

A bontott építőanyag újrahasznosítása gépesítéssel

Fejes István
okl. gépészmérnök
ügyvezető igazgató
MaHill ITD Ipari Fejlesztő Kft.



Épített környezetünk folyamatos fejlődésének egyik természetes velejárója, hogy az épületek egy részét időről időre meg kell újítani műszaki avulásuk és a kor változó követelményeinek megfelelően. Ebből következően a bontási munkák napjainkban az építési tevékenységgel már azonos hangsúlyt kapnak a városrendezésben. Ugyanakkor az állandóan újratermelődő bontott beton és egyéb építőanyagok elhelyezése – különösen nagyvárosok közelében – mind jelentősebbé váló környezetterhelési problémát jelent.

eltávolítása. A korszerű recycling üzemek a magasabb költségvonzat ellenére is már alapkiépítésükben második technológiát alkalmaznak.

További osztályozási szempont a törő konfiguráció. A betonadalék szabványokban előírt szemszerkezeti összetétel eléréséhez a bontási törmelék legalább két lépcsős törésére van szükség. Ennek különböző jellemző megvalósítási módozatait mutatja be az 1. táblázat.

Az európai országok gyakorlatában az A és B konfigurációk, de elsősorban a pofás elsődleges törő és kalapácsos másodlagos törő kombinációja (B) terjed-

Konfiguráció	Elsődleges törő	Másodlagos törő	Energia fogyasztás	Törő kopás	Szemcse szilárdság
A	pofás	kúpos	kedvező	kedvező	elfogadható
B	pofás	kalapácsos	elfogadható	elfogadható	kedvező
C	kalapácsos	kalapácsos	kedvezőtlen	kedvezőtlen	kedvező

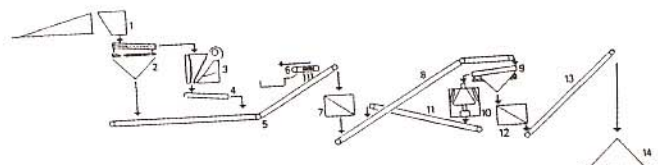
1. táblázat: Törő konfigurációk összehasonlítása

A korszerű városfejlesztés sikerét makrogazdasági szinten nagyban befolyásolja a keletkező bontott építési hulladékanyagok környezetkímélő és gazdaságos feldolgozása. A bontási hulladékanyagok (elsősorban a bontott beton és aszfalt törmelékek) mintegy 90%-ban újrahasznosíthatók, értékes másodlagos nyersanyagforrást biztosítva az építőipar számára. Törés, osztályozás és tisztítás után a keletkezett zúzalék felhasználható nagy szilárdságú töltőanyagként tereprendezésekhez, kiválthatja a durva adalék komponenseket útalap építésnél, valamint 20%-os arányban a természetes adalékanyagokhoz keverve teljes értékű szerkezeti beton készítésére alkalmas. A zúzalékból kiválasztott és elkülönített fa- és acélszennyezők ugyancsak visszakerülhetnek a megfelelő újrahasznosítási (recycling) körfolyamatokba.

A bontási hulladékfeldolgozó üzemek két csoportja a mobil és telepített üzemek. Míg kezdetben az egy-egy munkahelyre gyorsan áttelepíthető mobil üzemek voltak, a szigorodó környezetvédelmi előírások és az újrahasznosítás önálló gazdasági tényezővé válása miatt a telepített üzemek veszik át a vezető szerepet.

Technológiai szempontból döntő különbséget jelent a szennyezők elválasztásának száraz, illetve mosó osztályozása. Az újrahasznosított adalékok szerkezeti betonokba való felhasználhatóságának alapfeltétele a humusz, agyag, korom és egyéb szerves szennyezők

tek el. Ez utóbbi összeállítás kompromisszumos megoldásnak tekinthető a technológiai folyamat gazdaságossága és a végtermék minősége között. Az A konfiguráció egyszerűsített áttekintési vázlatát az 1. ábra, a hozzá tartozó folyamatábrát a 2. ábra szemlélteti.



1. ábra: Az A konfigurációjú recycling üzem egyszerűsített áttekintése

1. vibroadagoló, 2. előleválasztó rosta, 3. elsődleges törő, 4., 5., 8., 11., 13. szállítószalagok, 6. mágneses leválasztó szalag, 7. kézi válogatás, 9. rosta, 10. másodlagos törő 12. szennyezést leválasztó egység, 14. végtermék depónia

Az alkalmazott technológiai berendezések zöme megfelel a természetes nyers adalékanyagokat feldolgozó kavicsbánya-ipar által elterjedten használt törő-osztályozó gépeknek. A 2. táblázat alkalmazástechnikai szempontból ad tömör áttekintést a megfelelő törő típusokról.

kétsíkú, körgerjesztésű vibrációs rostákat alkalmaznak, melyeken a termék további mosása, illetve víztelenítése is megoldható.

Az újrahasznosítási technológia kulcsfontosságú kérdése a végtermékként keletkező újrahasznosított adalékanyag felhasználhatósága.

Az EU kutatási jelentések továbbiakban részletezett eredményei azt mutatják, hogy a megfelelően kezelt újrahasznosított adalékanyagok bizonyos kisebb megszorításokkal a friss adalékanyagokkal egyenértékűen alkalmazhatók szerkezeti betonokhoz. Útalapanyagként való felhasználás céljára ugyanakkor egyszerűsített technológiával, mosás nélkül is a természetes homokos kavicsal teljesen egyenértékű alapanyag nyerhető a recycling folyamatból.

Az újrahasznosított adalékok anyagjellemzőit nagymértékben befolyásolja az alacsony szilárdságú égetett agyag-, illetve habarcs tartalmuk. Tört betonból készített újrahasznosított adalékok (testsűrűség $> 2100 \text{ kg/m}^3$) gyakorlatilag bármilyen szilárdsági követelményű beton készítésére alkalmasak, míg a kis szilárdságú összetevőket tartalmazó újrahasznosított adalékból készült betonoknál a kis szilárdságú összetevők arányától függően akár 20%-os szilárdságcsökkenés is tapasztalható az azonos összetételű, de természetes adalékkal készült betonokéhoz képest. Holland ajánlások szerint a hagyományos betonadalékokat 20%-ot meg nem haladó mértékben újrahasznosított adalékkal helyettesítve az így készített beton tulajdonságai nem mutatnak lényegi eltéréseket a hagyományos adalékkal készített betonokéhoz képest.

Az újrahasznosított adalékok többé-kevésbé porózusak. Amennyiben nem telítik őket vízzel keverés előtt, illetve a keverésnél beállított szabad víz mennyiségében nem veszik figyelembe telítettségük és vízfelvételük mértékét, keverés után abszorbeálnak vizet, mely felboríthatja a beállított v/c (víz–cement tényező) értékét. Az optimális v/c tényező meghatározása meglehetősen nehéz az előbbieket miatt. Szakirodalmi ajánlások szerint a legnagyobb nyomószilárdság eléréséhez irányértékként elfogadható a $v/c = 0,4$ érték. Nagymértékben csökkenthető a porozitás, ha az újrahasznosított homok frakciót természetes homokkal helyettesítik. Így módon a 14 napos nyomószilárdság elérheti az azonos összetételű természetes adalékból készült betonét.

Az újrahasznosított adalékot és finom frakcióként természetes homokot tartalmazó betonok rugalmassági modulusza mintegy 15–20%-kal alacsonyabb a természetes adalékkal készült betonokénál.

Az újrahasznosított adalékú betonok zsugorodása és kúszása nagyobb a hagyományos betonokénál. Az újrahasznosított durva adalék frakciókkal és természetes homokkal készített betonok kúszása 25–50%-kal haladja meg a hagyományos betonokét, amely az újrahasznosított adalékú betonok magasabb habarcs tartalmával magyarázható. A fenti különbség azonban állandó marad bármely v/c , illetve terhelés értékre nézve, tehát eleve figyelembe véve a magasabb értéket nem jelent veszélyt az elkészült szerkezetekre.

Ugyancsak az előbb részletezett okokból következik, hogy az újrahasznosított durva adalékot és természe-

tes homokot tartalmazó betonok zsugorodása mintegy 25–75%-kal magasabb értéket mutat a hagyományos adalékkal készültékénél.

A kifáradási és fagyállósági jellemzői is némileg kedvezőtlenebbek az újrahasznosított adalékot tartalmazó betonoknak. Az így készült próbatestek kifáradási viselkedése megegyezik a hagyományos adalékkal készítettével, viszont alacsonyabb hajlító szilárdság értékekkel jellemezhetők. Az újrahasznosított betonok fagyállósági jellemzői nagymértékben függenek az összetételüktől, esetenként a természetes betonokénál kedvezőbb értékeket is mutatnak.

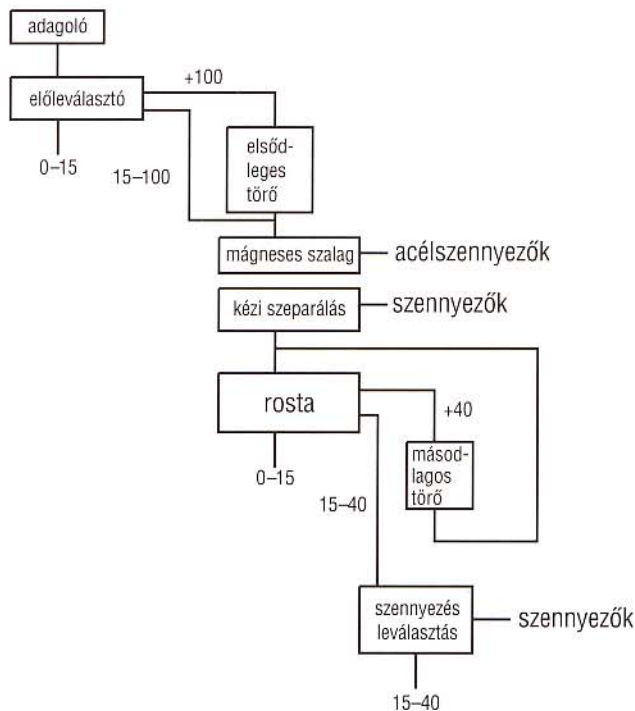
A finom frakciók elhagyásával az újrahasznosított adalékok minden korlátozás nélkül használhatók vasbeton termékek készítésére.

Az előzőek alapján levonható, hogy az újrahasznosított finom frakciót (0–4 mm) ellenőrizhetetlen abszorpciója és kiemelkedően magas vízigénye miatt nem célszerű beton készítéshez felhasználni. A finom frakció természetes homokkal való helyettesítése csaknem minden anyagjellemzőt kedvezően befolyásol. A gyakorlatban az elkülönített finom frakciót mint technológiai hulladékot kezelik, és hulladéklerakó-helyen helyezik el.

Összegezve megállapítható, hogy az újrahasznosított durva adalék frakciók jól hasznosíthatók beton alapanyagként, az esetek többségében tulajdonságaik összemérhetőek a természetes adalékanyagokéval. Mindazonáltal szükség van a megfelelő alkalmazási irányelvek és határértékek szabványosítás útján történő előírására.

Jellemző	Pofás törő	Kúpos törő	Kalapácsos törő
Fajlagos beruházási költség	magas	közepes	alacsony
Fajlagos üzemi költség	alacsony	közepes	magas
Kopás	alacsony	alacsony	magas
Töretminőség	alacsony	közepes	magas
Finomfrakció-tartalom	alacsony	közepes	magas
Energiafogyasztás	alacsony	közepes	magas

2. táblázat: Törő típusok alkalmazástechnikai áttekintése



2. ábra: Az A konfiguráció egyszerűsített folyamata

A szennyezők (acél, fa, papír, műanyag, humusz stb.) eltávolítására általánosan alkalmazott technológiai megoldások a következők:

- rostálás – fa, műanyag, papír szennyezők
- kézi válogatás – acél, fa szennyezők
- mágneses leválasztás – acél szennyezők
- szelelés – papír, fa szennyezők
- mosás – humusz, szerves szennyezők eltávolítására

Rostálás

Szilárd szennyezők, elsősorban nagyobb faszilánkok eltávolítására bevált módszer a rostán történő leválasztás. Az elsődleges és másodlagos törő közé telepített, négyzetes résnyílású rosta a pofás törő által hosszukás szilánkokra tört, az anyaghalmazban hosszantilag sodródó fa szennyezőket közel 70%-os hatékonysággal választja le.

Kézi szeparálás

Bizonyos szennyezők, mint a nem mágnesezhető fémek, a betonacél egy része stb. nem választhatók ki hatékonyan egyéb módon, mint kézi válogatással. A gon-

dos válogatás további előnye, hogy az újrahasznosított adalékanyag minőségének javításán túl elősegíti az üzemzavarok lehetőségének csökkentését is.

Mágneses leválasztás

A mágnesezhető fémek (elsősorban a betonacél) eltávolítására bevált megoldás a törő és a rosta közötti szállítószalag fölött elhelyezett mágneses leválasztó szalag. Mivel apró betonacél darabok maradhatnak a durva töretben, alkalmazása mindkét törési fázis után szükséges.

Szelelés

Kis tömegterefogatú szennyezők eltávolítására alkalmas módszer a szelelés, mely esetben a szállítószalag végéről lehulló anyagon levegőt fújnak keresztül. Különböző légsebességek beállításával különböző tömegterefogat szerinti frakciókra is bonthatók a leválasztott anyagok. Megfelelő burkolással és elszívással a porképződés minimalizálható.

Mosás

Két alapelv terjedt el az európai gyakorlatban, a „bermerítés”, és az „aquamator”. Az első esetben a szennyezett töretet egy mosókádba vezetik, ahol a fa és egyéb könnyű szennyezők, valamint az iszap felúsznak a víz felszínére, míg az adalékszempcsék lesüllyednek. A felszínen úszó szennyezést eltávolítják, a mosott adalékot pedig kaparószalag vagy kihordócsiga segítségével nyerik ki.

Az „aquamator” egy speciális, oldalfalakkal ellátott szállítószalag, melynek felső ágára fúvókák segítségével vizet vezetnek. A szalag haladási iránya ellentétes a vízáraméval. Amikor a szennyezett anyagot feladják a szalagra, az adalékszempcsék alámerülnek, és a szalag kihordja azokat. A könnyű szennyezők és az iszap ugyanakkor felúsznak a víz felszínére, és a vízárammal távoznak az ellenkező oldalon.

A mosásos eljárás előnye, hogy így megfelelően tiszta adalékanyag állítható elő, hátránya ugyanakkor, hogy a felhasznált vizet és a keletkező iszapot kezelni kell. Magas költségvonzata miatt rendszerint csak a durva (15–40 mm) frakciót mossák.

További osztályozó-, esetleg törőgépek beállításával és az anyagfolyam megfelelő terelésével a felhasználók igényei szerinti, különböző szemszerkezeti összetételű és minőségű végtermék frakciók széles választéka állítható elő. Az osztályozási feladatokra rendszerint