



TÁMOP JEGYZET PÁLYÁZAT

Képzés- és tartalomfejlesztés, képzők képzése, különös tekintettel a matematikai, természettudományi, műszaki és informatikai képzésekre és azok fejlesztésére
(Projektazonosító: TÁMOP-4.1.2.A/1-11/1-2010-0075)

ERKÉLYEK, FÜGGŐFOLYOSÓK ÉS FELÚJÍTÁSUK

A BME Építészmérnöki Kar hallgatói számára, elsősorban az EPSZ7 és EPSZ8 tantárgy anyagához

készítette: BME Építészmérnöki Kar
Épületszerkezet-tani Tanszék
tanszékvezető: Dr. Becker Gábor egyetemi tanár

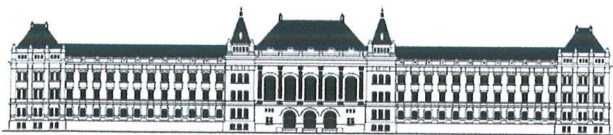
témafelelős: Dr. Kakasy László egyetemi adjunktus
kidolgozó: Dr. Kakasy László egyetemi adjunktus
Horváth Sándor egyetemi adjunktus
Laczkovics János tudományos segédmunkatárs
Bakonyi Dániel doktorandusz

szakirodalom tanulmányozása:
Dr. Juharyné Koronkay Andrea egyetemi docens
Laczkovics János tudományos segédmunkatárs

belső lektor: Kapovits Géza tudományos segédmunkatárs

külső lektor: Dr. Széll Attila Béla és Gradwohl János PTE PMMIK

Budapest, 2012. június.



TARTALOMJEGYZÉK

1. BEVEZETÉS
2. IGÉNYBEVÉTELEK ÉS HATÁSOK, KÖVETELMÉNYEK ÉS ELVÁRÁSOK
3. SZERKEZETTÍPUSOK MEGLÉVŐ ÉPÜLETEKBEN
 - 3.1. Faszerkezetű erkélyek és függőfolyosók
 - 3.2. Kőszerkezetű erkélyek és függőfolyosók
 - 3.2.1. Tisztán kőszerkezetű erkélyek (kőgyámokra ültetett kőlemezek)
 - 3.2.2. Kőgyámokra ültetett boltozatok
 - 3.3. Öntöttvas és acél konzolokra szerkesztett erkélyek és függőfolyosók
 - 3.3.1. Építéssel egyidejűleg és utólag szerelhető konzolok
 - 3.3.2. Öntöttvas és acél konzolokkal gyámolított lemezek
 - 3.4. Konzolos acélgerendákra szerkesztett erkélyek és függőfolyosók
 - 3.5. Monolit vasbeton szerkezetű erkélyek és függőfolyosók
 - 3.6. Előregyártott vasbeton szerkezetű erkélyek és függőfolyosók
 - 3.7. Oszlopokkal alámasztott szerkezetek (loggiák, körfolyosók)
4. JELLEMZŐ KÁROSODÁSOK, DIAGNOSZTIKA, KARBANTARTÁS
 - 4.1. Tartószerkezeti meghibásodások
 - 4.2. Burkolati meghibásodások
 - 4.3. A vízszigetelések hibájára, hiányosságaira visszavezethető meghibásodások
5. A FELÚJÍTÁS, HELYREÁLLÍTÁS MŰSZAKI MEGOLDÁSAI
 - 5.1. Meglévő szerkezetek megerősítése
 - 5.1.1. Kőgyámok megerősítése acél feszítőrudakkal
 - 5.1.2. Acélkonzolok, konzolos acélgerendák erősítése
 - 5.1.3. Kővarrás
 - 5.1.4. Kompozit (szénszálas) megerősítések
 - 5.1.5. Kő- és betonszerkezetek anyagának speciális javítási és kiegészítési módszerei
 - 5.2. Utólagos alátámasztások
 - 5.2.1. Többlet-konzolok beépítése
 - 5.2.2. Teljes felületű alátámasztás konzolos szerkezetekkel
 - A. Acélgerendák közötti monolit lemezek készítése lőttbetonos technológiával
 - B. Acélgerendákra szerkesztett trapézlemez alátámasztások
 - 5.2.3. Oszlopokkal való gyámolítás
 - 5.3. Részleges vagy teljes szerkezetcsere
 - 5.4. Egyedi és összetett tartószerkezeti megoldások
 - 5.5. Az utólagos szigetelés lehetőségei
6. ÚJ SZERKEZETEK TERVEZÉSE ÉS ÉPÍTÉSE
 - 6.1. Szerkezeti megoldások
 - 6.2. A burkolat és aljzata



6.2.1. Kerámia lapburkolatok

6.2.2. Kőburkolatok

6.2.3. Műkő burkolatok

6.2.4. Fa burkolatok

6.3. A vízvezetés változatai

6.4. A szabad perem

6.5. A tömör mellvéd

6.6. A korlát beépítése

6.7. A lábazat kialakítása

6.8. Csatlakozás a küszöbökhöz

6.9. Tágulási hézagok

7. IRODALOMJEGYZÉK



1. BEVEZETÉS

A magyarországi épületállomány jelentős részét teszik ki a 20. század előtt vagy annak legfeljebb első harmadában készült épületek, melyeket jellemzően erkélyek díszítettek, vagy keretes beépítés esetén a belső lakások megközelítésére szolgáltak függőfolyosók. A mai építészeti formaképzés is szeretettel alkalmazza az erkélyeket, akár „körerkély”, akár függőfolyosó formájában is.

Új építésű épület esetén vagy meglévő épület felújításánál (származzon az bármely korból) elsődleges szempont, hogy hosszú távon jól működő szerkezeteket hozzunk létre, melyek megfelelnek a mai kor összetett követelményeinek kielégítésére. Ehhez nyújtana segítséget ez a hiánypótló jegyzet.

Jegyzetünkben kizárólag olyan külső közlekedők (folyosó) és tartózkodók (erkély, loggia) vízszintes szerkezeteivel (födém) foglalkozunk, amelyek alatt is külső tér helyezkedik el. A teraszok - melyek alatt fűtött, vagy fűtetlen belső terek helyezkednek el – nem képezik vizsgáldásunk tárgyát.

2. IGÉNYBEVÉTELEK ÉS HATÁSOK, KÖVETELMÉNYEK ÉS ELVÁRÁSOK

Meglévő épületszerkezetek megítélése, újak tervezése a tudatos szerkezettervezés módszerével végezhető legmegbízhatóbban. Ennek lényege, hogy a műszaki megfelelőségről a várható igénybevételek és hatások alapján megfogalmazott követelmények és elvárások teljesítése szerint alkossunk véleményt. Tudnunk kell, hogy a korábbi korokban épített szerkezeteket sokszor a tapasztalati megfelelőség alapján készítették. Napjainkban a műszaki elvárások azonban összetettebbek, az anyagválaszték is lényegesen bőségebb. Az összes igényt kielégítő szerkezet tervezése ezért csak tudatos folyamat végeredménye lehet.

Az alábbiakban táblázatos formában bemutatjuk az erkélyek és függőfolyosók szerkezeteire ható igénybevételeket és hatásokat, valamint a követelményeket és elvárásokat. A szabványokra és műszaki előírásokra való hivatkozásokat szándékkal kerültük, ugyanis ezek idővel változnak. Oktatási szempontból fontosabbnak tartjuk a szemlélet és a gondolkodásmód átadását, melyek elsajátításával, és begyakorlásával a hallgatók idővel önálló alkotó, tervező, szakértő munkára válnak alkalmassá.

A táblázat egy konkrét feladat kapcsán bővíthető, vagy szűkíthető. A számszerű igénybevételek és követelmények a mindenkor műszaki ismeretek színvonalának, az aktuális előírásoknak legyenek megfelelőek.

Igénybevételek és hatások	Intenzitás	Követelmények és elvárások
Önsúly és használatból származó terhek	A terhelés mértékét és jellegét a mindenkor tartószerkezeti méretezési szabványok írják elő	A szerkezet legyen állékony a szabványos terhelésre; az alakváltozások legyenek a szabványban megengedett mértéken belül. (7)
Tűzhatás		A szerkezet éghetőségi besorolása és tűzállósági határértéke a mindenkor tűzvédelmi előírásoknak feleljen meg.



Csapadék, különböző halmazállapotban	Mennyisége, intenzitása függ a folyosó kitétségétől, illetve védettségétől	A víz lefolyását lehetővé kell tenni: szabad perem esetén vízorr; tömör mellvéd esetén vízköpő, vagy belső vízelvezetés A vízelvezető csatorna előnyös, de nálunk csak ritkán használt szerkezet folyosók peremén.
		A burkolatnak lejtteni kell a lefolyás irányába (1,5-2 % a felület csúszásmentessége függvényében)
		A burkolatnak fagyállónak kell lenni
		A burkolat csúszásmentes felületű legyen. Legalább: R11 V, vagy R10 V4
		A rétegfelépítés megkívánta mértékű szigetelés a nedvesség ellen (5)
		A szerkezet tartósságát korrózióvédelemmel, és/vagy vízszigeteléssel biztosítani kell.
Hőmérsékletváltozás napi és éves ciklusokban	Értéke függ a felület kitétségétől, illetve árnyékoltságától, továbbá a burkolat színétől, sugárzáselnyelő képességétől	A burkolat hőtágulását lehetővé kell tenni, figyelembe véve a födémnél gyorsabban bekövetkező hőmérsékletváltozására is. (6)
		A tartószerkezet hőtágulását lehetővé kell tenni a mindenkor tartószerkezeti szabványok szerint.
A szerkezet, mint hőhid hozzájárul a belső tér hőveszteségéhez; illetőleg a belső felület lehűléséhez (1)	Értéke függ a folyosó anyagától és szerkezeti kialakításától, továbbá a külső falszerkezet rétegfelépítésétől. (2)	A hőveszteségek mértékét a mindenkor előírásoknak megfelelően csökkenteni kell. (3)
		A hőhid legalacsonyabb belső felületi hőmérsékletét meg kell határozni, és állagvédelmi ellenőrzés után kell dönteni az esetleges beavatkozás szükségességéről.(4)
Gyalogos forgalom	Intenzitása a folyosó forgalmától függ	A burkolat legyen kopásálló PEI IV vagy PEI V
	Leejtett tárgyak	A burkolat legyen kemény, és ütésálló
A rendeltetésszerű használat (járási fajtái) hatására a szerkezetben rezgés alakul ki	A rendeltetésszerű használat névleges érték	A szerkezet által a szomszédos (mellette, alatta), zaj ellen védendő helyiségekbe átadott lépéshang ne haladja meg a megengedett mértéket, azaz a burkolat, a csatlakozó szerkezetek elegendő lépéshangszigeteléssel rendelkezzenek (8)

1. táblázat Igénybevételek-hatások-követelmények rendszere

Megjegyzések a táblázathoz:

- (1) A folyosó szerkezeti anyaga és kialakítása jelentősen eltérő mértékű hőhidasságot okoz. A függőfolyosókat gyámolító acélgerendák általában nem a födémgerendák konzoljai, hanem többnyire a falba befogott



konzolok, ezért nem okoznak olyan nagy hőveszteséget, mint elsőre gondolnánk. Ezzel szemben a hőszigetelés nélkül túlnyújtott konzolos vasbetonlemez számottevő hőhidat okoz.

- (2) A jobban hőszigetelt külső falakban a hőhidak állagvédelmi jelentősége felértékelődik.
- (3) Új építés esetén használhatunk hőhídmegszakító vasalatokat mind lemezszerkezetekhez, mind pedig gerendákhoz. Új építés esetén lehetőség van a kavicsbeton könnyűbetonnal történő kiváltására is. Meglévő épületek esetében legfeljebb a szerkezet körbe hőszigetelését választhatjuk.
- (4) Az állagvédelmi méretezésnél a páratelhelést kell összevetni a hőhid legalacsonyabb felületi hőmérsékletével. A légcseré csökkentésével megnövekedhet a penész kialakulásának kockázata.
- (5) A vízszigetelés anyaga, technológiája a rétegfelépítés függvényében:

Hőszigetelés és lépés hangszigetelés nélküli rétegfelépítés esetén: bevonatszigetelés (cement- vagy műanyag bázisú, rugalmas réteg legalább 2 mm vastagságban), és erre közvetlenül flexibilis kültéri ragasztóval ágyazott lapburkolat.

Kizárólag lemezes (többnyire műanyag) vízszigetelés készül, ha aljzata hőszigetelés, vagy lépéshang elleni szigetelés.

Felújítási munkák során néha a vízszigetelés szükségességét kétségbe vonják egyesek arra hivatkozva, hogy eredetileg sem volt szigetelő réteg a szerkezetben. Ma már tudjuk, hogy mindegyik lapburkolaton átszivárog a nedvesség, ami a tartószerkezetben korróziós károkat okoz. Ezért a tartószerkezet védelme érdekében szükséges a vízszigetelést beépíteni – ez alól csupán a vízzáró vasbetonból előregyártott erkélyelemek, és a tömör kölemez erkélyek, függőfolyosók jelentenek kivételt.

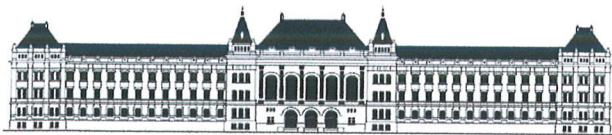
- (6) A kis vastagságú, a napsütésnek és a csapadéknak közvetlenül kitett burkolat hőmérsékletváltozásai a tartószerkezetnél sokkal gyorsabban bekövetkeznek. A burkolat födémre ragasztása ezért csak kis méretek esetén javasolható. Ebben az esetben a tartószerkezet alakváltozására is figyelemmel kell lenni a tágulási hézagok elhelyezésénél. Nagyobb kiterjedésű folyosóknál a csúsztatott, vagy úsztatott rétegfelépítéssel elválasztható a burkolat és a tartószerkezet hőmozgása, alakváltozása egymástól.
- (7) A tartószerkezetek vonatkozásában a meglévő szerkezetek az esetek többségében nem felenek meg a jelenleg érvényes szabványoknak (Eurocode), ugyanakkor a használati tapasztalatok szerint – amennyiben nem károsodtak az idők során, pl. beázás vagy mechanikai behatás nyomán – mégis kellően biztonságosak. Az MMK Tartószerkezeti Tagozata által kiadott műszaki irányelv (hivatkozás) lehetőséget ad arra, hogy felújításoknál a meglévő tartószerkezeteket az építés idején érvényben volt előírások, ill. ennek hiányában (XX. század előtti épületeknél) egyedi tervezői mérlegelés alapján ellenőrizzük, ill. erősítsük meg. Ehhez természetesen szükséges a korabeli anyagok, műszaki megoldások, ill. méretezési szabályok ismerete.
- (8) A szükséges lépéshangszigetelést a burkolat, a szerkezet és kapcsolatai, valamint a szerkezeti méretek együttesen határozzák meg; a lépéshangszigetelés szempontjából például egyes hőhídmegszakítók is lehetnek hasznosak, szerkezeti adataiktól függően

Az erkélyek, függőfolyosók rendeltetésszerű használata során a különböző fajta járkálások (járás, futás, gyaloglás, stb.) a tartószerkezetig bezárólag rezgést keltenek a szerkezetekben. A rezgések a merev, vagy rugalmas szerkezeti kapcsolatokon keresztül átadódnak a szomszédos lakóhelyiségek falaiiba, födémeibe, és a helyiségekben hangot keltenek. A teljes folyamat minősége a súlyozott szabványos lépéshangnyomás-szinttel (L'_{nw}) számszerűsíthető. A rezgések intenzitása a használatától függ, ez azonban nem méretezhető, ezért a szigetelési igény névleges használatra vonatkozik. A szigetelési igény L'_{nw} értékének megengedhető maximuma, értéke 55 dB a leggyakrabban előforduló szállásépületekben (lakóépület, szálloda, stb.).

A lépéshang elleni szigetelés szükséges mértéke létrehozásának műszaki eszközei a következők:

- a padlóburkolat (ebben a szerkezeti körben a járóréteg a környezeti hatások miatt kemény, ezért erre a hatásra a jelen esetben nem lehet számítani);
- a járóréteg alatti összetett szerkezet lépéshangot szigetelő hatása (a vastagsági korlátozások miatt a lehetőségek felújításoknál korlátozottak, új építésnél van lehetőség a szükséges szerkezeti vastagság létrehozására, amelyben a rugalmas lépéshangszigetelő lemezek is elhelyezhetők);
- a folyosó lemeze és a szomszédos falak, födémei közé iktatott rugalmas csatoló elemek alkalmazása (új építésnél hatékonyan alkalmazható megoldás, felújításnál csak a teljes szerkezet cseréje esetében jöhet számításba);
- belső falburkolatok (előtét héj, előtét fal a falakhoz, álmennyezet a födém alá, szárazépítési szerkezetek).

Folyosó szélességi mérete az OTÉK szerint legalább 110 cm, de akadálymentességi igény esetén legalább 120 cm. Tömegtartózkodású épületekben pedig nem lehet keskenyebb 165 cm-nél. Kiürítési számítás alapján a fenti méreteknél nagyobb érték is szükséges lehet.



A folyosó korlátjának magassága az OTÉK szerint legalább 95 cm. Abban az esetben, ha legalább 30 cm széles mellvédfal, vagy korlát készül, magassága 80 cm-ig csökkenthető. A korlát, vagy mellvédfal életvédelmi szerkezet, és tartószerkezeti megfelelőségét a vonatkozó szabvány szerint kell igazolni. A korlát tömör felületű, vagy függőleges, sávossal kialakítású lehet; a függőleges elemek közötti hézag nem lehet több 12 cm-nél.

3. SZERKEZETTÍPUSOK MEGLÉVŐ ÉPÜLETEKBEN

Szerkezeti szempontból az erkélyek, ill. a folytonosított (hosszú) erkélyeknek tekinthető függőfolyosók statikai modellje kétféle lehet:

- állhatnak befogott konzoltartókból és rájuk támaszkodó vízszintes szerkezetből,
- illetőleg kialakíthatók egységesen, konzolos lemezként (lemez-konzolként).

A történelmi építészetben (és így a meglévő épületállományban) jóval gyakoribb első esetben a konzolok tengelytávolsága rendszerint 2,00-2,50 m közt változik, a lemez maximális kiülése általában 1,50 m alatt van. A konzolok anyagukat tekintve lehetnek fából, kőből, öntöttvasból, acélból, ill. vasbetonból is. A konzolok között kölemezt, téglaboltozatot és különféle (pl. salak-) beton boltozatokat, ill. vb. lemezeket is alkalmaztak.

A második változat gyakorlatilag csak monolit vb. lemezszerkezetként fordul elő (ill. ide sorolhatók tulajdonképpen a konzolosítható előregyártott vb. földémpallók is, noha ezek előfordulása meglehetősen ritkának mondható).

A külső oszlopokkal (is) gyámolt teraszok, loggiák, körfolyosók statikai működése alapvetően más, mindazonáltal elhelyezkedésük és igénybevételeik nagyfokú, valamint szerkezeti kialakításuk részbeni hasonlósága okán indokolt ezeket is az erkélyekkel, függőfolyosókkal egy körben tárgyalni.

3.1. Faszervezetű erkélyek és függőfolyosók

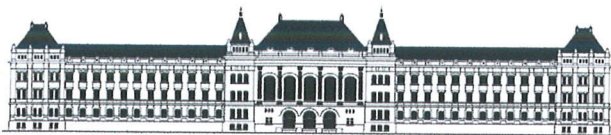
A talán legjobban elkülöníthető csoportot a faszervezetű erkélyek jelentik, az erdős vidékek boronafalás és favázás épületeit leszámítva nem túlságosan gyakran találkozhatunk velük. Jegyzetünk nem tárgyalja ezt a szerkezeti változatot.

3.2. Kőszervezetű erkélyek és függőfolyosók

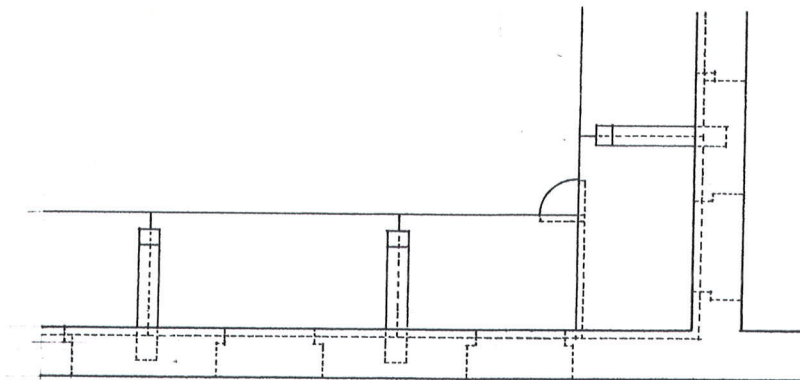
Erkélyeket főként a középkor elejétől, függőfolyosókat pedig jellemzően a XIX. században és a XX. század elején építettek kőből.

3.2.1. Tisztán kőszervezetű erkélyek (kőgyámokra ültetett kölemezek)

A tisztán kőszervezetű erkélyek a falba - gyakran vaskapcsokkal is - befogott és kellően leterhelt kőgyámokból, ill. a rájuk ültetett, de ezen felül általában a falba is kb. negyed téglányit (5-7 cm-t) befogott kölemezekből állnak. Így e lemezek olyan kéttámaszú tartóként működnek, amelyek egyik



peremükön még egy folyamatos többlet alátámasztást is kapnak. A gyámkövek benyúlása a falba legalább egy, de inkább másfél téglányi (nagy méretű téglánál kb. 30 ill. 45 cm, a lemezek vastagsága jellemzően 11-12 (15) cm).



1. ábra Kőszerkezetű erkélyek

3.2.2. Kőgyámokra ültetett boltozatok

A részben kőszerkezetű erkélyeknek két változata lehetséges: vagy a konzolok, vagy a rájuk támaszkodó szerkezetek vannak kőből.

Az előbbire inkább a régebbi korok építészetében találunk példákat, amikor is a kőgyámokra téglaboltozatokat ültettek (ilyenkor a boltozat felfekvéséhez a gyámkő élét megfaragták), illetve olyan esetekben, amikor az erkélyt az idők során átalakították vagy megerősítették, de az eredeti szerkezetből a kőkonzol a helyén maradt.

Az utóbbi a XIX. század második felében terjedt el, amikor is a kölemezeket eleinte - díszes kialakítású - öntöttvas konzolokkal, majd pedig hengerelt I-szelvényű acéltartókkal támasztották alá gyámkövek helyett. (ld. részletesebben a 3.3. pontban).

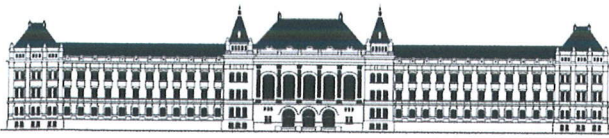
3.3. Öntöttvas és acél konzolokra szerkesztett erkélyek és függőfolyosók

A XIX. század második felében a vas- és acélgyártás fellendülésével az öntöttvas, majd (az 1880-as évektől) a hengerelt acél termékek az építőiparban is tért hódítottak. E közismert folyamat természetesen a vizsgált szerkezetcsoportot is érintette.

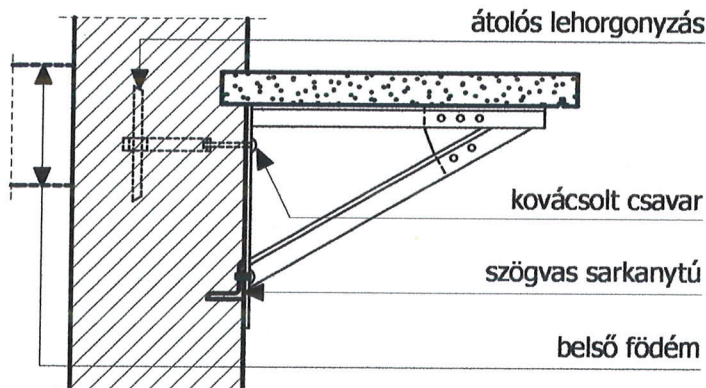
Az első lépés a díszes kialakítású öntöttvas konzolok alkalmazása volt, majd megjelentek az igény szerint hasonlóan díszes vagy, egyszerűbb megfogalmazású, immár kovácsolt és/vagy (egyre inkább) hengerelt acélelemekből álló, háromszög szerkesztésű konzolok. Ezeket a vasgyárak késztermékként is árúsították.

3.3.1. Építéssel egyidejűleg és utólag szerelhető konzolok

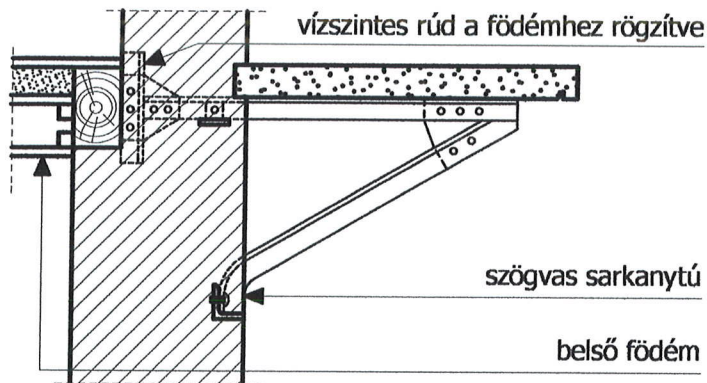
A háromszög szerkesztésű acélkonzolokat az építéssel egyidejűleg, vagy utólag is szerelhetők. Az előbbi esetben a felső vízszintes rúdelemet falkötő vassal horgonyozták le, az utóbbinál a falba fúrt lyukon átvezették és a földemhez kötötték, vagy tárcsás lehorgonyzással rögzítették. A ferde támrúd



falcsatlakozásánál alkalmazott (általában szögvasból lévő) sarkantyúra a megfelelő erőjáték kialakulása (függőleges támaszerő) érdekében volt szükség.



2. ábra acélszerkezettel gyámolított szerkezet



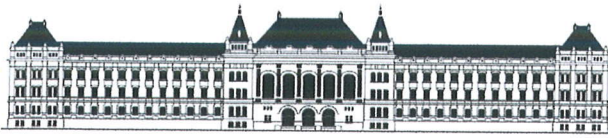
3. ábra acélszerkezettel gyámolított szerkezet

3.3.2. Öntöttvas és acél konzolokkal gyámolított lemezek

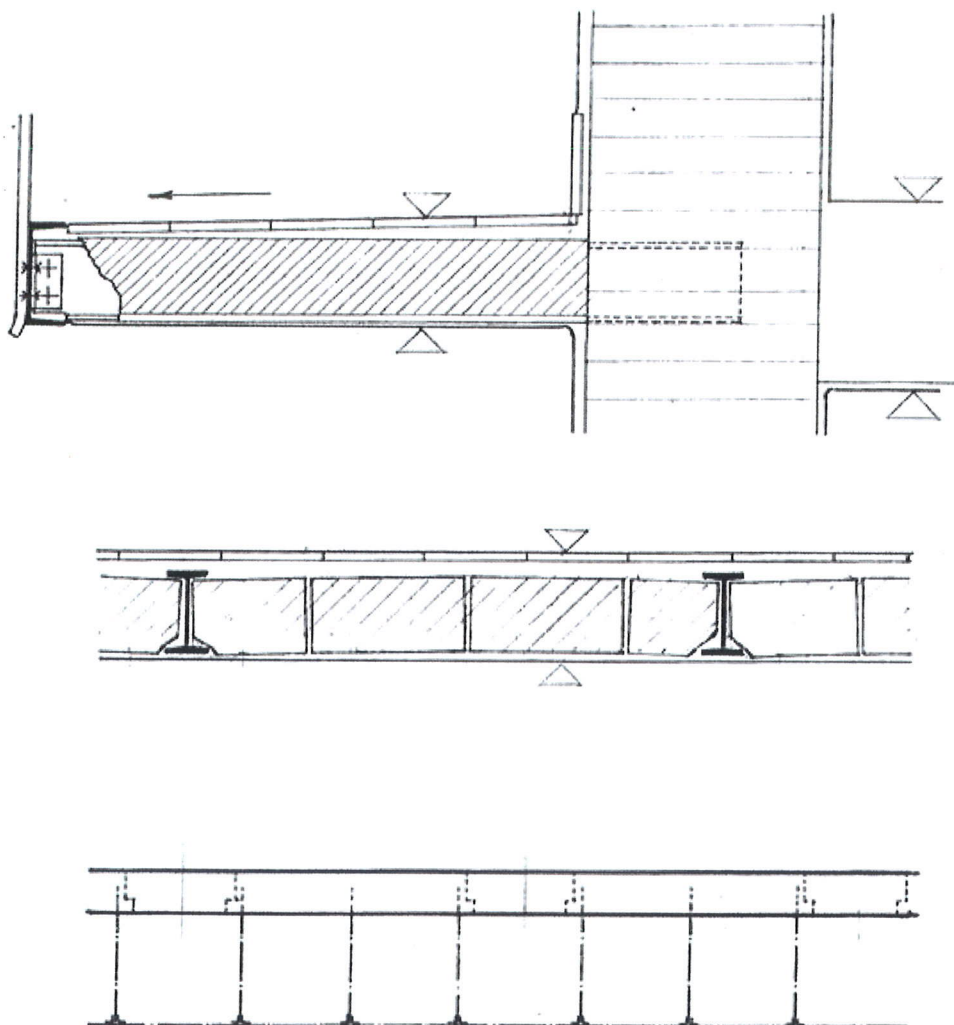
Az acélgerendás födémek elterjedésével joggal merült föl a nagyszerűen bevált és az 1880-as évektől már megbízható minőségben gyártott I-szelvényeknek konzolként való beépítése is. Statikailag kedvező megoldás lett volna a födémgerendák túlfuttatása, ez azonban az erkélyek, függőfolyosók esetében a feltöltéses padló szerkezetek nagy vastagsága miatt a külső és a belső járószint közt nagy különbséget eredményezett volna, így általában lemondtak róla és a konzolos I-szelvényeket áttolós lehorgonyzással fogták a falba. A historizmus divatjának megfelelően ezen I-tartókat általában "elrabolták", díszes, a gyámköveket utánozó burkolattal látták el, ami az első pillantásra (főleg gyakorlatlan szemnek) megtévesztő lehet. Óvatosan kell tehát eljárni a konzolok anyagának megállapításánál.

3.4. Konzolos acélgerendákra szerkesztett erkélyek és függőfolyosók

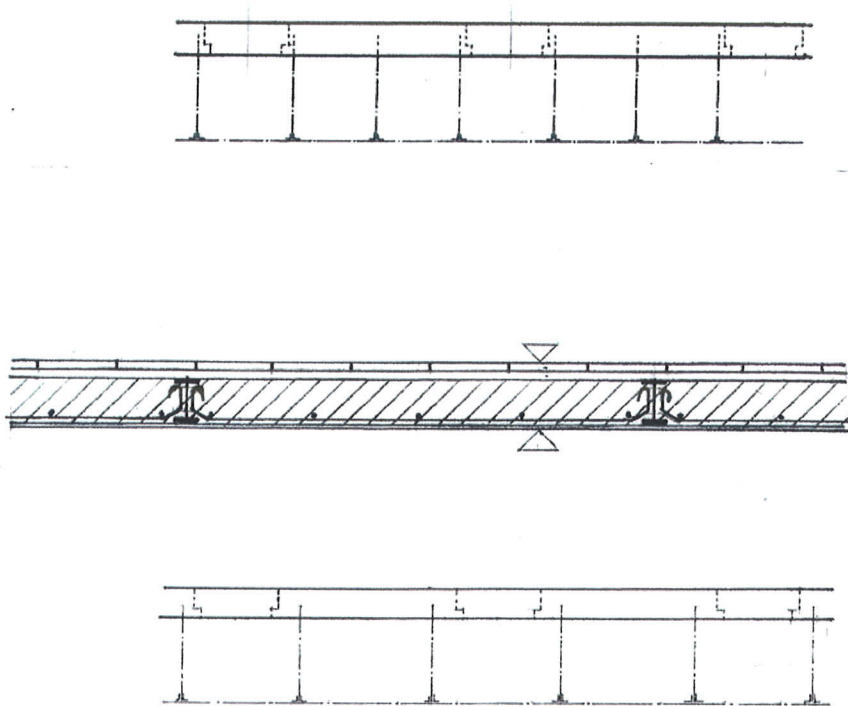
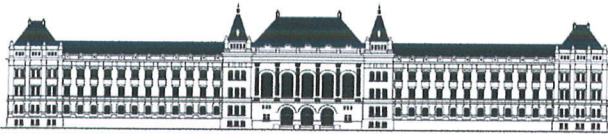
Az előző pontban ismertetett vasszerkezetű gyámolítások a legtöbb esetben még kőlemezeket hordtak. Az I-tartók alkalmazása azonban magával hozta a velük megvalósítható födémkonstrukciók megjelenését a kültéri szerkezetekben is. Ez főképp a jóval nagyobb számban készülő függőfolyosók



esetében volt igaz. Az acélgerendák közt - a födécek fejlődésével párhuzamosan - eleinte lapos ívű (poroszsüveg) boltozatot, később könnyített (üreges téglá) boltozatot, salakbeton-boltozatokat, végül pedig már monolit vb. lemezeket építettek. A gerendák végeit U-szelvényű peremgerendával fogták össze (ehhez rögzítették a kovácsoltvas korlátot), a függőfolyosó burkolata pedig jellemzően habarcsba ágyazott lapburkolat volt. Az ilyen szerkezetek acélgerendái már rendszerint láthatók (külső térben általában orrtéglát sem alkalmaztak), az eredeti miniumos védőfestés (ha volt egyáltalán) már régen lekopott. A szerkezet a tönkremeneteli burkolaton keresztül gyakran átázik, és az acélgerendák ki vannak téve a korróziónak. Ha e tönkremeneteli folyamatba nem avatkoznak be idejében, az egész szerkezet életveszélyessé válhat (ilyenkor általában újonnan beépített konzoltartók közti monolit lemez készítése a célszerű).



4-6. ábra Acélgerendákkal gyámolított, téglaboltozatos függőfolyosó példája



7-9. ábra Acélgerendákkal gyámolított monolit vasbetonlemez-es függőfolyosó példája

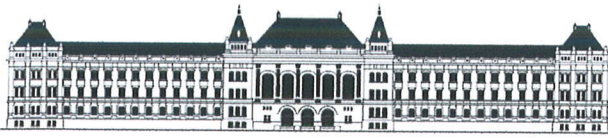
3.5. Monolit vasbeton szerkezetű erkélyek és függőfolyosók

A XIX. sz. végén, a XX. sz. elején a vasbetonszerkezetek térhódítása (eleinte csaknem kizárólag monolitikus változatban) napjainkig ható forradalmi változásokat hozott az építészetben.

Eleinte azonban még az új anyag fölhasználásával is hagyományos formákat, szerkezeti elrendezéseket alkottak, így az erkélyek esetében konzolokra ültetett lemezeket. A konzolokat már nem csupán leterheléssel, de a monolit szerkesztés előnyeit kihasználva vasalással is be lehetett fogni vasbeton. hátszerkezet (pl. pillér vagy gerenda) esetén. A későbbi időszakban terjedt el és vált általánossá a födémlemez konzolosítása.

A korai vasbeton szerkezetek általában jó minőségben készültek. Meghibásodásuk és károsodásuk leggyakrabban abban áll, hogy a beton hajszálrepedésein bejutó nedvesség korrodálja a vasat, amely rozsdásodni kezd, és a rozsdaképződéssel együttjáró térfogat növekedés lerepeszti a betont. Szerencsére a konzoloknál a tényleges teherbírást adó húzott vasak fölül, a lemez alatt helyezkednek el és így kevésbé vannak kitéve a fent említett jelenségnek.

A II. világháború utáni időszakban elterjedt különböző előregyártott vasbeton gerendás födém típusoknál (jellemző példák: lágyvasalású ÉTI-gerendák közötti téglá- majd betontálcás födéme, később előfeszített gerendák közötti beton vagy kerámia béléstestű födéme) a konzolos erkélyeket (és az ekkoriban már jóval ritkábban épülő függőfolyosókat is) többnyire továbbra is monolit szerkezettel építették. Kisebb kiülésű erkélyeknél a lemez vasalását sokszor csak a koszorúba fogták be (ami a koszorúnál csavaró igénybevételt eredményez), máskor egyszerűen csak túlnyújtották a födém



felbetonjába (ha készült ilyen), és - jobb esetben – lehorgonyozták egy-egy földemgerenda mögött, vagy – ritkábban – a földemgerendákra merőleges merevítő bordában. Ezek a megoldások (főként a csupán koszorúba bekötött lemezeknél) sokszor (főleg családi házaknál vagy kisebb méretű többlakásos épületeknél) kiviteli (vasalási) terv nélkül vagy azt figyelmen kívül hagyva, a korabeli szabályoknak sem megfelelően, alulméretezve készültek, ami jelentős veszélyforrás lehet, és felújítások, átépítések alkalmával is nehezen megítélhető (ilyenkor jobb híján – ha lehetséges – feltárással vagy műszeres vizsgálattal szerezhetünk csak bizonyosságot a tényleges megoldásról). A korrekt megoldást, az előregyártott földemmezőben kialakított monolit vasbeton ellenlemezt viszonylag ritkán alkalmazták, mivel kialakítása átgondolt tervezést és – földemtípustól függően – relatíve összetett szerelést igényelt (volna). Viszonylag gyakori megoldás volt a főfalakba túlnyújtott és leterhelés által befogott konzolos monolit gerendák alkalmazása is, mert ez az épület előregyártott gerendákkal kialakított földemmezőit nem érintette. Ilyen esetekben az erkélylemezeken ezen konzolos gerendákra, vagy a konzolgerendák által megtartott peremgerendára és a homlokzati fal koszorújára terheltek. Az így készült erkélyek statikailag általában megfelelően biztonságosak, sőt néha túlméretezettek.

A monolit vasbeton erkélyek hőhidasságának problémájával az 1990-es évekig nem, vagy csak elvétve foglalkoztak, és a tervezésben is lassan bekövetkező szemléletváltást az építési gyakorlat még lassabban követte. A hőhídmegszakító elemek alkalmazása csak az ezredforduló táján kezdett elterjedni, de ezeket sem alkalmazták mindig következetes módon. A teljes hőhidmentesség a gyakorlatban csak a legutóbbi években vált általánosan elfogadott követelménnyé.

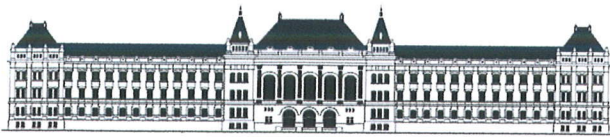
3.6. Előregyártott vasbeton szerkezetű erkélyek és függőfolyosók

Előregyártott vasbeton elemek alkalmazása a vizsgált szerkezetcsoportban sosem volt jellemző, mindazonáltal történtek rá kísérletek. A korai időszakból (a XX. század első évtizedeiből) megemlíthetők a kőkonzolok helyettesítésére tervezett, s azokkal azonos módon beépített (esetenként földemgerendaként konzolosan túlnyújtott) előregyártott vasbeton konzolok (pl. Medgyaszay István tervezett ilyeneket), az elmúlt évtizedek gyakorlatából pedig egyes konzolosítható földemgerenda- ill. földempalló-típusok (pl. Fk-gerendák, Ytong DE pallók, stb.), ill. a házgyári paneles építésmód ún. loggia térelemei.

3.7. Oszlopokkal alátámasztott szerkezetek (loggiák, körfolyosók)

A teljesség kedvéért szólni kell azon oszlopokkal alátámasztott szerkezetekről (emeleti teraszokról, többszintes loggiákról, körfolyosókról) is, amelyeket a köznyelv - tévesen - gyakorta szintén erkélyeknek vagy függőfolyosóknak nevez. Ezek szintén készülhettek fa, kő, öntöttvas, acél, vasbeton, ill. vegyes szerkezettel. Az egyes anyagok, szerkezeti elemek vonatkozásában itt nagyjából ugyanaz mondható el, mint az előbbieken részletezett konzolos szerkezeteknél, a statikai modell különbözőségéből fakadó nyilvánvaló eltérésekkel. A legfontosabb különbség, hogy a kedvezőbb (két-v. többtámaszú) statikai modell állékonysági szempontból nagyobb tartalékokkal rendelkezik és így a károsodások ritkábban okoznak életveszélyt.

E csoport jellemző példái a (tégla vagy kő-) oszlopokra támaszkodó gerendákkal, vagy falazott boltövekkel gyámoltított többszintes loggiák, vagy a karcsú öntöttvas oszlopokkal kialakított udvari



körfolyosók, melyek jó néhány XIX. századi, vagy XX. század eleji reprezentatív épületben megfigyelhetők.

Értékelés a követelményeknek való megfelelés tekintetéből:

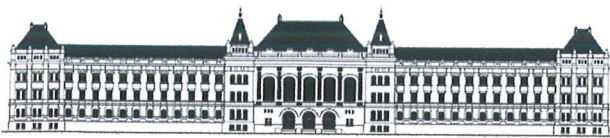
- *A fentiekben tárgyalt történeti (kb. 1850 és 1990 között épült) szerkezetek a tartószerkezeti követelményeknek – ha nem is a mai szabványok szerint, de a használati tapasztalatok alapján – általában biztonsággal megfelelnek (amíg nem következik be valamilyen szerkezeti károsodás). A váratlan tönkremenetel veszélye leginkább hirtelen megrepedő kőgyámoknál (néha kőlemezeknél), vagy salakbeton lemezeknél állhat elő.*
- *Bár építésük során hőtechnikai megfontolások egyik típusnál sem játszottak szerepet, a hőhidasság mértéke messze nem egyforma: a falba befogott konzolok csak viszonylag csekély mértékű pontszerű hőhidat jelentenek (mindaddig, amíg a falat nem látják el hőszigeteléssel), szemben a durva vonalmenti hőhidat okozó monolit vasbeton lemezkonzolokkal.*
- *Akusztikai szempontból ugyancsak elmondható, hogy a falhoz csak pontszerűen, a konzolok által kapcsolódó szerkezetek jobbak, hiszen ezeknél csak a konzolokon keresztül juthatnak a lépéshangok a belső térbe.*
- *Csapadékvíz elleni szigetelés nem készült e szerkezetek döntő többségén, egészen a legutóbbi időkig. A megfelelő lejtésű és fagyállóságú kőlemezek, ill. a homogénnek tekinthető burkolatok (pl. helyszíni műkő) ebből a szempontból jóval kedvezőbbek, mint az ágyazott lapburkolattal ellátott szerkezetek, melyeknél a beázás és az ennek következtében kialakuló károsodás általában csak idő kérdése. Fontos még az erkély, ill. folyosó külső peremének kialakítása, a vízzorrképzés megléte ill. a vízlefolyás útjának biztosítása. Vízzor hiányában a lecsorgó csapadék a lemez alsó felületén visszafolyik, vakolatmállást okozva. A legveszélyesebbek ebből a szempontból az U-szelvényű szegélygerendával ellátott függőfolyosók, mert ezeknél a víz a lapburkolat szélén – az esetek többségében – könnyen be tud jutni az U-szelvény felső öve alá, súlyos károsodásokat idézve elő (kép).*

4. JELLEMZŐ KÁROSODÁSOK, DIAGNOSZTIKA, KARBANTARTÁS

4.1 Tartószerkezeti meghibásodások

Az időjárás viszontagságainak a lemez sokkal inkább ki van téve, mint a kőgyám, ezen felül jelentős a koptató hatás is (főként függőfolyosóknál). Ebből következik, hogy a lemezeket mindig kemény, tömött fagyálló kőzetekből - Budapesten pl. rendszerint piszkei vagy tardosi mészkőből készítették. A gyámköveknél - sajnos - ennél puhább köveket is alkalmaztak. (Itt kell megemlíteni, hogy a mosószeres vízzel történő felmosás is árthat a kőlemeznek, összetételétől - kémhatásától - függően különböző mértékben).

A kőszerkezetű erkélyek meghibásodása, károsodása leggyakrabban a lemez megrepedését jelenti. A repedések a tönkremeneteli folyamat látható jelei, melyek felhívják a figyelmet az igénybevételek és a kőzetben lévő feszültségállapot ellenőrzésére. Ez utóbbi természetesen a repedéskép alapos feltérképezésén túl csak az adott kőzettípus mechanikai tulajdonságainak ismeretében végezhető el. Anyagszerkezeti oldalról vizsgálható a kőzet szívósságának mértéke, amely a feszültségintenzitási



tényező kritikus értékével –általában a szakadáshoz (húzáshoz) tartozó K_{IC} (törési szívósság) értékével adható meg. A gyakorlatban azonban a számítással való ellenőrzésnek jelentékeny korlátai vannak: egyrészt az említett mechanikai jellemzők nem csupán a kőzet típusok között, de lelőhelyek szerint, sőt még azon belül is nagy szórást mutatnak, másrészt a kőzetekre vonatkozó törésmechanikai elmélet gyakorlati alkalmazhatóságának feltételei napjainkban teljes körűen még nem biztosítottak.

A repedés terjedése lehet megálló (instabil) vagy töréshez vezető (stabil). A már meglévő repedés először stabil módon kezd el terjedni, majd (a kritikus repedésméret elérése után) terjedése az instabil szakaszba megy át. A folyamatot vagy törés, vagy a repedés újbóli nyugalmi állapota zárja le.

A repedéseket mindig szakértőnek kell megvizsgálnia, a helyszíni, szemrevételezéses vizsgálatok ugyanis nagy tapasztalatot igényelnek. A legegyszerűbb módszer mégis az, hogy a megtisztított felületre egy vödör vizet öntünk, melynek nyomán a kő elszíneződik és a repedések kirajzolódnak. Ha a víz átfolyik, súlyos, átmenő repedésről van szó.

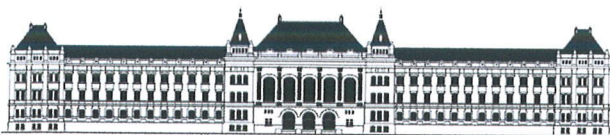
Nagy fontosságú tehát e függőfolyosók rendszeres ellenőrzése és karbantartása, ami mindenekelőtt a burkolat karbantartását és az acélgerendák időszakonként megismételt védőmázolását jelenti. Rozsdásodás esetén a védőmázolás előtt a felületet természetesen meg kell tisztítani, és ami lényeges: ellenőrizni kell (méréssel) a bekövetkezett keresztmetszet-csökkenés mértékét, majd indokolt esetben számítással azt is, hogy emiatt nem csökkent-e a teherbírás a kritikus szint alá.

4.2. Burkolati meghibásodások

A burkolatok jellegzetes meghibásodási formája a lapok felfagyása. A meghibásodást mindig az váltja ki, hogy a nedvesség a burkolat síkja alá hatol. A burkoló anyag fajtájától függ vízfelvevő képessége, azonban a hézagokon keresztül előbb-utóbb mindenképpen bejut a víz. A burkolat alatt lévő nedvességet jól mutatják a mohásodó, vagy csak elsötétedő fugák; más esetben a felület elszíneződései. A burkolat felfagyását okozhatja a beépített lapok nem megfelelő minősége (nem fagyálló), vagy a beépítés helytelen módja, ami többnyire abban nyilvánul meg, hogy a behatoló nedvesség elvezetését nem oldották meg. Amennyiben például a lapok alatti esztrich, vagy beton tömör, csekély vízáteresztő képességgel rendelkezik, akkor nedvesség halmozódik fel a burkolat alatt, ami télen fagykárt okozhat.

Fagyálló, igen kis vízfelvételű lapburkolatok (pl. greslap) esetén is előfordul a felület, vagy a fugák elszíneződése. Különösen akkor gyakori ez, ha a napjainkban divatos flexibilis vékony ágyazóhabarccsal ragasztják közvetlenül egy bevonatszigetelésre. Amennyiben a ragasztás nem teljes felületű – ami pedig gyakori hiba -, akkor a fugákon át beszivárgó víz a lapok alatt pang, elpárologni nem tud, de elvezetése sincs megoldva.

A természetes kövek – sokak számára meglepetést okozva ezzel – általában jelentős vízfelvétellel rendelkeznek. Ráadásul - mint minden természetes építőanyag esetében – ez a tulajdonságuk nem egyenletes. Amennyiben a kövön átszivárgó víz további útja megoldatlan (pl. nem szűrőbeton vagy szűrőhabarcs az aljzata), akkor számítani lehet a felület elszíneződésére. Gyakori a felületen a sókiválás is. Ennek általában az a magyarázata, hogy az alsó rétegből a felszín felé mozgó nedvességből (amely mindig tartalmaz vízzeloldható sókat) a párolgást követően visszamarad a só, amely komoly értékvesztést okozhat a drága burkolatokban.



A kötő rétegrendben kivitelezett, nagyobb felületeken – a burkolat és a tartószerkezet eltérő alakváltozásaira visszavezethető okokból – gyakran felválások, repedések teszik tönkre a burkolatokat.

Az erkély szélén a vízcseppentőn, vagy a belső vízvezetés lefolyóján gyakori a cseppkő-szerű képződmény, vagy lerakódás. Ezt többnyire az okozza, hogy a betonból, vagy esztrichből a rétegen átszivárgó csapadékvíz kioldja a szabad meszet, amely azután ott rakódik le, ahol a víz lecsöppen.

4.3. A vízszigetelés hibájára, hiányosságára visszavezethető meghibásodások

Igen gyakran előfordul, hogy a küszöböknél nem megfelelő a vízszigetelés felhajtása. Ilyenkor a csapadék a belső burkolat alá jut, és akár több méter távolságra észlelhető először a vakolat felnedvesedésén a beázás. Az úsztatott padozatok lépéshangszigetelő rétegében például gyakran nagy távolságra is elszivárog a víz a hibahelytől (pl. küszöb).

A lábazati burkolat mögött is sokszor hiányzik a vízszigetelés. A faltőben kialakuló, nem megfelelően tömített hézagon át víz jut a szerkezetbe.

Hibás az a gyakorlat is, amikor a vízszigetelés felhajtását, szegélyezését nem megfelelő helyen (pl. a hőszigetelés külső oldalán) készítik el. Ilyenkor a nedvesség a vízszigetelés mögé kerülhet és beázást okozhat.

Az erkély szélén a korlátoszlop és a vízszigetelés kapcsolata gyakran átgondolatlan, rossz. Ilyenkor a szigetelés nem tölti be rendeltetését, és a víz a szerkezetbe szivárog.

5. A FELÚJÍTÁS, HELYREÁLLÍTÁS MŰSZAKI MEGOLDÁSAI

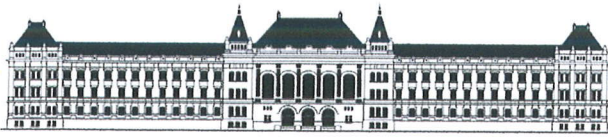
Függőfolyósókat érintő beavatkozások tervezésénél mindig gondolni kell arra, hogy a lakóknak folyamatosan meg kell tudni közelíteniük lakásaikat, tehát a használatot a kivitelezés idejére is biztosítani kell. Ez a gyakorlatban úgy valósítható meg, hogy a kivitelezés megkezdésekor a függőfolyósó alá megfelelően méretezett ideiglenes szerkezetet (állványzatot, zsaluzatot) kell építeni és azt alkalmas járőfelülettel ellátni. Erről a felületről történhet azután a bontás ill. az új elemek elhelyezése, monolit vb. lemez esetén pedig ez szolgál célszerűen zsaluzatként, ugyanakkor ezen járhatnak a lakók is. Természetesen az ideiglenes alátámasztást nem igénylő megoldások ilyen szempontból (is) előnyösebbek.

Ritkán az átalakítások is veszélyeztethetik a függőfolyósók stabilitását, például ha a nyílásrendszer meggondolatlan átalakítása során egyes konzolok leterhelése megszűnik. (Értelemszerűen bontások során is figyelni kell erre!)

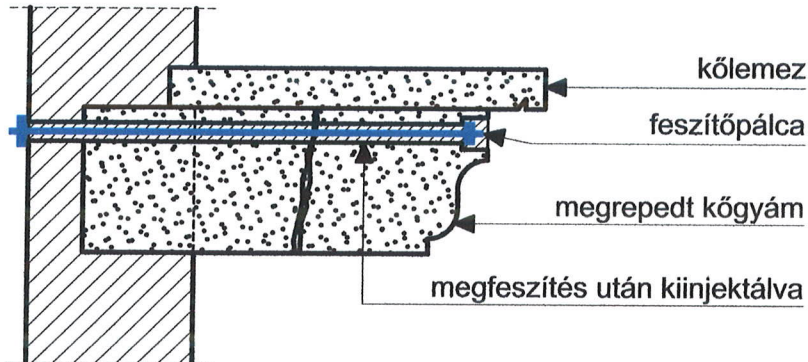
5.1. Meglévő szerkezetek megerősítése

5.1.1. Kőgyámok megerősítése acél feszítőrudakkal

A gyámkövek meghibásodása esetén kicseréljük őket I-szelvényű acélgerendára, vagy műemlék esetén új kőgyámokra. Lehetőség van azonban bizonyos esetekben az eredeti kőgyámok megerősítése is



speciális technológiával, acél feszítőpálca beépítésével. Az ilyen megerősítések kivitelezése speciális technológiát (pl. DIVIDAG) és felkészült kivitelezőt igényel.

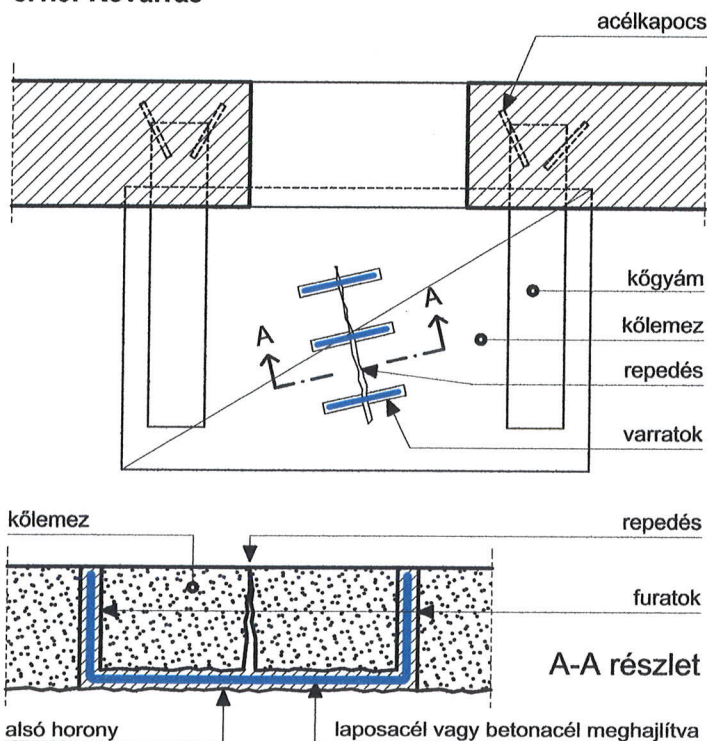


10. ábra Feszítőpázmás megerősítés

5.1.2. Acélkonzolok, konzolos acélgerendák erősítése

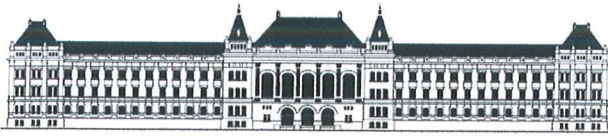
Az acélszelvények erősítése, mint általában, ezen szerkezeteknél is valamilyen erősítő szelvény ráhegesztésével történik. Az erősítés elhelyezhető a gerenda tetején (pl. ha a vb. lemez a gerendák között van, és a burkolat elbontásával a felső öv hozzáférhető), alján, néha oldalain is.

5.1.3. Kővarrás

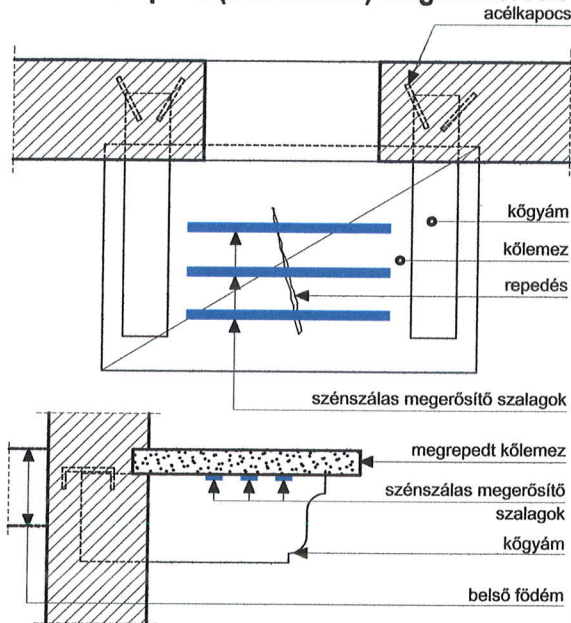


11. és 12. ábra Kővarrás: kőlemez alulról nézve és metszet

Kőlemezek lokális repedéseinél segíthet az ún. kővarrás, amelynél a repedés két oldalán elkészített furatokat alul egy kivésett horonnyal összekötik, ebbe egy U alakúra meghajlított vasat (laposvasat, betonvasat) helyeznek, majd a hornyot és a furatokat műanyaghabarccsal vagy valamilyen korszerű, minősített kőragasztóval kitöltik. (Régebben ezt a kiöntést olommal végezték.)



5.1.4. Kompozit (szénszál) megerősítések



13. és 14. ábra Szénszálás megerősítés

A szénszálás lamellákkal történő szerkezet megerősítés az elmúlt évtizedekben jelent meg új építőipari technológiaként. A tárgyalt szerkezetek közül a monolit vasbeton szerkezetű erkélyeken kívül megrepedt kőlemez megerősítésére is használható ez a módszer (utóbbi célra először 1997-ben alkalmazták Magyarországon). A technológia lényege, hogy a pultrúziós eljárással gyantába (általában epoxigyantába) ágyazott és kikeményített szénszálás megerősítő szalagokat a megerősítendő szerkezet (vasbeton lemez vagy kőlemez) megfelelően előkészített felületére felragasztják.

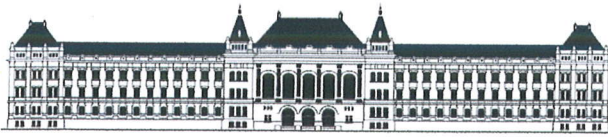
Mivel a szalagok a húzószilárdságot és ezáltal a hajlítási teherbírást javítják, alkalmazásuk helye értelemszerűen a szerkezetek húzott oldala (a konzolokra ültetett kéttámaszú kő-, vagy többtámaszú vasbeton lemezek alsó, ill. a monolit konzollemezek felső felülete). Az alkalmazhatóság feltételeit minden esetben meg kell vizsgálni.

5.1.5. Kő- és betonszerkezetek anyagának speciális javítási és kiegészítési módszerei

Napjainkban már hozzáférhető a hazai piacon is olyan speciális kőpótló, ill. betonjavító szerek, amelyekkel a természetes kőből vagy monolit vasbetonból készült szerkezetek sérült, hiányzó részei megfelelő minőségben és tartóssággal pótolhatók, javíthatók. Ezek értelemszerűen az itt tárgyalt szerkezetek körében is alkalmazhatók, hangsúlyozni kell azonban, hogy az ilyen anyagokkal szerkezeti megerősítést végezni nem lehet, ezek csupán esztétikai jellegű, ill. a további károsodásokat megakadályozó beavatkozásokra szolgálnak.

5.2. Utólagos alátámasztások

Ha a meglévő szerkezet megerősítése valamiért már nem lehetséges (vagy legalábbis nem gazdaságos), cseréje viszont anyagi korlátok vagy más természetű nehézségek miatt nem jön szóba, utólagos alátámasztó szerkezetek beépítése szükséges.



5.2.1. Többlet-konzolok beépítése

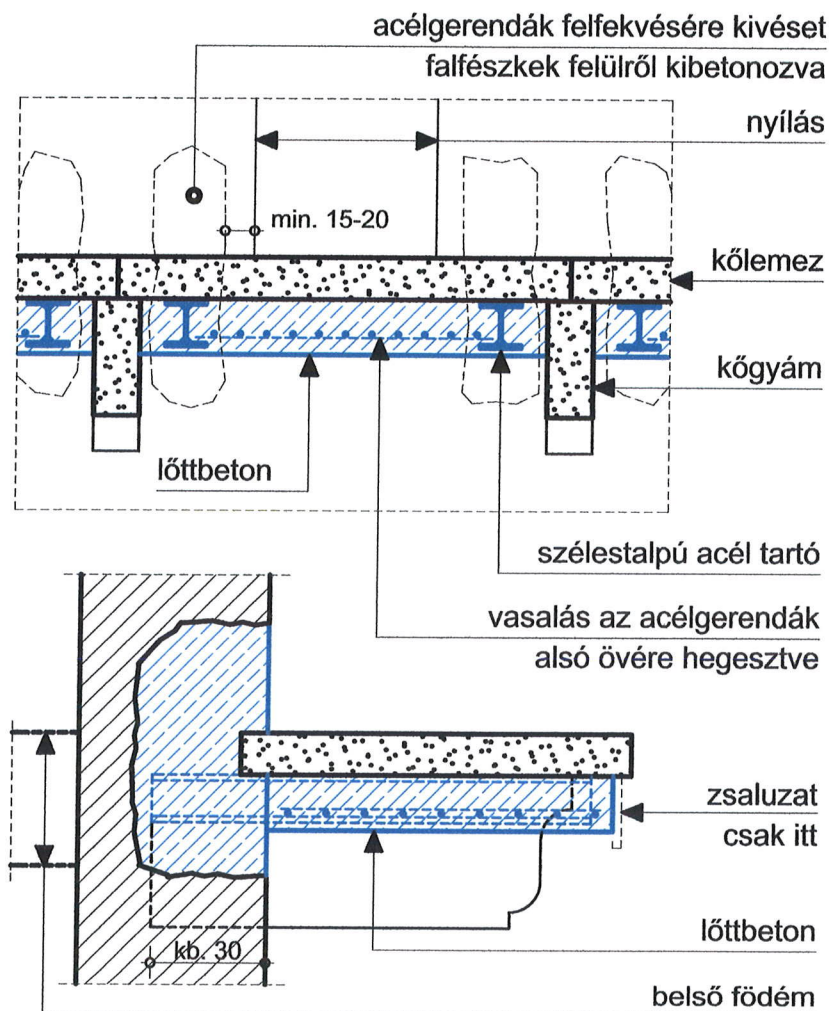
Az utólag (általában a meglévő konzolok mellett, de minden esetben megfelelően leterhelt szakaszon) beépített konzolok szolgálhatnak egyszerűen a károsodott régi konzolok helyettesítésére, de a lemezek támaszainak besűritésére is.

5.2.2. Teljes felületű alátámasztás konzolos szerkezetekkel

Sok repedés, ill. a függőfolyosó lemezeinek általános tönkremenetele esetén csak a lemezek teljes felületének alátámasztása nyújthat kellő biztonságot. Erre többféle megoldás, technológia is ismeretes – melyek közös jellemzője azonban, hogy falfészkekbe (fentebb ismertetett módon) bebetonozandó konzolos acélgerendák segítségével készülnek. E konzolos gerendák befogásánál minden esetben fontos a szükséges mértékű leterheltség ellenőrzése.

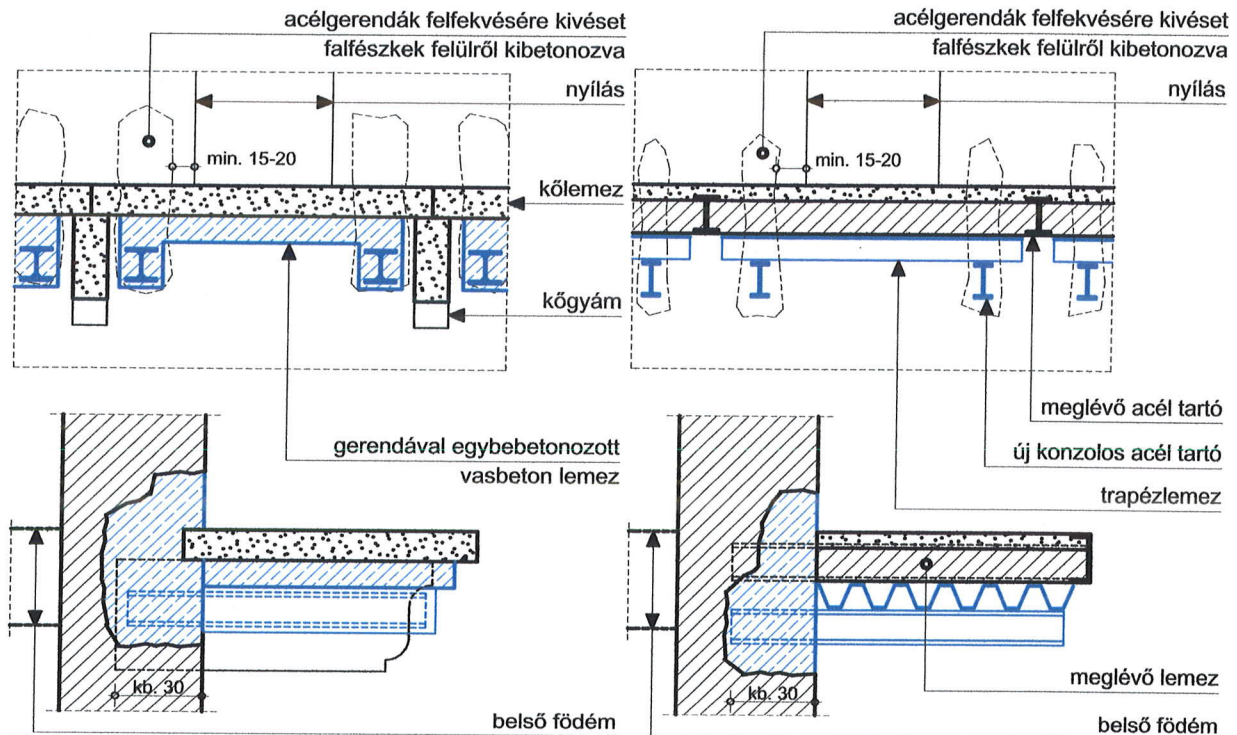
A. Acélgerendák közötti monolit lemezek készítése löttbetonos technológiával

A falba vésett fészkekbe befogott acélgerendák alsó övlemezeire helyezendő el az alátámasztó lemez vasalása, majd a betont alulról, vakolópisztoly segítségével hordják fel. Az alacsony szerkezeti magasság és a vasalás kellő felfekvése érdekében célszerű kisebb magasságú, szélestartúpú acélszelvényeket (pl. HEA 80-100) alkalmazni és azokat relatíve sűrűn beépíteni.



15. és 16. ábra Löttbetonos megerősítés

B. Acélgerendákra szerkesztett trapézlemez alátámasztások



17-20. ábrák Megerősítés trapézlemezrel

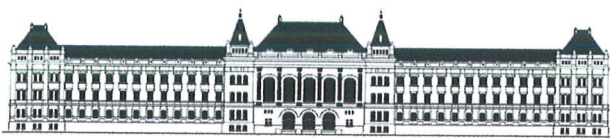
A mai építési gyakorlatban talán leggyakrabban alkalmazott megerősítési módszer az, amikor a homlokzati falba a meglévő függőfolyosó (vagy erkély) konzoljaihoz közel (vagy közvetlenül mellettük) beépített I-szelvényű konzolokra acél trapézlemezeket ültetnek. Rendszerint a trapézlemezt állványzat segítségével felékelik a meglévő lemezhez, majd a fészkekbe elhelyezett acélgerendákat is külön ideiglenes alátámasztással juttatják kívánt helyzetükbe a fészkek kibetonozása előtt. Lehetséges azonban az előregyártott vasbeton lemezes megerősítésnél ismertetett módszer analógiájának követése is, vagyis az acélgerendák előre felhegeszthetők a trapézlemezek alá, és ekkor a felékelésnél elegendő az acélgerendák ideiglenes alátámasztása.

5.2.3. Oszlopokkal való gyámolítás

Az oszlopokkal (ill. oszlopokra ültetett gerendákkal) való alátámasztás természetesen a konzolos szerkezetek megerősítésének is egy - kézenfekvő - módja, mint ahogy azt a múltban is alkalmazták. Persze az ilyen megerősítések (amellett, hogy statikai-épületszerkezeti szempontból is megfontolandók, hiszen a statikai modell ily módon történő megváltoztatása egyes szerkezeti elemeket akár károsíthat is!) építészeti általában föl sem merülhetnek, hiszen a legtöbb történeti konzoltípussal formailag összeegyeztethetetlenek és végleges megoldásként is az ideiglenes aládúcolás érzetét keltenék.

5.3. Részleges vagy teljes szerkezetcsere

A konzoltartók, gyámkövek cseréje minden esetben a rá felfekvő lemezek ideiglenes aládúcolása mellett történik (kivéve persze azt az esetet, amikor a gyámokkal együtt a lemezeket is kicserélik).



A lemezek cseréjekor a jó állapotú eredeti konzolok megmaradhatnak, akár csupán esztétikai okokból, akár eredeti teherhordó funkciójuk megtartásával.

Jó állapotú eredeti acélkonzolokra az új vasbeton lemezek zsaluzata fel is függeszthető, ill. ilyenkor lehetőség van bennmaradó (pl. trapézlemez) zsaluzat alkalmazására is.

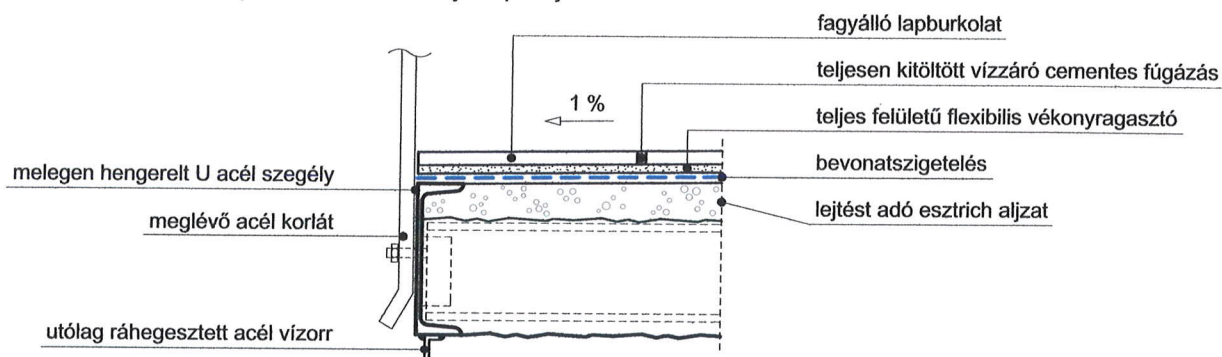
5.4. Egyedi és összetett tartószerkezeti megoldások

A gyakorlat természetesen sok olyan esetet produkál, amikor a különféle szempontok egymás ellen hathatnak, és a fent ismertetett megerősítési módszerek egyike sem alkalmazható „vegytisztán”. Gyakran a meglévő szerkezet is valamiféle „öszvér”-megoldást mutat, a könyvekből ismert vagy épp jelen a jegyzetben bemutatott változatok helyett. Ilyen esetekben csak az egyedi mérlegelés és a tervezői kreativitás lehet a megoldás alapja.

5.5. Az utólagos szigetelés lehetőségei

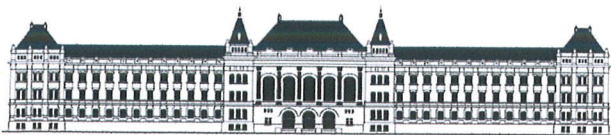
A többrétegű szerkezetekben elkülönül a tartószerkezet és a járóburkolat, így lehetőség nyílik valamilyen vízszigetelő réteg beépítésére. Esetenként kell megvizsgálni, milyen rétegfelépítés készítésére van reális lehetőség. A folyosóhoz és erkélyhez csatlakozó küszöbök, valamint a belső terek padlószintje meghatározó tényező a számításba jövő megoldások tekintetében. A legkisebb rétegrendi magassággal a bevonatszigetelésre flexibilis vékony ágyazó habarccsal ragasztott, fagyálló kerámia lapburkolat oldható meg. Itt tekintettel lenni ennek a burkolási módnak a korlátozott alakváltozó képességére. Amennyiben lehetőség van csúsztatott, vagy úsztatott padozati rétegfelépítést készíteni, akkor a burkolat és a födém eltérő alakváltozásait megnyugtató módon kezelni lehet. Úsztatott padozat esetén a födém szerkezet körbe hőszigetelésével a hőhidasság is csökkenthető, illetve úsztató réteg beépítésével a lépéshangszigetelés követelményértékét is meg lehet közelíteni.

Áttört mellvédű függő folyosó burkolatának felújítási példája



21. ábra Acélgerendás függőfolyosó felújításának példája

Az eredendően különböző mértékben hőhidasságú erkélyek, függőfolyosók az épület utólagos hőszigetelése esetén mindig nagy figyelmet kívánnak. Az épületfizikai vizsgálatok során a felületi hőmérsékletek alakulását, illetőleg ennek állagvédelmi (a penészedés) kockázatát kell a legnagyobb gonddal megvizsgálni. Amennyiben a sarokélben (fal-födém, illetőleg fal-padló) a felületi hőmérséklet növekszik, akkor a penészedés kialakulásának kockázata – azonos nedvességterhelés és légcseré mellett –



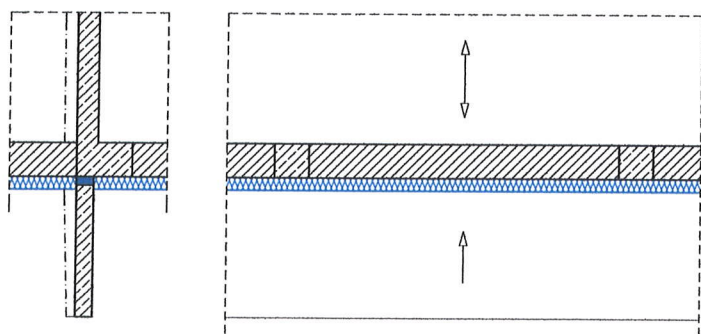
csökken. A bemutatott néhány példa egy konkrét szerkezetre vonatkozik. Minden eltérő esetben egyedi vizsgálatot kell elvégezni.

6. ÚJ SZERKEZETEK TERVEZÉSE ÉS ÉPÍTÉSE

Új függőfolyosók és erkélyek tervezése során a mindenkor hatályos szabványok, és műszaki előírások szerint kell eljárni a kor műszaki színvonalának megfelelően. A követelmények legfontosabbjait táblázatos formában összefoglaltuk.

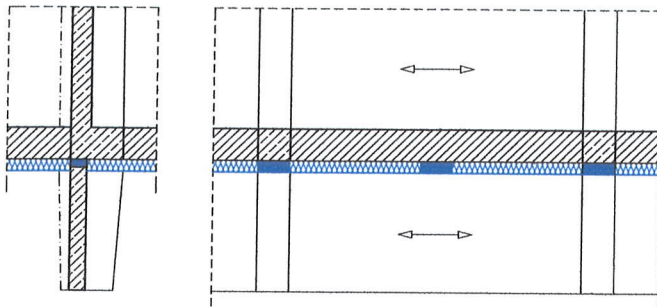
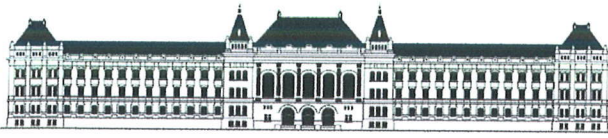
6.1 Szerkezeti megoldások

A vasbeton és az acél szerkezetek konstruálásánál nem hagyhatjuk figyelmen kívül a különböző gyártók által kínált, minősített tulajdonságokkal (terhelhetőség, tűzállósági határérték, vonalmenti hővesztésgtényező) rendelkező hőhíd megszakító vasalatokat. Ezek szakszerű felhasználásával elkerülhetők az erős hőhidak, és az ebből származó meghibásodások (penészedés). Nem csak vasbeton lemezekhez, de gerendákhoz és egyéb tartószerkezetekhez is készülnek hőhíd megszakítók. Felhasználásuk esetén a födémre úsztatott, vízszigetelt réteg felépítést tervezhetünk, melynek vastagsága nem nagyobb, mint a folyosóhoz, erkélyhez csatlakozó belső terekben kialakított padozatoké.



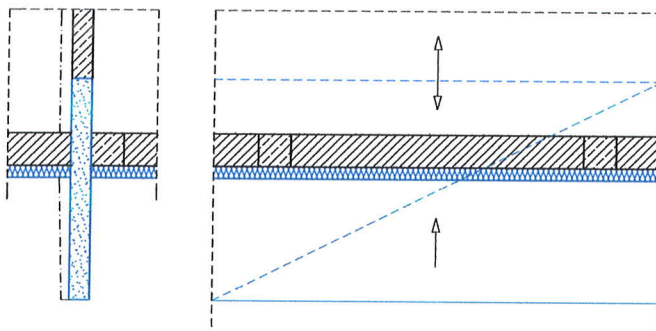
22-23. ábra Konzolos erkélylemez hőhíd megszakítóval

Gerendákkal gyámolt lemezszerkezeteknél újra és újra felvetődik az a kérdés, elegendő-e hőszigetelő réteg beépítésével „elvágni” a kültéri födém a beltérről, megspórolva ezzel a hőhíd megszakító vasalatok egy részét. A födémlemez hőmérsékletváltozásokból származó alakváltozásai jelentősen megnövekednek, ha két oldalt támaszkodó lemezt készítünk a három vagy négy oldalán alátámasztott lemez helyett. Ezek az alakváltozások pedig beázásokat, átnedvesedéseket okozhatnak a legkényesebb helyen (a vízszigetelés felhajtása töben elszakad a szerkezet alakváltozásai következtében), a fal mellett. Ebből a megfontolásból kiindulva általában nem javasolható a hőhíd megszakítók teljes elhagyása a fal vonalában, még ha statikai szempontból megengedhető lenne is (kivéve természetesen kisebb feszítávok ill. igénybevételek esetén, ha a számítható alakváltozás minimális). Lehetőség van azonban arra, hogy ne folytonosan építsék be ezeket a szerkezeteket, hanem szakaszosan: felváltva hőszigetelő sávokkal. Ez mindenképpen olyan szerkezeti kérdés, amelyet a tartószerkezet tervezőjével együtt kell eldönteni az építésnek.



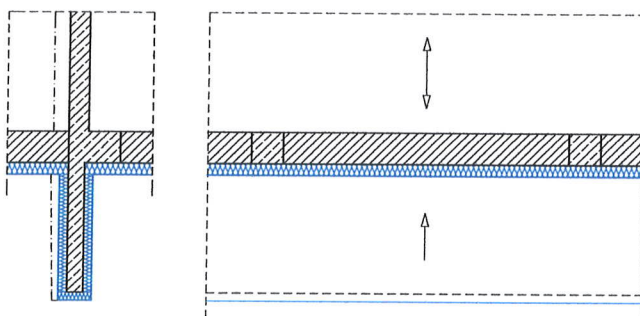
24-25. ábra Hőhídmeگزakítóval kialakított konzolos gerendára támaszkodó erkélylemez pontonként bekötve

Az erkély és függőfolyosó hőhídjának csökkentésére (t.i. hőhídmentes szerkezet nincs) lehetőség van a szerkezet körbe hőszigetelésével, illetőleg könnyűbetonból (pl. liaporbeton) készített födémszerkezettel is. Ez utóbbira hazánkban viszonylag kevés példa van.

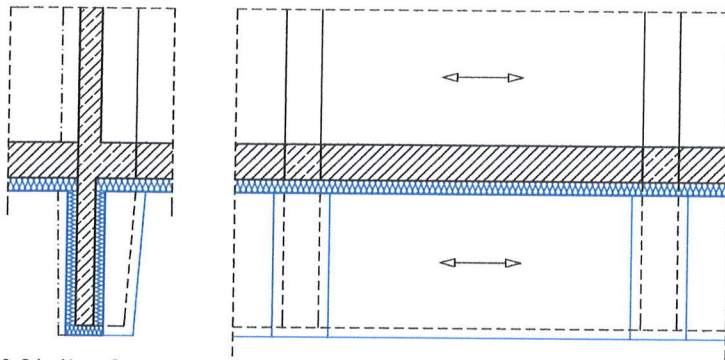
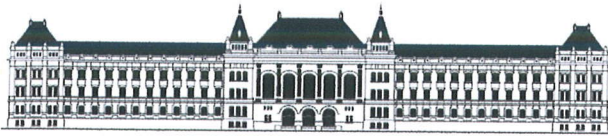


26-27. ábra Könnyűbetonból készített erkélylemez

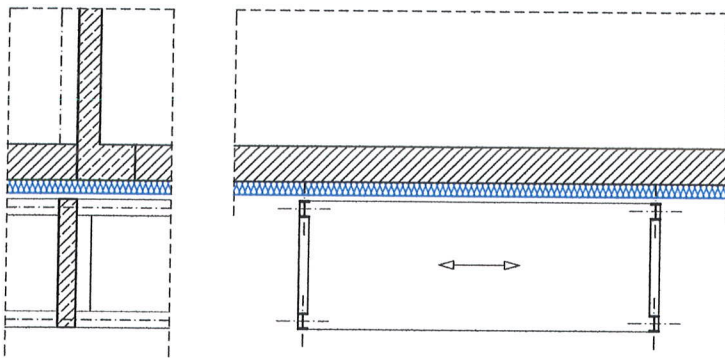
A vasbeton szerkezet hőszigetelő „becsomagolása” viszonylag nagy rétegvastagságot kíván, ami rendszerint csak a födém felső síkjának süllyesztésével oldható meg. Ebben az esetben sem hagyhatjuk figyelmen kívül azt a tényt, hogy a szerkezet „hűtőborda”-ként viselkedik továbbra is. A hőszigetelést mind a födém alsó síkján, mind a felső oldalán el kell készíteni; sőt síkból kinyúló konzolgerenda esetén, azt is körbe kell venni a hőszigeteléssel. Tekintettel arra, hogy a födém tetejére kerülő hőszigetelés legalább „terhelhető” minőségű, a lépéshangok elleni védekezés céljából általában külön úsztató réteg beépítésére is szükség van. A közlekedőn (folyosó) megkövetelt födémterhek viszont megkívánják azt, hogy a burkolat alatt, teherelosztó céllal esztrichet vagy aljzatbeton építsünk be.



28-29. ábra Konzolos lemez körbehőszigetelve



30-31. ábra Gerendával gyámolt erkélylemez körbehőszigetelve

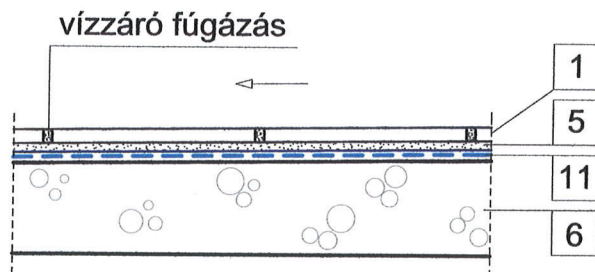


32-33. ábra Független tartószerkezettel gyámolt erkély

6.2. A burkolat és aljazata

6.2.1. Kerámia lapburkolat

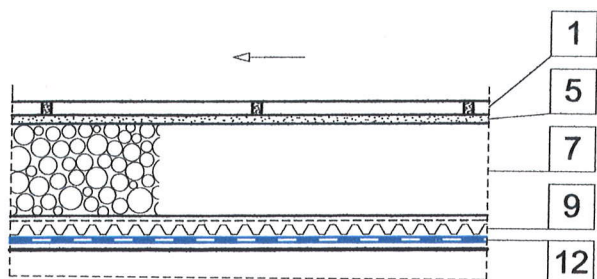
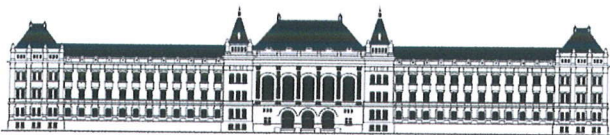
Fagyálló kerámia, kőporcelán (gres) lapok jellemzően ún. vékonyágyas, kültéri flexibilis ragasztókkal kerülnek beépítésre.



34. ábra Szigetelő burkolati rendszer kis vízfelvételű lap

esetén

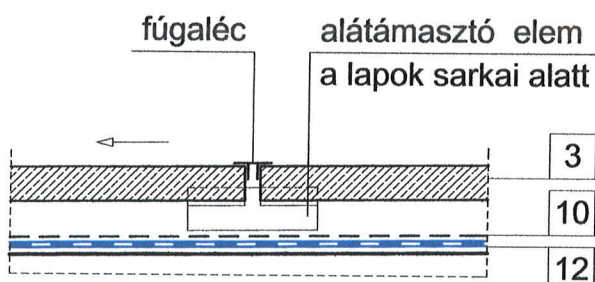
- | | | | |
|---|--|----|---|
| 1 | alacsony vízfelvételű burkoló lap | 7 | szűrőbeton vagy szűrőhabarcs |
| 2 | természetes kőlap burkolat | 8 | finom bazaltzuzalék ágyazat |
| 3 | műkőlap burkolat | 9 | felületszivargó drénlemez műanyag fátyol kasirozással |
| 4 | telített vagy hőkezelt fa járőrburkolat | 10 | szigetelés védelem |
| 5 | teljes felületű, légzárányoktól mentes ragasztás | 11 | csapadékvíz elleni bevonatvízszigetelés, legalább 2 mm vtg. |
| 6 | lejtést adó kavicsbeton vagy esztrich | 12 | csapadékvíz elleni lemezzigetelés |



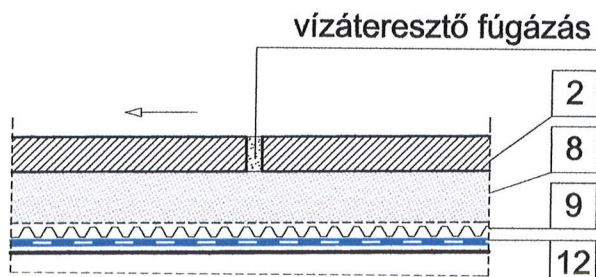
35. ábra Szűrőbetonra ragasztott kerámia burkolat

6.2.2 Kőburkolat

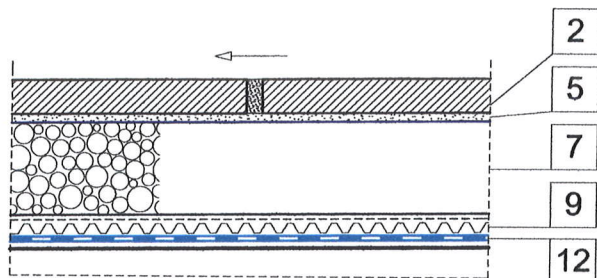
Természetes kő lapburkolatok beépítésénél nem hagyható figyelmen kívül az anyag porózus, vízáteresztő tulajdonsága, amely - kivételes esetektől eltekintve – jelentősen meghaladja a fagyálló kerámiák és kőporcelán lapok hasonló paramétereit. Emiatt a burkolaton átszivárgó víz elvezetését minden esetben meg kell oldani.



36. ábra Kőlap/műkőlap pontszerű alátámasztással



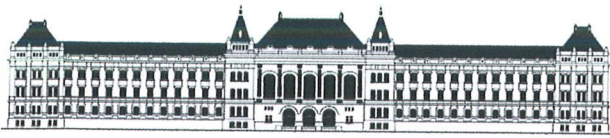
37. ábra Kőlap/műkőlap vízáteresztő ágyazással



38. ábra Szűrőbetonra ragasztott kőlap burkolat

- 1 alacsony vízfelvételű burkoló lap
- 2 természetes kőlap burkolat
- 3 műkőlap burkolat
- 4 telített vagy hőkezelt fa járóburkolat
- 5 teljes felületű, légzárványoktól mentes ragasztás
- 6 lejtést adó kavicsbeton vagy esztrich

- 7 szűrőbeton vagy szűrőhabarcs
- 8 finom bazaltzualék ágyazat
- 9 felületszivárgó drénlemez műanyag fátyol kasírozással
- 10 szigetelés védelem
- 11 csapadékvíz elleni bevonatvízszigetelés, legalább 2 mm vtg.
- 12 csapadékvíz elleni lemezszigetelés

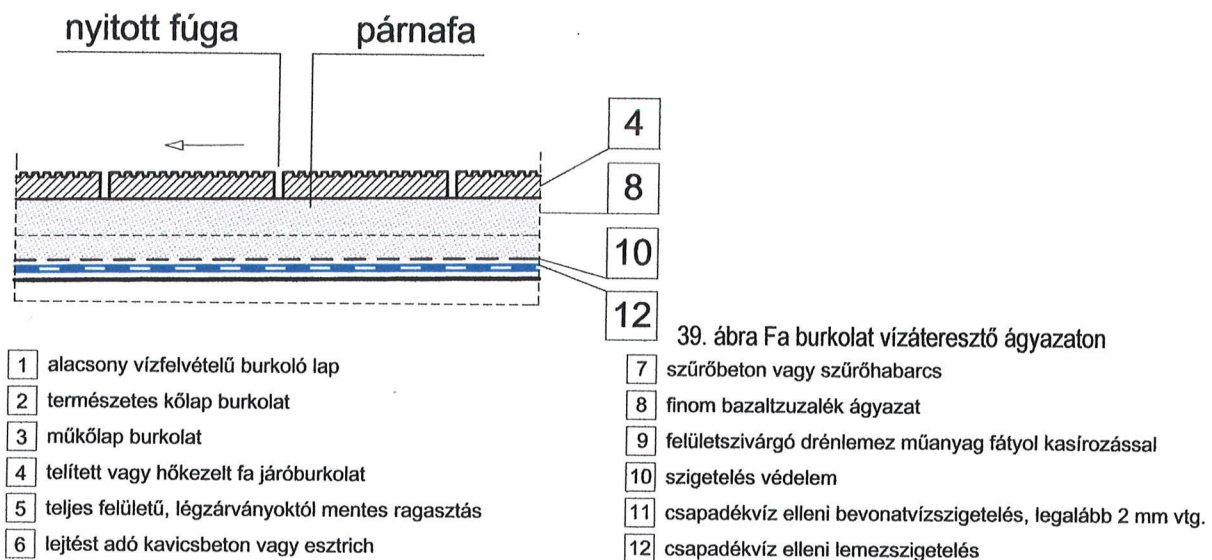


6.2.3 Műkö burkolat

Műkö-, cement- és terrazzólap burkolatok fagyálló termékekből készülhetnek. A lapok nagy vastagsága és viszonylag jelentős vízfelvétele miatt a természetes kőlapoknál ajánlott műszaki megoldások szerint javasolt fektetésük.

6.2.4 Fa burkolatok

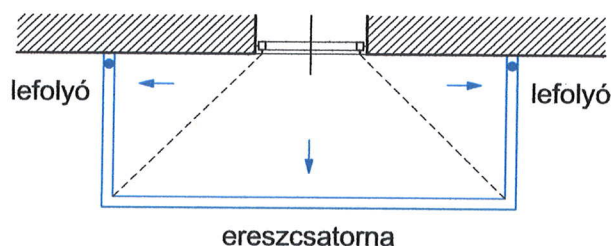
Faburkolatok készítése közlekedő útvonalak (folyosók) felületeire nem ajánlott. Más esetekben (erkély, loggia) is mérlegelni kell a várhatóan rövidebb élettartam, illetve a jelentős karbantartási igény (évente 1-2 alkalom) költségvonatát. A faburkolat, valamint a közvetlen aljzatát képező párnafa alapvetően hőkezelt, vagy telített fából készüljön. A rétegfelépítést úgy kell megtervezni, hogy a párnafák alatt ne maradjon pangó víz.



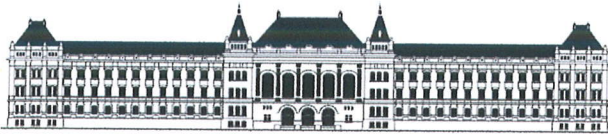
39. ábra Fa burkolat vízáteresztő ágyazaton

6.3. A vízvezetés változatai

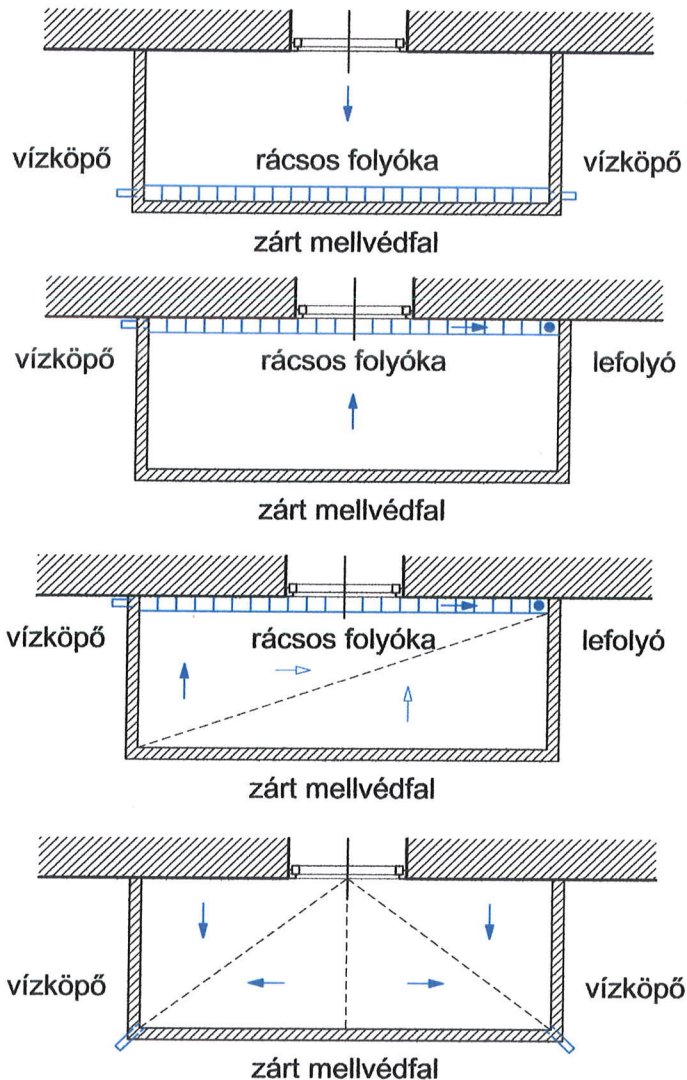
Az erkélyek és függőfolyosók hagyományosan vonalmenti, külső vízvezetéssel készültek. Ez sok esetben a földem szélén a víz lecseppentését jelenti. Van, amikor a homlokzat szélnek kitettsége, vagy az alsó homlokzat nedvességre érzékeny kialakítása miatt nem hagyható el a vízvezető csatorna beépítése a földem peremén. A függőleges lefolyócsövek elhelyezése sokszor problémát jelent. Kisebb erkélyeknél általában egyszerűbben helyet lehet találni a lefolyócsőnek, mint hosszú folyosóknál.



40. ábra Áttört erkély függőeresz csatornával



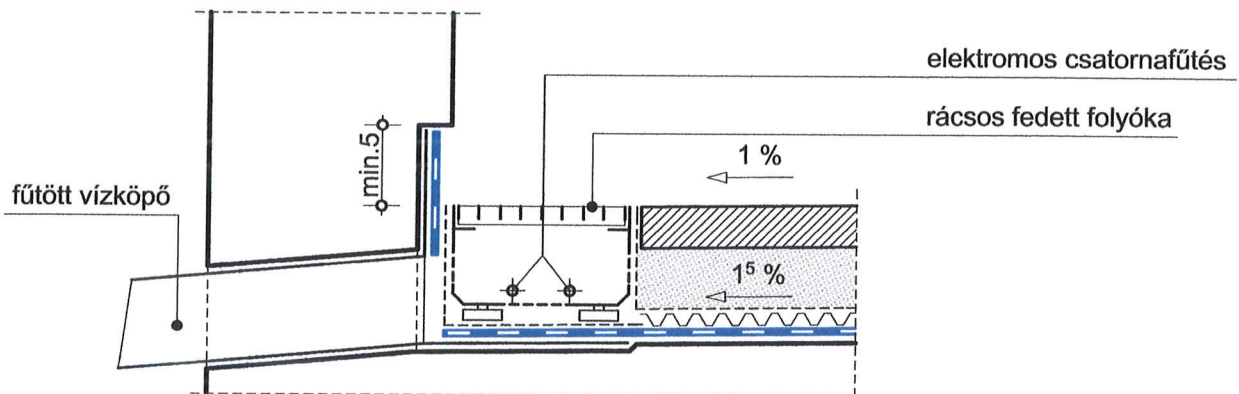
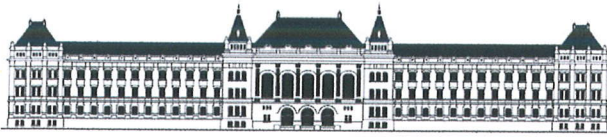
A pontszerű, külső vízvezetés vízköpők formájában valósítható meg. Sok nehézséggel járó megoldás, sok meghibásodással. A kifolyók télen gyorsan eljégesednek, de a hó kilapátolása is lényegesen nagyobb munka, mint a szabad peremű megoldások esetén. Csak a kifolyók és a burkolat fűtése (jégmentesítő padlófűtés) jelent biztos védelmet a téli beázásoktól. Többszintes épületeknél, szélnek kitétt homlokzatokon még ebben az esetben is származhatnak meghibásodások a koncentráltan kifolyó vízből, ezért a tervezőnek kell mérlegelni a vízköpők kockázatait.



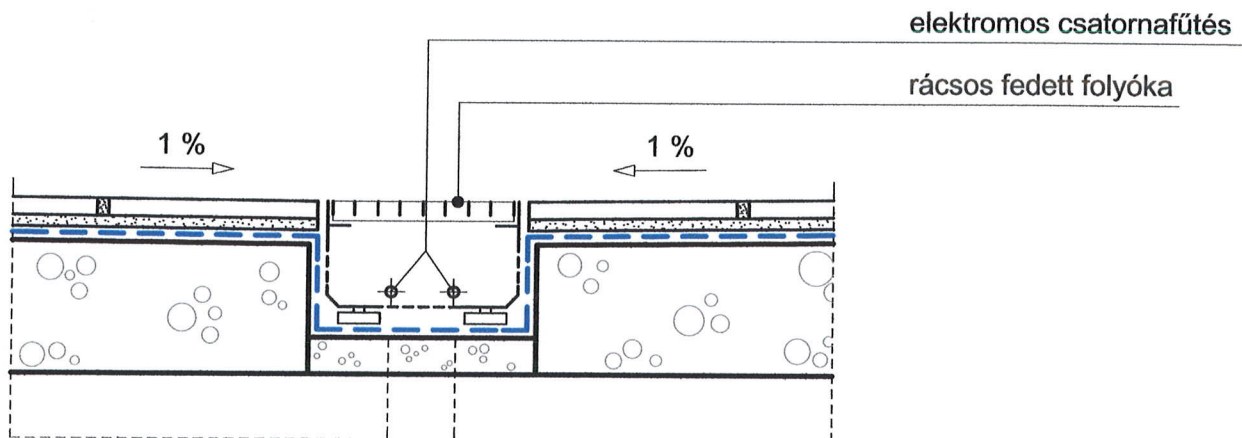
41-44. ábrák Tömör/lábazatos erkély vízvezetése vízköpővel

A belső vízvezetés lábazatos korlát, vagy tömör mellvéd esetén javasolható megoldás akár pontra lejtés, akár vonalra lejtés esetén. A vízvezető szerkezetek eljégesedését, és a medenceszerű erkély, vagy folyosó hóval való feltöltődését ebben az esetben is meg kell akadályozni. Tömör mellvéd esetén túlfolyó létesítése is szükséges.

Valamennyi esetben vízvezetés és a rétegfelépítés összhangját meg kell teremteni már a tervezés fázisában. A burkolat és a vízszigetelés geometriája nem minden esetben egyezik meg.



45. ábra Tömör lábazatos erkély vízvezetési változata 1.



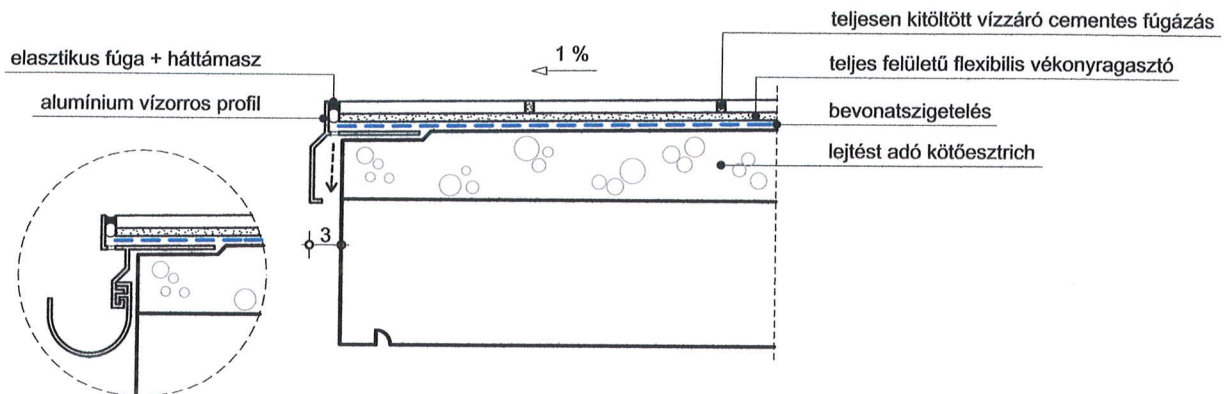
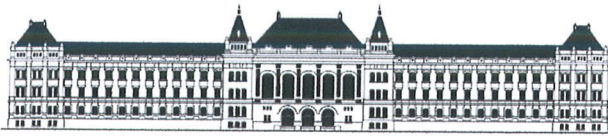
46. ábra Tömör lábazatos erkély vízvezetési változata 2.

6.4. A szabad perem

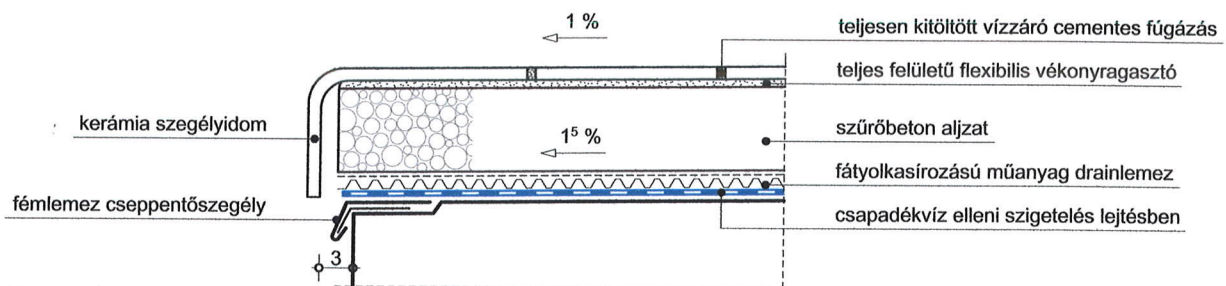
A tárgyalt szerkezetek többnyire szabad peremmel készülnek, ahol a csapadék lefolyhat. Részben a rétegfelépítés, részben az építészeti ízlés szerint többféle megoldás létezik. A víz lecseppentését megfelelő profil beépítésével, vagy a burkolat idomelemével (kerámia, műkő, kő, stb.) lehet megoldani. Néha a cseppentő esztétikai szerepet is kap: eltakarja a lejtést adó beton vagy esztrich gyakran igénytelen zsaluzattal készített homlokl felületét. A cseppentőnél nem csupán a felszínen folyó vizeknek kell távozni, de a rétegrendbe a hézagoknál bejutó csapadéknak is itt kell kiszivárogni a szerkezetből. Itt lényeges különbség van a burkolat alatti bevonatszigetelések (ún. kötő szigetelések), és a teherelosztó beton vagy esztrich alatti lemezszigetelések között.

A földem szélére szerelt vízvezető csatornát a készen kapható rendszerek általában közvetlenül a cseppentő szegélyprofilra rögzítik.

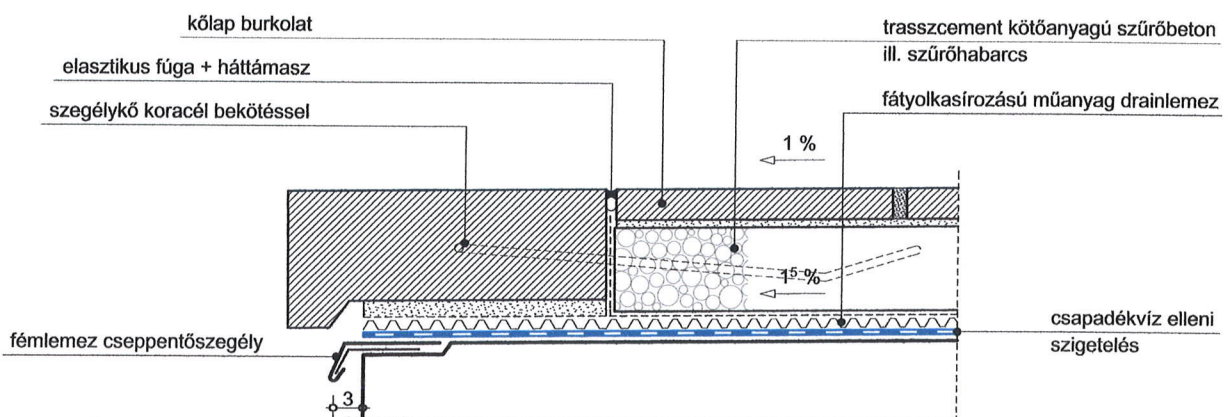
Amennyiben a szerkezet körbe hőszigetelését választják, akkor a perem kialakításánál kiegészítő acél (horganyzott acél vagy korracél) profilok beépítésére lehet szükség, ugyanis a földem homlokl felületére beépített hőszigetelés nem alkalmas arra, hogy a cseppentő szegélyt rajta rögzítsék.



47. ábra Áttört mellvédű erkély vízvezetése 1.



48. ábra Áttört mellvédű erkély vízvezetése 2.



49. ábra Áttört mellvédű erkély vízvezetése 3.

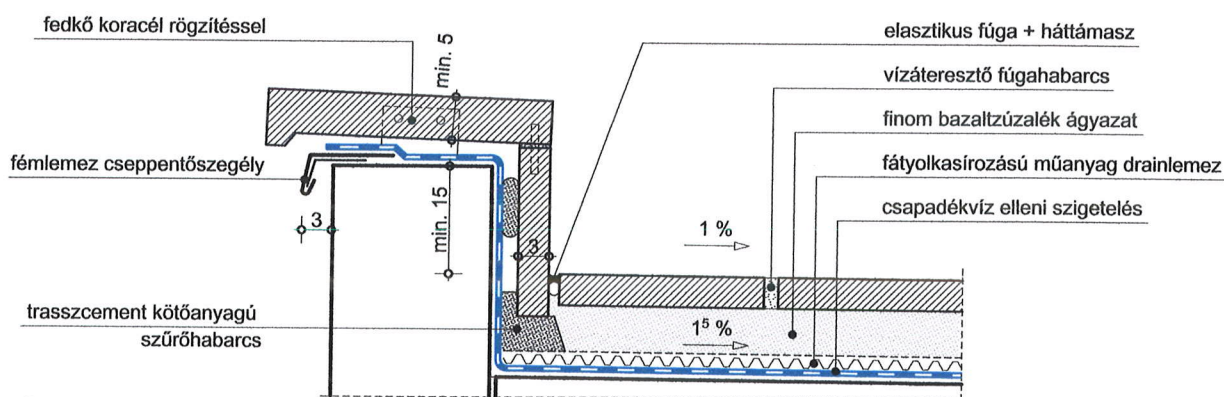
6.5. A tömör mellvéd

A tömör mellvéd készülhet ragasztott biztonsági üvegből, vagy vasbetonból. Minden esetben megoldandó az erkély, vagy folyosó vízszigetelésének csatlakoztatása, lábazatképzése.

A tömör mellvéd kockázatának megértéséhez érdemes egy valós, átélt esetet megismerni. A mindössze 3 m² alapterületű, tömör vasbeton mellvéddel épített erkély Budapesten, a Normafa közelében áll. Az erkély lágy PVC vízszigeteléssel, és pontszerű belső vízvezetéssel készült. A tulajdonos elutazott téli



sielésre. Közben a Budai hegyekben is lehullott a hó. Az erkélyt néhány napig 50 cm vastagságú hó fedte, amely rövidesen elolvadt. A befagyott állapotú lefolyón át nem tudott elfolyni a víz, ezért a küszöbnél az épület belsejébe hatolt. Az emeleten a parketta, az alatta lévő szinten a stukkók mentek tönkre. Ki a felelős? A tervező, vagy a kivitelező? A kivitelezőt az mentette meg a kárterítéstől, hogy a vízszigetelés teknőszerűen készült, körben felhajtásokkal az előírt magasságig, és a vízszigetelés vízhatlanságát árasztásos próba is igazolta. Az eset átgondolása segít megértetni elsőre talán aggályoskodónak látszó javaslatainkat (lefolyó fűtés, jégmentesítő padlófűtés), melyeket megfogalmazzunk.



50. ábra Lábazatos mellvédű erkély pereme

6.6. A korlát beépítése

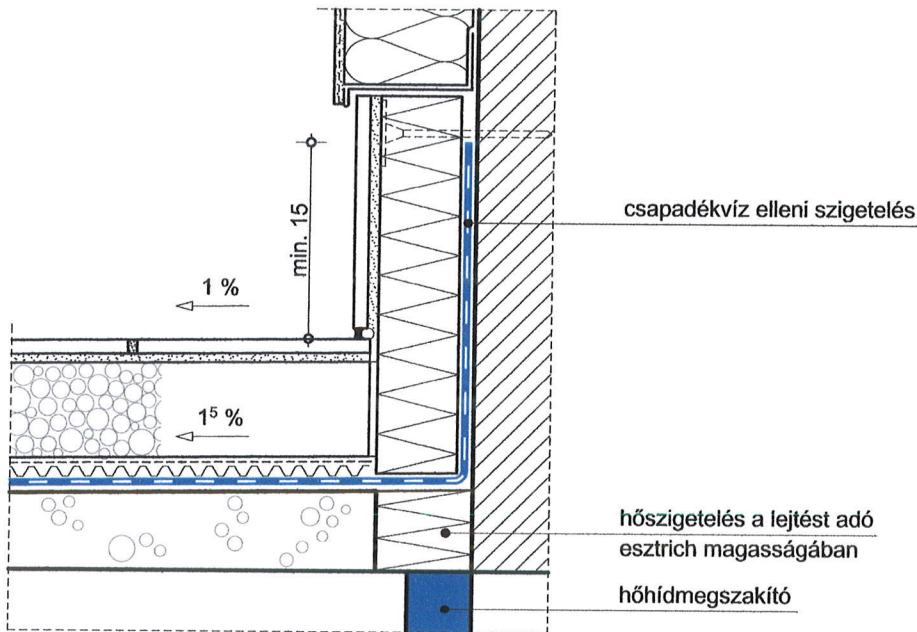
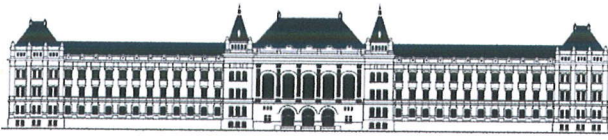
A peremén szabad kifolyást engedő szerkezeteknél a földem homloklfelületéhez rögzített korlátoszlopot javasolt készíteni. Nem csökkenti a folyosó, vagy erkély hasznos szélességét, továbbá a korlátoszlopok nem lyukasítják ki sem a vízszigetelést, sem a burkolatot. A korlátoszlopokat akkora konzollal kell a földemhez rögzíteni, hogy a vízcseppentő profil, illetőleg a vízvezető csatorna elhelyezhető legyen. Amennyiben ezt a szempontot figyelmen kívül hagyjuk, a földem alsó élén kell megoldani a cseppentést. Amennyiben belső vízvezetés készül, ajánlott „bokafalat” készíteni, amelyre a vízszigetelés és a lábazati burkolat felvezethető (lásd tömör mellvéd). A korlátot ilyenkor vagy a bokafal tetejéhez ajánlott rögzíteni, vagy a földem homloklfelületéhez.

6.7. A lábazat kialakítása

A vízszigetelést a csatlakozó felmenő szerkezetekre (falak, pillérek) fel kell vezetni a burkolat síkja fölé legalább 15 cm magasságig (hazai szabvány hiányában a DIN előírását használjuk).

A vízszigetelést mechanikai sérülésektől, és az UV sugárzás öregítő hatásától az igénybevételeknek megfelelő minőségű lábazati burkolattal meg kell védeni.

Amennyiben a szerkezet réteges, akkor a szigetelést a szilárd falra – és nem a hőszigetelésre – kell felhajtani. Amennyiben hőszigetelés nélküli vakolt falat kell szegélyezni, akkor csak olyan vízszigetelést hajthatunk fel, amelyre közvetlenül ragasztható (cement-, illetve műgyantabázisú bevonatszigetelések) a lábazati burkolat.



51. ábra Csapadékvíz elleni szigetelés lábazati szegélyezése szűrőbetonos aljzat esetén

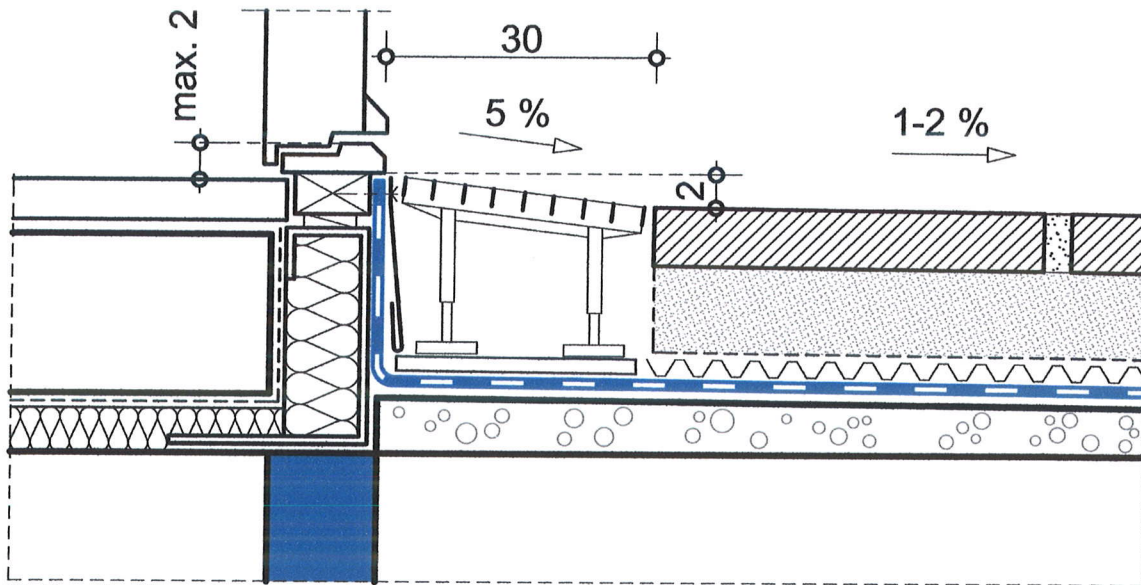
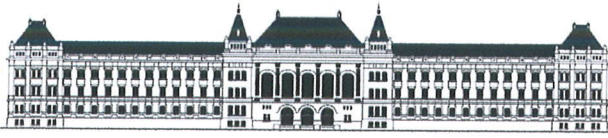
6.8. Csatlakozás a küszöbökhöz

Az erkélyek és folyosók vízszigetelésének legkényesebb pontja a küszöbhez való csatlakozás. Itt több szakmai szempontot kell egymással egyeztetni, és megtalálni az adott esetben legjobb kompromisszumot.

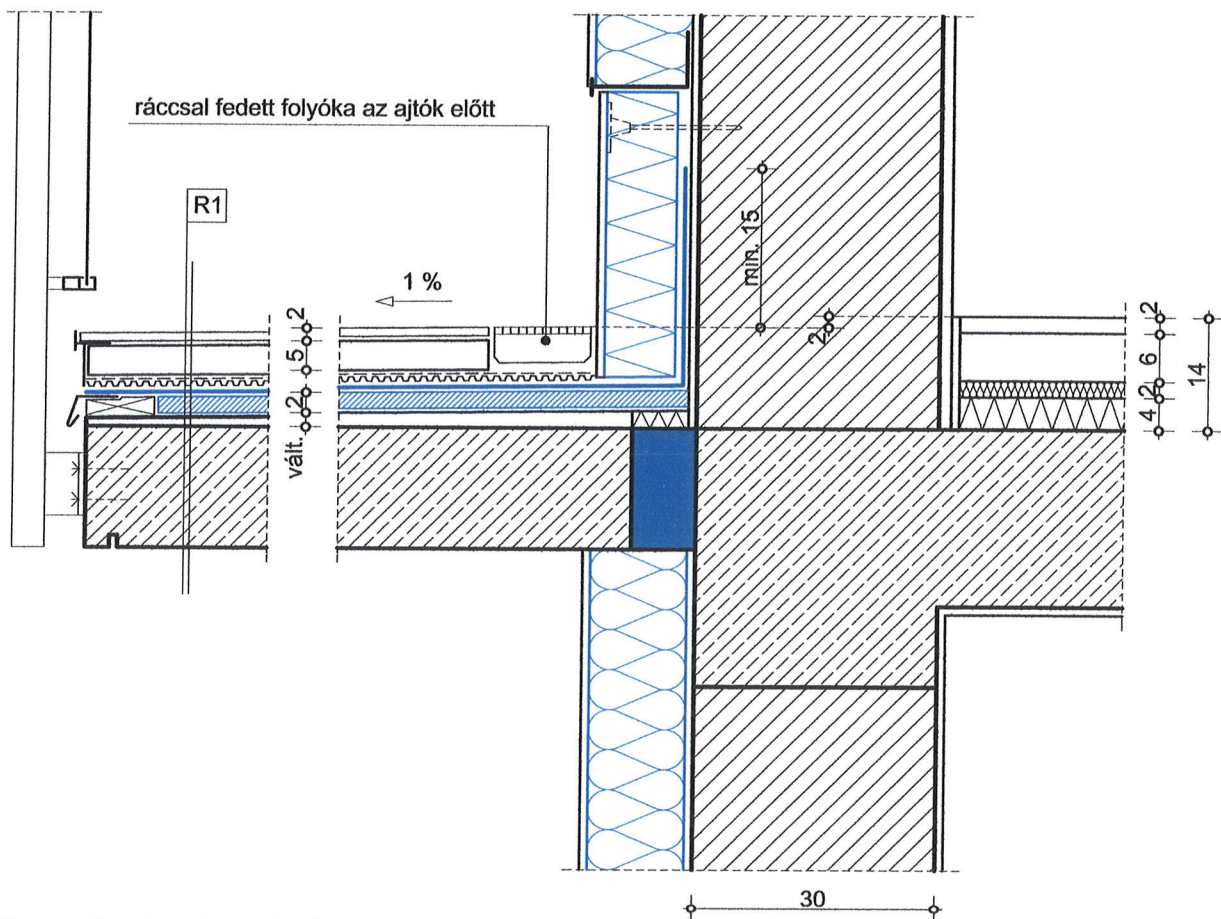
Abból kell kiindulni, hogy a függőleges szerkezetekre a vízszigetelést fel kell vezetni a burkolat síkja fölé 15cm magasságig (DIN szabvány előírása). Ha ezt betartjuk, akkor 15cm magasságú küszöböt kellene beépíteni, ami a használatot igen nehezíti, nem beszélve az akadálymentesség kérdéséről. Ilyen küszöböt legfeljebb erkélyek esetén készíthetünk. Amennyiben közvetlenül az ajtó közelében megoldott a víz elvezetése, akkor elegendő a burkolat síkja fölé 5cm magasságig felvezetni a vízszigetelést (DIN szabvány előírása). A küszöb magassága így is jelentős, ami a használat során kényelmetlenséget jelent. Az ajtó közelében a vízvezetést fém ráccsal fedett folyóka beépítésével lehet megoldani. A folyóka által gyűjtött víz további útját meg kell tervezni: vagy a rétegrendben lévő felületszivárgóba, vagy pedig lefolyóba vezethető a víz. Amennyiben az 5cm magasságig felvezetett vízszigetelés előírását betartjuk, akkor a vízszigetelést a küszöbre ajánlott felvezetni, lecsúszás ellen rögzített és mögéfolyás ellen tömített módon. A vízszigetelés védelmét fémlemez borítással lehet megoldani.

Vannak olyan ajtószervezetek (pl. emelő-toló működés), amelyekhez csak a burkolat síkja alatt lehet csatlakozni a vízszigeteléssel. Ezek beázástól mentes működésének nagy a kockázata még akkor is, ha közvetlenül előttük ráccsal fedett folyókát építenek be. A beázás kockázata csökken célszerűen megválasztott rétegfelépítés (vízáteresztő fugarendszer), befagyást gátló folyókafűtés, az ajtóhoz közel lévő lefolyók, csapadéktól védő előtető beépítésével.

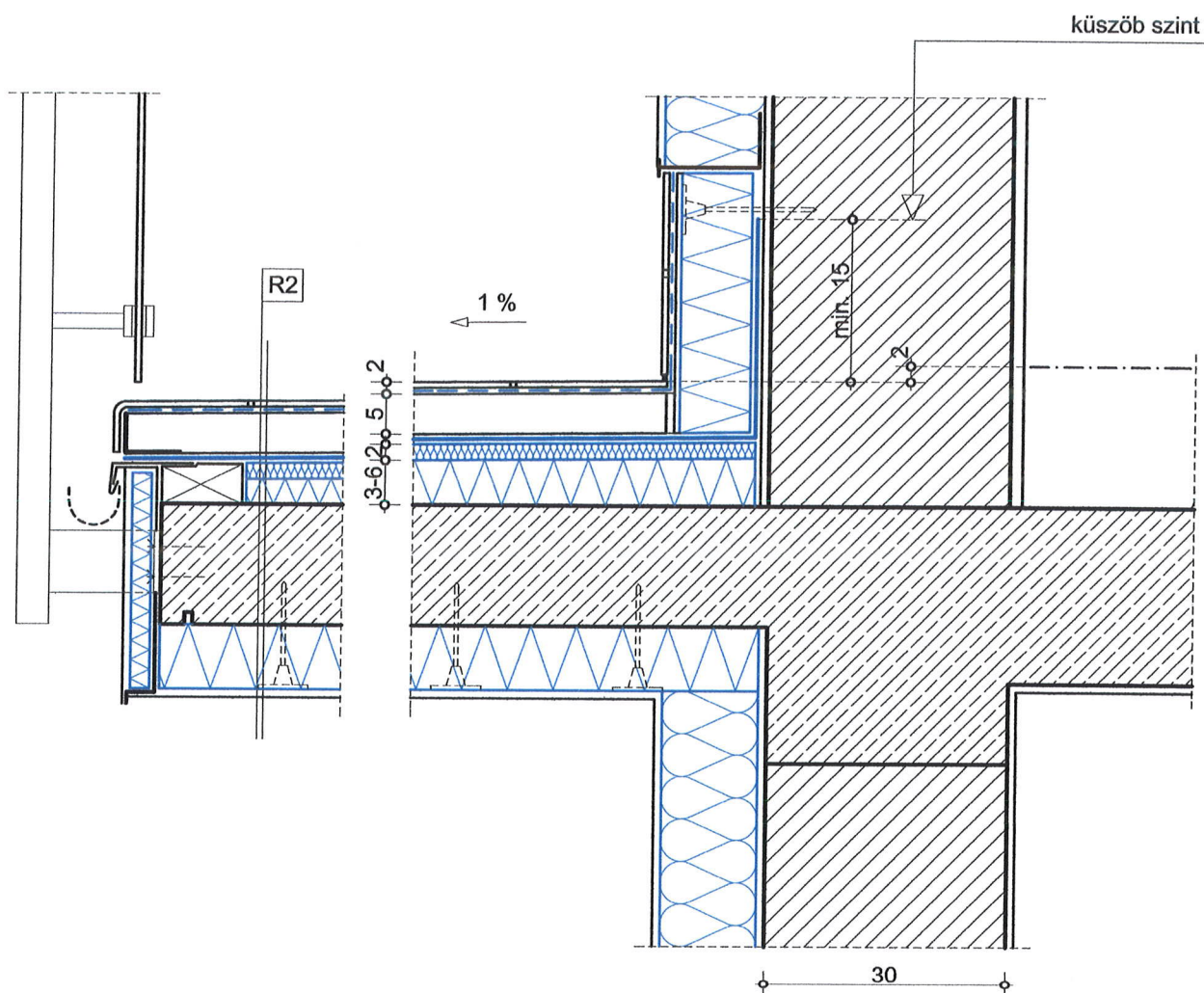
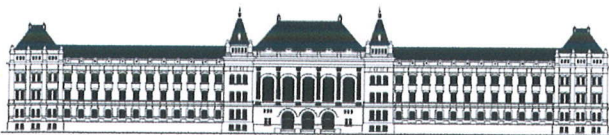
Az akadálymentességre vonatkozó előírás (OTÉK) szerint legfeljebb 20 mm magasságú, lekerekített élű küszöböt létesíthetünk. Ezt a szigorú feltétel úgy teljesíthető, ha az ajtó elé beépített folyókát fedő rács ferde síkban kerül beépítésre, mintegy rámpaszerűen áthidalva a szintkülönbséget.



52. ábra Akadálymentes kapcsolat külső és belső tér között



53. ábra Függőfolyosó példája hőhíd megszakító vasalással, lépéshang elleni szigeteléssel

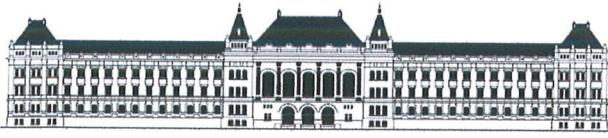


54. ábra Akadálymentes kapcsolat külső és belső tér között

6.9. Tágulási hézagok

A tágulási hézagok megfelelő kialakításával megelőzhetők a burkolatban kialakuló károsodások jelentős része.

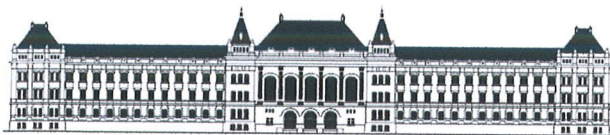
Rétegfelépítés szempontjából a legkockázatosabb, amikor a födémre kötő rétegekkel (lejtést adó simítás, bevonatszigetelés, vékonyágyas flexibilis ragasztó habarcs, lapburkolat) közvetlen kapcsolatban van a burkolat és a tartószerkezet egymással. A hőmérsékletváltozás időbeli különbségéből jelentős hőfeszültségek származnak, melyektől értelemszerűen a burkolat (és nem a födém szerkezet) károsodik. Az önsúlyterhek hatására bekövetkező szerkezeti alakváltozások is a burkolatban okozhatnak helyi meghibásodásokat. Ezekből az elvi megfontolásokból, illetve számos káreset elemzéséből levonható az a következtetés, hogy csak kis méretek, és kis alakváltozások esetén javasolt ez a rétegfelépítés.



Úsztatott és csúsztatott rétegfelépítés esetén általában cementesztrich a burkolati aljzat. Ilyen esetekben a peremhézagokra és a tágulási hézagokra vonatkozó előírásokat be kell tartani. A burkolatban és az esztrichben azonos helyen kell kialakítani a tágulási hézagokat.

Fűtött esztrichek esetén be kell tartani a vonatkozó szabvány tágulási hézagok kialakítására vonatkozó előírásait is.

Nem kell tágulási hézagokat kialakítani a ragasztás nélkül zúzottkő ágyazatra, vagy alátámasztó elemekre lefektetett vastag burkolatokban.



7. IRODALOMJEGYZÉK

- [1] Épületek megépült teherhordó szerkezeteinek erőtani vizsgálata – műszaki irányelv. MMK Tartószerkezeti Tagozat, 2010.
- [2] MSZ EN 13318 Esztrichek és padozati anyagok – Fogalom meghatározások
- [3] MSZ EN 13813 Esztrichek és padozati anyagok – Esztrichhabarcsok – Tulajdonságok és követelmények
- [4] MSZ EN 13892-1 Esztrichek és padozati anyagok vizsgálati módszerei. 1. rész: Mintavétel, a próbatestek előállítása és tárolása
- [5] MSZ EN 13892-2 Esztrichek és padozati anyagok vizsgálati módszerei. 2. rész: A hajlító-húzószilárdság és a nyomószilárdság meghatározása
- [6] MSZ EN 13501-1 Építőipari termékek és szerkezetek osztályozása az égési tulajdonságok szerint. 1. rész: Az építőipari termékek égési tulajdonságainak vizsgálatából kapott eredmények osztályozása
- [7] Mila Schrader, Julia Voigt: Bauhistorisches Lexikon, Baustoffe, Bauweisen, Architekturdetails Edition: anderweit
- [8] Dipl.-Ing. Architekt Jörg Böhning: Altbau-Modernisierung kompakt – ISBN 978-3-481-02424-6 Rudolf Müller 2007
- [9] Dipl.-Ing. Architekt Jörg Böhning: Altbau-Modernisierung im Detail; Konstruktionsempfehlungen – ISBN 978-3-481-02717-9 Rudolf Müller 2011
- [10] Hans-Walter Goldelius: Balkon- und Treppengeländer – ISBN 978-3-481-02337-9 Rudolf Müller 2007
- [11] Dipl.-Ing. Helga Öttl-Präkelt, Egon Leustenring und Dipl.-Ing. Werner H. Präkelt: Balkone und Terasse – ISBN 978-3-481-02722-3 Rudolf Müller 2010
- [12] Breymann: Baukonstruktionslehre
- [13] Dr. Balázs L. György: Szerkezetek megerősítése szénszálas anyagokkal - hazai tapasztalatok. Vasbetonépítés, 1999/4.
- [14] Bossányi József: Kőműves- és kőfaragószerkezetek. Athaneum rt., Bp 1921.
- [15] Breymann, G.A.: Allgemeine Baukonstruktionslehre mit besonderer Beziehung auf das Hochbauwesen. I. Die Konstruktionen in Stein. (Sechste, neubearbeitete Auflage von dr. Otto Warth.) Leipzig, J.M. Gebhardt's Verlag, 1896.
- [16] Dr. Császár László: Korai vas és vasbeton építészetünk. Műszaki Könyvkiadó, Bp. 1978.
- [17] Déry Attila: Történeti anyagtan. TERC Kft., Bp. 2000.
- [18] Déry Attila: Történeti szerkezettan. TERC Kft., Bp. 2002.
- [19] Épületdiagnosztika. Szerk.: Kelemen János. ÉTK, Bp. 1985.
- [14] Kotsis Endre: Épületszerkezettan. Egyetemi Nyomda, Bp. 1945.
- [20] Meglévő épületek tartószerkezetei. Szerk.: Mentésné Töldy Sarolta. (Az MMK Kiskönyvtára, TT-TS 2.) MMK Tartószerkezeti Tagozat, Bp. 1998.
- [21] Dr. Michailich Győző - Dr. Haviár Győző: A vasbetonépítés kezdete és első létesítményei Magyarországon. Akadémiai Kiadó, Bp. 1966.
- [22] Sobó Jenő: Erdészeti építéstan I. - Középipítéstan. Selmezbánya, Joerges Ágost özv. és fia, 1898. (Reprint kiadás: Soproni Egyetem, 1998.)
- [23] Urbán István: A műemléki restaurálás statikai vizsgálati és tervezési módszerei. BME Mérnöki Továbbképző Intézet, Bp. 1983. (kézirat)
- [24] MSZ 15601:2007 Épületakusztika
- [25] 9/2008 (II.2.) OTM rendelet