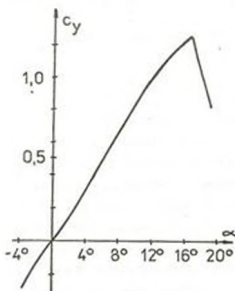


dr. Pokorádi László mk. százados főiskolai docens  
Németh Gábor zászlós hallgató

## HATÁRRETEG LEVÁLÁSÁNAK VIZSGÁLATA SZÁRNYPROFILON

Az SHM tanszéken évek óta - egymásra épülő - tudományos diákköri illetve záródolgozatok készülnek a határreteg vizsgálatáról [1;2;3]. Ezen hallgatói, valamint konzulensi [4;5] munkák folytatásaként ebben a tanévben - az egyik szerző tudományos diákköri munkája, illetve záródolgozata keretében - a szárnyprofil körüli határreteg szélcsatornában folytatott mérésekkel történő vizsgálata került sorra. Az eddigi méréseink egyik érdekes részét - konkrétan a határreteg profilról való leválásának mérési eredményeit - tesszük közzé cikkünkben.

### 1. A vizsgált profil rövid bemutatása

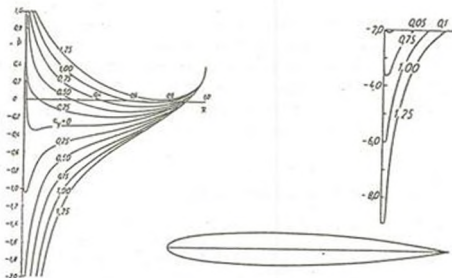


1. ábra

A vizsgálathoz a NACA 0012 jelű szimmetrikus (azaz nulla íveltségű), 12 % relatív vastagságú profilt választottuk. Ezt a szárnymetszetet alkalmazták például a Mi-8 helikopter stabilizátoránál is.

A szárnymetszet felhajtóerő tényezőjének változását mutatja be a 1. ábra az állásszög függvényében  $2,7 \cdot 10^6$ -os Reynoldszám esetén [8].

Az 2. ábra a profil kontúrját és a körülötte - különböző felhajtóerő tényezőknél - kialakuló hűrmenti nyomástényező eloszlásokat ábrázolja [8]. A nyomáseloszlási görbékben jól látható, hogy a felső kontúrban a legnagyobb mértékű nyomásnövekedés a metszet elején - az első 10 %-os részen - lép fel, azaz itt várható a határréteg leválása a profiltól (később ezt a feltevést a mérések igazolták is).

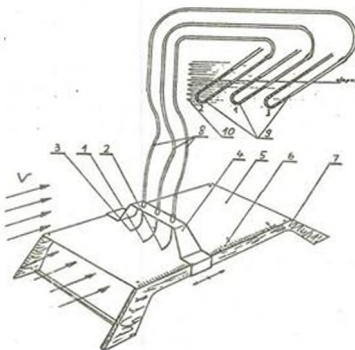


2. ábra

A kialakított mérőprofil szerkezetileg megegyezik a valóságos repülőgépszárnyakkal. Fő szerkezeti elemei a balszállóból készült be- és kilépőél, 6 darab 2 mm-es funérlemez borda, 3-3 db 2x5 mm-es fenyőlécc hosszmevevítő és az 1 mm-es funérlemez borítás, amelyeket AEROFIX ragasztóval erősítettünk össze. Felső felületen a hűr első- és hátsó 30 %-án 5 %-os, 30 -70 % között 2,5 %-os távolságokra jelző vonalak találhatóak. A szélcsatornában történő elhelyezését funérlemez alappal és alumínium állvánnyal oldottuk meg. A profil 2 db M4-es csavar körül 0 - 45 °-os állásszögek között elforgatható és bármely helyzetben rögzíthető.

## 2. A mérés leírása

A határretegben a sebesség eloszlást a dinamikus nyomások mérése alapján határoztuk meg [4]. A méréseket Tornai Gábor (1872 tcs.) által elkészített mérőberendezéssel [2], a tanszéki laboratórium szélcsatornájában végeztük el.



3. ábra

1 - felületi szonda (0,5 mm); 2 - középső szonda (1,5 mm);  
3 - felső szonda (2,5 mm); 4 - hid (fém állvány); 5 - mérő-  
test; 6 - jelzőskála; 7 - tartó; 8 - műanyag cső; 9 - U cső;  
10 - milliméter papír.

A profil felülete fölött három nyomásmérőszondát helyeztünk el 0,5; 1,5 és 2,5 mm magasságban a profil különböző relatív hűrhosszánál. A szondák "magánúton" szerzett infúziós tűkből alakítottok ki és egy, a szélcsatorna szélessé-

gének megfelelő fémállványban rögzítettük. A szondákból a levegő össznyomása vékony műanyag infúziós csövek segítségével egy-egy ferde U csöves manométerhez került elvezetésre. Az U csövek másik szárába a laboratóriumban uralkodó statikus nyomású levegő jutott be. Így a manométerek - minimális elhanyagolással - a szárnymetszet körül határrétegben áramló közeg dinamikus nyomásokat jelzik, azaz három Prandtl-csővet alakítottunk ki [6].

A fent leírt mérőberendezést mutatja be 3. ábra.

A Bernoulli egyenlet (összenyomhatatlan közeg potenciális erőterben történő stacionárius örvénymentes áramlására) egyszerűsített alakját felhasználva lehet meghatározni a mérési eredmények alapján a sebesség eloszlást az alábbi módon [7]:

$$v = \sqrt{\frac{2 \rho_m g a \sin \alpha}{\rho_{lev}}} \quad (1)$$

ahol:

$\rho_m$  - a mérőfolyadék sűrűsége;

$\rho_{lev}$  - a levegő sűrűsége;

$g$  - gravitációs gyorsulás;

$a$  - a mérőfolyadék kitérésének függőleges értéke;

$\alpha$  - a ferde U cső dőlésszöge (a vízszintes siktól mérve).

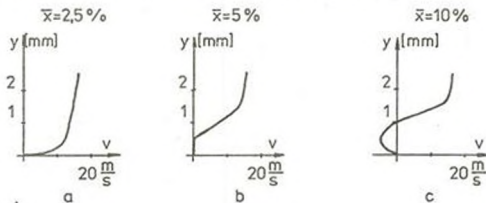
Összintén be kell vallani, hogy a tanszék szélcsatornájának gyenge minősége (erős turbulenciája) miatt a mérés során kapott eredmények pontossága megkérdőjelezhető, persze sem a NASA-val, sem a UAFN-val nem akarunk versengeni. Viszont az így kapott eredmények a későbbi aerodinamika órákon (például laboratóriumi mérések során) szemléltetésre jól felhasználhatók, illetve az eredményekből az oktatásban alkalmazható következtetések vonhatók le.

### 3. A mérési eredmények értékelése

A méréseket a fent ismertetett profil felső kontúrján végeztük  $10^\circ$ -os állásszög értéken ( $Re = 1,83 \cdot 10^5$ ). Mint az a 2. ábrából leolvasható, ez az állásszög érték a  $16^\circ$ -os kritikus állásszögnél nagyobb, tehát a határréteg biztos hogy leválik a profilról.

A mérési eredmények alapján, a fent leírt (1) egyenlet segítségével meghatározott sebességprofilok láthatók a 4. ábrán, 2,5; 5 és 10 % relatív hűrhossznál.

A 4.a ábrán a még a profilhoz simuló határréteg sebességeloszlása látható 2,5 %-os relatív hűrhossznál.



4. ábra

A 4.b ábra az 5 %-os hűrhossznál kialakult sebességprofil ábrázolja. Itt látható, hogy a közvetlenül a szárnymenteset feletti szonda zérus dinamikus nyomást, azaz nulla sebességet mért. Az pedig köztudott, hogy az áramló közeg ott válik le az áramlásba helyezett test faláról, ahol a fal melletti réteg mozgási energiája - vagyis a sebessége - a sűrűdés következtében fellépő energiaelnyelődés következtében zérus, valamint a  $\frac{dv}{dy}$  differenciál hányados végtelen lesz (ahol  $y$  a faltól mért távolság). Ebben a pontban - mivel ekkor a közeg a nyomásnövekedés irányában áramlik - a

nyomás hatására megfordul a határrétegben a falmelletti alsó réteg áramlási iránya.

Ez az áramlási irányváltozás látható a 4.c ábrán 10 %-os relatív hűrhossznál mért sebességprofilnál.

Végezetül a szerzők ezúton is köszönik Magyar Mihály, Tornai Gábor és Janák János Tamás ezen témában folytatott munkáját, mellyel elősegítették a cikkben ismertetett mérések elvégzését, valamint sok sikert kívánnak a szakmában.

Felhasznált irodalom:

- 1 - Magyar Mihály: Síklapmenti határréteg vastagság változását bemutató számítógép program, TDK dolgozat, MN. KGyRMF, Szolnok, 1989;
- 2 - Tornai Gábor: Síklapmenti határréteg vizsgálata, Záródolgozat, MN. KGyRMF, Szolnok, 1990;
- 3 - Janák János Tamás: Határréteg elemzése különböző alakú és felületi érdességű testek körüláramlása esetén, Záródolgozat, MH. SzRMF, Szolnok 1991;
- 4 - dr. Pokorádi László: Határréteg vizsgálata a szárnyon MH. SzRMF Tudományos Kiképzési Közlemények Szolnok 1991/1 36-42;
- 5 - dr. Pokorádi László: A határréteg és kutatása napjainkban A Repülés Világa Budapest 1991/1 10-12;
- 6 - dr. Pásztor Endre: Hő- és áramlástechnikai laboratóriumi gyakorlatok Tankönyvkiadó Budapest 1984;
- 7 - dr. Pásztor Endre - dr. Konecsny Ferenc: Műszaki hő- és áramlástan I. Tankönyvkiadó Budapest 1981;
- 8 - Von dr. Riegels F.V.: Aerodynamische profile R. Oldenbourg München 1958.