

# METODE DE CONSOLIDARE A STRUCTURILOR DIN BETON ARMAT ACTUALE ÎN REPUBLICA MOLDOVA

Ion RACU

Universitatea Tehnică a Moldovei

**Abstract:** În contextul prezentului proces de aprobare a noilor standarde de construcție în Republica Moldova, cât și amplasarea geografică într-o zonă seismică, va face inevitabilă necesitatea de a consolida unele sau altele structuri din beton armat. Mai mult ca atât, comportamentul seismic al clădirilor e afectat de deficiențele de proiectare, de execuție, încărcări adiționale, cerințe suplimentare, etc. Urmărind practica mondială a regiunilor cu situație asemănătoare R.M. urmărim o necesitate de a îmbunătăți și întări deficiențele seismice a structurilor din beton armat. Consolidarea rămâne a fi una din cele mai bune opțiuni pentru a rezolva problemele date. Diferite cercetări importante s-au făcut în ultimii ani pentru a dezvolta variate metode de întăriri și tehnici de reprofilări pentru a îmbunătăți performanța seismică a structurilor. Acest articol tinde să prezinte diferite metode inovative și economic eficiente de consolidare, care sunt cele mai potrivite pentru Republica Moldova.

**Cuvinte cheie:** Consolidare, schemă constructivă, consolidarea elementelor schemei, cămășuire.

## Introducere

Cutremure de diferită magnitudine s-au produs în ultimii ani în diferite colțuri ale lumii, cauzând cât pagube materiale, atât și pierderi umane. Comportamentul seismic al clădirilor existente este afectat atât de greșelile produse în timpul execuției, cât și de degradarea materialelor din cauza învechirii și deteriorării din cauza utilizării excesive a clădirii pe timpul exploatarei. O cantitate extrem de mare de energie degajată în timpul cutremurului traversează spațiul sub forma de unde – Primare, Secundare, de suprafață, etc. Cele mai periculoase sunt undele secundare din cauza că ele oscilează în direcție orizontală și verticală.

Inginerii mereu trebuie să analizeze cele mai rele situații, să ne imaginăm că mâine se va declanșa un cutremur asemănător celui din 1977 cu magnitudinea de 7.4 grade pe scara Richter. În așa caz, chiar și dacă clădirile sunt proiectate la seism și sunt întreprinse diferite măsuri de securitate, dar din cauza diferitor defecte, greșeli de proiectare, de execuție, inevitabil vor apărea elemente sau structuri care vor fi deteriorate în urma cutremurului. Pentru a soluționa problema dată avem două tipuri de măsuri care le putem întreprinde, una este de a consolida structura pentru a preveni astfel de probleme, iar alta este de a o consolida, ea deja fiind deteriorată. Prima măsură este mai mult preconizată pentru edificiile de o importanță istorică, națională, sau economică, iar consolidarea structurilor deteriorate v-a fi inevitabilă și trebuie să cunoaștem metodele și eficiența consolidărilor, pentru a fi pregătiți.

## 1. Măsurile de prevenire

Cea mai eficientă metodă de consolidare pentru a preveni posibilele deteriorări este consolidarea însuși a schemei constructive. Aceasta presupune întărirea nu doar a elementelor structurii de rezistență în parte, dar întreprinderea unor măsuri de consolidare ce modifică însuși sistemul constructiv. Cea mai reușită configurație este Adăugarea Diaframelor. Multe cercetări au fost efectuate referitoare la metoda dată, și s-a ajuns la concluzia că diafragmele pot să mărească semnificativ capacitatea la încărcări laterale și rigiditatea structurii per total.

În articolul [1] a fost analizat cazul când de la sistemul constructiv existent pereții despartitori se demolează și se construiesc diafragme în loc. În acest caz, diafragmele preiau majoritatea încărcărilor laterale și reduc deformațiile construcției, iar cadrul din beton armat preia o cantitate redusă de încărcări laterale datorită interacțiunii diaframelor. Mai mult ca atât, când întărim întreg sistemul constructiv și nu doar fiecare element individual, avem o majorare în rigiditate a întregului sistem. Acest tip de consolidare, împreună cu mărirea rigidității, scade și perioada de oscilație a clădirii (Fig. 1). Aceasta, la rândul său, va rezulta în descreșterea deplasărilor pe orizontală care nu trebuie să depășească nivelul maxim admisibil. În Fig. 1 putem urmări diferența în comportarea structurilor consolidate, și putem observa evident cu cât mai eficient este utilizarea metodei de consolidare a schemei constructive, față de consolidarea doar aparte a elementelor schemei.

Consolidarea schemei constructive nu doar mărește capacitatea clădirii la încărcări orizontale, dar și previne colapsul clădirii. Cu alte cuvinte, nivelul de deteriorare al unei clădiri deficiente poate fi redus la minim atunci când ea este întărită cu metodele de consolidare a schemei constructive.

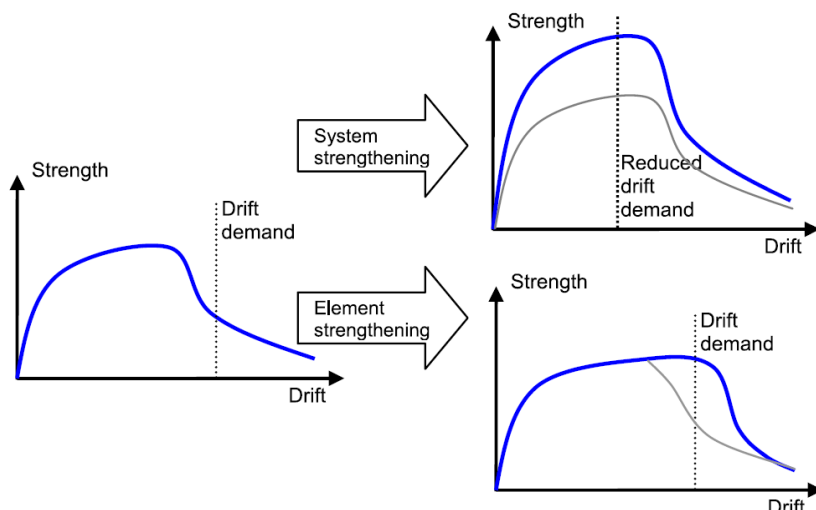


Fig.1. Modificarea capacității portante și a deplasărilor maxime după consolidarea sistemului constructiv (sus) și după consolidarea elementelor schemei (jos)

Diafragmele pot fi construite și în partea exterioară a clădirii (Fațada) astfel evitând demolarea pereților despărțitori. În aceste cazuri diafragmele sunt plasate paralel sau perpendicular cu sistemele de cadre existente. Diafragmele pot fi executate din beton armat, oțel sau chiar lemn.

## 2. Consolidarea elementelor schemei

Metode de consolidare sunt foarte multe, atât și domeniul de aplicare a lor. Cămășuirea este una din principalele tehnici de consolidare, și pentru cămășuire pot fi utilizate materiale cum ar fi: beton armat, oțel (plăci, corniere), iar cele mai inovative materiale sunt Polimerii Armați cu Fibre (fibre din sticlă, din carbon, etc.). Domeniul de aplicare a cămășuirii este la fel vast, de la nodul elementar grindă – stâlp, până la grinzile podurilor pentru drumuri, sau chiar pilaștrii de la poduri, sau coloane goale în interior. Configurația acestor două aspecte poate fi extrem de vastă, deci totul este limitat doar de condițiile materiale, necesitatea, și de imaginația și cunoștințele inginerului proiectant. Însă după o analiză minuțioasă a diferitor cercetări efectuate în domeniul dat, am selectat cele mai eficiente metode de cămășuire care sunt și relativ ieftine și ușoare în execuție. Acestea sunt cămășuirea cu beton armat, sau cu oțel. Cămășuirea cu Polimeri Armați cu Fibre, contrar eficienței și gabariturilor mici, are câteva semne de întrebare foarte mari, cum ar fi rezistența la foc, desprinderea fișiiilor de beton, degradarea în timp a epoxidului de alipire, etc., ceea ce în contrast cu prețul ridicat, este un risc care în situația economică a R.M. nu merită să fie luat. Mai mult ca atât, calculul cămășuirii cu Polimeri Armați cu fibre este complicată și necesită cercetări costisitoare pentru a calibra coeficienții de aderență și alți parametri foarte importanți.

### 2.1. Cămășuire cu beton armat

Conform [2], obiectivul principal al cămășuirii este de a mări capacitatea portantă a elementelor structurale, în special împotriva încărcărilor laterale. O creștere considerabilă în ductilitate și rigiditate a secțiunii poate fi obținută în dependență de tipul de cămășuire. Cea mai des utilizată metodă de cămășuire este cămășuirea cu beton armat. În acest proces, secțiunea existentă este învelită cu beton armat, cu armatură longitudinală și etrieri. Sunt trei tipuri de elemente care pot fi cămășuite cu beton armat, și anume: grinda, coloana, nodul grindă – coloana. Dezavantajele acestei metode sunt mărirea secțiunii elementelor, adăugarea unei cantități mari de masă proprie, încărcare permanentă, și necesitatea unui timp îndelungat pentru întărirea betonului. Iar principalele avantaje a acestei metode sunt: mărirea capacității portante la forța tăietoare, sunt relativ ușor realizabile din punct de vedere tehnologic. Din aceste considerente această metodă este utilizată în toată lumea și au fost efectuate multe cercetări referitor la eficacitatea acestei metode.

În una din cercetări [3] a fost investigat experimental și a fost testată o nouă metodă de cămășuire a nodului extern grindă – coloana, deteriorat de încărcări seismice, și determinarea capacității portante după repararea nodului prin cămășuire cu beton armat. Testarea a fost făcută pe 10 epruvete, încărcate ciclic și măsurinduse constant forța, încărcarea a avut loc până la deteriorarea epruvetelor, iar apoi au fost consolidate folosind tehnica de cămășuire cu beton armat și retestate ulterior la aceleași tipuri de încărcări. S-au utilizat două tipuri de armare a cămășuirii, diferența constă în adăugarea barelor pe diagonala nodului, ceea ce nu s-a

utilizat in primul caz (Fig.2), iar câteva epruvete au fost lăsate pentru verificare si comparare. Grosimea cămășuirii este de 20 mm, iar ca armaturi au fost utilizate sîrme de diametru mic.

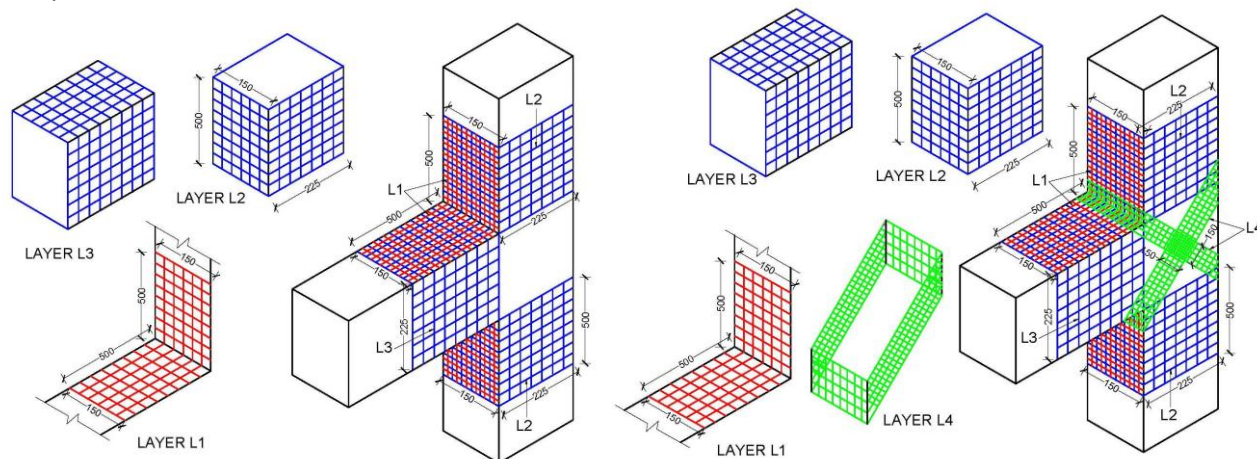


Fig.2 Modul de armare a primului tip de cămășuire cercetată (stânga) și al doilea tip (dreapta)

Compararea dintre performanțele seismice dintre epruvetele înainte și după consolidare (Fig.3) au indicat că rezistența elementelor s-a modificat semnificativ atât și modul de comportare a lor, mărindui capacitatea portantă, și reparând toate defectele apărute în timpul încărcărilor inițiale.

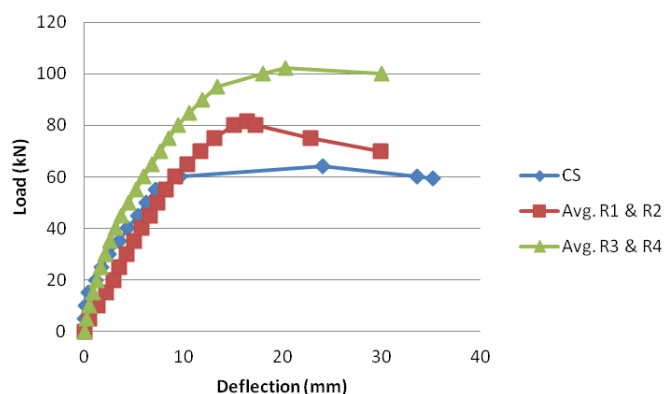


Fig.3. Diagrama încărcare – deplasare (CS – grinda de control; R1, R2 – grinzile cămășuite cu prima metodă; R3, R4 – grinzile cămășuite cu a doua metodă)

Concluzia în acest caz este, că după deteriorarea nodului grinda – stâlp în timpul unui seism, ea poate fi consolidată cu această metodă, utilizând minimum de beton și armătură, și capacitatea sa portantă va crește chiar și în comparație cu nodul inițial, astfel reparând defectele și asigurându-i rigiditatea pentru următoarele cutremure.

## 2.2. Cămășuire cu oțel

Cămășuirea cu oțel se referă la învelirea secțiunii existente cu plăci din oțel și ancorarea lor în beton utilizând diferite tehnici. Aceasta este o metodă foarte efektivă pentru a remedia careva deficiențe cum ar fi incapacitatea de a rezista la forța de forfecare maximă sau diametre insuficiente a armaturii longitudinale în zonele critice. Dar metoda dată poate fi și costisitoare, iar rezistența la foc trebuie obligatoriu să fie luată în calcul. În practică, cea mai des utilizată configurație este utilizarea cornierelor și a plăcilor din oțel. Cămășuirea cu oțel a fost pe larg utilizată în țările europene în deceniile precedente, iar în Japonia a început să fie pe larg utilizată după cutremurul din Hyogoken – Nambu din 1995.

Eficiența cămășuirii cu oțel depinde nemijlocit de configurația aleasă, ceea ce a fost demonstrat în articolul [4], în care se prezintă rezultatele unui experiment. S-au testat 7 modele, două dintre care erau modele de control, iar celelalte 5 au fost consolidate utilizând diferite configurații. Autorii au efectuat la fel și o testare utilizând metoda elementelor finite în programa ANSYS 12.0. Ei au pregătit diagrama încărcări-deformații pentru fiecare model fizic (Fig.4) și apoi au comparat cu cele rezultate din program. Urmărind rezultatele din program, comparate cu cele experimentale, s-a observat că programul poate calcula cu o precizie foarte înaltă comportamentul elementelor, chiar și locul concret unde se va produce cedarea.

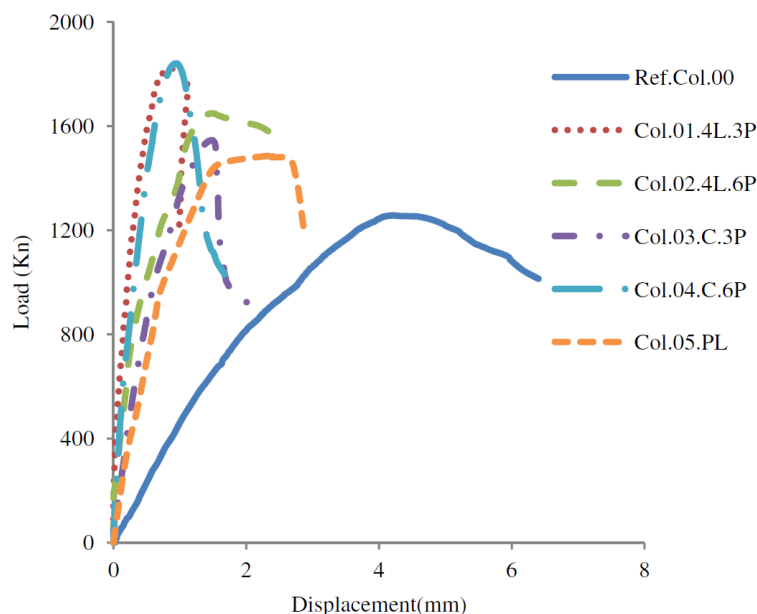


Fig.4 Diagrama încărcare – deplasare, rezultatele experimentale pentru toate epruvetele testate

Din studiul său, autorul a ajuns la concluzia că tehnica de cămășuire cu oțel a mărit capacitatea portantă maximă cu minim 20%, mai mult ca atât, ei au observat că modul de cedare s-a modificat și s-a făcut mai brusc, s-a pierdut din ductilitate.

### Concluzie

În concluzie, ideal ar fi să nu existe necesitatea consolidării, dar, din păcate nu suntem într-o lume ideală, și trebuie să fim pregătiți pentru orice eventualitate. Studiul dat tinde să prezinte metodele și mai important, eficiența consolidării, pentru a crea o viziune mai clară în acest domeniu destul de necercetat. Iar metodele alese sunt generale și nu prezintă întreaga gamă de metode existente de consolidare, iar în cazul necesității unei consolidări trebuie să fie analizate toate metodele disponibile și de ales cea mai compatibilă și economic eficientă, ceea ce diferă de la caz la caz.

Un alt aspect este metoda de calcul a consolidărilor, ceea ce în prezent este relativ ușor realizat cu ajutorul programelor ce utilizează metoda elementelor finite, însă există și metode de calcul manual. Aceste metode rămân a fi analitice și mai mult preconizate pentru cadrele didactice, una din aceste metode este prezentată în publicația [5], în care a fost dedusă o metodă analitică nouă de calcul a consolidărilor, care poate fi utilizată în programul de studiu al studenților.

### Bibliografie

1. *Seismic Strengthening of Reinforced Concrete Buildings* – Hassan Kaplan and Salih Yilmaz. Pamukkale University, Department of Civil Engineering – Turkey 2012
2. *Advanced Retrofitting Techniques for RC Building: A State of an Art Review* – Minakshi V. Vaghani, Sandip A. Vasanwala and Atul K. Desai. Sardar Vallabhbai National Institute of Technology, Department of Mechanics, Surat – India 2014
3. *Retrofitting of exterior RC beam-column joints using ferrocement jackets* – Prem Pal Bansal, Maneek Kumar and Manzoor Ahmed Dar. Thapar University, Department of Civil Engineering, Patiala – India 2015
4. *Behavior of reinforced concrete columns strengthened by steel jacket* – Mahmoud F. Belal, Hatem M. Mohamed, Sherif A. Morad. Cairo University, Faculty of Engineering, Cairo – Egipt 2014
5. *A practical approach for the strength evaluation of RC columns reinforced with RC jackets* – Giovanni Minafo, Università degli Studi di Enna "Kore", Facoltà di Ingegneria e Architettura, Cittadella Universitaria, Enna, Italy 2015