

EXPERIMENTAL INVESTIGATION ON MECHANICAL BEHAVIOR OF POST-INSTALLED METAL ANCHORS IN CONCRETE SUBJECTED TO CYCLIC LOADS PROVA EKSPERIMENTALE MBI SJELLJEN MEKANIKE TË ANKERAVE METALIKË TË MONTUAR MBAS BETONIMIT NËN EFEKTIN E VEPRIMEVE CIKLIKE

MENTOR BALILAJ
FIN, UPT, Tiranë, Rr. "Muhamet Gjollësia", nr. 54,
mbalilaj2002@yahoo.it

AKTET V, 2: 284-289, 2012

PËRMBLEDHJE

Ankerat metalikë të montuar mbas betonimit përdoren në teknologjinë e fiksimit të strukturave dytësore në strukturat kryesore prej betoni. Sjellja mekanike e këtyre ankerave në kushte sizmike është akoma pak e njohur. Aftësia mbajtëse e këtyre ankerave është mjaft e ndjeshme nga prezenca e plasaritjeve në strukturat kryesore, sidomos kur ankeri është i montuar në planin e plasaritjes. Objektivi i këtij punimi është ekzekutimi i provave të cilat të jenë në gjendje të verifikojnë funksionimin e këtyre ankerave në beton të plasarit, sikurse ndodh në kushte sizmike. Ky punim paraqet rezultatet e provave të kryera mbi 14 ankerat metalikë, të montuar në planin e një plasaritje që mbyllet/hapet (deri në 0,8 mm) ciklikisht për 10 cikle, ndërsa përgjatë aksit të ankerit vepron një ngarkesë tërheqëse konstante. Sistemi i adoptuara për këto prova monitoron rrëshqitjen e ankerit gjatë provave ciklike, dhe vlerëson aftësinë mbajtëse në fund të provës ciklike.

Fjalet kyce: anker, beton i plasarit, veprime ciklike.

SUMMARY

The metal anchors widely used in the technology of fixing secondary structures in the main concrete structures. The mechanical behavior of those anchors is mostly unknown in seismic conditions. The load bearing capacity of such construction products is greatly influenced by the presence of cracks in concrete, especially when the anchor is fixed along a crack. Objective of research conducted, is the execution of tests to verify the correct functioning of anchors in cracked concrete as may occur during seismic actions. In this paper will present results of experimental tests performed on 14 torque-controlled expansion anchors installed along a concrete crack, which undergoes to closing/opening cyclically for 10 cycles, while the design axial load is applied to the anchor and remains constant during the test. The particular conceived testing apparatus allows the monitoring of the anchor slip, and estimating the residual capacity at the end of cyclic test.

Key words: anchor, cracked concrete, cyclic loads

HYRJE

Ankerat metalikë të montuar mbas betonimit mund të klasifikohen si një sistem që mundëson fiksimin e elementeve strukturore ose jostrukturore në një strukturë bazë prej betoni, zakonisht ekzistuese.

Veprimet sizmike ndikojnë në sjelljen e ankerave në dy mënyra: së pari ato shkaktojnë plasaritje të

cilat hapen e mbyllen ciklikisht në strukturën bazë; dhe së dyti, lëvizja e elementeve shkakton forcë tërheqëse dhe/ose prerëse dinamike në anker. Ankerat strukturorë rregullohen sot në Europë si produkte nga udhëzuesi ETAG001 [1] dhe si projektim nga Eurokodi EN 1992-1-1 [2]. Megjithatë, Komuniteti Europian nuk ka miratuar ende dispozita specifike në lidhje me sjelljen e

anekerave që u nënshtrohen veprimeve ciklike. Normativa më e plotë për sa i përket përdorimit të anekerave në zona sizmike është normativa Amerikane ACI 355.2 [3].

Kërkimi eksperimental i paraqitura në këtë artikull ka për qëllim që të vlerësojë sjelljen e anekerave metalikë *wedge-type* të instaluar në beton të plasarit, me hapje–mbyllje ciklike të plasaritjes.

Programi i provave konsiston në:

- krijimin e një plasaritjeje artificiale në gjashtë kampionë prej betoni,
- instalimi i dy anekerave përgjatë planit të plasaritjes,
- aplikimi i ngarkesës konstante përgjatë aksit të ankerit në të njëjtën kohë që plasaritja hapet/mbyllet ciklisht për 10 cikle.
- mbas ciklit të dhjetë (hapje/mbyllje të plasaritjes), vlerësohet aftësia mbajtëse finale e ankerit.

Objektivat e këtij kërkimi janë:

- Ndikimi i ngarkesës shtypëse të strukturës në aftësinë mbajtëse përfundimtare të ankerit.
- Vlerësimi i rrëshqitjes së ankerit përgjatë hapjes së plasaritjes në beton.
- Vlerësimi i rrëshqitjes së ankerit në fund të provës ciklike.
- Vlerësimi i aftësisë mbajtëse finale të ankerit, mbas ciklit të dhjetë hapjeve/mbylljeve të plasaritjes.

Rezultat e përfutuara ndihmojnë që të kuptohet më mirë sjellja e anekerave në kushtet e veprimeve ciklike, dhe të orientojnë zhvillimin e metodave parakualifikuese për përdorimin e anekerave në zona sizmike [4, 5, 6].

PËRSHKRIMI I PROGRAMIT TË PROVAVE DHE I APARATURAVE

Kampioni i betonit dhe tipologjia e ankerit të përdorur për prova

Kampionet e betonit të klasës C40/50 (sipas EN206 [7]), kanë dimensione (250×250×360) mm. Dimensionet e kampionit janë të lidhura me mundësinë e formimit të "konit" në beton (diametri i konit $3 \cdot h_{eff}$) gjatë kryerjes së provës në tërheqje të ankerit, duke mbajtur në konsideratë gjeometrinë e ankerit që do të

testohet, Tabela 1 [8]. Rezistenca në shtypje e betonit të kampionëve në momentin e provës e përcaktuar mbi kube me brinjë 150 mm, ishte 58,6 MPa.

Në këto eksperimente është përdorur ankeri metalik "wedge-type" me ekspansion nëpërmjet rrotullimit (instalimi fillestar bëhet nëpërmjet "rrotullimit" të ankerit). Ankeri i përzgjedhur është prej çeliku me karbon të galvanizuar (Steel Class 8.8 sipas ISO 898–1 [9]), me diametër nominal 12 mm (M12 anker që përdoret gjerësisht). Të dhënat gjeometrike dhe mekanike të ankerit jepen në skedën teknike të ankerit M12, FM–753 te Friulsider [8].

d_0 mm	h_1 mm	h_{nom} mm	h_{ef} mm	d_f mm	h_{min} mm	T_{inst} Nmm
12	100	81	72	14	150	60
Steel Class		f_{yk} (MPa)	f_{uk} (MPa)	E (GPa)		
8.8		640	800	210		

Kur d_0 është diametri i brimës, h_1 është thellësi minimale e brimës, h_{nom} është thellësi minimale e vendosjes, h_{ef} është thellësi minimale efektive e ankerit, d_f është diametri i brimës në strukturën sekondare, h_{min} është spesori minimal i strukturës sekondare, T_{inst} është kopja perforce nominale për metalin i ankerit, f_{yk} është rezistenca në rrjedhëmeri, f_{uk} është rezistenca në hequrje, E është moduli i elasticitetit.

Tabela 1. Të dhënat mekanike dhe gjeometrike të ankerit M12 të përdorur për prova.

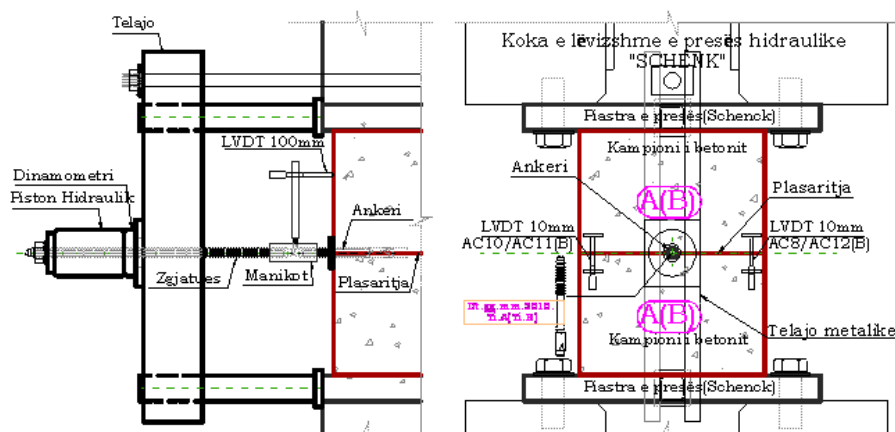
Ankeri është i aprovuar për përdorim në beton të plasarit nën veprimin e ngarkesave pothuajse statike sipas ETAG001 [1]. Vlerat karakteristike të aftësisë mbajtëse në tërheqje të nxjerra nga testet e miratuara (me 95 % siguri), për betonin e klasës C20/25 MPa janë 22,15 kN në betonin e paplasarit dhe 19,73 kN në betonin e plasarit ($w = 0,3$ mm), ndërsa për betonin e klasës C50/60 janë përkatësisht 47,72 kN dhe 38,76 kN. Në të gjitha rastet ankeri rrëshqet nga këmisha (kolapsi *pull-through*) [8].

Procedura eksperimentale për provat ciklike dhe vlerësimin e aftësisë mbajtëse përfundimtare

Për realizimin e provës u krijua plani i plasaritjes artificiale në bllokun e betonit nëpërmjet prerjes me disk diamanti, duke përfutur dy gjysmëblloqe me dimensione (250×250×180) mm.

Dy gjysmëbolloqet me plasaritje të përputhur u ngjiten në pllakat e presës elektromekanike të testimit "SCHENCK", në Laboratorin e Testimit të Materialeve, të Politeknikut të Milanos. Hapja maksimale e plasaritjes në betonin e armuar është afërsisht 0,8 mm, përftohet për

rrijdhshëmi të armaturës [5], ndërsa për të mbyllur plotësisht plasaritjen artificiale, ushtrohet një ngarkesë vertikale e cila gjeneron një sforcim jo më të madh se 20 % të rezistencës së betonit në shtypje.



Majtas, gjysma e pamjes sipas aksit të ankerit, djathtas njëra pamje pingul me aksin e ankerit. Me A(B) shënohen faqet e kamponit në të cilat janë instaluar ankerat Ti A(Ti B). Me LVDT 10mm AC... shënohen tenzometrat elektrik që monitorojnë hapjen/mbylljen e plasaritjes në faqen A(B), ndërsa me LVDT100mm, ata që monitorojnë rreshqitjen e ankerit.

Figura 1. Instrumentimi i sistemit për monitorimin e rreshqitjes së ankerave, dhe plasaritjes gjatë provës ciklike.

Data /2010	Hapja e te plasures	Ankeri	Prova ciklike					Mbas provave ciklike			
			Numuri i cikleve	Hapja e te plasures		Zhvendo sja ne fund te cikleve [mm]	Ng.shty. ne prese [kN]	Aftesia mbajtese ne shkaterrim [kN]	Rreshqitja ne shkaterrim [mm]	Mënyra e shkaterrimit	
				Filimi i cikleve [µm]	Fundi i cikleve [µm]						
12/10	[0-800]µm	T3.A	10	111,5	-110,0	17,84	-603,73	40,2	2,33	Pull-through	
12/10	[0-800]µm	T3.B	10	213,3	-48,8	12,53	-613,95	57,5	4,67	Pull-through	
17/11	[0-800]µm	T4.A	10	180,8	171,7	14,69	-72,33	39,8	2,64	Kon ne beton	
17/11	[0-800]µm	T4.B	10	213,3	97,4	8,74	-75,83	45,1	2,90	Kon ne beton	
25/11	[0-800]µm	T5.A	8	13,2	487,0	19,86	-15,40	19,2	2,00	Pull-through	
25/11	[0-800]µm	T5.B	8	1,7	592,3	81,00	Cedoi mbas 8 cikleve			Kon ne beton	
26/11	[0-800]µm	T6.A	9	229,5		81,00	Cedoi mbas 9 cikleve			Kon ne beton	
26/11	[0-800]µm	T6.B	9	243,8	68,6	14,56	-22,92	35,5	Pa matur	Kon ne beton	
29/11	800µm	T7.B	Hapja e te plasures w=0,8 mm			0,12	39,0	7,70		Pull-through	
30/11	[0-800]µm	T8.A	10	249,8	45,8	6,81	-101,96	46,2	5,20	Kon ne beton	
30/11	[0-800]µm	T8.B	10	242,5	80,5	8,79	-91,80	48,6	8,28	Pull-through	
01/12	[0-800]µm	T9.A	13	233,6	240,9	15,96	-18,87	18,7	0,31	Kon ne beton	
01/12	[0-800]µm	T9.B	3	195,0		81,00	Cedoi mbas 3 cikleve			Pull-through	
10/12		T11.A	Beton i paplasaritur					54,8	2,33		Shkat betonit
10/12		T11.B	Beton i paplasaritur					54,7	5,19		Shkat betonit

Tabela 2. Rezultatet e përfuara nga provat eksperimentale të kryera me ankerin M12.

Plasaritja hapet/mbyllet (nga 0 mm deri në 0,8 mm), nëpërmjet zhvendosjeve të alternuara që

kontrollohen nga një tenzometër, duke aplikuar një forcë tërheqëse/shtypëse në kokën e

gjysmëbllokut të sipërm. Për të monitoruar hapjen/mbylljen e plasaritjes gjatë cikleve janë përdorur katër tenzometra elektrikë me hap 10 mm, të pozicionuar në planin e plasaritjes dy nga dy në çdo faqe të kampionit ku janë montuar ankerat. Dy ankerat metalikë instalohen në planin e plasaritjes dhe ngarkohen njëkohësisht me një ngarkesë tërheqëse konstante $N_c = 13$ kN, e barabartë me ngarkesën e projektuar të shërbimit, gjatë provës ciklike [9]. Aplikimi i forcave tërheqëse konstante përgjatë aksit të ankerave bëhet nëpërmjet një çifti pistonash hidraulikë prej 100 kN. Dinamometrat elektronikë të montuar në seri me çiftin e pistonave hidraulikë bëjnë të mundur monitorimin e forcës tërheqëse të aplikuar në ankerat. Dy pistonat hidraulikë janë lidhur në paralel me një pompë hidraulike që punon me ajër të ngjeshur, e cila gjeneron presion konstant në të dy pistonat. Për të monitoruar rrëshqitjen e ankerave janë përdorur dy tenzometra elektrikë LVDT HBM me hap 100 mm.

Të gjitha instrumentet e sipërpërkshkruar janë të lidhur me një kompjuter në të cilin regjistrohen të dhënat dhe rezultatet e monitoruara. Në çdo provë bëhet instrumentimi i sistemit, emërtimi i faqeve të betonit në të cilat instalohen ankerat dhe emërtimi i vetë ankerave. Mbas përfundimit të provës ciklike, me hapje të plasaritjes së mbetur mbas ciklit të dhjetë (konstante) vlerësohet aftësia mbajtëse përfundimtare (mbetëse).

PARAQITJA E REZULTATEVE TË PROVAVE

Rezultatet e përfuara nga këto prova eksperimentale jepen në mënyrë të përmbledhur në Tabelën 2.

Rezultatet e provave ciklike.

Në Figurën 2 jepet ecuria e hapjes së plasaritjes gjatë provave ciklike, e monitoruar nga katër tenzometrat e montuar në të dy faqet e kampionit të betonit krahasuar me zhvendosjen e aplikuar në kokën e lëvizshme të presës elektromekanike (Corsa_corto). Vërehet se për mbylljen e plasaritjes zhvendosja e aplikuar në

kokën e presës është më e madhe si rezultat i deformimit të kampionit të betonit.

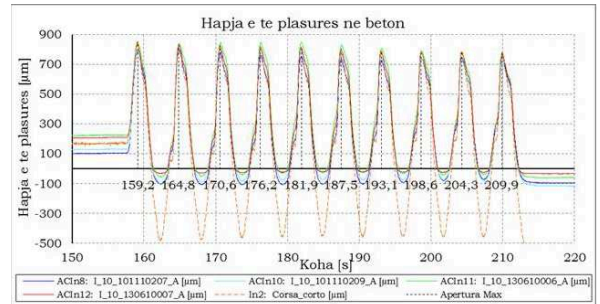


Figura 2. Ecuria e hapjes së plasaritjes në kampionin e betonit gjatë provave ciklike.

Në Figurën 3 jepet ecuria e ngarkesës tërheqëse të aplikuar në ankerat gjatë cikleve, e monitoruar nga dinamometrat e lidhur në seri me pistonat hidraulikë.

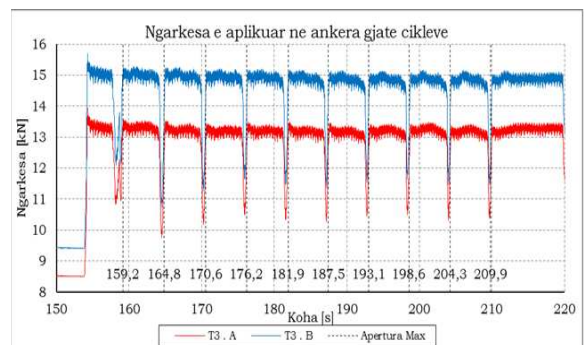


Figura 3. Ecuria e ngarkesës tërheqëse në ankerat gjatë provave ciklike.

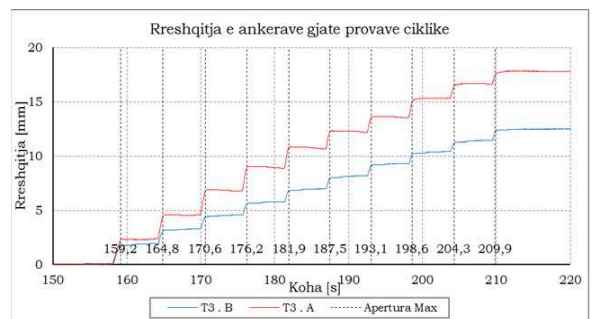


Figura 4. Ecuria e rrëshqitjes së ankerave gjatë provave ciklike.

Në Figurën 4 jepet ecuria e rrëshqitjes së ankerava T.3 (A.B) gjatë aplikimit të cikleve, e monitoruar nga tenzometrat elektrikë me hap 100 mm.

Nga ky grafik vërehet që rrëshqitja e ankerave ndodh me “shkallë”. Duke krahasuar të tre grafikët e mësipërm vërehet se rrëshqitja e ankerave fillon menjëherë sapo fillon të hapet plasaritja në beton dhe ndalon kur hapja e plasaritjes është maksimale, mbetet pothuajse konstante derisa të fillojë hapja e të plasurës për ciklin tjetër. Rënia e ngarkesës tërheqëse në ankera ndodh në të njëjtin moment kohor në të cilin ndodh edhe rrëshqitja maksimale dhe është rezultat i rënies së presionit të vajit në pistonat hidraulikë, megjithatë ajo stabilizohet përpara se hapja e plasaritjes të behet maksimale.

Rezultatet e provave të aftësisë mbajtëse përfundimtare

Me përfundimin e provave ciklike (pas 10 ciklesh hapje/mbyllje të plasaritjes), ankerat testohen për të vlerësuar aftësinë mbajtëse përfundimtare (mbetëse). Për këtë qëllim përdoret i njëjti sistem. Me hapje të plasaritjes të mbajtur konstante, aplikohet një ngarkesë tërheqëse në secilin nga ankerat nëpërmjet pistonave hidraulikë prej 100 kN. Ngarkesa e aplikuar monitorohet nga dinamometrat e lidhur në seri me pistonat hidraulikë, ndërsa rrëshqitja relative e ankerave nga faqja e betonit monitorohet nga tenzometrat elektrikë me hap 100 mm.

Gjatë provave për vlerësimin e aftësisë mbajtëse përfundimtare kanë rezultuar dy mënyra të shkatërrimit; formimi i konit në betonin e kampionit dhe rrëshqitja e trupit të ankerit nga fasheta e cila mbetet në brimën e kampionit të betonit (*pull-through*).

PËRFUNDIME

Rezultatet e përfutuara nga eksperimentet janë variabël e të shpërndara, si shkak i parametrave të shumtë që hyjnë në lojë kur një anker është i instaluar në beton të plasatur nën efektin e ngarkesave ciklike.

●Sjellja e ankerave mekanikë është e influencuar dukshëm nga hapja/mbyllja e plasaritjes së betonit ku ato janë montuar.

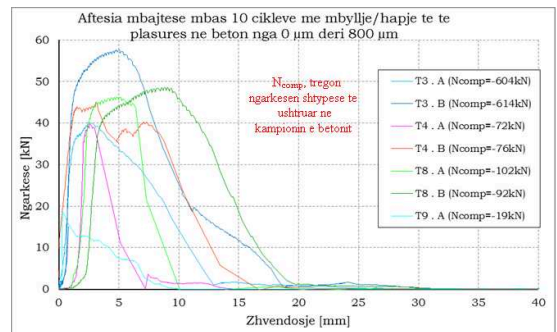


Figura 5. Aftësia mbajtëse përfundimtare (mbetëse) e ankerave që kanë përballuar 10 cikle.

●Ankerat mund t’u nënshtrohen veprimeve ciklike gjatë një tërmeti; 10 cikle të hapjes së plasaritjes nga 0,8 mm dhe mbylljes në 0 mm, është konsideruar si përfaqësuesi i rastit më të keq për ankerin.

●Vlera e hapjes maksimale të plasaritjes në beton influencon në vlerën e rrëshqitjes së ankerave gjatë provës ciklike.

●Vlera e aftësisë mbajtëse të ankerit e vlerësuar në provën e aftësisë mbajtëse finale, varet nga vlera e rrëshqitjes së ankerit në fund të cikleve, dhe zvogëlohet dukshëm me rritjen e saj.

●Vlera e hapjes së plasaritjes mbetëse në beton në fund të provës ciklike ka influencë të madhe në aftësinë mbajtëse finale (mbetëse) të ankerit, e cila zvogëlohet në mënyrë konsistente me rritjen e saj.

●Vlera e aftësisë mbajtëse e vlerësuar në provën e aftësisë mbajtëse finale (mbas cikleve) varet nga mënyra e kolapsit të ankerit (rrëshqitja e ankerit nga brima apo shkatërrimi i betonit, koni i betonit).

1.Vlera e ngarkesës shtypëse mbas cikleve, në kampionin e betonit të plasatur (perpendicular me aksin e ankerit) rrit dukshëm vlerën e aftësisë mbajtëse finale të ankerit.

LITERATURA

- [1] ETAG001 (2007) *Guideline for European Technical Approval of Metal Anchors for Use in Concrete. Part 1-6*. EOTA, Bruxelles.
- [2] EN1992-1-1 (2004). *Eurocode 2: Design of Concrete Structures. Part 1-1: General Rules and Rules for Buildings*. CEN/TC 250
- [3] ACI Committee 355, (355.2R-04), *Qualification of Post-Installed Mechanical Anchors in Concrete (ACI 355.2-04) and Commentary*, American Concrete Institute.
- [4] Guillet T. and David E. (2007). "A New Seismic Test for Metal Anchors". *Proc. 2nd Int. Symposium on Connections between Steel and Concrete*, Stuttgart, Germany, 4-7 September 2007, Vol. 1, pp. 677-686.
- [5] Hoehler, M. S., *Behavior and Testing of Fastenings to Concrete for Use in Seismic Applications*, PhD dissertation, Universität Stuttgart, Stuttgart, Germany, 2006.
- [6] Hoeler M. S. and Eligehausen R. (2008). "Behavior and Testing of Anchors in Simulated Seismic Cracks". *ACI Structural Journal*, Vol. 105, No.3, pp. 348–357
- [7] EN206-1 (2000). *Concrete – Part 1: Specification, Performance, Production and Conformity*. CEN/TC 104
- [8] *Technical sheet, Heavy duty through anchor for cracked concrete, FM - 753 CRACK, M12*, by Friulsider
- [9] ISO 898-1 (1999), "Mechanical properties of fasteners made of carbon steel and alloy steel. Part 1: Bolts, screw and studs", ISO International Organization for Standardization, Geneva, Switzerland.