

Ing. Stjepan Klak — Zagreb

Granice dozvoljenih odstupanja kod preciznog nivelmana II. reda

Opće je poznata činjenica, da točnost svakog mjerenja ovisi o tehničkim kvatitetama upotrebljenog instrumentarija odnosno pomagala, metode rada, uvjeta pod kojima se izvršava izvjesno mjerenje i konačno o umješnosti stručnjaka koji vrši takove zadatke.

Primjenimo to i na precizni nivelman.

Razvojem i konstruktivnim usavršavanjem instrumenata podesnih za izvršenje preciznog nivelmana, a također i odabiranjem metoda rada stvorena je veća mogućnost postizavanja točnosti. Po Pravilniku o katastarskom premjeravanju IV. dio, za izvršenje radova prec. nivelmana II. reda potrebno je upotrebiti instrumente sa povećanjem durbina od 35 do 40 puta i vrijednosti jednog parsu libele 5"—8".

Opazanja se vrše u oba položaja durbina primjenivši simetrični način mjerenja, a podjela letava je 0.5 cm.

Instrumenti kojima se danas vrši precizni nivelman II. reda kod nas jesu: Zeiss Ni III, Zeiss NiB (Ni II) i Wild III sa plan paralelnom pločom.

Što se tiče uvećavanja durbina i osjetljivosti libele ovi instrumenti zadovoljavaju gornje zahtjeve. Primjenom sistema prizama za dovodenje libele do vrhunjenja postignuta je točnost vrhunjenja deset puta veća u odnosu na libele bez takvog sistema (vrhunjenje libela bez sistema prizmi iznosi približno $\frac{1}{10}$ parsu, dok kod sistema prizmi $\frac{1}{10}$ parsu.)

Upotrebom plan paralelne ploče povećana je točnost očitavanja i ujedno i olakšano čitanje letve.

Opazanja se vrše samo u jednom položaju durbina (plan ploča), dok su letve sa podjelom od 0.5 cm (Zeiss) ili 1 cm (Wild) na invarnoj vrpici, a primjenjuje se simetrični način opazanja obzirom na srednji momenat trajanja opazanja.

Prvim mjerilom ispravnosti opazanja, već na terenu, uzimaju se dozvoljena odstupanja između niveliranja u dva smjera, koja glase na naš slučaj:

$$A) \text{ povoljan teren: } \Delta = \pm 8 \sqrt{S + 0.04 S^2} \dots \dots \dots (1)$$

$$B) \text{ nepovoljan teren: } \Delta = \pm 10 \sqrt{S + 0.04 S^2} \dots \dots \dots (1a)$$

Praksa t. j. rezultati mjerenja su međutim pokazali da razlika $\Delta > \pm 5$ mm za $S = 1$ km pretstavlja u 90% slučajeva pojavu grube pogreške, pretpostavljajući normalne uvjete rada.

Iz toga se vidi da su takovi podaci svakako uklopljeni u gornje granice (koje su daleko šire), ali je jasno da sadanji instrumentarij i ostali uvjeti potrebni za normalan rad, mogu osigurati veću točnost i redovito je osiguravaju. Postavlja se pitanje, da li bi trebalo smanjiti granice dozvoljenih odstupanja zbog napred iznesenih razloga i do kojeg stepena to treba ići, vodeći računa o tome, da se ne postavljaju odviše male granice t. j. prevelika točnost, a sa druge strane da se koriste normalni podaci mjerenja današnjim instrumentarijem.

U tu svrhu uzmimo podatke iz slijedećeg niza mjerenja:

Broj vlaka	s	Δ	Δ^2	$\frac{\Delta^2}{s}$	bs	o	O^2	$\frac{O^2}{s}$
1	91.0	+56.4	3180.96	35.00	- 3.1	+33.3	1108.89	12.20
2	48.2	9.5	90.25	1.88	2.2	- 2.7	7.29	0.15
3	43.3	18.1	327.61	7.57	10.5	+ 7.6	57.76	1.33
4	32.8	14.1	198.81	6.08	8.3	+ 5.8	33.64	1.02
5	25.8	0.4	0.16	0.01	6.5	- 6.1	37.21	1.44
6	59.4	28.5	812.25	13.60	15.1	+13.4	179.56	3.02
7	27.5	2.9	8.41	0.30	7.0	- 4.1	16.81	0.60
8	56.4	36.8	1354.24	24.00	14.3	+22.5	506.25	8.98
9	36.8	0.9	0.81	0.02	9.3	- 8.4	70.56	1.92
10	54.7	23.3	542.89	9.93	13.9	+ 9.4	88.36	1.61
11	32.9	3.0	9.00	0.27	8.3	- 5.3	28.09	0.85
12	33.3	2.8	7.84	0.23	8.5	- 5.7	32.49	0.98
13	48.0	21.2	449.44	9.36	12.2	+ 9.0	81.00	1.68
14	27.1	3.4	11.56	0.43	6.9	- 3.5	12.25	0.45
15	37.2	3.0	9.00	0.24	9.5	- 6.5	42.25	1.13
16	40.9	11.8	139.24	3.40	10.4	+ 1.4	1.96	0.05
17	20.1	21.5	462.25	23.00	5.1	+16.4	268.96	13.40
18	37.2	36.3	1317.69	35.50	9.4	+26.9	723.61	19.40
19	68.8	41.0	1681.00	24.40	17.5	+23.5	552.25	8.00
20	34.7	36.0	1296.00	37.40	8.8	+27.2	739.84	21.30
21	36.4	20.9	436.81	12.05	9.2	+11.7	136.89	3.76
22	34.1	14.0	196.00	5.73	8.6	+ 5.4	29.16	0.85
23	31.8	16.5	272.25	8.55	8.1	+ 8.4	70.56	2.22
24	4.4	2.6	6.76	1.54	1.1	+ 1.5	2.25	0.51
25	57.4	12.4	153.76	2.67	14.6	- 2.2	4.84	0.08
26	60.4	17.4	302.76	5.00	15.3	+ 2.1	4.41	0.07
27	28.5	27.3	745.29	26.10	7.2	+20.1	404.01	14.20
28	17.0	+ 1.5	2.25	0.13	- 4.3	- 2.8	7.84	0.46
	1126.1			294.39				121.68

(S — zadano u km, a Δ — u mm.)

Poznata formula za određivanje razlike između niveliranja u dva smjera glasi:

$$\Delta = \pm (a\sqrt{s} + bs) \quad (2)$$

gdje prvi član pretstavlja utjecaj slučajne, a drugi sistematske pogreške.

Oredimo približno vrijednost »a« i »b« iz ovog malog broja mjerenja da bi potkrijepili napred iznesene tvrdnje. Veličinu srednje sistematske pogreške izračunat ćemo po formuli:

$$b^2 = \frac{1}{4} \frac{1}{\sum s} \sum \frac{\Delta^2}{s}$$

Pomoću te poznate vrijednosti elimiraćemo utjecaj sistematske pogreške iz razlike Δ po formuli:

$$o = \Delta - bs,$$

pa ćemo moći izračunati srednju slučajnu pogrešku pomoću poznate formule:

$$m'_0 = \pm \sqrt{\frac{1}{2n} \left[\sum o^2 \right]}$$

odnosno

$$m_0 = \frac{m'_0}{\sqrt{2}}$$

Kod određivanja srednje slučajne pogreške nije upotrebljen točan način računanja (iz odstupanja između pojedinih repera u niv. vlaklu), nego približan kako je objašnjeno.

U našem primjeru imamo:

$$b^2 = \frac{1}{4} \frac{1}{1126.1} 294.31 = 0.0648$$

$$b = \pm 0.254 \text{ mm}$$

$$m'_0 = \pm \sqrt{\frac{121.68}{56}} = \pm 1.48 \text{ mm}$$

$$m_0 = \pm 1.05 \text{ mm}$$

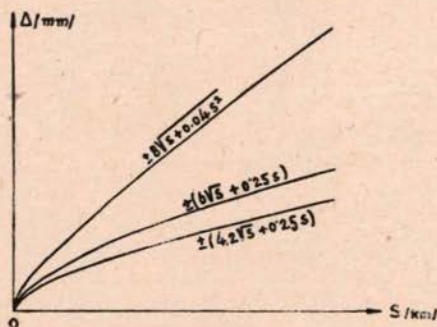
Uzevši u obzir da je maksimalno dozvoljeno odstupanje:

$$M = 4 m_0 = a = \pm 4.20$$

dobili smo slijedeću jednadžbu:

$$\Delta = \pm (4.20 \sqrt{s} + 0.25 s) \quad (3)$$

Odmah se vidi da su vrijednosti dobivene po ovoj formuli manje od onih koje se dobiju jednadžbom (1).



Sl. 1

Predočimo grafički jednažbu (1) i (3). Slika smanjena na $\frac{1}{2}$.

Ukoliko usporedimo vrijednosti dobivene jednadžbom (3) i vrijednosti računane po formuli:

$$\Delta = \pm (3 \cdot 2) \sqrt{s} = \pm 6 \sqrt{s}$$

(trostruka srednja pogreška kod prec. nivelmana II. reda) ustanovili bi da se vrijednosti mnogo ne razlikuju.

S km	$\pm 6 \sqrt{s}$	$\pm (4.2 \sqrt{s} + 0.25 s)$
1 km	± 6.0 mm	± 4.4 mm
4	12.0	9.4
9	18.0	14.9
16	24.0	20.8
25	30.0	27.2
36	36.0	34.2
49	42.0	41.6
64	48.0	49.6
81	54.0	57.8

Usvojivši zaključke donesene na zasjedanju Stručnog geodetskog savjeta (9—14. VII. 1947.) u pogledu točnosti prec. nivelmana možemo postaviti jednadžbu

$$\Delta = \pm (6 \sqrt{s} + 0.25 s) \quad (4)$$

Koeficijent kod prvog člana (slučajna pogreška) jednak je trostrukoj vjerojatnoj srednjoj pogrešci, a koeficijent kod drugog člana jest polovina granične vrijednosti vjerojatne sistematske pogriješke za nivelman II. reda. I ova je jednadžba prikazana na slici.

Rezimirajući sve izloženo i ispoređujući jed. (1) i (4) dolazimo do zaključka, da su vrijednosti dane jednadžbom (1) prevelike za sadašnji instrumentarij i metode rada, dok bi jednadžba (4) odgovarala daleko bolje tehničkim mogućnostima suvremenog instrumentarija i osigurala bolje podatke.