EEP
european engineering project

ŠTEVILČNA OZNAKA NAČRTA IN VRSTA NAČRTA: **STATIČNA OCENA S STROKOVNIM MNENJEM, št. SI 014/15**
INVESTITOR: **JAVNO PODJETJE OKOLJE PIRAN D.O.O., Arze 1, 6330 Piran**
OBJEKT: **Pristanišče Piran – Novi pomol v Velikem Mandraču**
VRSTA PROJEKTNE DOKUMENTACIJE **STATIČNA OCENA S STROKOVNIM MNENJEM – OCENA STANJA IN SKLADNOSTI Z VELJAVNIMI STANDARDI**
ZA GRADNJO:
PROJEKTANT: **EEP d.o.o.** **Partizanska ulica 33b, 6210 Sežana** **odg. oseba: David Vesnaver, u.d.i.g.** David Vesnaver (podpis odgovorne osebe projektanta)
ODGOVORNI PROJEKTANT: **David Vesnaver, u.d.i.g., G - 2780** DAVID VESNAVER univ.dipl.inž.grad. IZS G-2780 (osebni žig in podpis)
ŠTEVILKA NAČRTA, KRAJ IN DATUM IZDELAVE NAČRTA: **SI 014/15** **Sežana – november 2015**

EEP
european engineering project

KAZALO VSEBINE

1.0 Tehnično poročilo
2.0 Statični račun
3.0 Zaključki

1.0 TEHNIČNO POROČILO

1.1 IZHODIŠČA

1.1.1 PROJEKTNA NALOGA

Piransko pristanišče je sestavljeno iz dveh delov, zunanjega in notranjega bazena (velikega in malega mandrača). Vzhodni del zunanjega bazena zapira daljši novi pomol dolžine 166 m, ki se razteza vzporedno z obalo v smeri proti severovzhodu in severu. Slednji je bil grajen na začetku 1980-tih let in po več kot tridesetih letih izpostavljenosti zunanjim vplivom so določeni konstrukcijski elementi v slabem stanju iz vidika ohranjenosti, kar se kaže v propadanju in pomanjkanju vrhnjega zaščitnega sloja betona ter v zarjaveli armaturi. Na določenih delih je rja popolnoma korodirala presek armaturnih palic. Glavni namen sledeče presoje je preučitev primernosti obstoječe konstrukcije glede na veljavne standarde, predvsem iz vidika prenašanja predpisanih obremenitev. V primeru pozitivnega izida presoje, se bi lahko izvedela samo sanacija vseh poškodovanih elementov, ne pa zamenjava vseh elementov konstrukcije, kar bi pomenilo gradnja novega pomola.

1.1.2 METODOLOGIJA DELA

Dne 26. oktobra 2015 se je opravil skupaj z g. Vitomirjem Mavričem, predstavnikom podjetja Svetovanje Mavrič d.o.o., nosilcem projekta za rekonstrukcijo pomola, in predstavnikom podjetja Okolje Piran d.o.o., upravljavcem pomola, ogled le tega, iz katerega se je lahko razbralo vse potrebne informacije glede realnega stanja.

Glede na to, da izvirna projektna dokumentacija ni bila na razpolago, iz katere bi bilo mogoče razbrati veliko podatkov o uporabljenih konstrukcijskih materialih, načinu izvedbe in geometrijskih karakteristikah posameznih konstrukcijskih elementov, se je na licu mesta opravil posnetek geometrije vzorčnih elementov in so se opravile terenske preizkave z uporabo sklerometra za hitro oceno trdnostnega razreda betona. Zaradi odpadlega zaščitnega sloja betona je bilo mogoče na določenih mestih opraviti posnetek količine in premera vgrajenih armaturnih palic v betonskih nosilcih.

Na podlagi opravljenega ogleda in rezultatov terenskih preizkav se bo podalo končno strokovno mnenje in se bodo izvedli statični izračuni in kontrole.

1.2 OSNOVNI OPIS IN PRIVZETE PREDPOSTAVKE

1.2.1 ZASNOVA OBSTOJEČE KONSTRUKCIJE

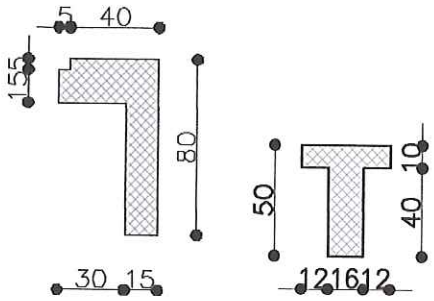
Kot je bilo predhodno že rečeno, pomol je bil zgrajen na začetku 1980-tih let s strani izvajalca SGP Stavbenik.

Skupna dolžina pomola je 166m in poteka vzporedno z obalo v notranjosti velikega bazena piranskega pristanišča. Prvih 60m dolžine je širine 4,10m, v nadaljevanju pa je pomol širok 2,07m.

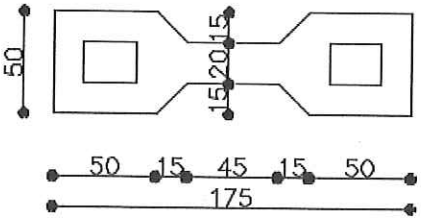
Sestavljen je iz prefabriciranih elementov, in sicer okroglih AB pilotov, AB prečnikov in vzdolžnikov. Glavno nosilno konstrukcijo tvorijo okvirji sestavljeni iz dveh oz. treh AB pilotov in AB prečnika, na katero se naslanjajo AB vzdolžniki. Okvirji so postavljeni na medosno razdaljo 5,0m. Piloti so postavljeni pa na medosno razdaljo cca 1,50m. AB prečniki imajo pravokotni prerez, ki ima v polju dimenzije 20x30 cm, medtem ko se v bližini pilota razširijo in obdajajo pilote. Prečniki so ob podpori prvotno imeli odprtino, v katero je segala sidrna armatura iz AB pilota. Ob položitvi na mesto vgradnje se je vse skupaj zalilo z betonom na licu mesta in se je tako dosegla popolna vpetost med elementoma. AB vzdolžniki so obrnjenega L prereza in se nahajajo na robovih pomola. Kjer pa ima pomol dvojno širino je prisoten še vmesni vzdolžnik, ki pa je T prereza. Na vzdolžnike so privijačene lesene podnice debeline 4,5 cm iz lesa smreke.

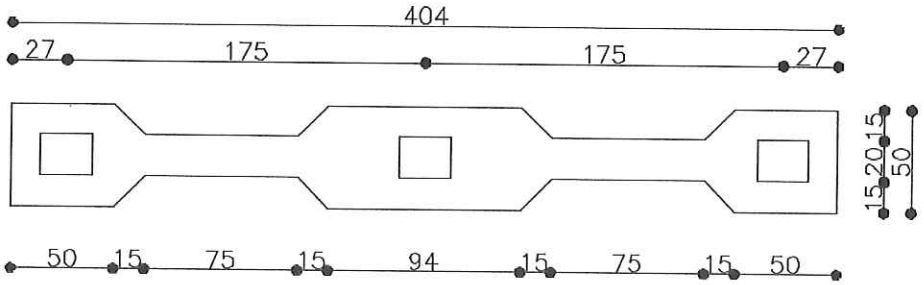
V nadaljevanju podajamo prikaz geometrije posameznih elementov:

Vzdolžniki (prerezi)



Prečniki (tloris), H = 30 cm





1.2.2 *PREDPOSTAVKE STATIČNEGA IZRAČUNA*

Obremenitve glavnih konstrukcijskih elementov smo določili s pomočjo programa TOWER 3D, ki uporablja metodo končnih elementov, in s pomočjo klasičnih metod.

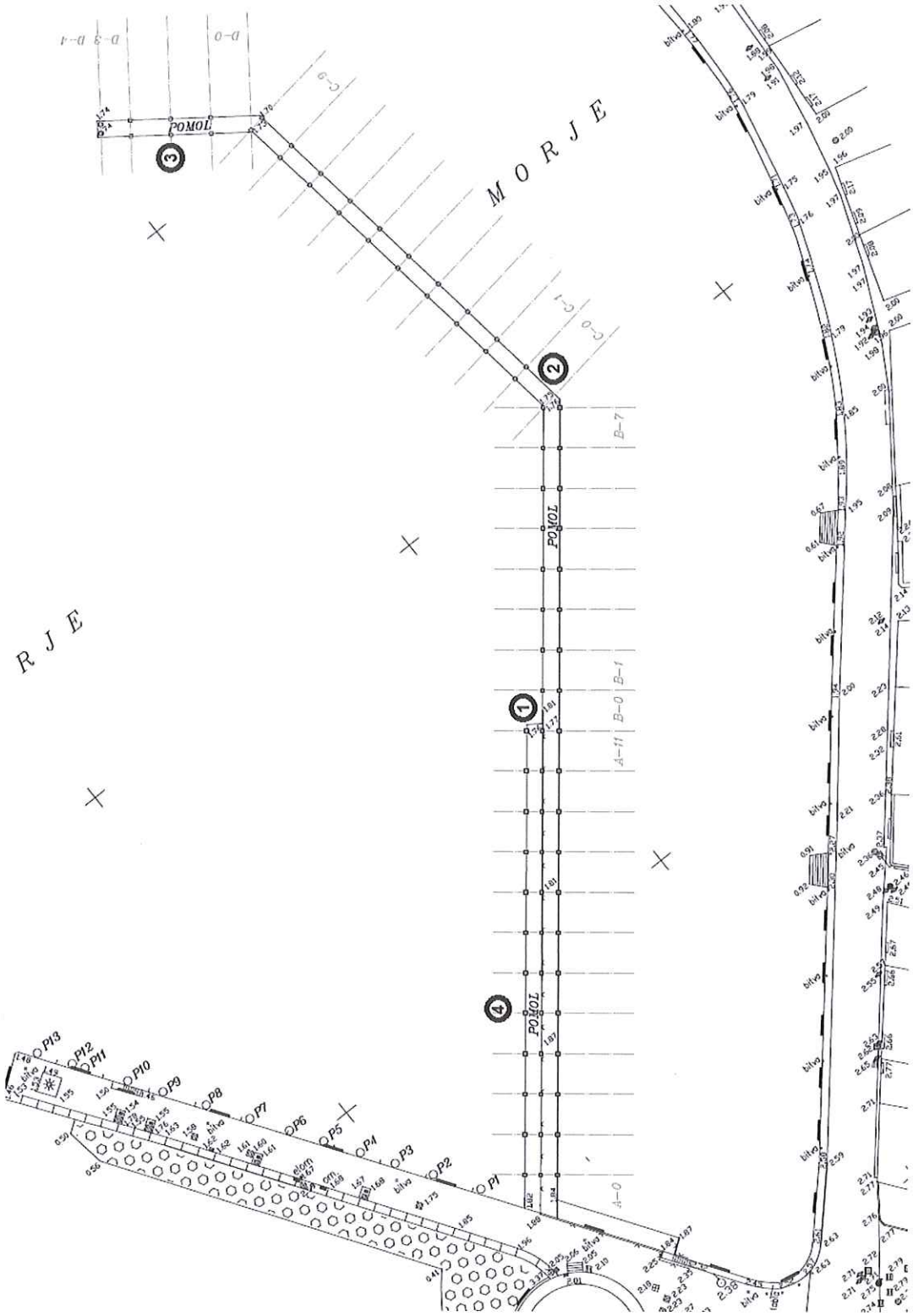
Pri izvedbi vseh potrebnih kontrol smo se sklicevali na določila v standardih iz grupe EVROKOD.

Za izvedbo le teh je nujno potrebno imeti podatke o mehanskih karakteristikah materialov, ki sestavljajo armiranobetonske elemente. Glede na obdobje gradnje smo predpostavili, da je bilo uporabljeno armaturno jeklo razreda S400.

Kot je bilo že predhodno rečeno smo za določitev trdnostnega razreda betona za posamezni element izvedli terenske preizkave z uporabo sklerometra. Opravili smo po 3 meritve trdnosti za AB vzdolžnik in po 4 meritve trdnosti za AB prečnik. Za vsako meritev trdnosti je bilo izvedeno po 5 udarcev s sklerometrom, in sicer v obsegu zamišljenega kvadrata dimenzij 25x25 cm.



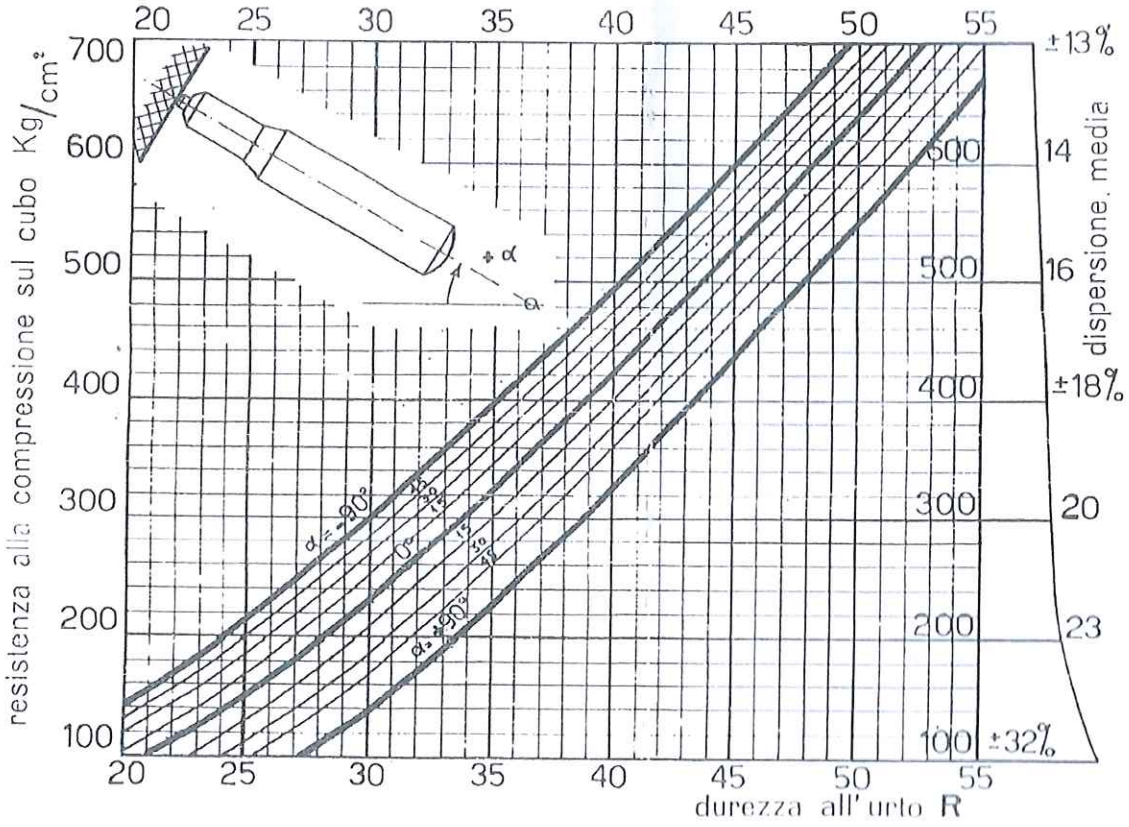
Slika 1: uporabljena oprema



Slika 2: Označitev mest, kjer so bile opravljene meritve

REZULTATI MERITEV

Meritveno mesto \ Št. udarca	1	2	3	4	5	Nagib
1	35	38	44	34	35	0°
	42	42	37	42	43	0°
2	42	42	36	32	42	0°
3	32	40	34	28	32	-90°
	44	32	32	36	42	-90°
4	36	32	42	38	34	-90°
	50	40	40	42	42	-90°



Slika 3: Graf za odčitavo trdnostnega razreda betona

Prve tri meritve so bile opravljene na vzdolžnikih, medtem ko ostale so bile opravljene na prečnikih. Iz opravljenih meritev in odčitav na priloženem grafu lahko dobimo trdnostni razred za posamezni element.

Vzdolžnik $R = \frac{35+38+34+35+42+42+37+42+43+42+36+42}{13} = 39 \rightarrow C30/37$

Prečnik $R = \frac{32+40+34+32+44+32+32+36+42+36+32+42+38+34+40+40+42+42}{18} = 37 \rightarrow C30/37$

1.2.3 OBREMENITVE

V statičnem izračunu za ugotovitev primernosti prerezov smo upoštevali sledeče obtežbe:

- Lastna teža konstrukcije
- Koristna obtežba zaradi strnjene množice na pomolu: $q_k = 5{,}00 kN/m^2$ oziroma $Q_k = 4{,}00 kN$

2.0 STATIČNI RAČUN

2.1 ANALIZA OBTEŽBE

L.T. (podnice)	0,24 kN/m^2
L.T. (stranski vzdolžniki)	4,43 kN/m
L.T. (srednji vzdolžniki)	2,6 kN/m
Koristna obtežba	
Strnjena množica ljudi	5,00 kN/m^2

2.2 IZRAČUN KONSTRUKCIJE

2.2.1 *PODNICE*

Izvedemo kontrolo lesenih podnic za obtežni primer s koncentrirano koristno obtežbo.

Vhodni podatki za izračun za podnic:

15x4,5 cm ....prečni prerez podnic

L = 1,44 m ....razpon med podporama

g = 0,04 kN/m....lastna teže + stalna obtežba

q_k = 5,00 kN/m²...koristna obtežba (strnjena množica)

MSN: računska obtežba $q_d' = 1{,}50 q_k * B = 1{,}50 * 5{,}00 * 0{,}15 = 1{,}125 kN/m$

MSU: računska obtežba $q_d' = 1{,}00 q_k * B = 1{,}00 * 5{,}00 * 0{,}15 = 0{,}75 kN/m$

Mejno stanje nosilnosti (MSN)

Upogibni moment: $$M_{sd} = \frac{q_d * L^2}{8} = \frac{1{,}125 * 1{,}44^2}{8} = 0{,}292 kNm$$

Strig: $$V_{sd} = \frac{q_d * L}{2} = \frac{1{,}125 * 1{,}44}{2} = 0{,}81 kN$$

Računska trdnost lesa (masiven les C24, 3. uporabnostni razred)

$$f_{m,d} = k_{\mathrm{mod}} * \frac{f_{m,k}}{\gamma_m} = 0{,}80 * \frac{2{,}40}{1{,}30} = 1{,}48 kN/cm^2$$

$$f_{v,d} = k_{\mathrm{mod}} * \frac{f_{v,k}}{\gamma_m} = 0{,}80 * \frac{0{,}25}{1{,}30} = 0{,}15 kN/cm^2$$

Kontrola:

$$\sigma_{m,d} = \frac{M_{sd} * 6}{B * H^2} = \frac{29{,}2 * 6}{15 * 4{,}5^2} = 0{,}577 kN/cm^2 < f_{m,d}$$

$$\sigma_{m,d} = \frac{3}{2}\frac{V_{sd}}{B * H} = \frac{3 * 0{,}81}{2 * 15 * 4{,}5} = 0{,}018 kN/cm^2 < f_{v,d}$$

Kontrole na MSN so zadoščena.

Mejno stanje uporabnosti (MSU)

Maksimalna deformacija: $$u_{inst} = \frac{5}{384}\frac{q_d * L^4}{EI_y} = \frac{5 * 0{,}0075 * 144^4 * 12}{384 * 1100 * 15 * 4{,}5^3} = 0{,}34 cm < \frac{L}{300} = 0{,}48 cm$$

Kontrola je zadoščena.

2.2.1 ROBNI AB VZDOLŽNIKI

Vhodni podatki za izračun za vzdolžnika:

A = 1775 cm^2 ....prečni prerez nosilca

I_y = 174621 cm^4....vztrajnostni moment prereza

L = 5,00 m ....razpon med podporama

g = 4,57 kN/m....lastna teže + stalna obtežba

q_k = 5,00 kN/m...koristna obtežba (strnjena množica)

MSN: računska obtežba $q_d = 1{,}35g + 1{,}50q_k = 13{,}67 kN/m$

MSU: računska obtežba $Q_d = 1{,}00g + 1{,}00q_k = 9{,}57 kN/m$

Mejno stanje nosilnosti (MSN)

Upogibni moment: $$M_{sd} = \frac{q_d * L^2}{8} = \frac{13{,}67 * 5{,}0^2}{8} = 42{,}72 kNm$$

Strig: $$V_{sd} = \frac{q_d * L}{2} = \frac{13{,}67 * 5{,}0}{2} = 34{,}17 kN$$

Na ogledu realnega stanja je bila na enem delu lepo razvidna armatura robnega vzdolžnika. Ta je armiran v zgornji coni (pasnici) s 4 armaturnimi palicami, in sicer 2Ø20 + 2Ø12, v spodnji coni (stojini) pa z 2 palicama, in sicer 2Ø20. Po celotni višini pa so prisotne še konstrukcijske palice Ø8. V prerezu je prisotna tudi stremenska armatura, in sicer Ø6/10 cm v stojini in Ø6/15 cm v pasnici.

S pomočjo Excela izvedemo dimenzioniranje za dani prerez in dano obremenitev.

IZBIRA DEFORMACIJSKE RAVNINE				ε_c=	0,0035				
				ε_s=	0,01				
UPOGIBNI MOMENT									
Enojna armatura				*Kontrola računske metode*					
koeficient	k= Msd/(bd^{2}fck)=	0,007		z>=zbal=0,82d	OK				
ročica	z=	69,01	cm						
nevtralna os	x=	19,96	cm						
				Kontrola minimalnega in maksimalnega prereza armature					
pozitivna armatura	As =	1,78	cm^2	Asmax =	128	cm^2			
negativna armatura	As' =		cm^2	Asmin =	4,62	cm^2			

Po veljavnih standardih bi bilo potrebno v spodnji coni vgraditi vsaj 1Ø16+1Ø20 (A_s = 5,14 cm^2). Kot je bilo predhodno izpostavljeno, sta v vzdolžniku prisotni 2Ø20, torej več kot je računsko potrebno.

Prerez je v podpori naslonjen na prečno nosilno konstrukcijo samo po pasnici, tako da se izvede kontrola striga armiranega prereza pasnice. Strižna odpornost prereza V_{Rd} je enaka manjši vrednosti, ki izhaja iz spodaj podanih formul:

$$V_{Rd,s} = \frac{A_{sw} * 0{,}9 * d * f_{yw,d}}{s} * \cot\theta = \frac{0{,}57 * 0{,}9 * 17 * 34{,}78}{15} * 2{,}00 = 40{,}44 kN$$

$$V_{Rd,\max} = \frac{\alpha_{cd} * b_w * 0{,}9 * d * \nu_1 * f_{cd} * \cot\theta}{1 + \cot^2\theta} = \frac{1{,}0 * 40 * 0{,}9 * 17 * 0{,}60 * 1{,}70 * 2{,}00}{1 + 2{,}00^2} = 249{,}70 kN$$

$V_{Rd} = 40{,}44 kN > V_{sd} = 34{,}17 kN$ kontrola je zadoščena

2.2.2 *SREDINSKI AB VZDOLŽNIKI (dvojna širina pomola)*

Vhodni podatki za izračun za vzdolžnika:

A = 1040 cm^2 ....prečni prerez nosilca

I_y = 242513 cm^4....vztrajnostni moment prereza

L = 5,00 m ....razpon med podporama

g = 3,09 kN/m....lastna teže + stalna obtežba

q_k = 10,25kN/m...koristna obtežba (strnjena množica)

MSN: računska obtežba $q_d = 1{,}35g + 1{,}50q_k = 19{,}55kN/m$

MSU: računska obtežba $Q_d = 1{,}00g + 1{,}00q_k = 13{,}34kN/m$

Mejno stanje nosilnosti (MSN)

Upogibni moment: $$M_{sd} = \frac{q_d * L^2}{8} = \frac{19{,}55 * 5{,}0^2}{8} = 61{,}09kNm$$

Strig: $$V_{sd} = \frac{q_d * L}{2} = \frac{19{,}55 * 5{,}0}{2} = 48{,}88kN$$

Na ogledu realnega stanja je bila na enem delu lepo razvidna armatura srednjega vzdolžnika. Ta je armiran v zgornji coni (pasnici) s 4 armaturnimi palicami, in sicer 2Ø20 + 2Ø12, v spodnji coni (stojini) pa z 2 palicama, in sicer 2Ø20. Po celotni višini pa so prisotne še konstrukcijske palice Ø8. V prerezu je prisotna tudi stremenska armatura, in sicer Ø6/10 cm v stojini in pasnici.

S pomočjo Excela izvedemo dimenzioniranje za dani prerez in dano obremenitev.

IZBIRA DEFORMACIJSKE RAVNINE				ε_c=	0,0035			
				ε_s=	0,01			
UPOGIBNI MOMENT								
Enojna armatura				*Kontrola računske metode*				
koeficient	k= Msd/(bd^{2}fck)=	0,028		z>=zbal=0,82d	OK			
ročica	z=	42,13	cm					
nevtralna os	x=	12,19	cm					
				Kontrola minimalnega in maksimalnega prereza armature				
pozitivna armatura	As =	4,17	cm^2	Asmax =	80	cm^2		
negativna armatura	As' =		cm^2	Asmin =	2,82	cm^2		

Po veljavnih standardih bi bilo potrebno v spodnji coni vgraditi vsaj 1Ø16+1Ø20 (A_s = 5,14 cm^2). Kot je bilo predhodno izpostavljeno, sta v vzdolžniku prisotni 2Ø20, torej več kot je računsko potrebno.

Prerez je v podpori naslonjen na prečno nosilno konstrukcijo samo po pasnici, tako da se izvede kontrola striga armiranega prereza pasnice. Strižna odpornost prereza V_{Rd} je enaka manjši vrednosti, ki izhaja iz spodaj podanih formul:

$$V_{Rd,s} = \frac{A_{sw} * 0{,}9 * d * f_{yw,d}}{s} * \cot\theta = \frac{0{,}57 * 0{,}9 * 7 * 34{,}78}{10} * 2{,}00 = 24{,}98kN$$

3.0 ZAKLJUČKI

Na pobudo predstavnika podjetja Svetovanje Mavrič d.o.o., nosilca projekta za rekonstrukcijo osrednjega pomolo v pristanišču Piran, g. Vitomirja Mavriča, se je izvedel statični preračun obstoječih konstrukcijskih elementov pomola, ki so zaradi zunanjih vplivov okolja v slabem stanju iz vidika same ohranjenosti. Glavni namen statičnega izračuna je bila preučitev statične odpornosti obstoječe konstrukcije na obtežbe, ki jih velevajo veljavni standardi. Pri izračunu se je privzelo vrednost koristne obtežbe za strnjeno množico $q_k = 5{,}00\ kN/m^2$.

Izvedel se je statični preračun lesenih podnic in vzdolžnih AB nosilcev. Ni se izvedela kontrola AB pilotov, ker je podvodni pregled pokazal, da so še v dobrem stanju. Poleg tega niso vidni katerikoli diferenčni posedki, ki bi lahko bili pokazatelji za nestabilno temeljno podlago. Ravno tako se ni preverjalo prečnikov, ki imajo funkcijo samo kot povezovalni element med glavami pilotov in ne prenašajo nobenih obremenitev iz vzdolžnikov, saj je zasnova konstrukcije taka, da se obtežba, ki izhaja iz le-teh direktno prenaša na pilote. Zgoraj navedeni elementi bi bili potrebni le sanacije z uporabo primernih materialov za ponovno vzpostavitev zadostne debeline zaščitnega sloja. Predhodno pa bi bila potrebna vgradnja in ponovna vzpostavitev prvotne količine armature v betonskem prerezu.

Iz statičnega izračuna izhaja, da lesene podnice imajo zadostne dimenzije za prenašanje obtežbe po veljavnih standardih. Robni AB vzdolžniki, ob pogoju, da se izvede sanacija betonskega prereza in nadomestitev korodirane armature z novo, so zadovoljili vsem kontrolam po veljavnih standardih, kar pomeni, da bi se jih lahko obdržalo. Pri sredinskih AB vzdolžnikih na predelu pomola z dvojno širino, so kontrole po veljavnih standardih pokazale njihovo pomanjkljivost glede odpornosti na strižne obremenitve, kar bi pomenilo hipno porušitev prereza, v primeru, da bi prišlo do obtežbe, ki je že enkrat manjša od predpisane. Razlog najdemo v načinu izvedbe podpore, kjer celoten strig prenaša le tanjši prerez pasnice.

Iz zgoraj dobljenih rezultatov in navedenih dejstev lahko zaključim, da je potrebno konstrukcijske elemente, ki niso zadovoljile kontrolam po veljavnih standardih, sanirati in ojačiti oziroma zamenjati z močnejšimi, da bi lahko prenašali obremenitve, ki jih veljavni standardi predpisujejo.

Sestavil:

David Vesnaver, u.d.i.g.

DAVID VESNAVER
univ.dipl.inž.grad.
IZS G-2780