ANYAGTECHNOLÓGIA

Köszorkezetek megerősítése, felújítása*

Martinné Dörömbözi Piroska

GEO '96 Kft.

info@geo96.hu

Reinforcing and rehabilitation of stone structures

At some time throughout their life most stone structures will develop cracks.

Every cracked structure, every building has own weak points. The main point is to find the cause of the static problems then plan the solution.

The BRUTTSAVER Helical Anchorage System is offering you an optimum solution. Saver is an austenitic stainless steel, Grade 1.4301 or 1.4401 - DIN EN 10088 Part 3 (1995). AISI - 304 or 316, reinforcing material that has many unique properties.

Being rolled from a plain round wire, the fins are work-hardened to a very high level whilst the core remains relatively soft. The subsequent twisting process puts the fins into tension and the core into compression. The tensile strength of the base material is more than doubled during the manufacturing process. The pronounced fins over the core make the bonding characteristics of the Saver

Profile far superior to alternative standard reinforcing materials. The author gives the description of some references:

Rehabilitation of a vaulted stone cellar in Etyek.

Complex rehabilitation of a church with stone (volcanic tuff) masonry and brick vaults in Sarvar with beaming, crack stitching... etc.

Reinforcing of stone cantilevers, slabs, lintels, stairs.

Keywords: stone structure, reinforcing, masonry, vault, beam, slab, lintel, cantilever, stair, rehabilitation, anchorage, structural crack, water repellent, fixing.

Kulcsszavak: köszorkezet, megerősítés, falazat, boltozat, gerenda, lemez, áthidaló, konzol, lépcső, rehabilitáció, lehorgonyzás, szerkezeti repedés, vízlepergető, rögzítés

A köszorkezetű épületek, épületelemek szépek, értékesek, és legtöbbször megőrzésre érdemesek. A kő, mint tömeges építőanyag felhasználása egyre ritkább, értéke, szépsége miatt inkább díszítésre használják.

Ha a szerkezet elhasználódik, a szerkezeti kapcsolatok meggyengülnek, vagy a körülmények változása, esetleg funkcióváltás nagyobb teherbírási igényt támaszt a szerkezettel kapcsolatban, akkor statikai megerősítésre van szükség. Régi és új épületeinken is fontos tehát a látszó köszorkezet, kőanyag minél kisebb beavatkozással járó megerősítése, ha az már statikailag indokolt.

A hagyományos módszer a szerkezeti repedések esetében eddig az volt, hogy a repedéseket merev acél vagy vasbeton gerendával, esetleg laposvas kengyelezéssel, tüskevasakkal fogatták össze. Ezek a merev rudak a környezet által gerjesztett mozgásokra nem reagálnak. Egy idő múlva kilökődnek a szerkezetből, önálló életet élnek, önálló erőjátékkal rendelkeznek, a beépítésük helyén újabb repedések keletkeznek. A Brutt Saver rendszerrel a szerkezet rugalmasságát megtartva állíthatjuk helyre az épület károsodott szerkezeti kapcsolatait.

Természetesen egységes, mindenre jó recept nincsen, mindig az adott épület károsodását kiváltó okot kell megszüntetni, majd funkcióját, körülményeit legjobban szolgáló megerősítési módszert kell kiválasztani, hozzáigazítani. Sokszor ez többféle technológia kombinációját jelenti, pl. az alpmegerősítést a falszerkezet megerősítésével, vagy akár „Dywidag” rudak és Brutt Saver spirálok beépítését egyaránt.

1. A Brutt Saver rendszer

Fő eleme: a szakember, kinek eszköz, rendszer és technológia a korrózióálló acélspirálos megerősítés.

Alapanyaga 304-es, vagy igény szerint 316-os ausztenites rozsdamentes kör-keresztmetszetű acélhuzal. A gyártási folyamat első lépése a kör-keresztmetszetű huzal hengerlése, majd a második lépés a hengerelt profil csavarása.

A hidegalakítással történő gyártás során a mag rugalmas marad, a szárnyak pedig kikeményednek, élessé válnak. A huzal kezdeti húzószilárdsága a hidegalakítás során jelentősen növekszik. A rugalmas tengely és a csavarszerűen

* Részletek a 2007. évi Díszítő Konferencián elhangzott előadásból

rögzítő szárnyak az építőanyag – acélspirál (+ ragasztó) együttesnek különlegesen jó kapcsolatot biztosítanak.

1. ábra. Brutt Saver spirál
Fig. 1. Brutt Saver spiral

Beépítési módok és néhány alkalmazás

(bővebben ld.: www.geo96.hu)

- Furatba szárazon beültetett spirállal való rögzítés
 - Homlokzati kőlapok utólagos rögzítése
 - „Csapolás”
- Furatba ragasztott spirálos megerősítések
 - Kőburkolatú terméskő falazatok javítása (rejtett rögzítési mód fugákon keresztül)
 - Kőelemes sarokkiképzésű terméskő falazat javítása
 - Sarokközeli repedés javítása terméskőfalazatban furatba ragasztott spirállal
 - Terméskő falak összekapcsolása
 - Kváderkő burkolatú terméskő fal rögzítése

2. ábra. Kváderkő burkolatú terméskő fal rögzítése
Fig. 2. Fixation of ashlar lined natural-stone wall

- Horonyba ragasztott spirálos megerősítések
 - Sarok közeli repedések javítása terméskő falazatoknál
 - Gerenda készítése látszó kőfalban fugába vágott és rögzített spirálokkal
 - Terméskőszegély rögzítése terméskő falhoz

3. ábra. Sarok közeli repedések javítása terméskő falazatoknál
Fig. 3. Repair of near-corner cracks of natural-stone walls

Néhány munka ismertetése:

2. Etyek: boltozatos pince – prэшáz megerősítése, felújítása

Az etyeki körzet legidősebb és egyben legfontosabb képződménye a középső miocén szarmata emeletbe tartozó, laza, porózus mészkő (néha márga és kavics is), amely a községtől keletre, nyugatra és délre foltokban búvik ki a felszínre. Ebbe a kitűnően megmunkálható kőzetbe mélyítették a korábbi évszázadokban a híres etyeki pincesorot.

A II. világháború előtt mintegy 1000 borospince volt itt. Ma kb. 500 működik. Két helyen is védett pincesorot alkotnak, ezeket az 1800-as évek közepén alakították ki. Érdekes a Körpincesor, egy mélyedés szélén körben épített pincéivel és kocsibehajtóval, valamint a szintén öreg pincéből álló, L-alakú Kecske-gödör. Mindkettő lényegében a település belterületén található. A védett pincesorokon az 1800-as évek közepén kialakított pincéket találunk. Ezek általában boltozatlan, agyagba vájt vagy kőboltozatos pincék, előttük kőboltozatos prэшázak állnak.

A bemutatott pince megerősítését és felújítását a GEO+BAU Kft. végezte (4. és 5. ábrák).

4. és 5. ábra: Felújítás előtt és után
Fig. 4. and 5. Before and after renovation

Elvégzett főbb szerkezeti és kőkozmetikai munkák:

- Kihajlott homlokzati kőfal stabilizálása, az újonnan a felső felületen elkészített vasbeton gerendákhoz való hátrahorgonyozása
- Saver spirál koszorú beépítése
- Törött ajtó kökeret „varrása”, megerősítése
- Új fedkő beépítése
- Régi laza, töredezett fuga kikaparása, újrafugázás
- Felület mállott részeinek letisztítása
- Hidrofobizálás WATERSEAL-lel

3. Tufa falazatú templom szerkezet megerősítése (Sárvár)

A megerősítést tervezte és kivitelezte és dokumentálta:
PANNON ARCHIKON Kft,
Bukits Zoltán szerkezettervező, vezető tervező

A sárvári evangélikus templom a klasszicista templom-építészet jeles emléke. Geschrey Sámuel építette. Az építés ideje 1834-re tehető. Az épület egyhajós, hagyományos szerkezeti móddal épített. Utcafronti homlokzatán négy toszkán féloszlop díszlik, mely a főoromzati timpanont tartja. A timpanon mögött helyezkedik el a torony, mely egyrészt az utcafronti falazatra, másrészt a bejáratú szűk traktus falazott boltozatára terhel. A templom oltártere félköríves zárású.

A templom utolsó belső tatarozása, festése 1956-ban készült. Azóta komolyabb felújítás nem történt, így a keletkezett repedések, falazatmozgások, boltozati rogyások érintetlenül mutatkoztak meg.

A szerkezeti felülvizsgálatot három részre tagoltuk. Az altalaj, a talajvizek és a felszíni vizek meghatározására talajmechanikai szakvélemény készült. A felszerkezeti anyagok (tufa) törési, tönkremeneteli vizsgálatnak lettek alávetve. Az épületmozgások meghatározására pedig üvegpecsétetes mozgásdinamikai vizsgálat készült, mely vizsgálat a kivitelezés fáizásáig, majd a kivitelezés utáni konszolidáció beállásáig tartott.

Alapozás, altalajvizsgálatok

Az altalaj vizsgálat szükségessége akkor merült fel, mikor rendelkezésünkre bocsátották a terület átfogó talajmechanikai értékelését. A vizsgálat a vár és környékén gyenge talajokat mutatott magas talajvízzel. A közelség és a vártornyon észlelt károk miatt ez esetben is hasonló talajra lehetett következtetni. Két fúrás készült a templom áttellenes oldalán.

Az 1. sz. fúrásban a felszín alatt 1,6 m-es feltöltés után iszap-soványgyag, iszapos homokliszt rétegződött telített állapotban. E rétegek után közepes agyag került elő, amiben 3,7 m-en elértük a talajvíz szintjét. Az agyagréteg alatt sárga, szürke eres iszapos homokliszt helyezkedett el. A nyugalmi talajvízszint 3,2 m, ami azt jelenti, hogy a közepes agyagréteg, mint vízzáró réteg alatt a talajvíz nyomás alatt volt.

A 2. sz. fúrásban a feltöltés csak 0,5 m vastagságú. A talajrétegződés itt is az 1. fúráshoz hasonló, azzal a különbséggel, hogy a felső iszapos, homoklisztes rétegek kevésbé átázottak (6. ábra).

Az épület körül szivárgó rendszer készült, melynek tervét az építész tervező a rendelkezésünkre bocsátotta. A szivárgó az udvaron lévő, közvetlenül az épület mellé ásott kútba lett bekötve. Szintje az alapozási síkkal megegyező. Az alapfeltárásokból megállapítottuk, hogy az épület az iszap-soványgyag rétegekre alapozott, arra a rétegre mely erősen átázott. E talaj határfeszültsége 180–230 kN/m². Ez azt jelenti, hogy az alapterhek a talaj nem viseli.

mintavétellel vizsgálat alá vettük a kőzetet. A kőzet vulkáni eredetű bazalttuffit, horzsakő és vulkáni üledékes törmelékdarabokkal. Az üledékes kiválás során a kőzetretegek közé az eredeti altalaj üledéke ékelődött be. Emellett bazalttrapilli törmelék is nagy százalékban jelen van. Ez a felszíni mállás során kipereg a kőzetanyagból. A látszólag négy különböző kőanyag a keletkezési körülményektől függően (vízbe vagy szárazföldre hullt-e) más és más szemszerkezetet, porozitást, szilárdságot mutatott. Jelen esetben a mikro- és makroporozusos anyag is megtalálható volt. A vizsgált minták hézagterfogata változó, de általában nagy, vízfelvevő képessége nagy, ezáltal érzékeny volt a fagyra. Vízfelvételi készsége 4–9%. Tönkremenetele is változó. Tapasztaltunk pikkelyes leválást és szemcsés morzsolódást is. A kőzet nyomószilárdsága nagyon nagy szórást mutatott, így a falazat átlagszilárdságával értelmetlen lett volna dolgozni. Az értéke 7,1–8,5 kN/cm² között szórt. Nyírószilárdsága zérusnak tekinthető.

A falazati habarcs mészhabarcs közel H10 minőséggel. A habarcs a felületen kipergett, kifagyott.

Az épület falazatmozgás szempontjából két fő egységre volt bontható. A torony felőli elülső traktuson falazatrepedések nem keletkeztek. Ez a relatív nagy tömegnek köszönhető. A hátsó traktuson a repedések főleg a nyílásokkal gyengített keresztmetszetekben jöttek létre. A terhelt és nem terhelt falszakaszok közti mozgáskülönbséget főleg a nyílások felett figyelhettünk meg.

A falazatban több helyen képlékeny csuklók alakultak ki. Ezek a repedések egyértelműen alapmozgásra utaltak. A belső falazati repedéseképek további információval szolgáltak. A boltív és boltozati repedések egyrészt alap, másrészt tetőmozgásra vezethetők vissza. Súlyosabb repedések alakultak ki a délnyugati és délkeleti homlokzati, oltár traktusában lévő íves nyílászárók boltozatán. A délnyugati mozgásnál boltívrogyás is bekövetkezett.

Az épület további mozgásának vizsgálatára üvegpecsétes mozgásvizsgálatot végeztünk. A jellemző mozgáspontokon mértük az elmozdulás nagyságát és irányát, amiből a megerősítés módjára következtethettünk.

Záróboltozatok

A zárófödém 15 cm vastag téglaboltozatú, a letámaszkodásnál a vastagságot közel 30 cm-re növelték fel. Elöl donga, középtraktusban csehsüveg boltozat található. A leginkább repedezett állapot a középső csehsüveg boltozaton található. A repedések főleg a támaszként működő boltívekről indulnak. A mozgások megállítására korábban a boltozat vastagsági váltásánál vasbeton gyűrűt építettek. A gyűrű szerkezetébe vonóvasakkal a tetőszerkezet közép főállását is bekötötték. E szerkezeti megerősítéssel a csehsüveg boltozatot merev támasszal két részre osztották. Ennek eredményeként a felső héjszerkezet és az alsó vastagabb héjszelet eltérő mozgásra kényszerült. A vasbeton gyűrű hőmozgása, erővel szembeni viselkedése a filigrán téglaszerkezettől jelentősen eltért. A fedélszék mozgása során nem kívánt többleterőket adott át az amúgy is károsodott boltozatra. Az erők a boltozat kiemelését, gyűrű irányú nyírását idézik elő. A hibás bekötést a helyreállítás során meg kellett szüntetni. A vasbeton koszorút a boltozattal együtt történő mozgásra már nem lehetett kényszeríteni. A szerkezet bennmaradásának hatását hőszigeteléssel valamelyest csökkentettük.

A szerkezet-megerősítés kivitelezési fázisai

A szerkezet-megerősítés kivitelezési fázisai

Az épület szerkezet-megerősítésének alap koncepciója az volt, hogy alap-megerősítés nélkül, a felszerkezetek rendbetétele mellett biztosítsuk az állékonyságot. Alap-megerősítés helyett lábazati rugalmas talpgerenda készült, mely az egyenlőtlen alapmozgásokat felveszi. A templom falazatai továbbra is úsznak az altalajon, azonban káros repedések kialakulása nem következhet be.

Utólagos koszorúképzések

A koszorúk kialakítását és helyzetét a tetőszerkezet geometriája, szerkezete, valamint a boltozatok, boltvállak támaszpontjai határozták meg. Mivel a falazatok terhei kifelé mutató eredőket képeznek, így a koszorúvasalás a külső oldalra került. A megtisztított felületet WACKER STEINFESTIGER OH kemikáliával keményítettük ki. Az előkészített felületen kezdődhet el a horonymarás. A félkörív utólagos koszorúja egyben repedésöltés is volt (7. ábra).

7 ábra. Utólagos koszorúképzések
Fig. 7. Posterior installation of girds

E koszorú a főhomlokzat felé síkot váltott és a meglévő vonóvasakat fogta közre. A vasalás a főhomlokzati falazatba nem fordul be, hanem BRUTT SAVER elemekkel horgonyzódott le. A koszorúk kettőzött BRUTT SAVER Ø6 korrózióálló acél spirállal készültek.

Repedésöltések, boltív megerősítések

A boltív megerősítések egyik helye a főhajó és szentély közötti boltozatokat tartó boltív volt. Ezt a szerkezeti elemet alulról erősítettük meg. A beépített spirálokat a vonóvas síkjában a falazat felé befördítettük, ezzel, valamint az utólagos koszorúkkal a szentély szerkezeti elemeit egységbe fogtuk.

A szentély oldalablakai feletti boltíveket hasonló módon erősítettük meg. Itt a befördítással együtt repedésöltések is készültek. A repedésöltés helyét a helyszínen, vakolatleves után kellett megállapítani. Az oldalbejárati ajtó felett korrózióálló acél spirálból utólagos kiváltás készült. Itt a kétoldali spiráelhelyezés mellett BRUTT SAVER falazati összekötés is készült. A tervezett repedésöltések a főhajó kiboruló oldalfalainak rögzítésére szolgáltak. Itt az alkalmazott elemek BRUTT SAVER Ø8 voltak (8. ábra).

8. ábra. Repedésöltések
Fig. 8. "Stitching" of cracks

4. Lemez- és konzolszerkezetek megerősítése

Kőkonzolos, kölemezes függőfolyosók és erkélyek

Konzolos épületszerkezetek, ahol a konzolok közötti járólap, mint hajlított szerkezet egy darab kőből van kifűrészelve. Jellemző hibáik egyrészt a kőkonzoloknál, másrészt a kölemezeknél jelentkeznek. A kőkonzolok a befogásnál kilazulnak, ezeket visszahorgonyzással kell helyreállítani.

A kölemez leggyakoribb károsodása a repedés és a kopás. Most csak a repedések helyreállításával foglalkozom. A

keresztben átmenő (kőkonzollal párhuzamos) repedés a legveszélyesebb, ezek helyreállítása feltétlenül szükséges.

A korrózióálló Saver acélspirálokat a mindenkor elem húzott oldalára, a húzó-hajlító feszültségekkel párhuzamosan vágott horonyba ragasztjuk be. A spirál átveszi a húzott igénybevételt a sérült elemtől.

Méretezéskor meg kell határozni a szükséges keresztmetszetet, a húzóerőt, a lehorgonyzást. A lehorgonyzási hossz általában a gyakorlatban 500 mm, de célszerű a spirál végét minél közelebb vinni a megtámasztáshoz.

A járólemezek hossza, illetve a konzolok osztástávolsága általában 2–3 m, így a szükséges lehorgonyzás az elem közepén jelentkező tipikusnak mondható repedésnél könnyen biztosítható. Ha a repedés a konzolhoz közel jelentkezik, a spirált a hornyon ferde furatban felfelé túlvetve és beragasztva biztosítjuk a megfelelő lehorgonyzási hosszt. Szakkivitelezőink a repedések helyreállításával konzolok visszahorgonyzásával egyidejűleg gondot fordítanak a korlátbekötések helyreállítására, a hiányzó lábazat és vízorr pótlására. (9. ábra).

9. ábra. Függőfolyosó megerősítése horonyba ragasztott Saver spirálokkal

Fig. 9. Strengthening of suspended passageways using Saver spirals glued into grooves

5. Egyéb szerkezetek és díszítő elemek rögzítése

Sérült kőpárkányok helyreállítása és visszahorgonyzása is elvégezhető.

6. Összefoglalás

E néhány kiragadott példával az épületszerkezeti károk helyreállításának összetettségét és a Saver korrózióálló acélspirálok sokoldalú felhasználhatóságát szeretném bemutatni. Bővebb műszaki információt, több referenciát, tervezési segédletet a www.geo96.hu oldalon mutatunk be az érdeklődő kollégáinknak. Az elmúlt tíz évben elvégzett munkák során sok új, jól bevált megoldás is született, melyek az azokat kidolgozó mérnökök és szakkivitelezők tudását, kreativitását bizonyítják.