

MÉRNÖKGEOLÓGIAI PROBLÉMÁK AZ UTÉPÍTÉSBN
MAGYARORSZÁGON

/III. szekció, 38. szám/

Gáspár László^{x/}

Környezetvédelmi és gazdasági igények az utépítésben is szükségessé teszik a mérnökgeológiai ismeretek nagyobb mértékű alkalmazását. Ennek érdekében általában a következő célok elérésére törekszünk:

- az utépítés minél kevésbé károsítsa meg a környezetet,
- a töltések a gyenge teherbirású talajon is talajcsere nélkül alapozhatók legyenek,
- a helyi talajok megfelelő válogatásával teherbíró töltéseket gazdaságosan lehessen építeni,
- a javított talajrétegek és a burkolatalapok lehetőleg helyi talajokból, szemcsés anyagokból és egyes ipari melléktermékekből megfelelő technológiával épüljenek, hogy minél kevesebb építőanyagot kelljen távolról a helyszínre szállítani.

Töltésépítés gyenge teherbirású talajon

Az utak korszerű vonalvezetése egyre gyakrabban szükségessé teszi gyenge teherbirású tereprészek átszelését. /A csuszásra veszélyes terepet továbbra is igyekszünk elkerülni, ezekre mérnökgeológiai térképek hívják fel a figyelmet. /

^{x/} KÖTUKI

A gyenge teherbírást nedves kötött talajok vagy erősen szerves - rendszerint tőzeges - nedves talajok okozzák. Ilyen terepen a töltések korábban teljes, vagy részleges talajcserével, esetleg tőzegrobbantással épültek.

Mintegy tíz éve a figyelem a talajcsere nélküli töltésépítés különböző módszereire irányult. Ilyenkor természetesen számolni kell a puha altalaj, vagy a tőzeg jelentős összenyomódásával.

Vastag összenyomható réteg esetében a töltés megfelelő kialakításával és az építés elnyújtott ütemezésével el lehet kerülni a talajtörést. A terhelés elosztása és a víztelenítés biztosítása céljából a terepre vastagabb szemcsés réteget terítünk. A magasabb töltéseket több ütemben építjük, kivárva a konszolidációs görbe ellaposodását.

A 7. autópálya például a Balaton déli partján két völgy keresztezésekor 8-13 m magas töltésen vezet. Az összenyomható szerves rétegek vastagsága 3,5-4,5 m. A töltések padkával /70 m-ig terjedő talpszélességgel/ két év alatt /1968-1970/ több részletben épültek. Az összes süllyedés helyenként megközelítette a 100 cm-t. A betonburkolat a töltésépítést követő egy éven belül épült meg és ma is jól áll.

Ha állandóan nedves agyagra kellett pályaszerkezetet építeni, akkor eredményesen alkalmaztuk a következő megoldást. A nedves agyag felső rétegének meszes kezelése után arra telepen kevert cementstabilizációt, majd soványbeton-alapot helyeztünk. Erre a három merev rétegre már ráépíthető volt az aszfaltburkolat. Így épült a 44. sz. főút árvédelmi töltés mellett vezető határmenti szakasza.

A vastag tőzeges rétegeken a fejlődés következő fokozatát a nem szótt műanyag textília közbehelyezése jelentette. Ezt az eljárást Franciaországban 1969-ben kísérletezték ki. A francia BIDIM textiliával 1972. tavaszán kísérleti szakaszt

építettünk. A kedvező tapasztalatok alapján az első építésre 1973-ban a 71. sz. főút 1,1 km hosszú korrekciójában, a Balaton északi partján került sor. A 3,5-4,0 m magas töltés 1,6-4,6 m vastag tőzegrre épült. A tőzeg víztartalma 250-760 %, összenyomódási modulusa pedig 6-11 kp/cm². Áprilisban 40.000 m² BIDIM U-35 /300 g/m² súlyu/ textiliát helyeztek el. A töltés alsó 1,2 m magas része vízáteresztő homokos kavicsból, a többi sovány agyagból épült. A süllyedés 80-85 %-a a töltésépítés során, a fennmaradó rész pedig két hónap múlva következett be. A legnagyobb süllyedések elérték a 100 cm-t.

A süllyedés mérése céljából a terepre beszintezett acéllemezeket helyeztek el. A töltésépítés során ezek helyzetét időközönként ráfurással mérték meg. Ujabbban francia és svéd süllyedésmérőműszereket alkalmazunk.

A BIDIM-et sikerrel alkalmaztuk 1974-ben a 74. és 64. sz. főutak összenyomható altalaju korrekcióiban.

Az egyik mezőgazdasági bekötőúton 1973-ban átlag 1,0 m vastag nagyon nedves agyag kicserélését dán FIBERTEX /150 g/m²/ közbehelyezésével gazdaságosan el lehetett kerülni.

Az osztrák LINZ PP-VLIES TS-400 textiliát 1973 őszén a Hanság 0,8-1,2 m vastag tőzegrétegén próbáltuk ki. Kb. 30 cm vastag homokos kavicsréteg betömörítése után meg lehetett építeni az erdőgazdasági ut pályaszerkezetét.

Azóta több ut- és vasutépítésnél sikerrel alkalmaztunk külföldi, ujjabban pedig hazai textiliákat. Egyik legujabb eset a Budapest déli szélén épülő autóbussz forgalmi telep. Itt a terep 60 ezer m²-en vizállásos nádas, mocsaras. Magyar termékek elhelyezésével a talajcsere gazdaságosan elkerülhetővé vált, a kivitelezés pedig jelentősen meggyorsult.

Itt említhető meg a töltéseknek könnyebb anyagból való építési lehetősége. A porzéntüzelésű hőerőművek közelében, rendszerint a zagytereken nagy mennyiségű pernye halmozódik fel. Ebből teherbíró, de ugyanakkor legfeljebb $1,3 \text{ MP/m}^3$ testsűrűségű töltés építhető, amely alatt a puha altalaj összenyomódása lényegesen kisebb, mint a földtöltések esetében. A pernyetöltések építése során azonban alul megfelelő vízelvezetésről kell gondoskodni, a töltés rézsűjét és koronáját pedig erózióval szemben a pernye meszes kezelésével /vagy a rézsűk esetében gyepréteg kialakításával/ meg kell védeni.

Teherbíró töltések gazdaságos építése

Az utak és autópályák tartósan jó állapotának egyik legfontosabb feltétele a kelően teherbíró földmű /tömörített bevágás és töltés/. A földmű teherbírása a pályaszerkezet méretezésének egyik leglényegesebb paramétere. A jó teherbírást biztosítását tehát jelentős műszaki és gazdasági érdekek indokolják.

A hajlékony pályaszerkezetek magyar méretezési utasítása szerint a földmű tervezési teherbírást a felső 50 cm vastag rétegének fizikai tulajdonságai és elnedvesedési lehetőségei határozzák meg. Részletesen megvizsgáljuk ezért a bevágások és anyagnyerőhelyek talajfajtáit és rétegződését. A pontos feltáráshoz mérnökgeológiai módszereket is alkalmazunk. Az eredmények alapján talajválogatási tervet készítünk. Gyakori eset, hogy homok töltésépítési célra is rendelkezésre áll. Ilyenkor azt főleg esős időben építjük be, amikor kötött talajokból nem lehet jó minőségű töltést készíteni. Kedvező a szendvics-szerű - váltakozóan homok- és agyagrétegből álló - töltések teherbírása is. Ha a talajrétegződés és a földmunkagép-park lehetővé teszi, akkor a földmű legfelső részét a legkedvezőbb tulajdonságú talajfajtából építjük. A méretezési utasítás szerint a kötött talajok teherbírása: $\text{CBR} = 5-7 \%$, ill. $E_2 = 300-400 \text{ kp/cm}^2$, a homokok és más szemcsés anyagoké pedig: $\text{CBR} = 11-13 \%$, ill. $E_2 = 550-600 \text{ kp/cm}^2$. Az utóbbiakon mintegy 25 %-kal vékonyabb pályaszerkezet is megfelel.

A szemcsés anyagok akkor fagyállóak, ha legfeljebb 10 % 0,02 mm alatti és legfeljebb 25 % 0,1 mm alatti frakciót is tartalmaznak.

Az az utépités legkritikusabb időszaka, amely a földmű befejezése és az alsó alapréteg megépítése között telik el. Nagyobb ut- és az autópálya-építésknél ez gyakran több hetet vagy hónapot jelent. A kész földmű legtöbbször a további szakaszok földmunkáihoz és a pályaszerkezet építéséhez szükséges anyagok szállítópályájaként is szolgál. A tartós eső azonban a vízerzékeny talajokat hosszabb időre elnedvesíti: az uttükör teherbirása lecsökken. Ilyenkor a nagyértékű építógépek teljesítménykiesése súlyos veszteséget okoz.

Mindezek a hátrányok arra ösztönöznek minkat, hogy főleg az autópályák és a főutak földműveire javított talajréteget helyezünk. Ennek műszaki és gazdasági funkciói a következőkben foglalhatók össze:

- a. / Átmenetet képez a földmű és a pályaszerkezet között. Így a földmű teherbirása hosszabb utszakason egyenletes lesz, következésképpen a pályaszerkezet felépítését nem kell változtatni. A javított talajréteg vastagsága /és részben az anyaga is/ a rövidebb szakaszok eltérő teherbirásának megfelelően változik.
- b. / A javított talajréteg víz- és fagyálló, ezért a pályaszerkezeten tél végén nem keletkeznek súlyos olvadási károk és a magas talajvízü, fagyveszélyes talaju földműveken elmarad a külön fagyvédőréteg beépítése.
- c. / Az időjárási viszonyoktól függetlenül lehetővé teszi a folyamatos anyagszállítást és utépitést. A nehéz építési forgalom a földmű esetleges hiányosságait teljes biztonsággal felfedi, így azokat időben ki tudjuk javítani.

d. / A nagyobb teherbirásu uttükrön kedvezőek a feltételek az alsó alapréteg jó minőségben való megépítésére /tömörítésére/.

A javított talajréteg és alapréteg készítése

Gazdasági megfontolásokból a javított talajréteget és az alsó alapréteget a helyszínen vagy a közelben található talajokból, építési anyagokból vagy ipari melléktermékekből állítjuk elő.

Előnyös, ha megfelelő minőségű és szemeloszlásu szemcsés anyag áll rendelkezésre, amelyből mechanikai stabilizációt készítünk.

Ilyen anyagok: a kissé iszapos homokos kavicsok és kőbányameddők, továbbá a különböző kőzetek murváit, valamint a kohó- és kazánsalakok. A beépítés a földnedves anyag elterítéséből és tömörítéséből áll. Nem teljesen egyenletes anyagminőség esetében az összetételi hibákat a forgalom az első napokban felfedi. A hibás részeken a hiányzó finom vagy durva frakciót pótoljuk.

A már bejáródott réteget bitumenemulzióval, vagy hígított bitumennel lezárjuk. - A 7 autópálya hosszú szakaszain például a közeli aplitmurvát, majd mészkőbánya-meddőt tudtuk így eredményesen hasznosítani.

Földutjainkat - karbahelyezésük után - mechanikai stabilizációval gazdaságosan javítjuk meg.

A mechanikailag nem stabil homokokból 50-70 cm vastag réteget építünk be és annak felső 13-16 cm-es részét cementtel vagy más kötőanyaggal kezeljük, ill. stabilizáljuk. A cementtel stabilizált próbahengerek kéthetes nyomószilárdsága 25-30 kp/cm². A hazai gyártmányu talajstabilizáció célgépcsoportunk a következő részekből áll: cementelosztó berendezés 90 lóerős trak-

torral üzemeltetett talajmarók, továbbá vibrótömörítők és gumiabroncsok henger. Jó szervezéssel naponta 1500-2000 m² felületet tudunk stabilizálni. A kissé porózus stabilizáció felületét higitott bitumennel vagy bitumenemulzióval lezárjuk, így a vizes utókezelés elmarad és a következő bitumenes réteg is jobban tapad.

A 4. sz. főút egyik 12 km-es új szakaszán például az agyag földműre 65 cm vastag homokréteget szállítottunk be és annak a felső 15 cm-es részét cementtel stabilizáltuk. Ily módon a pályaszerkezet alapja 20 cm-re vékonyabb lehetett, mint a helyi agyag esetében.

Az ország felületének mintegy 20 %-át borító nagyon egyenletes szemű futó homok cementigénye viszonylag nagy /10-12 %/. Ezt a cementadagolást 15-25 % iszap, pernye vagy mésziszap hozzákeverésével rendszerint felére tudjuk mérsékelni. Kísérleteink szerint a finom homok pernye, illetve őrlött granulált kohósalak és kevés mész adagolásával is kedvezően stabilizálható.

A finom homoktalaju vidékeinken a földmű felső 13-16 cm vastag rétegét eredményesen stabilizáltuk 4-5 % higitott bitumen és 2 % méshidrát vagy cement együttes hozzáadásával. A 20°C-on mért Marshall-stabilitás min. 200 kp/a vízben tárolt mintáknál pedig legalább 100 kp/.

Az iszaptalajokat /Ip = 8-15 %/ rendszerint cementtel stabilizáljuk. Az eolokus és infúziós lösztalajok cementigénye nagyon kedvező /5-6 %/. A stabilizálást a talajmarós gépcsoportunk végzi. - Az 1. sz. félautópálya új szakaszán például a helyi kötött talajt helyszíni keveréssel stabilizáltuk. Ezt követően finisher építette rá a gépben kevert kavicsos cementstabilizációt. A kisebb forgalmu utjainkon a cementtel stabilizált talajra bitumenes lezárás után közvetlenül ráhelyezzük az aszfaltburkolatot.

A soványbeton-alapokat ujabban cement helyett pernye vagy őrölt granulált kohósalak és mész kötőanyaggal is készítjük. Kidolgoztuk mindkét anyag technológiájának az ideiglenes műszaki irányelveit. Szemcsés anyagként megfelelnek továbbá egyes kő- és kavicsbányáink 0,20 mm-es meddői és az osztályozott dolomitmurvák.

Ilyen esetekben jelentős az anyag- és energiatakarékosság, továbbá a környezetszennyezés csökkenése, mert egyidejűleg két ipari mellékterméket tudunk hasznosítani. További nagy előnyük ezeknek az alapoknak a lassu kötés. Ez megkönnyíti a keverék gyártását és beépítését. A betömörített friss alaphól nem kell az építési forgalmat elterelni, mint a cement kötőanyagú alapokról. A keskeny pályaszerkezetek kiszélesítése és a nagyon gyenge pályaszerkezetek megerősítése is forgalom alatt végezhető. A több éves kísérleti utszakaszaink tapasztalatai kedvezőek.

Kísérleteket végzünk a kötött talajok pernyés-meszes stabilizálására.

A nedves agyagtalajokat meszes kezeléssel javítjuk meg és tesszük vízzel szemben érzéketlenné. A nem meszes anyagok különösen kedvezően reagálnak a mészre: kedvező esetben már 2 % méshidrát hozzáadásával 10-12 %-kal megnő az agyag legkedvezőbb tömörítési /Proctor/ víztartalma. Utólag elnedvesedett kötött talajok és agyagos szemcsés anyagok gyors megjavítására eredményesen alkalmaztuk ezt az eljárást például a 4. és a 14. sz. főúton.

Kísérleteket végeztünk a kötött talajok vegyszeres kezelésére is. Ez az eljárás különösen akkor gazdaságos, ha kötött talajt kellene kiemelni és helyette szemcsés anyagot beépíteni, vagy a környéken egyáltalán nincs szemcsés anyagot beépíteni, vagy a környéken egyáltalán nincs szemcsés anyag. A kísérleti szakaszok építése során az amerikai RRP /Reynolds Road Packer/ 235 vegyszerből 5-7 kg/100 m² mennyiséget erős higitásban permeteztünk ki, majd 20-30 mm eső vagy öntözés után a földnedves talajt legalább 95 %-os tö-

mörségi fokig tömörítettük. Kedvezőtlen időjárási viszonyok miatt a kivitelezés ideje több esetben nagyon meghosszabodott. - Ezzel az eljárással például Budapesten az egyik kísérleti utszakason 47 cm vastag talajcserét el tudtunk kerülni. Vidéken az egyik hosszabb mezőgazdasági uton a fagyvédőréteget és a zuzottkőalapot a helyi talaj kezelésével eredményesen helyettesíteni tudtunk. Több kísérleti szakaszon - részben technológiai fegyelmezetlenség miatt - az eredmények nem mindig voltak kielégítőek.

Jelenleg laboratóriumi kísérletsorozatokot folytatunk az NSZK-gyártmányú - hatékonyabb és olcsóbb - CBV /Chemische Bodenverbesserung/ vegyszerrel.

Megvizsgáljuk egyrészt a talajok hatóanyag-felvevőképességét, másrészt pedig a kezelt talajok folyási és plasztikus-határát, továbbá tömörítési /Proctor-/ adatait és a víz hatásának kitett mintahengerek CBR-értékét. Ezek alapján a talajmintákat a vegyszeres kezelés eredményessége szempontjából minősíteni tudjuk. Egyik kötött talaj esetében például a kezelt talaj esetében például a kezelt talaj CBR-értéke 20-25 % volt szemben a kezeletlen 3-4 %-os értékével. Egy másik talajnál viszont a vegyszeres kezelés nem járt eredménnyel. Előzetes laboratóriumi vizsgálatokkal és a kivitelezési előírások pontos megtartásával a sikertelen talajkezeléseket így el lehet kerülni.

A teherbírás ellenőrzése

A méretezési utasításunk előírja, hogy a földmű teherbírását a legalsó pályaszerkezeti réteg építésének megkezdése előtt részletesen ellenőrizni kell. Ha a méretezés során feltételezett teherbírás nincs meg, akkor az építést csak ahiányok megszüntetése után szabad megkezdeni.

A javított talajrétegek - nagy építési forgalom elviselése után - az ilyen hiányok valószínűségét a minimumra csökkentik. Gyakori, hogy a javított talajrétegen tartósan nagyobb a teherbírás, mint a tervezet érték. Ilyenkor a pályaszerkezetek vastagságát tényleges teherbírásának megfelelően jelentősen csökkenteni lehet. Ezáltal tovább növelhető az építés gazdaságossága.

A kötőanyag javított talajrétegek teherbírását könnyen és gyorsan ellenőrizzük a nálunk 1954 óta általánosan bevezetett behajlásméréssel. Négy éve erre a célra egy francia rendszerű Lacroix-deflektográf mérőkocsi is rendelkezésünkre áll. A kötőanyag nélküli rétegeken a teherbírást tárcsás vizsgálattal, vagy tárcsás behajlásméréssel ellenőrizzük.

A kötőanyag nélküli uttűkrök teherbírását általában csak a hosszadalmasabb tárcsás vizsgálattal mérjük /a dinamikus ejtőműszer még nem terjedt általánosan el/. A szerző a tárcsás vizsgálat és a behajlásmérés egyesítéséből kidolgozta a tárcsás behajlásmérést. Az 50 cm átmérőjű merev acéltárcsához ferde lapolással fel- és lejárólemez csatlakozik. Ezeket elhelyezzük a jól elegyengetett földmüire. A feljáró lemezen át a tárcsára hajt egy kb. 3 Mp keréknyomású tehergépkocsi egyik ikerabroncsos kereke. Az ismert behajlásmérő elhelyezése és a kocsi lehajtása után megmérjük a tárcsa alatti rugalmas alakváltozást: a tárcsás behajlást. Ez az érték fordítva arányos a teherbírással. Méretezési utasításunk a földmü teherbírásának ellenőrzésére a tárcsás behajlás felső határait is előírja /pl. $E_2 = 300 \text{ kp/cm}^2$ modulusnak megfelel 2,4 mm, 600 kp/cm^2 -nak 1,3 mm/. Az 5-6 perc alatt elvégezhető méréssel megnövelhető az ellenőrzések száma, ill. jelentősen csökkenthető a mérés időtartama.

Összefoglalás

Időszerű a mérnökgeológiai ismeretek alkalmazása az utépitésben. A gyenge teherbírásu altaljon a töltéseket talajcsere nélkül alapozzuk. Nagyon összenyomható, nedves altaljon 1972. óta eredményesen alkalmazzuk a műanyag-textil-ákra történő töltés alapozást. A töltéseket talajválogatással építjük.

Műszaki, gazdasági és munkaszervezési indokok miatt a nagyobb utépitések földműveinek legfelső rétegét rendszerint megjavítjuk. - Ha a környéken megfelelő minőségű szemcsés anyag /kissé iszapos homokos kavics, kőbányameddő vagy murva/ gazdaságosan beszerezhető, akkor mechanikai stabilizációt készítünk. - A finom homokokat - talajmarós célgépcsoportunkkal - cementtel vagy higitott bitumennel stabilizáljuk. Az iszaptalajokat szintén cementtel stabilizáljuk. Bevezettük a pernye, ill. őrölt granulált kohósalak és mészkötőanyagú soványbeton-alapokat. Kísérleteket végzünk a homokok és iszapok pernyés stabilizálására. - A nedves agyagokat meszes kezeléssel javítjuk meg. Kísérleti szakaszokat építettünk a kötött talajok vegyszeres kezelésére. - A pályaszerkezetet a földmű tényleges teherbírására méretezzük. A javított talajrétegen a teherbírást - a közismert tárcsás vizsgálat és behajlás mellett - a szerző által kidolgozott tárcsás behajlásméréssel is részletes ellenőrizzük.

