



VILNIAUS GEDIMINO TECHNIKOS UNIVERSITETAS
STATINIŲ, KONSTRUKCIJŲ IR MEDŽIAGŲ MOKSLO LABORATORIJA
Saulėtekio al. 11 Tel./Faks: 8 (5) 269 87 40, 8(5) 274 48 96
10223 Vilnius

Sutartis Nr.4567-P
2012 m. gruodžio 19 d.

SKYLĖTŲJŲ KERAMINIŲ APDAILINIŲ PLYTŲ MŪRO SĄRAMOS LAIKOMOSIOS GALIOS IR ILINKIŲ TYRIMAS

ATASKAITA

Užsakovas:

UAB „BAUTOPAS“

Vykdytojas:

VGTU SKMML

SKMML vedėjas

E. Dulinskas

Darbo vadovas

B. Jonaitis

Vilnius, 2012

Vykdytojų sąrašas

Temos vadovas

doc., dr. B. Jonaitis

Vykdytojai

mgr. R. Zavalis

BENDROSIOS ŽINIOS

UAB „BAUTOPAS“ užsakymu atlikti apdailinių plytų mūrinės sąramos eksperimentiniai tyrimai. Tyrimų tikslas nustatyti apdailinių plytų mūrinės sąramos laikomąją galią.

Ataskaitoje pateikiami mūrinės sąramos laikomosios galios, mūro gaminių (keraminių plytų), skiedinio ir armatūros tyrimų rezultatai. Mūro gaminiai: skiedinys, armavimo elementai pateikti užsakovo. Bandiniai – mūrinės sąramos pagamintos VGTU Gelžbetoninių ir mūrinių konstrukcijų katedros laboratorijoje, bandinius sumūrijo užsakovo mūrininkai.

1.MEDŽIAGOS IR BANDINIAI

1.1. Medžiagos

Mūro gaminiai. Sąramos sumūrytos iš skylėtųjų **WIENERBERGER** gamybos keraminių apdailinių plytų (250×85×65) HD (1 pav.), naudojant mūrijimo **skiedinį WEBER 100/600**.

Armatūra. Gulsčiųjų (horizontaliųjų) siūlių armavimui naudoti armavimo elementai „Murfor“ (2 pav.) bei armavimo sistema **Baut**.



1 pav. Wienerberger apdailinės plytos



2 pav. Armavimo elementas „Murfor“

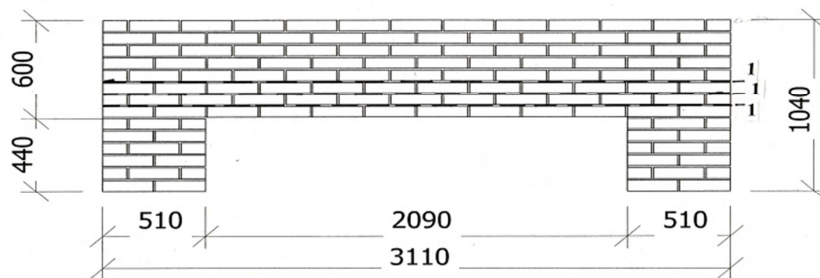
1.2. Bandiniai

Apdailinių plytų sąramos fragmentai pagaminti pagal užsakovo parengtą schemą (3 pav.).

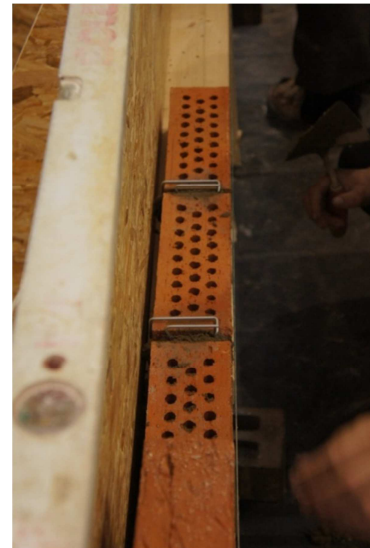
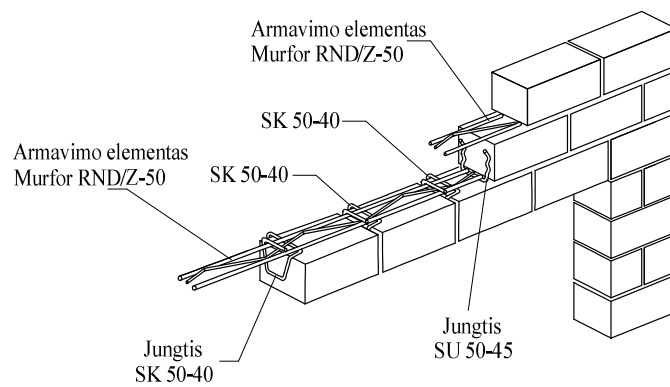
Bandinių konstrukcinis sprendinys atitinka sąramų ties sienų kampu sprendinį, t. y. ties kampiniu tarpuangiu.

Sąramų fragmentų trys apatinės gulsčiosios siūlės armuotos armavimo elementais „Murfor“ (žr.2 ir 3 pav.). Armavimo elementai dedami į gulsčiąją siūlę ir užliejami skiedinio sluoksniu (4 pav.). Armatūra užleidžiama už atramos atstumu lygiu 500 mm. Sąramų gulsčiųjų (horizontaliųjų) ir stačiųjų (vertikaliųjų) siūlių storis 10–12 mm. Sumūrijus fragmentai (bandiniai) buvo apdengti polietileno plėvele.

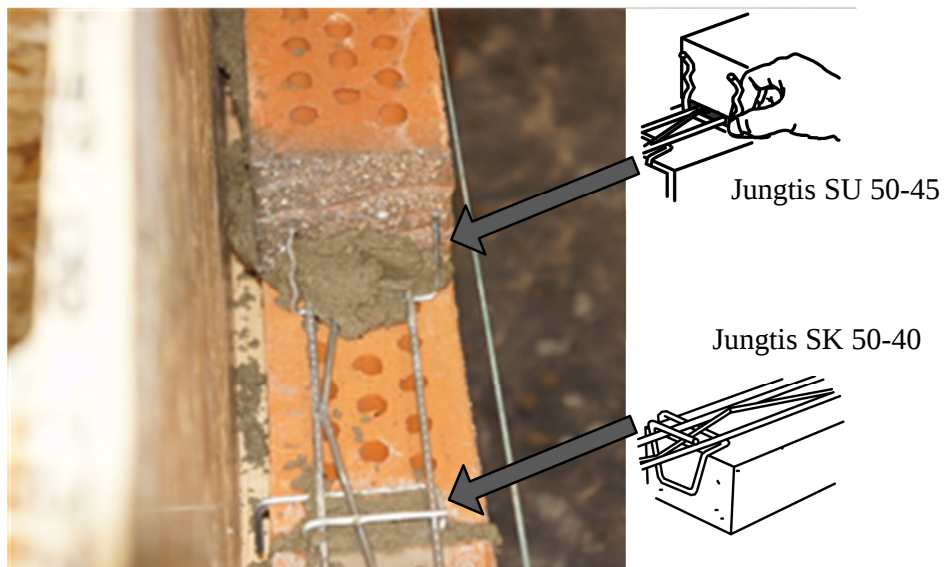
Bandinių bendras vaizdas parodytas 6 pav.



3 pav. Sąramų fragmentų konstrukcinis sprendinys.1– armuotosios gulsčiosios siūlės



4pav. Gulsčiųjų siūlių armavimo bendras vaizdas



5 pav. Armavimo sistemos Baut elementai



6 pav. Apdailinio mūro sąramų (bandinių) bendras vaizdas

2. Bandymo metodika ir bandymo rezultatai

2.1. Mūro gaminių – Wienerberger apdailinių skylėtųjų keraminių plytų, fizikinių – mechaninių savybių tyrimas.

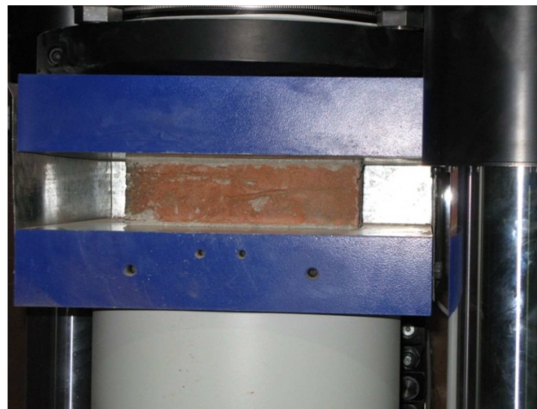
Vandens įmirkis nustatytas pagal LST EN 772-21 standarto reikalavimus. Nustatyta, kad apdailinių skylėtųjų keraminių plytų vidutinis įmirkis 6,6 %, variacijos koeficientas $\delta = 0,064$.

Pradinė vandens įmirkio sparta nustatyta pagal LST EN 772-11 standarto reikalavimus.

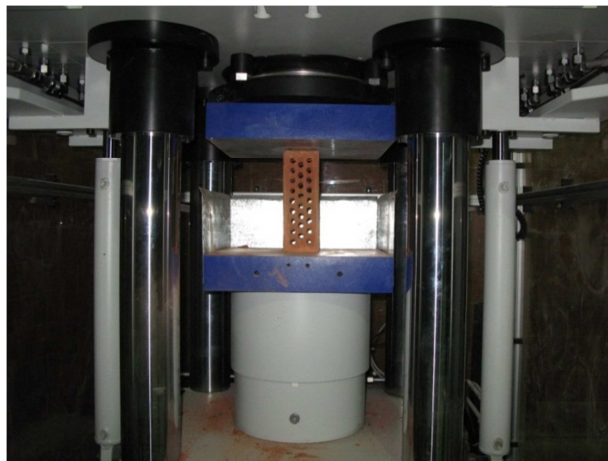
Nustatyta, kad apdailinių skylėtųjų keraminių plytų vidutinė pradinė vandens įmirkio sparta $c_{w,s} = 0,5 \text{ kg}/(\text{m}^2\text{min})$, variacijos koeficientas $\delta = 0,18$.

Gniuždomasis stipris. Apdailinių skylėtųjų keraminių plytų gniuždomasis stipris nustatytas pagal LST EN 772-1:2011 standarto reikalavimus.

Gniuždomasis stipris nustatytas gniuždant plytas statmenai guldomajam paviršiui (7 pav.) ir lygiagrečiai guldomajam paviršiui (8 pav.).



7 pav. Plytų bandymo gniuždant statmenai guldomajam paviršiui bendras vaizdas



8 pav. Plytų bandymo gniuždant lygiagrečiai guldomajam paviršiui bendras vaizdas

Bandymais nustatyta:

Apdailinių skylėtųjų keraminių plytų vidutinis gniuždomasis stipris statmenai guldomajam paviršiui (7 pav.) $f_m = 51,5$ MPa, variacijos koeficientas $\delta = 0,105$, normalizuotasis gniuždomasis stipris $f_b = 43,6$ (tai atitinka 40 gniuždomąją klasę).

Apdailinių skylėtųjų keraminių plytų vidutinis gniuždomasis stipris lygiagrečiai guldomajam paviršiui (8 pav.) $f_{m,II} = 32,6$ MPa, variacijos koeficientas $\delta = 0,072$, normalizuotasis gniuždomasis stipris $f_{b,II} = 30,8$ MPa.

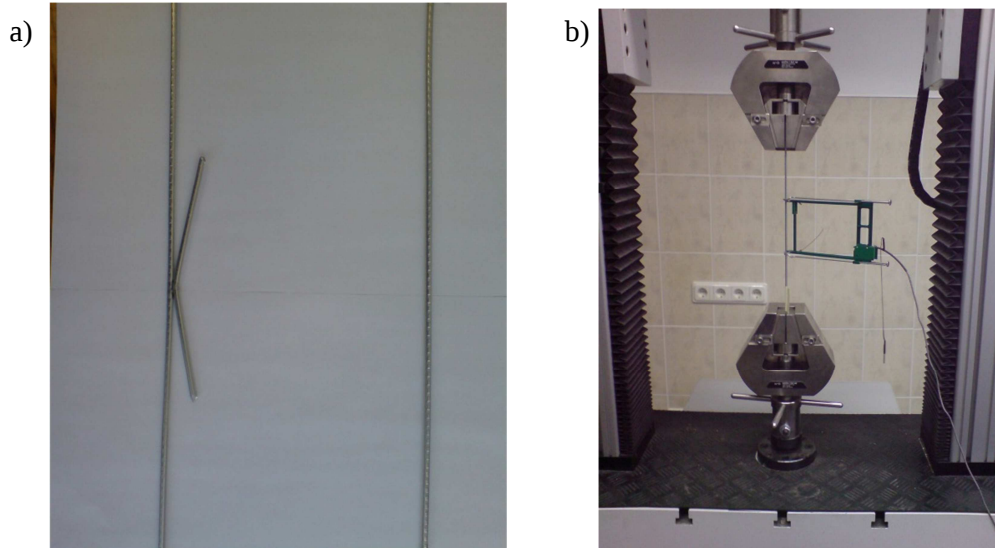
2.2. Skiedinio gniuždomasis stipris

Skiedinio gniuždomasis stipris nustatytas pagal LST EN 1015-II:2004 standarto reikalavimus.

Bandymais nustatyta, kad skiedinio vidutinis gniuždomasis stipris $f_m = 14,8$ MPa, variacijos koeficientas $\delta = 0,0897$.

2.3. Armatūros tempiamasis stipris

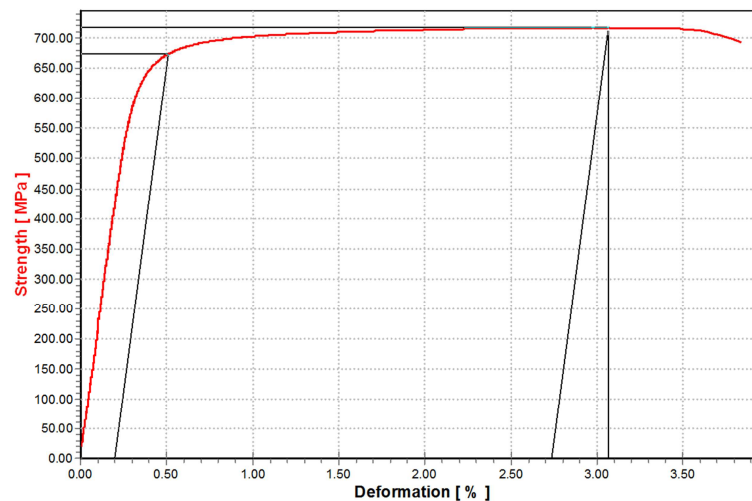
Armatūros tempiamasis stipris. Arnavimo elementų „Murfor“ išilginių armatūros strypų ($\varnothing = 3,96 \text{ mm}$) tempiamasis stipris nustatytas pagal LST EN ISO 15630 standarto reikalavimus. Buvo bandoma bandiniai išpjauti iš armavimo elemento „Murfor“ taip, kad patektų virintinė sandūra su tinklelio strypais (9 pav., a). Bandymo bendras vaizdas pateiktas 9 pav. b.



9 pav. Armatūros bandymas: a – bandinys, b – bandymo bendras vaizdas

Bandymais nustatyta:

Armatūros vidutinis takumo stipris $f_{y,m} = 678,8 \text{ MPa}$, variacijos koeficientas $\delta = 0,0046$, armatūros vidutinis tempiamasis stipris $f_{t,m} = 719,9 \text{ MPa}$, variacijos koeficientas $\delta = 0,0074$. Armatūros σ – ϵ diagrama pateikta 10 pav. Armatūros tamprumo modulis $E = 2,1 \times 10^5 \text{ MPa}$.



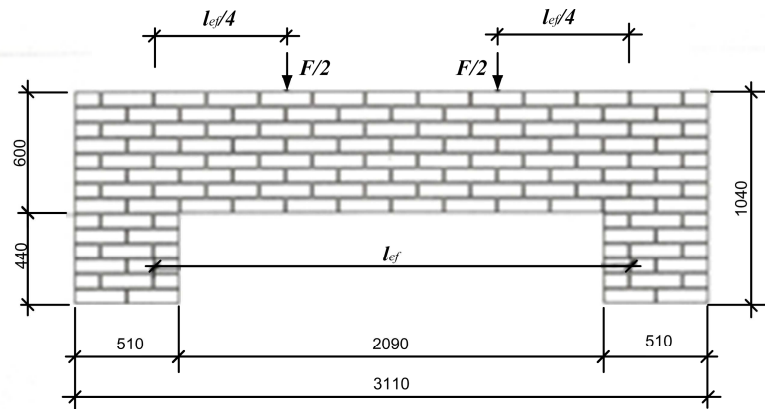
10 pav. Armatūros bandymo σ – ϵ diagrama

2.4. Saramų bandymas

Skylėtųjų keraminių apdailinių plytų saramos buvo bandomos trumpalaikė statine apkrova, apkraunant dviem sutelktosiomis apkrovomis pagal LST EN 846-9:2000 standartų reikalavimus (11 pav.).

Bandymo bendras vaizdas parodytas 12 pav.

Saramos deformacijos iš plokštumos buvo suvaržytos lanksčiaisiais ryšiais (12 pav.). Lanksčiųjų ryšių kiekis ir išdėstymas atitiko faktinį jų kiekį ir išdėstymą tvirtinant apdailinį mūro sluoksnį prie laikančiojo sienos sluoksnio.

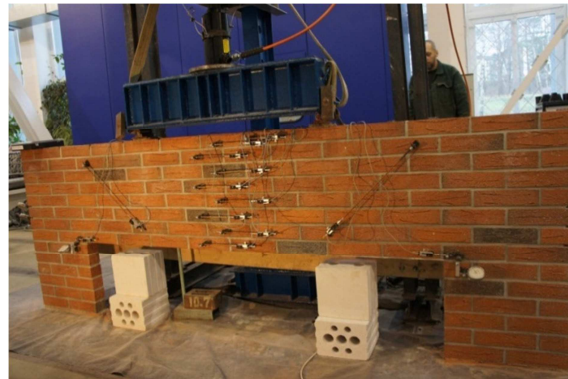


11 pav. Saramos bandymo schema

Išbandyti trys saramų fragmentai. Bandant buvo tiriami tokie parametrai:

- gulsčiųjų siūlių išilginės armatūros išsitraukimas (14 pav.);
- saramos įlinkis;
- saramos išlinkis iš plokštumos;
- plyšių atsiradimo momentas;
- ardančioji apkrova (laikomoji galia);
- irimo pobūdis.

Eksperimentinių tyrimų rezultatai pateikti 1 lentelėje. Įlinkių grafikas pateiktas 15 pav.



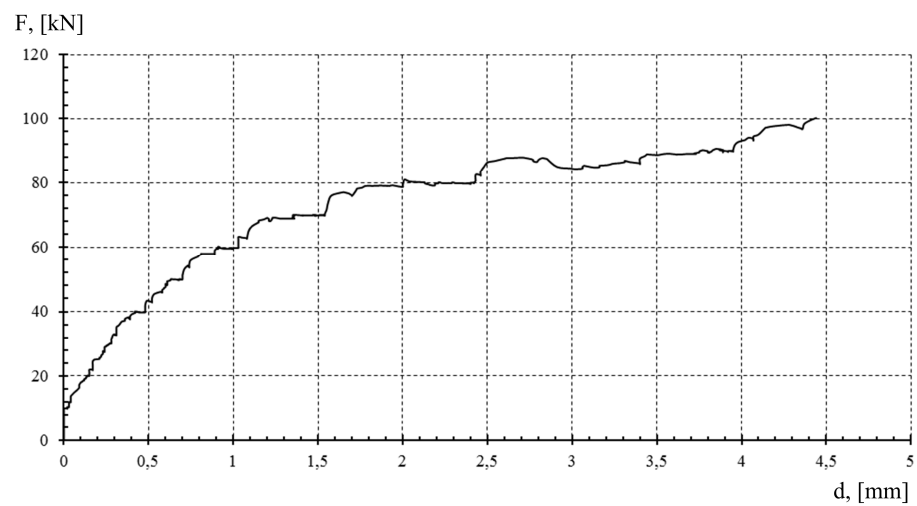
12 pav. Sąramos bandymo bendras vaizdas



13pav. Sąramos deformacijų iš sienos plokštumos suvaržymo lanksčiaisiais ryšiais sprendinys



14 pav. Armatūros išsitraukimo matavimai



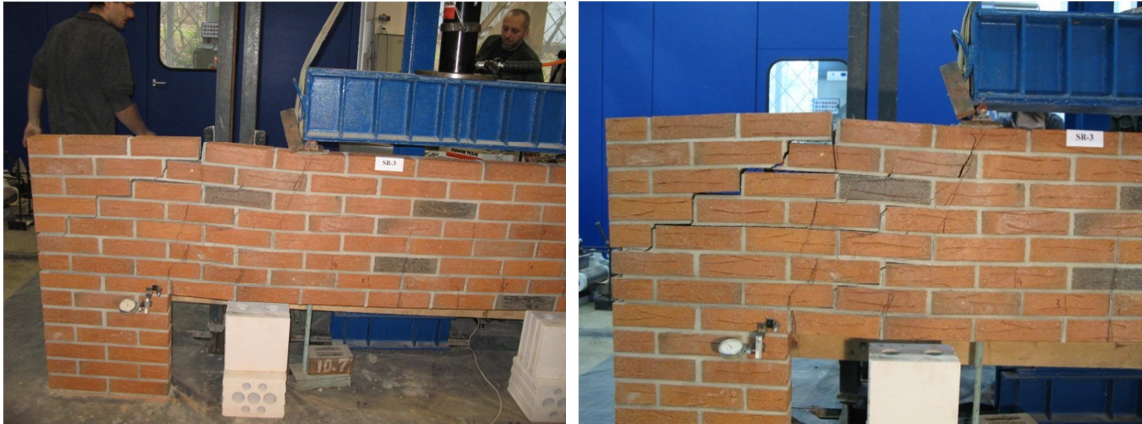
15 pav. Sėramos jėgos ir įlinkių grafikas



16 pav. Sėramos SR-1 irimo bendras vaizdas



17 pav. Sėramos SR-2 irimo bendras vaizdas



18 pav. Sėramos SR-3 irimo bendras vaizdas

Tiriant skylėtųjų keraminių apdailinių plytų mūro sėramą nustatyta:

1. Išardžius klojinius, t. y. veikiant sėramą savojo svorio apkrova, sėrama neįlinko ($d_o = 0$).
2. Kadangi sėramos horizontalieji poslinkiai buvo suvaržyti lanksčiaisiais ryšiais, sėramos išlinkis iš plokštumos buvo lygus nuliui ($d_h = 0$).
3. Armatūra (apatinėje gulsčiojoje siūlėje) praslydo (pradėjo trauktis) veikiant apkrovai lygiai 14,0 kN, tai atitiko lenkiamąjį momentą $M = 9,1$ kNm.
4. Pirmieji normaliniai plyšiai susidarė esant vidutinei apkrovai $F_{cr,m} = 33,5$ kN, tai atitinka veikiantį lenkiamąjį momentą $M_{cr,obs,m} = 21,7$ kNm.
5. Sėramos įlinkis atsiradus pirmiesiems normaliniams plyšiams $d = 1,3$ mm.
6. Sėrama suiro įstrižajame pjūvyje. Vidutinė ardančioji skersinė jėga $V_{u,obs,m} = 60,6$ kN, (tai atitinka vidutinį lenkiamąjį momentą irimo metu $M_{obs,m} = 39,4$ kNm).

Sėramų bandymo rezultatai pateikti 1 lentelėje.

1 lentelė. Saramų bandymo rezultatai

Bandinio šifras	Plyšių susidarymo apkrova $F_{cr,obs}$, kN	Plyšių susidarymo momentas $M_{cr,obs}$, kNm		Ardančioji apkrova F_u , kN	Lenkiamasis momentas irimo metu, M_{obs} , kN/m		Armatūros praslydimo apkrova kN/lenkiamasis momentas kNm	Suirimo pobūdis
		atskiro bandinio	vidutinis		atskiro bandinio	vidutinis		
SR–1	71	23,0	21,7	150,8	49,0	39,4	17/5,53	Suiro įstrižajame pjūvyje, ardančioji skersinė jėga $V_{u,obs}$ = 75,4 kN, (16 pav.)
SR–2	65	21,1		107,7	35,0		44/14,3	Suiro įstrižajame pjūvyje, ardančioji skersinė jėga $V_{u,obs}$ = 53,85 kN, (17 pav.)
SR–3	65	21,1		105,2	34,19		23/7,48	Suiro įstrižajame pjūvyje, ardančioji skersinė jėga $V_{u,obs}$ = 52,6 kN, (18 pav.)
Pastaba: išmontavus klojinius, sąramos neįlinko $d_0 = 0$								

2.5. Skaičiavimo rezultatai

Pagal LST EN 1996-1-1:2006 rekomendacijas apskaičiavus gauta:

- skaičiuotinė sąramos lenkiamoji galia (normalinio pjūvio stipris) $M_{Rd} = 12,2 \text{ kNm}$.
- plyšių susidarymo momentas $M_{cr} = 6,07 \text{ kNm}$.
- sąramos skaičiuotinė kerpamoji galia (įstrižojo pjūvio stipris) $V_{Rd} = 5,53 \text{ kN}$.

Apskaičiuojant sąramos skaičiuotinę lenkiamąją galią ir kerpamąją galią medžiagų dalinis (patikimumo) koeficientas priimtas $\gamma_M = 3$.

3. Išvados

Atlikus 2 pav. pateiktos konstrukcijos Wienerberger skylėtųjų keraminių apdailinių plytų mūrinės sąramos (tarpsnio ilgis 2,09 m) tyrimus nustatyta plyšių susidarymo momentas ir kerpamoji bei lenkiamoji galia (įstrižojo ir normalinio pjūvių stipriai) esant tokioms medžiagų mechaninėms savybėms bei kitiems faktoriams:

- mūrijimo skiedinio gniuždomasis stipris $f_m = 14,8 \text{ MPa}$,
- skylėtųjų keraminių apdailinių plytų normalizuotasis gniuždomasis stipris gniuždant statmenai guldomajam paviršiui $f_b = 43,6 \text{ MPa}$ (tai atitinka gniuždomojo stiprio klasę 40), gniuždant lygiagrečiai su guldomuoju paviršiumi – $f_{bl} = 30,08 \text{ MPa}$,
- skylėtųjų keraminių apdailinių plytų vandens įmirkis 6,6 %, pradinė vandens įmirkio sparta $c_{w,s} = 0,5 \text{ kg/(m}^2\text{min)}$,
- armuotos 3 apatinės mūro eilės armavimo elementais „Murfor“, išilginės armatūros strypų skersmuo 3,96 mm (gulščiojoje siūlėje du išilginės armatūros strypai), armatūros charakteristiniai takumo įtempiai – $f_{yk} = 673 \text{ MPa}$. Armatūra užleista už atramų 500 mm.

Bandymais nustatyta, kad nurodytomis sąlygomis, gauta pakankama sąramos laikomosios galios ir plyšių susidarymo momento atsarga.

Kiekvienam konkrečiam sąramos konstrukciniam sprendiniui būtina atlikti plyšimo momento ir laikomosios galios skaičiavimus pagal LST EN 1996-1-1 reikalavimus.

Projektuojant tokias sąramas ties kampiniais tarpuangiais būtina patikimai užinkaruoti gulsčiųjų siūlių armatūrą, užleisti ją už atramos ne mažiau kaip 500 mm. Tuo atveju, kai tarpangio plotis yra mažesnis kaip 500 mm, būtina užtikrinti konstrukcinėmis priemonėmis patikimą, išilginės gulsčiosios armatūros užinkaravimą.

Apdailinių plytų mūro sąramas reikėtų projektuoti, kad užtikrinti atsparumą normalinių plyšių susidarymui, kadangi apdailiniame sluoksnyje plyšiai nepageidautini estetiniais sumetimais bei dėl vidurinio šilumą izoliuojančio sluoksnio apsaugos nuo aplinkos poveikio.

Naudoti standartai

1. LST EN 771-1:2011. Mūro gaminių techniniai reikalavimai.
2. LST EN 772-1. Mūro gaminių bandymo metodai. 1 dalis. Gniuždymo stipris.
3. LST EN 772-II. Mūro gaminių bandymo metodai. II dalis. Užpildų betono, autoklavinio akytojo betono, dirbtinio ir gamtinio akmens mūro gaminių kapiliarinio vandens įmirčio ir keraminių mūro gaminių pradinės vandens įmirčio spartos nustatymas.
4. LST EN 772-21:2011. Mūro gaminių bandymo metodai. 21 dalis. Keraminių ir silikatininių mūro gaminių vandens įmirčio nustatymas panardinant juos į šaltą vandenį.
5. LST EN 998-2. Techniniai mūro skiedinio reikalavimai. 2 dalis. Mūro skiedinys.
6. LST EN 1015-11:2004. Mūro skiedinio bandymo metodai. 11 dalis. Sukietėjusio skiedinio stiprio lenkiant ir gniuždant nustatymas.
7. LST EN ISO 15630-2:2002 Armatūrinis plienas betonui sutvirtinti ir įtempti. Bandymo metodai. 2 dalis. Suvirintas armatūrinis tinklas.
8. LST EN 846-9:2000. Pagalbinių mūro komponentų bandymo metodai. 9 dalis. Sėramų atsparumo lenkimui ir kirpimui nustatymas.
9. LST EN 1996-1-1:2006. Eurokodas 6. Mūrinių konstrukcijų projektavimas. 1–1 dalis. Bendrosios armuotųjų ir nearmuotųjų mūrinių konstrukcijų taisyklės.