

ZAŁĄCZNIK 1

Przykład obliczeniowy 1 – odcinek drogi jednojezdniowej o zmiennym pochyleniu podłużnym niwelety

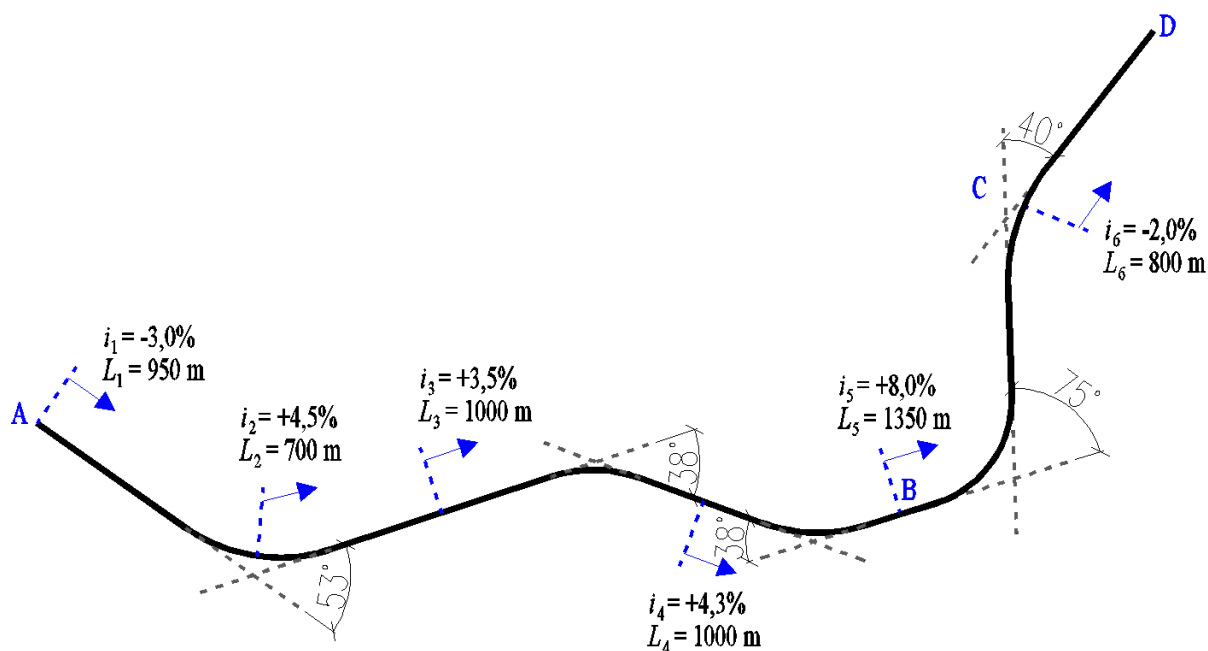
Przykład obliczeniowy dotyczy projektu przebudowy odcinka drogi krajowej klasy GP, na którym występował podjazd o pochyleniu podłużnym przekraczającym dopuszczalne wartości. W celu zmniejszenia jego negatywnego wpływu na warunki ruchu pojazdów, głównie ciężarowych (niski PSR) zaproponowano zmianę przebiegu trasy i zmniejszenie pochyłeń podłużnych. W newralgicznym miejscu zaprojektowano pochylenie podłużne wynoszące 8% (wartość maksymalna dla drogi klasy GP, przy $V_p = 60$ km/h wg [4]) o długości 1,35 km. Schemat zaprojektowanej trasy i niwelety drogi przedstawiono na rys. Z1.1 i Z1.2. W celu sprawdzenia czy zaproponowane zmiany poprawią warunki ruchu na drodze wykonano analizę projektową (szczegółową) w roku prognozy.

Dane do obliczeń:

- natężenie miarodajne w analizowanym kierunku o większym natężeniu ruchu: $Q_m = 743$ P/h (wyznaczone w przykładzie nr 1 w tomie III),
- udział pojazdów ciężkich: $u_c = 21\%$,
- długość analizowanego odcinka drogi: $L = 5,8$ km,
- szerokość pasa ruchu: $s = 3,5$ m, bez utwardzonych poboczy,
- gęstość zjazdów: $g_z = 15$ zjazdów/km.

Przebieg drogi w planie

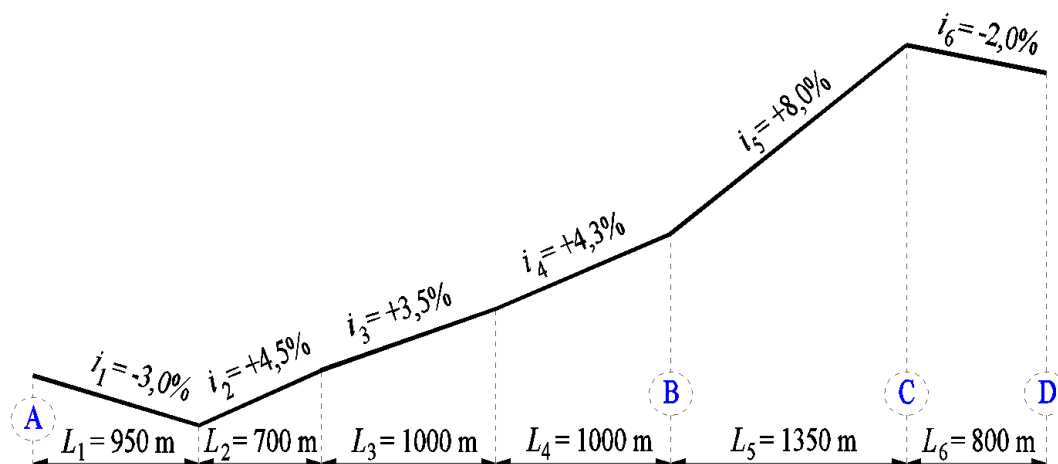
Poniżej przedstawiono schematyczny rysunek projektowanej trasy drogi, z danymi potrzebnymi do obliczeń. Na rysunku zaznaczono miejsca w których następuje zmiana pochyłeń podłużnych wraz z ich długościami.



Rys. Z1.1. Elementy składowe trasy analizowanego odcinka drogi

Przebieg drogi w profilu podłużnym

Schematyczny przebieg niwelety przedstawiono na poniższym rysunku.



Rys. Z1.2. Pochylenia podłużne niwelety i ich długości na analizowanym odcinku drogi

W kolejnych krokach analizy wykonano podział analizowanego odcinka na odcinki składowe wg zaleceń podanych w p. 4 oraz obliczono pozostałe dane niezbędne do wyznaczenia średniej prędkości potoku pojazdów V .

Krok 1: podział analizowanego odcinka na odcinki składowe

Zgodnie z zapisami przedstawionymi w p. 4 wprowadzono podział na 3 odcinki składowe:

odcinek I: A ÷ B, obejmujący pochylenia niwelety od i_1 do i_4 o łącznej długości 3650 m,

odcinek II: B ÷ C, obejmujący pochylenie i_5 o długości 1350 m,

odcinek III: C ÷ D, obejmujący pochylenie i_6 o długości 800 m.

Krok 2: wyznaczanie średnioważonego pochylenia podłużnego i_w

Średnioważone pochylenie podłużne i_w (wzór (6.4)) przyjmuje następujące wartości:

$$\text{Odcinek składowy I: } i_w = \frac{(-3,0) \cdot 0,95 + 4,5 \cdot 0,7 + 3,5 \cdot 1,0 + 4,3 \cdot 1,0}{3,65} = 2,22\%,$$

$$\text{Odcinek składowy II: } i = i_w = 8,0\%,$$

$$\text{Odcinek składowy III: } i = i_w = -2,0\%.$$

Krok 3: wyznaczanie krętości drogi kr

Krętość obliczona ze wzoru (6.2) przyjmuje następujące wartości:

$$\text{Odcinek składowy I: } kr = \frac{53 + 38 + 38}{3,65} = 35,3 \text{ } ^\circ/\text{km},$$

$$\text{Odcinek składowy II: } kr = \frac{75 + 40}{1,35} = 85,2 \text{ } ^\circ/\text{km},$$

Odcinek składowy III: $kr = \frac{40}{0,8} = 50,0 \text{ } ^\circ/\text{km}$.

Krok 4: przyjęcie wyjściowej prędkości w ruchu swobodnym V_{sw} i obliczanie średniej prędkości potoku pojazdów V

Z tablicy 6.1 odczytano wartość wyjściowej prędkości w ruchu swobodnym V_{sw} , która dla szerokości pasa ruchu 3,5 m, bez opaski i utwardzonych poboczy wynosi 92,6 km/h.

Podstawiając dane do wzoru (6.5) otrzymano następujące wartości średnie prędkości potoku pojazdów:

Odcinek składowy I: $V_I = 92,6 - 0,0272 \cdot 743 - 0,10 \cdot 35,3 - 0,125 \cdot 15 - 0,145 \cdot |2,22| \cdot 21 = 60,2 \text{ km/h}$

Odcinek składowy II: $V_{II} = 92,6 - 0,0272 \cdot 743 - 0,10 \cdot 85,2 - 0,125 \cdot 15 - 0,145 \cdot |8,0| \cdot 21 = 37,6 \text{ km/h}$

Odcinek składowy III: $V_{III} = 92,6 - 0,0272 \cdot 743 - 0,10 \cdot 50,0 - 0,125 \cdot 15 - 0,145 \cdot |-2,0| \cdot 21 = 59,4 \text{ km/h}$

Dla każdego z odcinka składowego przyjęto średnią gęstość $g_z = 15$ zjazdów/km.

Krok 5: obliczenie gęstości ruchu k i określenie PSR dla odcinka składowego z najniższą średnią prędkością potoku pojazdów

Na tym etapie analiz należy sprawdzić, czy na analizowanych odcinkach składowych nie wystąpi poziom swobody ruchu E lub F . W tym celu należy wyznaczyć gęstość ruchu k (wzór (6.6)) dla odcinka składowego z najniższą średnią prędkością potoku pojazdów V , czyli dla odcinka składowego II.

$$k = \frac{743}{37,6} = 19,8 \text{ P/km}$$

Gęstość ruchu na odcinku składowym II wynosi 19,8 P/km, co odpowiada $PSR D$ (wg. tabl. 2.1), dlatego można przystąpić do wyznaczenia średnioważonej prędkości potoku pojazdów V_w ze wzoru (6.7), reprezentującej prędkość na całym analizowanym odcinku.

Krok 6: obliczenie średnioważonej prędkości potoku pojazdów V_w na całym analizowanym odcinku drogi

$$V_w = \frac{60,2 \cdot 3,65 + 37,6 \cdot 1,35 + 59,4 \cdot 0,8}{5,8} = 54,8 \text{ km/h}$$

Krok 7: obliczenie gęstości ruchu k i określenie PSR na całym analizowanym odcinku drogi

$$k = \frac{743}{54,8} = 13,5 \text{ P/km}$$

Przyrównując uzyskany wynik gęstości ruchu do zakresów poziomów swobody ruchu, podanych w tab. 2.1, stwierdzono, że na całym analizowanym odcinku występuje **PSR C**. Przyjęty sposób przebudowy trasy i niwelety analizowanego odcinka drogi wpłynie na poprawę warunków ruchu w roku prognozy.

Krok 8: wyznaczenie przepustowości C analizowanego odcinka drogi

Analizowany odcinek składa się z trzech odcinków składowych. Przepustowość określa się dla odcinka składowego, w którym średnia wartość prędkości potoku pojazdów V_i przyjmuje najniższe wartości, a warunki ruchu (PSR) określone są jako najgorsze. W przedstawionym przykładzie będzie to odcinek składowy II.

Wartość przepustowości określa się przy gęstości ruchu granicznej dla $PSR E/F$ wynoszącej 25 P/km, ze wzoru (6.8):

$$C = 14,881 \cdot (92,6 - 0,10 \cdot 85,2 - 0,125 \cdot 15 - 0,145 \cdot |8,0| \cdot 21) = \mathbf{861 \text{ P/h}}$$

Prędkość, przy której osiągnięta jest przepustowość wyliczyć można ze wzoru:

$$V = \frac{861}{25} = \mathbf{34,4 \text{ km/h}}$$

Przepustowość analizowanego odcinka drogi determinowana przez odcinek składowy II, dla którego uzyskano najgorszy PSR wynosi 861 P/h i jest osiągnięta przy prędkości 34,4 km/h oraz gęstości ruchu 25 P/km.

Krok 9: wyznaczenie stopnia obciążenia X , rezerwy przepustowości ΔC oraz natężenia krytycznego Q_k^C

Korzystając ze wzorów (6.9), (6.10) i (6.11) można wyznaczyć wartości stopnia obciążenia X , rezerwy przepustowości ΔC oraz natężenia krytycznego Q_k^C przy $PSR C$ dla analizowanego odcinka drogi.

$$X = \frac{743}{861} = \mathbf{0,86}$$

$$\Delta C = 861 - 743 = \mathbf{118 \text{ P/h}}$$

$$Q_k^C = \frac{1}{\frac{1}{15} + 0,0272} \cdot (92,6 - 0,10 \cdot 42,0 - 0,125 \cdot 15 - 0,145 \cdot |2,98| \cdot 21) = \mathbf{825 \text{ P/h}}$$

Krętość kr i średnioważone pochylenie podłużne i_w wyznaczone dla całego analizowanego odcinka wynosi $42,0 \text{ }^\circ/\text{km}$ i $2,98\%$. Graniczną wartość gęstości $k_{PSR_C} = 15 \text{ P/km}$ odczytano z tablicy 2.1.