

13. GEODETICKÉ PRÁCE V DOPRAVNOM STAVITELSTVE

Geodetické práce sú súčasťou realizácie každého stavebného technického diela. Spolupráca geodetov a stavebných inžinierov začína už pred zahájením projekčnej činnosti, pokračuje v priebehu stavby a často nekončí ani po odovzdaní stavebného diela svojmu účelu.

V predprojekčnej činnosti sa geodetické práce sústreďujú na **tvorbu** číselných a grafických **podkladov**. Zhusťuje sa polohové a výškové bodové pole, odmerajú sa profily a vykoná sa výber mapových podkladov, ktoré sa podľa potreby doplnia, alebo sa uskutoční nové účelové mapovanie v rozsahu stavebnej činnosti. Výsledky geodetických prác sú začlenené do úvodného a vykonávacieho projektu.

Úvodný projekt s končenu platnosťou rieši vzťahy projektovanej stavby k okoliu. Obsahuje:

- projekt vytyčovacej siete,
- vytyčovací výkresy objektov,
- predbežný výkres výkupu pozemkov vrátane zabratia poľnohospodárskej a lesnej pôdy a pod.,
- zakres projektu v mape 1:10 000 alebo 1:25 000, mapy jednotlivých objektov v mierke 1:1000,
- profily, výpočet kubatúr,
- zoznam bodov polohového a výškového bodového poľa s vyznačením ich polohy na mape vhodnej mierky.

Geodetické podklady pre úvodný projekt sa pripravujú tak, aby pomocou nich bolo možné vypracovať viac variantov riešenia danej investičnej úlohy.

Pri dvojstupňovej projektovej dokumentácii, vykonávací projekt rozvádza technické riešenie pre realizovaný variant a je priamo podkladom na vykonanie stavebných prác. Výsledky geodetických prác sa v ňom využívajú vo forme:

- účelovej mapy veľkej mierky 1:1000 alebo 1:500,
- pozdĺžneho profilu 1:1000/100,
- priečných profilov 1:100,
- predbežného výkresu výkupu pozemkov,
- výpočtu výmer a kubatúr,
- vytyčovacích výkresov spracovaných podľa STN 01 3419 Vytyčovací výkresy stavieb.

Okrem uvedených geodetických podkladov v úvodnom a vykonávacom projekte môžu byť aj ďalšie, vyplývajú z celkového charakteru stavebnej činnosti, napr. odlišnú formu majú projekty komplexnej rekonštrukcie železničného zvršku.

Geodetické práce pokračujú pri **vytýčení projektu** do terénu. Vytýčenie sa uskutočňuje na podklade vytyčovacieho výkresu od bodov vytyčovacej siete v súlade so stavebným povolením a s územným rozhodnutím. Spravidla sa vykonáva dvojstupňovo, najprv sa vytýči priestorová poloha stavebného diela a potom sa vytýčia jednotlivé podrobnosti v celkovej ich priestorovej skladbe, t.j. rozmery a tvary stavebných objektov.

Kontrolné merania, ako aj zameranie skutočného stavu novovybudovaných objektov vykonávame v priebehu výstavby ako podklad pre prevzatie dokončenej stavby investorom a ako dôkaz kolaudujúcemu orgánu, že stavba je realizovaná podľa schválenej projektovej dokumentácie a spĺňa i požiadavky prevádzkovej schopnosti.

Pri odovzdaní niektorých stavebných diel do prevádzky (napr. mostov, ocelových konštrukcií, lanových dráh atď.) sa geodetickými a fyzikálnymi meraniami kontrolujú veľkosti posunov a pretvorení (deformácií) v priebehu zaťažovacej skúšky. O týchto prácach, kde je potrebná úzka spolupráca geodetov a stavebných odborníkov, pojednáva kap. 14. Geodetické merania sa podľa

potreby tiež periodicky opakujú ako preventívna ochrana pred poškodením stavebného diela, ako napr. na mostoch, priehradách, obilných silách, v podrúbaných oblastiach atď.

Záverečné geodetické práce na stavbe pozostávajú zo súborného spracovania geodetickej časti dokumentácie skutočnej realizácie stavby vo forme účelovej mapy a z vyhotovenia podkladov pre zakres novej stavby do štátnych mapových diel (technická mapa mesta) a do katastra nehnuteľností.

Z geodetického hľadiska rozdeľujeme stavby na dve skupiny:

1. S priestorovou skladbou (stavby občianskej vybavenosti, bytové, priemyslové atď.).
2. Líniové a plošné stavby:

a) dopravné - cesty,

- železnice a vlečky,
- mosty,
- tunely,
- podzemné diela (metro),

b) kábelové, potrubné a drôtové vedenia,

- podzemné kábelové vedenia,
- vodovody,
- kanalizácie,
- plynovody,
- tepelné rozvody,
- elektrické vedenia.

3. Vodohospodárske stavby:

- hydrotechnické a hydroenergetické ,
- hydromelioračné.

4. Špeciálne (továrnske komíny, vysielacie veže).

V ďalších odsekoch tejto kapitoly si popíšeme zvláštnosti tých geodetických prác v dopravnom staviteľstve, ktoré vybočujú z rámca všeobecnosti. Vo väčšine prípadov to budú práce dotýkajúce sa vlastnej realizácie stavebného diela.

13.1 GEODETICKÉ PRÁCE V CESTNOM STAVITEĽSTVE

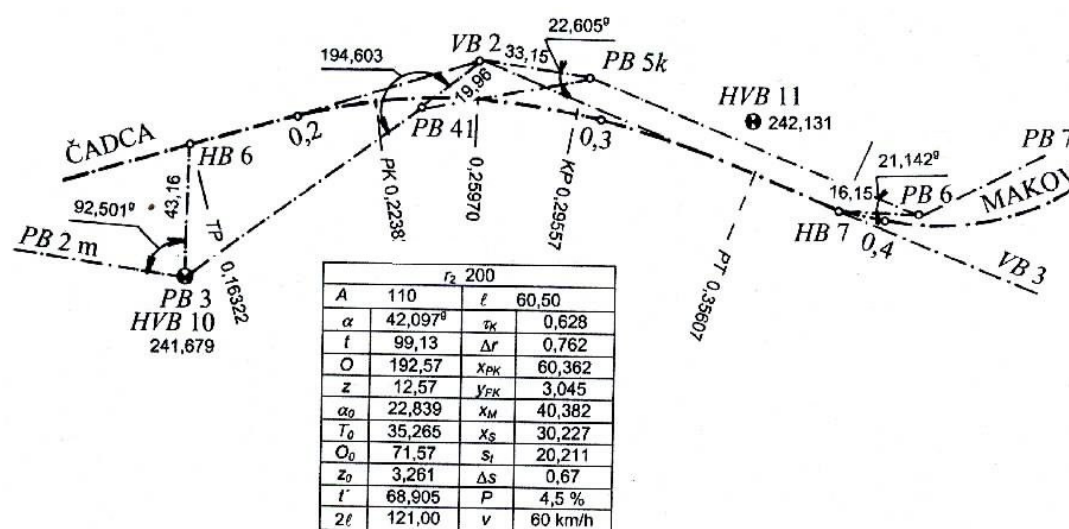
V hlavných rysoch pozostávajú:

- z vybudovania vytyčovacej siete v záujmovom pruhu územia, kde sa má stavať (rekonštruovať) cesta alebo diaľnica,
- vyhotovenia grafických a číselných projekčných podkladov,
- vytýčenia hlavných bodov trasy, hlavných výškových bodov a podrobného vytýčenia (zemného telesa, vrstvy podkladu vozovky a krytu vozovky),
- dokumentácie cestného telesa.

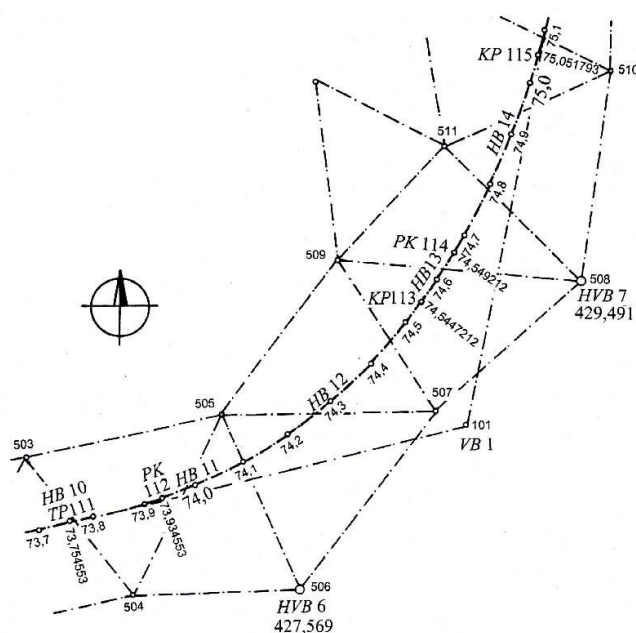
13.1.1 Vytýčenie projektu cesty

Vytyčovací výkres spracováva projektant podľa dostupných podkladov. Budeme uvažovať prípad, keď projektant navrhne trasu na mape s vrstevnicami. Na mapovom podklade (grafickom alebo vektorovom) odmerané súradnice dotyčnicového polygónu v S-JTSK sa stávajú záväznými pri výpočte vytyčovacích prvkov. Vytyčovacie prvky, rozmery a tvar stavebného diela objektu (uhly, dĺžky, smerníky, prevýšenia a pod.) sa na vytyčovacích výkresoch uvádzajú vždy číselne, počet desatinných miest volíme podľa presnosti vytyčovacích prvkov.

Projekt cesty vytyčujeme dvojstupňovo, najprv vytýčime hlavné body (HB) trasy a hlavné výškové body (HVB), od ktorých pokračuje ďalšie podrobné vytýčenie. Pri vytyčovaní aplikujeme metódu pravouhlých, alebo polárnych súradníc od bodov vytyčovacej siete (obr. 13.1 a obr. 13.2). Súbežne s vytyčovaním, pokiaľ je to možné, kontrolujeme dané prvky (α) určené projektom. Podrobné vytýčenie cesty realizujeme pravouhlými alebo polárnymi súradnicami od dotyčnice alebo tetivy. Presnosť vytýčenia konfrontujeme s STN 73 0422 Presnosť vytyčovania líniových a plošných stavebných objektov.



Obr. 13.1. Vytyčovací výkres cesty (vytyčovacia sieť je v tvare polygónu)



Obr. 13.2. Vytyčovací výkres cesty (vytyčovacia sieť je v tvare trojuholníkového reťazca)

Výhodnejšie podklady na vytyčovanie dostaneme, keď je smerové riešenie trasy výsledkom výpočtov na počítači v súradnicovom systéme vytyčovacej siete (S-JTSK), vybudovanej v záujmovom pruhu územia. Z vrcholov vytyčovacej siete vhodne rozmiestnenej k trase (napr. v tvare polygónu alebo v tvare trojuholníkového reťazca) sú vypočítané vytyčovací prvky HB trasy a podrobných bodov. Vytyčovací prvky sú vypočítané k viacerým (vždy najbližším) bodom vytyčovacej siete. Podľa konfigurácie terénu a existujúcich terénnych prekážok geodet volí, z ktorého bodu vytyčovacej siete sa uskutoční vytýčenie.

Súčasťou vytyčovacieho výkresu, ktorý vznikol na podklade počítačového spracovania, je tabelogram vytyčovacích prvkov cestnej komunikácie. Obsahuje súradnice vytyčovacej siete, súradnice podrobných bodov ako aj ortogonálne a polárne vytyčovací prvky od vytyčovacej siete. Polárne vytyčovací prvky sú najmenej od dvoch najbližších bodov vytyčovacej siete.

Na výškové vytýčenie cesty je k dispozícii **pozdĺžny profil** cesty, spracováva sa podľa STN 73 0130. Je v ňom zakreslený pôvodný terén, niveleta cesty a niveleta pláne, všetky objekty pod cestou a vedľa cesty. Nad cestou sa kreslia skloníky (s uvedením veľkosti a znamienka sklonu), u zakružovacích oblúkov sú v tabuľke uvedené parametre potrebné na jeho vytýčenie.

Výškové vytyčovanie cesty realizujeme v prípade potreby v dvoch etapách (vytýčenie zakružovacieho oblúka). Najprv vytýčime polohu miesta, kde budeme cestu výškovo vytyčovať. Napokon bude výškové vytyčovanie predstavovať porovnanie meranej a projektovanej výšky. Rozdiel výšok zaznamenáme na popisovom kolíku a zohľadníme pri vytýčení cestného telesa.

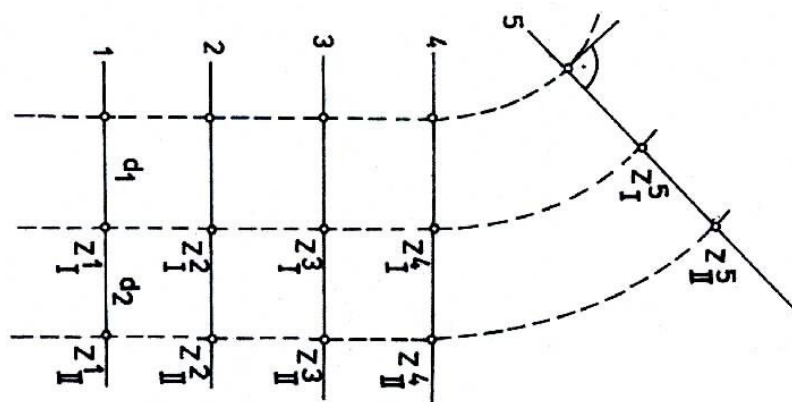
Podkladom pre celkové vytýčenie projektu cesty (STN 01 3419 Vytyčovací výkresy stavieb) je vytyčovací výkres líniových stavieb objektov. Kreslí sa spravidla v mierke 1:500, 1:1000, 1:2000 príp. 1:5000. Doporučuje sa voliť mierku výkresu v zhode s mierkou podrobnej situácie.

Vytyčovací výkres pre cestné líniové stavby obsahuje:

- prvky, ktoré sú predmetom vytýčenia (HB, HVB, charakteristické body osi),
- prvky vytyčovacej siete,
- osí líniových stavebných objektov určujúcich body trasy a hlavné body oblúkov.

Podrobná situácia sa vykresľuje viacfarebne. Existujúci stav je čierny, projektovaný stav je červený a výskopis a kóty sú vo farbe hnedej. V podrobnej situácii je zakreslená os cesty a pôdorysne obrysy navrhovanej cestnej komunikácie, hrany objektov (mosty, priepusty) a ich popis, svahy výkopov a násypov, vytyčovací sieť, miesta priečných profilov, sklon nivelety (skloníky), úrovňové a mimoúrovňové križovatky, inžinierske siete a pod.

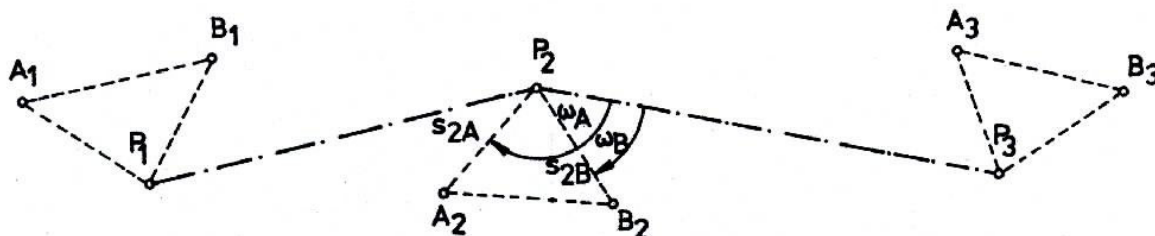
13.1.2 Zaistenie vytýčenej stavby



Obr. 13.3. Zaistenie osi stavby dvojitém odsadením

Hlavné body osi cesty vytyčujeme spravidla dvakrát: pre zemné práce a pre vrchnú stavbu. K vrchnej stavbe u ciest patrí jej podklad, horná a ochranná vrstva (u železníc štrkové lôžko, podvaly a koľajnicové pásy). Aby sa nezničili vytýčené body pri odhumusovaní terénu, zaistíme ich do priestorov mimo dosahu zemných prác.

Os stavby zaisťujeme v miestach odmeraných priečných profilov (obr. 13.3). Body odsadenej osi I a II sú v konštantnej vzdialenosti od osi stavby. V členitom teréne alebo pri terénnych prekážkach môžeme túto zásadu porušiť. Body odsunieme na jednu stranu, alebo na obe strany od osi komunikácie. Umiestnenie odsadených bodov závisí od toho, na ktorú stranu od osi sa bude zhrňať humus, prípadne zemina z výkopov. Vzdialenosť odsadených bodov od osi stavby nesmie byť príliš veľká, pretože sa znižuje presnosť nového vytyčenia a zvyšuje sa jeho prácnosť. Príliš blízka vzdialenosť prináša riziko ich poškodenia presúvajúcimi sa stavebnými mechanizmami.



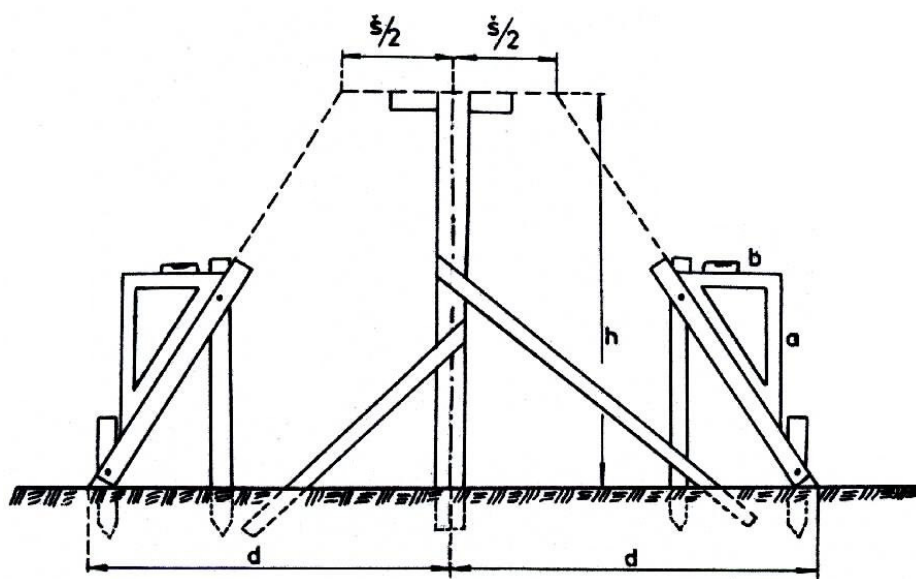
Obr. 13.4. Zaisťovanie bodov vytyčovacej siete

Všetko vytyčovanie (i opakované) sa musí realizovať z vytyčovacej siete, ktorá musí byť po celú dobu výstavby zachovaná a chránená pred poškodením. V odôvodnených prípadoch každý bod vytyčovacej siete zaisťujeme napr. vhodne rozmiestnenou dvojicou bodov (obr. 13.4). Polohu bodov A_i, B_i vyjadříme vo vzťahu k vytyčovacej sieti v takom rozsahu, aby obnovu polohy bodu bolo možné zaisťovať s príslušnou kontrolou.

13.1.3 Vyznačenie obrysu zemného telesa

Po zhrnutí humusu, zo zaisťovacích bodov vytyčíme os stavby, od ktorej podľa vyprojektovaných priečných profilov vyznačíme zemné teleso. Pritom vyznačíme päty násypu, sklony svahu násypu, výšku a šírku násypu v korune, resp. hrany výkopu a sklony svahov výkopu. U nezhutnených násypov podľa použitého druhu sypaného materiálu, výška stavby sa primerane zvyšuje, čo je vyznačené v projekte.

Vyznačenie obrysu násypu. U nižších násypových telies celý obrys zemného telesa je možné vyznačiť latami. U všetkých násypov spravidla postačí vyznačiť os, výšku násypu a päť násypu svahovými lavičkami (obr. 13.5).



Obr. 13.5. Vyznačenie obrysu násypu v plochom území

Vzdialenosť päty násypu d od jeho osi odsunieme z profilu alebo v plochom území vypočítame podľa vzorca

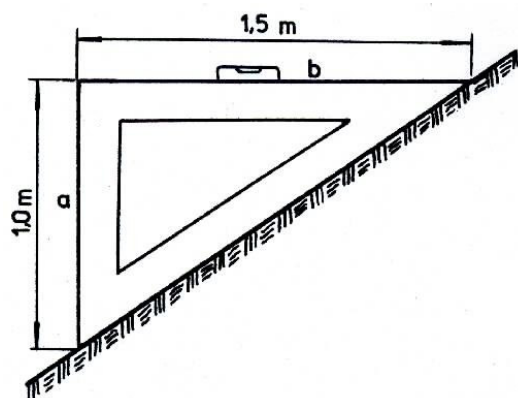
$$d = \frac{\check{s}}{2} + \frac{h}{s}, (13.1)$$

kde \check{s} je šírka koruny násypu,

h je výška koruny násypu,

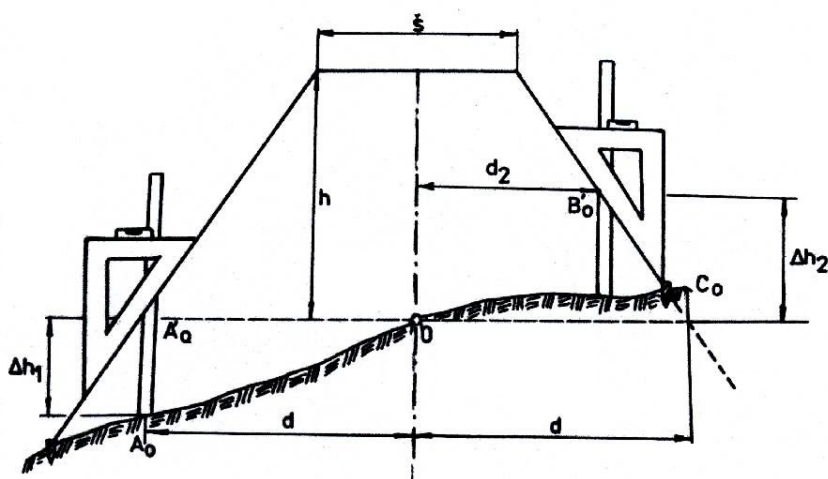
s sklon násypu.

Vo vzdialenosti d na obe strany od osi násypu zastabilizujeme kolíkmi päty násypu. Sklon násypu vyznačíme pomocou svahového trojuholníka (obr. 13.6), ktorý si vyrobíme pre vyžadovaný sklon svahu. Ku kolíku označujúcemu päťu násypu na hrot postavíme trojuholník a podľa libely urovnáme jeho odvesnu b do vodorovnej polohy. Smer prepony trojuholníka predstavuje sklon svahu, ktorý vyznačíme latou upevnenou na vhodne zatlčených kolíkoch. Výšku koruny násypu vyznačíme krížom.



Obr. 13.6. Svahový trojuholník pri sklone svahov 1:1,5

Vyznačenie obrysu zemného telesa v členitom území v prvom rade vyžaduje určiť polohu päty násypov. Vo vzdialenosti d od osi vytýčíme body A_0 a C_0 a určíme ich prevýšenie nad osovým bodom O (obr. 13.7). V bode A_0 postavíme nivelačnú latu a vo výške osového bodu priložíme k late preponu svahového trojuholníka. Okolo tohto bodu (A'_0) otáčame svahovým trojuholníkom až pomocou libely urovnáme jeho odvesnu do vodorovnej polohy. Vtedy prepona svahového trojuholníka vyznačuje obrys svahu násypu, ktorý vyznačíme latou prbitou ku kolíkom.



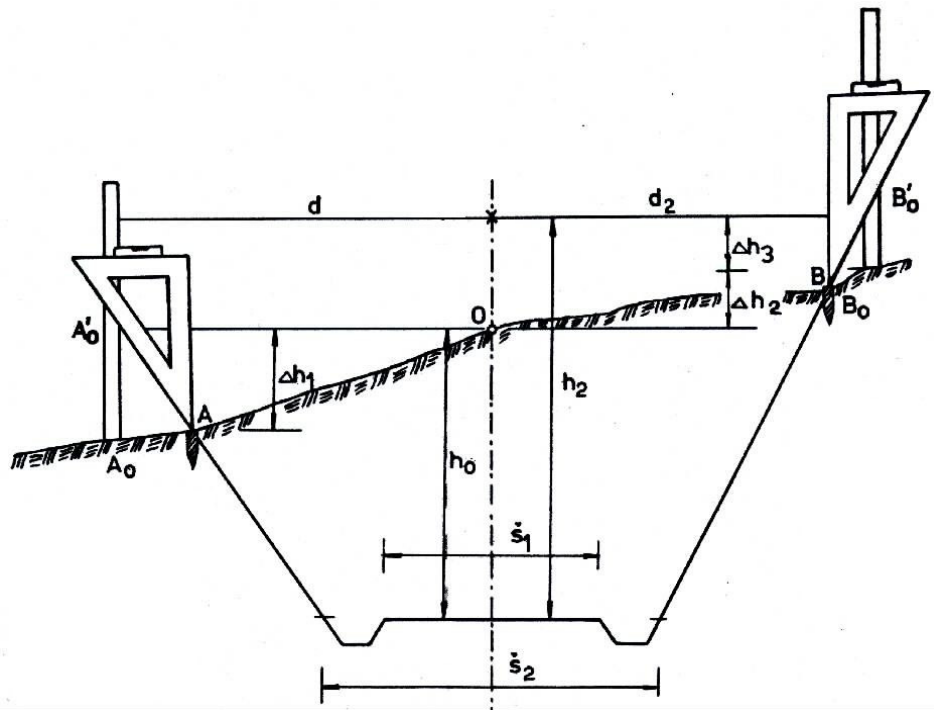
Obr. 13.7. Vyznačenie obrysu násypu v členitom území

Vyznačenie obrysu násypu od bodu C_0 je obdobné. Vo výške bodu B'_0 a vzdialenosti d_2 od osi rovnako postavíme svahový trojuholník ako v bode A'_0 . Podľa polohy prepony trojuholníka vyznačíme obrys svahu násypu. Vzdialenosť d_2 vypočítame z rovnice

$$d_2 = \frac{\check{s}}{2} + \frac{h - \Delta h_2}{s},$$

pričom hodnotu Δh_2 a tým aj výšku bodu B'_0 volíme ľubovoľne, napr. 1 m nad osovým bodom.

Vyznačenie obrysu výkopu. Pri vyznačovaní svahov výkopov, do celej šírky dna výkopu zahrňujeme všetky projektované objekty. Podľa obr. 13.8 šírka dna výkopu \check{s}_1 sa zväčšuje o šírku priekop. Vytýčovanie svahov začína potom od hodnoty \check{s}_2 .



Obr. 13.8. Vytýčenie obrysu výkopu v členitom teréne

Šírku výkopu v úrovni osového bodu vypočítame podľa rovnice:

$$d = \frac{\check{s}_2}{2} + \frac{h_0}{s} \quad (13.3)$$

a vytýčime ju v smere spádu terénu. Jej polohu vyznačuje A_0 , na ktorý postavíme nivelačnú latu a v úrovni osového bodu už známym spôsobom zaistíme vyžadovaný sklon výkopu podľa prepony trojuholníka. Hrot trojuholníka smeruje do bodu A a vyznačuje hranu výkopu.

Smerom proti svahu hranu výkopu vytýčime tak, že si odhadom zvolíme výšku h_2 , napr. aby bola 1 m nad osovým bodom, pre ktorú vypočítame dĺžku d_2 :

$$d_2 = \frac{\check{s}_2}{2} + \frac{h_2}{s} \quad (13.4)$$

Vytýčime dĺžku d_2 a na jej konci v bode B_0 určíme pozíciu zvolenej výšky h_2 , v ktorej umiestnime svahový trojuholník.

Vyberanie hmoty výkopu sa spravidla vykonáva tak, (pokiaľ h_0 nie je mimoriadne veľké), že osový bod O sa ponecháva, aby podľa neho bolo možné kontrolovať hĺbku výkopu.

13.2 GEODETICKÉ PRÁCE V ŽELEZNIČNOM STAVITEĽSTVE

Geodézia v železničnom staviteľstve, s ohľadom na jej široký rozsah používania, je tiež označovaná názvom železničná geodézia. Jej využívanie súvisí s projekčnými, diagnostickými a vytyčovacími prácami priestorového tvaru koľaje.

K najdôležitejším prácam v železničnom staviteľstve patrí projektovanie opravy koľaje. Prvotným impulzom na plánovanie a realizáciu opravy koľaje je výsledok diagnostiky geometrie koľaje a technický stav železničného spodku. Závety z diagnostiky kategorizujú druh a rozsah opravy koľaje, ktorá sa hodnotí podľa zistených odchýlok od dovolených tolerancií, resp. od stupňa ich prekročenia, ktoré stanovuje norma STN 73 6360. Časové intervaly diagnostiky koľaje ovplyvňujú smerové a výškové pomery, konštrukcia železničného zvršku, zaťaženosť trate hmotnosťou a početnosťou vlakov, ako aj stabilita železničného spodku.

Diagnostika technického stavu koľaje sa vyhodnocuje z výsledkov relatívnych a absolútnych meraní. Relatívne merania zaisťujú meracie zariadenia (ručné vozíky, meracie vozne). Absolútne meranie sa vždy vzťahuje na vyhodnotenie priestorového tvaru koľaje. Zaisťuje sa geodetickými metódami. Spravidla nadväzuje na relatívnu metódu a využíva sa ako podklad na projektovanie opravy koľaje. Obidve diagnostické metódy majú svoje nezastupiteľné postavenie. Diagnostika koľaje na relatívnom princípe sa uplatňuje v etape medzi dvoma obnovami koľaje. Po prekročení určitej úrovne opotrebovania železničného zvršku a rozpadu geometrie koľaje je nutná diagnostika koľaje na absolútnom princípe geodetickými metódami.

V súčasnosti sa u nás používajú dve geodetické metódy na diagnostiku geometrického tvaru koľaje, a to **polygónová metóda** a **metóda dlhých tetív**. V zahraničí bola používaná metóda **papršlekov a tetív**. Na vytyčovanie je možné použiť aj **polárnu metódu**.

Výsledky geodetických meraní sa takto stávajú podkladom na vyhotovenie technického projektu komplexnej rekonštrukcie koľaje. Po jeho vyhotovení je úlohou geodézie vytýčiť projekt a dokumentovať jeho realizačný stav. Postupy vytyčovania oblúkov s prechodnicami sú uvedené v kap. 12.5.5

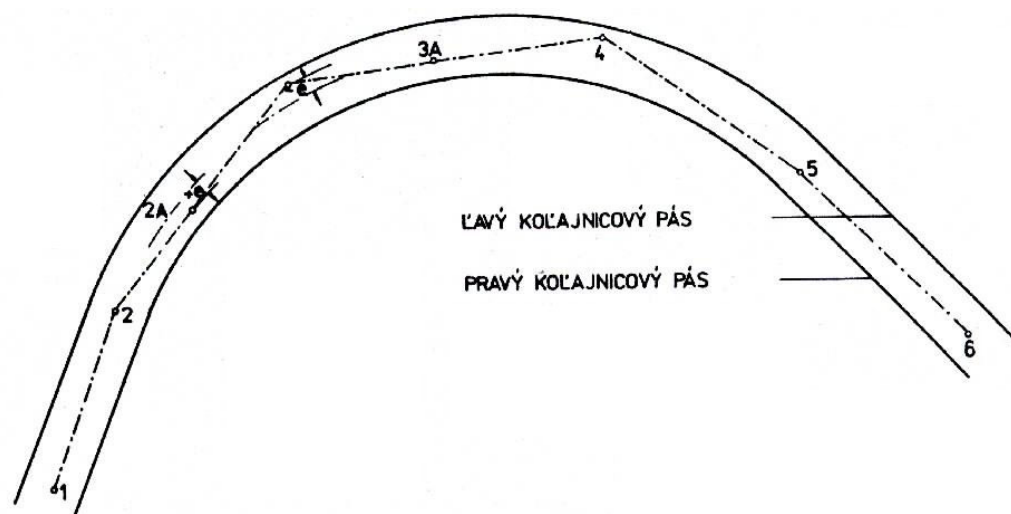
Celkové práce na technickom projekte komplexnej rekonštrukcie železničného zvršku rozdelíme na:

- a) prípravné práce,
- b) geodetické práce súvisiace so zameraním a vypočítaním starého (existujúceho) stavu – geometrického tvaru koľaje,
- c) návrh a výpočet nového stavu (projekčné práce),
- d) vyhotovenie technického projektu komplexnej rekonštrukcie železničného zvršku.
- e) vytýčenie nového stavu,
- f) zaistenie novej polohy osi koľaje zaistovacími značkami.

13.2.1 Polygónová metóda

Zásady voľby polygónu. Pri meraní kružnicových oblúkov polygónovou metódou vychádzame z vyrovnaných priamych úsekov trate, na ktorých volíme v osi koľaje prvú a poslednú stranu polygónu. Dbáme pri tom, aby dĺžky strán v priamom úseku trate boli čo možno najdlhšie. Pri krátkych priamych úsekoch zvolené polygónové strany súčasne predstavujú dotýčnice k príslušným oblúkom. Polygón stabilizujeme v osi koľaje alebo odsunutej v osi. V záujme voľby čo možno najdlhších polygónových strán posúvame vrcholy polygónu k vonkajšiemu koľajnicovému pásu o konštantnú vzdialenosť od osi, napr. $e = 0,50$ m (obr. 13.9), pritom dodržiavame zásadu, aby polygónové strany nepresahovali cez vnútornú hranu vymedzenú podkladnicami. Vzdialenosť polygónových bodov od osi koľaje meriame po normále. Polygónové body volíme na takých miestach, kde potrebujeme poznať presnú polohu koľaje, ako napr. na mostoch, prejazdoch, priepustoch, pri oporných múroch atď. Ak objekt, ktorého polohu musíme rešpektovať pri návrhu nového stavu je medzi polygónovými vrcholmi, v týchto miestach zvolíme a zastabilizujeme medziľahlé body (body 2A, 3A na obr. 13.9). Na elektrifikovaných tratiach polygónové body volíme v profiloch medzi stožiarimi trakčného vedenia, ktoré sú od seba vzdialené na 50 až 60 m. Pri voľbe vrcholov polygónu

dbáme tiež na to, aby sme mali na oblúku zvolené najmenej tri polygónové body, a aby sme na zložených oblúkoch správne vystihli zmeny v polomere. U protismerných oblúkov sa vyžaduje, aby sa dva polygónové body umiestnili súmerne k inflexnému bodu. Polygón sa na dvojkoľajnej trati zakladá len v jednej koľaji, zvyčajne v tej koľaji, v ktorej sú jednoduchšie smerové pomery.

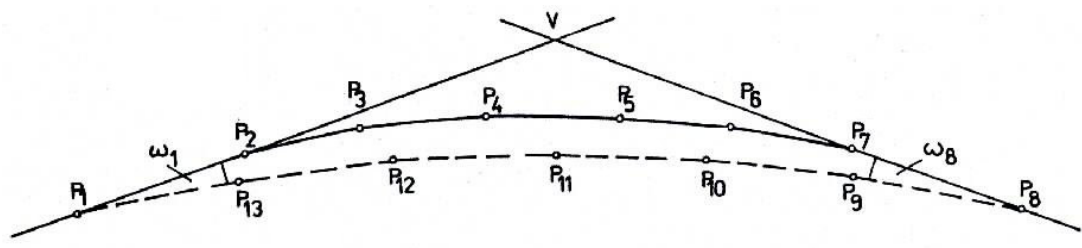


Obr. 13.9. Voľba polygónu medzi koľajnicovými pásmi

Stabilizácia a meranie polygónu. Body polygónu stabilizujeme na drevených podvaloch klinčekom, na oceľových a betónových podvaloch vyseknutým krížikom alebo jamkou. Stabilizáciu kolíkom použijeme v prípadoch mimoriadne zlého stavu železničného zvršku, keď nie je možnosť zaistenia polohy polygónového bodu, napr. na trakčné stožiare, existujúce zaistovacie značky atď.

Dĺžky strán polygónu meriame dvakrát komparovaným oceľovým alebo nevodivým pásmom (na elektrifikovaných tratiach) podľa zásad uvedených v kap. 5.1.2. K odmeraným dĺžkam priradujeme korekcie, hlavne z nesprávnej dĺžky pásma a teploty. S ohľadom na krátke dĺžky strán do 60 m, môžeme docieľiť centimetrovú presnosť odmeraných dĺžok.

Pri meraní uhlov polygónu, keďže sa uskutočňuje v priechodovom profile trate, nemôžeme použiť závislú centráciu. Uhly sa odporúča merať vo dvoch skupinách dvojsekundovým teodolitom, pričom pre každú skupinu merania opakujeme centráciu prístroja. Za krajný rozdiel uhlov odmeraných v 1. a 2. skupine považujeme hodnotu $20''$, ktorá vo vzdialenosti 60 m vyvolá priečnu odchýlku 2 mm. Meranie uhlov vo dvoch skupinách môžeme považovať za postačujúcu kontrolu správnosti merania vodorovných uhlov. V prípade, že sa polygón doplní o ďalšie vrcholy tak, aby tvoril uzavretý polygón, potom uhlový uzáver považujeme za kontrolný a nevyrovnávame ho. Dôvodom pre takého rozhodnutie sú ostré uhly ω_1 a ω_2 na obr. 13.10 a spravidla nerovnaká dĺžka strán osovej a mimoosovej časti polygónu.



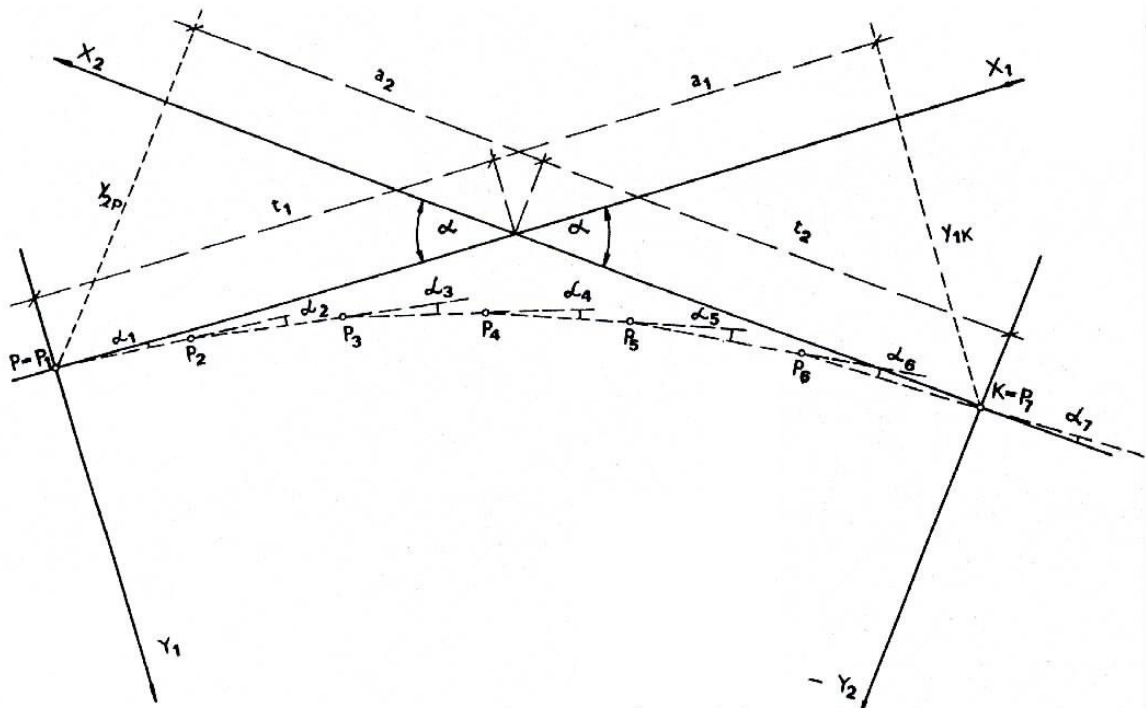
Obr. 13.10. Tvar uzavretého polygónu na kontrolu uhlového uzáveru

Z jednotlivých polygónových bodov odmeriame ďalej šírku železničnej pláne, osovú vzdialenosť (k 1. a 2. koľaji) zábradlí, okrajov mostov, návěstidiel, atď.).

Výpočet polygónu. Polygón vypočítame dvakrát k oboj dotýčniciam ako X -ovým osiam zvolených súradnicových systémov (obr. 13.11). Počiatky súradnicových systémov volíme v posledných bodoch na priamych úsekoch trate (body 1 a 7 na obr. 13.11).

Smerníky jednotlivých strán odvodíme z uhlov α_i , pričom posledný smerník je rovný stredovému uhlu α :

$$\begin{aligned}\sigma_{12} &= \alpha_1 \\ \sigma_{23} &= \alpha_1 + \alpha_2 \\ &\vdots \\ \sigma_{n,n+1} &= \alpha_1 + \alpha_2 + \dots + \alpha_n = \sum_{i=1}^n \alpha_i = \alpha\end{aligned}\quad (13.5)$$



Obr. 13.11. Výpočet polygónu

Súradnice polygónu vypočítame podľa známych zásad. Ďalej vypočítame kontrolné hodnoty súradníc

$$\begin{aligned}x_{1K} &= t_1 \pm a_1, \\ x_{2P} &= t_2 \pm a_2.\end{aligned}\quad (13.6)$$

Znamienka + alebo - pri a_1, a_2 dostaneme podľa toho, či $\alpha < 100^\circ$ alebo $\alpha > 100^\circ$. Hodnoty t_1, t_2, a_1, a_2 vypočítame z rovníc:

$$\begin{aligned}t_1 &= y_{2P} / \sin \alpha & a_1 &= y_{1K} / \operatorname{tg} \alpha, \\ t_2 &= y_{1K} / \sin \alpha & a_2 &= y_{2P} / \operatorname{tg} \alpha.\end{aligned}\quad (13.7)$$

Kontrola súradníc (13.6) so súradnicami vypočítanými polygónom predstavuje len počtársku kontrolu, pretože pri výpočte o použitie závislých veličín.

Návrh a výpočet nového stavu koľaje si naznačíme na jednoduchom oblúku, pre ktorý potrebujeme mať dané tri prvky, ktoré môžu byť (obr. 12.29)

- dve dotyčnice a polomer (t_1, t_2, r),
- dve dotyčnice s bodom dotyku (t_1, t_2, T_1),
- dve dotyčnice a bod na oblúku (t_1, t_2, A),
- dotyčnica, polomer a bod (t_1, r, A),

- dva body a polomer (A, B, r).

Vytýčené a vyrovnané priame úseky trate nám tvoria dotyčnice oblúkov. Spravidla ich volíme ako dané prvky (ak sú dostatočne dlhé). Tretí prvok volíme, môže to byť napr. pevný bod oblúka (bod na moste, priepuste atď.), alebo polomer. Určíme ho výpočtom (kap. 12.5.2), resp. použijeme v rovnakej hodnote akú mal podľa predchádzajúcich údajov. V praxi sa však stretávame so skutočnosťou, že rektifikovaný oblúk je preurčený a úlohou projektanta pri návrhu nového oblúka je súčasne splniť niekoľko požiadaviek:

- dodržať požiadavky STN 73 6360,
- zaistiť prechodový prierez 1 – SM,
- zlepšiť smerové a výškové pomery a tým umožniť zvýšenie traťovej rýchlosti,
- zaistiť priechodnosť ťažkej mechanizácie atď.

Pre zvolený polomer vypočítame posuny koľaje v priestore pevných bodov a porovnáme ich s odmeranými hodnotami možných posunov. Podľa rozdielov vypočítaných a možných posunov určíme nový návrh hodnoty polomeru.

Posun osi koľaje vo zvolenom (pri pevnom) bode je rovnicou

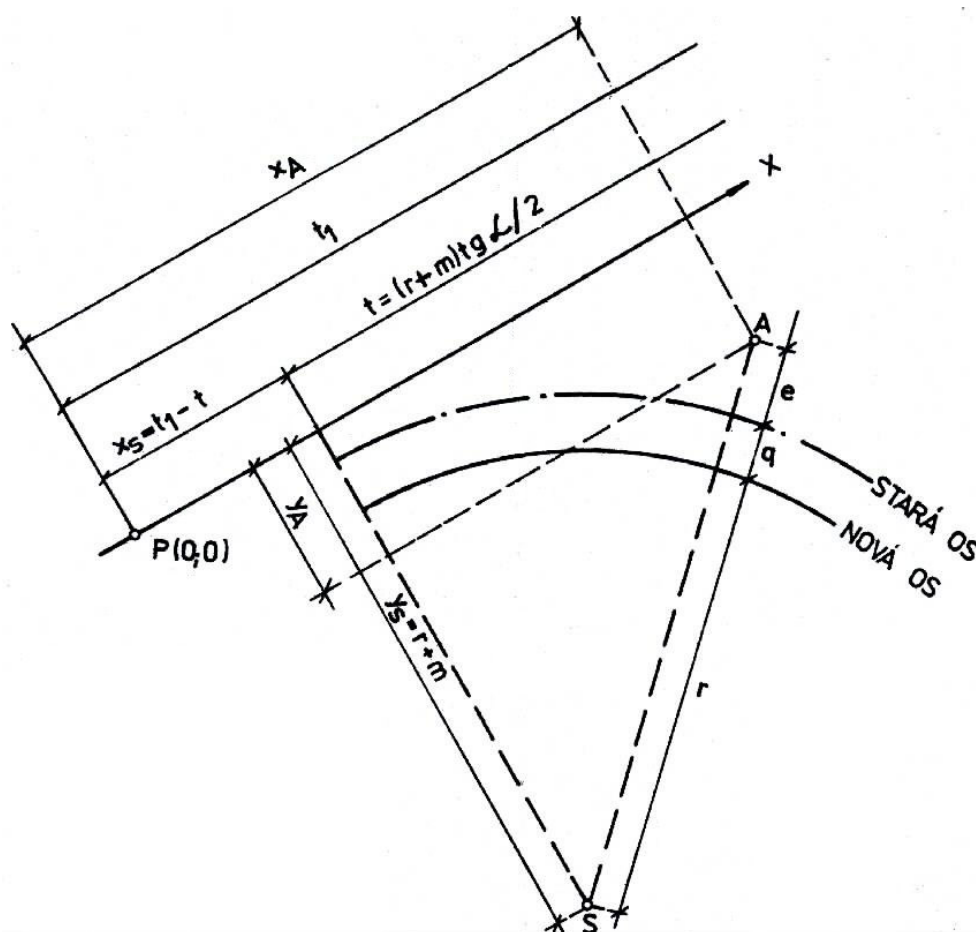
$$q = AS - e - r. \quad (13.8)$$

Vzdialenosť AS vypočítame podľa obr. 13.12

$$AS = \sqrt{(r + m - y_A)^2 + (x_A - x_S)^2}. \quad (13.9)$$

Ak je $q > 0$ posun koľaje smerom na vnútornú stranu oblúka.

Ak je $q < 0$ posun koľaje je smerom na vonkajšiu stranu oblúka.



Obr. 13.12. Výpočet posunov koľaje

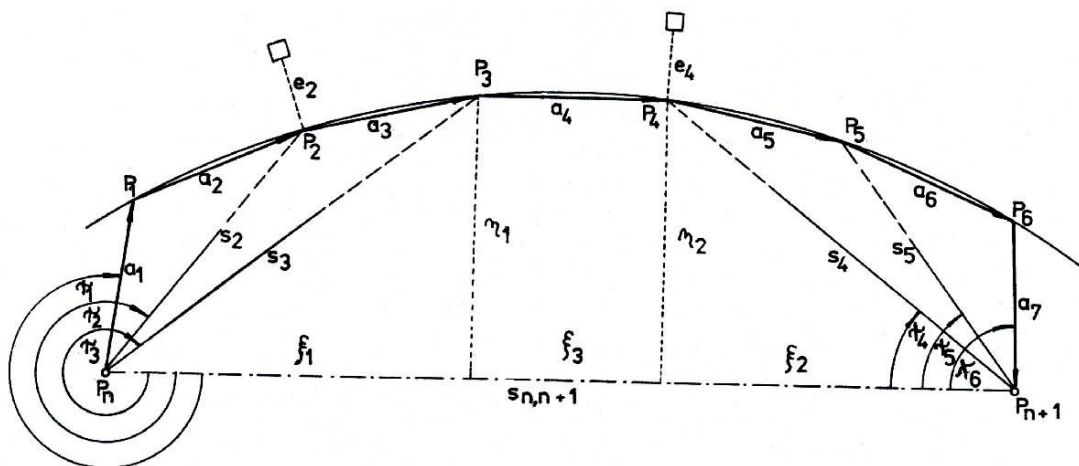
V prípade, že nie sú rozpory medzi vypočítanými a možnými posunmi koľaje, vypočítame nový stav koľaje, vytýčime ho a zaistíme zaistovacími značkami koľaje. Technológiu vytyčovania podrobných bodov kružnicového oblúka s prechodnicami sme si ukázali v kapitole 12.5.5.

Polygónová metóda sa aplikuje aj na súbežných dvojkoľajných tratiach. Vytýčenie 2. koľaje sa uskutočňuje od 1. koľaje v smere normál, ako je to ukázané v publikácii Kádner a kol.: Železniční geodézie a kartografie. NADAS. Praha 1985.

Veľkou nevýhodou polygónovej metódy je, že meranie a vytyčovanie koľaje sa uskutočňuje v priestore prechodového prierezu trate, pričom meračská skupina vykonáva svoju činnosť bez prerušenia prevádzky na trati. Táto skutočnosť viedla u nás a v zahraničí k hľadaniu nových metód na meranie a vytyčovanie koľaje, ktoré by vylúčili hlavne nutnosť postavenia prístroja v prechodovom priereze trate, pri dodržaní vyžadovanej presnosti rektifikácie koľaje.

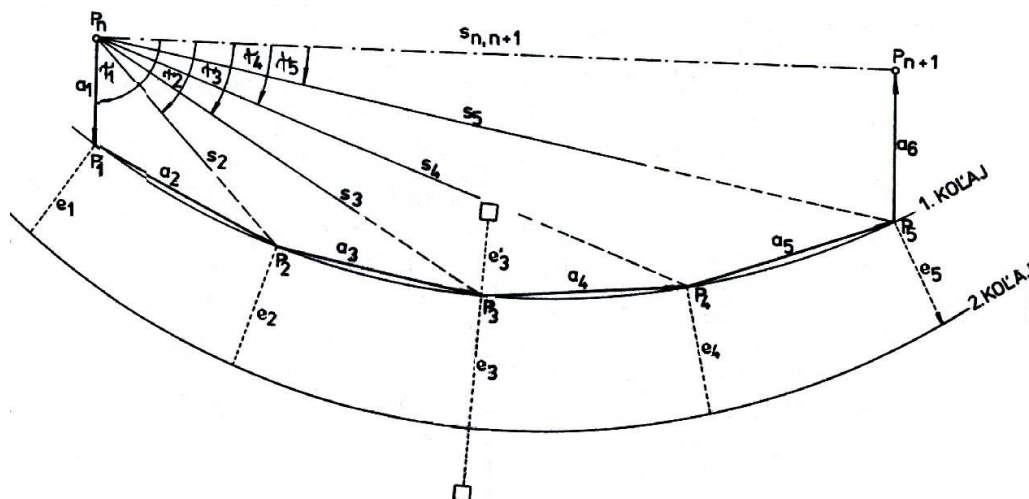
13.2.2 Metóda papršlekov a tetív (metóda semipolárnych súradníc)

Metóda papršlekov a tetív patrí k modifikovaným metódam merania starého stavu a vytyčovania nového stavu koľaje pomocou semipolárnych súradníc. Merané veličiny – uhly a dĺžky vyjadrujeme vo vzťahu k polygónu stabilizovanému mimo prechodový prierez trate. Polygón môžeme voliť obojstranne pripojený a orientovaný, alebo voľný s dĺžkami strán až do 300 m. V priamych úsekoch trate jeho strany volíme rovnobežne s osou koľaje a môžu mať hodnoty aj nad 300 m.



Obr

. 13.13. Princíp metódy papršlekov a tetív

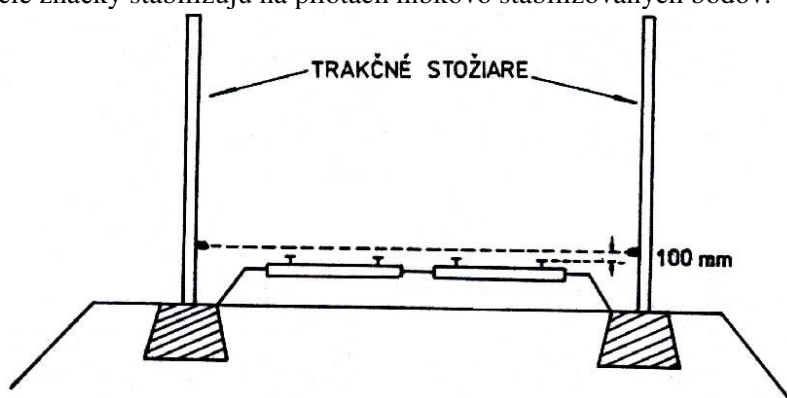


Obr. 13.14. Meranie podrobných bodov z jedného polygónového bodu

13.2.3 Metóda dlhých tetív (Brandenburgova metóda)

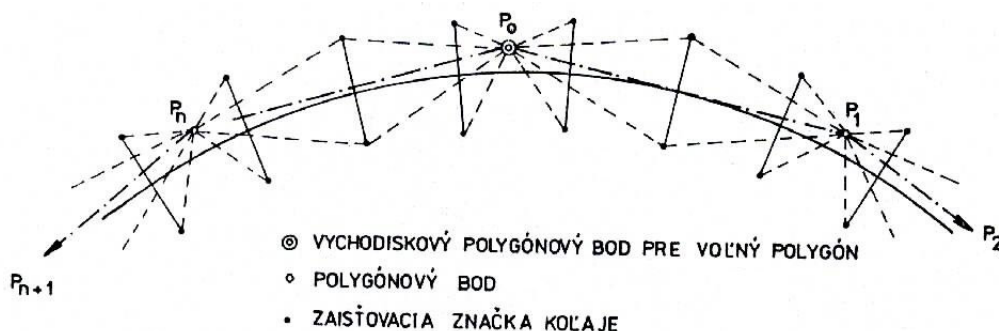
Za základnú metódu na meranie aktuálneho tvaru koľaje, pre všetky úrovne projektovania opráv koľaje, sa v súčasnosti považuje metóda dlhých tetív (MDT). Princípom metódy je meranie zaistovacích značiek koľaje z bodového poľa, ktoré je stabilizované mimo prechodový prierez trate. Poloha osi koľaje sa meria na meračskej priamke medzi naproti sebe ležiacimi zaistovacími značkami koľaje. Stabilizácia zaistovacích značiek koľaje v pevných železničných objektoch dáva záruku, že značky sa budú dať použiť na kontrolu geometrickej polohy koľaje v dlhšom časovom období.

Geometrická poloha koľaje sa zaistuje značkou konzolového typu v tvare valca (obr. 13.19). Na dvojkolejnej elektrifikovanej trati sa stabilizuje na protiahlých stožiaroch trakčného vedenia do výšky 500 mm nad temenom koľajnicového pásu (obr.13.16). Značky môžu byť tiež stabilizované do osvetľovacích stožiarov a návěstidiel, zárubňových a oporných múrov, stien tunelov atď. Klincová zaistovacia značka koľaje sa stabilizuje do nástupíšť, parapetov mostov a pod. Na neelektrifikovaných tratiach sa zaistovacie značky stabilizujú na pilótach hĺbkovo stabilizovaných bodov.



Obr. 13.16. Zaistovacie značky koľaje na trakčných stožiaroch

Poloha zaistovacích značiek sa meria polárnou metódou z bodov polygónu, ktorý je stabilizovaný na železničnom telese (obr. 13.17). Pri jednoduchšej aplikácii MDT sa polygón zakladá len v rozsahu kružnicového oblúka tak, ako pri polygómovej metóde. Aby sme sa vyhli jednostrannému hromadeniu chýb v takomto polygóne, počítame ho vo dvoch vetvách na obidve strany od bodu v strede polygónu.



Obr. 13.17. Postup merania hlavných bodov oblúka a zaistovacích značiek koľaje

Pri aplikácii MDT v súvislých úsekoch železničných tratí sú polygóny pripojené na body ZPBP, pri ktorých sa vyžaduje hodnota základnej strednej súradnicovej chyby $\overline{m}_{xy} \leq 0,015$ m alebo na body zhustené metódou GPS s rovnakou presnosťou. Pri zakladaní polygónu hľadáme súlad medzi presnosťou polohových geodetických základov, presnosťou meracích prístrojov zapojených do MDT, prirodzenou hustotou zaistovacích značiek koľaje, obvyklým dĺžkovým rozsahom opravných prác na trati tak, aby výsledok presnosti merania transformovaný do odchýlky medzi odmeraným a vypočítaným vzopätím bol v súlade s STN 73 6360.

Voľba dĺžok polygónov a dĺžok polygónových strán. Dĺžka polygónu pri príslušných rozmeroch jeho strán má byť taká, aby jeho presnosť vyjadrená strednou odchýlkou v priečnom smere η a pozdĺžnom smere ξ bola v koncovom bode v súlade s presnosťou ZPBP, na ktoré je polygón pripojený. Presnosť PPBP v krátkych polygónoch (malý počet vrcholov), ovplyvňuje nepresnosť bodov ZPBP. V dlhých polygónoch (pri väčšom počte vrcholov) výsledný účinok meračských chýb v koncovom bode nevyrovnaného polygónu prekračuje presnosť bodov ZPBP. Na vyjadrenie tvaru koľaje je vo väčšine prípadov významná iba priečna odchýlka.

Body polygónu sú stanoviskami merania MDT. Tvar koľaje vyjadrujeme systémom bodov v osi koľaje, ktorý je odmeraný z bodov PPBP alebo od zaist'ovacích značiek koľaje. Kritické miesto na vyjadrenie tvaru koľaje je v bode odmeranom z dvoch susedných stanovísk. Na polohu takto zmeraného bodu vplýva vzájomný vzťah presnosti stanovísk merania a samotná presnosť merania. Na ostatné body, z hľadiska vyjadrenia tvaru koľaje, vplývajú iba chyby z merania. Význam stykových bodov, okrem významu kontroly, je v znížení účinku priečnej odchýlky, ktorá je vyvolaná nepresnosťou PPBP. Nepriaznivý účinok priečnej odchýlky na stykovom bode znížime použitím priemernej hodnoty vypočítaných súradníc. Účelné je vyjadriť tvar koľaje s minimálnym počtom takto odmeraných bodov.

MDT na elektrifikovaných tratiach je viazaná na stabilizáciu zaist'ovacích značiek koľaje do trakčných stožiarov, ktoré sú od seba vzdialené asi v 60 m odstupoch. Analýzou presnosti bodového poľa v osi koľaje, použitého na projektovanie opráv koľaje, bolo odvodené optimálne rozmiestnenie oporných bodov ZPBP pozdĺž železničnej trate a dĺžok polygónových strán. Analýza bola vykonaná s cieľom overenia požiadavky, či je možné použiť každú zaist'ovaciu značku stabilizovanú do trakčného stožiara, ktorý sa nachádza v priestore prechodnice a oblúka, na kontrolu geometrie koľaje, tvorbu podkladov na projektovanie opravy koľaje a na vytýčenie projektu opravy koľaje. Pritom boli uvažované traťové rýchlosti do $V = 160 \text{ km h}^{-1}$, uplatnené na modernizovaných tratiach.

Záver z analýzy boli použité pri výpočte minimálnych vzdialeností s_{\min} medzi meranými bodmi, resp. zaist'ovacími značkami koľaje stabilizovanými do trakčných stožiarov. Pre hodnotu s_{\min} , ktorá je menšia ako pozdĺžna vzdialenosť medzi zaist'ovacími značkami koľaje, bol vyjadrený vzťah dĺžok polygónov $\sum s$ a dĺžok strán s v polygóne. Výpočet s_{\min} bol vykonaný tak, aby krajná nepresnosť merania premietnutá do priečného posunu koľaje ešte splnila požiadavku vyžadovaného geometrického tvaru koľaje bez neprípustných lomov a neprekročenia kritéria rozdielu susedných odchýlok vo vzopätí podľa STN 73 6360. Hodnoty s_{\min} sú uvedené v tab. 13.1.

Minimálna vzdialenosť medzi meranými bodmi (zaist'ovacími značkami koľaje) Tabuľka 13.1

V [km h ⁻¹]		[m]	
		1	2
$RP1$	$V \leq 60$	7	12
$RP2$	$60 < V \leq 90$	11	17
$RP3$	$90 < V \leq 120$	16	25
$RP4$	$120 < V \leq 160$	27	44
1) Meranie z jedného stanoviska		$\eta = 10,9 \approx 11$ mm	
2) Meranie z dvoch stanovísk		$\eta = 17,4 \approx 17$ mm	
RP je rýchlostné pásmo			

Údaj η v tab. 4.4 predstavuje priečnu odchýlku odmeraného bodu k osi koľaje. Veľkosť odchýlky je vyjadrená vo vzťahu k najbližšiemu bodu PPBP. Hodnota priečnej odchýlky η bola odvodená analýzou presnosti pre zaist'ovacie značky merané z jedného stanoviska a značky merané z dvoch susedných stanovísk pri použití koeficienta konfidencie t_{α} . Aby sme neprekročili priečnu

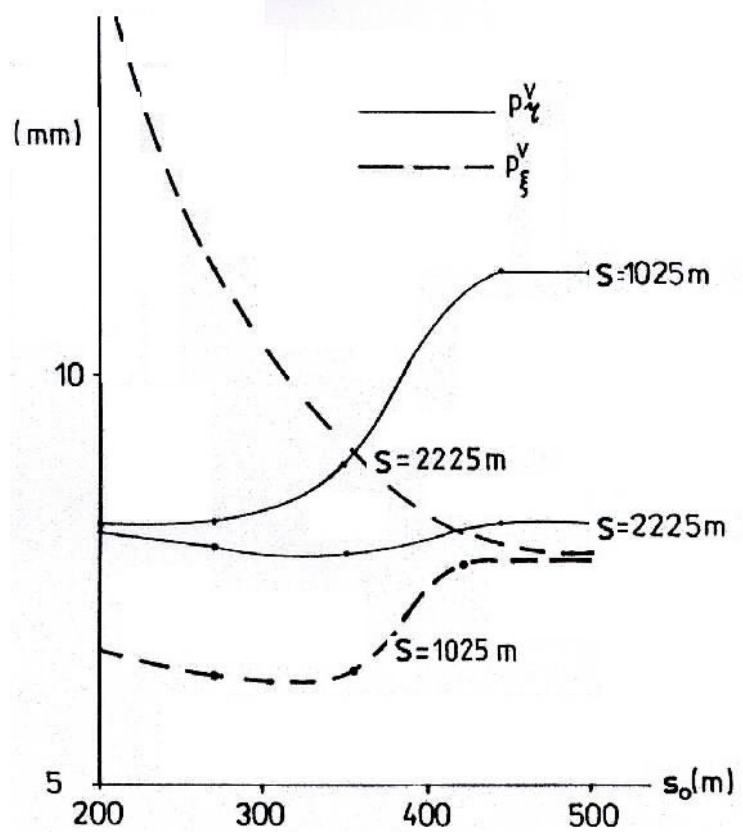
odchýlku η v tab. 13.1, vzdialenosť medzi odmeranými bodmi musí byť väčšia ako $s_{min.}$ pre príslušné rýchlostné pásmo. Znamená to, že na elektrifikovaných tratiach môžeme použiť každú zaist'ovaciu značku stabilizovanú na trakčnom stožiare na projektovanie opravy železničného zvršku v priestore kružnicového oblúka a na prechodnici. Na priamom úseku trate je možné použiť každú druhú, resp. každú tretiu zaist'ovaciu značku stabilizovanú do trakčného stožiara.

Aby hodnoty priečných odchýlok v tab. 13.1 neboli prekročené, je potrebné splniť nasledujúce podmienky:

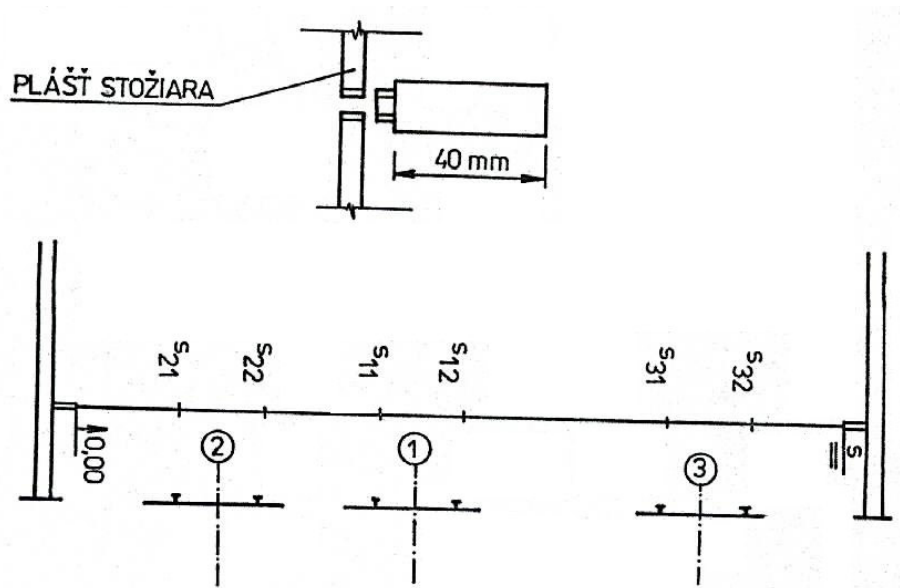
1. Polygóny je potrebné pripojiť na ZPBP určené so základnou strednou súradnicovou chybou

$$\bar{m}_{xy} = 15 \text{ mm.}$$

2. Použiť také prístrojové vybavenie, ktorým je možné zaistiť presnosť meraných uhlov a dĺžok vyjadrenú hodnotami základných stredných chýb $\bar{m}_\omega = 10''$, $\bar{m}_s = 5 \text{ mm.}$
3. Pri vzdialenostiach medzi bodmi ZPBP $S \approx 2000 \text{ m}$, resp. pri súčte dĺžok strán na oblúkovitom úseku trate $\sum s \approx 2250 \text{ m}$, je potrebné voliť dĺžky strán v intervale $350 \text{ m} < s < 500 \text{ m}$. Ak $S \approx 1000 \text{ m}$, resp. $\sum s \approx 1025 \text{ m}$ je potrebné dĺžky strán voliť v intervale $200 \text{ m} < s < 500 \text{ m}$ (obr. 13.18). Dĺžky polygónových strán $s \approx 350 \text{ m}$ predstavujú voľbu stanoviska merania v každom piatom profile medzi trakčnými stožiarimi. Vtedy je tretí profil zaist'ovacích značiek na trakčných stožiaroch stykovým profilom, meraným z oboch susedných stanovísk. V dlhších polygónoch ($S > 2000 \text{ m}$), je $s \approx 350 \text{ m}$ minimálnou dĺžkou polygónovej strany. V prípade nutnosti voľby kratších polygónových strán, je potrebné zhustiť ZPBP polygónom s dĺžkami strán v rozsahu 500 až 1000 m alebo metódou GPS.
4. Výpočet súradníc polygónu je potrebné vykonať s vyrovnaním metódou najmenších štvorcov.



Obr. 4.18. Vzťah dĺžok polygónov a strán v polygóne v prejave pozdĺžnej η a priečnej odchýlky ξ

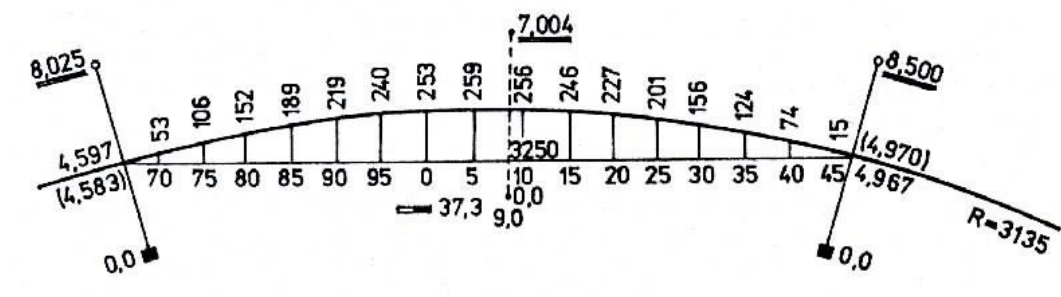


Obr. 13.19. Vyjadrenie polohy osi koľaje na meračskej priamke

Aktuálny tvar koľaje meriame v priestoroch HB kružnicového oblúka a medzi naproti sebe ležiacimi zaist'ovacími značkami koľaje. Osi koľaje meriame ako body na meračskej priamke (obr. 13.19). Os koľaje vo vzťahu k zaist'ovacím značkám je určená priemerom staničení na vnútorných (vonkajších) hranách hlavy ľavého a pravého koľajnicového pásu. Staničenie na koncovom bode meračskej priamky slúži na porovnanie s dĺžkou vypočítanou zo súradníc. Staničenia sa merajú komparovaným nevodivým pásmom s vyžadovanou silou napínania. V prípade, že zaist'ovacie značky nie sú v rovnakej výške, šikmo odmerané staničenia prepočítavame na vodorovné.

Okrem zaist'ovacích značiek sa polárnou metódou meria poloha vertikálne členených objektov, ktoré obmedzujú pozíciu osi koľaje (oporné múry, mostné konštrukcie, návestia a pod.) a k nim v smere normály bod v osi koľaje. Vtedy pri meraní os koľaje signalizujeme pomocou rozchodky.

Pri meraní sa trať klasifikuje smerovo a výškovo a meria sa tak, aby priame úseky boli vyjadrené najmenej dvoma bodmi a jednoduchý kružnicový oblúk aspoň jedným bodom. Oblúky na zloženom kružnicovom oblúku sa určujú minimálne tromi bodmi, alebo približnou veľkosťou polomeru určenou napr. zo vzopätia. Na identifikáciu priamych úsekov a oblúkov sa využívajú dostupné údaje z predchádzajúceho technického projektu rekonštrukcie koľaje. V prípade opakovaného analytického projektu sú k dispozícii všetky identifikačné a projekčné údaje z bázy údajov meraného definičného úseku.



Obr. 13.20. Vyjadrenie polohy osi koľaje pomocou dlhej tetivy

Po vyrovnaní a výpočte súradníc polygónu sa vypočíta aktuálny tvar koľaje vo vzťahu k zaist'ovacím značkám koľaje v súlade s krokom automatickej strojnej podbíjačky, napr. po 5 m. Vyžadovanú novú polohu osi koľaje vyjadríme vo forme staničenia medzi protiahlými zaist'ovacími značkami koľaje (obr. 13.20). Medzi týmito bodmi vytýčime dlhú tetivu a k nej vyžadované vzopätia,

ktoré porovnáme s existujúcimi vzopätiami. Rozdiely predstavujú posuny koľaje, ktoré má realizovať automatická strojná podbíjačka.

13.2.4 Metóda polárnych súradníc

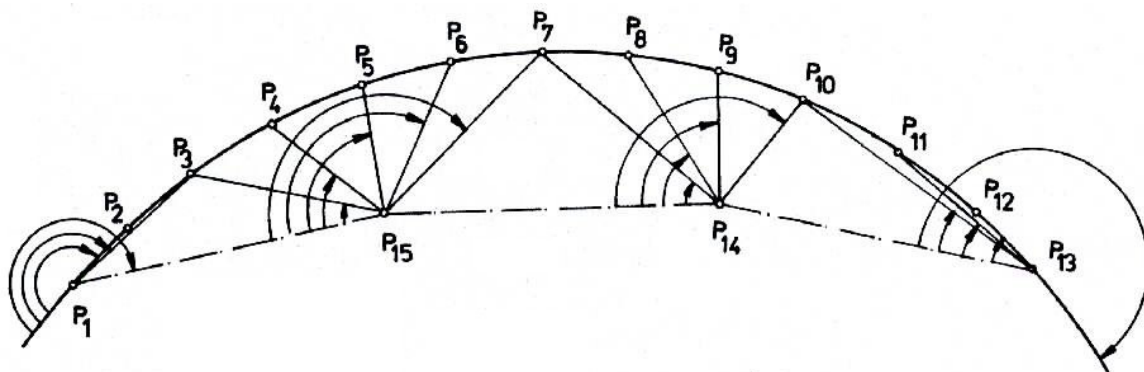
Starý stav meriame na odsadenej osi koľaje. Merané body stabilizujeme na vonkajšej hrane koľajnicového pásu ryskou a zaistujeme ich v smere normály na trakčné stožiare, staré zaitovacie značky koľaje atď.

Prvé a posledné dva body polygónu stabilizujeme v priamych úsekoch trate, ostatné body stabilizujeme mimo prechodový prierez koľaje (obr. 13.21). Dĺžky strán polygónu volíme do 300 m. Uhly v polygóne meriame s využitím závislej centrácie. Polygón počítame tak, ako u polygónovej metódy, stredový uhol vypočítame podľa rovníc (13.5).

Súradnice bodov na oblúku vypočítame zo súradníc vrcholov polygónu a meraných polárnych súradníc s_i a ψ_i . Dĺžky meriame elektronickým teodolitom zaistujúcim presnosť dĺžok 5 mm. Uhly meriame v jednej skupine s presnosťou $20''$.

Vnútnú presnosť merania kontrolujeme na stykových bodoch P_3, P_7, \dots odmeraných z vrcholov susedných polygónov.

Výpočet nového stavu koľaje je rovnaký ako u polygónovej metódy. Metódu polárnych súradníc je vhodné aplikovať u dlhých plochých oblúkov.



Obr. 13.20. Meranie koľaje metódou polárnych súradníc.

13.2.5 Spracovanie výsledkov merania

Racionalizačný prvok v spracovaní odmeraných údajov priniesli elektronické teodolity. Výsledkom merania sú identifikačné údaje a súradnice bodov v dátovom termináli elektronického teodolitu, z ktorého sa dajú priamo previesť do počítača. Zvyčajne manuálny zápis dát v teréne, následné spracovanie dát s ich prenos do počítača vstupným médiom, býva zdrojom ojedinelých chýb, ktoré spôsobujú haváriu výpočtu a jeho opakovanie. Overovacím testom dát zo zberného terminálu sa takýto zdroj chýb dá úplne vylúčiť.

Počítačové spracovanie výsledkov merania vyúsťuje do analytického projektovania rekonštrukcie koľaje. Optimalizáciou polohy koľaje s vyrovnaním MNS na priamych úsekoch a kružnicových oblúkoch sa minimalizujú priečne posuny koľaje. Analytickým výpočtom určíme vytyčovací prvky nového stavu od zaistovacích značiek koľaje. Celý proces od merania po vytyčovanie spracuje počítač.

13.3 GEODETICKÉ PRÁCE V MOSTNOM STAVITELSTVE

Tak ako u všetkých stavebných odboroch, rozvoj mostného staviteľstva prináša nové úlohy pre spoluprácu geodetov a stavebných inžinierov. Tieto úlohy špecifikuje stavebné zameranie mostných konštrukcií a druh stavebnej činnosti, či sa jedná o novostavbu, rekonštrukciu, alebo obnovu mostu, ktorá sa realizuje v mierových alebo iných mimoriadnych podmienkach. Zo stavebného hľadiska nie sú závažné rozdiely medzi mostom určeným pre cestnú alebo železničnú dopravu. Na podklade celkovej investičnej úlohy líniovej stavby, pre stavbu mostného objektu vyhotovujeme geodetické projekčné a stavebno-inžinierske podklady, ktoré sú vo forme číselnej (polohové a výškové bodové pole, dĺžka mostnej osi, rozmery existujúcej mostnej konštrukcie, parametre prilahlých oblúkov k mostnému objektu, objemy násypov a výkopov, atď.) a grafickej, či vektorovej (mapa v mierke 1:1000 resp. 1:500 z priestoru mosta, pozdĺžny profil a priečne profily, atď.). Ďalej vytýčime vyžadované charakteristické body, ktoré stabilizujeme tak, aby bolo možné z nich vykonávať kontrolu stavebného postupu, resp. podrobné vytýčenie stavby. Pred odovzdaním mostu do prevádzky pri zaťažovacej skúške overujeme, či je súlad medzi teoreticky predpokladanými a empiricky zistenými posunmi vo vodorovnom a zvislom smere.

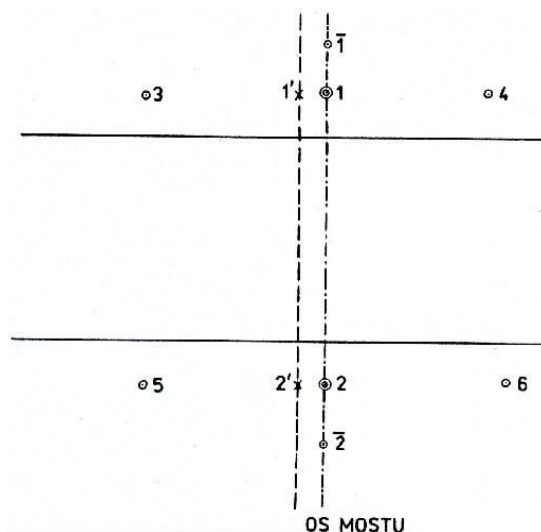
13.3.1 Tvorba bodového poľa pre vytýčovanie a kontrolné merania na mostnom objekte

Počet a hustota bodov pre polohové a výškové meranie a vytýčovanie mostného objektu závisí od konfigurácie terénu a druhu mostu. V zásade počet bodov by mal byť taký, aby spĺňal požiadavku všestranného použitia od tvorby podkladov pre projekt, vytýčovacie práce, kontroly počas stavby mostu až po odovzdanie mostu do prevádzky. Pre účely stavby mostu niekedy postačí, ak polohové a výškové bodové pole vybudujeme v miestnom súradnicovom a výškovom systéme, z ktorého prípadnou transformáciou súradníc prejdeme do príslušného používaného systému (JTSK a Bpv).

Vytyčovacíu sieť volíme tak, aby jej dva body boli totožné, alebo ležali na rovnobežke s osou mostu. Ďalšie body rozmiestnime po stranách vo vzdialenosti asi $1/2$ dĺžky premostenia (obr. 13.22). Minimálny počet bodov je 6 (z toho 3 na každej strane mosta), optimálny počet bude závislý na veľkosti mosta, konštrukčnej zložitosti ako aj terénnych pomeroch.

Body 1 a 2 (obr. 13.22) zaisťujeme proti zničeniu na predĺženej osi mosta.

Body stabilizujeme zabetónovanými železnými trúbkami prípadne iným vhodným materiálom, stabilizovaným minimálne 1,2 m do terénu.



Obr. 13.22. Schéma rozmiestnenia vytyčovacej siete

Výškové bodové pole volíme na prirodzene stabilizovaných bodoch (napr. päťka stožiara trakčného vedenia, skrutka na stožiar VVN atď.) a na bodoch polohovej siete. Doporučený počet výškových bodov je totožný s počtom polohových bodov.

Bodové pole stabilizujeme v takých miestach, kde môžeme očakávať, že nedôjde k jeho zničeniu. Pre obnovu stabilizácie bodov je vhodné zaisťovať body presnými omernými mierami od existujúcich objektov. Pritom je potrebné mať na zreteli, že hodnota presnosti bodu po obnove sa znižuje.

Bodové pole na oboch stranách mosta určíme v spoločnom súradnicovom a výškovom systéme.

Polohové zhustenie bodového poľa u malých (do 25 m) a stredných mostov (od 25 do 60 m) zaisťujeme polygónmi, u veľkých mostov (nad 60 m) trojuholníkovými, resp. štvoruholníkovými reťazcami. Výškové určenie u malých a stredných mostov uskutočníme geometrickou niveláciou zo stredu a technológiou TN, u veľkých mostov s technológiou PN.

Súčasne s tvorbou bodového poľa určíme dĺžku v osi mosta, ktorú zapojíme do polygónu alebo trojuholníkového reťazca. Presnosť určenia dĺžky mostnej osi môže byť rozdielna, riadi sa charakterom, dôležitosťou a veľkosťou mosta. Vyjadruje sa pomernou chybou $m_s : s = 1:5000$ až $1:10\,000$, kde m_s je stredná chyba meranej dĺžky. Napr. pre $s = 100$ m presnosť dĺžky osi mosta má byť 20 až 10 mm.

13.3.2 Vytýčenie charakteristických bodov osi mosta

Charakteristické body mosta sú určené projektom. Spravidla sú nimi koncové body osi mosta, zvyčajne v lici krajných opôr vo výške vrchnej hrany uloženého prahu, v stredoch pilierov, resp. body v osi rozdeľujúcej most na úseky o dĺžke 100 m.

Hlavné výškové body umiestňujeme do maximálnej vzdialenosti 100 m od charakteristických bodov osi na začiatku a na konci mosta.

Charakteristické body osi mosta vytyčujeme podľa dispozície vytyčovacieho výkresu a to: metódou polárnych súradníc a uhlovým pretínaním napred.

Vytyčovanie metódou polárnych súradníc aplikujeme pri využití elektronického teodolitu. U dĺžok $s \leq 50$ m s malým prevýšením použijeme komparové pásmo. Uhlové pretínanie pri $s > 50$ m môžeme považovať za náhradnú metódu vytyčovania metódou polárnych súradníc.

Charakteristické body výškovo vytýčime geometrickou niveláciou zo stredu a technológiou TN, pokiaľ nie je projektantom vyžadovaná vyššia presnosť. Vtedy použijeme PN.

Kritériom presnosti vytýčenia priestorovej polohy charakteristických bodov osi mosta sú krajné pozdĺžne, priečne, dĺžkové a výškové odchýlky. Hodnoty krajných odchýlok vymedzuje STN 73 0422 Presnosť vytyčovania líniových a plošných objektov.

13.3.3 Vytyčovanie spodnej stavby mosta

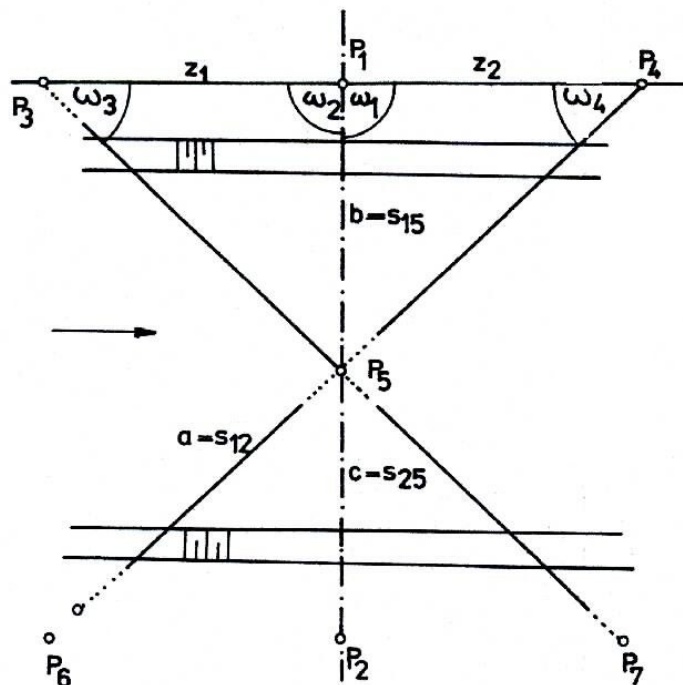
Priestorové vytyčovanie objektov spodnej stavby mosta účelne vykonáme metódou polárnych súradníc a TN. Vytyčovanie tohto druhu je hodnotené podľa STN 73 0422 ako podrobné vytyčovanie, ktoré z hľadiska požiadaviek na presnosť delíme na vytyčovanie podrobných bodov pre zemné a betonárske práce (základy, pätky, opory, piliere atď.) a podrobné body mosta (na pilieroch, oporách atď.) a to vrátane ich zaisťovania a určenia výšok z hlavných výškových bodov.

Z hľadiska metodiky vytyčovania je potrebné osobitne si všimnúť vytyčovanie mostných pilierov vo vodnej prekážke. Vytýčenie môžeme zaisťovať:

- laserovým teodolitom,
- pomocou dvoch teodolitov.

Laserovým teodolitom vytýčime smer a vyžadovanú vzdialenosť, v ktorej sa má nachádzať pilier. Vytýčenie pomocou dvoch teodolitov je podľa obr. 13.23 uhlovým pretínaním napred, keď uhly ω_3 a ω_4 určíme z vytyčovacích prvkov (a , b , c) a veľkosti základníc (z_1 a z_2).

Okrem vytyčovania polohy piliera vo vodnej prekážke sa počíta s účasťou geodeta pri sledovaní vniku pilóty pri baraní.



Obr. 13.23. Vytýčenie mostného piliera pretínania napred

13.3.4 Kontrolné geodetické merania v priebehu výstavby mostného objektu a po jeho ukončení

V priebehu výstavby mosta kontrolnými geodetickými meraniami sa etapovito overuje, či postup stavebných prác je v súlade s projektom. Geodetické merania v priebehu výstavby sú tiež nevyhnutné pre realizáciu niektorých montážnych prác a pre celkový postup prác, ako je to napr. u mostov oceľovej konštrukcie. Medzi geodetické práce zahrňujeme:

- vytýčenie vysúvacích stolíc,
- vyznačenie miest pre uloženie ložísk,
- meranie priehybu previslých koncov konštrukcie,
- určenie smerovej odchýlky vysúvaných konštrukcií,
- kontrola zvislosti podpôr atď.

Na splnenie vyznačených úloh sú často nevyhnutné doplňujúce geodetické výpočty vytyčovacích prvkov, resp. výpočty na určenie existujúcej priestorovej polohy kontrolovaných bodov, dĺžok, prevýšení atď. Je potrebné mať tiež na zreteli, že merania sa uskutočňujú už z vybudovaného bodového poľa, ktoré sa nachádza v priestore stavby. Presuny mechanizmov môžu poškodiť stabilizáciu bodového poľa. Pred závažnejšími geodetickými prácami sa doporučuje overovať priestorovú stabilitu bodov vytyčovacej siete.

Geodetické merania v priebehu spodnej stavby mosta a pri montáži mostných konštrukcií majú za cieľ korigovať odchýlky, ktoré vznikli v priebehu stavebných prác. Môžeme ich zaistiť dvojakým spôsobom:

1. opakovaným vytýčením,
2. zameraním skutočného stavu a jeho porovnaním s vytyčovacími prvkami.

V prvom prípade rozdiel medzi vytýčenou a danou polohou predstavuje skutočnú stavebnú odchýlku, v druhom prípade sa jej hodnota získa početne.

Po ukončení stavby mostného objektu pred jeho odovzdaním do prevádzky je potrebné preukázať jeho prevádzkovú spôsobilosť a bezpečnosť. Tento cieľ sa dosahuje predpísanými prehliadkami, zaťažovacími skúškami a dôslednou realizáciou prijatých opatrení.

Z analýzy predpísaných prehliadok (hlavné, periodické, mimoriadne) a dôkazových zaťažovacích skúšok vyplývajú pre meračské práce tieto základné úlohy:

- meranie zvislých posunov a pretvorení,
- meranie vodorovných posunov a pretvorení,
- meranie napätí.

Limitujúcim faktorom pre výber metódy merania je presnosť a rýchlosť merania a operatívne vyhodnocovanie. Z týchto hľadísk na meranie zvislých posunov a pretvorení geodetickými metódami je najvhodnejšia metóda presnej nivelácie (PN). Na určovanie vodorovných posunov podpôr, konštrukcií alebo ich častí môžeme použiť metódu zámernej priamky. Na meranie napätí prichádzajú do úvahy fyzikálne metódy. Postupy merania priestorových posunov a pretvorení stavebných konštrukcií sú uvedené v kap. 14.