

IMPACTUL REALIZĂRII CONSTRUCȚIILOR ÎN EXCAVAȚII ADÂNCI ASUPRA CLĂDIRILOR EXISTENTE ÎN VECINĂTE

*Anatolie Marcu¹⁾, Horațiu Popa²⁾, Dragoș Marcu³⁾, Mădălin Coman³⁾,
Andrei Vasilescu³⁾, Daniela Manole³⁾.*

REZUMAT: Pornind de la situațiile concrete întâlnite în zona orașului București, se prezintă metodele utilizate de autori pentru evaluarea influenței amplasării noilor construcții în zone urbane, dens construite. Rezultatele calculului sunt comparate cu măsurători realizate la sprijinirile excavațiilor adânci și în cadrul urmării tasării construcțiilor noi și a celor aflate în „zona de influență” a acestora. Se fac propuneri pentru reglementarea obligațiilor ce revin proprietarilor pentru asigurarea unui nivel minim de rezistență și stabilitate a construcțiilor existente și a limitelor acceptabile în interiorul cărora trebuie să se încadreze influența realizării noii structurii.

ABSTRACT: Based on the author's experience in geotechnical design in Bucharest area, simplified and complex methods of computation for the effects of open excavations and deep foundations on nearby structures are presented. The results are compared with monitoring data. The allowable settlements on old structures are discussed.

PREAMBUL. ACTUALITATEA PROBLEMEI.

Recentul „Normativ privind cerințele de proiectare și execuție a excavațiilor în zone urbane”, indicativ NP 120-06, aduce multe clarificări în abordarea problematicii excavațiilor adânci, definind, printre altele, noțiuni ca: surse de risc asociate excavațiilor adânci, zona de influență a excavației, etc.

Se atribuie proiectantului responsabilitatea stabilirii zonei de influență: “Proiectantul excavației adânci va stabili zona de influență a excavației,.... și va preciza măsurile care trebuie luate pentru siguranța construcțiilor aflate în zona de influență, a căror stabilitate și deformații nu trebuie să fie afectată”

Totuși, în cadrul acestui normativ apar și unele formulări discutabile, dintre care una produce multă confuzie și conduce la situații practice fără ieșire: “În condițiile în care limita zonei de influență se extinde dincolo de limita de proprietate, ca urmare a soluției propuse, este obligatorie obținerea acordului în formă notarială și liber consimțit, dat de către proprietarul fondului construit cu care se învecinează construcția”. Dincolo de aspectul neobișnuit care include o prevedere cu caracter juridic într-o reglementare tehnică, prevederea este cel puțin periculoasă, chiar gravă, în condițiile în care cvasi-totalitatea excavațiilor în zone urbane dens construite depășesc ca influență limita de proprietate.

¹⁾ Prof. dr. ing. Universitatea Tehnică de Construcții, București

²⁾ Conf. dr. ing. Universitatea Tehnică de Construcții, București

³⁾ Ing. S.C.Popp&Asociații S.R.L., București

Ori, aproape întotdeauna, acest acord notarial este imposibil de obținut, mai ales atunci când există mai multe construcții învecinate, sau alături se găsesc blocuri de apartamente, cu o multitudine de proprietari. Refuzul de a acorda notarial permisiunea de a construi are multe cauze: necunoaștere, teamă, dar și rea voință sau, mai grav, chiar încercări de extorcare. Prin urmare, în aceste condiții, construirea va fi aproape imposibilă, cu consecințe greu de imaginat pentru viitorul investițiilor imobiliare în orașe, deci cu grave atingeri economice. Oare ce e de făcut în momentul în care se va dori începerea investiției ce privește construirea liniei de metrou în Drumul Taberei, de exemplu? Va fi cerut acordul de la toți locatarii din blocurile riverane? Greu de crezut.

Chiar dacă în mod particular, reprezentanții autorităților sesizează că prevederea este exagerată, oficial aceștia refuză acordarea autorizației de construire pentru că legea trebuie respectată.

De curând însă am avut surpriza ca unii beneficiari să refuze achitarea contravalorii serviciilor de proiectare pentru că noi în proiect am afirmat (în acord cu prevederile NP-120) că există construcții vecine în zona de influență a construcției proiectate. Dar surpriza este și mai mare, pentru că renunțând la serviciile noastre, investitorii au mers la alți proiectanți, care au afirmat că nu există zonă de influență în afara limitelor aceleiași construcții. Sau, s-a afirmat că dacă se recurge la piloți secanți, în locul pereților mulați, de exemplu, atunci aceasta nu se extinde în afara construcției? Este fals, chiar dacă prima soluție este preferabilă celei de a doua în cazul în care în imediata vecinătate se află construcții existente, pentru că pe timpul forării sau excavării (dar numai pe această perioadă) prima soluție este mai sigură întrucât dimensiunea elementului forat este mai mică și beneficiază și de efectul de boltă. Dacă proiectantul declară că nu există zonă de influență ori pentru că nu înțelege fenomenul, ori pentru că trebuie să se supună autorităților care impun fraze-tip de genul „nu va afecta în nici un mod...”, atunci și beneficiarul este mulțumit și autorizația este eliberată. Dar, atenție (!), responsabilitatea proiectantului este uriașă, în cazul apariției celei mai mici tasări la construcțiile vecine singurul răspunzător devenind proiectantul.

Iar aici se naște întrebarea: dacă prin proiectare se prevede un perete îngropat din piloți sau pereți mulați, care să susțină excavația, mai există zonă de influență în exteriorul incintei?

Punctul nostru de vedere tehnic este că există zonă de influență în afara incintei, pentru că acest perete, chiar foarte rigid, nu poate împiedica total transmiterea deformațiilor și a tensiunilor în masivul de pământ adiacent și toate măsurătorile de teren efectuate pe lucrări executate au confirmat acest lucru. Poate, numai din punct de vedere juridic, limita de proprietate, este o zonă „infinat rigidă”.

În opinia noastră zonă de influență se extinde în afara oricărei construcții, iar ea trebuie declarată și asumată. Responsabilitatea noastră ca ingineri este de a stabili dacă influența construirii unui nou edificiu va afecta rezistența și stabilitatea construcțiilor învecinate și nicidecum să ne ocupăm de acorduri notariale. Considerăm că deja avem experiența evaluării acestei influențe prin calcul. În capitolele următoare se prezintă unele aspecte teoretice și comparații cu măsurătorile efectuate pe teren. Știm să formulăm problema, să estimăm prin calcul cât va tasa terenul adiacent și să stabilim dacă aceste deformații și tensiuni induse vor afecta sau nu construcția învecinată, sau mai bine zis vor spori nivelul de avariere în care aceasta se găsește, eventual. Dacă da, atunci va trebui ca înaintea construirii noului imobil, să se recurgă la măsuri de consolidare a construcțiilor ce pot fi afectate. Dacă nu, atunci se poate construi și numai o monitorizare completă a

evoluției construcțiilor învecinate poate constitui singurul criteriu obiectiv în caz de conflict. Poate că, prin proiect ar trebui să se prevadă măsuri de intervenție rapidă în cazul în care realitatea contrazice dezvoltările teoretice și calculul. În fond există încă multe semne de întrebare, multe criterii subiective și empirice.

De aceea solicităm comunității inginerilor proiectanți de structuri să organizeze dezbateri profesionale, care să clarifice aceste lucruri. Iar pe viitor poziția să fie unitară și asociațiile profesionale să se implice în susținerea acestui punct de vedere și împreună cu autoritățile și cu juriștii să caute rezolvarea acestei probleme spinoase.

Sigur că formularea problemei poate fi făcută și altfel: în condițiile în care în vecinătate există o construcție șubredă, la limita de stabilitate și rezistență, „întreținută” în această stare fie din neputința fie din indiferența locatarilor acesteia, poate fi împiedicat un investitor să construiască pe terenul lui pentru că nu trebuie să afecteze vecinătatea? E adevărat că legea îi obligă pe cei cu construcții nesigure să procedeze la consolidarea lor. Dar tot legea stabilește urgența de intervenție, care poate fi 2-3 ani sau mai mulți. Până se efectuează expertiza, proiectul de consolidare și apoi consolidarea propriu-zisă a construcției din vecinătate s-ar putea ca noua investiție să nu mai fie rentabilă.

Credem că nu lipsit de interes ar fi ca viitorul normativ de evaluare și consolidare să definească ce anume trebuie să conțină așa numita expertiză tehnică de calcan sau studiul de impact.

1. EVALUAREA INFLUENȚEI RECIPROCE A FUNDAȚIILOR CONFORM NORMELOR ROMÂNEȘTI.

Influența reciprocă a unor construcții apropiate, exercitată prin intermediul terenului de fundare, este un element de care trebuie să se țină seama în evaluarea comportării structurilor respective. Această constatare se reflectă parțial și în prevederile normelor românești din deceniile precedente.

Astfel în standardul referitor la calculul terenului în cazul fundării directe (STAS 3300/2-85) se recomandă metode de calcul al deplasărilor verticale (tasărilor) terenului situat în afara unei fundații de suprafață, în urma încărcării acesteia. Nu se precizează distanțele până la care trebuie avute în vedere aceste tasări, dar se indică adâncimea zonei active – Z_0 în care se manifestă fenomenele de deformare sub fundația considerată (fig. 1).

Grupul de standarde referitoare la proiectarea fundațiilor pe piloți (STAS 2561/3,4 - 90) nu tratează în nici un fel problema influenței unor asemenea fundații de adâncime în afara amprizei acestora.

Se remarcă faptul că, din cauza lipsei unei experiențe, coroborate cu măsurători în situ la lucrări conținând excavații adânci realizate în apropierea unor structuri existente (mai ales construcții civile), reglementările tehnice din perioada amintită nu cuprind exigențe și nici metode pentru evaluarea efectului produs de execuția și încărcările transmise de noile construcții asupra clădirilor învecinate.

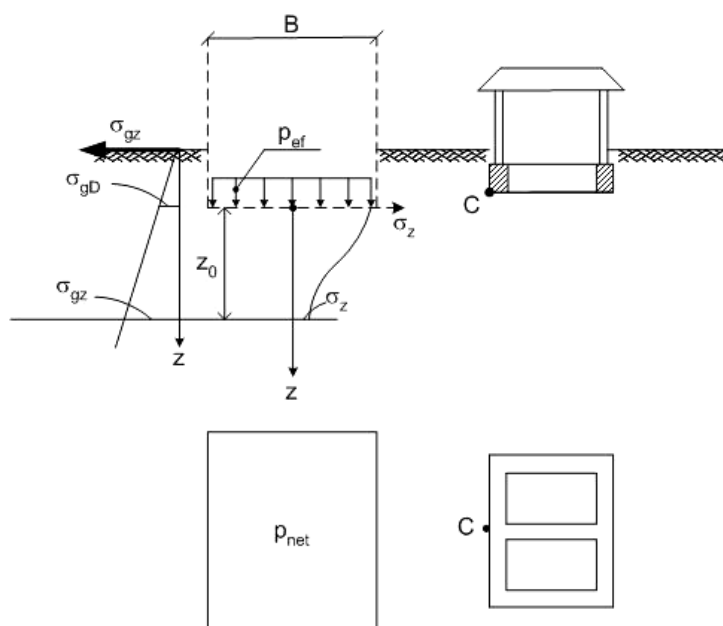


Fig.1. Schema de calcul al tasărilor și definierea zonei active.

Numai normativul NP 074-2002 privind principiile, exigențele și metodele investigației geotehnice a terenului de fundare introduce noțiunea de zonă de influență a construcției, care cuprinde întregul volum din teren „...în care se resimte influența construcției respective sau în care pot avea loc fenomene care să influențeze acea construcție”.

Această definiție este preluată și în recentul normativ NP 120-06 care tratează „cerințele de proiectare și execuție a excavațiilor adânci în zone urbane” (dar, în cuprinsul textului, domeniul de valabilitate se extinde și asupra excavațiilor mai adânci de 3 m, realizate în zone construite în afara localităților urbane).

Definirea existenței unei zone de influență a oricărei construcții în terenul de fundare, în corelare și cu prevederile normei europene de proiectare geotehnică Eurocod 7- Partea 1, recent adoptată ca standard român [1], atrage atenția asupra necesității luării în considerare a tuturor fenomenelor care pot apărea în terenul de fundare și a influenței asupra construcțiilor învecinate care se găsesc în această zonă.

În cazul excavațiilor adânci pentru construcții factorii care pot influența semnificativ clădirile existente în vecinătate sunt legați atât de execuție (excavare, lucrări de sprijinire, epuizante, etc.) cât și de încărcarea terenului transmisă de noua structură.

În cele ce urmează se prezintă unele posibilități de tratare a acestei probleme complexe, bazate pe metodele mecanicii pământurilor și pe recomandări conținute în reglementări tehnice și în lucrări de referință din țară și din străinătate, precum și pe experiența acumulată de autori în proiectarea și în urmărirea execuției și a comportării în timp a unor construcții situate în zona orașului București.

2. DETERMINAREA PRACTICĂ A ZONEI DE INFLUENȚĂ A UNEI CONSTRUCȚII ȘI A INTERACȚIUNII CU STRUCTURILE EXISTENTE . PUNCTUL DE VEDERE AL AUTORILOR.

2.1. COMPONENTELE PRINCIPALE ALE TASĂRILOR INDUSE ÎN TEREN DE REALIZARE A UNEI CONSTRUCȚII.

Pentru rezistența și stabilitatea unei construcții existente în zona de influență a unei structurii noi sunt semnificative mărirea și evoluția în timp a tasărilor (deplasărilor verticale) induse în terenul de fundare de noua construcție.

În cele mai frecvente cazuri, tasările suplimentare s provocate de execuția și încărcarea noii structuri, în terenul adiacent, sunt constituite din următoarele componente principale:

$$s = s_1 + s_H + s_2 \quad (1)$$

în care:

s_1 - tasări cauzate de execuția excavațiilor;

s_H - tasări provocate de schimbarea regimului apelor subterane (epuismențe, ecranare, etc);

s_2 - tasări datorate încărcării transmise la teren de noua construcție.

Desigur, în situații particulare, în legătură cu terenul fundare sau cu modul de exploatare a noii construcții pot apărea și alți factori de influență (umezirea straturilor sensibile la umezire, afectarea stabilității generale a terenului, efecte dinamice, etc.)

În continuare sunt descrise câteva metode simplificate pentru evaluarea componentelor tasării din relația (1) precum și rezultatele aplicării unor metode mai perfecționate de calcul. Se prezintă datele concrete obținute pentru câteva situații proprii condițiilor geotehnice ale orașului București.

2.2. METODE SIMPLIFICATE PENTRU EVALUAREA ZONEI DE INFLUENȚĂ ȘI A TASĂRILOR ÎN CUPRINSUL ACESTEIA.

2.2.1. Tasări datorate deformării lucrărilor de sprijinire – componenta s_1 .

a) Sprijiniri încastrate în baza săpăturii (fără șpraițuri).

Acest sistem de susținere este justificat, în condițiile geotehnice din București, pentru construcțiile cu 1...2 subsoluri, când excavația (cu adâncimea $D_f < 5...6$ m) nu coboară sub nivelul apei subterane (fig.2) Sprijinirea poate fi realizată din șiruri de piloți (cvasitangenți, cu interspații) sau de tip „berlinez”. (fig.2)

Prisma de pământ care produce presiunea activă P_a pe sprijinire delimitează și zona de influență a excavației (distanța L_i).

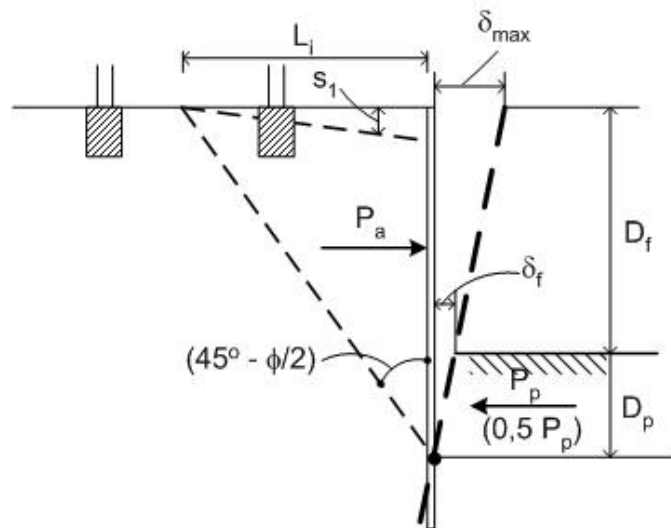


Fig.2. Zona de influență a unei sprijiniri încastrate în baza excavației.

Pentru asigurarea încadrării în baza săpăturii trebuie realizată mobilizarea rezistenței pasive P_p (sau a unei fracțiuni a acesteia - în vederea limitării deformațiilor).

Se cunoaște faptul că deplasarea peretelui spre masiv, pentru mobilizarea integrală a valorii P_p , este relativ mare, chiar pentru pământuri compacte: între $0,05 D_p$ și $0,10 D_p$ (conform recomandărilor din norma europeană [1]). În schimb pentru mobilizarea unei rezistențe egale cu $0,5 P_p$ sunt necesare deplasări mult mai mici $\delta_f = (0,01...0,02) D_p$.

Având în vedere că tasarea „s” a suprafeței terenului adiacent excavației depinde de deplasarea orizontală maximă a peretelui δ_{max} apare rațional să se limiteze δ_f la situația corespunzătoare mobilizării parțiale a presiunii pasive (cel mai frecvent la $0,5 P_p$).

Observațiile realizate asupra unui nou număr de excavații sprijinite arată că, în mod acoperitor, se poate accepta dependența [2]:

$$s_{1max} \approx 0,5\delta_{max}$$

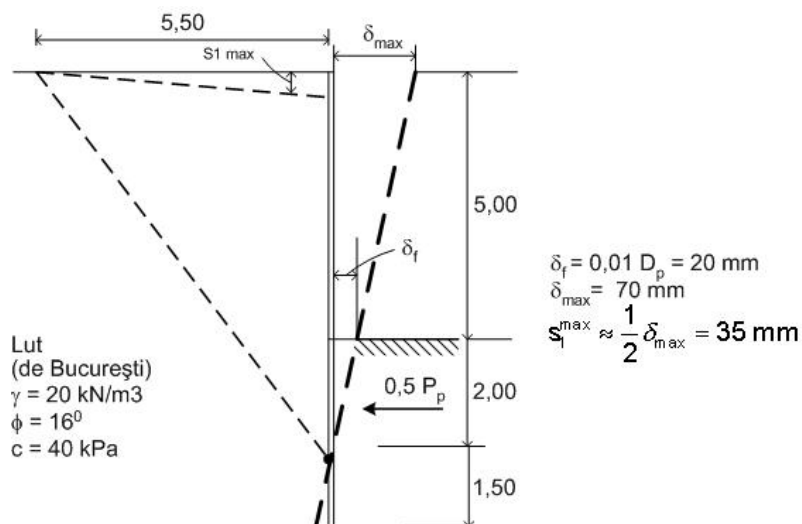


Fig.3. Exemplu de calcul al tasărilor provocate de rotirea sprijinirii libere la partea superioară.

În exemplul din fig.3 se arată că tasarea maximă calculată a terenului în imediata vecinătate a sprijinirii este $s_{1max} \approx 35$ mm și ea scade linear până la limita zonei de influență. În mod curent asemenea valori ale tasării nu pot fi acceptate pentru construcții existente, având fundații de suprafață în apropierea excavației.

b) Sprijiniri rezemate (șpraițuite) la partea superioară.

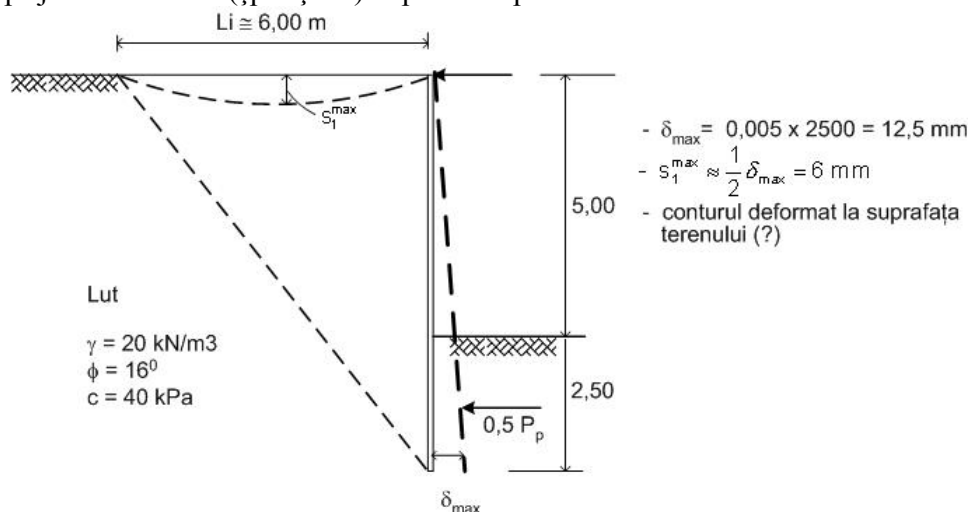


Fig.4. Exemplu de calcul al tasărilor produse de deplasarea sprijinirii rezemate la partea superioară.

La acest procedeu de execuție se recurge tocmai pentru a reduce tasările în imediata vecinătate a excavației și pentru a îmbunătăți comportarea statică a elementelor sprijinirii prin micșorarea semnificativă a momentelor încovoietoare.

Din exemplul arătat în fig.4 (unde $\delta_{max} \approx 0,005 D_p$, conform tabelului C 2 din standardul indicat [1]), rezultă că tasările calculate la suprafața terenului adiacent sunt cu mult inferioare celor prezentate în fig.3.

2.2.2. Efectul coborârii nivelului hidrostatic - componenta s_H .

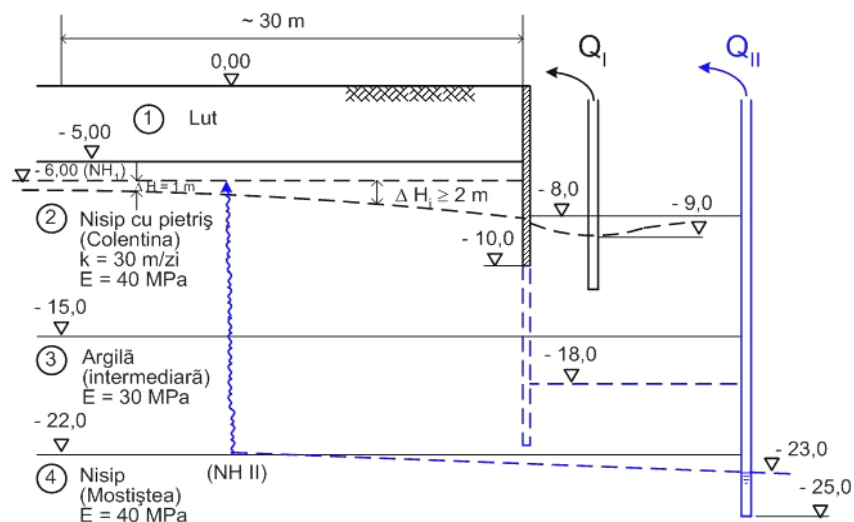


Fig.5 Exemplu de calcul al tasărilor provocate de lucrări de epuizmente (I - epuizment din acviferul superior; II - epuizment din acviferul inferior)

Lucrările de epuiment, inerente în cazul excavațiilor care coboară sub nivelul hidrostatic, produc scăderi ale cotei apei subterane în afara conturului excavației, dacă incinta nu este etanșă și nu pătrunde cu baza într-un strat impermeabil.

Coborârea nivelului hidrostatic are drept efect creșterea presiunii geologice în straturile situate sub cota inițială a apei subterane, deoarece greutatea volumică a pământului în zona de variație a nivelului apei crește de la valori $\gamma' \approx 10 \text{ kN/m}^3$ (în stare submersată) la $\gamma = 18...20 \text{ kN/m}^3$.

Această mărire a eforturilor verticale conduce la tasări suplimentare ale straturilor pe o adâncime apreciabilă; în cazul straturilor argiloase, aceste tasări de consolidare evoluează în timp pe durata multor luni (în funcție de grosimea stratului argilos și de durata de menținere a lucrărilor de epuiment).

În fig.5 se prezintă două situații frecvente pentru orașul București.

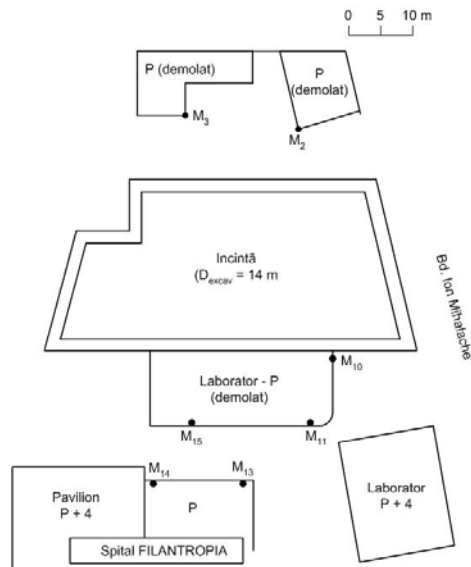
- în cazul unei excavații care pătrunde 1...3 m sub nivelul hidrostatic apare rațională realizarea unor pereți de incintă de mica profunzime (neîncastrați în stratul argilos impermeabil) și un epuiment din primul strat acvifer. Pentru o denivelare medie $\Delta H_1 \approx 2 \text{ m}$, rezultă în zona adiacentă excavației - o creștere a presiunii geologice în straturile situate sub cota -6,0, egală cu $\Delta \sigma_g' = 20 \text{ kPa}$, ceea ce, conduce la o tasare a terenului $s_H \approx 8 \text{ mm}$.
- în cazul unor excavații adânci (pentru construcții cu 4...6 subsoluri), excavația pătrunde în stratul argilos impermeabil (ca incinta etanșă - reprezentată prin linii întrerupte în fig.5), dar din cauza subpresiunii exercitate la partea inferioară a acestuia de apa cantonată în al doilea strat acvifer (de regulă $NH_{II} \approx NH_I$) devine necesară realizarea unor pompări de adâncime.

În exemplul arătat în fig.5, în urma depresionării stratului de nisip de Mostiștea se produce o creștere a eforturilor verticale în straturile inițial submersate corespunzătoare denivelării $\Delta H_w = 15 \text{ m}$; deci $\Delta \sigma_g' \approx 150 \text{ kN}$. Calculând sporurile de tasare în straturile cuprinse în zona activă (până la adâncimi de 30 m) rezultă următoarele valori:

- stratul 2, între adâncimile de 6 și 15 m... $\Delta_s \approx 10 \text{ mm}$
- stratul 3, între 15 și 22 mm..... $\Delta_s \approx 30 \text{ mm}$
- stratul 4, între 22 și 30 mm..... $\Delta_s \approx 10 \text{ mm}$

Deci tasarea maximă în apropierea incintei poate atinge valori $s_H \approx 50 \text{ mm}$, dacă epuimentul va fi de lungă durată (ceea ce ar permite consumarea integrală a tasărilor de consolidare în stratul argilos).

Ca exemplificare, în figura 6 se prezintă rezultatele parțiale ale măsurătorilor de tasare la clădirile învecinate incintei pentru infrastructura construcției Bucharest Tower Center (fosta Industrialexport). Epuimentul principal s-a realizat din acviferul II (nisip fin de „Mostiștea”) cu debite de cca 50 l / s pe o durată de peste un an și jumătate. Deoarece lucrările de construcție la acest obiectiv au stagnat în intervalul 1998-2005, măsurătorile de tasare nu s-au desfășurat pe toată perioada de funcționare a epuimentelor. Totuși, tasările înregistrate pe clădiri situate la distanțe de 10...20 m de la incintă sunt semnificative; trebuie menționat că ele s-au produs în condițiile în care sistemul de fundare al turnului nu a fost, practic, încărcat [3].



Evoluția tasărilor măsurate

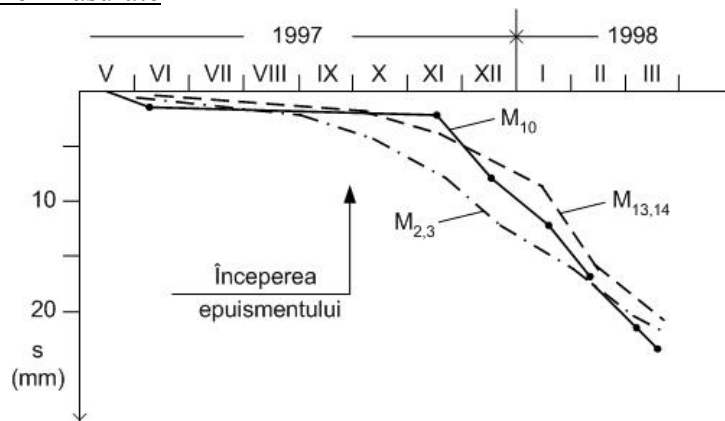


Fig.6. Tasări măsurate ale clădirilor adiacente excavației turnului INDUSTRIALEXPLOAT.

2.2.3. Efectul încărcării noii construcții - componenta s_2 .

Încărcarea transmisă de sistemul de fundare al noii construcții produce deformații în terenul de fundare, care se extind în afara amprizei acesteia. În figura 7 este prezentat, orientativ, volumul de pământ în care eforturile verticale de compresiune conduc la tasări semnificative pentru cazurile curente. Desigur mărimea acestui „bulb de influență” variază în funcție de presiunea „p” transmisă de noua fundație și de parametrii de deformabilitate ai straturilor.

Metodele actuale de calcul permit evaluarea cu o acuratețe acceptabilă, a tasărilor provocate de noua structură, ținând seama și de influența adâncimii de fundare, de prezența piloților (în cazul sistemelor de fundare mixte - „radiere pilotate”) etc.

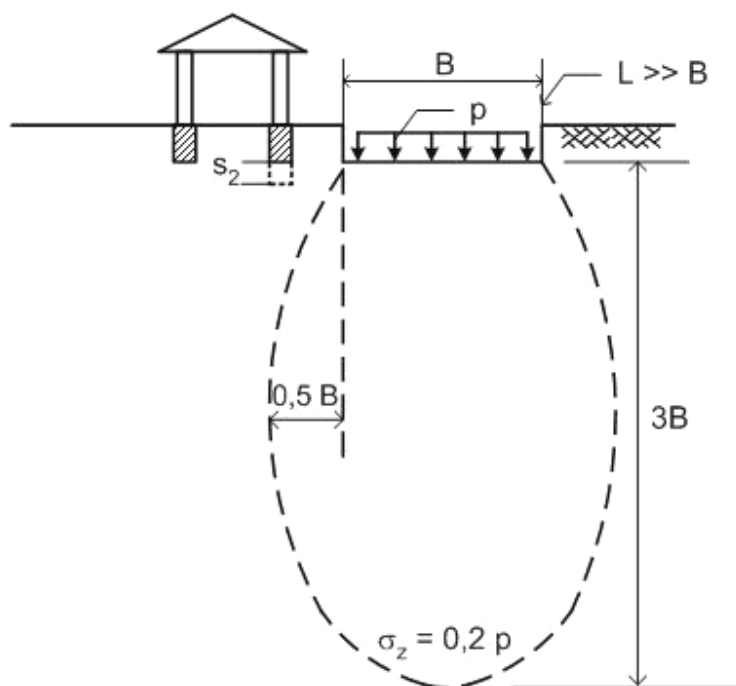


Fig.7. Linia de egal efort vertical (σ_z) sub o fundație continuă.

2.3. METODE PERFEȚIONATE PENTRU CALCULUL DEFORMAȚIILOR TERENULUI ÎN FAZELE DE EXCAVAȚII ȘI DE ÎNCĂRCARE.

Deformațiile care se produc în terenul de fundare în urma conlucrării peretelui de susținere cu masivul de pământ, în diferite faze de realizare a excavației și de șpraițuire a sprijinirii, precum și în urma descărcării cauzate de excavației și a încărcării transmise de noua construcție, pot fi evaluate cu ajutorul modelelor de calcul acceptate în mecanica pământurilor.

Pentru lucrări mai complexe autorii au utilizat programe de calcul bazate pe metoda elementelor finite [4, 5], pământul a fost modelat ca un masiv elasto-plastic (acceptând criteriul de cedare Mohr-Coulomb, cu parametrii rezistenței la forfecare ϕ și c). Comportarea terenului în domeniul de deformare lineară este caracterizată prin valorile modulului de deformare E în faza de încărcare și a modulului \bar{E} în fazele de descărcare și de reîncărcare.

Încărcările de probă pe placă și măsurătorile deformațiilor efective ale unor lucrări de sprijinire realizate (a se vedea și cap. 3) au arătat că pentru straturile caracteristice terenului de fundare din zona orașului București se pot accepta în calcul următoarele valori ale modulului de deformare liniară la decompresie / recomprimare [5]:

- pentru stratul de nisip cu pietriș („Colentina”): $\bar{E}=(2\div 3) E$;
- pentru stratul de argilă „intermediară”: $\bar{E}=(2\div 2,5) E$;

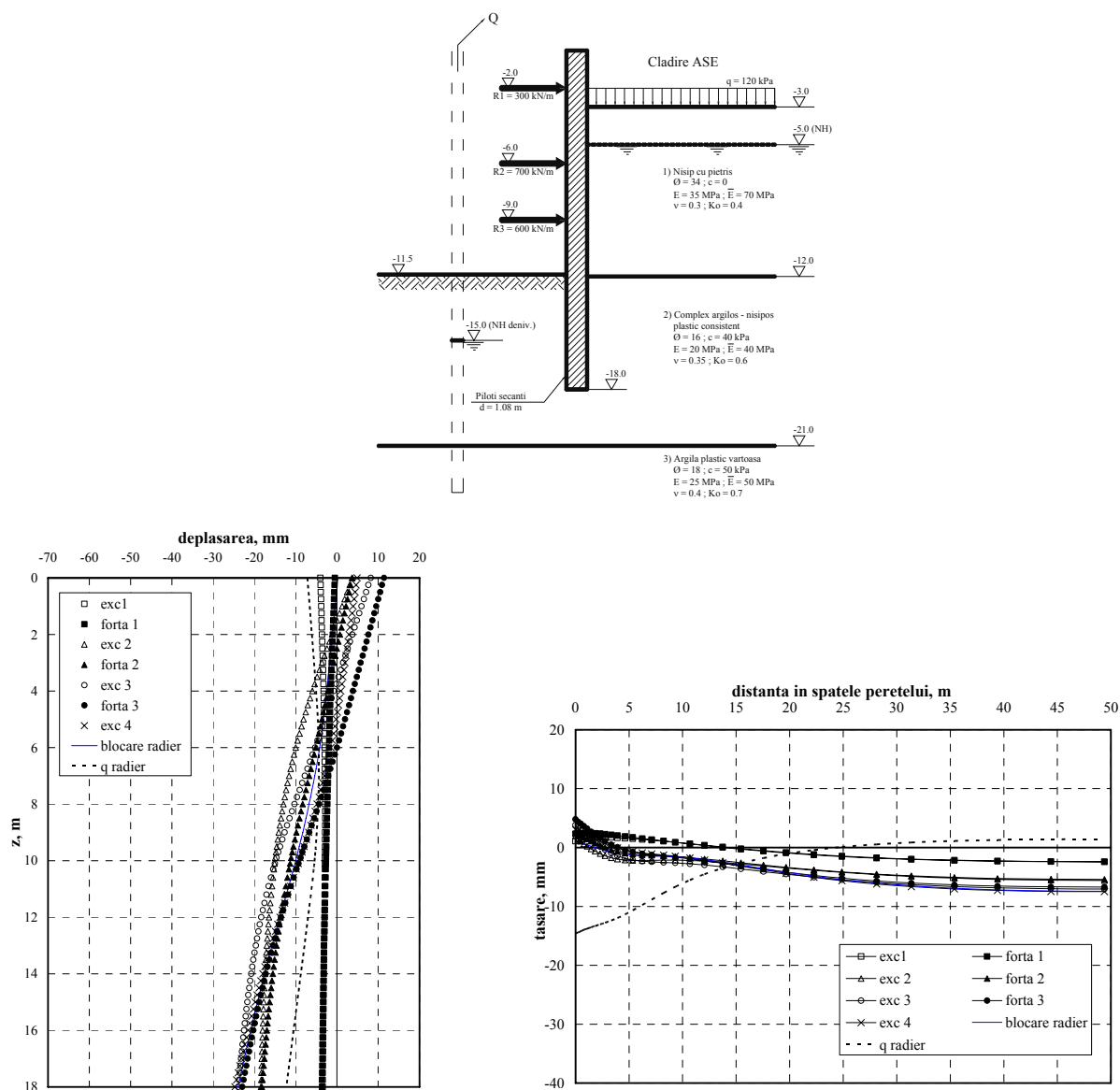


Fig.8. Incintă cu șpraițuri precomprimate.
Diagrame de deplasare a peretelui de incintă și de tasare a suprafeței terenului.

Metodele de calcul care modelează etapele succesive de excavare, montare a sprijinirilor și de încărcare a terenului cu sarcina noii construcții permit atât evaluarea eforturilor și a deformațiilor în structura de susținere cât și a deplasărilor în terenul adiacent (deci a tasărilor provocate în zonele învecinate). Aceasta dă posibilitatea proiectantului să „corecteze” eventualele tasări excesive prin intervenții asupra peretelui de susținere (modificarea rigidității, a punctelor de rezemare, precomprimarea șpraițurilor, etc.)

În fig. 8 se prezintă cazul excavației adânci pentru o construcție proiectată în imediata vecinătate a clădirii Academiei de Științe Economice. În cazul susținerii peretelui de incintă din piloți secanți numai cu șpraițuri „pasive” (care doar blochează deplasarea

orizontală la nivelul considerat în momentul montării) rezultau în fazele finale de excavare –deplasări orizontale ale peretelui $\delta_{\max} = 50 \text{ mm}$, ceea ce ar fi condus la tasări ale suprafeței terenului adiacent $s_{\max} \approx 25 \text{ mm}$.

Evident, asemenea tasări nu puteau fi acceptate pentru fundațiile clădirii ASE (în special a corpului vechi). Drept urmare s-au încercat diverse variante de precomprimare a celor trei niveluri de șpraițuri pentru a reduce deplasările orizontale ale peretelui de susținere (și implicit tasările construcției învecinate), fără o mărire excesivă a eforturilor în perete. În diagramele din fig. 8 se prezintă variația deplasărilor peretelui pentru cele patru etape succesive de excavare („exc. 1...4”) între care se intercalează fazele de precomprimare ale celor trei niveluri de șpraițuri („forța 1...3”); urmează apoi turnarea radierului („blocare radier”) și încărcarea radierului cu noua construcție („ q radier”).

Din diagrama tasărilor antecalulate ale suprafeței terenului adiacent se remarcă faptul că acestea nu depășesc valori $s=3...5 \text{ mm}$ (și au un caracter relativ uniform); în urma aplicării încărcării integrale a noi construcții, tasarea maximă a suprafeței terenului devine $s_{\max} = 14 \text{ mm}$, iar efectul acesteia se atenuază sensibil la distanțe de 10...12 m dela peretele de incintă.

3. MĂSURĂTORI EFECTUATE ȘI „CALIBRAREA” PARAMETRILOR GEOTEHNICI.

3.1. CLĂDIREA CHARLES DE GAULLE PLAZA

Instrumentarea clădirii cu 5 subsoluri, parter și 17 etaje din Piața Ch. de Gaulle, urmărirea deplasărilor pereților de incintă în perioada de execuție și a tasărilor structurii propriu zise și a construcțiilor învecinate în timpul execuției și după un an de exploatare au permis verificarea modelelor de calcul și a parametrilor geotehnici utilizați.

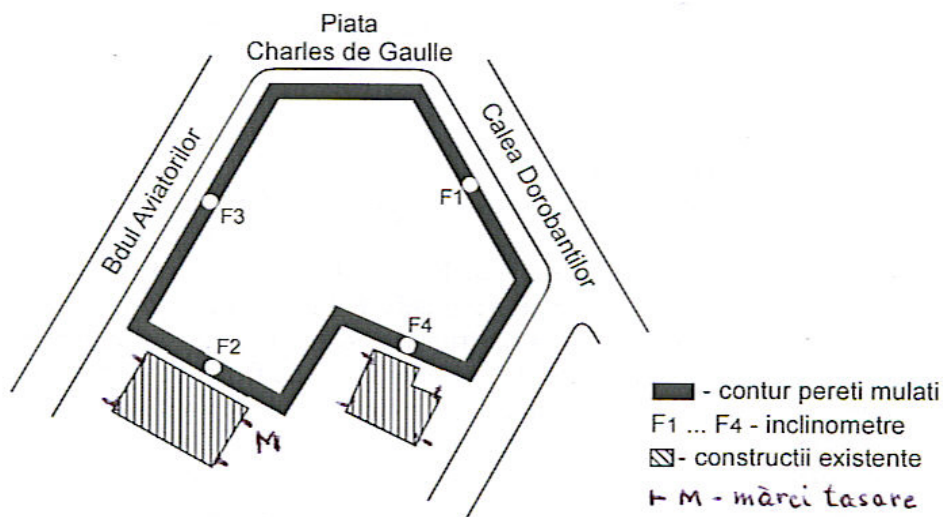


Fig.9. Instrumentarea construcției Ch.de Gaulle Plaza și a clădirilor învecinate.

Construcția menționată, realizată într-o excavație de 16,35 m adâncime, prin procedeul „top - down”, este fundată pe un „radier pilotat” (a se vedea detalii în lucrarea [4]).

În fig.9 se arată poziția înclinometrelor introduse în pereții murați care mențin incinta și mărcile de tasare montate în structura clădirilor învecinate.

S-au măsurat, de asemenea tasările principalelor elemente portante ale structurii înalte (nucleul rigid din zona centrală, respectiv stâlpi din fațadă).

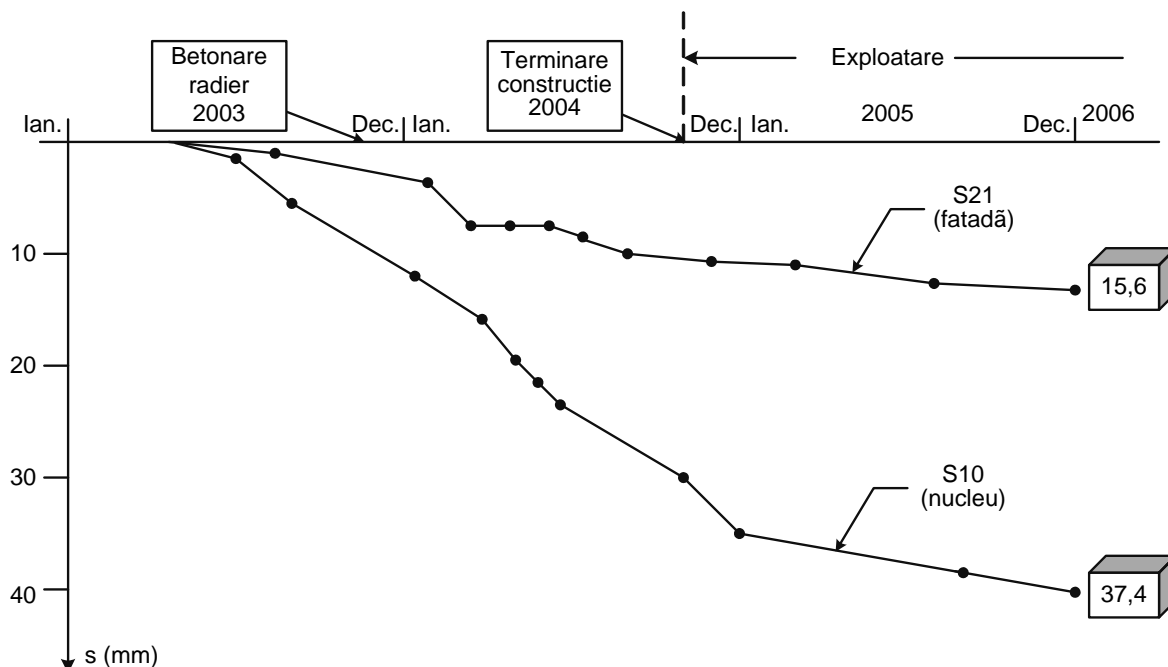


Fig.10. Tasări măsurate pe elementele structurale ale imobilului Ch. de Gaulle Plaza

În fig.10 se arată evoluția tasărilor acestor elemente ale noii structurii, atât în perioada de execuție (2003-2004) cât și după un an de exploatare. Se constată că tasările măsurate au fost apropiate de cele calculate pe baza modelului de „radier pilotat” cu următoarele valori ale modului de deformare liniară:

- pentru stratul de nisip cu pietriș („Colentina”), $E=40\text{MPa}$,
- pentru stratul de argilă „intermediară”, $E=40\text{MPa}$,
- pentru orizonturile argiloase-nisipoase, $E=25\text{MPa}$,

În schimb, deplasările pereților de incintă, calculate cu valorile E indicate mai sus, au rezultat de cca. două ori mai mari decât cele măsurate. S-a obținut o bună corelare a deplasărilor calculate cu cele măsurate înclinometric numai când în calcule s-au introdus valorile modurilor de deformare în faza de recomprimare $\bar{E}=2E$ (a se vedea datele prezentate în lucrarea [5]).

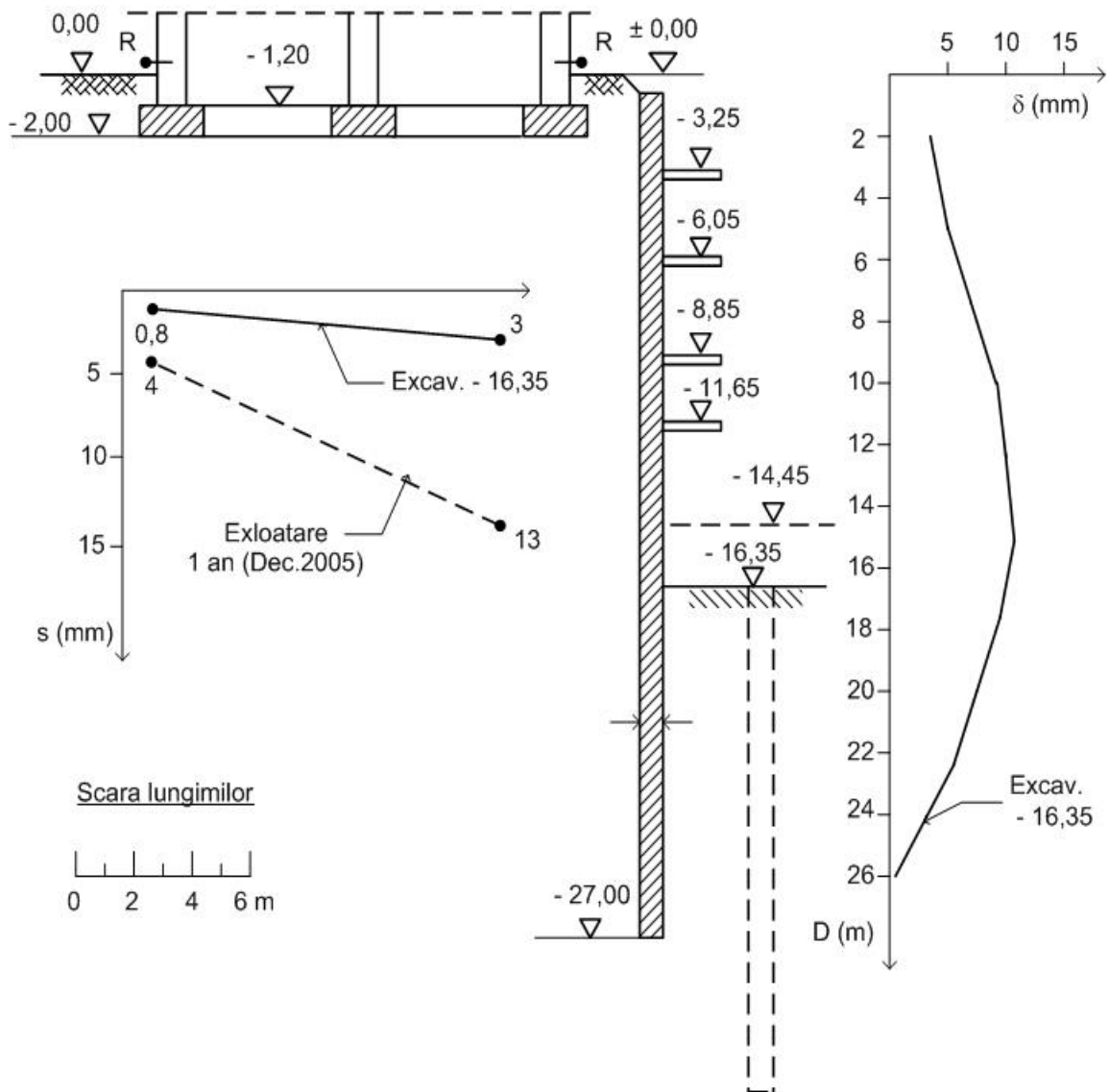


Fig.11. Deplasări horizontale măsurate la peretele de incintă al structurii Ch. de Gaulle și tasări ale construcției alăturate

În fig.11 se arată variația cu adâncimea a deplasărilor orizontale măsurate ale peretelui de incintă și tasările construcției învecinate (clădire P+4E în cadre din beton armat) în faza de excavare a incintei și după un an de exploatare a clădirii înalte.

3.2 CLĂDIRIA CATHEDRAL PLAZA (FAZA DE EXCAVARE A INCINTEI)

Clădirea înaltă din vecinătatea Catedralei Romano-Catolice Sf. Iosif se realizează prin procedeul „top-down”, într-o incintă etanșă din pereți mulați.

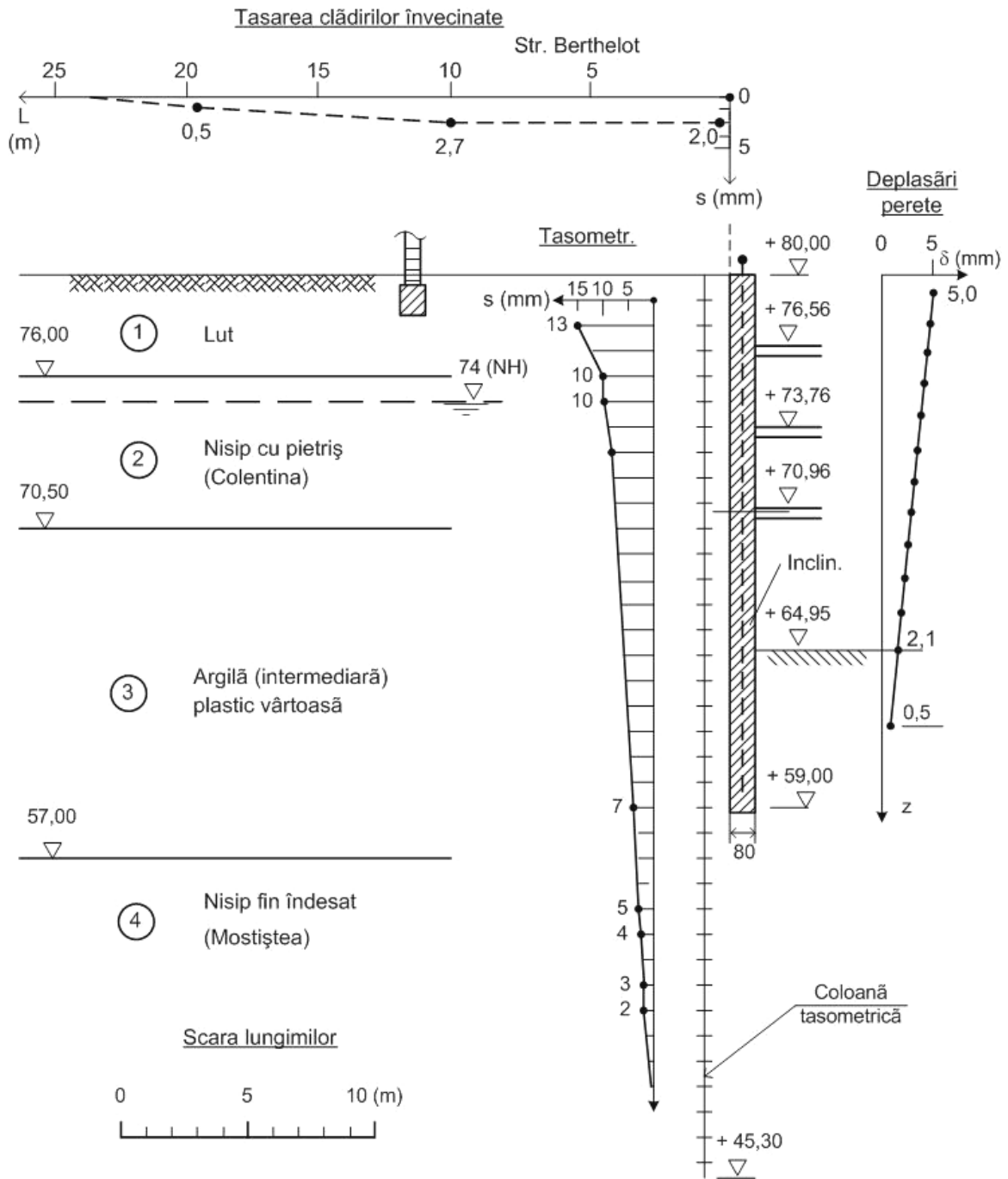


Fig.12. Măsurători de deplasări și tasări în zona incintei pentru Cathedral Plaza Building (faza de excavare)

Măsurătorile înclinometrice ale deplasărilor orizontale în diferite porțiuni ale incintei au fost combinate cu urmărirea tasărilor pereților mulați și ale terenului în imediata vecinătate a acestora (în coloane tasometrice montate de laboratorul de specialitate din ICIM).

De asemenea s-au măsurat tasările construcțiilor situate până la distanțe de cca. 50 m dela limita incintei.

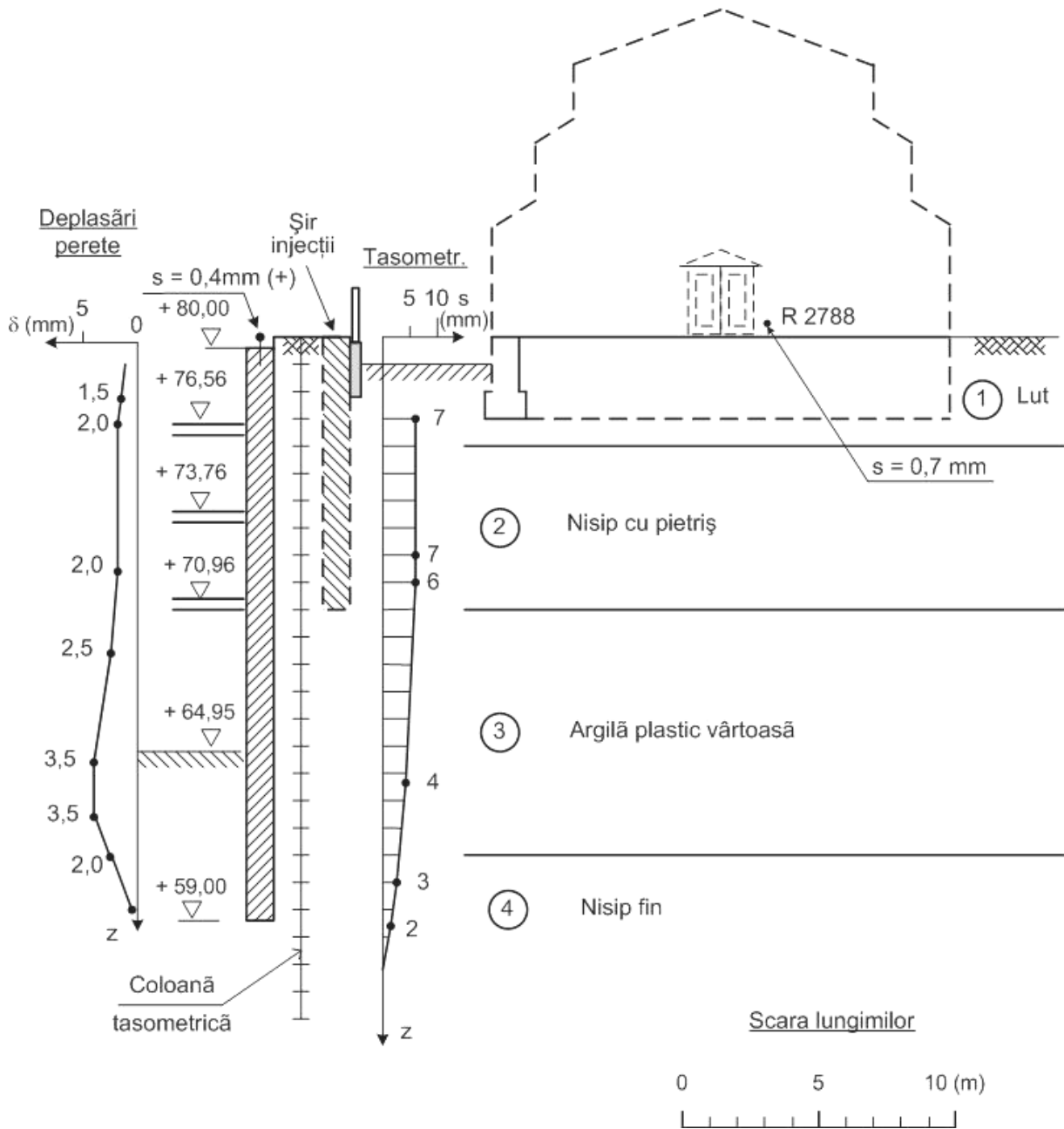


Fig.13. Măsurători de deplasări și tasări pe latura adiacentă Catedralei Sf. Iosif.

Rezultatele acestor măsurători în faza de realizare a excavației de adâncime maximă (la cca. 15 m de la nivelul terenului) sunt arătate în fig. 12 și 13.

Se remarcă faptul că tasările construcțiilor din apropierea incintei nu depășesc 50% din deplasarea orizontală maximă a peretelui.

Pe latura incintei dinspre construcția Catedralei deplasările peretelui și tasările terenului sunt mai mici decât pe celelalte laturi, probabil datorită efectului favorabil al ecranului suplimentar creat de șirul de injecții care s-au executat în stratul necoeziv, la limita teritoriului, înainte de începerea realizării pereților murați. Singurul reper topografic existent pe clădirea Catedralei (reperul de nivelment orașenesec R2788), utilizat ca marcă de tasare, a indicat tasări reduse ($s=0,7$ mm), foarte apropiate de limita de precizie a măsurătorilor.

4. CU PRIVIRE LA TASĂRILE ADMISIBILE PENTRU CONSTRUCȚIILE EXISTENTE ÎN VECINĂTATEA STRUCTURILOR NOI.

4.1. VALORI RECOMANDATE ÎN STANDARDELE ROMÂNEȘTI.

În standardul referitor la calculul terenului în cazul fundării directe (STAS 3300/2-85) se indică necesitatea verificării prin calcul a deplasărilor și a deformațiilor construcțiilor datorate deformării (tasării) terenului de fundare și limitarea acestora, pentru asigurarea exploatarei normale sau neatingerea stării limită ultime a structurii.

În anexa C din standardul amintit se dau „valori orientative ale deplasărilor sau deformațiilor admise pentru construcții neadaptate în mod special la tasări”, care asigură neatingerea stării limită de exploatare normală.

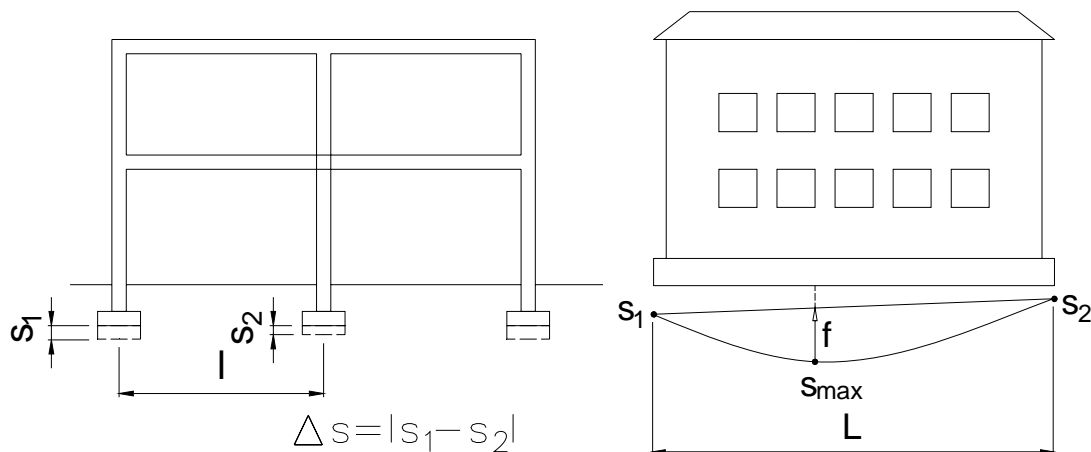


Fig. 14. Deplasări și deformații provocate de tasarea terenului de fundare (STAS 3300/2-85, anexa C)

Pentru tipurile de clădiri care există în mod frecvent în vecinătatea construcțiilor noi realizate în zone urbane, se recomandă următoarele valori admisibile (fig.14):

- a) Construcții civile și industriale cu structura de rezistență în cadre:
 - cadre din beton armat fără umplutură;
 - tasarea absolută maximă, $s_{max}=8$ cm
 - tasarea relativă, $\Delta s/l=0,002$
 - cadre din beton armat cu umplutură din zidărie;
 - $s_{max}=8$ cm
 - $\Delta s/l=0,001$

- b) Construcții multietajate cu ziduri portante:
- din panouri mari:
 - tasarea medie, $s_m=10$ cm
 - încovoierea relativă, $f/L=0,0007$
 - din zidărie (blocuri sau cărămidă) fără armare:
 - $s_m=15$ cm
 - $f/L=0,001$
 - din zidărie armată sau cu centuri armate:
 - $s_m=15$ cm
 - $f/L=0,0012$

4.2. VALORI RECOMANDATE ÎN NORMELE EUROPENE (SR EN 1997-1:2006)

În Eurocod 7, adoptată recent ca standard român [1], sunt indicate aceleași categorii de deplasări datorate tasării terenului, fără a se specifica valorile acceptabile pentru majoritatea lor.

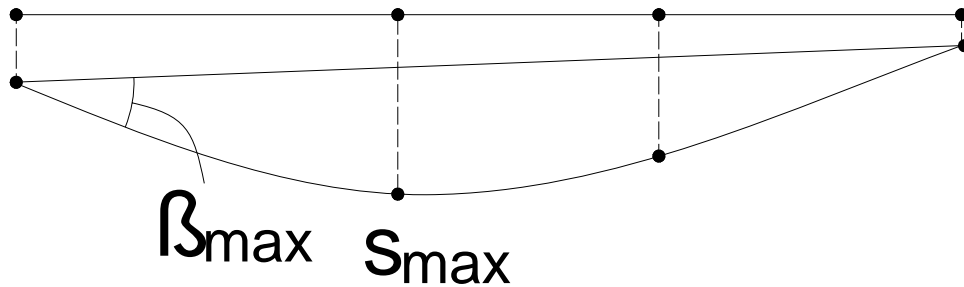


Fig.15. Deplasări și deformații ale fundațiilor definite în SR EN 1997-1:2006.

Singurele precizări se referă la următoarele valori (fig.15):

- a) Rotirea relativă (deformația angulară):
- pentru neatingerea stării limită de exploatare normală:
 $\text{tg}\beta_{\max} = 1/1200 \dots 1/300$ (recomandabil $1/500$)
 - pentru starea limită ultimă:
 $\text{tg}\beta_{\max} = 1/150$
- b) Tasarea totală a fundației izolate:
 $s_{\max}=50$ mm
 (se admite depășirea acestei limite cu condiția nedepășirii valorii $\text{tg}\beta_{\max}$)
- c) Se recomandă înjumătățirea valorilor limită indicate la punctele (a) și (b) dacă tasările construcției au valorile maxime la capetele acesteia (deformații în formă de „șă”).

4.3. INTERPRETAREA VALORILOR LIMITĂ REZULTATE DIN CALCULUL DEFORMĂRII STRUCTURILOR

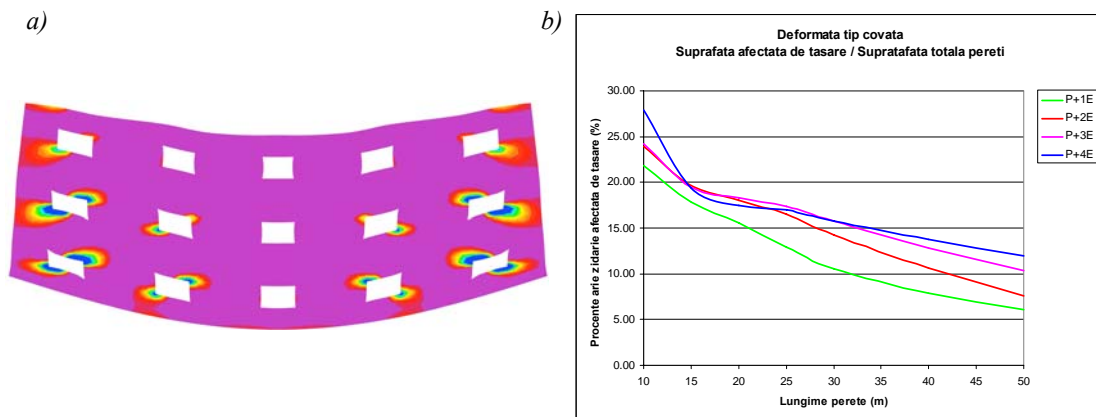
Desigur valorile limită pot diferi de cele indicate în paragrafele 4.1. și 4.2., fiind mai mari – în cazul unor structuri adaptate special la tasări mari și neuniforme, sau mai mici-pentru construcții cu limitări impuse de modul de execuție și de exploatare (finisaje deosebite, existența unor utilaje sau instalații cu restricții de deformare etc.)

În toate cazurile, însă, valorile limită indicate în reglementări tehnice sau în lucrări de specialitate se referă la construcții nedegradate, care nu au suferit anterior deformații importante (tasări, deformații sau chiar fisurări cauzate de seisme etc.).

În același timp trebuie evidențiat faptul că fenomenul de tasare evoluează, de regulă, în perioade lungi de timp (de ordinul lunilor și anilor); drept urmare în structura de rezistență se manifestă fenomene de curgere lentă (fluaj), care conduc la o reducere și o redistribuire a eforturilor. În continuare vom prezenta un exemplu de influență și evoluție a tensiunilor principale de întindere în pereți de zidărie. S-a analizat un imobil cu diferite înălțimi și lungimi, cu structură de rezistență (tipică construcțiilor de la începutul secolului trecut) din zidărie simplă (cpp), mortar M10, fundație-beton simplu-C8/10, planșee din lemn.

Impunând zidului o încovoieră relativă $f/L=0,001$ produsă de o tasare neuniformă (f fiind săgeata maximă la mijlocul lungimii L) au rezultat zonele în care eforturile de întindere σ depășesc rezistența de calcul R_t , astfel:

- în cazul încovoierii în formă de „covată”, fig.16a (cu maximul tasării la mijlocul zidului) zonele cu $\sigma > R_t$ reprezintă aproximativ 25% din suprafața totală a zidului pentru clădiri cu lungime de 10 m coborând până la un procent de 10% pentru clădiri cu lungimi de 50m, menționăm că se înregistrează diferențe neglijabile pentru clădiri cu regim de înălțime diferit (P+1..P+4), fig.16b.



- pentru cazul încovoierii în „șă”, fig.17a (cu tasările maxime la extremități), zonele de cedare ($\sigma > R_t$) reprezintă cca 70% din suprafața totală de zidărie pentru o clădire

P+1 și lungime de 10m, spre deosebire de o clădire cu regim de înălțime P+4 unde suprafața afectată a zidăriei este în procent de 55%. Odată cu creșterea în lungime a clădirii fenomenul evoluează și se „stabilizează” cu mici variații funcție de înălțimea clădirii în jurul valori de 70%, vezi fig. 17b.

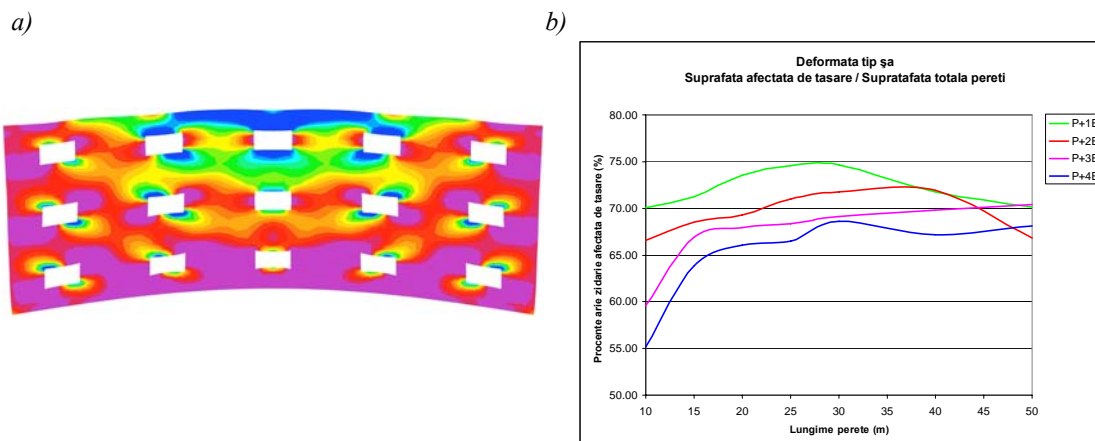


Fig.17 Deformarea în „șă” a peretelui ($f/L=0,001$)
 a) Deformata și zonele cu $\sigma > R_i$, peretelui, b) Variația procentului zonelor ($\sigma > R_i$) cu lungimea

5. CÂTEVA PROPUNERI ȘI PROBLEME SUPUSE DISCUȚIEI

Realizarea oricărei construcții (cu fazele de excavare și de reîncărcare a terenului) produce în mod inevitabil deformații ale straturilor (tasări) care se extind în afara limitelor acesteia.

Metodele actuale permit, prin procedee simplificate (pentru situațiile curente) sau mai complexe, evaluarea prin calcul a tasărilor în „zona de influență” a noii construcții, în care se pot afla construcții mai vechi. Aceste tasări antecalculat sunt supraevaluate când nu se ține seama de rigiditatea actuală a structurii învecinate.

Pentru stabilirea mai exactă a deformațiilor pe care le va suferi construcția veche este necesară, deci cunoașterea detaliată a stării în care se află această structură și a parametrilor de rezistență și de rigiditate proprii acesteia.

Pe de altă parte, tasările antecalculat pentru construcția existentă, în urma realizării unei structuri noi în vecinătate trebuie comparate cu „valori acceptabile” pentru continuarea exploatarei normale a vechii construcții. Aceste „valori acceptabile” depind de tipul structurii și de starea în care se găsește în prezent.

Apare, deci, logic ca într-o reglementare tehnică să se oficializeze un nivel minim al rezistenței și stabilității unei construcții aflată în exploatare, pe care sa-l asigure proprietarul acesteia.

În asemenea condiții vor putea fi precizate (tot în reglementări tehnice) valorile acceptabile ale tasărilor suplimentare pe care le pot suferi aceste structuri în cazul realizării unei construcții în vecinătate. Aceste „valori acceptabile” pot fi definite ca o cotă parte (de exemplu 50%) din valorile maxime admisibile pentru structurile noi.

Evident, în cazul în care influența noii construcții conduce la tasări mai mari decât „valorile acceptabile” precizate în urma expertizării construcției existente, beneficiarul noii investiții va trebui să asigure - cu acordul proprietarului clădirii învecinate-

consolidarea corespunzătoare pentru ca acestea din urmă să i se asigure, în continuare, posibilitatea unei exploatari normale.

Se vor înlătura, astfel situațiile create prin aplicarea ad litteram a prevederilor noului normativ NP 120-06 care lasă pe investitori la bunul plac al proprietarilor din vecinătate și poate avea –în viitor-influențe negative privind promovarea investițiilor pentru construcții în țara noastră.

*
* *

Autorii țin să mulțumească d-lui dr. ing. Traian Popp, membru al Academiei de Științe Tehnice din România, pentru sugestiile făcute cu ocazia discutării problemelor legate de conținutul acestui articol.

BIBLIOGRAFIE

- [1] SR EN 1997 -1 (mai 2006). Eurocod 7; Proiectarea geotehnică. Partea 1: Reguli generale.
- [2] Société Canadienne de Géotechnique. Manuel Canadien d'ingénierie des foundations- Second édition, 1994.
- [3] Dubină D., Dinu F., Stratan A., Marcu A., Marcu D., Coman M.; „Probleme specifice proiectării unei clădirii înalte cu structură metalică. Partea a II-a. Studiu de caz; Clădirea Bucharest Tower Center”. Buletinul AICPS Nr.2/2006
- [4] Popp T., Marcu A., Marcu D., Coman M.: „Clădirea de birouri din Piața Charles de Gaulle. Proiectare și execuție”- Buletinul AICPS Nr.4/2003-1/2004
- [5] Marcu A., Popa H., Borșaru I., Dumitrescu F.: „ Calcule și măsurători de deformații și de deplasări la o incintă adâncă din pereți murați și la construcțiile învecinate”- Lucrările celei de a X-a Conferințe Naționale de Geotehnică și fundații, vol. II, București, 2004.