Anexă
la Ordinul MDRAP nr. 1445/01.08.2014

NORMATIV PRIVIND PROIECTAREA GEOTEHNICĂ A ANCORAJELOR ÎN TEREN, indicativ NP 114-2014

CUPRINS

I OBIECT ŞI DOMENIU DE APLICARE
II TERMINOLOGIE. SIMBOLURI. DOCUMENTE DE REFERINŢĂ
- II.1 Terminologie
- II.2 Simboluri
- II.3 Documente de referinţă

III TIPURI DE ANCORAJE ŞI CERINŢE SPECIFICE DE PROIECTARE
- III.1 Tipuri de ancoraje
- III.2 Cerinţe specifice
- III.3 Cercetarea geotehnică
- III.4 Materiale şi produse

IV PREVEDERI GENERALE DE PROIECTARE
- IV.1 Prevederi privind elaborarea proiectului
  - IV.1.1 Categoria geotehnică
  - IV.1.2 Investigarea geotehnică a amplasamentului
- IV.2 Stări limită
- IV.3 Acţiuni şi situaţii de proiectare
- IV.4 Etape de proiectare
- IV.5 Consideraţii privind proiectarea şi execuţia
- IV.6 Metode de proiectare şi modele de calcul

V PROIECTAREA GEOTEHNICĂ A ANCORAJELOR
- V.1 Predimensionarea ancorajelor
- V.2 Calculul la starea limită ultimă
  - V.2.1 Calculul ancorajului
  - V.2.2 Valoarea de calcul a forţei din ancoraj
  - V.2.3 Valori de calcul ale rezistenţelor la smulgere stabilite pe baza rezultatelor încercărilor
  - V.2.4 Valori de calcul ale rezistenţelor la smulgere stabilite prin calcul
  - V.2.5 Valori de calcul ale rezistenţelor structurale
- V.3 Calculul la starea limită de exploatare (serviciu)
- V.4 Condiţii de verificare în funcţie de relaxarea ancorajului şi deplasarea elementului ancorat
  - V.4.1 Condiţia de verificare la starea limită de exploatare (serviciu)
  - V.4.2 Condiţia de verificare la starea limită ultimă de deplasare a elementului ancorat
  - V.4.3 Verificarea siguranţei în exploatare a ancorajelor
- V.5 Execuţia şi recepţia ancorajelor
- V.6 Încercarea, urmărirea şi controlul ancorajelor

Anexa A (informativă): Relaţii de calcul exemplificative pentru calculul rezistenţei la smulgere a ancorajelor
Anexa B (informativă): Relaţii de calcul exe4mplificative pentru calculul static al ancorajelor

I. OBIECT ŞI DOMENIU DE APLICARE

I.1. Prezentul normativ se aplică la proiectarea ancorajelor în teren realizate cu caracter permanent/provizoriu şi utilizate la ancorarea în teren a unor lucrări de construcţii permanente sau temporare.

I.2. Prevederile normativului sunt armonizate cu prevederile (principii şi reguli) standardului european de proiectare geotehnică SR EN 1997-1 cu anexa lui naţională (SR EN 1997-1/NB).

I.3. Utilizarea ancorajelor nu este recomandată în următoarele condiţii de teren: pământuri sensibile la umezire, argile cu contracţii şi umflări mari, pământuri mâloase şi pământuri care conţin materii organice.

I.4. De asemenea, nu se recomandă utilizarea ancorajelor în cazul în care nivelul hidrostatic se află deasupra punctului de pornire al forajului ancorajului, atunci când acest nivel nu poate fi coborât sau când nu se dispune de o tehnologie adecvată care să permită prevenirea curgerii apei (cu antrenarea particulelor de pământ). Numai tehnologia identificată corespunzătoare pentru toate fazele de executare ale ancorajului (forare, armare, injectare), pe baza unor încercări, este considerată a fi adecvată pentru realizarea lucrărilor de ancorare în teren.

I.5. La stabilirea fezabilităţii utilizării ancorajelor, precum şi la proiectarea şi punerea acestora în operă se va ţine cont de existenţa sau posibilitatea apariţiei pe amplasament a unor surse de vibraţii sau şocuri.

I.6. Pentru execuţia ancorajelor se vor avea în vedere prevederile din standardul SR EN 1537.

I.7. Punerea în operă şi încercarea ancorajelor în teren se realizează cu echipamente şi utilaje speciale, cu personal calificat potrivit legislaţiei în vigoare, precum şi cu personal cu experienţă în execuţia/supravegherea acestor lucrări.

I.8. Prezentul normativ se adresează tuturor factorilor implicaţi în procesul investiţional: proiectanţi, executanţi de lucrări, specialişti cu activitate în domeniul construcţiilor atestaţi /autorizaţi în condiţiile legii şi investitori care realizează lucrări de susţinere şi/sau de stabilizare a masivelor de pământ, de ancorare în teren a unor construcţii sau alte tipuri de lucrări în care sunt utilizate ancorajele, precum şi organisme de verificare/control, etc.

II. TERMINOLOGIE. SIMBOLURI. DOCUMENTE DE REFERINŢĂ

II.1 Terminologie

În cuprinsul prezentului normativ se utilizează următorii termeni, cu definiţiile aferente:

1. **ancoraj în teren** – dispozitiv capabil să transmită o forţă de tracţiune aplicată la un strat cu capacitatea portantă necesară.
2. **ancoraj permanent** - ancoraj a cărui durată de viaţă este mai mare de doi ani (ancoraje clasa A sau B).
3. **ancoraj provizoriu (temporar)** - ancoraj a cărui durată de viaţă este mai mică de doi ani (ancoraj clasa C).
4. **ancoraj de clasă A** – ancorajul permanent care se utilizează pentru construcţii de importanţă I şi II, aşa cum sunt definite în codul CR 0.
5. **ancoraj de clasă B** - ancorajul permanent care se utilizează pentru construcţii de importanţă III şi IV, aşa cum sunt definite în CR 0.
6. **ancoraj de clasă C** – ancoraj provizoriu.
7. **ancoraj de compresiune** - ancoraj la care forţa de întindere din armătură este transmisă zonei de ancorare prin intermediul unui tub metalic. Armătura este conectată la capătul îndepărtat al tubului, iar acesta transmite eforturile la bulb prin încleştare / aderenţă.
8. **armătură** – numită şi tendon - parte a unui ancoraj în teren care este capabilă să transmită forţele de întindere de la zona de fixare la capul ancorajului. Poate fi realizată din bare rigide de oţel sau din toroane din sârmă de oţel pentru beton precomprimat (TBP).
9. **capul ancorajului** – parte a ancorajului în teren care transmite forţa de tracţiune de la armătură la placa de distribuţie sau la structură.
10. **bulb** – parte a ancorajului care transmite eforturile de întindere din armătură la teren prin aderenţă / încleştare.
11. **capacitatea portantă externă a ancorajului** – capacitatea portantă a unui ancoraj la interfaţa dintre teren şi zona de fixare a acestuia.
12. **capacitatea portantă internă a ancorajului** – capacitatea portantă la întindere a armăturii ancorajului.
13. **capişon** - element metalic sau de plastic folosit la ancorajele permanente pentru a proteja capul de ancorare.
14. **dispozitiv de cuplare** - dispozitiv utilizat pentru îmbinarea tronsoanelor de bară sau a toroanelor care formează armătura ancorajului.
15. **dispozitiv de centrare** - element care asigură centrarea barelor de armătură în interiorul forajului sau tecii.
16. **diametrul forajului** – diametrul unui foraj, definit de diametrul sapei de foraj sau al tubulaturii, exclusiv lărgirile.
17. **distanţier** - element al ancorajului care asigură separarea barelor de armătură astfel încât fiecare dintre acestea să fie înglobată individual în suspensia autoîntăritoare.

18. **fluid de injectare** – material întăritor care transferă încărcarea de la armătură la teren pe zona de fixare a ancorajului şi care poate umple restul forajului şi/sau contribui la asigurarea protecţiei anticorozive.
19. **forţa de întindere critică de fluaj** - forţa de întindere în ancoraj corespunzătoare sfârşitului primei porţiuni lineare a graficului vitezei de fluaj funcţie de solicitarea aplicată ancorajului.
20. **forţa de întindere de referinţă** - forţa de la care se măsoară deplasarea capului ancorajului în cadrul unei încercări. În general, se adoptă 10% din valoarea forţei maxime de întindere.
21. **forţa de întindere la blocare** - forţa de întindere transmisă la blocaj imediat după încheierea unei operaţii de tensionare.
22. **forţa de întindere nominală** - forţa de întindere stabilită prin proiect.
23. **forţa maximă de întindere aplicată** - forţa maximă de întindere la care este supus un ancoraj în timpul încercărilor.
24. **injectare** - procesul prin care, după montarea armăturii, se introduce sub presiune impusă în gaura de foraj o suspensie de injectare care va forma bulbul ancorajului.
25. **injectare de probă** - injectare realizată imediat după forare în vederea determinării pierderilor de suspensie prin pereţii forajului.
26. **injectare preliminară** - injectare realizată pentru a umple gaura de foraj în cazul în care se observă pierderi semnificative de suspensie la injectarea de probă.
27. **injectare primară** - injectare realizată după amplasarea ancorajului dar înainte de tensionarea sa.
28. **injectare secundară** - injectare realizată după tensionarea ancorajului pentru a asigura protecţia zonei libere a armăturii.
29. **încapsulare** – protecţie anticorozivă aplicată, cel puţin, pe lungimea de fixare a armăturii.
30. **încercare de control** - încercare realizată pentru a confirma că soluţia de proiectare este adecvată în condiţiile date de teren.
31. **încercare prealabilă** - încercare pentru a stabili capacitatea portantă ultimă a interfeţei corp injectat – pământ şi pentru a determina caracteristicile ancorajului în domeniul de încărcări al exploatării normale.
32. **încercare de recepţie** – încercare pentru a confirma că fiecare ancoraj corespunde criteriilor de acceptare.
33. **încercare de sistem** – încercare care este efectuată asupra unui sistem de ancorare pentru a verifica capacitatea sa de a răspunde cerinţelor de comportare.
34. **lungime de fixare a armăturii** - lungimea armăturii înglobate direct în fluidul de injectare şi care permite transmiterea forţelor de întindere aplicate.
35. **lungime liberă a armăturii** - lungimea armăturii între capul ancorajului şi începutul zonei de ancorare a armăturii.
36. **lungime liberă echivalentă** – lungimea armăturii între punctul de fixare al armăturii în presă şi un punct de pe armătură, rezultat dintr-o încercare a unui ancoraj.

37. **lungimea zonei de fixare a ancorajului** – lungimea proiectată a unui ancoraj, pe parcursul căreia încărcarea este transmisă terenului înconjurător prin intermediul corpului injectat.
38. **lungimea zonei libere a ancorajului** – distanţa dintre capătul proxim al zonei de fixare a ancorajului şi blocajul acestuia la capul ancorajului.
39. **manşon termo-contractil** - element tubular care se contractă sub efectul încălzirii şi serveşte la sigilarea extremităţilor tecii de protecţie.
40. **pierdere de tensiune admisibilă** – pierderea de tensiune admisibilă, cumulată, la sfârşitul unui interval de timp.
41. **placă de repartiţie (placă de distribuţie)** - element, în general metalic, care sigură distribuţia forţelor transmise de armătură la suprafaţa elementului ancorat.
42. **relaxarea limită** - relaxarea cumulată maximă admisă pe parcursul unei perioade de timp precizate.
43. **separare** - separarea apei din fluidul de injectare.
44. **teacă de protecţie** - element din plastic sau metalic utilizat în sistemele de protecţie anticorozivă a armăturii.
45. **tensionare** - operaţie prin care se aplică armăturii ancorajului o forţă de întindere.
46. **viteză limită de fluaj** – rata deplasării maxime admise datorată fluajului, la un anumit nivel de solicitare.
47. **zonă de ancorare a ancorajului** – a se vedea definiţia pentru "bulb".

II.2 Simboluri

Litere latine

a lungimea de armătură pe care se resimte efectul deplasării

a_d valoarea de calcul (proiectare) a datelor geometrice

A_s aria suprafeţei supralărgirilor

A_t aria transversală a armăturii ancorajului

C cantitatea totală de ciment injectată în zona bulbului

D diametrul forajului

D_{ef} diametrul efectiv al bulbului format prin injectare

E_t modulul de elasticitate (modulul lui Young) al armăturii

f_i^k rezistenţa caracteristică pe suprafaţa laterală a zonei de ancorare (rezistenţa caracteristică la lunecare pe suprafaţa laterală a bulbului)

F_{rep} valoare reprezentativă a unei acţiuni

$f_{t(\varepsilon)k}$ rezistenţa caracteristică la întindere a armăturii, corespunzătoare unei deformaţii specifice ε

f_{tk} rezistenţa caracteristică la întindere a armăturii

I_C indicele de consistenţă

k coeficient de permeabilitate

K_0 coeficient al presiunii în stare de repaus a pământului

K_a coeficient al presiunii în stare activă a pământului

k_l suma pierderilor de tensiune în ancoraj

K_p coeficient al presiunii în stare pasivă a pământului

L_{app} lungimea liberă aparentă a armăturii

L_e lungimea exterioară armăturii de la punctul de fixare în blocaj şi până la punctul de fixare în presă

L_{fixed} lungimea zonei de ancorare a ancorajului

L_{free} lungimea zonei libere a ancorajului

L_{tb} lungimea de ancorare a armăturii

L_{tf} lungimea liberă a armăturii

N_p^s forţa de smulgere din ancorajele de probă

N^s forţa de smulgere din ancoraj determinată prin calcul, pe baza valorilor caracteristice ale parametrilor

P forţa din ancoraj

P_0 forţa de întindere la blocare

P_d valoarea de calcul (proiectare) a forţei din ancoraj

P_d^{SLE} forţa din ancoraj sub efectul încărcărilor totale de exploatare (serviciu) pentru situaţiile de proiectare persistentă (permanentă) sau normală şi tranzitorie (gruparea fundamentală)

P_d^{SLU} forţa din ancoraj sub efectul încărcărilor limită pentru situaţiile de proiectare persistentă (permanentă) sau normală şi tranzitorie (gruparea fundamentală), respectiv pentru situaţiile de proiectare accidentale şi seismice (gruparea accidentală şi gruparea seismică)

P_p forţa de întindere maximă aplicată

R_a rezistenţa la smulgere a unui ancoraj

$R_{a;d}$ valoarea de calcul a rezistenţei la smulgere a unui ancoraj

$R_{a;k}$ valoarea caracteristică a rezistenţei la smulgere a unui ancoraj

R_d valoarea de calcul (proiectare) a capacităţii portante a ancorajului la smulgere

R^k rezistenţa caracteristică pe suprafaţa supralărgirilor

$R_{t;d}$ valoarea de calcul a rezistenţei la smulgere a structurii unui ancoraj

X_d valoarea de calcul (proiectare) a proprietăţii unui material

X_k valoarea caracteristică a proprietăţii unui material

Z_a^i lungimea zonei de ancorare în stratul *i*.

Litere greceşti

α înclinarea ancorajului

δ unghi de frecare la interfaţa structură-teren

ξ_a coeficient de corelare

γ_a coeficient parţial de siguranţă pentru rezistenţa la smulgere

γ_F coeficient parţial de siguranţă pentru o acţiune

γ_M coeficient parţial de siguranţă pentru un parametru al pământului (o proprietate a materialului), ţinând cont de incertitudinile asupra modelului

γ_R coeficient parţial de siguranţă pentru o rezistenţă

$k_{l(i)}$ pierderi de tensiune în ancorajul *i* datorate tensionării ulterioare a ancorajelor alăturate

ξ coeficient al pierderii de tensiune

Δ_1 deplasare datorată deformării în timp a terenului, consumată până la injectare

Δ_2 deplasare datorată deformării în timp a terenului, consumată după injectare

Δ_{adm} deplasarea maximă admisibilă a ancorajului

$\Delta_i^{i+1,n}$ deplasarea, în dreptul ancorajului *i*, datorată tensionării ulterioare a ancorajelor alăturate

$\Delta\sigma_b$ pierderi de tensiune datorate frecărilor în blocaj

$\Delta\sigma_{dt}$ pierderi de tensiune datorită deformării în timp a terenului din zona elementului ancorat

$\Delta\sigma_f$ pierderi de tensiune datorate frecărilor pe zona liberă a armăturii

$\Delta\sigma_r$ pierderi de tensiune datorate relaxării

$\Delta\sigma_\lambda$ pierderi de tensiune datorate lunecării şi deplasărilor în blocaj

$\Sigma\Delta\sigma$ suma pierderilor de tensiune în ancoraj

β coeficient care depinde de modul de realizare a lărgirilor

ϕ unghiul de frecare internă al pământului

σ_{pk} efortul unitar de blocare (efortul unitar transmis armăturii de către dispozitivul de tensionare a ancorajului)

II.3 Documente de referinţă

Reglementări tehnice

Nr. crt	Acte legislative	Act normativ prin care se aprobă reglementarea tehnică / publicaţia
1.	Normativ privind documentaţiile geotehnice pentru construcţii, indicativ NP 074-2014	Ordinul ministrului dezvoltării regionale şi administraţiei publice nr. 1330/17.07.2014, publicat în Monitorul Oficial al României

2.	Normativ privind determinarea valorilor caracteristice şi de calcul ale parametrilor geotehnici, indicativ NP 122-2010	Ordinul ministrului dezvoltării, regionale şi turismului nr. 2690/2010 publicat în Monitorul Oficial al României Partea I nr. 158 şi 158 bis din 04 martie 2011
3.	Normativ privind proiectarea geotehnică a lucrărilor de susţinere, indicativ NP 124-2010	Ordinul ministrului dezvoltării, regionale şi turismului nr. 2689/2010 publicat în Monitorul Oficial al României Partea I nr. 158 şi 158 bis din 04 martie 2011
4.	Cod de proiectare seismică – Partea I – Prevederi de proiectare pentru clădiri, indicativ P100-1/2013	Ordinul ministrului dezvoltării regionale şi administraţiei publice nr. 2465/2013, publicat în Monitorul Oficial al României Partea I nr. 558 şi 558 bis din 03 septembrie 2013
5.	Cod de proiectare. Bazele proiectării structurilor în construcţii, indicativ CR 0-2012	Ordinul ministrului dezvoltării, regionale şi turismului nr. 1530/2012 publicat în Monitorul Oficial al României Partea I nr. 647 şi din 11 septembrie 2012, cu completările ulterioare
6.	Normativ pentru producerea betonului si executarea lucrărilor din beton, beton armat şi beton precomprimat, indicativ NE 012/1-2007	Ordinul ministrului dezvoltării lucrărilor publice şi locuinţei nr. 577/2008 publicat în Monitorul Oficial al României Partea I nr. 374 din 16 mai 2008

Standarde

Nr. crt	Indicativ	Denumire
1.	SR EN 1537:2013	Execuţia lucrărilor geotehnice speciale. Ancoraje în teren.
2.	SR EN 1990:2004	Eurcod. Bazele proiectării structurilor
3.	SR EN 1990:2004/A1:2006	Eurcod. Bazele proiectării structurilor
4.	SR EN 1990:2004/NA:2006	Eurocod. Bazele proiectării structurilor. Anexă Naţională
5.	SR EN 1990:2004/A1:/2006/NA:2009	Eurocod. Bazele proiectării structurilor. Anexa A2: Aplicaţie pentru poduri. Anexă Naţională
6.	SR EN 1990:2004/A1:2006/AC:2010	Eurcod. Bazele proiectării structurilor
7.	SR EN 1992-1-1:2004	Eurocod 2: Proiectarea structurilor de beton. Partea 1-1: Reguli generale şi reguli pentru clădiri.
8.	SR EN 1992-1-1:2004/NB:2008	Eurocod 2: Proiectarea structurilor de beton. Partea 1-1: Reguli generale şi reguli pentru clădiri. Anexa naţională

9.	SR EN 1992-1-1:2004/NB:2008/A91:2009	Eurocod 2: Proiectarea structurilor de beton. Partea 1-1: Reguli generale şi reguli pentru clădiri. Anexa naţională
10.	SR EN 1992-1-1:2004/AC:2012	Eurocod 2: Proiectarea structurilor de beton. Partea 1-1: Reguli generale şi reguli pentru clădiri.
11.	SR EN 1993-1-10:2006	Eurocod 3: Proiectarea structurilor de oţel. Partea 1-10: Alegerea claselor de calitate a oţelului.
12.	SR EN 1993-1-10:2006/AC:2009	Eurocod 3: Proiectarea structurilor de oţel. Partea 1-10: Alegerea claselor de calitate a oţelului.
13.	SR EN 1993-10:2006/NA:2008	Eurocod 3: Proiectarea structurilor de oţel. Partea 1-10: Alegerea claselor de calitate a oţelului. Anexa Naţională.
14.	SR EN 1997-1:2004	Eurocod 7: Proiectarea geotehnică. Partea 1: Reguli generale.
15.	SR EN 1997-1:2004/NB:2007	Eurocod 7: Proiectarea geotehnică. Partea 1: Reguli generale. Anexa naţională.
16.	SR EN 1997-1:2004/AC:2009	Eurocod 7: Proiectarea geotehnică. Partea 1: Reguli generale.
17.	SR EN 1998-1:2004	Eurocod 8: Proiectarea structurilor pentru rezistenţa la cutremur. Partea 1: Reguli generale, acţiuni seismice şi reguli pentru clădiri.
18.	SR EN 1998-1:2004/NA:2008	Eurocod 8: Proiectarea structurilor pentru rezistenţa la cutremur. Partea 1: Reguli generale, acţiuni seismice şi reguli pentru clădiri. Anexa Naţională.
19.	SR EN 1998-1:2004/AC:2010	Eurocod 8: Proiectarea structurilor pentru rezistenţa la cutremur. Partea 1: Reguli generale, acţiuni seismice şi reguli pentru clădiri.
20.	SR EN 1998-5:2004	Eurocod 8: Proiectarea structurilor pentru rezistenţa la cutremur. Partea 5: Fundaţii, structuri de susţinere şi aspecte geotehnice.
21.	SR EN 1998-5:2004/NA:2007	Eurocod 8: Proiectarea structurilor pentru rezistenţa la cutremur. Partea 5: Fundaţii, structuri de susţinere şi aspecte geotehnice. Anexa Naţională.

III. TIPURI DE ANCORAJE ŞI CERINŢE SPECIFICE DE PROIECTARE

III.1 Tipuri de ancoraje

III.1.1. Structurile ancorate pot fi:
a) lucrări de susţinere;
b) lucrări de stabilizare a rambleelor şi taluzurilor;
c) lucrări de stabilizare a cavităţilor subterane;
d) structuri sau subsoluri solicitate de subpresiuni datorate apelor subterane;
e) elemente care transmit la teren forţe de întindere generate de suprastructură.

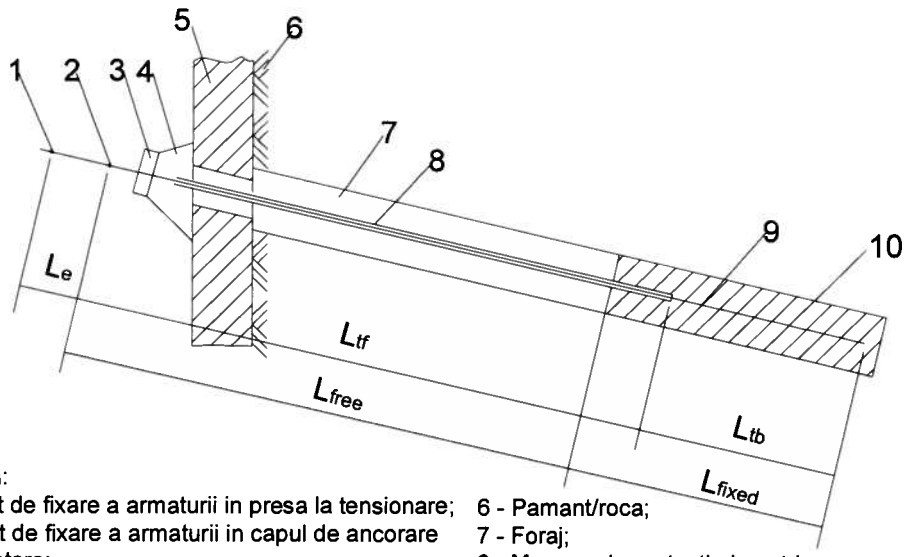
III.1.2. În funcţie de durata de viaţă ancorajele se clasifică în următoarele două tipuri:

- ancoraje provizorii (temporare);
- ancoraje permanente.

III.1.3. Ancorajele permanente se clasifică la rândul lor în funcţie de clasa de importanţă a structurii sprijinite cu ancorajul, respectiv, astfel:

- ancoraje de clasă A;
- ancoraje de clasă B.

III.1.4. Principalele părţi componente ale unui ancoraj în teren sunt prezentate în Figura III - 1. Configuraţia prezentată nu conţine detaliile capului ancorajului şi ale protecţiei anticorozive ale acestuia.



Legenda:
1 - Punct de fixare a armaturii in presa la tensionare;
2 - Punct de fixare a armaturii in capul de ancorare in exploatare;
3 - Placa de distributie;
4 - Bloc de transfer al fortelor de intindere;
5 - Element structural;
6 - Pamant/roca;
7 - Foraj;
8 - Manson de protectie impotriva aderentei;
9 - Armatura;
10 - Corp injectat (bulb).

Figura III-1. Configuraţia unui ancoraj în teren (SR EN 1537)

III.1.5.Ancorajele de clasă A sau B nu se utilizează în următoarele situaţii:

a) umpluturi, pământuri prăfoase şi argiloase cu $I_C \leq 0,75$ (clasa B) şi, respectiv, $I_C \leq 1,00$ (clasa A);

b) amplasamentul prezintă o agresivitate atmosferică puternică, astfel cum este definită în reglementările tehnice, în vigoare, privind protecţia anticorozivă a elementelor din beton armat sau precomprimat supraterane şi/sau este identificată prin încercări pe teren/laborator.

III.1.6 Nu este recomandată utilizarea ancorajelor de clasă A în terenuri cu agresivitate intensă pentru beton şi/sau armătură. În funcţie de încadrarea în clasele de agresivitate, la stabilirea compoziţiei mortarelor se vor respecta prevederile normativului NE 012/1.

III.2 Cerinţe specifice

Pe lângă prevederile din capitolele IV şi V ale prezentului normativ, în capitolul 4 din SR EN 1537 sunt prezentate cerinţe specifice de proiectare şi execuţie a lucrărilor de ancoraje în teren.

III.3 Cercetarea geotehnică

III.3.1. Terenul reprezintă un element fundamental al sistemelor de ancorare, prin urmare, o cercetare geotehnică de calitate este esenţială. Cauza cea mai frecventă de cedare a ancorajelor o reprezintă cunoaşterea insuficientă a terenului, atât din punct de vedere al caracteristicilor geotehnice, cât şi al extinderii zonei cercetate.

III.3.2. Cercetarea geotehnică a terenului se va efectua în conformitate cu prevederile normativului NP 074, cu respectarea cerinţelor impuse de standardul SR EN 1537.

III.4 Materiale şi produse

Materialele şi produsele utilizate la realizarea ancorajelor trebuie să respecte prevederile din SR EN 1537, capitolul 6.

IV. PREVEDERI GENERALE DE PROIECTARE

IV.1 Prevederi privind elaborarea proiectului

IV.1.1 Categoria geotehnică

IV.1.1.1. Încadrarea lucrărilor ancorate în teren în categoriile geotehnice trebuie să respecte prevederile din NP 074, precum şi prevederile generale din SR EN 1997-1, paragraful 2.1. În general, încadrarea într-o categorie geotehnică a ancorajului este impusă de tipul structurii ancorate şi de riscul geotehnic asociat acesteia.

IV.1.1.2. Structurile ancorate în teren pot fi încadrate în categoriile geotehnice, astfel:

a) **Categoria geotehnică 1**: structuri mici sau relativ simple, care pot fi proiectate folosind experienţa acumulată şi utilizând date şi analize calitative. În această categorie intră lucrările la care cedarea ar duce la distrugeri minime şi la blocarea accesului.

b) **Categoria geotehnică 2**: structuri convenţionale fără riscuri deosebite, fără condiţii de încărcare sau de teren speciale, care pot fi proiectate utilizând date şi analize cantitative obişnuite. În această categorie intră lucrările a căror cedare poate provoca pagube moderate.

c) **Categoria geotehnică 3**: structuri care implică riscuri datorate condiţiilor deosebite de teren, încărcărilor şi vecinătăţilor, care trebuie proiectate utilizând metode speciale.

IV.1.1.3. Încadrarea preliminară a unei structuri ancorate într-una din categoriile geotehnice trebuie să se facă, în mod normal, înainte de cercetarea geotehnică terenului. Încadrarea poate fi ulterior schimbată în cursul procesului de proiectare şi execuţie. Structurile ancorate în teren se încadrează în categoriile geotehnice 2 sau 3.

IV.1.1.4. Pentru evaluarea riscurilor şi încadrarea structurilor ancorate în categoriile geotehnice se va ţine seama de clasele de consecinţe CC1, CC2, CC3 definite în SR EN 1990 – Anexa B şi de clasele de importanţă definite în CR 0.

IV.1.2 Investigarea geotehnică a amplasamentului

IV.1.2.1. Investigarea geotehnică se realizează în conformitate cu prevederile NP 074.

IV.1.2.2. Investigaţiile geotehnice trebuie realizate în funcţie de încadrarea structurilor ancorate în categoriile geotehnice.

IV.1.2.3. Categoria geotehnică 2 presupune studii de arhivă şi realizarea de investigaţii geotehnice specifice, conform NP 074.

IV.1.2.4. Categoria geotehnică 3 presupune investigaţii adiţionale faţă de cele impuse la categoria geotehnică 2, precum: încercări geotehnice complexe pentru determinarea unor parametri caracteristici utilizaţi în calculul prin metode numerice al interacţiunii între teren şi structura ancorată. Acestea se pot referi la determinarea relaţiei efort – deformaţie a terenului cu luarea în considerare a fenomenului de ecruisaj, încercări dinamice etc.

IV.1.2.5. O etapă importantă a investigării terenului o reprezintă determinarea informaţiilor privind regimul apei subterane şi acţiunilor acesteia asupra structurii ancorate. Aceste informaţii se obţin prin:

- observarea nivelului apei în foraje şi piezometre, precum şi a fluctuaţilor acestuia, preferabil în timpul iernii şi al primăverii;
- urmărirea hidrogeologiei amplasamentului, incluzând mişcările apei subterane şi variaţiile presiunilor;
- determinarea nivelurilor extreme ale apei libere (provenită din diferite cauze) care pot influenţa presiunea apei subterane asupra structurii ancorate.

IV.1.2.6. În cazul în care sunt suspectate contaminări chimice, trebuie realizată o investigare pentru determinarea compuşilor chimici din teren şi a modului în care ar putea afecta ancorajul.

IV.2 Stări limită

IV.2.1. În metoda stărilor limită sunt analizate: **starea limită ultimă** şi **starea limită de exploatare (serviciu)**. Acest tip de metodă de calcul are la bază utilizarea de coeficienţi parţiali de siguranţă diferenţiaţi pentru încărcări, proprietăţile/rezistenţele materialelor/elementelor structurale. Aplicarea coeficienţilor parţiali de siguranţă are avantajul de a putea distribui diferit marja de siguranţă pentru diferiţii parametri care intervin în calcul.

IV.2.2. **Starea limită ultimă (SLU)** se defineşte ca fiind acea stare limită care se referă la siguranţa oamenilor şi a structurii.

Starea limită ultimă este atinsă când forţele perturbatoare devin egale sau depăşesc forţele rezistente. Marja de siguranţă faţă de atingerea SLU este obţinută prin aplicarea de coeficienţi parţiali de siguranţă ai încărcărilor şi ai materialelor.

Forţele perturbatoare sunt mărite prin multiplicarea cu coeficienţii încărcărilor, obţinând astfel valori de proiectare ale acestor forţe. Forţele rezistente sunt diminuate prin împărţirea la coeficienţii parţiali de material, obţinând rezistenţele de proiectare. Dacă rezistenţa de proiectare este egală sau mai mare decât forţa de proiectare, se estimează că există o marjă suficientă de siguranţă faţă de cedarea la starea limită ultimă.

În conformitate cu SR EN 1997-1, în proiectarea geotehnică trebuie luate în considerare următoarele tipuri de stări limite ultime:

EQU – presupune pierderea echilibrului structurii sau terenului, considerate ca un corp rigid, în care rezistenţa materialelor structurale şi a terenului este nesemnificativă în asigurarea rezistenţei;

STR – consideră cedarea internă sau deformaţii excesive ale structurii sau elementelor structurale, în care rezistenţa materialelor structurale este semnificativă în asigurarea rezistenţei;

GEO – presupune cedarea sau deformaţii excesive ale terenului, în care rezistenţa terenului este semnificativă în asigurarea rezistenţei;

UPL – se referă la pierderea echilibrului structurii sau terenului datorită ridicării de către subpresiunea apei sau de alte acţiuni verticale;

HYD – ia în considerare antrenarea hidrodinamică şi eroziunea internă a terenului cauzate de gradienţii hidraulici.

Pentru calculul la stări limită al ancorajelor în teren trebuie avute în vedere stările limită precizate în SR EN 1997-1, secţiunea 8:

- ruperea structurală a tirantului sau a capului de ancorare, sub efectul eforturilor aplicate;
- distorsiunea sau coroziunea capului de ancorare;

- pentru ancoraje fixate prin injectare, ruperea la interfaţa dintre volumul fluidului de injectare şi teren;
- pentru ancoraje fixate prin injectare, ruperea legăturii dintre oţelul tirantului şi fluidul de injectare;
- pierderea forţei de ancorare datorită deformaţiilor excesive ale capului de ancorare sau prin curgere lentă şi relaxare;
- ruperea sau deformaţia excesivă ale unor părţi din structură, sub efectul forţei de ancorare aplicate;
- pierderea stabilităţii generale a terenului susţinut şi a lucrării de susţinere;
- interacţiunea grupurilor de ancoraje cu terenul şi cu structurile învecinate.

IV.2.3. **Starea limită de exploatare (SLE)** se referă la condiţiile care duc la pierderea utilităţii funcţionale a unui component sau a întregii structuri. Aceasta poate fi provocată de deformaţiile terenului sau ale structurii.

Starea limită de exploatare (serviciu) este atinsă atunci când deplasările apărute în timpul duratei de viaţă a construcţiei depăşesc limitele prevăzute sau dacă exploatarea normală a structurii este afectată.

Stările limită de exploatare pentru elementele ancorate cu ancoraje sunt produse, de regulă, de următorii factori:

- deplasarea elementului ancorat datorată alungirii ancorajului;
- o săgeată (o deformaţie) a elementului ancorat între punctele de fixare cu ancoraje;
- fisurarea elementului ancorat, în special atunci când acesta este precomprimat.

IV.2.4. Verificarea la stări limită se va face, atunci când este cazul, şi pentru fazele intermediare de execuţie a ancorajelor, precum şi pentru faza de pretensionare.

IV.2.5. În cazul în care unele restricţii impun combinarea ancorajelor cu alte sisteme de sprijinire, de exemplu şpraiţuri, în calcul se vor considera caracteristicile de deformare specifice acestora.

IV.3 Acţiuni şi situaţii de proiectare

IV.3.1. Acţiunile şi situaţiile de proiectare pentru calculul la stări limită al ancorajelor sunt cele precizate în SR EN 1997-1, paragraful 8.3.

IV.3.2. Acţiunile sunt definite în conformitate cu prevederile din standardul SR EN 1990 şi codul CR 0, după caz, şi vor fi considerate în conformitate cu prevederile paragrafului 2.4.2 din SR EN 1997-1.

IV.3.3. Forţa din ancoraj, P, trebuie tratată drept o acţiune nefavorabilă la proiectarea ancorajului.

IV.3.4. Orice interacţiune teren – structură trebuie luată în considerare atunci când se determină acţiunile de proiectare.

IV.3.5. La calculul ancorajelor structurilor realizate în zone seismice se vor respecta prevederile din codul P 100-1, precum şi din standardele SR EN 1998-1, paragraful 2.1 şi SR EN 1998-5, secţiunea 7.

IV.4 Etape de proiectare

IV.4.1. Proiectarea ancorajelor se realizează prin parcurgerea următoarelor etape:

a) stabilirea condiţiilor pe care trebuie să le îndeplinească elementul ancorat şi stabilirea preliminară a dimensiunilor principale ale acestuia pe baza condiţiilor funcţionale şi constructive sau a unor lucrări similare;

b) evaluarea informaţiilor geotehnice disponibile; efectuarea studiilor geotehnice suplimentare necesare;

c) evaluarea fezabilităţii utilizării ancorajelor;

d) efectuarea de studii de arhivă şi pe teren pentru a identifica/verifica posibilitatea utilizării ancorajelor în cazul de proiectare dat;

e) obţinerea avizelor/acordurilor necesare, potrivit legislaţiei în vigoare, în condiţiile în care ancorajele se extind pe amplasamentele/proprietăţile învecinate;

f) definirea criteriilor de stabilitate generală pe care sistemul de ancoraje trebuie să le îndeplinească;

g) stabilirea stărilor limită ultime şi ale exploatării normale (de serviciu) la care trebuie verificate ancorajele, conform paragrafului IV.2;

h) stabilirea acţiunilor corespunzătoare acestor stări limită, conform paragrafului IV.3;

i) determinarea forţelor din ancoraje şi precizarea geometriei elementului ancorat şi a ancorajelor;

j) determinarea forţelor în structura ancorată şi optimizarea soluţiei;

k) verificarea ancorajelor şi detalierea caracteristicilor acestora;

l) stabilirea nivelului de protecţie anticorozivă pentru ancoraj pe baza duratei de viaţă estimate şi a agresivităţii mediului determinată prin analize ale probelor de pământ şi apă subterană;

m) evaluarea necesităţii monitorizării comportării în exploatare a ancorajelor şi prevederea măsurilor necesare, dacă este cazul;

n) precizarea cerinţelor şi criteriilor de încercare pentru:

- comportarea interfeţei bulb-teren;
- materialele şi dispozitivele care se vor utiliza;
- protecţia anticorozivă;

o) precizarea încercărilor care urmează a fi realizate;

p) stabilirea:

- echipamentului de tensionare care va fi utilizat;
- etapelor de organizare/realizare a lucrărilor;
- măsurilor de remediere;
- măsurilor de securitatea muncii şi protecţia mediului;

q) realizarea şi încercarea ancorajelor de probă; analizarea rezultatelor şi modificarea soluţiei iniţiale, dacă este cazul;

r) stabilirea lucrărilor de întreţinere.

IV.4.2. În funcţie de natura particulară a lucrărilor de ancoraj poate fi necesară modificarea (în sensul diversificării/amplificării/simplificării) etapelor enumerate la IV.4.1.

IV.4.3. Principiile de verificare adoptate în proiectarea ancorajelor sunt cele din SR EN 1997-1 şi SR EN 1997-1/NB.

IV.5 Consideraţii privind proiectarea şi execuţia

IV.5.1. La proiectarea şi execuţia ancorajelor se vor respecta prevederile din SR EN 1997-1, paragraful 8.4 şi se va ţine seama de consideraţiile privind execuţia şi proiectarea indicate în SR EN 1537, capitolul 7.

IV.5.2. În cazul utilizării ancorajelor pretensionate, deplasarea peretelui ancorat se poate produce înspre teren datorită pretensionării şi poate cauza deteriorări ale structurilor existente, în special la lucrările de drumuri. Acest fenomen se constată în situaţia de proiectare care are la bază ipoteze pesimiste privind siguranţa structurii, caz în care trebuie să se verifice eventualele deteriorări pe care le poate produce peretele care se deplasează înspre teren.

IV.6 Metode de proiectare şi modele de calcul

IV.6.1. Metodele prin care se verifică stările limită sunt cele prevăzute la paragraful 2.1 (4) din SR EN 1997-1, respectiv:

a) prin calcul (conform paragrafului 2.4 din SR EN 1997-1);
b) pe bază de modele experimentale sau încărcări de probă (conform paragrafului 2.6 din SR EN 1997-1).

Metodele bazate pe modele experimentale sunt indicate a fi utilizate la lucrări complexe, la care comportarea structurii ancorate şi a ancorajului în interacţiune cu terenul nu poate fi corect modelată prin metodele de calcul curente. Din această categorie fac parte modelele de laborator (clasice sau centrifugate) sau la scară reală.

IV.6.2. Încărcările de probă care stau la baza proiectării ancorajelor sau a verificării calculelor acestora trebuie să respecte prevederile din SR EN 1537. Modul de stabilire a rezistenţei de calcul pe baza încărcării de probă este prezentat în acest normativ.

IV.6.3. Rezultatele calculelor se vor compara, ori de câte ori este posibil, cu experienţa specifică în domeniu.

IV.6.4. La proiectare, pentru verificarea stărilor limită se vor aplica procedeele descrise in SR EN 1997-1, paragrafele 2.4.7 (pentru starea limită ultimă) şi 2.4.8 (pentru starea limită de exploatare normală).

IV.6.5. Valorile coeficienţilor parţiali de siguranţă pentru acţiuni, efectele acţiunilor şi rezistenţe sunt cele prezentate în Anexa A din SR EN 1997-1 şi în SR EN 1997-1/NB.

IV.6.6. Determinarea valorilor de proiectare ale parametrilor geotehnici se face în conformitate cu prevederile normativului NP 122.

IV.6.7. Modelul de calcul utilizat trebuie să descrie comportarea prezumată a terenului, pentru starea limită considerată.

IV.6.8. Dacă pentru o stare limită nu există modele de calcul fiabile, calculul trebuie realizat pentru o altă stare limită folosind coeficienţi care să asigure că depăşirea stării limite considerate este suficient de improbabilă. În astfel de cazuri, proiectarea se poate face şi pe bază de modele experimentale sau încercări.

V. PROIECTAREA GEOTEHNICĂ A ANCORAJELOR

V.1 Predimensionarea ancorajelor

V.1.1. Predimensionarea şi stabilirea distribuţiei iniţiale a ancorajelor se va face ţinând cont de:

a) valoarea globală a solicitării din încărcările de exploatare (serviciu) preluată de ancoraje;
b) restricţiile privind poziţiile şi traseele impuse ale ancorajelor;
c) valorile orientative ale solicitărilor de exploatare care pot fi preluate, în mod curent, de către ancoraje; în funcţie de natura terenului în care se face ancorarea, acestea sunt:
   - 300kN pentru pământuri coezive;
   - 400kN pentru nisipuri fine;
   - 800kN pentru pietrişuri.
d) soluţiile adoptate la lucrări similare;
e) sistemele de ancorare folosite în practica inginerească curentă.

V.1.2. În cazul lucrărilor de susţinere a excavaţiilor în zone construite, primul rând de ancoraje se va amplasa la un nivel care să permită ca traseul acestora să fie la minim 2 m de conductele de alimentare cu apă, canalizare etc. şi la minim 4 m faţă de suprafaţa terenului.

V.2 Calculul la starea limită ultimă

V.2.1 Calculul ancorajului

V.2.1.1. Valoarea de calcul, $R_{a;d}$, a rezistenţei la smulgere, R_a, a unui ancoraj, trebuie să îndeplinească condiţia limită:

$$P_d \leq R_{a;d} \qquad (V\text{-}1)$$

unde: P_d – valoarea de calcul a forţei din ancoraj.

V.2.1.2. Determinarea valorilor de calcul ale rezistenţei la smulgere a ancorajelor se face pe baza rezultatelor încercărilor experimentale sau prin calcul.

V.2.2 Valoarea de calcul a forţei din ancoraj

V.2.2.1. Valoarea de calcul a forţei din ancoraj, P_d, trebuie stabilită pe baza calculului structurii ancorate şi se consideră drept valoarea maximă dintre:

a) forţa corespunzătoare stării limită ultime exercitată de structura ancorată, dacă este relevantă,
b) forţa corespunzătoare stării limită de exploatare (serviciu) exercitată de structura ancorată.

V.2.2.2. În determinarea valorii de calcul a forţei din ancoraj, P_d, se va ţine seama de prevederile capitolului IV al prezentului normativ şi de cele din SR EN 1997-1 (secţiunile 2 şi 8), corelat cu SR EN 1997-1/NB.

V.2.3 Valori de calcul ale rezistenţelor la smulgere stabilite pe baza rezultatelor încercărilor

V.2.3.1. Valoarea de calcul a rezistenţei la smulgere, $R_{a;d}$, trebuie stabilită pe baza valorii caracteristice a rezistenţei la smulgere, $R_{a,k}$, utilizând relaţia:

$$R_{a;d} = R_{a;k} / \gamma_a \qquad (V\text{-}2)$$

unde: γ_a – coeficient parţial de siguranţă pentru rezistenţa la smulgere (conform Tabelului A.12 (RO) din SR EN 1997-1/NB). La ancorajele pretensionate şi la verificările stărilor limită pentru structuri (STR) şi teren (GEO), trebuie utilizate valorile *R1* sau *R4* ale coeficienţilor parţiali de rezistenţă la smulgere, astfel:

$\gamma_{a;t}$ - pentru ancoraje provizorii (temporare);

$\gamma_{a;p}$ - pentru ancoraje permanente.

V.2.3.2. Este indicat să se coreleze valoarea caracteristică cu încercările de control prin aplicarea unui coeficient de corelare ξ_a. Această prevedere se referă la tipurile de ancoraje care nu sunt controlate în mod individual prin încercări de recepţie. Dacă se foloseşte un coeficient de corelare ξ_a, valoarea acestuia trebuie să fie conform SR EN 1997-1/NB, paragraful 8.5.2.

V.2.4 Valori de calcul ale rezistenţelor la smulgere stabilite prin calcul

Valoarea de calcul a rezistenţei la smulgere trebuie evaluată în conformitate cu prevederile din SR EN 1997-1, paragrafele 2.4.7 (SLU) şi 2.4.8 (SLE), după caz, corelat cu SR EN 1997-1/NB.

V.2.5 Valori de calcul ale rezistenţelor structurale

V.5.1.1. La proiectarea structurală a ancorajelor trebuie îndeplinită următoarea condiţie:

$$R_{a;d} \leq R_{t;d} \qquad (V\text{-}3)$$

unde: $R_{t;d}$ - valoarea de calcul a rezistenţei la smulgere a structurii unui ancoraj.

V.5.1.2. Rezistenţa materialului ancorajelor trebuie calculată în conformitate cu standardele SR EN 1992-1-1, SR EN 1993-1-10 şi SR EN 1537, după caz.

V.5.1.3. Atunci când se dispune de rezultatele unor încercări de control, valoarea de calcul a rezistenţei la smulgere, $R_{t;d}$, trebuie să ţină seama de tracţiunea de probă (articolul 9.5 din SR EN 1537).

NOTĂ: În anexa A a prezentului normativ sunt prezentate, cu caracter exemplificativ, relaţii de calcul al rezistenţei la smulgere a unui ancoraj în funcţie de armătura acestuia (rezistenţa structurală) sau în funcţie de teren (bulbul de ancorare).

V.3 Calculul la starea limită de exploatare (serviciu)

V.3.1. Calculul ancorajelor la starea limită de exploatare (serviciu) se va efectua respectând prevederile din SR EN 1997-1, paragraful 8.6.

V.3.2. Valoarea coeficientului de model (coeficient care ţine seama de modelul de calcul) aplicat asupra forţei corespunzătoare stării limită de exploatare pentru ca rezistenţa ancorajului să asigure o securitate suficientă este indicată în SR EN 1997-1/NB. Se poate adopta valoarea 1.0 pentru coeficientul de model cu condiţia aplicării prevederilor paragrafului V.2.2. al prezentului normativ.

V.4 Condiţii de verificare în funcţie de relaxarea ancorajului şi deplasarea elementului ancorat

V.4.1 Condiţia de verificare la starea limită de exploatare (serviciu)

V.4.1.1. Condiţia generală de verificare la starea limită de exploatare este ca, sub efectul încărcărilor totale de exploatare pentru situaţiile de proiectare persistentă (permanentă) sau normală şi tranzitorie (gruparea fundamentală), forţa pe direcţia ancorajului, P_d, să nu depăşească efortul de pretensionare din faza finală (după consumarea pierderilor).

În cazul în care ancorajele realizează şi precomprimarea structurii ancorate (ca de exemplu în cazul barajelor hidrotehnice), stabilirea efortului de pretensionare se va face şi în funcţie de condiţiile de verificare la fisurare în diversele secţiuni ale structurii, alegându-se valoarea cea mai mare.

V.4.1.2. Proiectantul va analiza dacă deplasarea elementului ancorat, ca urmare a de-precomprimării terenului, reprezintă o situaţie care trebuie verificată. Se va avea în vedere influenţa acestora asupra construcţiilor învecinate.

V.4.1.3. Condiţiile de verificare în diversele secţiuni ale structurii vor corespunde prevederilor din SR EN 1992-1-1 şi celor din normativele specifice în vigoare. La ancorajele din clasele A şi B, la verificarea la fisurare în secţiunile elementului ancorat se va avea în vedere introducerea unui coeficient de imprecizie al forţei de precomprimare egal cu *0.95* sau *1.05* în faza iniţială şi *0.9* sau *1.1* în faza finală. În acest scop, se va adopta valoarea minimă sau maximă, după cum este mai defavorabil.

V.4.1.4. Dimensionarea sau verificarea secţiunii de armătură se va face pe baza următoarei relaţii de calcul:

$$P_d^{SLE} \le A_t\left(\sigma_{pk} - \xi\Sigma k_l\right) \qquad (V\text{-}4)$$

unde:

P_d^{SLE} - forţa din ancoraj sub efectul încărcărilor totale de exploatare (serviciu) pentru situaţiile de proiectare persistentă (permanentă) sau normală şi tranzitorie (gruparea fundamentală);

A_t - aria transversală a armăturii ancorajului;

σ_{pk} - efortul unitar de blocare (efortul unitar transmis armăturii de către dispozitivul de tensionare a ancorajului);

k_l - suma pierderilor de tensiune în ancoraj;

ξ - coeficient al pierderii de tensiune (a se vedea Tabelul V-1).

Tabelul V-1. Valorile coeficientului pierderilor de tensiune ξ

Natura încărcărilor care produc solicitări în ancoraj	**Valoarea coeficientului ξ pentru ancoraje de clasă**		
	A	**B**	**C**
Împingerea pământului (în principal)	1.1	1.0	0.8
Alte încărcări	1.2	1.1	1.0

Calculul conform relaţiei (*V-4*) comportă următoarele condiţii suplimentare determinate de:

a) Rezerva necesară pentru controlul ancorajelor la tensionare:

i. pentru TBP (toroane din sârmă de oţel pentru beton precomprimat):

$\sigma_{pk} < \sigma_{pk}^{adm} = 0.70 f_{tk}$ pentru ancorajele de clasă A;
$< \sigma_{pk}^{adm} = 0.73 f_{tk}$ pentru ancorajele de clasă B;
$< \sigma_{pk}^{adm} = 0.76 f_{tk}$ pentru ancorajele de clasă C;

ii. pentru bare:

$\sigma_{pk} < \sigma_{pk}^{adm} = 0.85 f_{tk}$ pentru ancorajele de clasă A şi B;
$< \sigma_{pk}^{adm} = 0.90 f_{tk}$ pentru ancorajele de clasă C.

b) Măsurile de asigurare contra coroziunii, după consumarea pierderilor de tensiune:

i. pentru TBP:

$\sigma_{pk} - k_l \leq 0.50 f_{tk}$ pentru ancorajele de clasă A;
$\leq 0.55 f_{tk}$ pentru ancorajele de clasă B;
$\leq 0.60 f_{tk}$ pentru ancorajele de clasă C;

ii. pentru bare:

$\sigma_{pk} - k_l \leq 0.70 f_{tk}$ pentru ancorajele de clasă A şi B;
$\leq 0.75 f_{tk}$ pentru ancorajele de clasă C.

unde:

f_{tk} - rezistenţa caracteristică la întindere a armăturii.

Pierderile de tensiune în armătura pretensionată rezultă, în general, din:

a) frecările care se dezvoltă pe lungimea zonei libere a armăturii ($\Delta\sigma_f$);
b) frecările care se dezvoltă în blocaje ($\Delta\sigma_b$);
c) lunecările şi deplasările care se produc în blocaje ($\Delta\sigma_\lambda$);
d) relaxarea efortului din armătură ($\Delta\sigma_r$);
e) deplasările terenului.

V.4.1.5. Pierderile de tensiune prin frecare pe lungimea zonei libere a armăturii ($\Delta\sigma_f$) au, de regulă, valori reduse iar efectul se manifestă numai asupra lungimii de calcul la stabilitate, fapt pentru care acestea se neglijează.

Pierderile de tensiune prin frecare în blocaj ($\Delta\sigma_b$) sunt indicate de către producătorul blocajului. Pierderile datorate lunecărilor şi deplasărilor în capetele de ancorare ($\Delta\sigma_\lambda$) şi relaxării armăturii ($\Delta\sigma_r$) se stabilesc pe baza relaţiilor din SR EN 1992-1-1 cu precizarea că valoarea $\Delta\sigma_r$ se va calcula pentru un efort în armătura pretensionată determinat cu relaţia (*V-5*) - (neglijându-se efectul reducerii efortului din armătură datorată deformaţiei în timp a terenului, $\Delta\sigma_{dt}$).

$$\sigma_{po}^{x} = \sigma_{pk} - \Delta\sigma_b - \Delta\sigma_\lambda \qquad (V\text{-}5)$$

V.4.1.6. În cazul pământurilor, ca urmare a deplasărilor terenului din zona elementului ancorat, ancorajele tensionate într-o etapă pot influenţa efortul din ancorajele alăturate tensionate anterior, fenomen similar celui care apare în cazul betonului precomprimat (SR EN 1992-1-1).

(1) Deoarece această influenţă este greu de evaluat, se vor evita solicitările excentrice care să conducă la rotiri şi tasări importante în diversele etape de tensionare a ancorajelor prin: modul de alcătuire a elementului ancorat, amplasarea ancorajelor în perimetrul acestuia şi ordinea de tensionare.

(2) De asemenea, se va păstra o distanţă suficientă între poziţia ancorajelor care se tensionează şi cele la care se face injectarea de protecţie. În acest mod, eventuala influenţă este atenuată prin faptul că aceasta se repartizează la întreaga lungime a zonei libere a armăturii, după cum rezultă din relaţia:

$$k_{l(i)} = \frac{\Delta_i^{i+1,n}}{L_{tf}} E_t \qquad (V\text{-}6)$$

în care:

$k_{l(i)}$ - pierderea de tensiune în ancorajul *i*;

$\Delta_i^{i+1,n}$ - deplasarea în dreptul ancorajului *i*, datorată tensionării ulterioare a ancorajelor alăturate care se consideră că pot avea un efect relevant asupra deplasării din dreptul ancorajului *i*.

V.4.1.7. La ancorajele din clasele A şi B, dacă influenţa întinderii succesive a ancorajelor nu poate fi evaluată/evitată, se va prevedea re-tensionarea ancorajelor în intervalul de timp disponibil până la injectarea de protecţie a zonei libere.

Pierderea de tensiune, $\Delta\sigma_{dt}$, datorată deformaţiei în timp a terenului de fundare din zona elementului ancorat se calculează cu relaţia:

$$\Delta\sigma_{dt} = \left(\frac{\Delta_1}{L_{tf}} + \frac{\Delta_2}{a} \right) \times E_t \qquad (V\text{-}7)$$

unde:

Δ_1 - deplasarea care se consumă până la injectare;

Δ_2 - deplasarea după injectare;

a - lungimea de armătură pe care se resimte efectul deplasării egală cu:
= $0.8L_{tf}$, în cazul injectării cu suspensie în interiorul tecii de protecţie;
= L_{tf}, în cazul injectării cu materiale permanent plastice în interiorul tecii de protecţie;
= $L_{tf} + L_{tb}$, în cazul ancorajelor de compresiune.

V.4.1.8. Pentru alte cazuri speciale de protecţie pe zona liberă a armăturii care pot conduce la valori mai reduse decât cele de mai sus, lungimea de armătură pe care se resimte efectul deplasării se va adopta pe baza indicaţiilor furnizate de către proiectantul sistemului de ancoraj sau a rezultatelor încercărilor special efectuate în acest scop.

V.4.1.9. În etapa de întocmire a proiectului, valorile Δ_1 şi Δ_2 se vor evalua pe baza prevederilor referitoare la proiectarea fundaţiilor de suprafaţă sau pe baza prevederilor din alte reglementări tehnice specifice, în vigoare. De asemenea, se vor putea utiliza date experimentale de la lucrări de ancoraje în teren similare.

(1) Aceste evaluări se vor verifica pe ancorajele de probă sau pe prima serie de ancoraje din lucrare. Pentru ancorajele de clasă C sau pentru cele amplasate în terenuri stâncoase se poate renunţa la determinarea $\Delta\sigma_{dt}$.

(2) Pentru ancorajele de clasă A se recomandă să se prevadă compensarea pierderilor $\Delta\sigma_{dt}$ prin re-tensionare în intervalul de timp până la injectarea de protecţie a lungimii libere a armăturii.

(3) Pierderile de tensiune datorate fenomenelor reologice care se produc la nivelul zonei de ancorarea a ancorajelor amplasate în pământ se vor stabili prin încercarea ancorajelor de probă pentru ancoraje de clasă A şi B. Pentru ancorajele de clasă C se poate renunţa la determinarea acestor pierderi.

(4) Etapele de calcul în verificările la starea limită de exploatare sunt următoarele:

a) se alege pentru σ_{pk} valoarea maximă dată de relaţiile de la V.4.1.4, punctul a);
b) se determină pierderile de tensiune k_l conform V.4.1.4, punctul b);
c) se verifică dacă este respectată condiţia referitoare la valoarea $(\sigma_{pk} - k_l)$, reducându-se valoarea σ_{pk} dacă depăşirea este mai mare de 5%;
d) se recalculează k_l.

V.4.2 Condiţia de verificare la starea limită ultimă de deplasare a elementului ancorat

V.4.2.1. Condiţia de verificare la starea limită ultimă de deplasare a elementului ancorat (datorată alungirii ancorajului) este ca, sub efectul valorilor limită ale încărcărilor pentru situaţiile de proiectare persistentă (permanentă) sau normală şi tranzitorie (gruparea fundamentală), respectiv pentru situaţiile de proiectare accidentale şi seismice (gruparea accidentală şi gruparea seismică), alungirea armăturii, pe zona de lungime a, să fie mai mică sau cel mult egală cu cea care rezultă pe direcţia longitudinală a ancorajului considerat, ţinând seama de deplasarea admisibilă a elementului ancorat.

(1) Pentru ancorajele de clasă A şi B verificarea se va face pentru grupările fundamentale, accidentale şi seismice, iar pentru cele de clasă C numai pentru gruparea fundamentală. Pentru dimensionare şi/sau verificare se va folosi următoarea relaţie de calcul:

$$P_d^{SLU} \le A_t f_{t(\varepsilon)k} \qquad (V\text{-}8)$$

unde:

P_d^{SLU} - forţa din ancoraj sub efectul încărcărilor limită pentru situaţiile de proiectare persistentă (permanentă) sau normală şi tranzitorie (gruparea fundamentală), respectiv pentru situaţiile de proiectare accidentale şi seismice (gruparea accidentală şi gruparea seismică);

A_t - aria transversală a armăturii pretensionate a ancorajului;

$f_{t(\varepsilon)k}$ - rezistenţa caracteristică la întindere a armăturii, corespunzătoare unei deformaţii specifice ε, definită prin:

$$\varepsilon = \frac{\sigma_{pk} - k_l}{E_t} + \frac{\Delta_{adm}}{L_{app}} \qquad (V\text{-}9)$$

în care:

Δ_{adm} - deplasarea limită admisă în dreptul ancorajului;
E_t - modulul de elasticitate al armăturii pretensionate;
L_{app} - lungimea liberă echivalentă, respectiv porţiunea din lungimea liberă a armăturii pe care se resimte efectul alungirii, şi care se ia egală cu:
= L_{tf}, pentru ancoraje injectate cu materiale permanent plastice în zona liberă, în interiorul sau exteriorul tecii de protecţie;
= *3.0 m*, pentru ancoraje în roci injectate cu suspensie pe bază de ciment în zona liberă;
= $0.5L_{tf}$, (dar minim 4.0 m şi maxim 7.0 m) pentru ancoraje în pământuri injectate cu suspensie pe bază de ciment în zona liberă.

V.4.2.2. Rezistenţa caracteristică la întindere a armăturii, $f_{t(\varepsilon)k}$ se deduce din diagrama de calcul $(\sigma_p - \varepsilon)$ determinată conform SR EN 1992-1-1.

În etapa de determinare a valorii A_t, pentru $(\sigma_{pk} - k_l)$ se vor considera valorile limită indicate la punctul b) de la V.4.1.4, urmând să se facă o reverificare după determinarea pierderilor de tensiune k_l. La ancorajele de clasă B se poate renunţa la această reverificare.

V.4.3 Verificarea siguranţei în exploatare a ancorajelor

V.4.3.1 Verificarea siguranţei în exploatare a ancorajelor se realizează cu ajutorul unui factor de siguranţă dat de relaţia:

$$FS = \frac{R_d}{P_0} \qquad (V\text{-}10)$$

unde:

R_d – capacitatea portantă la smulgere a ancorajului;
P_0 - forţa de întindere la blocare.

V.4.3.2 În funcţie de durata de viaţă şi de gradul de risc pentru ancoraj estimate la proiectare, se recomandă adoptarea valorilor minime pentru *FS* din Tabelul V-2.

Tabelul V-2. Valori ale factorului de siguranţă FS

Grad de risc	Ancoraje temporare	Ancoraje permanente
Ancoraje a căror descărcare are consecinţe neimportante şi nu periclitează securitatea publică	1.3	1.6
Ancoraje a căror descărcare are consecinţe grave dar nu periclitează securitatea publică	1.5	1.8
Ancoraje a căror descărcare are consecinţe grave şi poate periclita securitatea publică	1.8	2.0

V.5 Execuţia şi recepţia ancorajelor

V.5.1. La execuţia ancorajelor se respectă prevederile din SR EN 1537.

V.5.2. Încercările de recepţie a ancorajelor se realizează în conformitate cu prevederile din SR EN 1997-1, paragraful 8.8 şi în concordanţă cu prevederile din SR EN 1537.

V.5.3. Supravegherea execuţiei şi monitorizarea lucrărilor de ancorare se realizează în conformitate cu prevederile din SR EN 1997-1, paragraful 8.9 şi în concordanţă cu prevederile din SR EN 1537.

V.6 Încercarea, urmărirea şi controlul ancorajelor

V.6.1. Încercarea, urmărirea şi controlul ancorajelor se realizează în conformitate cu prevederile din SR EN 1537 şi din SR EN 1997-1, paragraful 8.7.

V.6.2. În cazul în care este necesară verificarea periodică a ancorajelor, se vor asigura accesul facil la capul acestora, precum şi posibilitatea montării şi funcţionării dispozitivelor de tensionare.

V.6.3. Este recomandat ca tensionarea de probă a ancorajului să se realizeze prin tensionarea independentă a fiecărui tendon al ancorajului.

V.6.4. Pentru ancorajele la care distanţa între bulbi este mai mică decât 1.5 m este indicat să se realizeze încercări pe grupuri de ancore exceptând cazul când existenţa unei experienţe comparabile permite cuantificarea efectului distanţei care poate fi astfel luat în considerare la proiectare.

V.6.5. Dacă este necesar ca ancorele temporare (clasă C) să rămână în serviciu mai mult de 2 ani, trebuie efectuată o expertiză tehnică în domeniu potrivit legislaţiei în construcţii, în vigoare, şi luate, împreună cu proiectantul, măsurile care se impun în funcţie de constatările/încercările/rezultatele obţinute.

În acest scop, la intervale de timp adecvate, trebuie întreprinse şi următoarele acţiuni:

a) examinarea vizuală a ancorajelor acolo unde sunt accesibile;
b) verificarea periodică a stării de tensiune din ancoraje;
c) verificarea la intervale regulate a posibilelor deplasări ale structurii ancorate care pot afecta stabilitatea acesteia;
d) verificarea efectului coroziunii asupra ancorajelor.

V.6.6. Documentarea lucrărilor de ancorare se va realiza pe baza proceselor verbale de lucrări/înregistrărilor pentru fiecare fază de execuţie întocmite în conformitate cu prevederile din SR EN 1537.

ANEXA A
(informativă)

RELAŢII DE CALCUL EXEMPLIFICATIVE PENTRU CALCULUL REZISTENŢEI LA SMULGERE A ANCORAJELOR

A.1 *Calculul rezistenţei la smulgere a ancorajului în funcţie de armătura acestuia*

Rezistenţa la smulgere a ancorajului în funcţie de armătura acestuia poate fi determinată cu relaţia:

$$R_{t;d} = f_{tk} A_t / \gamma_a \qquad (A\text{-}1)$$

în care:

f_{tk} - rezistenţa caracteristică la întindere a armăturii (conform SR EN 1992-1-1);
A_t - aria transversală a armăturii ancorajului;
γ_a - coeficient parţial de siguranţă, care se va lua conform cu Tabelul A-1.

Tabelul A-1. Coeficient parţial de siguranţă, γ_a

Ancoraje de clasă	A şi B	C
Toroane TBP	1.18	1.11
Bare PC	1.05	1.00

A.2 *Calculul rezistenţei la smulgere a ancorajului în funcţie de stabilitatea de ansamblu: element ancorat – masiv de teren*

Rezistenţa la smulgere a ancorajului în funcţie de teren poate fi determinată cu relaţia:

$$R_{a;d} = N^s / \gamma_a \qquad (A\text{-}2)$$

unde:

γ_a - coeficient parţial de siguranţă, egal cu:
= *2.04* pentru ancorajele de clasă A şi B;
= *1.78* pentru ancorajele de clasă C.

N^s - forţa de smulgere determinată prin calcul, pe baza valorilor caracteristice ale parametrilor terenului. Se determină pe baza relaţiilor următoare în funcţie de natura terenului de fundare:

- pentru roci grupa tare la extra-tare (clasificate după rezistenţa la forare şi perforare):

$$N^s = \pi D \Sigma \left(Z_a^i f_i^k \right) \qquad (A\text{-}3)$$

în care:

f_i^k - rezistenţa caracteristică pe suprafaţa laterală a zonei injectate, egală cu:
= *1000* kN/m^2 pentru roci din grupa tare,
= *2000* kN/m^2 pentru roci din grupa foarte tare,
= *3000* kN/m^2 pentru roci din grupa extra-tare.

D - diametrul forajului;

Z_a^i - lungimea zonei de ancorare în stratul *i*.

➢ pentru pământuri cu coeficientul de permeabilitate $k<10^{-1}$cm/s:

$$N^s = \pi D_{ef} \Sigma\left(Z_a^i f_i^k\right) \qquad (A\text{-}4)$$

în care:

D_{ef} - diametrul mediu efectiv al bulbului format prin injectare, stabilit cu relaţia:

$$D_{ef} = 1{,}8 \times \sqrt{\frac{0{,}7 \times C}{\pi \times Z_a^i}} \text{ [m]} \qquad (A\text{-}5)$$

C - cantitatea totală de ciment (în tone), introdusă în zona bulbului la injectare şi reinjectare;

D_{ef} - nu se va lua în calcul cu valoare mai mare decât *3D* pentru pământuri necoezive şi, respectiv, *2.5D* pentru cele coezive, unde D este diametrul iniţial de forare;

f_i^k - rezistenţa caracteristică pe suprafaţa laterală a zonei de ancorare, conform cu Tabelul A-2.

Tabelul A-2. Rezistenţa caracteristică pe suprafaţa laterală a zonei de ancorare, f_i^k

Natura pământului		f_i^k **[kN/m^2]**	
		fără reinjectare	**cu reinjectare**
nisipuri cu	$\phi < 30°$	90	110
	$30° \le \phi < 35°$	105	130
	$\phi \ge 35°$	120	150
coezive cu	$I_C = 0{,}75...1$	70	100
	$I_C > 1$	80	110

➢ pentru pietrişuri ($k \ge 10^{-1}$ cm/s):

$$N^s = \pi D_{ef} \Sigma\left(Z_a^i \times f_i^k\right) \qquad (A\text{-}6)$$

în care:

D_{ef} - diametrul efectiv al bulbului, ţinând cont de cantitatea de ciment introdusă prin injectare în zona acestuia şi de porozitatea n a terenului, dar nu mai mare de 0.5 m;

f_i^k = *200* kN/m^2.

➢ pentru pământuri coezive cu supralărgiri în zona de ancorare:

$$N^S = \pi D_{ef} \Sigma\left(Z_a^i \times f_i^k\right) + \beta R^k A_s \qquad (A\text{-}7)$$

în care:

β - coeficient care depinde de modul de realizare a supra-lărgirilor, fiind egal cu 1.1 pentru metoda exploziilor şi 1.0 pentru alte metode;

A_s - aria suprafeţei supralărgirilor, determinată prin proiecţia pe plane normale la axa ancorajului.

R^k - rezistenţa caracteristică pe suprafaţa supralărgirilor, conform cu Tabelul A-3.

NOTĂ: Sumarea $Z_a^i x f_i^k$ se va face numai pentru zona de ancorare în care nu sunt supralărgiri. În cazul supralărgirilor prin explozie, diametrele vor descreşte spre zona liberă a ancorajului, iar numărul supralărgirilor va fi de maxim 5.

Tabelul A-3. Rezistenţa caracteristică pe suprafaţa supralărgirilor, R^k

Adâncimea [m]	**R^k [kN/m^2] pentru I_C**		
	0,51...0,75	**0,76...1,0**	**>1,0**
3	350	500	600
5	450	600	750
10	750	900	1100
≥ 20	1350	1600	1600

NOTE:

(1) Relaţiile pentru determinarea valorilor N^S au un caracter informativ, putând fi utilizate de către elaboratorii sistemelor de ancorare în faza de pre-dimensionare a acestora, precum şi de către proiectanţii de structuri ancorate în faza de studiu preliminar, atunci când gama de sisteme de ancorare agrementate nu satisface cazul în speţă.

(2) Condiţia de verificare la starea limită de stabilitate a ansamblului (element ancorat – masiv de teren angajat) este ca, sub efectul încărcărilor limită din grupările fundamentale, accidentale şi seismice, ansamblul să nu îşi modifice sensibil poziţia sau forma, considerând că nu are loc cedarea ancorajului prin ruperea armăturii sau prin smulgerea zonei de ancorare.

(3) Pentru teren se vor considera valorile de calcul ale caracteristicilor geotehnice. Nu se vor introduce în calcul eventualele încărcări temporare cu efect favorabil stabilităţii.
Pentru simplificarea calculelor se admite ca verificarea să se facă la încărcările din grupările fundamentale, cu adoptarea unui coeficient parţial de siguranţă mai mare sau egal cu 1.5 pentru P_d^{SLE} (încărcarea de calcul corespunzătoare SLE).
De regulă, din verificările de stabilitate se deduc parametrii ancorajului (lungime, înclinare, etc.). Verificarea la stabilitate se va face şi pentru etapele intermediare de execuţie.

(4) Pentru ancorajele de clasă C nu mai este necesară verificarea sub efectul grupărilor accidentale/seismice.
La ancorajele de clasă A se sporeşte nivelul de asigurare cu până la 10%, independent de nivelul de asigurare prevăzut pentru ansamblul structurii.
La stabilirea solicitărilor se vor considera ipoteze cât mai apropiate de modul de lucru al terenului şi al elementului ancorat în momentul cedării.
Pentru dimensionare sau verificare forţa P_d^{SLU} (încărcarea de calcul corespunzătoare SLU) nu se va lua mai mică decât $1.25P_d^{SLE}$ chiar dacă ipoteza limită considerată în calcul conduce la solicitări P_d^{SLU} mai reduse. Dacă $P_d^{SLU} > 1.5P_d^{SLE}$ se vor reanaliza ipotezele limită considerate, precum şi poziţia şi geometria ancorajelor, şi, dacă în aceste condiţii inegalitatea rămâne valabilă, atunci, în calcul se va adopta valoarea rezultată.

ANEXA B
(informativă)

RELAŢII DE CALCUL EXEMPLIFICATIVE PENTRU CALCULUL STATIC AL ANCORAJELOR

B.1. Evaluarea încărcărilor

B.1.1 Susţineri cu un singur nivel de ancoraje

i) Cazul palplanşelor

Diagrama pentru stabilirea solicitărilor din ancoraje este dată în Figura B-1. Deoarece este posibil să nu se mobilizeze întreaga rezistenţă pasivă a pământului, la verificările corespunzătoare în locul coeficientului K_p se va lua valoarea:

$$K`_p = K_p - \frac{1}{3}(K_p - K_0) \qquad (B\text{-}1)$$

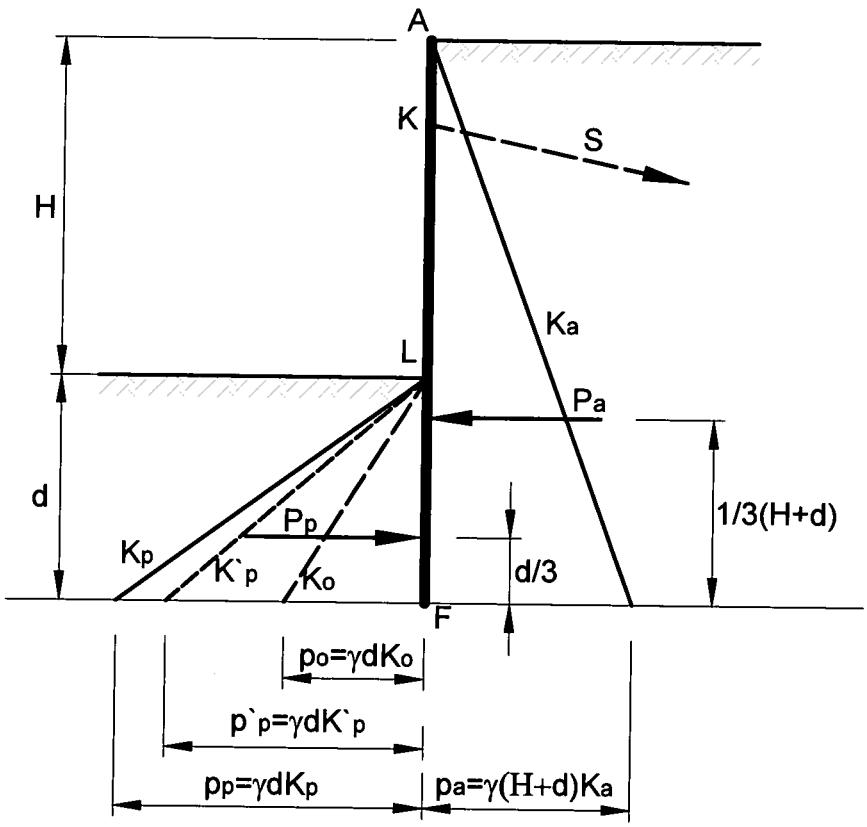


Figura B-1. Împingerea pământului – cazul i)

ii) Cazul elementelor verticale (piloţi) cu elemente intermediare elastice

În acest caz se va considera şi rezistenţa R_p care ia naştere pe cele două feţe laterale (planele *FLM* din Figura B-2) corespunzătoare elementului vertical. La pământuri necoezive rezistenţa R_p este dată de frecare $R_p = P_0 \, tg\phi$, unde P_0 este similară împingerii în stare de repaus, pentru $K_0=1$:

$$P_0 = \frac{1}{6}\gamma d^3 tg(45 + \frac{\phi}{2}) \qquad (B\text{-}2)$$

La pământuri coezive, neglijând efectul unghiului de frecare pe planele *FLM* rezultă:

$$R_p = cd^2 tg(45 + \frac{\phi}{2}) \qquad (B\text{-}3)$$

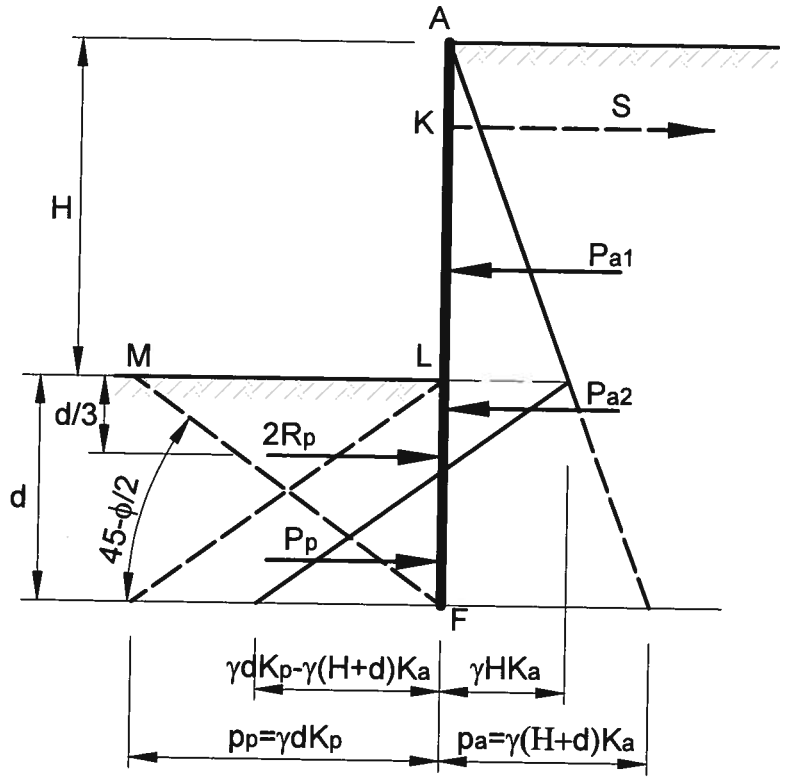


Figura B-2. Împingerea pământului – cazul ii)

iii) Cazul piloţilor distanţaţi

Procedeul este indicat în cazul pământurilor coezive şi al rocilor la care efectul de boltă permite eliminarea elementelor intermediare. Ţinând cont de rigiditatea piloţilor, pentru K_a şi K_p se vor considera următoarele valori, pentru stările limită ale exploatării normale:

$$K`_a = K_a + \frac{1}{3}(K_0 - K_a)$$
$$K`_p = K_p - \frac{1}{3}(K_p - K_0) \qquad (B\text{-}4)$$

De asemenea, între nivelul terenului şi ancoraj se consideră împingerea în stare de repaus (Figura B-3).

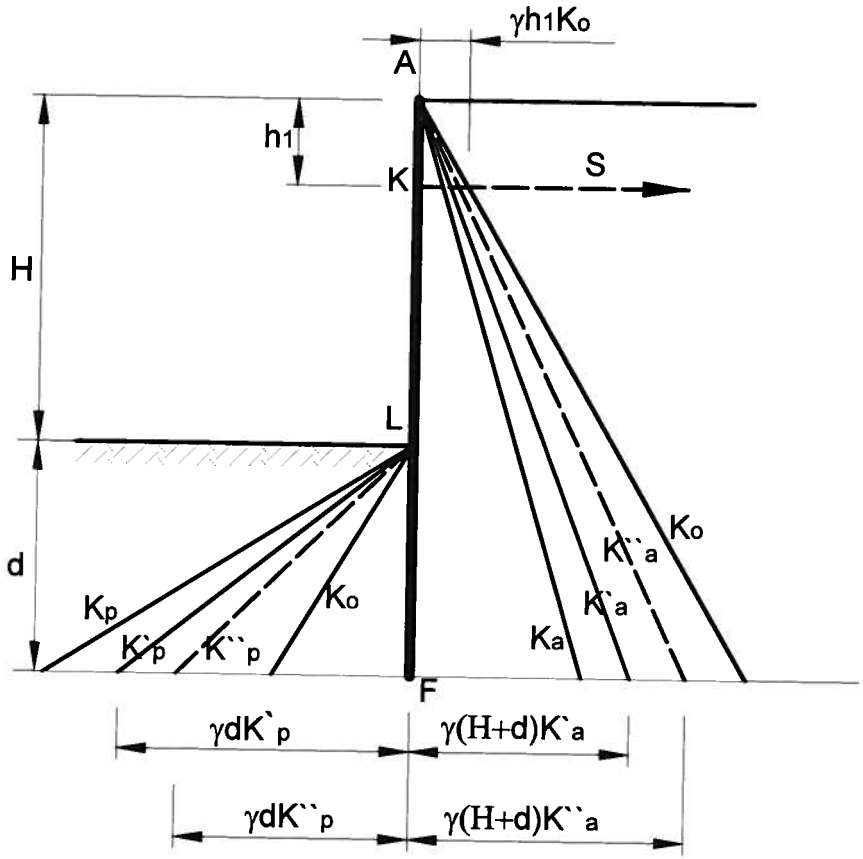


Figura B-3. Împingerea pământului. Cazurile iii) şi iv)

iv) Cazul pereţilor din beton

Între perete şi pământ se va considera un unghi de frecare:

$$\delta = \left(\frac{1}{2}\phi ... \frac{2}{3}\phi\right) \qquad (B\text{-}5)$$

Pentru a ţine cont de rigiditatea peretelui, pentru stările limită ale exploatării normale, coeficienţii împingerii pământului K_a şi K_p se vor lua:

$$K_a'' = K_a + \frac{2}{3}(K_0 - K_a)$$
$$K_p'' = K_p - \frac{1}{2}(K_p - K_0) \qquad (B\text{-}6)$$

La partea superioară, între nivelul terenului şi ancoraj, se va considera împingerea în stare de repaus ca la cazul iii) de mai sus.

În toate cazurile forţa din încărcările de exploatare (serviciu) se determină din condiţia de echilibru şi de moment nul în dreptul ancorajului.

Forţa corespunzătoare încărcărilor limită se stabileşte considerând valorile de calcul ale caracteristicilor geotehnice ale terenului.

B.1.2 Susţineri cu ancoraje la mai multe nivele

În acest caz nu mai sunt valabile diagramele triunghiulare, deoarece nivelele de ancoraje se execută în etape diferite, modificând forma diagramelor de împingere.

În funcţie de natura terenului se vor considera diagramele din Figura B-4 (conform normativului NP 124).

Ca şi în cazul elementelor ancorate cu un singur rând de ancoraje, în calcul se poate considera că punctul de moment nul este foarte apropiat de punctul de efort nul.

La susţinerile cu mai multe nivele de ancoraje se vor face verificări şi în etapele intermediare de execuţie. Pentru primul rând de ancoraje verificarea se va face conform paragrafului B.1.1.

Optimizarea soluţiei presupune determinarea solicitărilor şi în elementul ancorat şi modificarea poziţiei ancorajelor pentru a obţine diagrame de eforturi cu valori extreme cât mai reduse.

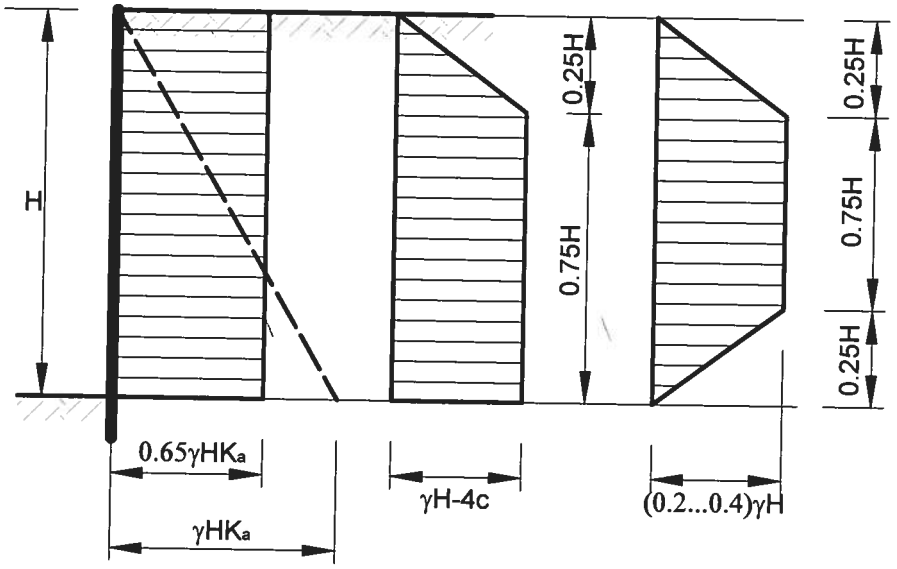


Figura B-4. Împingerea pământului. Elemente ancorate la mai multe nivele

B.2 Verificări de stabilitate

Verificarea se face pe baza ipotezei conform căreia pierderea stabilităţii are loc prin formarea unei suprafeţe curbe de cedare (aproximată prin planul *FD*) între axul de rotaţie al peretelui şi axul vertical care trece prin centrul zonei de ancorare a ancorajului (Figura B-5).

Rezolvarea porneşte de la echilibrul forţelor care acţionează asupra prismului *AFDC*, respectiv:

G - greutatea prismului de pământ;
P_{a1} - împingerea activă pe planul *DC*;
P_a - reacţiunea peretelui corespunzătoare împingerii active a volumului *FAB*;
R - reacţiunea pe planul *FD*;
S - forţa din ancoraj corespunzătoare situaţiei de echilibru considerate.

În acest caz:

$$S = \left[\left(P_a - P_{a1}\right)\cos\delta + \left(G + P_{a1}\sin\delta - P_a\sin\delta\right)tg\left(\phi - \nu\right)\right]\frac{\sin\left(\frac{\pi}{2} - \phi + \nu\right)}{\sin\left(\frac{\pi}{2} + \phi - \alpha - \nu\right)} \qquad (B\text{-}7)$$

în care:

ν - unghiul de înclinare al planului *FD*;
ϕ - unghiul de frecare internă al pământului;
δ - unghiul de frecare între perete şi pământ;
α - înclinarea ancorajului.

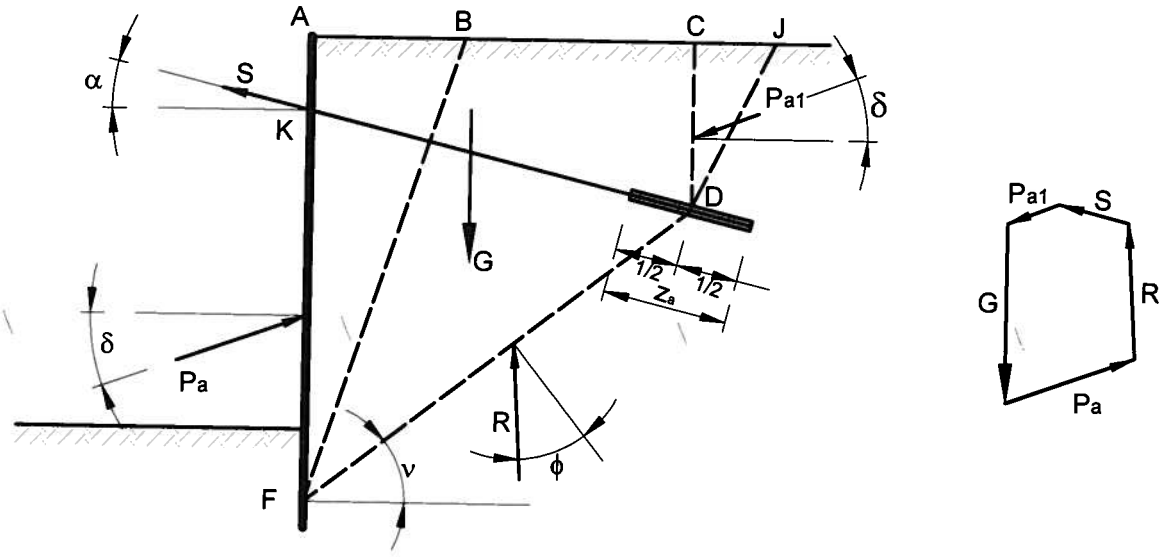


Figura B-5. Verificarea de stabilitate pentru ancorarea la un singur nivel

Acolo unde este cazul se va ţine cont de prezenţa apei sau de caracteristicile diferite ale straturilor.

Suprasarcina la nivelul terenului sau pe elementul ancorat se va considera doar dacă va conduce la o situaţie mai defavorabilă pentru planul *FD*, respectiv o înclinare ν mai mică, sau dacă este permanentă şi existentă înainte de realizarea ancorajelor.

În cazul ancorajelor cu supralărgiri ale bulbului se consideră că planul *FD* trece la 1.0m de punctul de început al supralărgirilor.

În cazul ancorajelor pe mai multe nivele se procedează progresiv (Figura B-6), astfel:

a) se stabileşte echilibrul pentru primul prism de pământ AFD_1C_1 şi se obţine S_1;
b) se continuă pentru AFD_2C_2 şi se obţine S_2 şi aşa mai departe.

Lungimea ancorajelor se va alege astfel încât punctele D_i să e găsească în afara oricărui prism AFD_iC_i. În caz contrar ancorajul respectiv fie nu intervine în calcul, fie intervine parţial, în funcţie de poziţia ocupată.

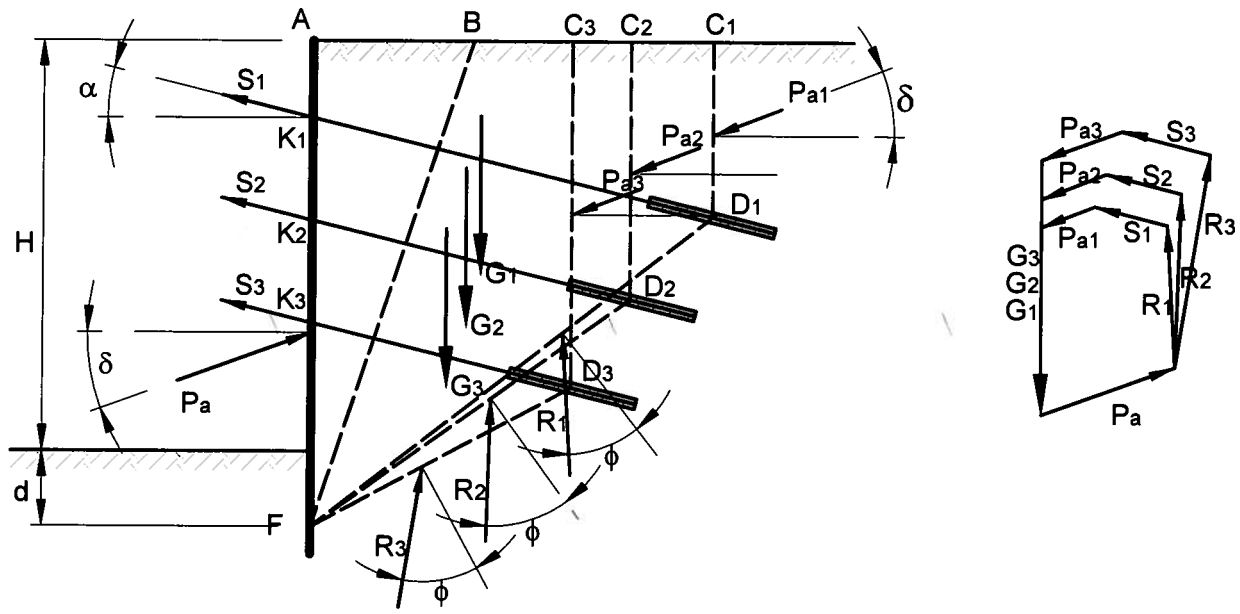


Figura B-6. Verificarea de stabilitate pentru ancorarea la mai multe nivele