

MINISTERUL EDUCAȚIEI ȘI CERCETĂRII AL REPUBLICII MOLDOVA

Universitatea Tehnică a Moldovei

Facultatea Construcții, Geodezie și Cadastru

Departamentul Inginerie Civilă și Geodezie

Admis la susținere:

Șef departament ICG, conf. univ., dr.

_____ **A. Taranenco**

“ ____ ” _____ **2023**

ANALIZA COMPORTĂRII UNEI SUPRASTRUCTURI DIN BETON ARMAT PREFABRICAT

Teză de master

Student: _____ **Prodius Petru, IS-2021M**

Conducător: _____ **Sârbu Teodor, conf. univ., dr.**

Chișinău, 2023

REZUMAT

Prodius Petru. Analiza comportării unei suprastructuri din beton prefabricat.

În prezenta lucrare se studiază problema optimizării modelelor de calcul ale structurilor de rezistență alcătuite din beton prefabricat. Ca bază servește teoria generală de calcul a construcțiilor și se admit o serie de ipoteze simplificatoare suplimentare.

Cercetarea este efectuată folosind principiul lucrului mecanic virtual și ipoteza corpului rigid-plastic. Suplimentar se introduce noțiunea de salt al unghiului de rotire în secțiunea cu moment maxim de încovoiere și ipotezele în consecință.

Sunt realizate 2 studii de caz prin analiza unor construcții reale, precum și comparații cu rezultatele din literatura de referință a profilului transversal și longitudinal pentru studiul dat. În vederea realizării analizei structurale a fost stabilit următorul obiectiv: Determinarea eforturilor în grinzile din beton precomprimat a suprastructurii podului de pe drumul M3 Chișinău – Cimișlia – Vulcănești – Giurgiulești – frontiera cu România.

Studiul este realizat prin metoda elementelor finite folosind pachetul de programe aplicative „Robot Structural Analysis” Autodesk.

Teza este compusă din introducere, 4 capitole, concluzii, bibliografie și o anexă. Lucrarea conține 41 pagini (fără anexă), 23 figuri și 10 tabele. Bibliografia constă din 25 surse de referință. Anexa tezei de master cuprinde 12 pagini, 7 figuri și 10 tabel. În cadrul anexei sunt reprezentate rezultatele calculelor numerice, care se referă la studiile de caz.

Cuvinte-cheie: model de calcul, suprastructură, sustenabilitate.

SUMMARY

Prodius Petru. Analysis of the behavior of a prefabricated concrete superstructure.

In this work, the problem of optimizing the calculation models of structures made of prefabricated concrete is studied. The general theory of construction calculation and a series of additional simplifying assumptions serve as the basis.

The research is conducted using the principle of virtual mechanical work and the rigid-plastic body hypothesis. Additionally, the concept of rotational angle jump in the section with the maximum bending moment is introduced, and the corresponding assumptions.

Two case studies are carried out by analyzing real constructions, as well as comparisons with reference results for the transverse and longitudinal profile of the given study. In order to carry out the structural analysis, the following objective was established: Determining the efforts in the pre compressed concrete beams of the M3 Chişinău-Cimişlia-Vulcăneşti-Giurgiuleşti-Romania border bridge superstructure.

The study employs the finite element method and makes use of the Autodesk "Robot Structural Analysis" software package.

The thesis is composed of an introduction, 4 chapters, conclusions, bibliography and an appendix. The work contains 41 pages (without appendix), 23 figures and 10 tables. The bibliography consists of 25 reference sources. The appendix of the master's thesis includes 12 pages, 7 figures and 10 tables. The appendix represents the numerical calculation results, which refer to the case studies.

Keywords: calculation model, superstructure, sustainability.

CUPRINS

INTRODUCERE	6
Obiectivele analizei	9
Obiectul analizei structural	10
Categoria de importanță a construcției	10
1. Partea analitică.....	11
1.1. Descrierea obiectului.....	11
1.2. Materialele folosite.....	12
1.3. Caracteristicile geometrice a modului și a elementelor de rezistență.....	13
1.3.1. Schema de calcul	15
2. Încărcări și acțiuni	16
2.1. Încărcările permanente.....	16
2.2. Încărcările temporare și mobile	16
2.3. Combinații de încărcări	18
2.4. Modelarea suprastructurii în Robot Structural Analysis Professional.....	19
3. Rezultatele calcului	21
3.1. Diagramele pentru segmentul dintre axele A-B și C-D	21
3.1.1. Diagramele momentelor de încovoiere.....	21
3.1.2. Diagrama forțelor tăitoare	22
3.2. Hărțile de tensiuni din placă.....	23
3.2.1. Hărțile de tensiuni în placă de la momentele de încovoiere pe direcția X.....	23
3.2.2. Hărțile de tensiuni în placă de la momentele de încovoiere pe direcția Y	25
4. Calculul grinzilor pretensionate.....	27
4.1. Grinda de pe segmentul A-B și C-D.....	27
4.2. Grinda de pe segmentul B-C.....	33
CONCLUZII.....	40
BIBLIOGRAFIE.....	41
ANEXĂ REZULTATE CALCUL STATIC AL STRUCTURII DE REZISTENȚĂ	42
Anexa A	42
Anexa B	51

INTRODUCERE

Certitudinea exploatării normale, fără pericole, poate fi obținută printr-un control experimental asupra modului de comportare sub încărcări a construcției respective și printr-o sistematică urmărire în timp a deplasărilor și deformațiilor acesteia, sau ale elementelor componente ale construcției.

Modificarea ulterioară a condițiilor de echilibru poate antrena distrugerea parțială sau totală a construcției, poate provoca pagube materiale foarte mari și chiar pierderi de vieți omenești.

Certitudinea unei exploatări fără pericol se obține prin două procedee care se completează reciproc. Aceste procedee sunt:

- procedeul cercetării experimentale realizate pe modele în laborator sau pe tronsoane experimentale ale construcției executate pe teren;
- procedeul măsurărilor și observațiilor executate periodic în teren asupra comportării funcționale și a stabilității construcției în timp.

Pe baza cercetărilor experimentale se poate obține atât analiza raportului între solicitările realizate experimental asupra modelului construcției din laborator sau tronsonului de probă din teren și deformațiile rezultate, cât și obținerea datelor necesare în vederea calculului de rezistență și stabilitate a construcțiilor. Prin măsurătorile și observațiile executate periodic pe construcțiile din natură, atât în faza de execuție cât și în faza de exploatare, se certifică corectitudinea sistemului constructiv și a ipotezelor de calcul avute în vedere la proiectare, se justifică încercările și studiile de laborator prin care s-a putut preciza materialul și forma cea mai economică a construcției.

De asemenea aceste măsurători permit totodată stabilirea coeficientului real de siguranță privind rezistența și stabilitatea construcției. Pe baza rezultatelor obținute de-a lungul vremii în exploatarea construcțiilor, în cadrul unor studii și cercetări de laborator și de teren, precum și pe baza unor informații obținute în urma distrugerii unor construcții, se pot sintetiza o serie de cauze mai frecvente ale deplasărilor și deformațiilor ce pot fi structurate în cauze generale și cauze particulare.

Cauzele generale sunt legate de specificul condițiilor geotehnice și

hidrogeologice precum și de proprietățile fizice-mecanice ale pământurilor din care este alcătuit terenul de fundare.

Cauzele particulare se pot datora insuficienței volumului de date geotehnice și hidrogeologice, precum și unor factori perturbatori accidentali (seisme, antrenare hidrodinamică, teren dificil de fundare, etc.). Cu toate că multe din cauzele particulare au un caracter de impreviziune și o probabilitate mai mică de a se manifesta, este necesar să fie luate în considerare la proiectarea construcțiilor importante, urmărindu-se un grad maxim de siguranță în exploatare.

Verificările prin calcul a mărimii eforturilor unitare în secțiunile caracteristice ale construcțiilor, confruntate cu rezultatele unor încercări pe modele sau pe tronsoane de probă vor fi urmate de observații la aparatele de măsură instalate atât în corpul construcției cât și în exteriorul ei.

Prin compararea rezultatelor acestor măsurători executate pe construcțiile din natură cu rezultatele obținute prin încercarea modelelor și cu datele obținute prin calculele privind capacitatea portantă a construcțiilor se va putea obține un “diagnostic” asupra stării construcției și eventual o prognoză a comportării sale în viitor. Aceasta va permite luarea unor eventuale măsuri de consolidare sau de folosire în continuare a respectivelor construcții.

Prezenta teză de master își propune să contribuie la optimizarea calculului suprastructurilor de tip dală, tratează calculul și alcătuirea infrastructurilor pentru modelul structură de beton prefabricat.

Preluarea și transmiterea încărcărilor ce acționează asupra unei construcții se realizează prin sistemul structural, constituit din trei componente:

- 1) suprastructură (în general, având comportare ductilă);
- 2) infrastructură-substructură și fundații-/sau fundații (comportare în domeniul elastic, cu incursiuni reduse în domeniul plastic);
- 3) terenul de fundare (comportare în domeniul elastic, cu incursiuni reduse în domeniul plastic).

Interacțiunea dintre aceste trei componente definește comportarea în totalitate a sistemului la acțiuni. Neglijarea uneia dintre componente prin anumite ipoteze poate

duce la rezultate eronate, cum ar fi: nerealizarea mecanismului considerat, amplificare dinamică sau un spor de amortizare datorat terenului, tasarea vecinătăților etc..

Fiind inginer de specialitate mi-am propus acest studiu, reieșind din volumul normativ de trafic în unitățile de transport, echivalente la autoturismele din țară, ținând seama de dezvoltarea economiei a Statului Republica Moldova, am efectuat calculul în domeniul infrastructurii rutierii și anume elementelor planului, profilului transversal și longitudinal pentru studiul a drumului M3 Chișinău-Cimișlia-Vulcănești-Giurgiulești-frontieră cu România. Drumul M3 trece în direcția sudică de orașul Chișinău, reprezintă cea mai scurtă cale de comunicare între Republica Moldova și Giurgiulești.

A fost studiate normele tehnice și cerințele stipulate în NCM D. 02.01: 2015, după parametrii: drumuri de categoria I b, conform NCM D.02.01: 2015 „, Proiectarea drumurilor publice”

Pasajul superior de la drumului M3 Chișinău-Cimișlia-Vulcănești-Giurgiulești a fost proiectat inițial ca o etapă de proiect cu grinzi fabricate în Rusia conform proiectării standard 3.503.1-81, cu unele modificări în construcție privind barele de legătură ale plăcii grinzii. Armătura a fost îndepărtată de pe părțile laterale ale plăcii și direcționată în sus pentru a asigura legătura cu placa de legătură RC. Grinzile sunt calculate pentru sarcina activă A-11 și HK-80 conform SNiP 2.05.03-84*.

Lucrările de modelare și analize au fost efectuate în programul cu elemente finite „Robot Structural Analysis” Autodesk. Rezultatele cu toate diagramele pentru ambele cazuri vor fi date în acest raport.

CONCLUZII

Efectuând calculul pentru grinzile podului se pot trage următoarele concluzii:

În pachetul aplicativ RSA, s-au modelat și simulat grinzile din BA pentru diferite combinații de încărcări, în urma cărora sunt extrase următoarele valori maxime a momentului încovoietor:

Pentru grinda de 27 metri – cea mai nefavorabilă combinație o constituie – combinația 2 (vezi tabelul 8) cu momentul maxim

$$M_{max} = 3340.47 \text{ kNm} \text{ și } Q_{resp} = 490.99 \text{ kN}$$

Pentru grinda de 30 metri – cea mai nefavorabilă combinație o constituie – combinația 2 (vezi tabelul 8) cu momentul maxim

$$M_{max} = 4009.13 \text{ kNm} \text{ și } Q_{resp} = 530.68 \text{ kN}$$

Numărul de cabluri pretensionate, atât pentru grinda de 27 de metri cât și pentru grinda de 30 de metri, a fost mărit pentru a satisface condițiile la stări limite de serviciu.

Din calculul grinzii la secțiuni înclinate, atât pentru grinda de 27 de metri cât și pentru grinda de 30 de metri, s-a observat că teoretic secțiunea transversală a betonului poate asigura preluarea forței tăietoare. Însă din practica de proiectare și din condițiile impuse, s-a demonstrat că pasul minim a etrierelor din armatura clasa A-1 de diametrul $\varnothing 10$ trebuie să fie minim de 10 cm.

Din calculul grinzii la stări limite de serviciu, atât pentru grinda de 27 de metri cât și pentru grinda de 30 de metri, s-a obținut valoarea negativă a săgeții.

BIBLIOGRAFIE

1. Hotărârea Guvernului Republicii Moldova nr. 361 din 25 iunie 1996 – ” Cu privire la asigurarea calității construcțiilor ”
2. NCM E.02.02-2016. Fiabilitatea elementelor de construcții și terenurilor de fundații. Principii de bază.
3. NCM E.03.02-2001. Protecția împotriva incendiilor a clădirilor și instalațiilor.
4. NCM F.02.02-2006. Calculul, proiectarea și alcătuirea elementelor de construcții din beton armat și beton precomprimat
5. СНиП 2.05.03-84* Мосты и трубы.Проектирование
6. СНиП 3.06.04-91 Мосты и трубы. Выполнение и приемка работ
7. СНиП 3.06.07-86 Мосты и трубы. Правила обследований и испытаний
8. ВСН 62-69 Технические указания по расчету местного размыва у опор мостов, струенаправляющих дамб и траверсов
9. СНиП II-7-81* Строительство в сейсмических районах
10. ГОСТ 27751-88. Надежность строительных конструкций и оснований. Основные положения по расчету. (СТ СЭВ 384-87).
11. Analiză Modală Experimentală, Laborator „Acțiuni în Construcții și Structuri” Departamentul Mecanica Construcțiilor
12. https://en.wikipedia.org/wiki/Opening_of_the_Liverpool_and_Manchester_Railway
13. https://en.wikipedia.org/wiki/George_Stephenson
14. <http://www.bbc.com/news/uk-england-leicestershire-35039893>
15. https://en.wikipedia.org/wiki/Stephenson%27s_Rocket
16. https://ro.wikipedia.org/wiki/Petrache_Poenaru
17. https://ro.wikipedia.org/wiki/Anghel_Saligny
18. <http://www.ipedia.ro/istoria-cailor-ferate-654/>
19. https://ro.wikipedia.org/wiki/C%C4%83ile_Ferate_Rom%C3%A2ne
20. <https://www.scribd.com/document/40224549/calcul-conectori>
21. <https://cernavoda.wordpress.com/2009/09/19/anghel-saligny-din-intelepciunea-inginerului/>
22. <http://www.cunoastelumea.ro/podul-de-la-cernavoda-cel-mai-mare-pod-european-al-secolulu-al-xix- lea-a-implinite-120-de-ani-afla-i-povestea/>
23. <http://www.h-metal.ro/blog/podul-prieteniei-giurgiu-ruse/>
24. <https://www.agerpres.ro/flux-documentare/2014/06/20/documentar-60-de-ani-de-la-inaugurarea- podului-giurgiu-ruse-podul-prieteniei-09-20-43>
25. <http://www.ampost.ro/subpagina/masura-ispa-2000-ro-16-p-pt-001>