

UNIVERSITATEA TEHNICĂ DE CONSTRUCȚII BUCUREȘTI

ȘCOALA DOCTORALĂ UTCB

Teză de doctorat

Reziliența seismică a structurilor interbelice

Raport științific II

Cercetări experimentale originale, efectuate prin programe științifice europene, la cumpăna dintre secolele XX și XXI

Conducător științific:
Prof. Ramiro SOFRONIE

Student doctorand:
Ing. Liviu-Costin GRUIA

BUCUREȘTI
2019

CUPRINS

Capitolul 1. INTRODUCERE.....	3
Capitolul 2. Proiectul Euroquake, JRC-ISPRA, Varese, Italia	4
1. Date generale	4
2. Modelul 3D în mărime naturală fără goluri	5
3. Modelul 3D în mărime naturală cu goluri	7
Capitolul 3. Proiectul Ecoleader, ISMES, Bergamo, Italia.....	9
1. Date generale	9
2. Model 3D clădire patrimonială din zidărie de cărămidă plină cu mortar de var în varianta neconfinată.....	9
3. Model 3D clădire patrimonială din zidărie de cărămidă plină cu mortar de var în varianta confinat cu grile polimerice	11
4. Model 3D clădire patrimonială din zidărie de cărămidă cu goluri cu mortar de var-ciment în varianta neconfinată	13
5. Model 3D clădire patrimonială din zidărie de cărămidă cu goluri cu mortar de var-ciment în varianta confinată cu grile polimerice	15
Capitolul 4. Poligonul ASTRA, Ploiești	17
1. Date generale	17
2. Rezultatele experimentului.....	20
Capitolul 5. INCERC, Iași, Romania	20
1. Date generale	20
2. Rezultatele experimentului.....	21
Capitolul 6. ISMES, Bergamo, Italia	22
1. Date generale	22
2. Rezultatele experimentului.....	23
Capitolul 7. Tabel comparativ.....	24
1. Prezentarea tabelului.....	24
2. Scurte comentarii	25
Capitolul 8. CONCLUZIE	27
BIBLIOGRAFIE.....	27
BIBLIOGRAFIE – INTERNET	27

LISTA FIGURILOR.....	28
LISTA TABELELOR.....	29

Capitolul 1. INTRODUCERE

Experiența cutremurului de pământ din 1977 a avut drept consecință un real progres al domeniului construcțiilor. Studiile întreprinse ulterior au condus către o cunoaștere mai bună a specificului mișcărilor seismice din România. De asemenea, metodele de proiectare și conceptele de conformare a construcțiilor au evoluat semnificativ.

În data de 31 august 1986 s-a produs un cutremur de pământ cu sursa seismică în zona Vrancea. Acest cutremur a avut o magnitudine de 7,1 grade pe scara Richter și a avut un focar situat la adâncimea de 131,4 km. [9]

Cutremurul s-a resimțit în opt țări, afectând o mare parte a Europei de Sud-Est. Cea mai afectată regiune a fost Focșani-Bârlad, unde intensitatea acestuia a fost de VIII grade pe scara Mercalli, provocând de exemplu, prăbușirea unei biserici. În Chișinău 4 blocuri de locuințe s-au prăbușit, rezultând aproximativ 100 de victime. În Lunca Prutului, terenul s-a surpat și au apărut cratere. De asemenea, cutremurul a rănit 558 de persoane și a distrus sau afectat 55.000 de gospodării. Ca intensitate, aceasta a fost diferită în funcție de zonele unde cutremurul s-a resimțit. Astfel, în București și în nordul Bulgariei acesta a avut intensitatea VII, în Skopje intensitatea V, în Simferopol, Kiev, Uniunea Sovietică și în Belgrad intensitatea IV, iar în Moscova, Titograd și zone din Iugoslavia, intensitatea III. [9]

În data de 30/31 mai 1990 au avut loc trei cutremure de pământ localizate în zona Vrancea, având focarul situat la adâncimea de 89 km și o magnitudine de 6,9 grade pe scara Richter. În România, 8 persoane au murit și 362 au fost rănite. Din acestea, 100 au fost rănite serios, iar 262 au suferit leziuni ușoare. În RSS Moldovenească, 4 oameni au murit și zeci de persoane au fost rănite. [9]

Aceste evenimente au readus în prim plan necesitatea continuării cercetărilor în domeniul construcțiilor. Dacă pentru structurile de beton s-au înregistrat progrese majore, s-a pus problema necesității studierii structurilor de zidărie portantă. De asemenea, s-a considerat necesar ca edificiile de patrimoniu să constituie obiectul studiilor cercetătorilor.

Astfel, în perioada cuprinsă între anii 1980 – 2000 au avut loc mai multe teste pe modele din zidărie, realizate de INCERC filiala Iași. Evenimentele din 1989 au adus o destindere a relațiilor dintre România și Uniunea Europeană. În acest context, s-a deschis calea către relații de colaborare inclusiv în domeniul cercetării în construcții.

S-a abordat studiul cămășuielilor cu grile polimerice, ca soluție modernă de consolidare a edificiilor vechi de zidărie portantă și nu numai. Se menționează

experimentele realizate la JRC-ISPRA, Varese, Italia precum și Proiectul Ecoleader, ISMES, Bergamo, Italia.

Prezentul raport conține studii experimentale care au abordat comparativ modele 2D, 3D, la scară naturală din zidărie portantă, cu cărămidă plină și mortar de var sau cărămidă cu goluri și mortar de ciment. Modelele au fost supuse la solicitări seismice, la șocul cu un pendul sau la șocul unei explozii.

Toate modelele supuse experimentului pun în valoare armarea cu grile polimerice. Conform Teoriei Dislocației a lui Landau, rosturile verticale dintre cărămidzi reprezintă imperfecțiuni geometrice, puncte în care se realizează concentrări de eforturi la acțiuni de scurtă durată. Aceste puncte stau la originea dislocațiilor generate de eforturile unitare σ care ating nivelul de rezistență al materialului. Prin geometria ei regulată și rezistența la întindere, grila va prelua eforturile din zidărie și le va redistribui în mod uniform în masa zidăriei, cu ajutorul mortarului. [4]

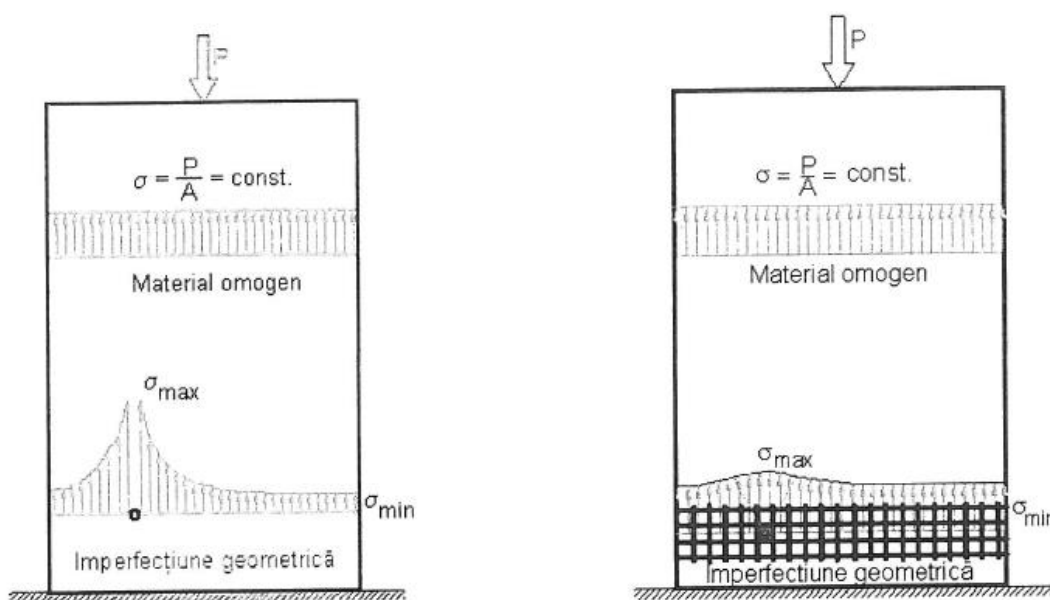


Fig. 1.1. Eforturile σ sub o forță cu evidențierea imperfecțiunilor geometrice, în stânga și cu atenuarea eforturilor cu ajutorul grilelor, în dreapta [4]

Capitolul 2. Proiectul Euroquake, JRC-ISPRA, Varese, Italia

1. Date generale

În cadrul proiectului Euroquake s-au realizat teste pe 4 modele de zidărie la Laboratorul pentru Siguranța Construcțiilor de la JRC – ISPRA, Varese, Italia. [4]

S-au efectuat încercări pe 4 panouri de zidărie de cărămidă, două dintre ele fiind din zidărie simplă și două dintre ele fiind armate cu grile polimerice RG30. Armarea s-a realizat atât în rosturi, fiecare al treilea rost fiind armat, cât și prin confinarea acestuia prin cămășuire. Cărămizile utilizate au fost cu goluri verticale, iar mortarul de var-ciment. Golurile verticale perforate sunt în proporție de 42% și sunt contraindicate în zone seismice, dar s-au utilizat tocmai pentru a demonstra comportamentul defavorabil. [4]

Cele 4 panouri au fost organizate în scopul testării în două panouri de zidărie simplă, fără goluri și în două panouri cu două goluri inegale și nesimetrice, fiind completate cu două cadre spațiale metalice. Dimensiunile unui panou sunt 4,60 x 2,60 m. Astfel, s-au obținut 2 modele 3D, de mărime naturală, unul fără goluri și celălalt cu goluri. [4]

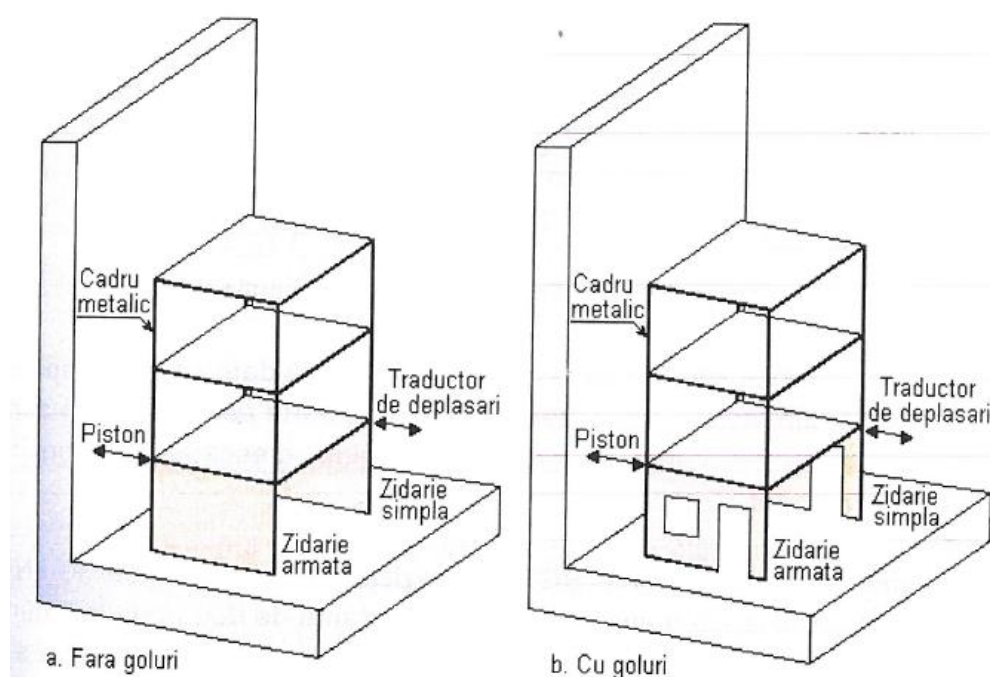


Fig. 2.1.1 Cele două modele 3D, unul cu goluri și celălalt fără goluri [4]

Sistemul de încărcare a constat în inducerea deasupra primului nivel de deplasări precise prin intermediul unor pistoane, unul în dreptul peretelui simplu și celălalt în dreptul peretelui armat. [4]

2. Modelul 3D în mărime naturală fără goluri

Comportarea modelului 3D în mărime naturală fără goluri a fost în evidență prin curbele hysterezis corespunzătoare acestui model. Astfel, răspunsul panoului de zidărie simplă este reprezentat cu culoarea albastru, iar răspunsul panoului de zidărie armată este reprezentat cu culoarea roșie (Fig. 2.2.1). [4]

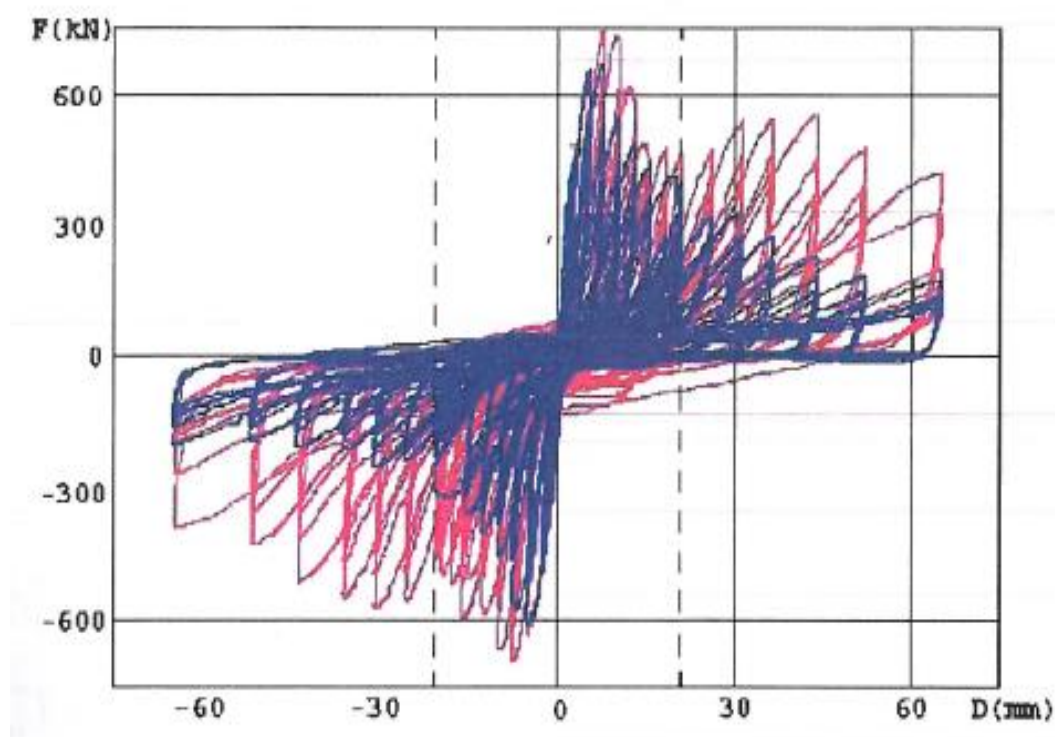


Fig. 2.2.1 Curba histerezis pentru modelul 3D fără goluri [4]

Curbele de hysteresis evidențiază următoarele aspecte. Comportarea panoului de zidărie simplă este clasică. Până la atingerea rezistenței maxime, comportarea este cvasielastică, cu o degradare ciclică a rezistenței între primul și al doilea ciclu. Punctul de rezistență maximă este urmat de o fază cu degradare rapidă, caracterizat prin strivirea cărămizilor de la colțuri și fisurarea cărămizilor din centrul panoului. [4]

Panoul de zidărie armată a rămas integru. Rezistența inițială a crescut nesemnificativ față de cea a primului panou, dar diferența evidentă constă într-o comportare mult mai bună de-a lungul ciclurilor de încărcare. Degradarea rezistenței a fost mult limitată.

Se poate constata că, în acest caz, armarea cu grile polimerice nu aduce un aport de rigiditate, iar aportul de rezistență adus este nesemnificativ. În schimb, aceasta îmbunătățește semnificativ comportamentul panoului de zidărie la acțiune ciclică.

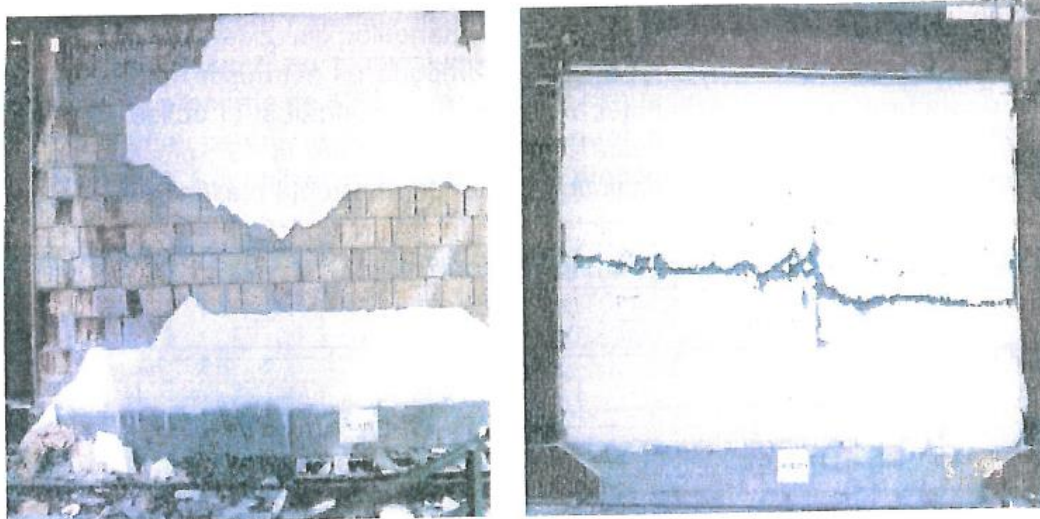


Fig. 2.2.2 Panoul de zidărie simplă în stânga și panoul de zidărie armată în dreapta, la sfârșitul încercării [4]

Aspectul comparativ al celor două panouri este, de asemenea, relevant (Fig. 2.2.2.). Peretele nearmat a avut numeroase cărămizi expulzate sau strivite. Panoul de zidărie armată a rămas integru, dar a fost umplut pe ambele fețe cu fisuri subțiri, numeroase, înclinate la 45 de grade. În centrul panoului a apărut o fisură orizontală, cauzată de eforturi de forfecare pură. Comportarea peretelui de zidărie simplă demonstrează ineficiența cărămizilor cu goluri verticale în zone seismice. [4]

3. Modelul 3D în mărime naturală cu goluri

Comportarea modelului 3D cu goluri în mărime naturală a fost pusă în evidență prin curbele hysterezis corespunzătoare acestui model. Astfel, răspunsul panoului de zidărie simplă este reprezentat cu culoarea albastru, iar răspunsul panoului de zidărie armată este reprezentat cu culoarea roșie (Fig. 2.2.1). [4]

Curbele de hysteresis nu sunt simetrice din cauza dispunerii golurilor în cadrul panoului. Până la atingerea rezistenței maxime, comportarea panoului de zidărie simplă este clar neliniară. Vârful este urmat de o fază de degradare foarte rapidă a rezistenței. Răspunsul peretelui de zidărie armată este, de asemenea, influențat de dispunerea golurilor. Până la atingerea rezistenței maxime, comportarea este puternic neliniară, dar valoarea de vârf a rezistenței este mult mai mare față de varianta nearmată. De asemenea, degradarea de rezistență de la ciclu la ciclu de încărcare s-a produs progresiv și limitat. [4]

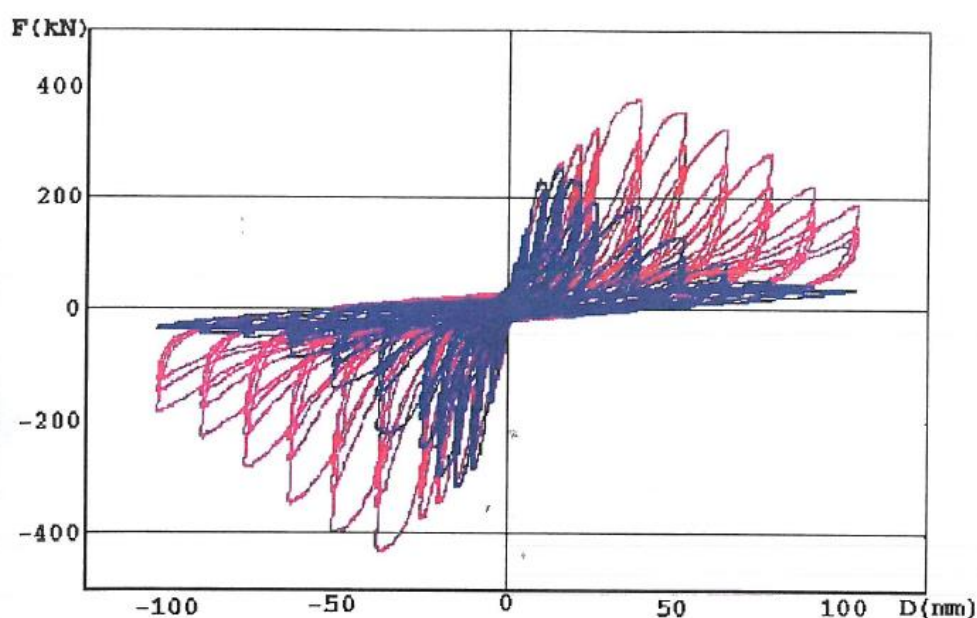


Fig. 2.3.1. Curba histerezis pentru modelul 3D cu goluri [4]



Fig. 2.3.2. Panoul de zidărie simplă în stânga și panoul de zidărie armată în dreapta, la sfârșitul încercării [4]

Așa cum se poate observa în Fig. 2.3.2., panoul de zidărie simplă a suferit degradări foarte grave la montantul central, cu fisuri în X și cărămizi expulzate, precum și fisuri la colțurile golurilor. Panoul confinat și-a păstrat integritatea, fisurile au apărut, de asemenea, la colțurile golurilor, dar au fost mult limitate, iar pe montantul din mijloc a apărut o fisură centrală, poziționată pe direcția verticală, apărută ca urmare a forfecării pure. [4]

Capitolul 3. Proiectul Ecoleader, ISMES, Bergamo, Italia

1. Date generale

Programul european Ecoleader s-a desfășurat la centrul de cercetări ISMES din Bergamo, Italia în anul 2001. Acesta a constatat în testarea pe două modele 3D la scară naturală pe masa seismică de tip MASTER. [4]

S-au executat două modele 3D de clădiri din zidărie armată cu grile polimerice RG20 la scară naturală. Ambele au câte o singură axă de simetrie. Nu există elemente de beton armat, iar planșeul de deasupra este realizat din material lemnos. Modelele au fost executate manual, cu mortar M2 conform EC6, care corespunde mortarului românesc de var-ciment M10. [4]

În prima fază, cele două modele nu au fost tencuite nici pe interior, nici pe exterior. S-a folosit, în schimb, armarea în rosturi orizontale cu grile polimerice. În a doua fază, același modele au fost reparate și cămășuite cu grile polimerice, apoi tencuite cu același mortar M10. [4]

Încercările la care au fost supuse cele două modele au avut ca model cutremurul din Vrancea din 1977, după două grade de libertate-translații orizontale. Acest cutremur a constituit model pentru diagrama accelerației induse. [4]

2. Model 3D clădire patrimonială din zidărie de cărămidă plină cu mortar de var în varianta neconfinată

Modelul 3D de clădire patrimonială a fost realizat din zidărie de cărămidă plină cu mortar de var. Dimensiunile în plan ale modelului fost de 2,78x2,17 m, iar înălțimea de 2,9 m. Grosimea pereților a fost de 23 cm, iar dimensiunile cărămizilor sunt de 230x105x60 mm. Pe doi pereți opuși au fost executate câte două goluri pentru ferestre în arce semicirculare stil Brâncuși, cu un stâlpișor între ele. Golul de ușă a fost executat, de asemenea, având un buiandrug pe soluție de arc semicircular. Masa modelului a fost de 7,2 t, iar cadrul metalic a avut de asemenea 2 t. [4]

Testul a fost oprit o dată cu atingerea stării limită ultime, caracterizată de colapsul modelului. Modelul s-a rupt în anumite porțiuni, cauzând și ruperea grilei polimerice. Fisurile evidențiate au corespuns colțurilor deschiderilor și stâlpișorilor dintre ferestre, unde s-a produs și dislocarea acestora. [4]



Fig. 3.2.1. Modelul 3D de zidărie din cărămizi pline [4]

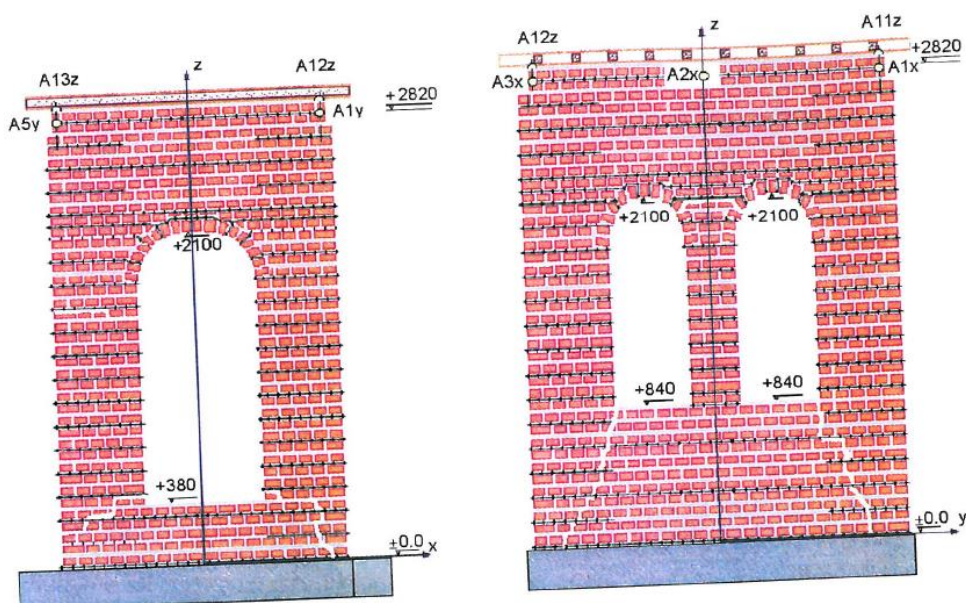


Fig. 3.2.2. Perete vestic (stânga) și perete sudic (dreapta) al modelului cu cărămidă plină, după test, cu evidențierea fisurilor [4]

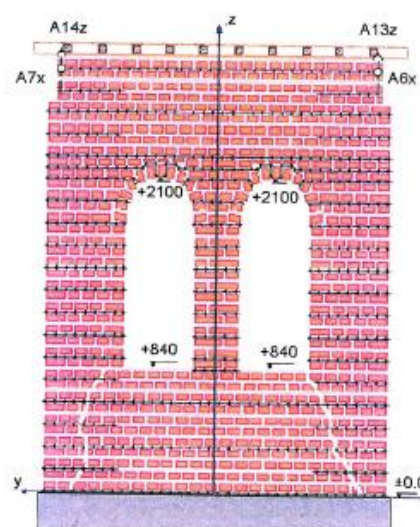
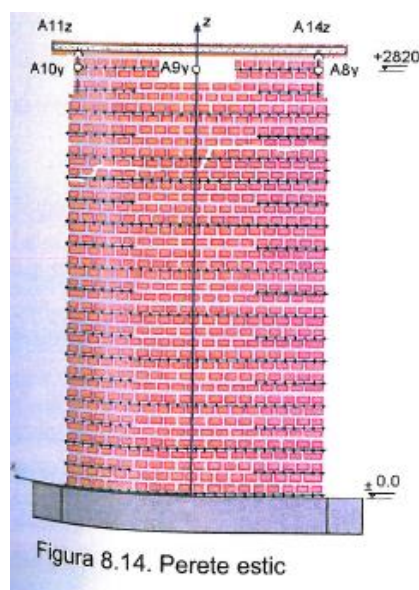


Fig. 3.2.3. Perete estic (stânga) și perete nordic (dreapta) al modelului cu cărămidă plină, după test, cu evidențierea fisurilor [4]

3. Model 3D clădire patrimonială din zidărie de cărămidă plină cu mortar de var în varianta confinat cu grile polimerice

Modelul de clădire patrimonială din zidărie de cărămidă plină cu mortar de var a fost, ulterior testului, reparat și consolidat prin cămășuire cu grile polimerice și tencuire cu același mortar.

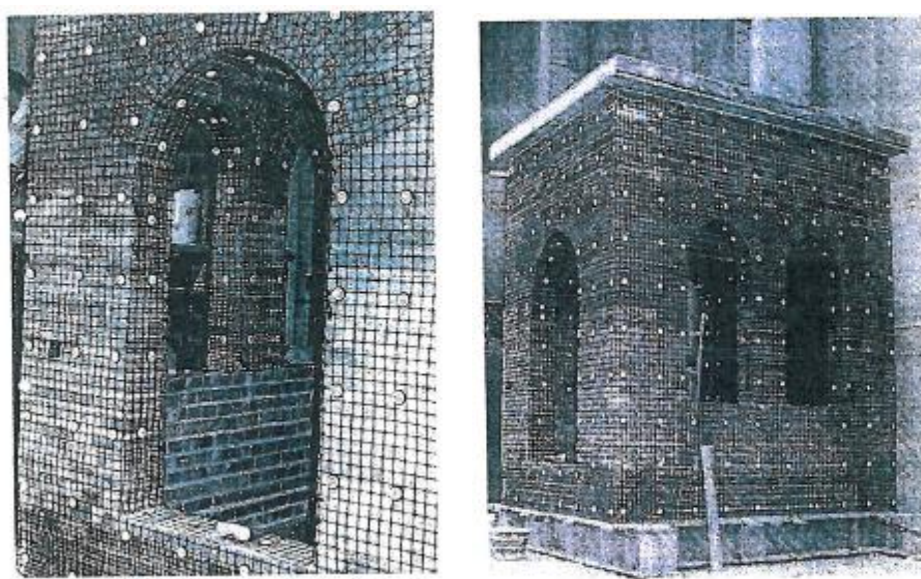


Fig. 3.3.1. Consolidarea modelului din zidărie plină cu mortar de var prin cămășuire cu grile polimerice [4]

Modelul consolidat a fost, de asemenea, supus unor excitații bazate pe înregistrarea Vrancea 1977, pe două grade de libertate. Intensitatea mișcărilor a fost mai mare, testul oprindu-se la atingerea stării limită ultime. Spre deosebire de primul test, pe modelul neconfinat, starea limită ultimă a fost reprezentată de stabilitatea acestuia pe masa seismică. Modelul a început să sară de pe masa seismică, păstrându-și totuși integritatea structurală.



Fig. 3.3.2. Modelul din zidărie plină cu mortar de var consolidat [4]

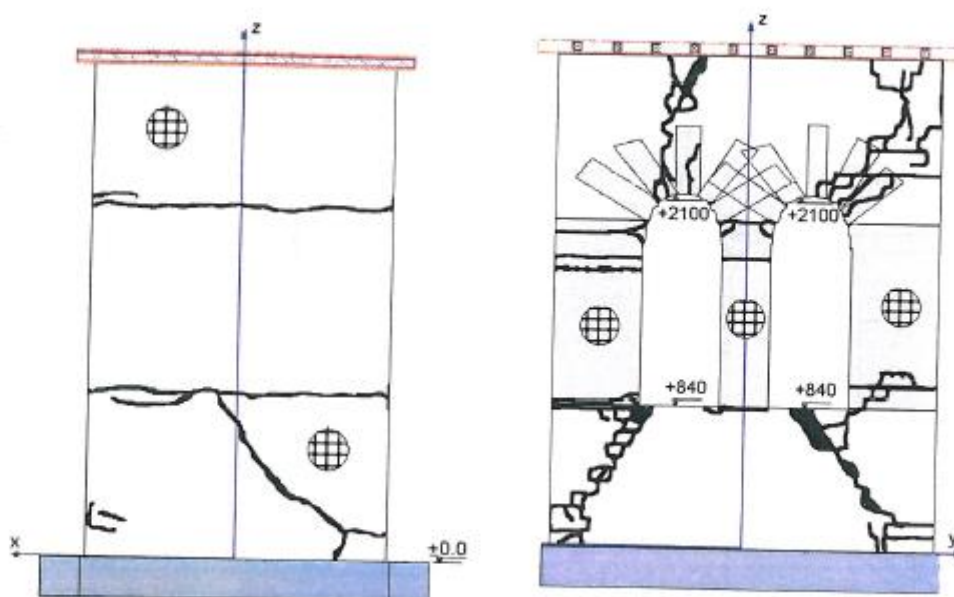


Fig. 3.3.3. Perete estic (stânga) și perete nordic (dreapta) al modelului cu cărămidă plină confinat, după test, cu evidențierea fisurilor [4]

Din punct de vedere al degradărilor, s-au dezvoltat fisuri la 45 de grade la colțurile golurilor, precum și efecte locale cauzate de rezemare. Totuși, modelul și-a păstrat integritatea. După decopertarea tencuiei, s-a constatat faptul că armătura a cedat, însă cărămizile au rămas intacte (Fig. 3.3.4.). Acest mecanism are efecte pozitive, demonstrând faptul că în cazul zidărilor cu cărămidă plină, cămășuirea cu grile polimerice este un proces reversibil. De asemenea, reparația unei astfel de zidării este un proces simplu, din moment ce cărămizile își păstrează integritatea, iar înlocuirea grilelor polimerice este relativ facilă. [4].

Plusul de flexibilitate pe care îl are zidăria de cărămidă cu mortar de var a permis anumite deformări ale cărămizii și mortarului, care au protejat integritatea elementului. La nivel filosofic se poate menționa că acest grad de protecție antiseismică este datorat efectului Æsop cunoscut din fabula „Trestia și stejarul”.

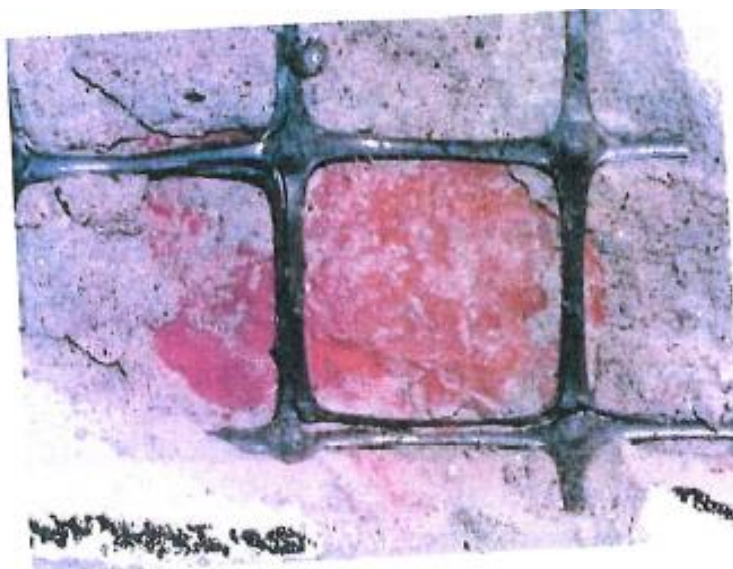


Fig. 3.3.4. Modelul cu cărămidă plină – cărămida a rămas intactă, iar armătura a cedat [4]

4. Model 3D clădire patrimonială din zidărie de cărămidă cu goluri cu mortar de var-ciment în varianta neconfinată

Modelul 3D la scară naturală a fost realizat din cărămidă cu goluri și mortar din var-ciment. Dimensiunile modelului în plan au fost de 2,75 x 2,45 m și înălțimea a fost de 3,23 m. Grosimea pereților a fost de 20 cm. I s-au executat trei goluri dreptunghiulare pentru uși și ferestre, iar peretele plin a fost modelat curb, în afara planului său. Planșeul a fost executat din beton armat fără centură. Modelul a avut aceeași masă de 7 t, așezat pe același cadru metalic cu masa de 2 t. Dimensiunile cărămizilor au fost de 200x140x230 mm. S-a dispus o armătură de grile polimerice la nivelul fiecărui rost. [4]

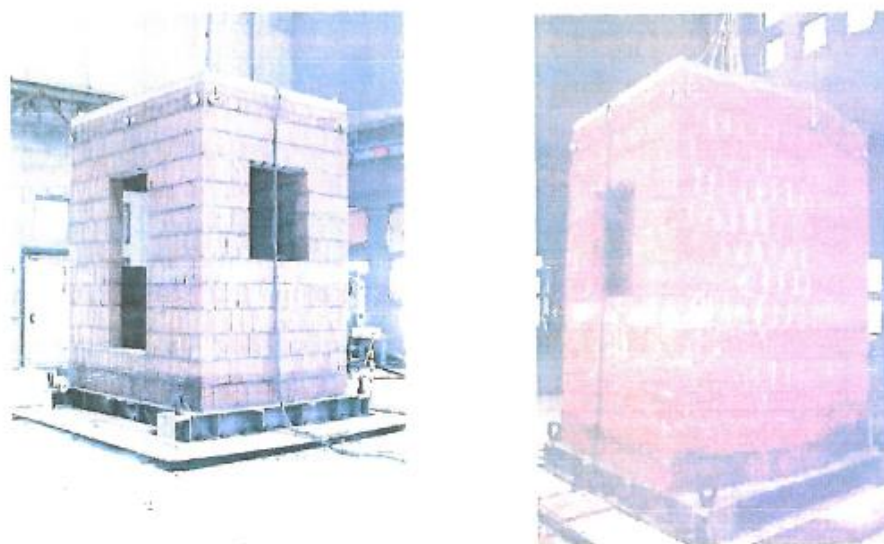


Fig. 3.4.1. Modelul de zidărie cu cărămidă cu goluri [4]

Modelul a fost supus, de asemenea, unei încercări având ca model înregistrarea Vrancea 1977. După oprirea probei, s-a procedat la observarea fisurilor apărute atât la interior, cât și la exteriorul modelului. S-a constatat că fisurile apărute sunt verticale sau ușor înclinate față de verticală, dar niciodată sub formă de X. Deși au apărut fisuri majore, totuși grila polimerică aflată în stratul de mortar orizontal între cărămizi a rezistat, nefiind ruptă, ci doar deformată punctual.

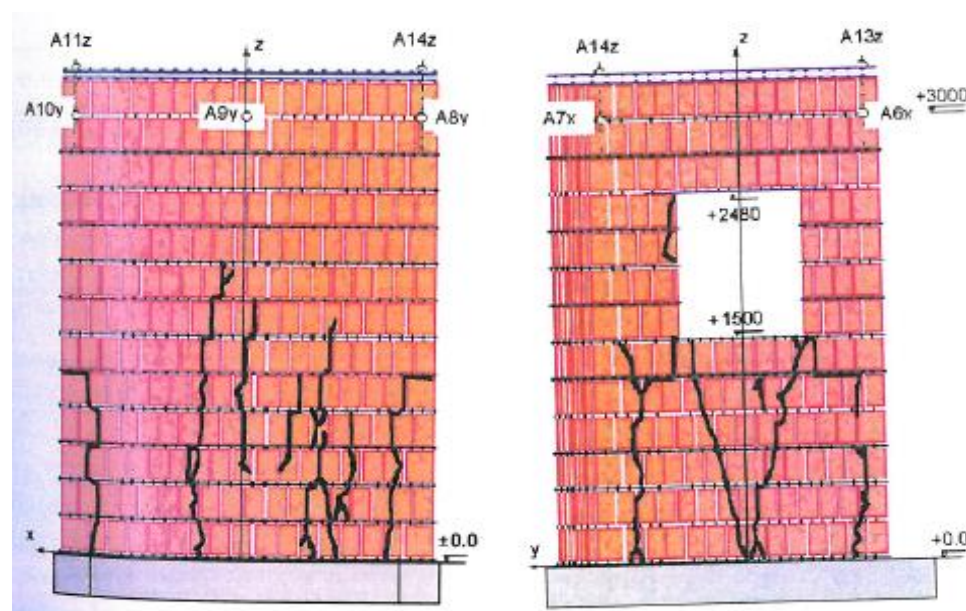


Fig. 3.4.2. Modelul de zidărie cu cărămidă cu goluri cu fisuri evidențiate pentru peterele estic (stânga) și peterele nordic (dreapta) [4]

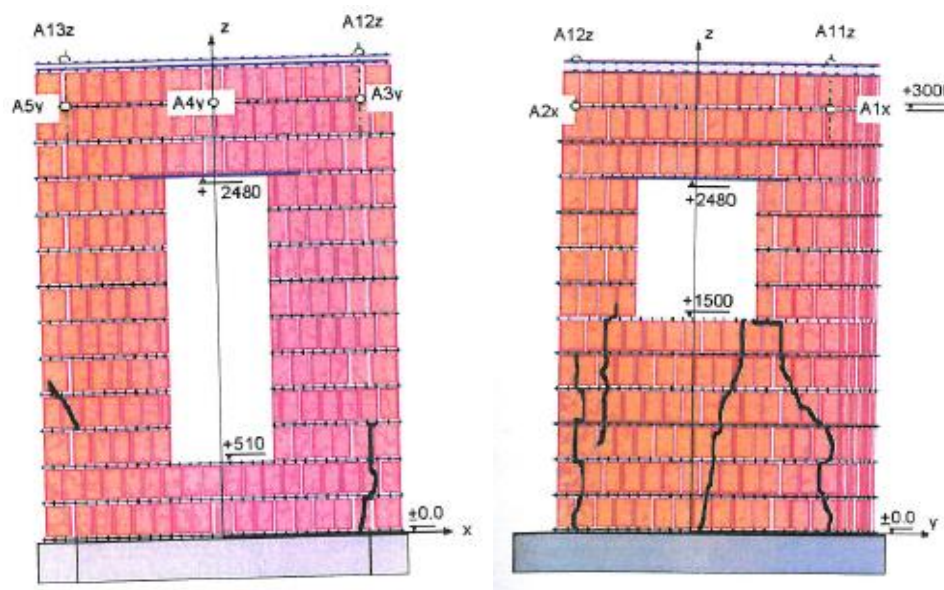


Fig. 3.4.3. Modelul de zidărie cu cărămidă cu goluri cu fisuri evidențiate pentru peretele vestic (stânga) și peretele sudic (dreapta) [4]

S-a constatat că fisurile sunt continue și ele fie străbat rosturile verticale, fie au despicat cărămizi întregi. Avariile nu sunt concentrate sau localizate, acest fapt arătând că grilele au fost active. [4]

5. Model 3D clădire patrimonială din zidărie de cărămidă cu goluri cu mortar de var-ciment în varianta confinată cu grile polimerice

S-a procedat ulterior la repararea și consolidarea modelului din zidărie de cărămidă cu goluri cu mortar de var-ciment. Modelul a fost cămășuit cu grile polimerice și apoi a fost tencuit cu mortar de var-ciment. [4]

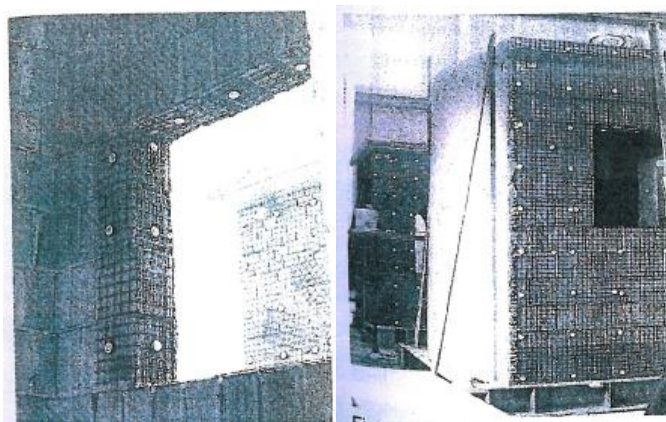


Fig. 3.5.1. Consolidarea modelului din zidărie cu goluri cu mortar de var-ciment prin cămășuire cu grile polimerice [4]

Modelul consolidat a fost, de asemenea, supus unor excitații bazate pe înregistrarea Vrancea 1977, pe două grade de libertate. Intensitatea mișcărilor a fost mai mare, testul oprindu-se la atingerea stării limită ultime. Modelul a fost puternic avariat, însă nu a cedat, prin urmare se presupune că ar putea fi reparat. Peretele curb a rezistat și nu a fost supus fenomenului de deplanare, iar explicația constă în armarea cu grile polimerice. Lipsa fisurilor la 45 de grade arată faptul că zidăria armată și cămășuită rezistă bine la forțele tăietoare. Fisurile verticale sau ușor înclinate sunt datorate efectelor locale de rezemare pe cadrul metalic. Majoritatea fisurilor din model sunt orizontale și au apărut prin dislocarea de-a lungul rosturilor dintre cărămizile ceramice cu goluri, ca și consecință a rigidității acestora. [4]

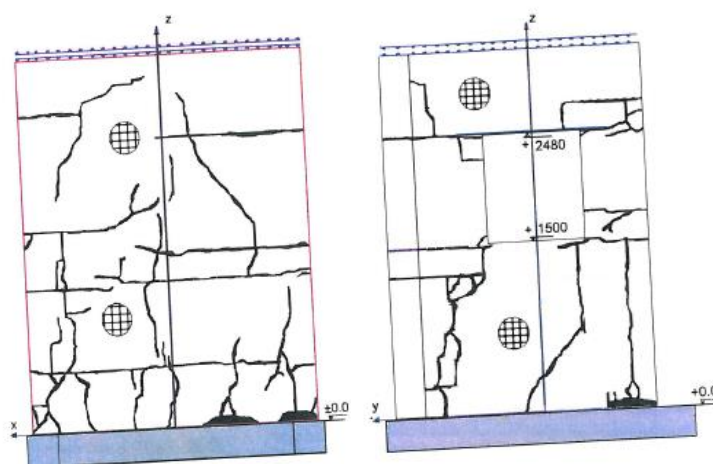


Fig. 3.5.2. Modelul de zidărie cu cărămidă cu goluri confinat cu fisuri evidențiate pentru peterele estic (stânga) și peretele nordic (dreapta) [4]

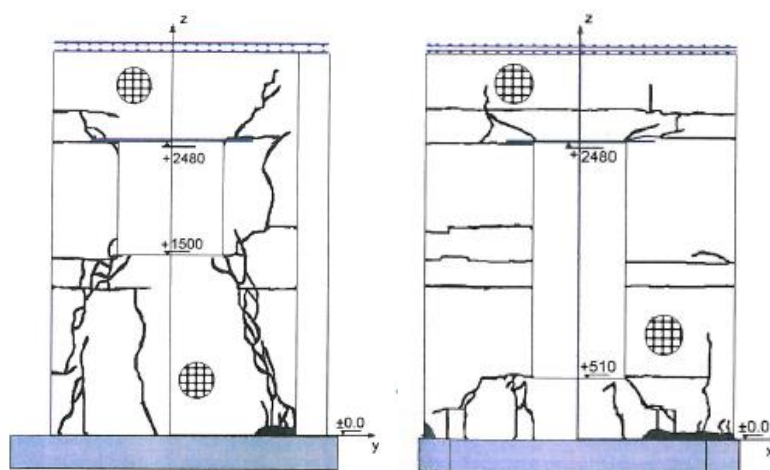


Fig. 3.5.3. Modelul de zidărie cu cărămidă cu goluri confinat cu fisuri evidențiate pentru peterele vestic (stânga) și peretele sudic (dreapta) [4]

După terminarea testului, s-a procedat la decopertarea tencuielii pentru a observa mai în detaliu consecințele. S-a constatat faptul că armătura constituită din grile polimerice a rămas intactă, în schimb cărămizile s-au spart (Fig. 3.5.4.). Acest tip de răspuns al modelului este defavorabil și net inferior celui realizat din zidărie plină. Principalul dezavantaj este constituit de faptul că zidăria cu goluri confinată se dovedește a fi foarte dificil de reparat sau consolidat. De asemenea, se dovedește ineficiența zidăriei din cărămidă cu goluri în zone seismice.

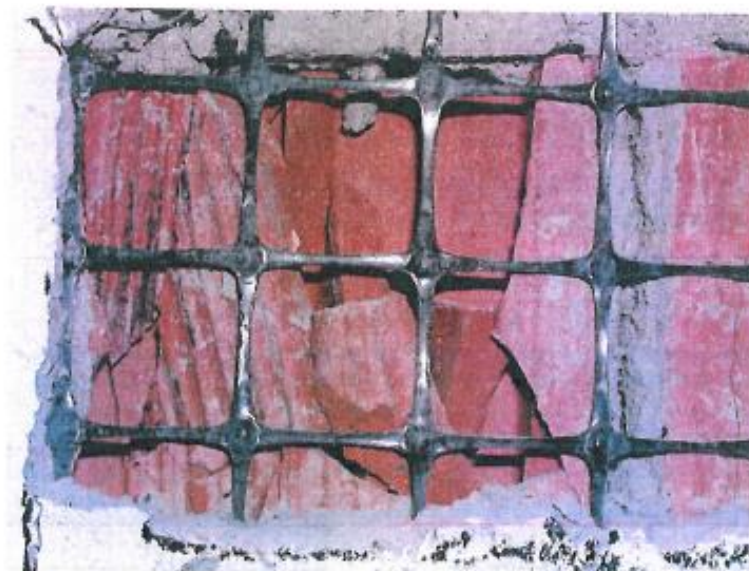


Fig. 3.5.4. Modelul cu cărămidă cu goluri – armătura a rămas intactă, iar cărămida s-a spart [4]

Capitolul 4. Poligonul ASTRA, Ploiești

1. Date generale

În anul 2003 s-a efectuat un test la poligonul de încercări ASTRA, la Ploiești. Scopul experimentului a fost de a evalua comportamentul unei construcții existente armată cu grile polimerice, cu noduri rigide integrate în cazul unor situații de impact. [23]

S-au avut în vedere următoarele cazuri:

- Explozii subterane lângă clădire;
- Explozii aeriene la o anumită distanță față de zid;
- Explozii în interiorul clădirii;
- Explozii puternice de la distanță. [23]

În acest scop, s-a realizat o clădire din zidărie portantă, confinată cu grile polimerice. (Fig. 4.1.1.)

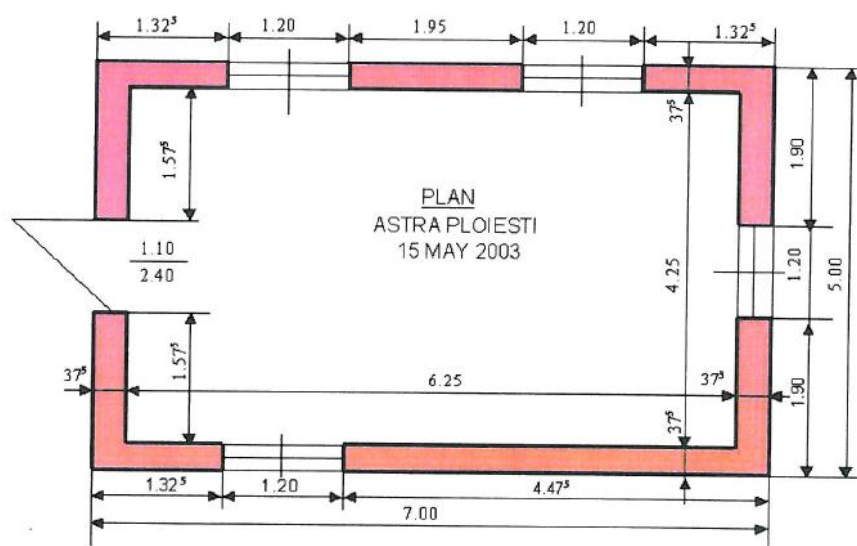


Fig. 4.1.1. Vederea în plan a clădirii supuse experimentului [23]

S-a urmărit localizarea șocului, disiparea energiei induse și concentrarea locală a eforturilor unitare.

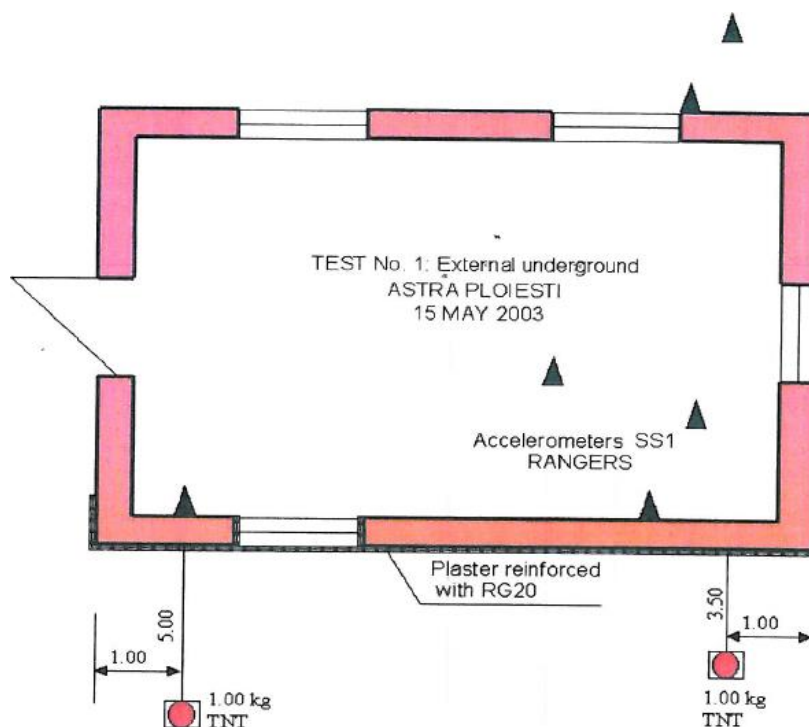


Fig. 4.1.2. Pozițiile explozivilor exteriori și ale accelerometrelor [23]

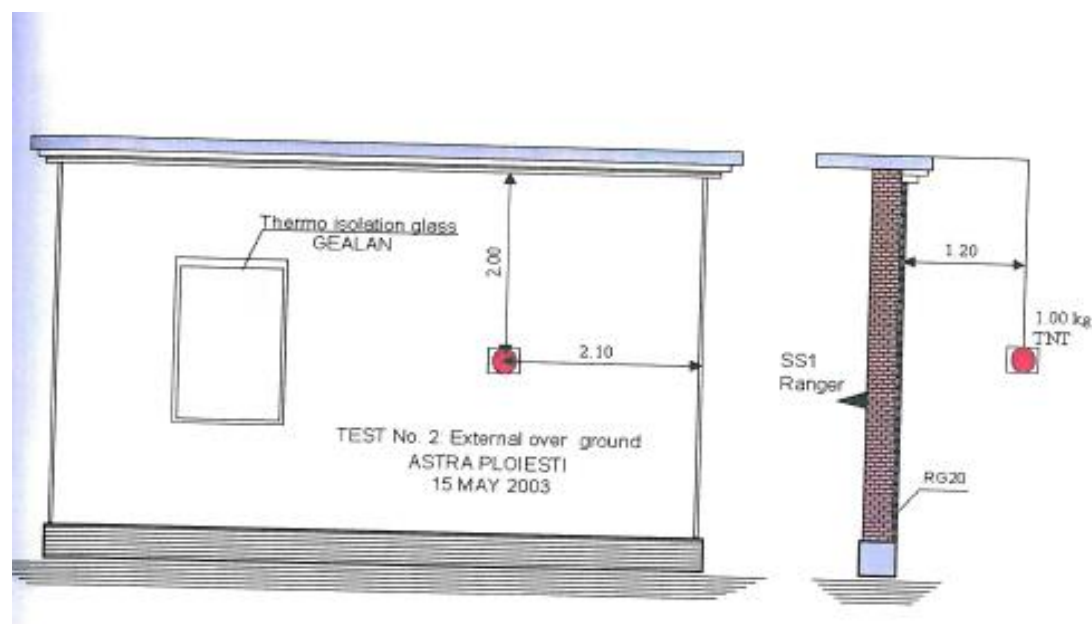


Fig. 4.1.3. Pozițiile explozivilor la verificarea efectului perpendicular pe planul peretelui [23]

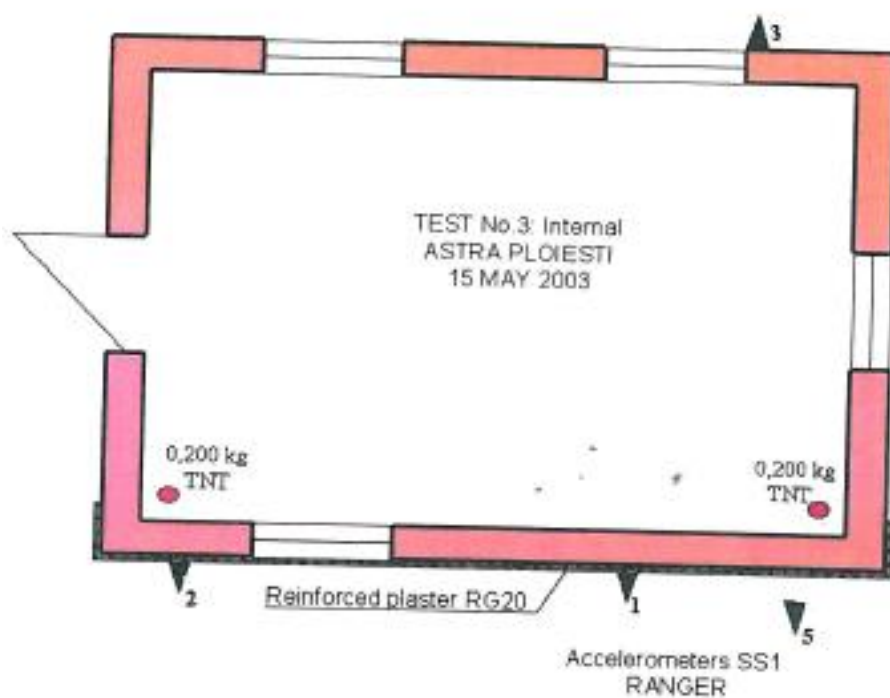


Fig. 4.1.4. Pozițiile explozivilor în interiorul structurii [23]

2. Rezultatele experimentului

Clădirea supusă experimentului a răspuns favorabil exploziilor. Astfel, structura nu și-a pierdut integritatea sau stabilitatea structurală. S-au constatat doar degradări locale, care nu au pus în pericol ansamblul structural. [23]

Grilele polimerice s-au dovedit eficiente în protejarea clădirii de șocurile exploziilor. Acestea au preluat energia indusă de explozii, identificată ca o concentrare locală de eforturi unitare, și au contribuit la disiparea acesteia. [23]

Capitolul 5. INCERC, Iași, Romania

1. Date generale

În cadrul laboratorului de teste al INCERC Iași s-a realizat un experiment. Trei panouri realizate din zidărie plină, cu dimensiunea în plan de 1,115 m x 2,70 m au fost supuse la impactul cu o greutate conică de 50 daN. Schema statică este de grindă simplu rezemată, iar forța la care pereții sunt solicitați este aplicată la mijlocul acestora, răspunzând la șocuri prin încovoiere. [23]

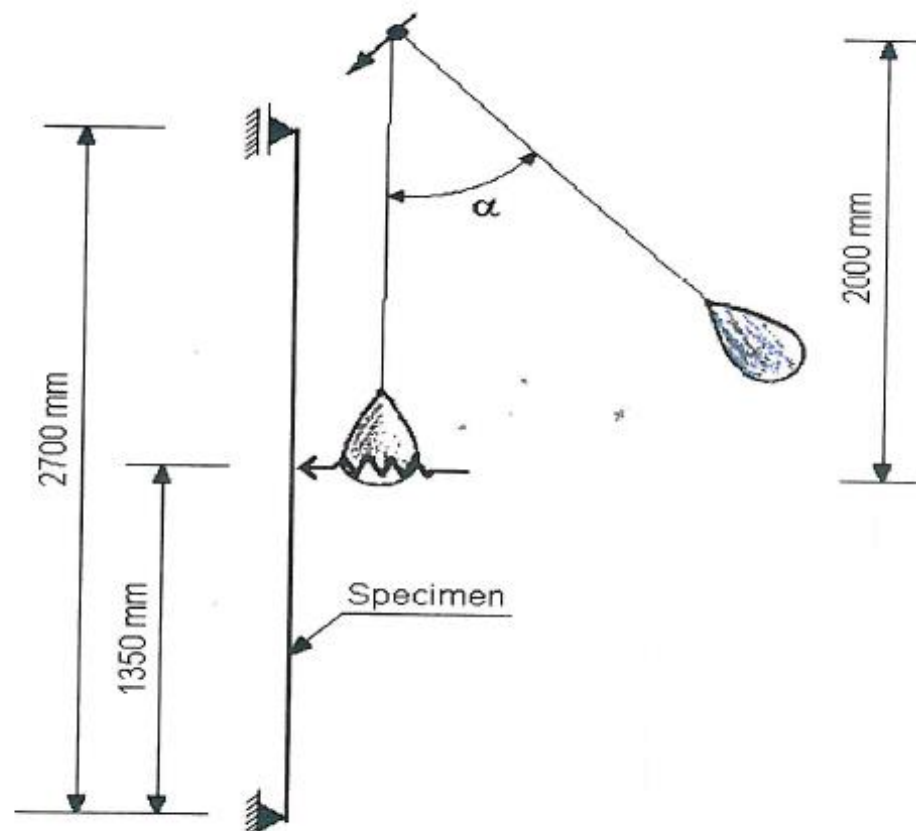


Fig. 5.1.1. Schema încărcării panourilor testului de la INCERC, Iași [23]

Cele trei panouri au fost realizate din zidărie simplă, cu cărămidă plină presată și mortar de var-ciment. Primul panou a fost testat în această formă. Cel de-al doilea a fost confinat cu grile polimerice RG40, iar al treilea a fost confinat cu plasă sudată. [23]

2. Rezultatele experimentului

Conform SR ISO 7892/98, greutatea a fost lansată succesiv de la înălțimi crescătoare cu înclinarea pendulului, de la 10°, 15°, 22°, 30°, 35°, 44°, 55°, 60°, 66°. [23]

Primul panou de zidărie simplă a fisurat după primele lovituri, având un răspuns defavorabil, caracterizat de deformății plastice. Prin urmare, s-au înregistrat valori mari ale deplasărilor, precum și fisuri.

Cele două panouri confinate au avut un răspuns pozitiv, aproape în totalitate în domeniul elastic. Cel armat cu grile polimerice a avut o comportare ductilă, prezentând fisuri de avertizare. Panoul confinat cu plasă sudată a rămas în domeniul elastic, însă putem prevedea faptul că cedarea acestuia urma să se producă prin strivirea cărămidizilor casante, brusc, fără avertizare. [23]

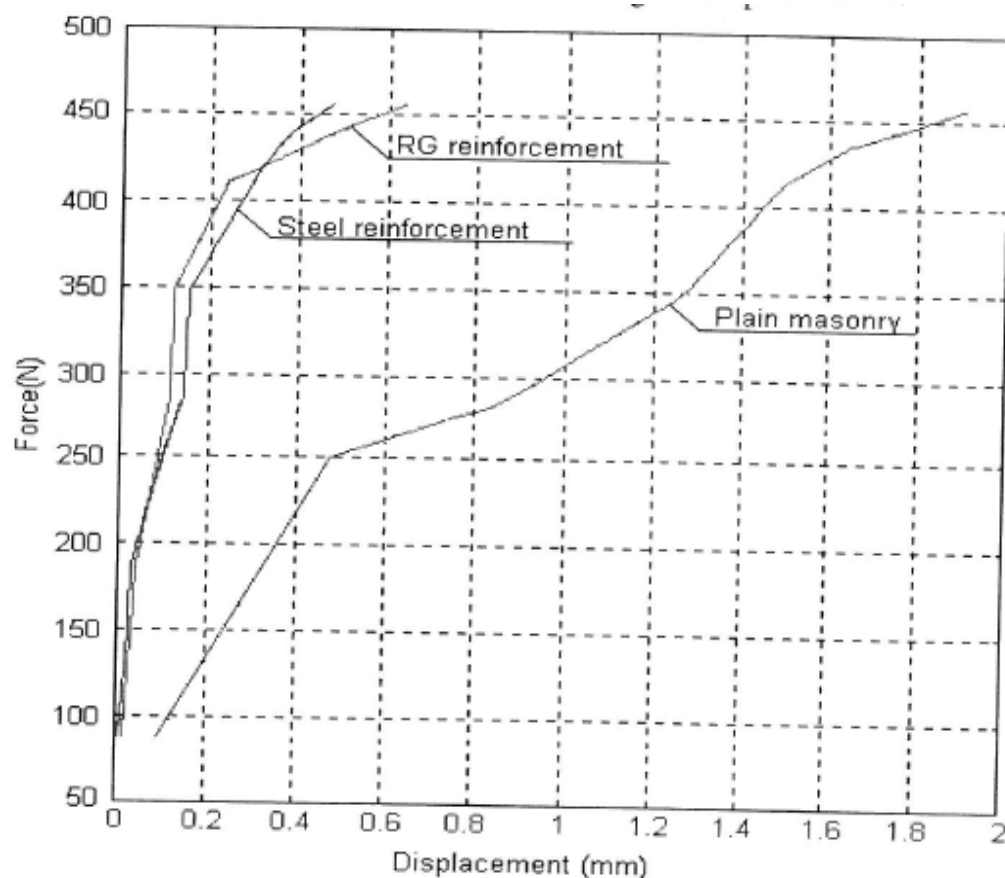


Fig. 5.2.1. Diagrama forță-deplasare pentru cele trei panouri [23]

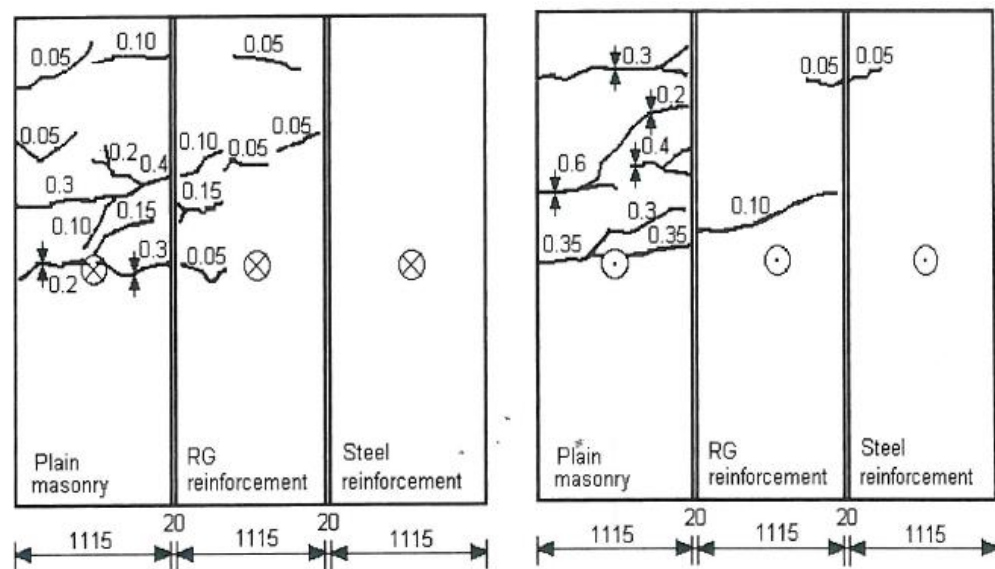


Fig. 5.2.2. Releveele fisurilor pe cele două fețe ale celor trei panouri [23]

Capitolul 6. ISMES, Bergamo, Italia

1. Date generale

În cadrul laboratorului ISMES, din Bergamo, Italia, s-a efectuat un experiment pentru a determina capacitatea unui model cămășuit cu grile polimerice de a prelua solicitări induse prin șoc. S-a folosit un model la scară naturală, realizat din cărămidă cu goluri verticale și mortar din var-ciment, cămășuit cu grile polimerice. Modelul fusese în prealabil supus la trei serii de încercări pe masa seismică, având zone cu fisuri. [23]

S-au ales două puncte de contact, unul într-o zonă cu fisuri și celălalt într-o zonă nefisurată. Șocurile au fost induse de un cilindru de oțel, lansat succesiv în cele două puncte de la înălțimi crescătoare, de la 0,1 m, 0,2 m, 0,3 m, 0,4 m, 0,5 m.



Fig. 6.1.1. Punctul 1 pe centura de tencuială armată [23]



Fig. 6.1.2. Punctul 2 pe cămășuiala peretelui într-o zonă fără fisuri [23]

2. Rezultatele experimentului

Efectele impactului în timpul aplicării șocurilor au fost înregistrate electronic. Astfel, nu s-au constatat apariții de fisuri sau microfisuri în cadrul modelului experimental. Singurele degradări constatate au fost înregistrate în punctele de contact ale pendulului cu suprafețele peretelui. [23]

În punctul 1 mortarul a fost detașat după fiecare impact pe adâncimi cuprinse între 0,8 – 1,8 mm. În punctul 2, mortarul a fost detașat pe adâncimi cuprinse între 4,1 – 5,9 mm.



Fig. 6.2.1. Amprenta celor 5 șocuri în punctul 1 [23]



Fig. 6.2.2. Amprenta celor 5 șocuri în punctul 2 [23]

Ca și în cazurile precedente, armarea cu grile polimerice și-a dovedit eficacitatea. Energia indusă de șocuri a fost disipată de grilele polimerice, împiedicând concentrările de eforturi, atât de dăunătoare zidăriei. Contactul direct al grilelor polimerice cu zidăria a permis atât transferul facil al energiei de la zidărie la grile, cât și disiparea acestora prin frecarea grilelor cu zidăria.

Capitolul 7. Tabel comparativ

1. Prezentarea tabelului

Tabel comparativ între caracteristicile fizico-mecanice ale zidăriei originale, pe bază de mortar de var, și zidăriei moderne, pe bază de mortar de ciment. [4]

CARACTERISTICI FIZICO-MECANICE	ZIDĂRIA ORIGINALĂ	ZIDĂRIA MODERNĂ
1. Tipul de mortar	Var	Ciment
2. Greutatea specifică a zidăriei	18 kN/mc	20 kN/mc
3. Coeficientul de dilatare termică liniară	$4 \times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$	$10 \times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$
4. Regula de aur privind raportul rezistențelor mortar/cărămizi	Da	Nu
5. Dependența de gravitație	Da	Nu
6. Orientarea proprietăților mecanice	Ortotropică	Cvasi-izotropică
7. Receptivitate la acțiuni seismice	Nu	Da
8. Conținutul de energie înglobată	5.2 GJ/mc	7.4 GJ/mc
9. Conținutul de apă	Uscat	Umed
10. Comportarea mecanică	Ductilă	Mecanică
11. Compatibilitatea cu betonul	Nu	Da
12. Tipul compatibil de armătură	Nemetalică, de ex. Polimerică	Metalică, din oțel
13. Tipul de armare	Numai pasivă	Pasivă și activă
14. Mecanismul de transfer al eforturilor de la mortar la armătură	Prin ancorare, cu eforturi σ (sigma)	Efectul de menghină, cu eforturi τ (tau)
15. Pretabilitate la pretensionare	Nu	Da
16. Pretabilitatea la armarea cu fibre de sticlă, carbon sau metalică	Nu	Da, cu anumite rezerve

17. Pretabilitate la perforare	Nu	Da
18. Efectul de sandwich	Da	Nu
19. Efectul de boltă	Da	Nu
20. Reversibilitate-înlocuirea cărămizilor avariate	Da	Nu

Tabel 7.1.1. Tabel comparativ [4]

2. Scurte comentarii

Tabelul conține un rezumat al diferențelor de caracteristici ale zidăriei originale, pe bază de cărămidă plină cu mortar de var și a celei moderne, pe bază de cărămidă cu goluri verticale și mortar de ciment.

- (1) Tipul de mortar var poate fi considerat și mortarul var-ciment, deci cu var într-o proporție mai mare. Mortarul de ciment poate fi considerat și cel de ciment-var, deci cu ciment preponderent. [4]
- (2) Greutatea volumică a zidăriei originale este de 18kN/mc, iar cea a zidăriei moderne poate varia, în funcție de cât mortar pătrunde în golurile verticale. La limită, în situația în care golurile reprezintă 50% din volumul cărămizilor iar mortarul le ocupă complet, greutatea volumică poate ajunge la 20kN/mc.
- (3) Aceste valori ale coeficientului de dilatare termică sunt menționate de Eurocode 6. Se observă faptul că zidăria modernă are un coeficient de dilatare termică similar betonului, dar foarte diferit de cel al zidăriei originale. Acesta reprezintă unul dintre argumentele pentru care zidăria originală nu este compatibilă cu soluția tradițională de cămășuire cu beton armat.
- (4) Așa numita “Regulă de aur” prevede ca rezistența mortarului să fie inferioară rezistenței cărămizilor. [4]
- (5) Zidăria originală este dependentă de gravitație încă din faza de execuție, întrucât așezarea cea mai potrivită a cărămizilor depinde de gravitație, se realizează înainte de întărirea mortarului, iar orizontalitatea rosturilor este esențială. În cazul zidăriei moderne, cărămizile se așează după întărirea mortarului, care este mai rezistent decât cărămida, prin urmare contactul nu depinde de gravitație. [4]
- (6) Proprietățile mecanice distincte sunt datorate rezistenței mortarului, care în cazul zidăriei moderne este mult mai rezistent și face ca aceasta să aibă un comportament cvasi-izotrop.
- (7) Zidăria originală a fost concepută exclusiv pentru acțiuni gravitaționale.

- (8) Conținutul mai ridicat de energie al zidăriei moderne este datorat atât arderii până aproape de vitrificare a argilei din cărămizile cu goluri cât și cimentului. [4]
- (9) Mortarul de ciment conține apă de constituție, pe când mortarul de var nu conține. [4]
- (10) Sub acțiuni gravitaționale, mortarul de var are deformații predominant plastice, în timp ce mortarul de ciment are deformații cvasi-elastice. Supuse la acțiuni seismice, ambele tipuri de mortare se comportă elastic. [4]
- (11) Zidăria modernă este compatibilă cu betonul datorită modulelor de elasticitate apropiate, lucru care nu se poate spune despre zidăria originală. Modulele de elasticitate diferite împiedică materialele să conlucreze, făcându-le incompatibile. [4]
- (12) Mortarul de var prezent în zidăria clasică corodează armătura metalică. [4]
- (13) Zidăria clasică nu se poate arma activ, deci pretensiona, din cauza deformațiilor mici, dar permanente pe care le prezintă. [4]
- (14) Armătura polimerică conlucrează cu mortarul de var prin ancorare, deci cu eforturi normale, iar armătura din oțel conlucrează cu mortarul de ciment prin efect de menghină, cu eforturi tangențiale. [4]
- (15) Zidăria modernă poate fi pretensionată conform Eurocode 6. [4]
- (16) Experimentele realizate au arătat că zidăria originală nu se pretează la armarea cu fibre de carbon sau de sticlă. [4]
- (17) Perforarea zidăriei originale duce la apariția de concentratori de eforturi, care sunt defavorabili zidăriei, conform Teoriei Dislocațiilor a lui Landau.
- (18) Efectul de sandwich constă în deformația plastică spontană a mortarului de var care conduce la fenomenul de adaptare prin care se evită concentrările locale de eforturi, deci dislocațiile. [4]
- (19) Efectul de boltă constă în descărcarea acțiunilor verticale, gravitaționale, după direcții înclinate și reducerea intensității lor. [4]
- (20) La zidăriile originale se poate opera la înlocuirea cărămizilor deteriorate sau a armăturii degradate. [4]

Capitolul 8. CONCLUZIE

Experimentele prezentate au relevat anumite caracteristici ale diferitelor tipuri de zidărie portantă. Acestea au fost analizate comparativ, prin raportare la comportamentul acestora la confinarea cu grile polimerice.

Zidăria din cărămidă plină cu mortar de var are rezistențe caracteristice slabe. Cu toate acestea, experimentele demonstrează eficiența acestui tip de zidărie, datorată flexibilității. Din punct de vedere filosofic, acest grad de protecție antiseismică este datorat efectului *Æsop*, cunoscut din fabula „Trestia și stejarul”. Confinarea cu grile polimerice se dovedește a fi adecvată, deoarece zidăria își menține integritatea în timp ce armătura reprezentată de grile se plastifică.

Zidăria din cărămidă cu goluri și mortar de ciment are rezistențe caracteristice mai mari. Cu toate acestea, se dovedește inefficientă în zone seismice, din cauza rigidității superioare și a lipsei de ductilitate. Efectul *Æsop* explică, de asemenea, acest comportament. Cămășuirea cu grile polimerice conduce, mai curând, la zdrobirea cărămizilor și menținerea integrității grilelor.

Confinarea cu grile polimerice se dovedește a fi soluția potrivită pentru corectarea ineficienței zidăriei la eforturi concentrate. Aceasta reușește să compenseze potențialele dislocații generate de eforturile σ în dreptul imperfecțiunilor geometrice, specifice zidăriei, conform Teoriei lui Landau. [24]

BIBLIOGRAFIE

[4] Toanchină M., 2005, „Calculul și comportarea zidărilor armate cu grile polimerice” – Teză de doctorat, îndrumător Prof. Ramiro Sofronie, București;

[23] Sonea, I., 2006, „Comportarea adăposturilor subterane la hazardul natural și tehnologic inclusiv interacțiunea teren structură”, Teză de doctorat, București;

[24] Pascu, R.I., 2006, „Investigarea prin metoda impact-echo a avariilor și defecțiunilor structurale din construcții”, Teză de doctorat, București

BIBLIOGRAFIE – INTERNET

[9] www.wikipedia.org;

LISTA FIGURILOR

Fig. 1.1. Eforturile σ sub o forță cu evidențierea imperfecțiunilor geometrice, în stânga și cu atenuarea lor cu ajutorul grilelor, în dreapta [4]

Fig. 2.1.1. Cele două modele 3D, unul cu goluri și celălalt fără goluri [4]

Fig. 2.2.1. Curba histerezis pentru modelul 3D fără goluri [4]

Fig. 2.2.2. Panoul de zidărie simplă în stânga și panoul de zidărie armată în dreapta, la sfârșitul încercării [4]

Fig. 2.3.1. Curba histerezis pentru modelul 3D cu goluri [4]

Fig. 2.3.2. Panoul de zidărie simplă în stânga și panoul de zidărie armată în dreapta, la sfârșitul încercării [4]

Fig. 3.2.1. Modelul de zidărie din cărămizi pline [4]

Fig. 3.2.2. Perete vestic (stânga) și perete sudic (dreapta) al modelului cu cărămidă plină, după test, cu evidențierea fisurilor [4]

Fig. 3.2.3. Perete estic (stânga) și perete nordic (dreapta) al modelului cu cărămidă plină, după test, cu evidențierea fisurilor [4]

Fig. 3.3.1. Consolidarea modelului din zidărie plină cu mortar de var prin cămășuire cu grile polimerice [4]

Fig. 3.3.2. Modelul din zidărie plină cu mortar de var consolidat [4]

Fig. 3.3.3. Perete estic (stânga) și perete nordic (dreapta) al modelului cu cărămidă plină confinat, după test, cu evidențierea fisurilor [4]

Fig. 3.3.4. Modelul cu cărămidă plină – cărămida a rămas intactă iar armătura a cedat [4]

Fig. 3.4.1. Modelul de zidărie cu cărămidă cu goluri [4]

Fig. 3.4.2. Modelul de zidărie cu cărămidă cu goluri cu fisuri evidențiate pentru peterele estic (stânga) și peretele nordic (dreapta) [4]

Fig. 3.4.3. Modelul de zidărie cu cărămidă cu goluri cu fisuri evidențiate pentru peterele vestic (stânga) și peretele sudic (dreapta) [4]

Fig. 3.5.1. Consolidarea modelului din zidărie cu goluri cu mortar de var-ciment prin cămășuire cu grile polimerice [4]

Fig. 3.5.2. Modelul de zidărie cu cărămidă cu goluri confinat cu fisuri evidențiate pentru peterele estic (stânga) și peretele nordic (dreapta) [4]

Fig. 3.5.3. Modelul de zidărie cu cărămidă cu goluri confinat cu fisuri evidențiate pentru peterele vestic (stânga) și peretele sudic (dreapta) [4]

Fig. 3.5.4. Modelul cu cărămidă cu goluri – armătura a rămas intactă iar cărămida s-a spart [4]

Fig. 4.1.1. Vederea în plan a clădirii supuse experimentului [23]

Fig. 4.1.2. Pozițiile explozivilor exterior și ale accelerometrelor [23]

Fig. 4.1.3. Poziția explozivilor la verificarea efectului perpendicular pe planul peretelui [23]

Fig. 4.1.4. Pozițiile explozivilor în interiorul structurii [23]

Fig. 5.1.1. Schema încărcării panourilor testului de la INCERC, Iași [23]

Fig. 5.2.1. Diagrama forță-deplasare pentru cele trei panouri [23]

Fig. 5.2.2. Releveele fisurilor pe cele două fețe ale celor trei panouri [23]

Fig. 6.1.1. Punctul 1 pe centura de tencuială armată [23]

Fig. 6.1.2. Punctul 2 pe cămășuiala peretelui într-o zonă fără fisuri [23]

Fig. 6.2.1. Amprenta celor 5 șocuri în punctul 1 [23]

Fig. 6.2.2. Amprenta celor 5 șocuri în punctul 2 [23]

LISTA TABELELOR

Tabel 7.1.1. Tabel comparativ [4]