P_L и врсте тла. Распони очекиваних вриједности пресиометарског модула и граничног притиска за глуну/пијесак су дате у доњој табели.

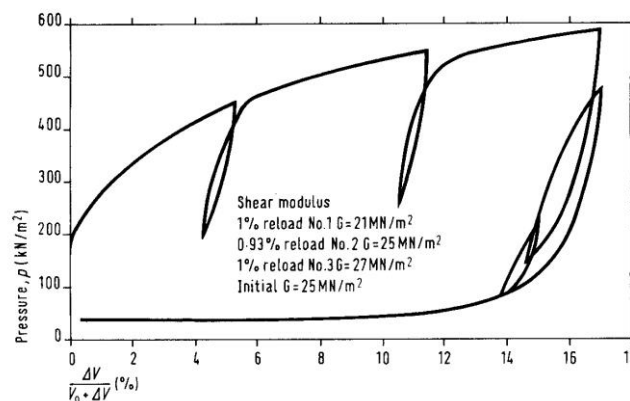
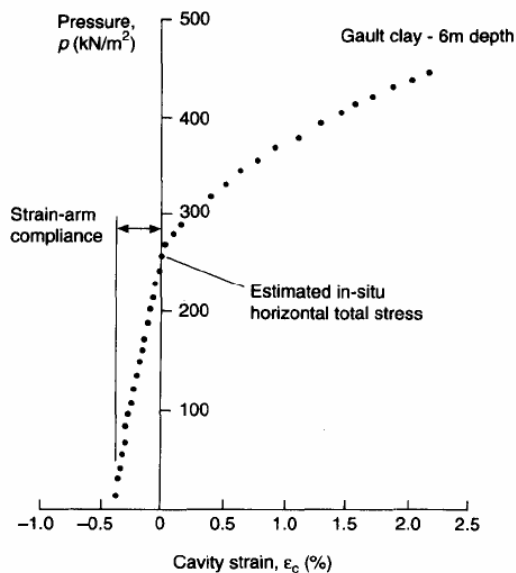
Табела 14.1. Очекиване вриједности модула и граничног притиска у глинама и пијеску

CLAY					
Soil strength	Soft	Medium	Stiff	Very Stiff	Hard
p_L^* (kPa)	0–200	200–400	400–800	800–1600	>1600
E_0 (MPa)	0 – 2.5	2.5 - 5.0	5.0 - 12	12 - 25	> 25
SAND					
Soil strength	Loose	Compact	Dense	Very Dense	
p_L^* (kPa)	0 – 500	500 - 1500	1500–2500	> 2500	
E_0 (MPa)	0 – 3.5	3.5 - 12	12 – 22.5	> 22.5	

У Британији се користе самобушећи пресиометри. За интерпретацију резултата пресиометарских тестова су развијене аналитички поступци. Тако се на основу резултата пресиометарског теста у глинама може одредити тотални примарни хоризонтални (in-situ) притисак коришћењем такозване *lift-off* методе гдје се тражи тачка прекида почетног нагиба пресиометарске криве. Почетни дио ове криве зависи од налегања мембране пресиометра и носача мјерних уређаја (*strain-arm compliance*). Крутост се одређује преко модула клизања G који се одређује из нагиба кривих при оптерећењу-растерећењу које су дио укупне криве

оптерећења у тесту. Тачније на основу релативно малих циклуса растерећења-оптерећења добија се модул клизања као:

$$G \approx \frac{1}{2} \frac{dp}{d\epsilon_c}$$



Примјена резултата теста самобушећим пресиометром: а) Одређивање примарног хоризонталног напона у глинама, б) одређивање модула клизања малим растерећењима и поновним оптерећењима