

Határréteg mérése lézer-doppler anemométerrel

Készítették: Csécs Ákos és Lohász Máté, Balczó Márton

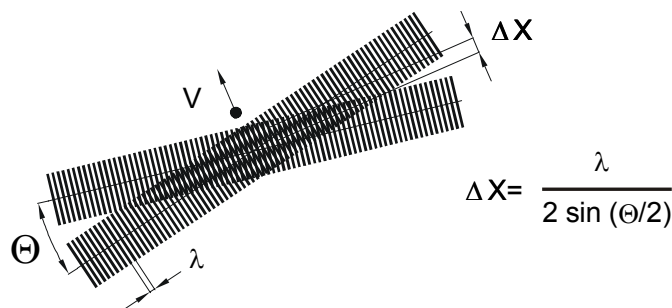
Bevezetés

Az áramlások nagy része turbulens és fallal határolt térben történik. A falnál lejátszódó turbulens mozgásnak nagy a szerepe ilyenkor az áramlás dinamikájában. Jelen mérésben egy ilyen határréteg áramlást vizsgálunk mérésel: Az NPL szélcsatornába helyezett síklap felső felületén kialakuló határréteget mérjük lézer-doppler anemométer segítségével.

A lézer-doppler anemométer

A lézeroptikai sebesség mérés egy nagy pontosságú, az áramlás megzavarása nélkül dolgozó, eljárás, amely az áramlási sebességet a Lézer Doppler Anemometria (LDA) elvét felhasználva határozza meg. A méréshez mindössze a mérőpont optikai megközelítése és az áramlást követő (0,8-100 μ m átmérőjű) részecskék bejuttatása szükséges.

A berendezés egy összetett optikai és egy több elemből álló elektronikai egységből épül fel. Az optikába érkező lézersugarat prizmák két sugárra osztják, amelyeket a lencse az áramlási tér egy pontjára fókuszál. A kialakuló mérőtér fogatban interferencia csíkrendszer jön létre. Ezen a világos és sötét zónákon haladnak keresztül a részecskék, miközben egy felvillanás sorozatot hoznak létre. Ez a szórt fény jut a lencsén és a fénykábelen keresztül a fotódetektorba, amely azt átalakítja egy periodikus villamosjelre továbbítva a jelfeldolgozóba. A kapott jel frekvenciája attól függ, hogy mekkora sebességgel halad át a részecske (az egymástól meghatározott távolságra elhelyezkedő) sötét és világos sávokon.



A lézersugarak metszéspontja és a létrejövő interferenciasávok

Mérési feladat

A mérés során a tanszék NPL típusú szélcsatornájába elhelyezett síklap elejétől mért különböző távolságokban veszünk fel vertikális sebességprofilokat. (a fallal párhuzamos sebességkomponenst tudjuk mérni.)

Kiértékelés

Mérési jelek kiértékelése

Az LDA által kiadott adatsorból (áthaladó részecskék mért sebessége) egy mérési pont esetén kell átlagsebességet ill turbulenciafokot meghatározni.

Az átlagsebesség:

$$\bar{u} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n u$$

A sebesség tapasztalati szórása

$$u_{RMS} = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (u - \bar{u})^2}$$

A turbulenciafok:

$$Tu = \frac{u_{RMS}}{\bar{u}}$$

Logaritmusos faltörvény állandóinak meghatározása

Ha ábrázoljuk a sebességet a faltávolság logaritmusának függvényében, észre vehetjük, hogy egy szakaszon közel lineáris a kapcsolat, tehát a sebességprofil a következő egyenlettel közelíthető:

$$u = a \ln y + b,$$

ahol u a folyadék sebessége, y a faltól mért távolság.

A hagyományos jelölésekkel a logaritmusos faltörvény a következő alakban írható:

$$\frac{u}{u_*} = \frac{1}{\kappa} \ln \frac{y}{\hat{z}} + B.$$

Itt $u_* = \sqrt{\frac{\tau_f}{\rho_{lev}}}$ a súrlódási sebesség (τ_f a fal csúsztató feszültség ρ_{lev} a folyadék sűrűsége) v a

folyadék kinematikai viszkozitása (a tanszék honlapjáról letölthető táblázatból kinézhető), κ a Kármán konstans, B az eltolás. A két egyenletet hasonló alakra írva látható, hogyan határozható meg u_* és B értéke, ha a Kármán konstansra az irodalomban szokásos értéket vesszük: $\kappa = 0,41$.

$$u = \frac{u_*}{\kappa} \ln y + u_* B + \frac{u_*}{\kappa} \ln \frac{u_*}{\kappa}$$

a és b értékét a $u(\ln y)$ függvénykapcsolat lineáris szakaszából határozzuk meg a legkisebb négyzetek módszerével (pl. Excellel). (Trendvonal illesztése) Ezek után már minden számítható:

$$a = \frac{u_*}{\kappa} \Rightarrow u_* \Rightarrow B$$

↑
b

Diagramok

Mivel meghatároztuk u^* -ot, y^+ is meghatározható:

$$y^+ = \frac{y u_*}{\nu} \text{ és persze a dimenziótlan sebesség is: } u^+ = \frac{u}{u_*}$$

ezek ismeretében az $u^+(y^+)$ kapcsolat (dimenziótlan sebességprofilok) ábrázolhatóak:

A dimenziótlan sebesség ábrázolása a dimenziótlan faltávolság függvényében (logaritmus léptékű abszcisszával). Ide be lehet rajzolni a $y^+=30$ -as vonalat ami fölött a tapasztalatok szerint a logaritmikus kapcsolat fönnáll.

Megjegyzés

Számonkérés témája:

- határreteg mérésből logaritmikus faltv. állandóinak meghatározása