

SZYBKI I WYGODNY SPOSÓB OBLICZANIA EFEKTYWNYCH PRĘDKOŚCI Z HODOGRAFÓW REFLEKSYJNYCH

PRACE sejsmiczne w wielu fazach cechuje ogromna pracowitość. Jedną z bardziej pracowitych faz jest obliczanie efektywnych prędkości z hodografów refleksyjnych. Na zagadnienie to od niedawna zwrócono u nas uwagę, mimo że należy ono do podstawowych przy stosowanej u nas metodyce prac sejsmicznych, zarówno refleksyjnych jak i refrakcyjnych. Każdy więc ze sposobów obliczania prędkości efektywnych, mniej pracowity, przy odpowiedniej jego dokładności powinien znaleźć zastosowanie (oczywiście we właściwych warunkach jego użycia), by z jednej strony zmniejszyć nakład pracy, z drugiej zaś przyczynić się poprzez wygodniejszą i szybszą pracę do jak najbardziej szczegółowego naświetlenia zagadnienia prędkości średnich w każdym niemal temacie sejsmicznym.

Mając to na względzie, podaję wygodny sposób szybkiego obliczania efektywnych prędkości z hodografów refleksyjnych, przy użyciu prostego diagramu suwaka logarytmicznego.

Jak wiadomo równaniem hiperboli hodografu refleksyjnego dla powierzchni odbijającej, pochylonej w odniesieniu do jej minimum jest:

$$t = \frac{1}{V} \sqrt{x^2 + Z^2} \quad (1)^*$$

gdzie: x jest odległością geofonu od punktu pod minimum hiperboli, Z jest pionową odległością od tego punktu do punktu odpowiadającego lustrzanemu odbiciu punktu strzałowego, V oznacza tu prędkość, zaś t stanowi czas przebiegu fali od lustrzanego odbicia punktu strzałowego do dowolnego punktu profilu.

Oznaczamy czas w punkcie minimum hiperboli przez t_0 .

Wartość x dla tego punktu, zgodnie z obranym układem, równa się zeru.

Tak więc $t_0 = \frac{1}{V} Z$, zaś wartość t wyraża równanie (1).

Utwórzmy różnicę kwadratów czasów:

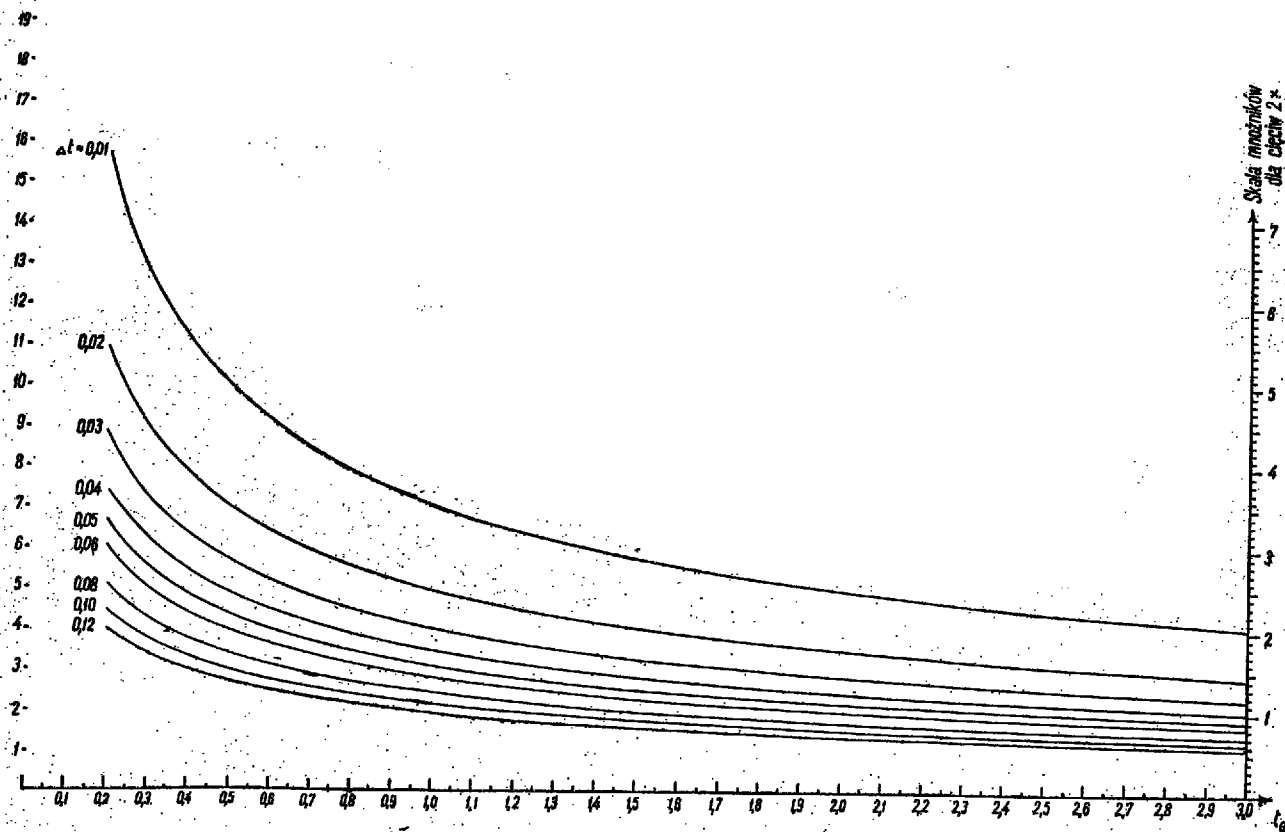
$$t^2 - t_0^2 = \frac{1}{V^2} (x^2 + Z^2) - \frac{1}{V^2} Z^2$$

$$t^2 - t_0^2 = \frac{x^2}{V^2}; \text{ czyli } V^2 = \frac{x^2}{t^2 - t_0^2}$$

Jeśli oznaczymy $t = t_0 + \Delta t$, to:

$$V^2 = \frac{x^2}{(t_0 + \Delta t)^2 - t_0^2}$$

* Równanie to jest słuszne dla warunku, gdy profil sejsmiczny prowadzony jest po kierunku upadu warstwy odbijającej.



Tablica wartości mnożników $f(t_0, \Delta t)$ obliczonych dla połowy cięciwy

| t_0 | 0,20 | 0,25 | 0,30 | 0,35 | 0,40 | 0,45 | 0,50 | 0,55 | 0,60 | 0,65 | 0,70 | 0,75 | 0,80 | 0,85 | 0,90 | 0,95 | 1,00 | 1,10 | 1,20 | 1,30 | 1,40 | 1,50 | 1,60 | 1,70 | 1,80 | 1,90 | 2,00 | 2,10 | 2,20 | 2,30 | 2,40 | 2,50 | 2,60 | 2,70 | 2,80 | 2,90 | 3,00 |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 0,01 | 15,62 | 14,00 | 12,80 | 11,87 | 11,11 | 10,48 | 9,95 | 9,49 | 9,09 | 8,73 | 8,42 | 8,14 | 7,88 | 7,65 | 7,45 | 7,24 | 7,05 | 6,72 | 6,43 | 6,19 | 5,97 | 5,76 | 5,58 | 5,41 | 5,26 | 5,12 | 5,01 | 4,87 | 4,76 | 4,66 | 4,56 | 4,47 | 4,38 | 4,30 | 4,22 | 4,15 | 4,08 |
| 0,02 | 10,91 | 9,81 | 8,98 | 8,33 | 7,81 | 7,37 | 7,00 | 6,68 | 6,40 | 6,16 | 5,95 | 5,74 | 5,56 | 5,39 | 5,24 | 5,10 | 4,98 | 4,75 | 4,55 | 4,37 | 4,21 | 4,07 | 3,94 | 3,83 | 3,72 | 3,62 | 3,53 | 3,44 | 3,36 | 3,29 | 3,22 | 3,16 | 3,09 | 3,04 | 2,98 | 2,93 | 2,88 |
| 0,03 | 8,90 | 7,93 | 7,27 | 6,76 | 6,34 | 5,99 | 5,69 | 5,43 | 5,21 | 5,01 | 4,83 | 4,67 | 4,52 | 4,39 | 4,27 | 4,16 | 4,05 | 3,87 | 3,70 | 3,56 | 3,43 | 3,32 | 3,21 | 3,12 | 3,03 | 2,95 | 2,88 | 2,81 | 2,74 | 2,68 | 2,63 | 2,57 | 2,52 | 2,48 | 2,43 | 2,39 | 2,35 |
| 0,04 | 7,54 | 6,80 | 6,25 | 5,81 | 5,46 | 5,16 | 4,90 | 4,66 | 4,46 | 4,32 | 4,17 | 4,03 | 3,90 | 3,79 | 3,69 | 3,59 | 3,50 | 3,34 | 3,20 | 3,07 | 2,97 | 2,87 | 2,78 | 2,70 | 2,62 | 2,55 | 2,49 | 2,43 | 2,37 | 2,32 | 2,27 | 2,23 | 2,18 | 2,14 | 2,11 | 2,07 | 2,03 |
| 0,05 | 6,67 | 6,03 | 5,55 | 5,16 | 4,85 | 4,59 | 4,36 | 4,17 | 4,00 | 3,85 | 3,71 | 3,59 | 3,48 | 3,38 | 3,29 | 3,20 | 3,12 | 2,98 | 2,86 | 2,75 | 2,65 | 2,56 | 2,48 | 2,41 | 2,34 | 2,28 | 2,22 | 2,17 | 2,12 | 2,07 | 2,03 | 1,99 | 1,95 | 1,92 | 1,88 | 1,85 | 1,82 |
| 0,06 | 6,02 | 5,46 | 5,03 | 4,68 | 4,40 | 4,17 | 3,96 | 3,79 | 3,64 | 3,50 | 3,38 | 3,27 | 3,18 | 3,08 | 2,99 | 2,92 | 2,84 | 2,72 | 2,60 | 2,50 | 2,41 | 2,33 | 2,26 | 2,19 | 2,13 | 2,08 | 2,03 | 1,98 | 1,93 | 1,89 | 1,85 | 1,82 | 1,78 | 1,75 | 1,72 | 1,69 | 1,66 |
| 0,08 | 5,10 | 4,64 | 4,28 | 4,00 | 3,77 | 3,57 | 3,40 | 3,26 | 3,13 | 3,01 | 2,91 | 2,81 | 2,73 | 2,65 | 2,58 | 2,51 | 2,45 | 2,34 | 2,24 | 2,16 | 2,08 | 2,01 | 1,95 | 1,90 | 1,84 | 1,79 | 1,75 | 1,71 | 1,67 | 1,63 | 1,60 | 1,57 | 1,54 | 1,51 | 1,48 | 1,46 | 1,43 |
| 0,10 | 4,47 | 4,06 | 3,76 | 3,53 | 3,33 | 3,17 | 3,01 | 2,87 | 2,77 | 2,67 | 2,58 | 2,49 | 2,43 | 2,36 | 2,30 | 2,18 | 2,09 | 2,00 | 1,92 | 1,86 | 1,80 | 1,74 | 1,69 | 1,64 | 1,60 | 1,56 | 1,52 | 1,49 | 1,46 | 1,43 | 1,40 | 1,37 | 1,35 | 1,32 | 1,30 | 1,28 | |
| 0,12 | 4,00 | 3,40 | 3,40 | 3,01 | 2,73 | 2,51 | 2,34 | 2,20 | 2,08 | 1,98 | 1,90 | 1,82 | 1,75 | 1,69 | 1,63 | 1,58 | 1,54 | 1,50 | 1,46 | 1,42 | 1,39 | 1,36 | 1,33 | 1,30 | 1,28 | 1,25 | 1,23 | 1,21 | 1,19 | 1,17 | 1,15 | 1,13 | 1,11 | 1,09 | 1,07 | 1,05 | |

$$V^2 = \frac{x^2}{t_0^2 + 2t_0 \Delta t + (\Delta t)^2} - t_0^2$$

$$V = \frac{x}{\sqrt{\Delta t(2t_0 + \Delta t)}} \quad (2)$$

$$\text{lub } V = x f(t_0, \Delta t) \quad (1)$$

Jak widać ze wzoru (3) wystarczy wyznaczyć wartości mnożników $f(t_0, \Delta t)$ dla np. stałych, dowolnie obieranych Δt i zmiennych t_0 , by móc w szybkim sposobie obliczać wartości V .

Wartości $f(t_0, \Delta t)$ najwygodniej obliczać przy zakładanych Δt rosnących np. co 0,01 sek. lub 0,02 sek., podstawiając możliwe wartości t_0 i zestawiać w formie diagramu (ryc. 1).

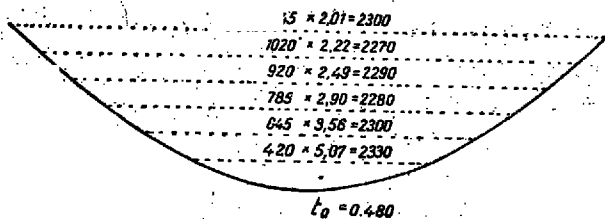
Korzystanie z diagramu jest bardzo proste. Na osi odciętych zaznacza się t_0 dla danego hodografu i odczytuje wartości mnożników dla odpowiednich krzywych Δt jako rzędne odpowiadające t_0 diagramu.

Diagram zestawiono dla Δt równych odpowiednio 0,01; 0,02; 0,03; 0,04; 0,05; 0,06; 0,08; 0,10; 0,12 sek.

Do obliczenia V wystarczy pomnożyć odległość punktu hodografu odpowiadającego odpowiedniemu Δt od osi hiperboli przez odpowiedni mnożnik.

W celu uniknięcia wyznaczania osi hiperboli, w praktyce wygodniej jest odczytywać z hodografów $2x$, tj. odległość 2 punktów hodografu o tym samym Δt . Mnożniki wtedy zmniejszają się dwukrotnie. Aby nie dzielić przez 2 mnożników należy korzystać ze skali osi rzędnych diagramu umieszczonej po jego prawej stronie.

Mnożenia wartości cięciwy $2x$ przez odpowiedni mnożnik dokonuje się na suwaku. Przykład podany na rycinie podaje jedno z obliczeń V_{et} wykonane tym sposobem.



Sposób ten wymaga starannego uśrednienia hodografu, co zresztą obowiązuje i przy innych stosowanych sposobach.

Jak już na wstępie wspomniałem czas obliczenia V_{et} dla przedstawionego sposobu jest o wiele krótszy od analogicznego czasu dla innych dotychczas stosowanych sposobów. Dokładność jest analogiczna do dokładności uzyskiwanej np. przy stosowaniu sposobu Różniczenki.

Przedstawiony sposób* pozwala na podstawie obliczenia kilku prędkości (co powinno być regułą) dla różnych Δt dla danego hodografu wyrobić sobie pogląd o prawidłowości uśrednienia hodografu lub skontrolowania czy wprowadzone poprawki są dostatecznie pełne. Ponadto dla większego materiału statystycznego i dłuższych gałęzi hodografów i należytego wprowadzenia odpowiednich poprawek, sposób ten może pozwolić na bezpośrednie zebranie materiału do analizy horzontalnych zmian prędkości efektywnych. Ważną jego zaletą praktyczną jest prostota i możność dokonania obliczeń bezpośrednio na hodografach bez potrzeby dodatkowych formularzy. Dla umożliwienia wykonania diagramu w dowolnej skali załączam tablicę wartości mnożników.

* Artykuł wpłynął do redakcji w marcu br. (red.).