

Hazai eszköz és mérési módszer cölöpök próbaterheléséhez

Az alapozás szempontjából kedvező adottságú területek csökkenésével, valamint az igényes, nagyterhelésű, süllyedésre érzékenyebb mérnöki szerkezetek elterjedésével egyre több mélyalapozás készül.

A mélyalapozás, így a cölöpalapozás is többletráfordítást igényel az építetötől, speciális technikai és szakmai felkészültséget követel mind a tervezőtől, mind pedig a kivitelezőtől. Egy-egy adott helyen a cölöpök teherbírásának ismeretéhez jelentős gazdasági és környezetvédelmi érdekek fűződnek. További motivációt jelent a tartószerkezeti Eurocode-k, azon belül a geotechnikai tervezést szabályozó EC 7 hatályba lépése is. E kérdéskör a múltban és a jelenben is a geotechnikai kutatások egyik fontos részterülete.

PRÓBATERHELÉSI MÓDSZEREK FEJLŐDÉSE

Az utóbbi évtizedekben a cölöpalapozások próbaterhelési módszerei is számottevő fejlődésen mentek keresztül. Elsősorban az elmozdulás és erőmérés technikája, de az értékelés is párhuzamosan fejlődött az elektronikával. A pontosabb érzékelés, valamint a kisebb méretű és áramfelvételű műszerek egyszerűbbé tették a helyszíni méréseket. Például a gyorsulásmérés bevezetése lehetővé tette a dinamikus próbaterhelési módszerek elterjedését [1], a számítási kapacitás növekedésével lehetővé vált a dinamikus próbaterhelés valós időben történő értékelése (real-time) [2].

A dinamikus próbaterhelés egy speciális megvalósítása a holland–kanadai közös fejlesztésű STATNAMIC módszer. Itt a dinamikus módszernél szükséges *ejtő súly helyett* a cölöp fölé helyezett szilárdtüzelésű rakéta-hajtómű reakcióereje hozza létre a cölöp és a talaj közötti elmozdulást, melyet optikai módszerrel mérnek [3].

A tradicionális mérési módszereknél a terhelendő cölöp fölé régebben terhelőszerkeztet építettek, amely kővel, betonnal vagy más anyaggal kitöltve szolgáltatta a próbaterheléshez szükséges reakcióerőt ellensúly formájában (1. ábra). Ma már a terhelőszerkeztet többnyire lehorgonyzó cölöppökhöz vagy nagyobb méretű cölöppökhöz közvetlen lehorgonyzással váltják fel.

Az önlehorgonyzó cölöpök alkalmazásának igényét – számos előnye mellett – a terhelőerő feleződése motiválta. A hazai palettán a nyolcvanas évek elején egy cseh szlovák szabadalmi bejelentés nyomán jelent meg VUIS – próbaterhelési módszer elnevezéssel. Ennek lényege, hogy a próbaterheléshez szükséges erőt a cölöp alsó részére egy rudazaton keresztül továbbítja. A reakcióerőt a cölöp köpenyén fellépő súrlódási ellenállás adja (lásd még: [4]).

Nagyátmérőjű, nagymélységű cölöpök teherbírásának méréséhez főleg az USA-ban az úgynevezett Osterberg-cellát használják, ami szintén az önlehorgonyzás elvén működik [5].

HIDRAULIKUS PRÓBATERHELŐ CÖLÖP

A módszert 1991–1992-ben az OMFB támogatásával fejlesztettem ki. Az eredeti gondolat az úgynevezett „VUIS” módszer tökéletesítését célozta, mivel annak rudazata ha túl karcsú, akkor kihajlik, és a próbaterhelés meghiúsul. A megoldást kézenfekvő gondolatként az erő hidraulikus továbbítása adta (2. ábra).

A fejlesztés során a mérési módszert előre gyártott vasbeton és mikrocölöpökre dolgoztam ki, de természetesen helyben készült, nagyátmérőjű cölöpökön vagy réspilléreken is alkalmazható.

Hidraulikafolyadékknak környezetvédelmi megfontolásokból vizet használunk. A mérési elrendezést az előre gyártott cölöpökre a 3. ábra mutatja.

A próbaterhelő cölöpöt négyzet és kör keresztmetszettel, különböző csúcs- és szárméretben terveztem, ezekkel könnyen alkalmazkodni lehet a változó próbaterhelési feladatokhoz.

A cölöpök teljes függőleges nyomási (talajtörési) ellenállása az alábbi szorzatösszegből számítható:

$$R_t = R_{bt} + R_{st} = q_b \cdot A_b + q_s \cdot A_s$$

Az összefüggésben

q_b : fajlagos talpellenállás

q_s : fajlagos köpenyellenállás

A_b : a cölöptalp keresztmetszeti területe

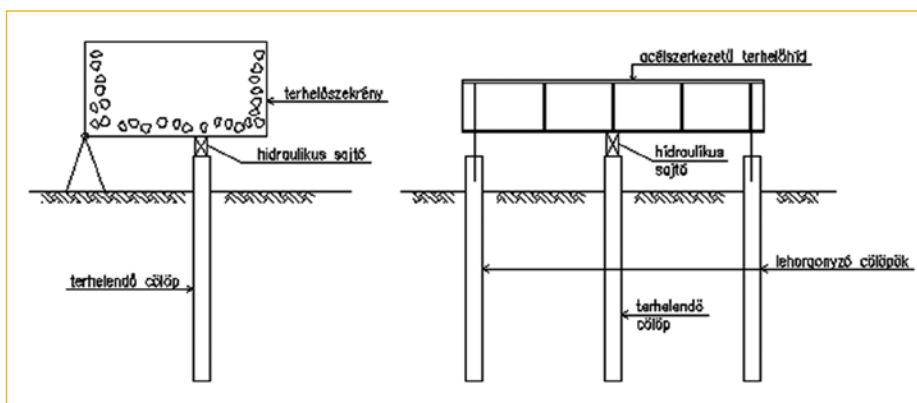
A_s : a cölöpköpeny talajjal érintkező felülete

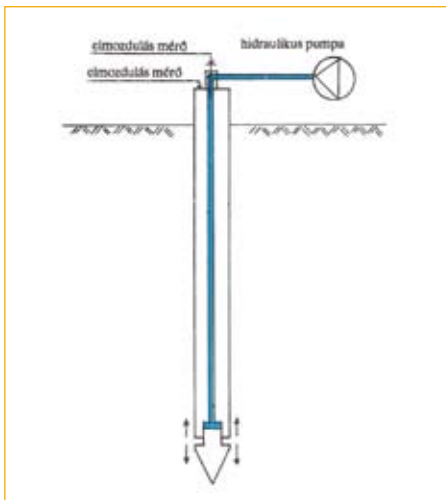
t index a törési ellenállást jelöli

A cölöpcsúcsot szállítás és lehajtás közben feszítőbetét (3) tartja helyén. A cölöptetőn

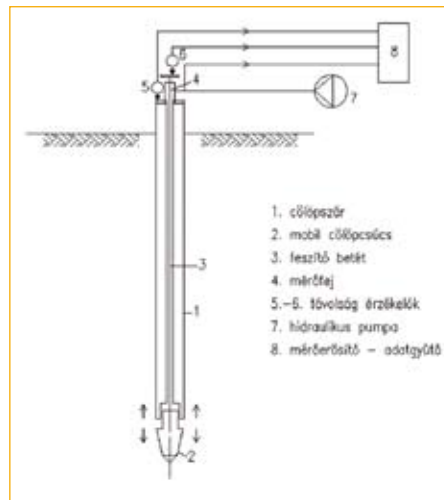
Hagyományos cölöp-próbaterhelés

1. ábra

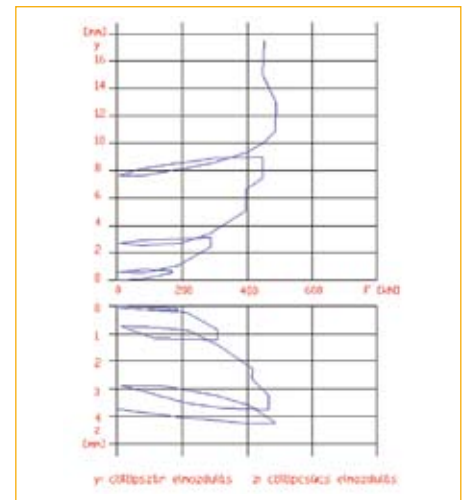




Az önlehorgonyzás elve a próbaterhelésnél 2. ábra



Mérési elrendezés 3. ábra



4. ábra

elhelyezett mérőfejhez (4), csatlakozik a hidraulikus pompa (7). A cölöpszár és a csúcs elmozdulását út-távadókkal (5,6) mérjük, a mérési adatokat (p, y, z) adatgyűjtőn keresztül számítógép értékeli.

A módszerrel illetve a hidraulikus próbaterhelő cölöppel (HPC-vel) a próbaterhelés során mérhetjük a cölöp nyomási ellenállásának összetevőit: a q_b fajlagos talp- és a q_s fajlagos köpenyellenállást.

Az önlehorgonyzás elvét alkalmazó próbaterheléseknél a mérés feltétele:

$$R_{bt} - G_b \geq R_{st} + G_s \text{ vagy } R_{bt} - G_b \leq R_{st} + G_s$$

A fenti egyenletekből következik, hogy a két összetevő közül az egyik mindig bizonyosan mérhető. A képletben – a már ismert jelöléseken kívül – G_b a mozgatható talp, G_s pedig a cölöpszár súlya.

Kedvező esetben az $R_{bt} - G_b \cong R_{st} + G_s$ feltétel közelítőleg teljesül, ekkor mindkét összetevő mérhető mivel azok a terhelés hatására a talajtörésig vagy azt megközelítő határig mobilizálódnak.

A 4. ábrán látható mérési diagramon a köpenyellenállás a teljes törésig mobilizálódott, a talpellenállás törési értékét pedig extrapolálással lehetett megállapítani [6].

A HPC „ÜZEMMÓDJAI”

Normál – álló cölöpös üzemmódnak számít, amikor a cölöptalp teherbíró talajban áll, a cölöpcsúcsra keletkező erő elegendő a köpenyellenállás mobilizálásához ekkor:

$$A_b \cdot q_b - G_b > A_s \cdot q_s + G_s$$

Ilyen esetben a kedvező egyensúlyi helyzet valamelyik méret, például csökkentett

keresztmetszetű cölöpcsúcs (A_b) választásával könnyen elérhető.

Ha köpeny egy jelentős hosszán puha, szerves talajokkal érintkezik, akkor előfordulhat, hogy a mobilizálható köpenyellenállás a fentiek ellenére sem elegendő a q_b méréséhez.

Ilyenkor a q_s mérését követően a cölöpszár súlyát G_s -t leterheléssel vagy más módon növeljük (lásd [7]-t), esetleg a köpeny menti talajt szilárdítjuk a q_b méréséhez szükséges mértékig.

Lebegő 1 cölöpös üzemmódról beszélhetünk, amikor a HPC köpenyellenállása jelentősen meghaladja a talpellenállást, a mérési feltétel:

$$A_b \cdot q_b - G_b < A_s \cdot q_s + G_s$$

Ez főleg helyben készült, relatíve hosszú (pl. mikro) cölöpöknél fordul elő. Ilyen esetben csak a talpellenállás (R_{bt}), illetve a fajlagos törési ellenállás (q_b) értéke mérhető.

Ha a hidraulikus henger a cölöptalp fölött helyezzük el, növelhetjük a reakcióerőt.

Ekkor a kedvező egyensúlyi helyzet feltételei egyenlete a következőképpen alakul:

$$A_b \cdot q_b + A_{bs} \cdot q_{bs} - G_{bs} \cong A_s \cdot q_s + G_s$$

A fenti egyenletből q_s közvetlenül számítható, a q_b számításához ismerni kell még a q_{bs} értékét is, amit – ha nem túl hosszú az alsó rész – a $q_{bs} \cong q_s$ feltételezéssel lehet figyelembe venni. A képletben a bs index az alsó cölöprész köpenyére utal.

A fajlagos talpellenállás (q_b) pontosabb mérését teszi lehetővé, ha egymás mellett, külön HPC-n mérünk, lebegő 2 cölöpös

üzemmód. Az első HPC talpa a tervezett alapozási síkon van, ebből a mérésből az $A_b \cdot q_b - G_b \leq R_s + G_s$ egyenlet felhasználásával q_b -t közvetlenül kapjuk. A (q_b) fajlagos köpenyellenállást a második HPC-n mérjük, amelynél a felső cölöprész hossza azonos az első HPC hosszával, most már q_s az $R_b + R_{bs} - G_{bs} \geq A_s \cdot q_s + G_s$ egyenletből számítható lesz.

Végül, ha lehorgonyzó cölöppel egészítjük ki, vagyis hagyományos próbacölöpként alkalmazzuk a HPC-t, akkor a cölöpteherbírárs mindkét komponense mérhető lesz.

Érdemes megemlíteni még, hogy a HPC a mérés befejezését követően a hidraulikus folyadékként használt víz cementhabarccsal történő kiszorításával szerkezeti cölöpként is felhasználható.

Kondor János

okl. építőmérnök,

okl. geotechnikai szakmérnök

Irodalom

- [1] Kondor János: Cölöpök teherbírásának mérése hullámegyenlet felhasználásával. *Közlekedésépítés- és Mélyépítéstudományi Szemle*, 1987. 5. szám
- [2] Berzi Péter: <http://dynatest.hu/dynatest/142/Dinamikus-colop-probaterheles.html>
- [3] TNO-IBBC Foundation Pile Diagnostic System-3 TNO Institute for Building Materials and Structures 1989.
- [4] Anka Magdolna – Juhász Miklós – Pőcz Béla: Tapasztalatok nagytérű, nagymélységű fűrt cölöpök terhelőhid nélküli próbaterheléséről. *Közlekedésépítés- és Mélyépítéstudományi Szemle*, 1992. 1. szám
- [5] www.loadtest.com/loadtest-usa/downloads/papers/
- [6] Kondor János: Próbaterhelő cölöp fejlesztése és mérési tapasztalatok. *Közlekedésépítés- és Mélyépítéstudományi Szemle*, 1993. 8. szám
- [7] Kondor János: Cölöp próbaterhelés. Egy hazai módszer fejlesztési és alkalmazási tapasztalatai. *Magyar Építőipar*, 1994. 3. szám