FIATAL MŰSZAKIAK TUDOMÁNYOS ÜLÉSSZAKA

Kolozsvár, 2004. március 26-27.

KÉT - DIMENZIÓS PANEL MÓDSZEREK ALKALMAZÁSA SZÁRNYPROFILOK AERODINAMIKAI SZÁMÍTÁSAIBAN

Bauer Péter

Summary

The examination of existing airfoils means that, we are looking for the pressure distribution around it, and calculate lifting force from the distribution at different angles of attack.

We can solve this problem with conformal mapping, panel methods, or by the solution of Euler or Navier - Stokes equations. The first two method were compared in my previous work called: „Comparing methods suitable for estimating airfoil performance” (Budapest, 25. 10. 2002.). The final conclusion is the better suitability of panel methods.

In this paper I've made calculations with two different methods: vortex-panel (referred to VP), and combined source/sink- plus vortex-panel (referred to SVP) method. Both of them were applied for flap deflection cases too.

The point of my work was developing modern, easily useable applications for the methods, and widely test them. During tests I was looking for their advantages and disadvantages. The final conclusion is the better suitability of VP method for thick airfoils, and the better suitability of SVP method for thin airfoils and cases of flap deflection.

I've continued my work with three-dimensional methods in my next paper called: „The development of an application suitable for calculating aircraft configurations” (Budapest, 27. 10. 2003.).

Összefoglalás

Létező szárnyprofilok vizsgálata során legfőbb feladatunk különböző állásszögek esetén a szárnyprofil körüli nyomáeloszlás, és ebből a felhajtóerő meghatározása.

A feladat megoldható konform leképezéssel, panel módszerrel, esetleg az Euler vagy Navier - Stokes egyenletek megoldásával. Az első két módszer összehasonlítását „Szárnyprofilok jellemzőinek meghatározására szolgáló módszerek összehasonlítása” (Budapest, 2002. 10. 25.) című dolgozatomban végeztem el. Ennek végkövetkeztetése, hogy a feladat megoldására a panel módszerek alkalmasabbak.

Jelen dolgozatomban kétféle panel módszerrel végeztem számításokat: örvény-panel (továbbiakban ÖP) módszerrel és kombinált forrás/nyelő- és örvény-panel (továbbiakban FÖP) módszerrel. Mindkét módszert kormányfelület kitérítés esetére is alkalmaztam.

Munkám célja volt a módszerek alkalmazását megvalósító, korszerű elvek szerint készült számítógépi programok kifejlesztése, valamint a kétféle módszer erősségeinek és gyengéinek feltárása, széles körű tesztelés segítségével. Végül arra a következtetésre jutottam, hogy az ÖP módszer vastag profilok, míg a FÖP módszer vékony profilok illetve kormányfelület kitérítés esetén használható jobb eredménnyel.

Munkámmal már továbbléptem a három-dimenziós módszerek irányába „Térbeli repülőgép konfigurációk számítására alkalmas számítógépi program kifejlesztése” (Budapest, 2003. 10.27.) című dolgozattal.

Az alkalmazott módszerek leírása

A panel módszerek alapjai az ideális áramlást leíró Laplace egyenletek megoldásait képező szingularitások. Adott geometrián ezeket megadott módon elhelyezve, erősségük megfelelő megválasztásával, a geometria környezetében a valóságoshoz hasonló áramlási képet hoznak létre. így a panel módszerek használatakor feladatunk a geometria felosztása, a felosztott geometrián a kiválasztott szingularitások elhelyezése és a megfelelő peremfeltételek alkalmazásával erősségük meghatározása. Ezek után már a geometria körüli áramlási sebességek és ezekből a Bernoulli egyenlet segítségével (ideális áramlásról lévén szó) a nyomások számíthatók. A kapott nyomáseloszlásból a geometriára ható erők számíthatók. A panel módszerek részletesebb leírása megtalálható [4, 6, 9, 10, 11]-ben.

Munkámban a gyakran használatos szingularitások közül (potenciális örvény, dipólus, forrás/nyelő) lineárisan megoszló örvény-panelet és konstans erősségű forrás/nyelő-panelet alkalmaztam. Az ÖP módszer esetében a szárnyprofil kerületén helyeztem el az örvény-panelet és a peremfeltétel érvényesítéséhez szükséges ellenőrzőpontokat is (a módszert [4]-ből vettem). A FÖP módszer esetében a profil vázvonalaán helyeztem el örvény-panelet és forrás/nyelő panelet is (a módszer *saját készítésű*). Az ellenőrzőpontok ebben az esetben is a profil kerületén találhatók. Az alkalmazott peremfeltétel Neumann feltétele, melynek értelmében a geometria felületére merőleges sebesség komponensek zérus értékűek. Ezen kívül a kilépőélnél Kutta feltételét kell érvényesíteni, mely szerint

1. ábra

itt a cirkuláció zérus. A geometria felosztását az ún. „full cosine rule” (lásd 1. ábra) segítségével végeztem, így a be- és kilépőei környezetében sűrűbb felosztást hozva létre (ezek az áramlástanilag kritikus helyek). A peremfeltételek alkalmazásával az irodalomban ismertetett módon, egy inhomogén, lineáris egyenletrendszerre jutunk. Ezt megoldva kapjuk

az ismeretlen szingularitás erősségeket melyekből már a fent leírt módon a profilra ható erők számíthatók. A kormányfelület kitérítést többféle húr hosszúság beállításával, a profil kilépőei le-, illetve felfelé való kitérítésével is megvalósítottam.

A számítógépi programok rövid leírása

A programok a MATLAB 5.3 matematikai és műszaki software-el készültek. Ennek egyik oka, hogy ez a software sok előre megírt beépített eljárást tartalmaz, így több időt fordíthattam a téma szakmai részére. Másrészt a megírt programok lefordíthatók önállóan futó alkalmazásokká és tudtommal a MATLAB használata a műszaki gyakorlatban egyre inkább terjed. A programok könnyen kezelhető grafikus felülettel rendelkeznek, ügyelnek a hibás felhasználói parancsok megfelelő kezelésére, többféle adatbeviteli file típust is elfogadnak (.dat, .txt), és kétnyelvűek (magyar / angol). A nyelvi választék könnyen bővíthető, mert az összes szöveg egy txt file-ban került elhelyezésre. Így a file lefordításával és a programba a megfelelő hivatkozás beépítésével máris használhatjuk egy újabb nyelven a programot (a teljes forráskód végigböngészése nélkül).

Az elvégzett tesztelés és a kapott eredmények

Elsőként kormányfelület kitérítés nélkül végeztem teszteléseket mind az ÖP, mind a FÖP módszer esetében szimmetrikus és aszimmetrikus profilok felhasználásával. A tesztek során a számított felhajtóerő tényező - állásszög ($Cl-\alpha$) görbéket hasonlítottam össze a [8]-ban található szélcSATORNÁBAN mért görbékkel. Ennek során kiszámoltam a görbék átlagos négyzetes eltérését, a 0° -os állásszögnél adódó felhajtóerő tényezők különbségét, a görbék meredekségének különbségét és a számítás során megoldandó egyenletrendszer mátrixának kondíciós számát. Ezen jellemzők alapján a két módszer megfelelően összehasonlítható.

Kormányfelület kitérítés esetében a tesztelés alapjául a [3]-ban (161. oldal, 99. ábra) található görbesereg szolgált. Ezen a mért görbék a kilépőélszöggel paraméterezettek. Sajnos a megfelelő

kilépőéiszögű profilokról nem áll rendelkezésemre a teszteléshez szükséges mért $Cl - \alpha$ görbe, így itt a programok által számított görbéket használtam fel. Az elméleti görbe közelítésének vizsgálatakor viszont a mért görbékhez tartozó profilokat használtam.

A tesztelések összesített eredményeként megállapítható, hogy az örvény-panel módszer vastag profilok, a kombinált forrás/nyelő- és örvény-panel módszer pedig vékony profilok és kormányfelület kitérítés esetén alkalmazható megfelelő eredményességgel.

Irodalomjegyzék

- [1] Gruber József, Blahó Miklós: Folyadékok mechanikája. Tankönyvkiadó, Budapest, 1971.
- [2] Konecsny Ferenc, Pásztor Endre, Steiger István: Műszaki hő- és áramlástan II. kötet. Műegyetemi kiadó, 2001.
- [3] Rácz Elemér: Repülőgépek. Műegyetemi kiadó, 2001 (161)
- [4] Gausz Tamás: Szárnyprofil szárny és légcsavar vizsgálata Repülőgépek és Hajók Tanszék, 1995.
- [5] Applied Aerodynamics: A Digital Textbook 1987
- [6] Joseph Katz, Allén Plotkin: Low-speed aerodynamics. McGraw-Hill Book Company, Singapore, 1991.
- [7] Robinson A., Laurmann J. A.: Wing Theory Cambridge University Press, 1956.
- [8] Ira H. Abbott, Albert E. von Doenhoff, Luis S. Stivers: NACA Report No. 824
- [9] Luké Jay Garner: Panel Method (Internet dokumentum)
- [10] Carl Ollivier-Gooch: Numerical Methods for Estimating Airfoil Performance, Overview of Vortex Panel Methods. (Internet dokumentum) 2001.
- [11] H. J. Wirz, J. J. Smolderen: Numerical Methods in Fluid Dynamics, von Karmán Institute for Fluid Dynamics, Rhode-Saint-Genése, Belgium, 1978
- [12] Applied Numerical Methods Pdf dokumentum
- [13] MATLAB 5.3 (R11) Help Desk
- [14] MATLAB 5.3 (R11) Online Manuals in Pdf

Név: Bauer Péter

Tudományos fokozat: IV. évfolyamos hallgató

Munkahely: Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Repülőgépek és Hajók Tanszék

Cím: H-111 Budapest, Stoczek u. 6.

E - mail: bp309@hszk.bme.hu