

ELŐREGYÁRTOTT CÖLÖPÖK TALAJBA VITELE VIBRÁLÁSSAL

A vibrációs cölöpözéssel foglalkozó tanulmányok hazai irodalmunkból majdnem teljesen hiányoznak. Meglevő és színvonalas alapozási szakkönyveink is csak érintőlegesen tárgyalják ezt a kérdést és így ezekből a vibrációs módszer gyakorlati alkalmazhatóságára vonatkozó ismereteket megszerezni nem lehet.

Szerző jelen tanulmányban megkísérli, hogy számos szovjet és német tanulmány kiértékelése alapján rövid áttekintést adjon a vibrálásnak a cölöpözés területén eddig elért főbb eredményeiről. A vibrátorok alkalmazhatósági területének egyértelműbb kijelölhetősége érdekében a tanulmány a különböző szerzők által tett ellentétes megállapítások és módszerek közül a gyakorlati példákkal jobban igazolhatókat veszi figyelembe.

A tanulmány bemutatja, hogy a *vibrátoros cölöp-talajbavitel sikere döntően a vibrációs amplitúdó nagyságától és a cölöpcsúcson a vibrátor és a cölöp súlya által előidézett talpfeszültség értékétől függ*. Ha ezen tényezők értéke egy minimális küszöbérték alatt marad, a cölöp talajbasüllyedése nem indul meg. Az amplitúdó és a talpfeszültség egy hatékonysági határértékig való növelése előidézi a cölöp-süllyedés sebességének növekedését. Az amplitúdó értékének a hatékonysági határon túli növelése a süllyedés sebességének növekedésére már nincs hatással. A talpfeszültség túlzott növelése pedig a vibrációs cölöp-talajbavitel hatékonyságát erősen rontja.

A cölöpsüllyedés sebességére a vibrációs rezgésszám hatása kicsiny, *a minimális rezgésszám azonban olyan nagyságú kell, hogy legyen, amely biztosítja a cölöpnek a talajtól való elszakadását*.

Az optimális vibrátortípus kiválasztására a fenti tényezők figyelembevételével a tanulmány egy közelítő számítási módszert ismertet. Befejezésül a tanulmány a vibrálásnak a cölöpök teherbírására gyakorolt és a talaj minőségétől függő hatását vizsgálja.

Előregyártott cölöpök talajba vitele vibrálással

1.1 A cölöpalapépítés gépesítésének jelenlegi helyzete

Az általános technikai fejlődéssel párhuzamosan az építőipar területén is azok a módszerek terjednek el egyre inkább, amelyek a maximális mértékig gépesíthetők. Az előregyártott cölöpök alkalmazásának eddignél nagyobb mérvű elterjedését hosszú időn át gátolta a megfelelő, korszerű cölöp-talajbavitő berendezések hiánya. Az utolsó évtized kutatómunkájának eredményeképpen megszülettek a cölöpözés komplex gépesítéséhez szükséges korszerű berendezések, amelyek segítségével az előregyártott cölöpök alkalmazási területét lényegesen szélesíteni lehet. Mintegy két évtizeddel ezelőtt az előregyártott cölöpök alkalmazásának maximális mélységét még $l = 12-15$ m-ben jelölték meg, ma pedig már 50 m-nél nagyobb mélységre lenyúló előregyártott cölöpök gyakorlati alkalmazásával is lehet találkozni, amelyeket a gyártási és a talajbaviteli technológiához alkalmazkodva 5-8 m-es darabokban készítenek el.

A cölöpözés terjedése az utolsó évtizedben rohamos fejlődést mutat, alkalmazási területe lényegesen kiszélesedett mind a mélyépítésben, mind a magasépítésben egyaránt. Úgy látjuk, hogy az elmúlt időszakban megteremtődtek azok a műszaki-gazdasági feltételek, amelyek a cölöpözést az alapozás területén döntő szerephez juttatják. Rendkívül bő szovjet tapasztalati adatok azt mutatják, hogy a cölöpözés már 1,5 m-nél mélyebb sávalapok helyett is gazdaságosan alkalmazható. 1966 folyamán a Szovjetunióban lakás- és ipari építkezéseknél közel 3 millió előregyártott cölöpöt vertek le, ezzel szemben az 1962. évben levert cölöpök száma még csak mintegy 200 000 volt.

Az utóbbi néhány évben a cölöpalapozás alkalmazása hazánkban is gyakoribbá vált, de nagyarányú fejlődésről még nem beszélhetünk. A magyarországi fejlődés lassúságát elsősorban a megfelelő korszerű cölöp-talajbavivő berendezések hiányában látjuk. Ugyancsak rossz a helyzet a verőállványok vonatkozásában, amelyek primitívek és tömeges munkára különösen abban az esetben nem alkalmasak, amikor a cölöpözésnél pontos hely és iránybetartás szükséges.

Jelen tanulmány a vibrálásnak a talaj szerkezetére és mechanikai tulajdonságaira gyakorolt hatásával, valamint az előregyártott cölöpök talajba vitelére szolgáló eszközök egy csoportjával, a vibrátorok helyes alkalmazásának kérdésével foglalkozik. A tanulmányban célul tűzött feladaton kívül esik a cölöpözés technológiai és teherbírasi kérdése közötti valamennyi kölcsönhatás tanulmányozása, de szükségesnek tartjuk hangsúlyozni, hogy a cölöpözés problematikájának helyes megoldását a teherbírasi és technológiai kérdések együttes mérlegelésével lehet csak megadni.

1.2 Cölöpök talajba vitelére szolgáló berendezések

A fejlődés legújabb irányát jelenti a vibrátoroknak és vibroverőknek a cölöp talajba vitelére való felhasználása. A szádpallók talajba juttatását vibrálásal már régebbi idő óta végzik, de ezeknek a cölöpözés területére történő kiterjesztése csak az utóbbi években következett be.

A dinamikus hatás formáját tekintve a vibrogépek két csoportba oszthatók:

- a tiszta vibráló hatást kifejtő ún. *vibrátorokra*,
- a vibrálás és verés kombinációjával működő *vibroverőkre*, amelyek a periodikus rezgéseken kívül a terhelendő testre periodikusan ütést is adnak.

A cölöpök talajbavitelénél a *vibrátorok és vibroverők elterjedése mellett a következők szólnak:*

- üzembiztosak és állandó készenlétben tarthatók és a cölöpök talajba vitelére mindenféle előkészítő munka nélkül felhasználhatók,
- a cölöpökön kívül felhasználhatók nagy átmérőjű cölöpkutak talajba vitelére, beleértve a 2 m-nél nagyobb átmérőjűeket is (ilyen méretű cölöpkutak talajba vitele tisztán veréssel nem lehetséges),
- a cölöp talajba vitele teljesen automatizálható és állandóan ellenőrizhető a cölöpben fellépő feszültség is,
- lehetőség van arra, hogy a vibrátorokat, illetve vibroverőket csoportosan használják fel cölöpkutak süllyesztésére, ez esetben az egyes vibrátorok és vibroverők teljesítménye nem kell, hogy nagy legyen

és a csoportos összeállítás különböző teljesítményű gépekből is elvégezhető.

1.21 Vibrátorok

A vibrátoros cölöp-talajbaviteli módszer már mintegy 30 éve ismeretes, ennek ellenére nem mondható el, hogy a pontos alkalmazási területet meghatározták volna.

A vibrátorokat célszerű a gyakorlati alkalmazhatóság céljából 3 csoportba osztani:

- könnyű vibrátorok 15 kW teljesítményig,
- középnehéz vibrátorok 15—44 kW teljesítményig,
- nehéz vibrátorok, melyek 44 kW-on felüli teljesítményűek.

Az egyes kategóriákba tartozó vibrátorok a laboratóriumi és helyszíni vizsgálatok alapján az alábbi feladatok elvégzésére használhatók.

A *könnyű* vibrátorok 2,2—10 kW teljesítményig kis keresztmetszetű, mintegy 100—300 cm² felületű elemeknek vízzel telített szemcsés talajokba történő vitelére használhatók.

Középnehéz, 11—25 kW teljesítményű vibrátorok 6—10"-os átmérőjű acélsövek talajbavitelére és kihúzására, vagy 10 m hosszú, 35 cm átmérőjű facölöpök talajbavitelére használhatók.

26—44 kW teljesítményű vibrátorok 25×25-ös vasbeton cölöpöknek 7—10 m mélységig történő talajbavitelére szolgálnak. Nehéztípusú szádpallókat pedig mintegy 15 m mélységig tudnak levinni.

A középnehéz vibrátorokkal a lakó-, illetve ipari épületek építése során jelentkező alapozási munkálatok jelentős részét már el tudják végezni.

A *nehéz* vibrátorokhoz a 80—100—200 kW teljesítményű vibrátorok tartoznak. A 80 kW teljesítményű vibrátorokkal $d = 2$ m-ig terjedő cölöpöket tudnak 8—10 m mélységig talajba vinni vízzel telített, szemcsés talajokban. A 160—200 kW teljesítményű vibrátorokat a nagy átmérőjű cölöpökutak ($d = 2—6$ m) 15—20 m mélységre történő talajbavitelére használják.

1.22 Vibroverők

A vibrálási hatásnak a veréssel való kombinációjaként mintegy évtizede megszülettek az újrendszerű cölöptalajbavivó eszközök: a vibroverők. Ma már vibroverők kikísérletezett típusaival a Szovjetunióban, Lengyelországban és Németországban lehet találkozni, de ezek szerkezetének tökéletesítését és teljesítményének növelését jelenleg is folytatják. A Szovjetunióban 4—5 alapvető típus kialakításán dolgoznak. Ezen új típusú vibroverők helyszíni kipróbálása megtörtént és sorozatgyártásuk is megindult.

A vibroverőkkel végzett kísérletek eredményei azt mutatják, hogy technológiai vonatkozásban a vibroverők alkalmazásával a cölöpök talajba vitele lényegesen leegyszerűsödik.

A vibroverők rezgésszáma lényegesen alacsonyabb a vibrátorokénál. Míg a vibrátorok rezgésszáma általában 1600—3600 közötti, addig a vibroveróké 400—1400 között változik. A vibroverők ellenzőinek fő ellenvetése, hogy a cölöp verése lényegében magával a vibroverő saját súlyával történik. Ennélfogva dinamikus hatásra a vibroverő motorja is lényeges többletigénybevételt kap és tengelye viszonylag rövid üzemidő után deformálódik. A Szov-

jetunióban végzett huzamos helyszíni kísérletek és különböző építőipari vállalatokhoz kiadott vibroverőkkel szerzett tapasztalatok alapján megállapították, hogy biztonsággal a vibroverők motorját mintegy 200 üzemóráig lehet üzembiztosnak tekinteni. A tapasztalati adatok azt mutatják, hogy egy helyesen kiválasztott teljesítményű vibroverővel egy cölöpöt 10–15 perc alatt lehet a kívánt mélységig talajba juttatni, ami azt jelenti, hogy egy motorral kb. 600–700 cölöp talajba vitele biztosítható. Nyilvánvaló, hogy 200 üzemóra után nem az egész vibroverő berendezést, hanem csak magát a motort kell kicserélni, amely nagy sorozatban történő gyártás esetén olcsón állítható elő.

A vibroverők perspektivikus elterjedését segíti még az, hogy a vibroverők egy része földmunkák tömörítésére is közvetlenül felhasználható.

A vibroverők célszerűen szintén 3 csoportba oszthatók:

Könnyű vibroverő, 2,2–6 kW teljesítményig 300 cm² keresztmetszetig terjedő elemeknek a talajba vitelére szolgál tömör talajokban, beleértve az agyagot is. 11–15 kW teljesítményű vibroverőkkel 5 m hosszúságú 25×25 cm átmérőjű vasbeton cölöpöket lehet a talajba juttatni.

Középhez, 20–44 kW közötti teljesítményű vibroverőkkel 35×35 cm-es vasbeton cölöpöket lehet 10–12 m mélységig a talajba vinni, míg a nehéz típusú szádpallókat 16–18 m mélységbe juttatja le.

Nehéz vibroverőkhöz tartoznak a 45–80 kW teljesítményű vibroverők. A 80 kW teljesítményű vibroverők 40×40 cm-es keresztmetszetű vasbeton cölöpöket tudnak 12–14 m mélységre a talajba vinni, úgyszintén alkalmasak 1 m átmérőjű csőcölöpöknek középtömör talajba 10–12 m-re való levitelére.

80 kW-nál nagyobb teljesítményű vibroverőket nem terveznek elsősorban az ilyen nagy teljesítményű berendezések rugójának megválasztása és készítésekor jelentkező nehézségek miatt, valamint az ilyen nagy teljesítményű vibroverők szerkezetében létrejövő nagyon jelentős igénybevétel-növekedés miatt. Ezenkívül ennél nagyobb teljesítményű vibroverők létrehozása nem is szükséges, mert szükség esetén például nehéz cölöpöknek a talajba vitelekor több vibroverőt alkalmaznak, amelyek elektromos úton összekapcsolhatók és szinkron működtethetők. Az építkezés területén a vibrátorokat és vibroverőket a munkavégzés szempontjából hatékonyan akkor lehet jól felhasználni, ha a különböző típusok a cölöpméreték és a talajviszonyok figyelembevételével kerülnek kiválasztásra.

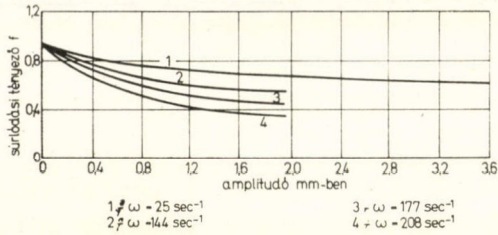
A vibrátorok és vibroverők cölöpök, csövek és más elemek talajbavitelére jól felhasználhatók, de széles körű alkalmazásuk csak azután várható, ha az ily módon talajba juttatott elemek teherbírásával kapcsolatos kérdések elméletileg is megfelelően tisztázódnak, illetve a vibrátorok és a vibroverők szerkezetének tartóssága javul. Különösen fontos a vibroverőknél az ütésálló motorok alkalmazása.

2. Vibrálás hatása a talaj szerkezetére és mechanikai tulajdonságaira

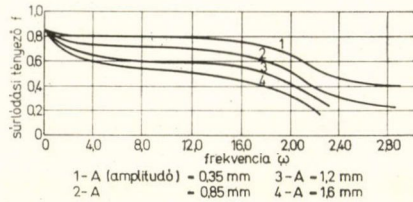
Ismeretes, hogy a talajnak a külső terheléssel szembeni viselkedése döntően a talaj belső súrlódási szögének és a talaj kohéziójának értékétől függ. A vibrálásnak a cölöp talajbavitelére történő felhasználása szükségessé teszi annak vizsgálatát, hogy a vibrálás hatására a talajok belső súrlódási szöge, illetve kohéziója milyen módon és milyen időtartamra változik meg. Gyakorlati szempontból e tényezők vizsgálata nagy fontosságú, melyre vonatkozó

részletes kísérleteket főként szovjet kutatók végeztek (Barkan, Savcsenko, Pokrovszkij).

Az általuk végzett kísérletek során vizsgálták, milyen mértékben változik a száraz, illetve különböző víztartalmú talaj belső súrlódása különböző rezgésszámú és különböző amplitúdójú vibrálás mellett.



1. ábra. A talaj belső súrlódási tényezőjének változása a vibrálási amplitúdó függvényében (száraz homoktalajban)



2. ábra. A súrlódási tényező változása a vibrálás rezgésszámának függvényében (száraz homoktalajban)

Jól szemléltethető az 1. ábrán a talaj belső súrlódási tényezőjének változása a vibrálási amplitúdó változásának függvényében. Ezenkívül jól lehet következtetni arra is, hogy a vibrálás frekvenciája milyen hatással van száraz homoktalajban a súrlódási tényező értékére. Az 1., 2., 3., 4. jelű görbék ugyanazon talajra vonatkoznak különböző, egyre növekvő rezgésszám mellett. Az 1. ábrából látható, hogy a vibrálási amplitúdó növelésekor a súrlódási tényező fokozatosan csökken, melynek bizonyos határon túl történő növelése azonban már a talaj fizikai és mechanikai tulajdonságaira nincs hatással. Ugyanezen kísérletek adatainak a körfrekvencia függvényében való bemutatása (2. ábra) szemléletesen mutatja, hogy a rezgésszám egy meghatározott érték alatt már a súrlódási tényezőben változást nem idéz elő. Mint a 2. ábrából látható $\omega = 180$ és 260 sec^{-1} értéke között mutatkozik jelentős csökkenés a belső súrlódási tényező értékében. A gerjesztető frekvenciája

$$\omega = \frac{2\pi}{60} \cdot N \cong 0,1 N,$$

ahol N — a vibrátortengely fordulatszáma 1 perc alatt.

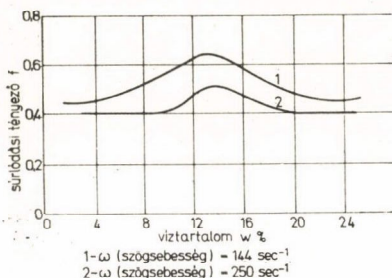
Az itt közölt 1., 2., 3., 4-es jelű görbék a 0,35; 0,85, 1,2 és 1,6 mm nagyságú amplitúdó mellett adódtak. A talaj súrlódási tényezőjének csökkenése a 0,6 és 1,6 mm nagyságú amplitúdó határok között volt jelentős. Ezen intervallumokon kívül a csökkentő hatás kicsiny.

A különböző víztartalom mellett vibrálásnak alávetett homok súrlódási tényezőjének csökkenése a víztartalom függvényében más és más értéket ad. Az erre irányuló kísérletek eredményét a 3. ábra mutatja be. Itt látható, hogy az optimális víztartalmat megközelítő állapotú homok belső súrlódási tényezőjének csökkenése lényegesen kisebb mérvű, mint az ennél szárazabb, illetve nedvesebb talajé.

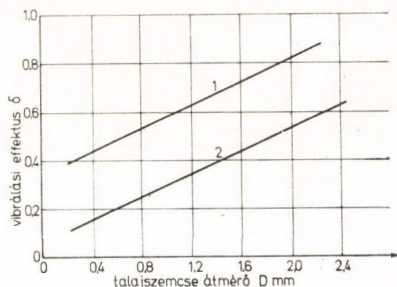
A nedves, 12–14% víztartalmú homokszemcsék közötti tapadóerő nagysága lényegesen nagyobb, mint a légszáraz állapotú talajszemcsék között. A talajszemcsék közötti összetartó erő növekedésével arányosan csökken a vibrálásnak a talaj fiziko-mechanikai tulajdonságaira gyakorolt hatása.

Az 1. jelű görbe adatait $\omega = 144 \text{ sec}^{-1}$, a 2-es jelű görbe adatait $\omega = 250 \text{ sec}^{-1}$ vibrálási érték mellett kapták. Az amplitúdó nagysága mindkét esetben 0,35 mm volt.

A 4. ábrán a vibrálási effektus látható a talajszemcse átmérőjének függvényében különböző körfrekvencia értékek mellett. Az 1. jelű görbe esetén $\omega = 144 \text{ sec}^{-1}$, a 2. jelű görbén $\omega = 250 \text{ sec}^{-1}$.



3. ábra. Nedves homok belső sűrűdési tényezőjének változása vibrálás hatására



4. ábra. A vibrálás hatékonysága a talaj szemcseátmérőjének függvényében

A vibrálási effektus, a sűrűdési tényező értékében, vibrálás hatására beálló csökkenés és az eredeti, nem vibrált talaj sűrűdési tényezőjének hányadosát jelenti.

$$\delta = \frac{f_1 - f}{f_1}$$

ahol

- f_1 — a nem vibrált talaj sűrűdési tényezője,
 f — a vibrálás mellett kapott talaj sűrűdési értéke.

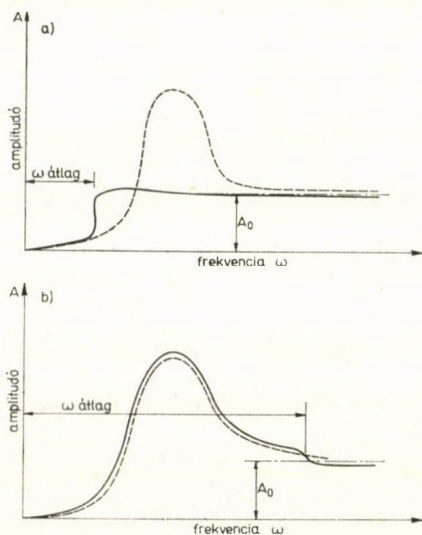
A vibrálási effektus nagysága mutatja, hogy a vibrálás hatására a talaj sűrűdési tényezője milyen mértékben változik. *A vibrálás hatására bekövetkező sűrűdési tényező csökkenése annál nagyobb, minél durvább az adott talajt alkotó szemcsék nagysága.*

3. A vibrálásos cölöp-talajbavitel optimális területe

3.1 A vibrálásos cölöp-talajbavitel folyamatának fizikai magyarázata

A cölöpök vibrálásánál arra törekszenek, hogy biztosítsák a cölöp tengelyirányú függőleges rezgését. Ha ilyen típusú vibrátort alkalmaznak és fokozatosan növelik az excenterek fordulatszámát, akkor a rezgés számának nulláról egy meghatározott határértékgig való növelésekor észlelhető lesz a cölöp és a talaj egymáshoz viszonyított elmozdulása, amely viszonylag kis rezgési határon belül előidézi a cölöp és a talaj közötti elszakadást. Azt a rezgésszámot, amely ennek az időpillanatnak megfelel, nevezik *szakadási rezgésszámmak*, jele $\omega_{\text{átlag}}$.

Mint a megfigyelések mutatják, azt követően, ahogy az elszakadás be-
következett, a cölöp mozgása a talajtömegben a hengerben mozgó dugattyúé-
hoz válik hasonlónak és a talajellenállás a mozgással szemben élesen lecsökken.
Ennek eredményeképpen a cölöp talajba vitelére, illetve kiemelésére viszonylag
kicsiny külső erő is elegendőnek mutatkozik, a tized vagy század része annak,
amit ugyanezen hatás eléréséhez vibrálási hatás nélkül kellene alkalmazni.



5. ábra. A vibrálási amplitúdó és a
rezgésszám közötti összefüggés

A vibrálási rezgésszám további növelésekor az amplitúdó állandó lesz,
amelynek értéke megközelíti a cölöp A_0 saját rezgési amplitúdóját.

Az előbb említett jelenség jól észlelhető az 5. sz. grafikonon. A grafikonon
folyamatos vonallal látható a cölöp rezgési amplitúdójának változása tényle-
ges mérés alapján és pontozottan látható — a szemléltetés céljából — az a
rezgési görbe, amely akkor állna elő, ha az adhézió olyan nagy volna a cölöp
köpenye és a talaj között, hogy vibrálás közben elszakadás nem léphet-
ne fel.

Az 5/a ábrán az az eset látható, amikor a cölöpnek a talajtól való el-
szakadása már a rezonanciaelőtti tartományban végbemegy. Az 5/b ábra pedig
azt mutatja, amikor ez a maximális amplitúdóval jellemzett rezonancia tar-
tomány után következik be.

Az előző jelenséggel abban az esetben lehet találkozni, amikor a cölöpöt
alacsony rezgésszámú nehéz vibrátorral viszik a talajba, a második görbe arra
az esetre vonatkozik, amikor a magas rezgésszámú vibrátor a rezonancia tar-
tományban oly kicsiny gerjesztőerőt tud csak fejleszteni, amely a cölöp talajtól
való elszakadását előidézni nem tudja. Ezzel magyarázható az is, hogy az
egyes elemek magas rezgésszámú vibrátorokkal való sülyesztése közben rez-
onancia lép fel, vagyis a vibrátorok rezgésszáma egybeesik a talaj önrezgés-
számával.

Ami a talajban végbemenő jelenségek vizsgálatát illeti, azok rendkívül bonyolultak és egyelőre csak általános vonatkozásban ismertek.

A *cölöp köpenyfelületéhez* közvetlenül csatlakozó zónában helyet foglaló talajszemcsék viselkedését vizsgáló speciális kísérletek eredményei és a helyszíni megfigyelések azt mutatják, hogy az alapvető folyamat, amely ebben a zónában végbemegy, a talajtömörödés, amely egész sor tényező hatására következik be; mint pl. a cölöp ékhatása, a vibrálás, a talajvíz áramlása, amely a talaj tömörödése közben a pórusokból kinyomódik. Ez a folyamat a talajszemcsék és a cölöptest közötti kapcsolat ideiglenes meggyengülésével párosul.

Helyszíni kísérletek során végzett megfigyelések azt mutatják, hogy nemcsak a homok, de a kissé kötött talajok esetében is a cölöp körüli 2—3 cölöpátmérőnek megfelelő tartományban a talajok tömörödése megy végbe. Ennek értéke a mélység és a talaj minőségének és tömörségének függvényében változik. Ezt a tömörödést mutatja a felszínen bekövetkező süllyedés is.

Ezzel szemben nagyon gyakori, hogy a vízzel telített talajokban a cölöp körüli tartományban a cölöp talajbavitele közben részleges vagy teljes talajfellazulás következik be. A talajszemcsék előbb említett belső és külső kapcsolatainak meggyengülése kétségtelen, és ez kisebb vagy nagyobb mértékben elősegíti a súrlódási ellenállás csökkentését, amely a cölöpköpeny felületén a cölöp süllyesztése közben fellép.

Ha elképzelünk egy nehéz testet, amely sík lappal támaszkodik egy vízszintes felületre, és ezt a testet helyéről el kívánjuk mozdítani, akkor ehhez olyan nagyságú vízszintes erőt kell kifejtenünk, amely a súrlódási erő nagyságát meghaladja. Ha a testet vibráljuk, vagyis azzal periodikus erőt közlünk, amelynek rezgésszáma és amplitúdója megfelelő nagyságú, akkor bármilyen kicsiny külső vízszintes erő mozgást tud előidézni annak ellenére, hogy mind a mozgó, mind a helyben maradó anyag fizikai állapotában változás nem ment végbe. Itt ezek a periodikus erők maguk küzdik le azt a súrlódást, amelynek segítségével a mozgó test viselkedése a külső erő hatására teljesen megváltozik.

Természetesen a talajban az adott jelenség sokkal bonyolultabban megy végbe, minthogy az a talajszemcsék elmozdulásával függ össze, de a jelenség lényegén ez nem változtat.

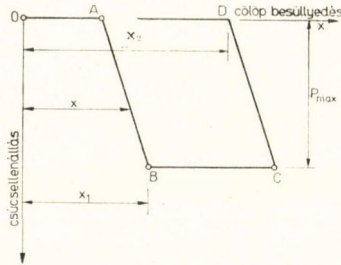
Nem kevésbé bonyolult az a jelenség, amely a *cölöpcsúcs alatti talaj-tartományban* megy végbe. Itt úgyszintén végbemegy a szemcsék tömörödése, de itt már jelentős szerepet kap a talaj oldalra és felfelé történő kinyomódása. Vízzel telített puha talajokban ez a folyamat a vibrálás hatására bekövetkező talajfellazulás miatt könnyebben megy végbe, tömör talajokban és egyéb nehéz viszonyok között döntő szerepet játszik még a cölöpcsúcs ütőhatása is.

3.2 A cölöp-talajbavitel mélységét és sebességét befolyásoló tényezők

3.21 A cölöp-talajbavitel mélységét és sebességét befolyásoló tényezők elméleti vizsgálata

A vibrációs cölöp-talajbavitel problémáját számos kutató tanulmányozta. A kutatók nagy csoportja igyekezett összefüggést adni a behatolás sebessége és a vibrátor paramétere között annak feltételezésével, hogy a köpenysúrlódás és a csúcsellenállás nagysága a cölöp-talajbavitel alatt állandó marad

és független a rezgésszámtól és az amplitúdótól. Amint azonban ezt a 2. pontban közölték (1. és 2. ábra) mutatják, ilyen mértékű elhanyagolás nem engedhető meg. Kísérleti vizsgálatok egyértelműen alátámasztják, hogy mind a köpenysúrlódás, mind pedig a csúcsellenállás értéke a cölöp talajba vitele alatt változik. Következik ez abból, hogy vibrálás hatására a talaj belső súrlódási szöge és kohéziója megváltozik. Különösen homoktalajoknál



6. ábra. A süllyesztendő cölöp csúcsán egy vibrálási periódus alatt fellépő talaj-csúcsellenállás változása

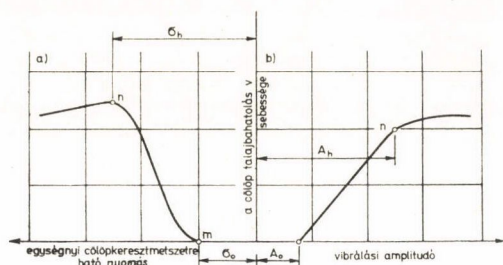
gyakorol a vibrálás a cölöp csúcsellenállására jelentős hatást. Az elméletek nagy csoportja (Neumark, Kusul, Blechmann) figyelmen kívül hagyja a talaj tulajdonsága és a cölöp csúcsellenállás változása közötti összefüggést, a cölöp elmozdulását pedig az adott határok között lineárisnak tételezi fel. Ilyen kikötésekkel ezek az elméletek a cölöp-talajbavitel sebességét befolyásoló tényezők meghatározására használhatók.

Ezen elméletek szerint a cölöp csúcsellenállása süllyesztés közben addig növekszik, amíg a talajba juttatandó cölöp csúcsán fellépő nyomás nagysága el nem ér egy maximális értéket, amikor is további elmozdulásnál a csúcsellenállás már nem változik. Ekkor a talajban ébredő csúcsellenállás és a süllyesztendő elem közötti kapcsolat a 6. ábrán közölt grafikon szerint alakul. A grafikon A pontja annak az időpillanatnak felel meg, amikor a süllyesztendő elem csúcsa lefelé haladva ütközik a talajjal. Tovább süllyedéskor működni kezd a talajreakció, amely mindaddig nő, amíg a cölöp elmozdulása eléri egy x_1 értéket. Eddig a határig a csúcsellenállás nagysága az elmozdulással arányosan nő. Amikor a cölöp elmozdulása eléri az $x = x_1$ értéket, akkor a csúcsellenállás is egy maximális értéket ér el, amely P_{max} -szal egyenlő. Ez mindaddig nem változik, amíg a lefelé ható impulzus meg nem szűnik és a talajtól való újabb elszakadás nem következik be. Ettől az időpillanattól kezdve a csúcsellenállás — amely rugalmas feszültségű állapotot jellemez — fokozatosan csökken, és amikor a talaj és cölöpcsúcs közötti érintkezés megszakad, a csúcsellenállás 0-ra csökken (D pont). Az elem további emelkedésénél az x_2 csúcsellenállás továbbra is 0 marad. A cölöp, miután elérte a talajtól való elszakadás legnagyobb értékét, ez új impulzus hatására újra süllyedni kezd, és bizonyos idő múlva az elem vége a talajjal újra ütközik, és a folyamat ismétlődik.

Egy rezgésamplitúdó alatt az elem benyomódása BC szakasz nagyságú lesz, amely függ a talaj tulajdonságaitól, a süllyesztendő elemre ható terheléstől és a vibrátor paramétereitől.

A cölöp vibrálással történő talajbaviteli folyamatának vizsgálatából látható, hogy az alapvető tényezők az alábbiak:

- vibrálás intenzitása (amplitúdó, frekvencia), amely a talaj belső ellenállását csökkenti,
- a benyomó erő nagysága (cölöpsúly, a vibrátor és egyéb berendezések súlya), amely a cölöp talajba vitelének közvetlen előidézője.



7. ábra. A cölöp süllyedési sebessége
 a) a cölöpre átadódó talpfeszültség és
 b) a vibrációs amplitúdó nagyságának függvényében

Kísérleti adatok tanulsága szerint egy cölöpöt vibrálással talajba vinni csak akkor lehet — mint ahogy a 7. ábrán is látható —, ha a rezgési amplitúdó egy A_0 értéket felülmúl. A küszöb amplitúdó értéke megfelel a rugalmas talajellenállás határértékének. Az A_0 küszöbérték főképpen a rezgésszámtól, a talaj tulajdonságaitól és a cölöp méretétől, illetve alakjától függ. Az A_0 küszöbérték nagyobb lesz, ha nő a cölöp keresztmetszeti mérete és csökken a rezgésszám növelése esetén.

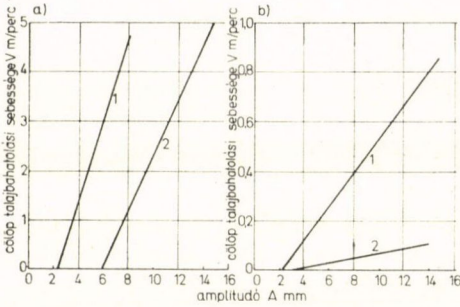
A rezgés amplitúdója közelítően arányos a vibrátor excenter nyomatókával, amely a 7/b ábrán jól érzékelhető és mutatja a cölöp-talajbavitel sebessége és a rezgési amplitúdó közötti összefüggést. A grafikonból megállapítható, hogy a cölöp-talajbavitel sebessége az amplitúdó növekedésével növekszik egy A_h hatékonysági határig. Ezen túl azonban sebességnövelő szerepe megszűnik.

A cölöp köpenyfelületén levő talajsúrlódás leküzdése akkor történik meg, ha a rezgés frekvenciája elegendő arra, hogy olyan kényszererőt fejlesszen, amely ezt a talajellenállást képes leküzdeni.

Megemlítendő az is, hogy a rezgés frekvenciájának kedvező hatása a süllyesztésre — az egyéb feltételek állandónak vétele mellett — csak a viszonylag kis területen érzékelhető. Mind az elméleti úton kapott eredmények, mind a kísérleti vizsgálatok hangsúlyozzák, hogy a rezgésszámnak a talajbavitel sebességére korlátozott hatása van. Ma már ismertek azok a tapasztalati adatok, amelyek segítségével meghatározhatók a cölöpnek vagy szádfalnak azok a fajlagos kritikus ellenállási értékei, amelyek a talaj tulajdonságaitól és a talajba viendő szerkezettől függenek.

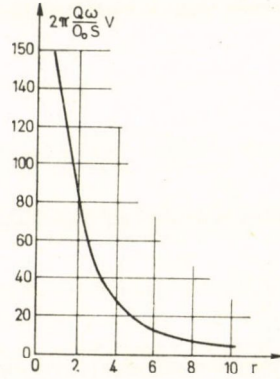
Az eredő külső erők nagysága mind a talajbavitel sebességére, mind az elérhető maximális mélység nagyságára lényeges hatással van. A 7/a ábra esetében a cölöp beverése akkor válik lehetővé, ha a talajra ható terhelés, figyelembe véve a cölöp önsúlyát is, nagyobb mint a σ_0 küszöbérték,

amely a talaj tulajdonságaitól, a cölöp méretétől és a vibrálás rendszerétől függ. A maximális talajba hatolási sebességet egy adott Σ hatékony értéknél éri el a cölöp, amelyen túl a cölöp talajba hatolási sebessége csökken. Bizonyos tartományon kívül — a külső erők eredőinek és a gerjesztőerő viszonyszámának (G/P_g) szélső értékeinél — a cölöp talajbavitel teljesen megáll (lásd 3.223 pont).



8. ábra. A cölöp talajbavitel sebessége a vibrálási amplitúdó függvényében

- a) Iszapos, vízzel telített homoktalaj
 1—27 cm átmérőjű facölöp
 2—37,5 cm átmérőjű alul lezárt acélcső
- b) Kemény agyag
 1—27 cm átmérőjű facölöp
 2—37,5 cm átmérőjű alul lezárt acélcső



9. ábra. A talaj csúcscellenállás hatása a behatolási sebességre (v)

- $r = R/Q$ ahol
 $R = W$ a csúcscellenállás maximális értéke
 $Q = a$ a vibrátor és a süllyesztendő elem súlya
 $Q_0 = a$ a vibrátor excenteren súlya
 $S = a$ a vibrátoros süllyesztéshez szükséges erő

A 8. ábrán a cölöp süllyedési sebességét látjuk a süllyesztendő elem rezgési amplitúdójának függvényében. A grafikon különböző talajban fellépő csúcscellenállás mellett kapott értékeket mutatja. A cölöpök talajba vitelének sebessége és az amplitúdó nagysága közötti elméleti összefüggést kísérleti vizsgálatok megerősítették.

Igazolva a kezdeti süllyesztési küszöb elméletét és a süllyedési sebesség, valamint a rezgési amplitúdó közötti összefüggést, belátható, hogy a süllyedési sebesség és a rezgés amplitúdó közötti arány nagysága lényegesen függ a csúcscellenállás nagyságától.

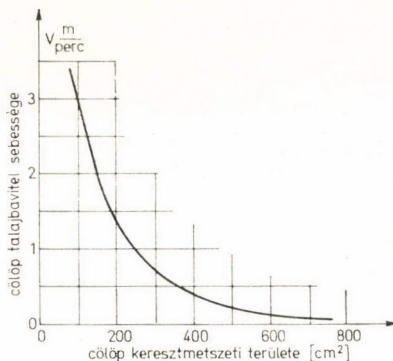
A 9. ábrán látható grafikon bemutatja az arányossági tényezőnek a talaj csúcscellenállásának függvényében történő változását. A grafikonból látható, hogy a süllyedés sebessége a talaj csúcscellenállásának növekedésével erősen csökken. Ha feltételezzük, hogy a csúcscellenállás növekedése arányos a süllyesztendő cölöp keresztmetszeti felületével, a 9. ábra úgy tekinthető, mint a süllyesztési sebesség és a süllyesztendő cölöp keresztmetszeti felülete közötti összefüggés.

A 10. ábrán közölt kísérleti vizsgálatok megerősítik a 9. ábrán közölt elméleti összefüggéseket. Minthogy a talaj teherbírásának növekedésével a süllyesztés sebessége, úgyszintén a süllyesztés mélysége is erősen csökken, ez a körülmény gyakorlatilag korlátozza a vibrátorok alkalmazását arra az esetre, amikor a csúcscellenállás viszonylag kicsi. Ezért van rendkívül nagy gyakorlati

jelentősége a vibroverőknek, amelyek jelentős csúcsellenállás leküzdésére alkalmasak.

3.22 Gyakorlati módszer a cölöpök sikeres talajbaviteléhez szükséges feltételek kielégítésére

Neumark, Kusul és Blechmann által adott és a lenti grafikonokon ábrázolt levezetések a gyakorlati tervezés számára rendkívül bonyolultak. Ezért az előbbieken tárgyalt tényezőknek, a cölöp-talajbavitel sebességére és mély-



10. ábra. A facölöpök talajbavitelének sebessége a keresztmetszet méretétől függően

ségére gyakorolt hatását figyelembe vevő *O. Szavinov* és *A. Luszkin* által kidolgozott, és a megfelelő típusú és paraméterű vibrátorok kiválasztására alkalmas, a következőkben ismertetésre kerülő gyakorlati módszer javasolható. Ez biztosítékot nyújt arra, hogy a szükséges vibrátor-típus kiválasztásánál durvább hibákat ne kövessünk el.

A cölöpök talajbaviteléhez a következő 3 feltételt kell kielégíteni:

3.221 *A vibrátor gerjesztő erejének nagysága elegendő kell, hogy legyen a talajellenállás leküzdésére a maximális mélységben:*

$$P_g \geq x_0 \cdot P_{kr},$$

ahol

P_g — a gerjesztőerő,

x_0 — a talaj rugalmasságát figyelembevevő tényező; alacsony rezgésszámú vibrátoroknál $x_0 = 0,4-0,8$; magas rezgésszámú vibrátoroknál $x_0 = 1,0$

P_{kr} — a cölöp talajtól való elszakadásának értéke a maximális mélységben.

A cölöpök számára:

$$P_{kr} = u \cdot \sum_{i=1}^n \tau_i^k \cdot h_i,$$

ahol

u — a cölöp kerülete,

h — a cölöp által átszelt rétegek vastagsága.

Szádpallók számára:

$$P_{kr} = \sum_{i=1}^n \tau_i^{k'} \cdot h_i$$

A τ_i^k és $\tau_i^{k'}$ adatokat az 1. táblázat tartalmazza.

1. sz. táblázat

A talaj neve	τ_k cölöp esetén			τ_k' szádpalló esetén	
	Mp/m ²			Mp/m ²	
	facölöp acél csövek	vasb. cölöp	cölöp kutak	könnyű	nehéz
				típusú szádpalló	
Vízzel telített homok és puha agyagos talajok	5,9	6,9	4,9	11,8	13,7
Mint az előbbi, kemény agyagréteggel, vagy tömör kavicsréteggel átszőve	7,8	9,8	6,9	16,7	19,6
Képlékeny, agyagos talajok	14,7	17,6	9,8	19,6	24,5
Félkemény és kemény agyagtalajok	24,5	28,4	19,6	39,3	49,0

3.222 A vibrálási amplitúdó megfelelő mértékben túl kell, hogy szárnyalja a kezdeti amplitúdót

$$A = \frac{\xi \cdot M}{m} \geq A_{szüks.}$$

ahol

M — a forgási tengelyen fellépő nyomatéki erő,

m — a vibrátor, a cölöp és egyéb, a cölöppel mereven összekapcsolt részek tömege,

ξ — hatékonysági tényező 0,8 a vasbeton cölöpök részére, 1,0 egyéb esetekben,

$A_{sz.}$ — a szükséges amplitúdó, amely nagyobb kell legyen, mint a küszöbamplitúdó. Javasolt értékeket a 2. táblázat tartalmazza.

2. sz. táblázat

A süllyesztendő elem	Homokos talajok			Agyagos talajok		
	300— —700	800— —1000	1200— —1500	400— —700	800— —1000	1200— —1500
	rezgés/perc					
Szádpalló, alul nyitott acélcső 150 cm ² keresztmetszeti felületig	—	8—10	4—6	—	10—12	6—8
Fa és alul zárt acélcső cölöpök 800 cm ² keresztmetszeti felületig	—	10—12	6—8	—	12—15	8—10
Tömör vb. cölöpök 2000 cm ² keresztmetszeti felületig	12—15	—	—	—	15—20	—
Vb. csőcölöpök süllyesztés közbeni talaj kiemeléssel	6—10	4—6	—	8—12	6—10	—

3.223 Az eredő erők nagysága olyan legyen, amely biztosítja a cölöp megfelelő sebességű talajba jutását. Ez a feltétel gyakorlatilag ki van elégitve akkor, ha

$$G \geq \sigma_{sz} \cdot F; \quad v_1 < \frac{G}{P_g} < v_2,$$

ahol

- G — a cölöp, a vibrátor és egyéb kiegészítő terhelések súlya,
 F — a cölöp keresztmetszete,
 σ_{sz} — a cölöp szükséges fajlagos terhelése, amely túl kell hogy szárnyalja a küszöbterhelést. Értékét a 3. táblázat tartalmazza,
 v_1 és v_2 — nehéz cölöpöknél $v_1 = 0,4$; $v_2 = 1,0$
 könnyű ” $v_1 = 0,3$; $v_2 = 0,6$
 szádpállónál $v_1 = 0,15$; $v_2 = 0,5$.

3. sz. táblázat

Cölöp mérete és formája	σ_{sz} Mp/m ²
Acéleső és egyéb elemek 150 cm ² -ig terjedő keresztmetszeti felületig	150—300
Alul zárt fa- és acéleső cölöpök, 800 cm ² -ig terjedő keresztmetszeti felületig	400—500
Vasbeton cölöpök 2000 cm ² -ig terjedő keresztmetszeti felületig	600—800

4. Vibrátorokkal és vibroverőkkel végzett helyszíni kísérletek eredményei

A különböző elméleti és laboratóriumi vizsgálatok eredményeinek alá-ámasztására jelentős számú helyszíni kísérletet is végeztek az építési gyakorlatban előforduló cölöpökkel. A 8/a ábrán egy iszapos vízzel telített homoktalajba különböző amplitúdójú vibrálással levitt cölöp adatai láthatók. Az (1) jelű egyenes egy 27 cm átmérőjű fa, a (2) jelű egyenes pedig egy 37,5 cm-es átmérőjű, alul zárt vascső talajbavitelének sebességét mutatja. A 8/b ábrán ugyanezen átmérőjű fa (1), ill. acéleső (2) cölöp behatolási sebessége látható kemény agyag esetén.

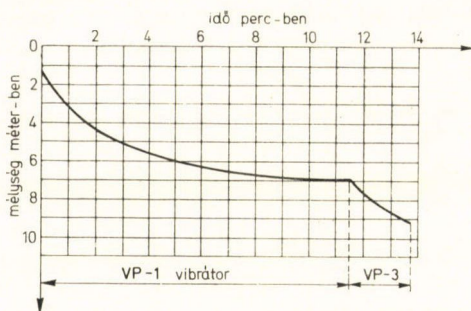
A vizsgálatok eredményei azt mutatják, hogy a cölöpök talajba vitelének sebességére és mélységére nem a vibrálás frekvenciája, hanem elsősorban az amplitúdó nagysága van hatással. Ezért a cölöpök talajba vitelénél alkalmazott vibrátorok alacsony rezgésszámúak legyenek, amelyek nagy excenter nyomatókkal rendelkeznek, hogy a megfelelő nagyságú amplitúdójú rezgést biztosítsák.

Mivel a cölöpök talajba vitelekor nemcsak a köpenysúrlódást kell minimalisra csökkenteni, hanem a cölöpcsúcs alatti talajjellenállást is le kell küzdeni, ezért vagy nehéz vibrátorokat célszerű alkalmazni, vagy át kell térni a vibroverők használatára.

Ugyancsak célszerű a cölöpök beverésénél a vibrátorok és vibroverők kombinált alkalmazása azokban az esetekben, amikor vibrálással a kívánt mélységig a cölöpöt a talajba juttatni nem lehet.

Nagy átmérőjű csőcölöpök és cölöpkutak talajba vitelénél, ahol viszonylag kicsiny a cölöp csúcsán fellépő ellenállás, nagymértékben elterjedt a nehéz vibrátorok alkalmazása.

A 11. ábrán a VP—1 és VP—3 jelű vibrátorok teljesítménykülönbsége látható ugyanazon talajviszonyok között. A kísérleti vasbeton cölöp keresztmetszete 35×35 cm, hossza 10 m, amelyet száraz, tömör homokban VP—1



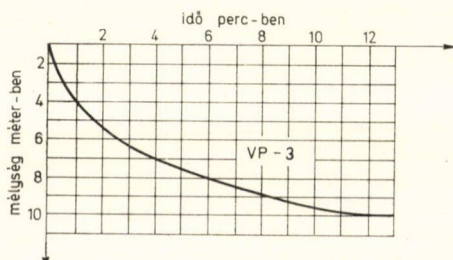
11. ábra. Cölöp talajbavitel VP-1 és VP-3 típusú vibrátorral

típusú vibrátorral kezdtek süllyeszteni. Mint látható, a cölöpöt 6,7 m-ig 9,5 perc alatt sikerült a talajba juttatni. A süllyesztési sebesség 0,5 cm-es amplitúdó nagyság mellett a süllyesztés végén 3,5 cm/perc volt.

Egy másik cölöpöt 7 m mélységre 11,5 perc alatt juttattak le, a süllyesztés végén a behatolás sebessége 0,6 cm-es amplitúdó érték mellett 3 cm/perc volt. A besüllyesztési határmélység az adott cölöpméreteket mellett jól tükröződik az ábrán azáltal, hogy a süllyedést bemutató görbe az időtengellyel párhuzamossá válik.

Ugyanezen cölöpre ezután VP—3-as vibrátort helyeztek, amelynek hatására az első cölöp még további 2 m-t süllyedt mintegy 2,5 perc alatt, míg a második cölöp 2,25 m-t 2,2 perc alatt.

A 12. ábra egy VP—3-as vibrátorral besüllyesztett 40×40 cm-es vasbeton cölöp adatait mutatja, amikor is a cölöpöt 12,5 perc alatt 10 m mélységre vitték le. A süllyesztés végén a sebesség 3 cm/perc volt 1 cm-es amplitúdó mellett.



12. ábra. Cölöp talajbavitel VP-3 típusú vibrátorral

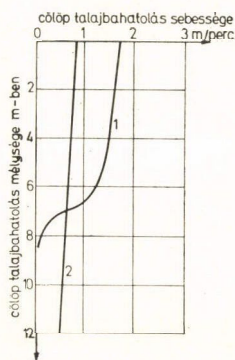
Agyag és durva kavics rétegekkel átszótt homoktalajban a VP—1-es vibrátor és az öblítési eljárás kombinálásával tudtak egy 6 cm falvastagságú, 0,92 cm átmérőjű csőcölöpöt 15,5 m mélységre lesüllyeszteni. Tisztán vibrálás hatására, öblítés és a belső talajmag kiemelése nélkül, a csőcölöpöt mindössze 2,5 m mélységre tudták lesüllyeszteni. A két vibrátor főbb műszaki jellemzőit a 4. sz. táblázatban közöljük.

4. sz. táblázat

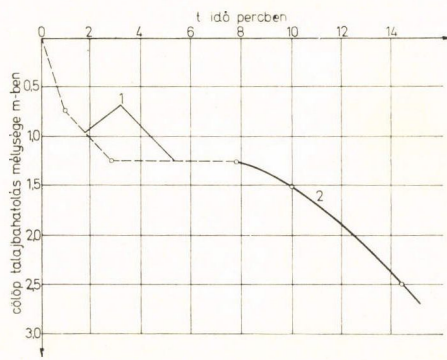
Típus	Fordulatszám/ perc	Teljesítmény kW	Gerjesztő- erő (kp)	Gépsúly kp
VP—1	420	60	18 500	4500
VP—3	408	100	44 200	8000

A 13—14. ábrán — egy megegyező kW teljesítményű — vibrátor és vibroverő által elért eredmények összehasonlítására adódik lehetőség. Mint látható, kis mélység esetén még a vibrátorok hatékonysága nagyobb és mintegy kétszer olyan gyorsan juttatják a talajba a cölöpöt, mint a vibroverők, de nagyobb mélységben a vibrátor hirtelen eléri teljesítőképességének határát és a cölöpöt tovább süllyeszteni nem tudja. Ugyanekkor a vibroverő hatékonyan működik tovább, és a cölöpöt sokkal nagyobb mélységre juttatja le.

A vibroverők alkalmazását célszerű nemcsak a nagy csúcscellenállással rendelkező cölöpök talajbavitelére felhasználni, hanem nagyobb mélység esetén, vibrátorokkal kombinálva is, mert amikor a cölöpre nagy oldalnyomások hatnak, a vibrátorok működése már nem hatékony, és ekkor kell a továbbvitel érdekében a vibroverőket munkába állítani. Ez a kombinált alkalmazás



13. ábra. Vibrátoros és vibroverős cölöp-talajbavitel sebességének változása a mélység függvényében.
1 — cölöp talajbavitel vibrátor segítségével
2 — cölöp talajbavitel azonos teljesítményű vibroverő segítségével



14. ábra. Cölöp talajbavitel virbrálással
1 — vibrátorral, 2 — tovább folytatva vibroverővel

konstrukciós meggondolásból indokolt, mert a vibroverők motorja a jelenlegi, nem ütésálló szerkezeteknél lényegesen kevesebb üzemidő alatt megy tönkre, mint a vibrátoroké.

5. Vibrálással talajba vitt cölöpök teherbírása

A jelen tanulmány áttekintése után látható, hogy a cölöpök teherbírására a cölöp talajba vitelének módja döntő hatással van. Ugyanis a cölöp körüli tartományban levő talajtömegben olyan szerkezeti változások következhetnek be, amelyek az eredeti nyugalmi állapothoz képest a talaj mechanikai tulajdonságait, teherbírását lényegesen befolyásolják; azt jelentősen növelhetik, illetve csökkenthetik. A cölöp és a talaj közötti kölcsönhatás helyes — a valóságnak megfelelő — értékelése és figyelembevétele szükségessé teszi, hogy a cölöpözési problémákat átfogóan vizsgálják, és a cölöpteherbírési elméleteket technológiai és konstrukciós adottságokat figyelembe véve dolgozzák ki. A cölöpözés gyakorlati alkalmazása szempontjából a konstrukciós, a technológiai vagy a cölöpteherbírési elméleti kérdéseknek bármelyikében mutatkozó lemaradás az egész cölöpözési kérdéskomplexumot hátraveti.

A fejlett ipari országok építési gyakorlatának, illetve szakirodalmának tanulmányozása alapján megállapítható, hogy nagyrészt megteremtődtek azok a korszerű, nagy teljesítményű cölöp-talajbajuttató eszközök, amelyeknek segítségével a cölöpök nagy mélységre rövid idő alatt levihetők. Ugyanakkor ezzel a gyors konstrukciós, illetve technológiai fejlődéssel a cölöpteherbírési elméletek nem tartottak lépést, és a *vibrálás hatására a talajban végbemenő szerkezeti, illetve mechanikai tulajdonságváltozásokat figyelembevevő teherbírési elméletek, illetve megbízható cölöpteherbírési képletek hiányoznak.*

A jelenleg ismeretes és a cölöpözési gyakorlatban elterjedt statikus, illetve dinamikus teherbírési képletek a vibrátorral, illetve vibroverővel talajba vitt cölöpök teherbírásának meghatározására nem használhatók.

Megfelelő új méretezési eljárások hiányában bizonyos korrekciós tényezők alkalmazásával határozzák meg a valamely elfogadott cölöpteherbírési képletből levezetett teherbírési értéket.

Mint az összehasonlító kísérletek eredményei mutatják, a köpenysúrlódás nagyságára a cölöp beverés módja jelentős hatást gyakorol. *Az agyagtalajokban a vibrálással levitt cölöp teherbírása lényegesen kisebb, mint a veréssel levitt cölöpé.* Vibrálás hatására a talajszerkezet intenzívebb szétroncsolása következik be, mint a verőkosokkal történő cölöp beverés esetén. A cölöp csúcsa alatt egy fellazult, szétroncsolt szerkezetű talajtartomány képződik. A vibrálással történő cölöp-talajbavitel után a talaj szilárdsága a cölöp körüli tartományban, és különösen a csúcs alatt, kisebb mértékben regenerálódik, mint verés esetében.

Ezzel ellentétben homoktalajokban a vibrálás intenzívebb talajtömörödéshez vezet a cölöp körüli és a cölöpcsúcs alatti tartományban. Ez a tömörödés a cölöp és cölöpkutak teherbírásának növeléséhez vezet. Ezért a cölöp köpeny és csúcs ellenállásának számított értékét a cölöp talajbaviteli módjától függően a Szovjetunióban egy α_m tényezővel módosítva veszik figyelembe, amelynek értékét kísérletek alapján határozták meg. (5. táblázat.)

Teherbíró elem	α_m koefficiens				
	verés	vibrálás			
		homok	homokliszt	iszap	agyag
Cölöp	1,0	1,1	0,9	0,7	0,6
Csőcölöp 0,8—2,0 m-ig	0,9	1,0	0,9	0,7	0,6
Csőcölöp 2 m fölött	—	0,9	0,7	0,6	0,5

Az α_m tényező függ a cölöp, illetve csőcölöp átmérőjétől. A 0,8 m-nél kisebb átmérőjű cölöpöket alul lezárt véggel viszik a talajba. Ekkor a kiszorított talaj hatására egy intenzívebb tömörödés következik be, mint az olyan alul nyitott csőcölöpök talajbavitele esetén, amelyekből a talajt süllyesztés közben, vagy utána eltávolítják. A talajba vitellel párhuzamosan történő talajkiemelés a csőcölöp teherbírására csökkentő hatást gyakorol, amelyet az α_m tényező értékénél vesznek figyelembe.

Nehéz agyagtalajokban ez idő szerint előtérbe kell helyezni a verési módszert, minthogy a vibrátoros módszernél a cölöp teherbíróképesége jelentősen csökken és kevésbé hatékony, mint a verési módszer. Mint a táblázatból látható, kötött talajba *vibrált* cölöp teherbírása olykor csak fele az ugyanolyan talajba vert cölöpnek.

A homoktalajokban célszerűbb vibrálásos módszert alkalmazni, mint-hogy ez jelentős talajbavíteli sebességet biztosít, és növeli bizonyos mértékig a cölöp teherbíró képességét is a verési módszerhez képest. Vékonyfalú vasbeton csőcölöpöket ($d > 0,8$ m) jelentős mélységre csak vibrálással visznek le, minthogy veréssel ilyen méretű szerkezetet levinni nem lehet.

Bár a Szovjetunióban a vibroverők főbb típusainak kidolgozása befejeződött, és sorozatgyártásuk is megindult, szélesebb körben ma még nem alkalmazzák. *Mind a kivitelező, mind pedig a tervező vállalatok ellenzésének alapvető oka, hogy hiányoznak azok az eljárások, elméleti módszerek, amelyeknek segítségével a vibroverővel levert cölöpök teherbírását megbízhatóan számítani tudnák.*

Kellő számú tapasztalati, illetve elméleti vizsgálat hiányában vibroverővel levert cölöpök teherbírására vonatkozóan ma még empirikus számítási módszer sincs.

Mindamellet az biztos, hogy a vibroverők a cölöpözés területén széles körben el fognak terjedni, és ennek mielőbbi hazai elterjesztését döntően segítené elő, ha mód nyílna nálunk is többféle vibroverővel helyszíni összehasonlító és elemző kísérletsorozatok végzésére, amelyek mind a hazai elméleti, mind a beinduló gyakorlati munka megbízható alapjául szolgálhatnának.

FONTOSABB IRODALOM

- [1] Barkan, D. D.: Vibromódszer az építésben. Moszkva, 1959.
- [2] Büchovszkij, J. J.: Vibroverők és a vibrátorok paraméterei, Moszkva, 1964.
- [3] Ch. Ephremides: Die Anwendung der Vibration beim Rammen in Tiefbohren. Baumaschine und Bautechnik 1958. N° 6.
- [4] Csernyajev: Vibroverők ütésálló motorokkal. Moszkva, 1964.
- [5] Golovacsev, A. Sz. és társai: Vibroverő cölöptalajbavíteli kutatások, Moszkva, 1960.

- [6] *Golovacsev, A. Sz.*: Cölöpverő vibrátorok hatékonyságát növelő módszerek. Moszkva, 1964.
- [7] Erfahrungen mit dem Vibrationsbär. Der Bau und die Bauindustrie 1960. 8.
- [8] *Efremov, M. G.*: A vibroverők üttőtömeg súlyának kiválasztása. Dinamika Gruntov, No. 44. Moszkva, 1961.
- [9] *Kézdi A.*: Bodenmechanik Band II. Akadémiai Kiadó 1964.
- [10] *Koszovszki, B.*: Vibroverők és vibrátorok alkalmazása a mélyépítésben, Varsó, 1965.
- [11] *Koszterin, E. V.*: Alapozás. Moszkva, 1966.
- [12] *Major S.*: Gép és turbinaalapok számítása és tervezése. Műszaki Könyvkiadó 1956.
- [13] *Neumark, J. J.*: A vibrálásos süllyesztés és kihúzás elmélete. Moszkva, 1953.
- [14] *G. Odrichs*: Die Vibrationstechnik beim Rammen. Der Tiefbau, 1962.
- [15] *Romanov, D. A.*: Cölöpalapozások. Kiev, 1959.
- [16] *Szavinov, O. A.*: A cölöpök vibrálásos talajbaviteli módszere és alkalmazása az építésben. Moszkva, 1960.
- [17] *Szavinov, O. A.*: Újtípusú vibroberendezések cölöpök talajbavitelére Moszkva, 1964.
- [18] *Szavinov, O. A. és társai*: Cölöp talajbavivó vibrátorok. Leningrád, 1954.
- [19] *Széchy K.*: Alapozás, II. kötet. Műszaki Könyvkiadó, 1963.
- [20] *Tatarnyikov, B. P.*: Alacsony rezgésszámú vibrátorok alkalmazásának építési tapasztalata és perspektívája. Moszkva, 1959.