

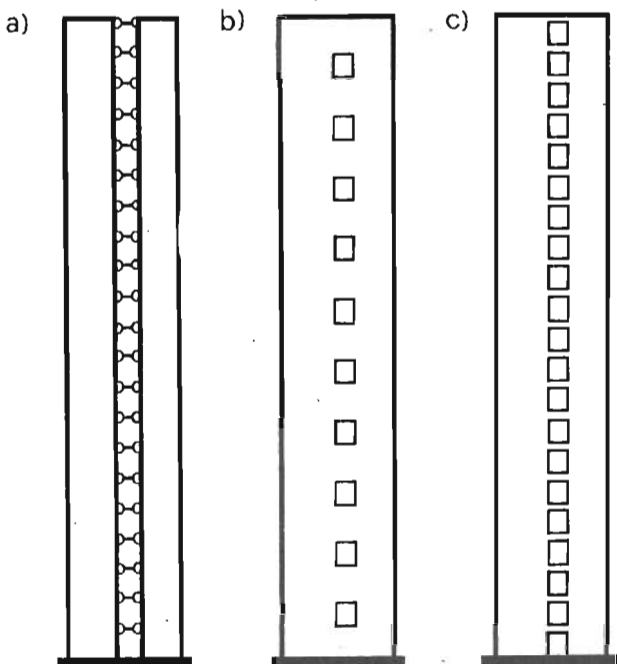
Proračun zidova s otvorima džepnim računalom

Prof. dr Veselin Simović, dipl. inž., Zvonimir Žagar, dipl. inž., Građevinski institut, Zagreb.

U radu je dan kratak pregled proračunskih postupaka za zidove s otvorima. Detaljnije je prikazan, uz potrebne izvode, postupak proračuna primjenom diferencijskih jednačbi. Za slučaj jedne vrste opterećenja opisan je program i prikazan primjer proračuna džepnim računalom određenog tipa. Ovim radom je pokazano kako se i neki složeni zadaci proračuna konstrukcija mogu relativno jednostavno riješiti.

Uvod

U objektima visokogradnje vrlo se često susreću zidovi s otvorima, kao osnovni nosivi elementi za preuzimanje horizontalnih djelovanja (potres, vjetar) na objekat. Pod pojmom zid s otvorima u smislu njegova proračunskog tretmana razumijeva se takav zid za ukrućenje kod kojega su prečke relativno male krutosti u odnosu prema stupovima, ali još uvijek takve da se ne smije zanemariti njihovo sudjelovanje u povećanju nosivosti zida kao cjeline. Na slici 1. prikazana su tri slučaja zidova za ukrućenje s različitim visinama prečki. Slučaj prikazan na sl. 1.c je zid s otvorima prema prethodnoj definiciji.



Slika 1.

Ovdje će biti prikazan program za proračun zidova s jednim nizom otvora s pomoću džepnog računala TI 59 Texas s printerom PC 100 A, na temelju algoritma opisanog u knjizi [9]. Najprije ćemo prikazati metodu proračuna.

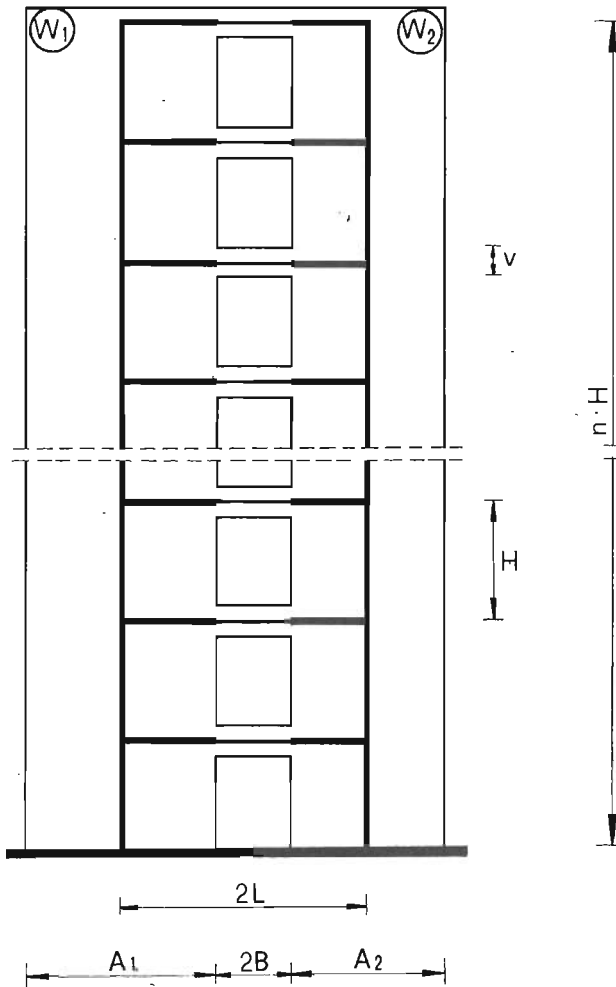
Opis proračunskog postupka

Za proračun zidova s otvorima razrađeno je više postupaka, koji se uglavnom mogu svrstati u tri grupe:

1. Radovi u kojima se rješava diferencijalna jednačba deformacione linije zida čijim se rješenjem dobije progibna linija, s pomoću koje se mogu odrediti unutarnje sile u stupovima i prečkama. Tu pripadaju radovi [1], [10] i [11].
2. Radovi u kojima se dobije uzdužna sila u stupu (T) rješavanjem diferencijalne jednačbe drugoga reda. Do diferencijalne jednačbe dolazi se pretvaranjem diskretnih veza među stupovima (prečke) u kontinuiranu vezu po visini zida. Na ovaj se način problem rješavao u više radova, od kojih se navode radovi [3] [4], [6], [7] i [8].
3. Radovi u kojima se rješenje dobiva iz diferencijskih jednačbi drugoga reda. U ovom slučaju zadržavaju se diskretne veze među stupovima. To su radovi [5] i [9].

Ovdje će biti prikazan postupak proračuna dan u radu [9], i to za zid s jednim nizom otvora, uz napomenu da je u tom radu dan postupak proračuna i za zid s više nizova otvora.

Promatra se zid s jednim nesimetrično postavljenim nizom otvora (sl. 2). Zadržavaju se sve pretpostavke



Slika 2.

tehničke teorije savijanja štapa. Za izvod rješenja usvajaju se ove dodatne pretpostavke: modul elastičnosti materijala zida (E), debljine stupova i prečki konstantni su po čitavoj visini zida. Prijelaz na rješenje za slučaj da se ove veličine skokovito mijenjaju jednostavan je i ne iziskuje novi izvod rješenja.

Osnovne geometrijske veličine označene su na sl. 2.

Ostale oznake

I_{W_1} — moment tromosti poprečnog presjeka stupa W_1

I_{W_2} — moment tromosti poprečnog presjeka stupa W_2

F_{W_1} — površina poprečnog presjeka stupa W_1

F_{W_2} — površina poprečnog presjeka stupa W_2

I_B — moment tromosti poprečnog presjeka prečke

F_B — površina poprečnog presjeka prečke

N — broj etaža

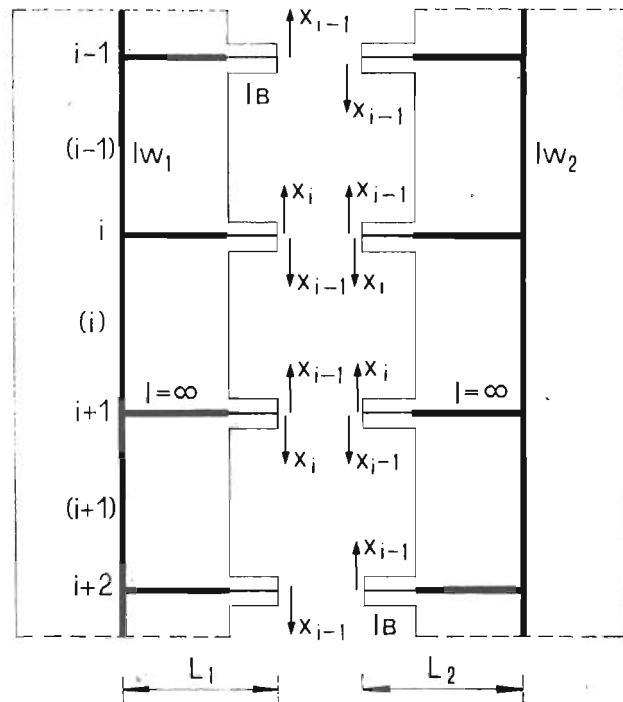
X_i — prekobrojna veličina u polju (i) — uzdužna sila u stupu

T_i — poprečna sila u i -toj prečki.

Pod poljem razumijeva se područje između dviju prečki, a označuje se istim brojem kao gornja prečka toga područja.

S obzirom na usvojene pretpostavke, sistem zida statički je neodređen onoliko puta koliko ima prečki odnosno polja. Odabrane su grupne prekobrojne veličine, koje su u ovom slučaju uzdužne sile u poljima.

Dio osnovnog sistema prikazan je na sl. 3. Pokazane su prekobrojne i -tog i susjednih polja. Odabiranje takvog osnovnog sistema ima za posljedicu niz prednosti, a osnovna je ta što jednačbe kontinuiteta čine sistem tročlanih linearnih algebarskih jednačbi. Opća tročlana jednačba ovog sistema zapravo je diferencijska jednačba drugoga reda i njenim rješenjem dobiva se izraz za prekobrojni veličinu X_i , što predstavlja opće rješenje sistema.



Slika 3.

Ukupni moment savijanja u nekom presjeku polja (i) dobiva se prema izrazu

$$M_{xi} = M_{xi}^0 - 2L X_i$$

gdje je M_{xi}^0 moment savijanja u nekom presjeku polja (i) od vanjskog opterećenja.

Momenti u stupovima dobiju se raspodjelom ukupnog momenta u omjerima krutosti stupova prema sumarnoj krutosti zida, što je u ovom slučaju omjer momenata tromosti. Za momente u stupovima izrazi glase:

$$M_{xi_1} = \frac{I_{w_1}}{\Sigma I_w} M_{xi}^0 - \frac{I_{w_1}}{\Sigma I_w} 2L X_i$$

$$M_{xi_2} = \frac{I_{w_2}}{\Sigma I_w} M_{xi}^0 - \frac{I_{w_2}}{\Sigma I_w} 2L X_i$$

Poprečna sila u i -toj prečki dobije se kao razlika preko-brojnih koje se preklapaju na toj prečki

$$T_i = X_i - X_{i-1}$$

Za iznalaženje preko-brojne služi jednačba kontinuiteta za i -to polje koja glasi:

$$\delta_{i,i-1} X_{i-1} + \delta_{i,i} X_i + \delta_{i,i+1} X_{i+1} = -\delta_{i,v}$$

Pomaci $\delta_{i,j}$ i $\delta_{i,v}$ traže se na osnovnom sistemu s pomoću dijagrama unutarnjih sila od jediničnih preko-brojnih i od vanjskog opterećenja. Ovi dijagrami, osim dijagrama poprečnih sila, prikazani su na sl. 4. Proračun se provodi s reduciranim veličinama pomaka što se dobiju množenjem prave vrijednosti pomaka s modulom elastičnosti E , koji je konstantan za čitav sistem. U ovdje danim izvodima uzeto je da je modul smicanja G jednak jednoj polovini modula elastičnosti E . Koeficijent prosječne raspodjele posmičnih naprezanja uzet je za pravokutni presjek ($\kappa = 1, 2$).

Za pomake se dobiju ovi izrazi

$$\delta_{i,i} = 4 \frac{B^3}{3} \cdot \frac{1}{I_B} + 4 \frac{L^2 H}{\Sigma I_w} + \frac{H}{F_{w_1}} + \frac{H}{F_{w_2}} + 0,6 \frac{B}{F_B}$$

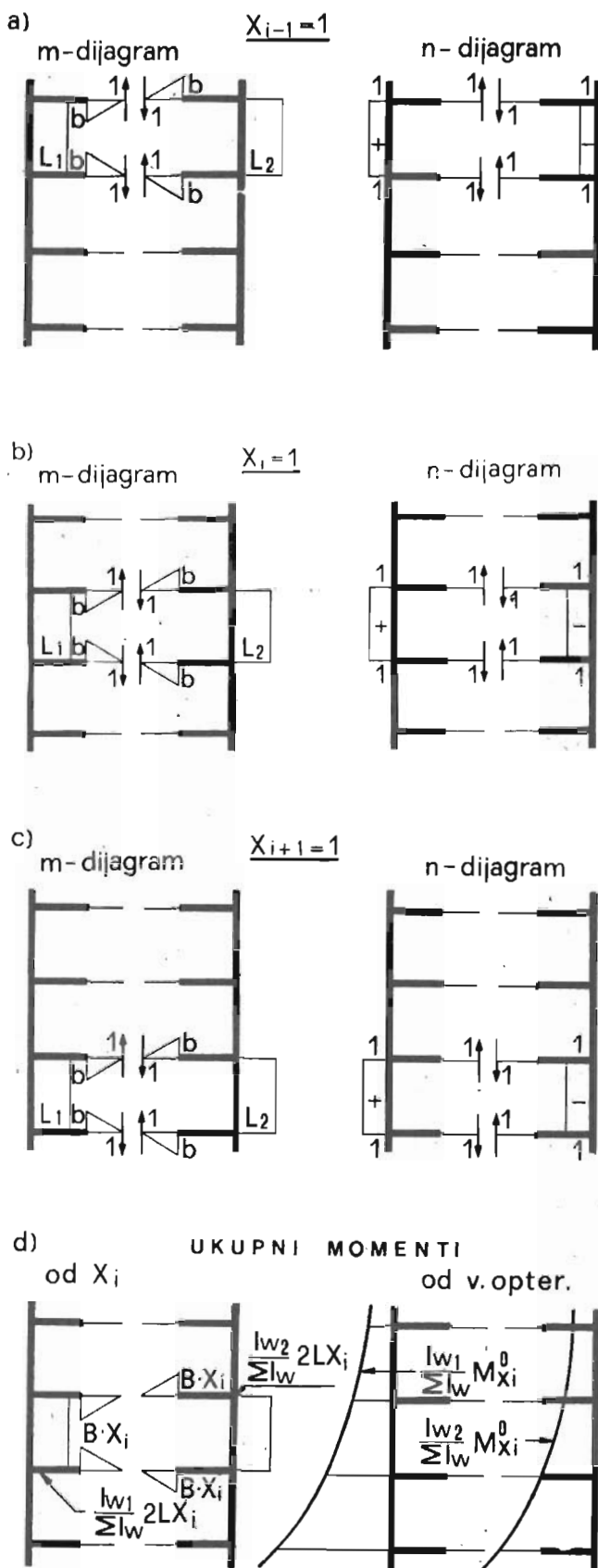
$$\delta_{i,i-1} = \delta_{i,i+1} = -2 \frac{B^2 + 0,6 v^2}{3 I_B}$$

$$\delta_{i,v} = -\frac{2L}{\Sigma I_w} \cdot \Phi_i$$

gdje je Φ_i površina ukupnog momentnog dijagrama u polju (i) od vanjskog opterećenja.

Dijeljenjem jednačbe kontinuiteta sa $|\delta_{i,i-1}|$ i uvođenjem oznaka

$$\alpha = \frac{\delta_{i,i}}{|\delta_{i,i-1}|} \quad \text{ i } \quad \omega \Phi_i = -\frac{\delta_{i,v}}{|\delta_{i,i-1}|}$$



Slika 4.

dobiva se diferencijska jednadžba drugoga reda

$$-X_{i-1} + \alpha X_i - X_{i+1} = \omega \Phi_i$$

gdje su

$$\alpha = \frac{1}{B^2 + 0,6 v^2} (2B^2 + 6 \frac{I_B}{\Sigma I_W} \cdot \frac{L^2 H}{B} +$$

$$+ \frac{3}{2} \frac{H}{B} \frac{I_B}{F_{W_1} F_{W_2}} \Sigma F_{W_i} + 14,4 \frac{I_B}{F_B})$$

$$\omega = \frac{1}{B^2 + 0,6 v^2} \cdot \frac{3L}{B} \cdot \frac{I_B}{\Sigma I_W}$$

Rješenje jednadžbe sastoji se od homogenog i partikularnog dijela. Homogeno rješenje ovisno je samo o geometrijskim karakteristikama zida, a u partikularnom rješenju sadržan je utjecaj vanjskog opterećenja.

Homogeno rješenje traži se u obliku eksponencijalne funkcije

$$X_i^{(h)} = r^i$$

Uvodeći ovo u homogeni dio jednadžbe, dobiva se karakteristična jednadžba koja glasi:

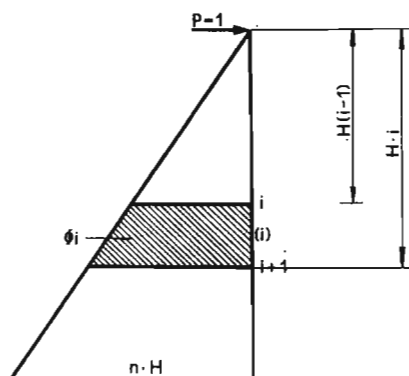
$$r^2 - \alpha r + 1 = 0$$

čiji su korijeni

$$r_{1,2} = \frac{\alpha}{2} \pm \sqrt{\frac{\alpha^2}{4} - 1}$$

Opće homogeno rješenje glasi

$$x_i^{(h)} = C_1 r_1^i + C_2 r_2^i$$



Slika 5.

Partikularno rješenje treba tražiti za svaki tip opterećenja posebno. Ovdje će se to uraditi za opterećenje jediničnom silom u osi prve prečke pri vrhu zida (sl. 5). Za ostale tipove opterećenja mogu se naći rješenja u [9].

Prema oznakama na sl. 5. dobije se

$$\Phi_i = H^2 i - \frac{H}{2}$$

Uz oznake

$$\omega H^2 = \gamma_{11} \quad i \quad \frac{\omega H^2}{2} = \gamma_{10}$$

dobije se

$$\omega \Phi_i = \gamma_{11} i - \gamma_{10}$$

na temelju čega se zaključuje da partikularno rješenje dane diferencijske jednadžbe za ovo opterećenje treba tražiti u obliku

$$X_i^{(p)} = b_1 i + a_1$$

Uvrštavanjem ovog rješenja u jednadžbu i sređivanjem dobije se

$$i(\alpha b_1 - 2b_1) + a_1(\alpha - 2) = \gamma_{11} i - \gamma_{10}$$

Izjednačavanjem koeficijenata uz iste potencije od i na lijevoj i desnoj strani navedene jednadžbe dobiju se izrazi za konstante a_1 i b_1 :

$$a_1 = \frac{\gamma_{10}}{\alpha - 2}; \quad b_1 = \frac{\gamma_{11}}{\alpha - 2}$$

a time i partikularno rješenje za ovaj tip opterećenja, a također i opće kompletno rješenje koje glasi:

$$X_i = C_1 r_1^i + C_2 r_2^i + b_1 i + a_1$$

Konstante C_1 i C_2 određuju se iz graničnih uvjeta. Za promatrani zid mogu se postaviti dva granična uvjeta, i to:

- *uvjet na vrhu zida* – prvi granični uvjet, koji se dobije iz jednadžbe za prvo polje
- *uvjet na dnu zida* – drugi granični uvjet, koji se dobije iz jednadžbe za posljednje n -to polje.

Jednadžba za prvi granični uvjet glasi:

$$\alpha X_1 - X_2 = \omega \Phi_1$$

što nakon uvrštavanja odgovarajućih izraza daje konačno

$$C_1 + C_2 = -X_0^{(p)}$$

Jednadžba za drugi granični uvjet glasi

$$-X_{n-1} + \alpha_n X_n = \omega \Phi_n$$

gdje je

$$\alpha_n = \alpha - 1.$$

Konačno se dobije

$$C_1 r_1^n (r_1 - 1) + C_2 r_2^n (r_2 - 1) = X_n^{(p)} - X_{n+1}^{(p)}$$

Za promatrani slučaj opterećenja koncentriranom silom na vrhu dobije se:

$$C_1 + C_2 = \frac{\omega H^2}{2(\alpha - 2)}$$

$$C_1 r_1^n (r_1 - 1) + C_2 r_2^n (r_2 - 1) = -\frac{\omega H^2}{\alpha - 2}$$

Za poprečnu silu dobije se izraz

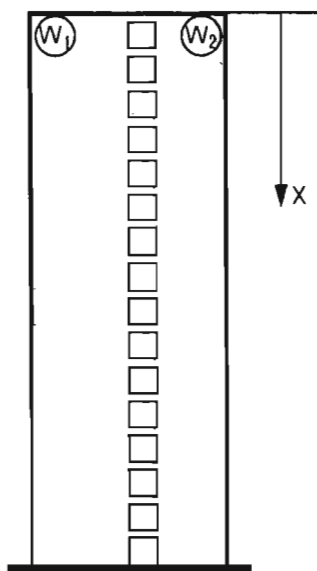
$$T_i = D_1 r_1^i + D_2 r_2^i + b_1$$

gdje su

$$D_1 = C_1 (1 - r_2)$$

$$D_2 = C_2 (1 - r_1)$$

a) Zid



Programi za proračun na džepnom računalu

Izradena su četiri programa za proračun zida s jednim nizom otvora na računalu TI 59 Texas za tipove opterećenja prema sl. 6. Ako se u računalu ima i modul Baustatik II, moguće je za slučajeve 1), 2) i 3) odmah obaviti i dimenzioniranje zidova. Broj etaža u načelu je irelevantan.

U svim programima na isti način unose se veličine prema prethodno navedenim oznakama. Zbog ograničenog kapaciteta registra ne pišu se naslovi.

Ovdje je prikazan proračun po programu za opterećenje tip 1) – koncentrirana sila na vrhu zida. Što se tiče ostalih tipova opterećenja, postupak je analogan.

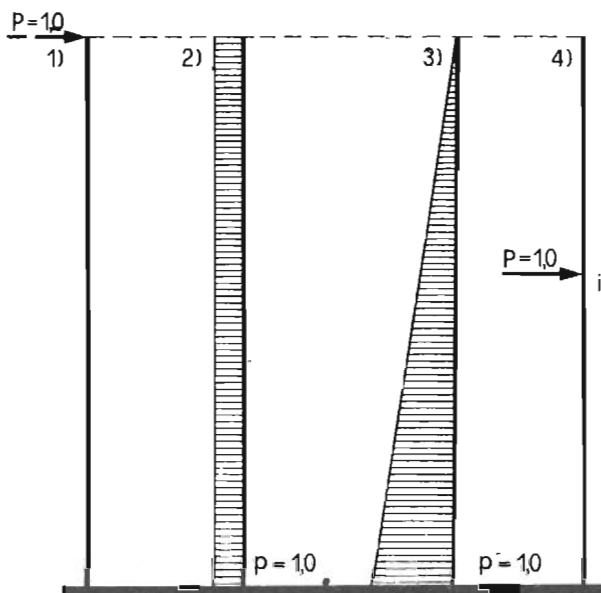
Upis za program 1. vrši se prema shemi koja je nastavno navedena.

Preko dirke [A] inicira se proračun pa se zatim preko [R/S] dirke unose veličine ovim redoslijedom: B, H, v, L, I_B, F_B, I_{W1}, I_{W2}, F_{W1}, F_{W2}, N. Ti se podaci odmah štampaju. Kalkulacija starta pritiskom na dirku [B], uštampa se 1., kao podsjetnik da se radi o opterećenju tip 1), zatim ukupna visina zida n.H.

Nakon toga se računaju i štampaju koeficijenti ovim redom: $\alpha, \omega, r_1, r_2, C_1, C_2, D_1, D_2$.

Ovo služi za kontrolu proračuna.

b) Tipovi opterećenja



Slika 6.

TABELA 1.

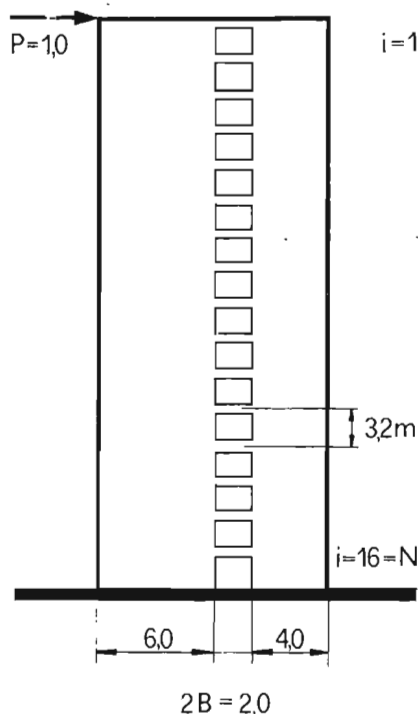
5 2nd Op 17																	TABELA			
000	76	LBL	078	13	13	156	29	29	234	33	33	312	20	20	390	04	04	468	43	RCL
001	11	A	079	33	X²	157	43	RCL	235	43	RCL	313	32	XIT	391	95	=	469	00	00
002	47	CMS	080	65	x	158	24	24	236	27	27	314	25	CLR	392	99	PRT	470	65	x
003	29	CP	081	43	RCL	159	55	+	237	45	YX	315	71	SBR	393	71	SBR	471	43	RCL
004	01	1	082	11	11	160	02	2	238	43	RCL	316	85	+	394	34	FX	472	31	31
005	00	0	083	55	+	161	95	=	239	20	20	317	99	PRT	395	43	RCL	473	85	+
006	42	STD	084	43	RCL	162	42	STD	240	65	x	318	43	RCL	396	01	01	474	43	RCL
007	00	00	085	10	10	163	02	02	241	53	(	319	00	00	397	75	-	475	30	30
008	91	R/S	086	85	+	164	33	X²	242	43	RCL	320	77	GE	398	02	2	476	54	)
009	72	ST+	087	03	3	165	75	-	243	27	27	321	03	03	399	65	x	477	92	RTN
010	00	00	088	55	+	166	01	1	244	75	-	322	28	28	400	43	RCL	478	76	LBL
011	99	PRT	089	02	2	167	95	=	245	01	1	323	69	DP	401	13	13	479	75	-
012	69	DP	090	65	x	168	34	FX	246	54	)	324	20	20	402	65	x	480	53	(
013	20	20	091	43	RCL	169	42	STD	247	95	=	325	61	GTD	403	43	RCL	481	43	RCL
014	43	RCL	092	11	11	170	03	03	248	42	STD	326	03	03	404	04	04	482	07	07
015	00	00	093	55	+	171	85	+	249	34	34	327	15	15	405	95	=	483	65	x
016	61	GTD	094	43	RCL	172	43	RCL	250	43	RCL	328	98	ADV	406	99	PRT	484	53	(
017	00	00	095	10	10	173	02	02	251	35	35	329	01	1	407	68	NOP	485	43	RCL
018	08	08	096	65	x	174	95	=	252	75	-	330	42	STD	408	01	1	486	26	26
019	68	NOP	097	43	RCL	175	42	STD	253	43	RCL	331	00	00	409	44	SUM	487	45	YX
020	76	LBL	098	14	14	176	26	26	254	32	32	332	71	SBR	410	00	00	488	43	RCL
021	12	B	099	65	x	177	99	PRT	255	65	x	333	75	-	411	43	RCL	489	00	00
022	01	1	100	53	(	178	43	RCL	256	43	RCL	334	99	PRT	412	00	00	490	54	)
023	42	STD	101	43	RCL	179	02	02	257	33	33	335	43	RCL	413	77	GE	491	85	+
024	06	06	102	18	18	180	75	-	258	95	=	336	00	00	414	04	04	492	43	RCL
025	98	ADV	103	85	+	181	43	RCL	259	55	+	337	77	GE	415	19	19	493	08	08
026	99	PRT	104	43	RCL	182	03	03	260	53	(	338	03	03	416	61	GTD	494	65	x
027	43	RCL	105	19	19	183	95	=	261	43	RCL	339	45	45	417	03	03	495	53	(
028	20	20	106	54	)	184	42	STD	262	34	34	340	69	DP	418	55	55	496	43	RCL
029	65	x	107	55	+	185	27	27	263	75	-	341	20	20	419	98	ADV	497	27	27
030	43	RCL	108	43	RCL	186	99	PRT	264	43	RCL	342	61	GTD	420	25	CLR	498	45	YX
031	11	11	109	18	18	187	43	RCL	265	33	33	343	03	03	421	53	(	499	43	RCL
032	95	=	110	55	+	188	24	24	266	54	)	344	32	32	422	43	RCL	500	00	00
033	42	STD	111	43	RCL	189	75	-	267	95	=	345	98	ADV	423	08	08	501	54	)
034	21	21	112	19	19	190	02	2	268	42	STD	346	01	1	424	55	+	502	85	+
035	99	PRT	113	85	+	191	95	=	269	36	36	347	42	STD	425	43	RCL	503	43	RCL
036	98	ADV	114	01	1	192	42	STD	270	98	ADV	348	00	00	426	07	07	504	31	31
037	43	RCL	115	04	4	193	02	02	271	99	PRT	349	25	CLR	427	95	=	505	54	)
038	14	14	116	93	+	194	35	1/X	272	94	+/-	350	32	XIT	428	28	LOG	506	92	RTN
039	55	+	117	04	4	195	65	x	273	85	+	351	85	+	429	55	+	507	76	LBL
040	53	(	118	65	x	196	43	RCL	274	43	RCL	352	01	1	430	53	(	508	34	FX
041	43	RCL	119	43	RCL	197	29	29	275	32	32	353	95	=	431	53	(	509	53	(
042	16	16	120	14	14	198	95	=	276	95	=	354	32	XIT	432	43	RCL	510	43	RCL
043	85	+	121	55	+	199	94	+/-	277	42	STD	355	25	CLR	433	26	26	511	06	06
044	43	RCL	122	43	RCL	200	42	STD	278	37	37	356	71	SBR	434	55	+	512	65	x
045	17	17	123	15	15	201	30	30	279	99	PRT	357	85	+	435	43	RCL	513	43	RCL
046	54	)	124	95	=	202	43	RCL	280	65	x	358	42	STD	436	27	27	514	00	00
047	95	=	125	42	STD	203	28	28	281	53	(	359	04	04	437	54	)	515	65	x
048	42	STD	126	24	24	204	55	+	282	01	1	360	68	NOP	438	28	LOG	516	43	RCL
049	23	23	127	99	PRT	205	43	RCL	283	75	-	361	68	NOP	439	95	=	517	11	11
050	43	RCL	128	43	RCL	206	02	02	284	43	RCL	362	43	RCL	440	99	PRT	518	54	)
051	10	10	129	23	23	207	95	=	285	27	27	363	00	00	441	98	ADV	519	42	STD
052	33	X²	130	65	x	208	42	STD	286	54	)	364	99	PRT	442	91	R/S	520	01	01
053	85	+	131	43	RCL	209	31	31	287	95	=	365	68	NOP	443	76	LBL	521	92	RTN
054	93	+	132	13	13	210	55	+	288	42	STD	366	68	NOP	444	85	+	522	00	0
055	06	6	133	55	+	211	02	2	289	07	07	367	68	NOP	445	53	(	523	00	0
056	65	x	134	43	RCL	212	95	=	290	99	PRT	368	43	RCL	446	43	RCL			
057	43	RCL	135	10	10	213	42	STD	291	43	RCL	369	06	06	447	37	37			
058	12	12	136	65	x	214	32	32	292	36	36	370	65	x	448	65	x			
059	33	X²	137	03	3	215	43	RCL	293	65	x	371	43	RCL	449	53	(			
060	95	=	138	65	x	216	31	31	294	53	(	372	11	11	450	43	RCL			
061	35	1/X	139	43	RCL	217	94	+/-	295	01	1	373	65	x	451	26	26			
062	42	STD	140	22	22	218	42	STD	296	75	-	374	53	(	452	45	YX			
063	22	22	141	95	=	219	35	35	297	43	RCL	375	43	RCL	453	43	RCL			
064	65	x	142	42	STD	220	43	RCL	298	26	26	376	00	00	454	00	00			
065	53	(	143	25	25	221	26	26	299	54	)	377	75	-	455	54	)			
066	02	2	144	99	PRT	222	45	YX	300	95	=	378	01	1	456	85	+			
067	65	x	145	65	x	223	43	RCL	301	42	STD	379	54	)	457	43	RCL			
068	43	RCL	146	43	RCL	224	20	20	302	08	08	380	95	=	458	36	36	001	11	A
069	10	10	147	11	11	225	65	x	303	99	PRT	381	42	STD	459	65	x	021	12	B
070	33	X²	148	33	X²	226	53													

Ib1

001 11 A
021 12 B
444 85 +
479 75 -
508 34 FX

PRIMJER ZA PROGRAM 1.

TABELA 2.



$$I_W = 18 \text{ m}^4$$

$$I_W = 5.333 \text{ m}^4$$

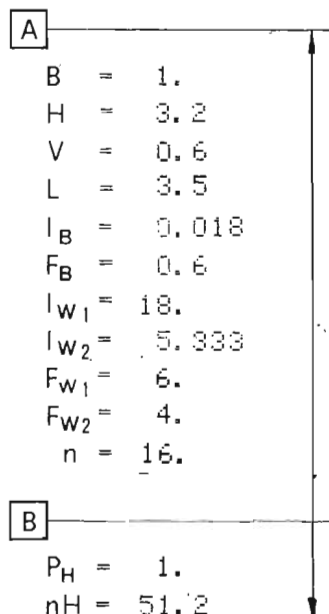
$$F_W = 6.0 \text{ m}^2$$

$$F_W = 4.0 \text{ m}^2$$

$$I_B = 0.018 \text{ m}^4$$

$$F_B = 0.6 \text{ m}^2$$

Upis podataka:



ISPIS REZULTATA

$$2.178617921 = \alpha$$

$$.0066612794 = \omega$$

$$1.521626363 = r_1$$

$$.6571915577 = r_2$$

$$.1916141823 = C_2$$

$$-.0008852544 = C_1$$

$$-.0003034727 = D_1$$

$$-.0999510091 = D_2$$

VRIJEDNOSTI X_i

$$.3153091245 \quad X_1$$

$$.6528954207 \quad X_2$$

$$1.004913868 \quad \cdot$$

$$1.366100171 \quad \cdot$$

$$1.732829415 \quad \cdot$$

$$2.102467859 \quad \cdot$$

$$2.47290198 \quad \cdot$$

$$2.842160537 \quad \cdot$$

$$3.208062077 \quad \cdot$$

$$3.567324852 \quad \cdot$$

$$3.917569392 \quad \cdot$$

$$4.251624789 \quad \cdot$$

$$4.561514633 \quad \cdot$$

$$4.834441281 \quad \cdot$$

$$5.050997408 \quad \cdot$$

$$5.18169563 \quad X_{16}$$

VRIJEDNOSTI T_i

$$.3153091245 \quad T_1$$

$$.3375862962 \quad T_2$$

$$.3520184469 \quad T_3$$

$$.3611863037 \quad \cdot$$

$$.3667292436 \quad \cdot$$

$$.3696384437 \quad \cdot$$

$$.3704341211 \quad \cdot$$

$$.3692585572 \quad \cdot$$

$$.3659015401 \quad \cdot$$

$$.3597627749 \quad \cdot$$

$$.3497445404 \quad \cdot$$

$$.3340553967 \quad \cdot$$

$$.3098898439 \quad \cdot$$

$$0.272926648 \quad \cdot$$

$$.2165561271 \quad T_{15}$$

$$.1306982219 \quad T_{16}$$

VRIJEDNOSTI $\sum M_i$

$$1. \quad -2.207163871 = \sum M_{1o}$$

$$.9928361286 = \sum M_{1u}$$

$$2. \quad -1.370267945 = \sum M_{2o}$$

$$1.829732055 = \sum M_{2u}$$

$$3. \quad \cdot$$

$$-.6343970736 \quad \cdot$$

$$2.565602926 \quad \cdot$$

$$.0372983007 \quad \cdot$$

$$3.237298801 \quad \cdot$$

$$5. \quad .6701940955 = \sum M_{5o}$$

$$3.870194095 = \sum M_{5u}$$

$$6. \quad \cdot$$

$$1.282724989 \quad \cdot$$

$$4.482724989 \quad \cdot$$

$$7. \quad 1.889686141$$

$$5.089686141$$

$$8. \quad 2.504876241$$

$$5.704876241$$

$$9. \quad 3.143565461$$

$$6.343565461$$

$$10. \quad 3.825226036$$

$$7.025226036$$

$$11. \quad 4.577014254$$

$$7.777014254$$

$$12. \quad 5.438626477$$

$$8.638626477$$

$$13. \quad 6.469397569$$

$$9.669397569$$

$$14. \quad 7.758911033$$

$$10.95891103$$

$$15. \quad 9.443018144$$

$$12.64301814$$

$$16. \quad 11.72813059 = \sum M_{16o}$$

$$14.92813059 = \sum M_{16u}$$

$$\text{Položaj } T_{max} \quad i$$

$$6.904982931 = i$$

Iza toga se štampaju izračunate prekobrojne X_i od i do n , a nakon toga poprečne sile u prečkama T_i također od i do n .

Zatim se štampaju ukupni momenti savijanja u zidu od vrha do dna zida, i to za svako polje dvije vrijednosti – gornja i donja. Nakon toga se nalazi položaj prečke u kojoj je poprečna sila maksimalna. To se dobije iz izraza

$$i = \log \frac{D_2}{D_1} / \log \frac{r_1}{r_2}$$

Preostaje na kraju raspodjela momenata po stupovima, što se postiže množenjem ukupnih momenata koeficijentima

$$k_1 = \frac{I_{W_1}}{I_{W_1} + I_{W_2}} \quad i \quad k_2 = \frac{I_{W_2}}{I_{W_1} + I_{W_2}}$$

Ovo se također može programirati tako da se ubaci nova kartica koja omogućuje automatski proračun, ali se može raditi i ručno.

Program je upisan na dvije kartice: strane 1, 2, 3. Program ima 521 korak te je potrebna ekspanzija, tj. preraspodjela na 5 [2nd] [Op] 17 [CLR]. Za tu preraspodjelu program je upisan na magnetske kartice, pa se uz tu podjelu i očitava.

U tabeli 1 dan je opisani program, a u tabeli 2 je prikazan primjer za program 1.

Raspodjela memorije pokazana je u tabeli 3.

Iza toga se štampaju izračunate prekobrojne X_i od i do n , a nakon toga poprečne sile u prečkama T_i također od i do n .

Zaključak

Prikazani način proračuna zidova s otvorima pokazuje da se i prilično opsežni zadaci proračunske analize konstrukcija mogu riješiti upotrebom džepnog računala, koji je dostupan većem broju inženjera što se bave proračunom konstrukcija.

Postupak proračuna koji je ovdje prikazan ima, zbog svoje preglednosti i jednostavnosti, prednost pred drugim postupcima opisanim u literaturi posebno u [2] i [12].

Proračun s pomoću SAP IV i V vrlo je pogodan, a također i ICES, ali za to je potrebno imati veliko računalo na kojemu su instalirani ovi programi, a to nije dostupno svakom konstrukteru.

TABELA 3.

01	brojač nd. adr.	13	L	25	ω
02	$\alpha/2 (\alpha - 2)$	14	I_B	26	r_1
03	$(\alpha^2/4 - 1)^{1/2}$	15	F_B	27	r_2
04	X_{i-1}	16	I_{W_1}	28	γ_{11}
05	X_i	17	I_{W_2}	29	γ_{10}
06	$(1,0 = P)$	18	F_{W_1}	30	a_1
07	D_1	19	F_{W_2}	31	b_1
08	D_2	20	n	32	$\omega H^2/2 (\alpha - 2)$
09	zauzeto	21	$n \cdot H$	33	$r_1^n (r_1 - 1)$
10	B	22	$1/(B^2 + 0,6v^2)$	34	$r_2^n (r_2 - 1)$
11	H	23	$I_B/\Sigma I_W$	35	$\omega H^2/(\alpha - 2)$
12	v	24	α	36	C_2
				37	C_1

Korištenjem BAUSTATIK II software modula mogu se naći pomaci i uz primjenu prikazanog postupka mogu se odrediti vlastite frekvencije sistema. Također se odmah može obaviti dimenzioniranje armirano-betonskog presjeka.

Ovdje je prikazan program za jedan tip opterećenja. Na isti su način izrađeni programi za proračun zidova s drugim tipovima opterećenja, ukupno četiri programa, koji su potpuno analogni prikazanom uz razlike koje se očituju samo u većem broju koraka i u ispisu podataka.

LITERATURA

- [1] Albiges M. i Goulet J. Ukrucenje protiv vetra u zgradama. Dokumentacija za gradevinarstvo i arhitekturu, Sv. 34, decembar 1961.
- [2] Baikov, V. N. i suradnici: Reinforced Concrete Structures. Specialization Course, MIR Publ., Stroizdat, Moskva, 1974, eng. izd. 1978.
- [3] Beck: Ein neues Berechnungsverfahren für gegliederte Scheiben, dargestellt am Beispiel den Vierendeckeltragers. Bauingenieur 31 (1956).
- [4] Дроздов П. Ф. – Себский И. М.: Проектирование крупно-панельных зданий, Стройиздат, Москва 1958.
- [5] Mann W.: Die Berechnung regelmässiger Windrahmen in geschlossener Form mit Hilfe von Differenzengleichungen Der Bauingenieur 36 (1961) Heft 3.
- [6] Марьин А.: К расчету общей прочности корпуса цельнометаллического вагона. Расчет пространственных конструкций IV, Москва 1958.
- [7] Rosman R. Zidovi oslabljeni nizovima otvora izloženi utjecajima potresa i vjetra. Izdanje JAZU 1966.
- [8] Ржанцын А. Р.: Теория составных стержней стропильных конструкций. Стройиздат, Москва 1948.
- [9] Simović V.: Zidovi s otvorima i okvirne konstrukcije. Tehnička knjiga, Zagreb 1971.
- [10] Tessier M.: Stabilität visokih Gebäuden auf Vetter. Gradevinarstvo u svetu br. 4 (1957).
- [11] Werner O. Proračunavanje višespratnih zgrada sa krutim pregradnim stijenama. Naše gradevinarstvo br. 7 (1960).
- [12] Žagar Z.: Nosive strukture, SN Liber (skripta), 1977.

V. Симович, З. Жагар

РАСЧЕТ ДИАФРАГМ С ПРОЕМАМИ ПРИ ПОМОЩИ КАРМАННОЙ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ МАШИНЫ

Обзорная работа

В работе дан короткий обзор способов расчёта диафрагм с проёмами. Подробно с нужными выводами, разработан способ расчёта с применением уравнений в конечных разностях. Для случая одного вида нагрузки разработана программа и дан пример расчёта при помощи карманной вычислительной машины определённого типа. В этой работе показано как даже сложные случаи расчёта конструкций могут быть выполнены относительно простым способом.

DESIGN OF WALLS WITH OPENINGS BY POCKET CALCULATORS

by V. Simović, Z. Žagar

Overview paper

A brief survey of computing procedures for shear walls with openings is presented. The calculation by difference equations, with the necessary derivations, is shown in greater detail. The program is described for one type of load, with an example of calculation carried by specific pocket calculator. The paper shows that even some complex assignments related to structure design can be resolved relatively simply.