

STATNAMIK

METODA ISPITIVANJA NOSIVOSTI PILOTA

PROF. DR. SC. Tanja Roje-Bonacci

Općenito

Statnamik terenski pokus opterećenja temelja je metoda ispitivanja temelja odobrena u SAD-u 2008. godine kao ASTM standard D7383-08. Izvodi se na način da se sila na temelj izaziva eksplozijom između temelja i kontratereta.

Može se koristiti za ispitivanja nosivosti i slijeganja odnosno pomaka bušenih i zabijenih pilota i mikropilota na uspravnu silu, na vodoravnu silu, grupe pilota na vodoravnu silu, plitkih temelja, šljunčanih pilota i vibriranih betonskih stupova-pilota. Počeci istraživanja mogućnosti korištenja ovog ispitivanja sežu u 1989. godinu kada su istovremeno prva istraživanja započeta u Velikoj Britaniji i Nizozemskoj. Godine 1998. u istraživanja se uključila Savezna agencija za autoceste SAD-a, koja je zainteresirana za izvođenje ovog pokusa pri gradnji mostova i vijadukata. Izveden je niz pokusa i usporedbi ispitivanja pilota statičkim opterećenje i Statnamik pokusom.

Usporedba opreme i uređaja za pokus statičkim opterećenjem, desno i Statnamik pokusa, lijevo

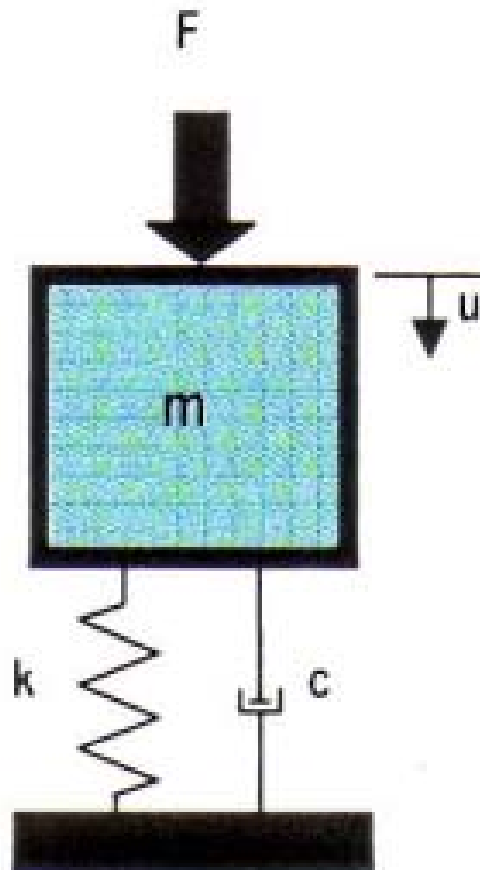


Dobiveni rezultati pokazuju da čimbenik učinka (λ), temeljen na odnosu rezultata statičkog i Statnamičkog pokusa ovisi o vrsti tla, ali ujedno pokazuje općenito dobro statističko slaganje rezultata. Ispitivanja su provedena posebno za temelje ne stijeni, pijesku, prahu i glini. Čimbenik učinka λ , pokazuje za stijene i pijesak vrijednosti nešto manje od jedinice, ($\lambda=1$), a za prašine i gline nešto veće od jedinice ($\lambda>1$). Pri tom su standardna odstupanja nešto manja kod stijena i pijeska ($\sigma=0,07-0,08$), a za prašine i gline nešto veća ($\sigma=0,1-0,12$). Prosječni čimbenik učinka λ za sva tla je prema ovim istraživanjima (Applied Foundation Testing, Inc., UC Davis University of California), približno jednak 1, a standardna devijacija s iznosi 0,097. Ovo je dalo povoda da se postupak ozakoni. Od tada do danas izvedeno je u SAD-u preko 2000 ovih pokusa, a preko 5000 u svijetu. Većina pokusa van SAD-a izvodi se u Azijskim zemljama (Malezija), te od tuda dolazi i veliki broj radova koji se bave učincima i vrednovanjem ovog načina ispitivanja temelja.

Statnamik pokus je znatno brži i jeftiniji od klasičnog pokusa statičkim opterećenjem.

Teoretska podloga

Statnamik pokus opterećenja temelja osniva se na dva Newton-ova zakona. Drugom zakonu gibanja koji glasi da je sila jednaka umnošku mase i ubrzanja ($F=m \cdot a$) i trećem Newton-ovom zakonu gibanja, prema kojem, kada dva tijela djeluju jedno na drugo, izazovu jednako veliku silu obrnutog predznaka (zakon akcije i reakcije). Drugi Newton-ov zakon daje mogućnost odabira sile (F) za istu masu (m) promjenom ubrzanja (a).



F = sila nanešena Statnamic uređajem,
mjerena tokom pokusa

m = masa pilota (poznata veličina)

c = prigušenje između pilota i tla (nepoznato)

k = krutost pilota i tla (veličina koja se traži)

u, v, a = veličine koje se mjere tokom pokusa

Odgovor pilota na Statnamik opterećenje može se matematički izraziti kao:

$$F_{\text{statičko}} = F_{\text{Statnamik}} - m \cdot a - c \cdot v$$

pri čemu je:

m = masa temelja (ne mora biti pilot);

a = ubrzanje temelja;

c = prigušenje između pilota (temelja) i tla;

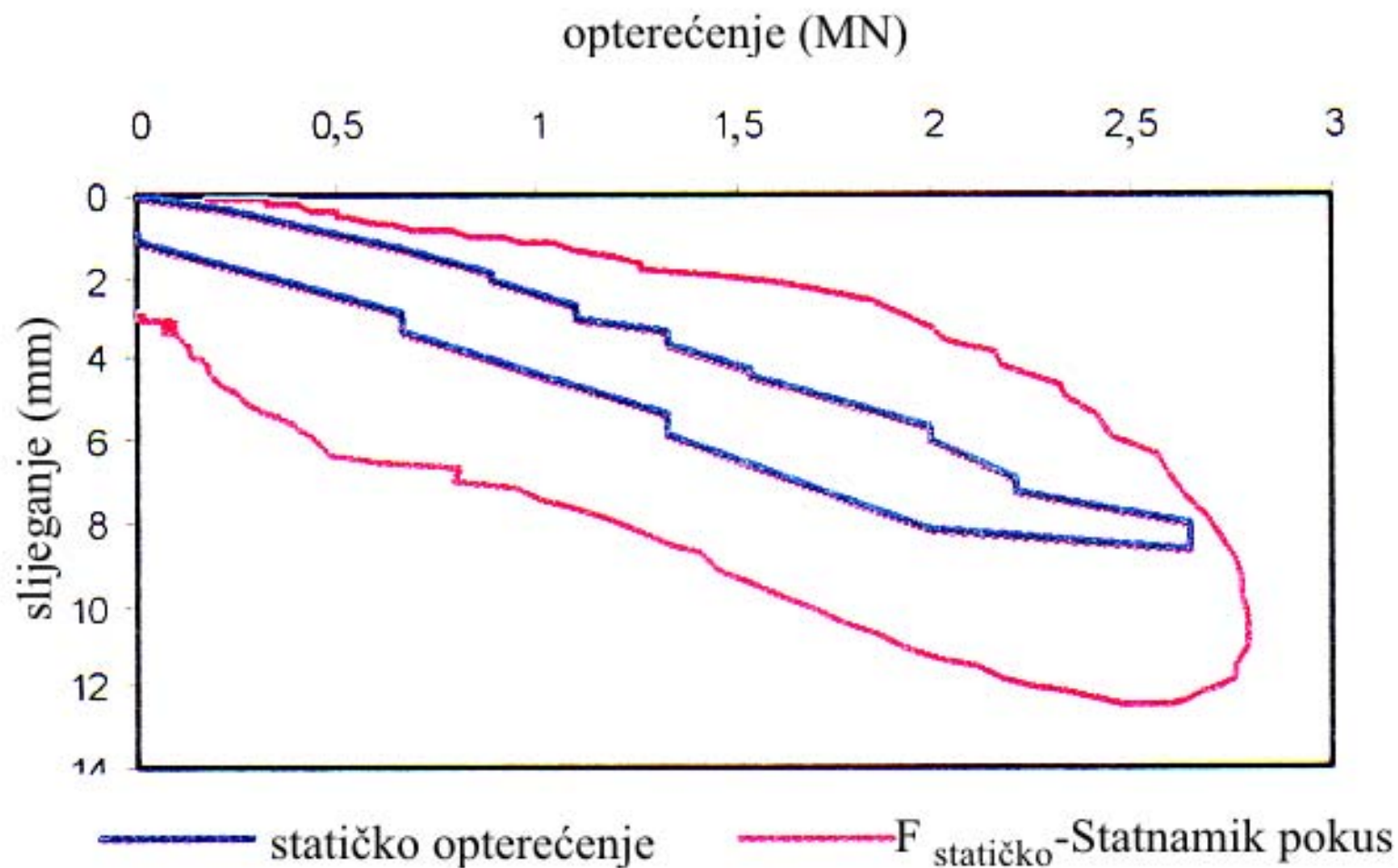
v = brzina temelja.

Pri tom se sila $F_{\text{statičko}}$ može prikazati kao umnožak krutosti temelja (pilota), k , i veličine pomaka (slijeganja), u , : $F_{\text{stat}} = k \cdot u$.

Prilikom pokusa mjere se: pomak, u , brzina, v , i ubrzanje, a , zajedno se Statnamik silom $F_{\text{Statmatik}}$, u istom trenutku vremena, t .

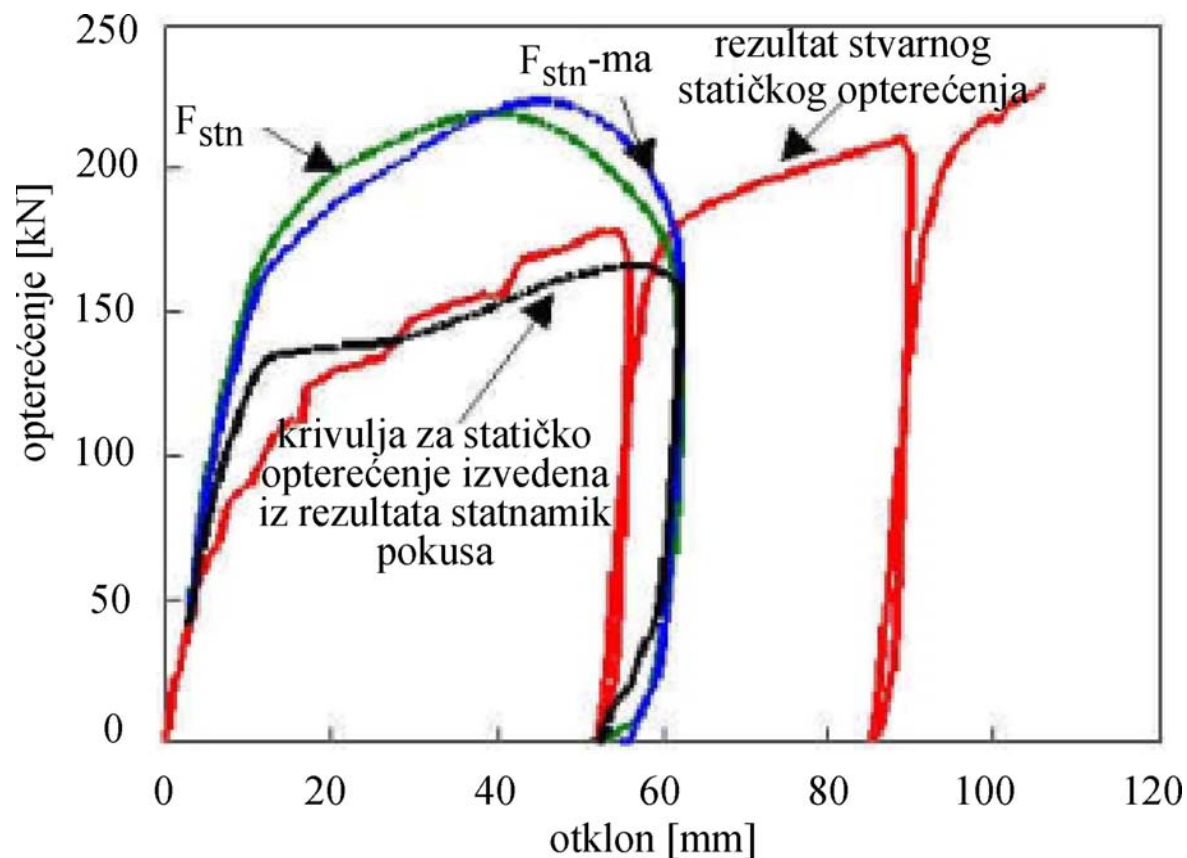
Iz dobivenih podataka određuju se parametri, k , i c , potrebni za određivanje vrijednosti $F_{\text{statičko}}$ i $c \cdot v$.

Rezultate je moguće prikazati krivuljom i usporediti je s rezultatom pokusa statičkim opterećenjem, kako je to prikazano na slijedećoj slici.



Usporedba rezultata statičkig i Statnamik pokusa opterećenja pilota

Na slici koja slijedi prikazani su usporedni rezultati vodoravnog statičkog i Statnamk pokusa.



Prikazana je krivulja opterećenje (F_{stn}) – pomak Statnamik pokusa, zatim krivulja opterećenje Statnamik pokusa (F_{stn}) umanjeno za silu koju stvara temelj uslijed nametnutog ubrzanja ($-ma$), krivulja rezultata statičkog pokusa i krivulja za statičko opterećenje izvedena iz rezultata Statnamik pokusa korištenjem teoretskog rješenja. Iz ovako dobivenih rezultata može se izračunati vrijednost čimbenika učinka λ . Na slici se vidi vrlo dobro slaganje između krivulje dobivene pokusom statičkim opterećenjem i krivulje za statičko opterećenje izvedene iz Statnamik pokusa.

Uređaji za izvođenje pokusa na terenu

Oprema potrebna za ova ispitivanja sastoji se od klipa koji proizvodi silu. Proizvedena sila se mjeri izravno u kućištu klipa. Klip je spojen na osovinu koja nosi kontra teret potreban za stvarane sile i prigušivač. Na slici je prikazan klip za nanošenje opterećenja na temelj.



Klip na glavi pilota, između klipa i pilota je ćelija za mjerenje pritiska

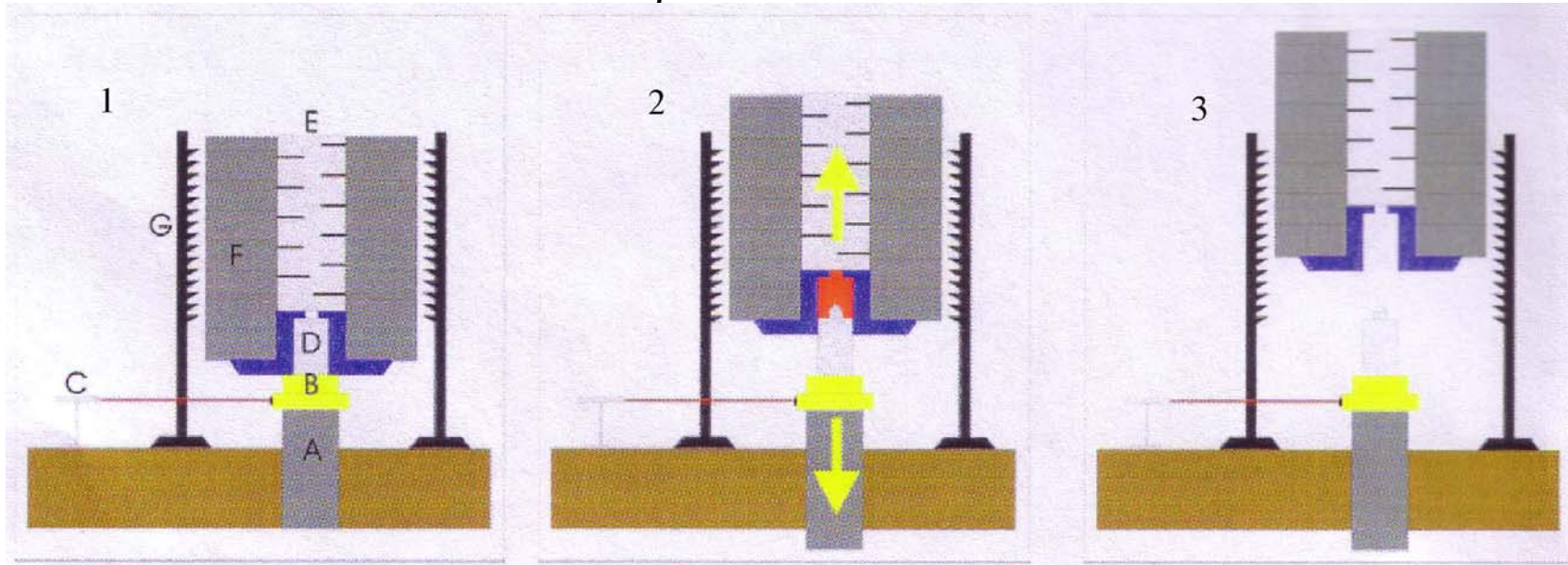
Pomak se opaža i bilježi fotonaponskim pretvaračem i daljinskim laserskom izvorom. Uređaji su prikazani na slici koja slijedi.



Fotonaponski pretvarač, lijevo i daljinski izvor laserske zrake, desno

U postupku opterećenja potrebno je osigurati da ne dođe do ponavljanja opterećenja uslijed pada kontra tereta u početni položaj. To se postiže na dva načina. Jedan je pomoću mehaničkog odnosno hidrauličkog hvatača, a drugi je pomoću zasipanja prostora između temelja i kontra tereta šljunkom.

Uređaj s mehaničkim hvatačem



A - temelj;
 B - kalibrirana čelija;
 C - sustav za lasersko praćenje pomaka;
 D - klip i cilindar;
 E - umirivač;
 F - kontra teret;
 G - mehanizam za hvatanje

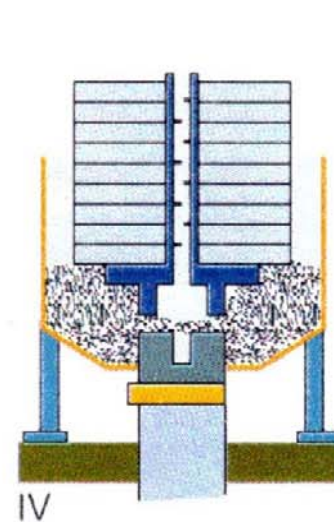
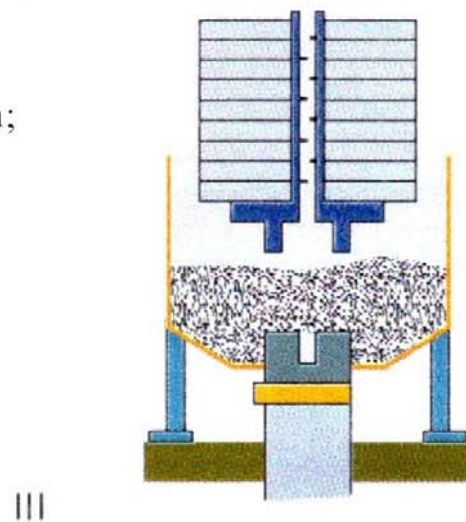
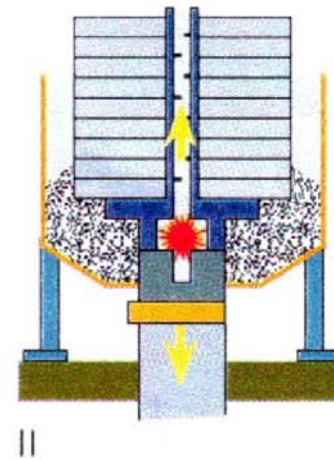
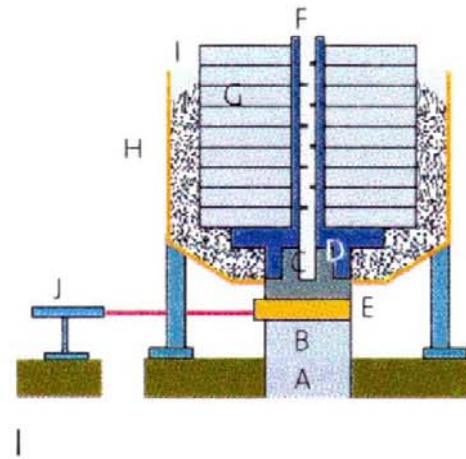
1 Prije pokusa kontrateret je u dodiru s temeljem;
 2 Paljenje goriva izaziva visoki pritisak istovremeno na kontra teret i temelj. Opterećenje na temelj i pomak se mjere preciznim uređajima i sustavom za prikupljanje podataka.
 3 Nakon pokusa kontra teret je prodržan hidraulički ili mehanički i spreman je za ponovni pokus na istom temelju.



Uređaj s mehaničkim
hvatačem

Uređaj sa šljunčanim punjenjem

- A - temelj;
- B - ćelija za mjerenje opterećenja;
- C - cilindar i tlačna komora;
- D - klip;
- E - postolje;
- F - umirivač;
- G - kontra teret
- H - posuda za šljunak ;
- I - prostor ispunjen šljunkom;
- J - optički mjerni sustav



- I - uređaj spreman za pokus;
- II - paljenje goriva;
- III - kontra teret u odskoku ;
- IV - kontra teret naslonjen na urušeni šljunak;



Za sve pokuse koristi se ista osnovna oprema i isti mjerni uređaji, koji šalju podatke na iste uređaje za prihvatanje podataka. Radi se o visoko sofisticiranoj digitalnoj opremi, koja se za sada proizvodi u Nizozemskoj i SAD-u.

Raspon osnovnog opterećenja pilota odnosno uspravnog opterećenja temelja, koji se može postići ovim uređajem, je od 1MN do 40 MN, a iskoristivost u pokusu se kreće od 25% do 100%.

Pokazalo se da od ukupnog broja izvedenih pokusa gotovo 1/3 čine pokusi u **vodoravnom smjeru**. Ovaj postupak je po svojoj prirodi mnogo bliži stvarnom djelovanju opterećenja koja prouzrokuju djelovanja poprečno na pilot kao na primjer opterećenje vjetrom, od potresa, udara broda, udara vala i slično. Na slikama koje slijede prikazan je uređaj za izvedbu pokusa u vodoravnom smjeru.

Kod pokusa u vodoravnom smjeru je kontra teret postavljen na sanjke. Nakon pokusa kontra teret je naprosto odgurnut i ne vraća se na pilot kao ponovljeno opterećenje te uređaj za pridržanje nije potreban. Kontra teret se sastoji od niza teških, metalnih prstenova koji oblikuju valjak oko osi na čijem se kraju nalazi klip. Vodoravno opterećenje se prenosi na pilot preko velikog polukuglastog ležaja, koji omogućava zakretanje pilota za vrijeme pokusa.

Moguće je ispitivati jedan pilot i grupu pilota

Uređaj za izvedbu pokusa u vodoravnom smjeru Vide se sanjke i odbojnik koji zaustavlja kontra teret.





Polukuglasti ležaj na pilotu velikog promjera

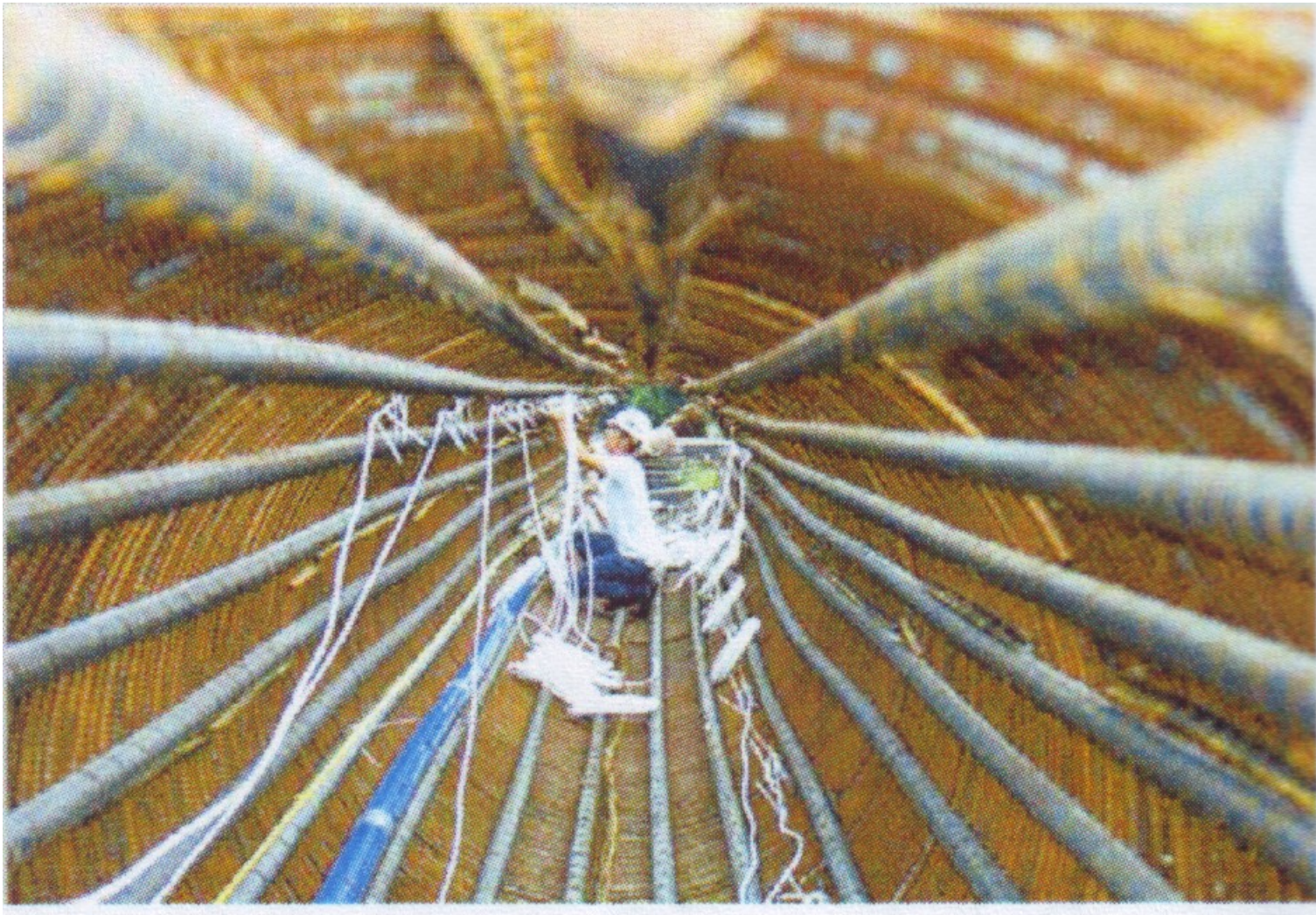
Ispitivanje grupe pilota preko naglavnice



Stoper za kontra teret



Kratkotrajni odgovor pilota u trenutku opterećenja duž tijela, mjeri se posebno projektiranim i patentiranim inklinometrom. Postavljanjem uređaja za mjerenje duž armaturnog koša ili duž čelične košuljice – cijevi, moguće je dobiti podatke o ponašanju duž cijelog tijela pilota. Na slikama koje slijede prikazana je ugradnja opreme za osmatranje učinka Statnamik pokusa duž cijelog tijela pilota.



Ugradnja
mjernih
uređaja u
armaturni
koš
kopanog
pilota
velikog
promjera



Ugradnja
mjernih uređaja
u armaturni koš
predgotovljenog
pilota u betonari

**Ugradnja mjernih uređaja na čelični cijevni
pilot velikog promjera**



U pokusima u vodoravnom smjeru se opterećenja mogu postići u veličini od 150 kN do 20 MN.