Archive of SID

سازمان بنادر و دریانوردی به عنوان تنها مرجع حاکمیتی کشور در امور بندری، دریایی و کشتی‌رانی بازرگانی به منظور ایفای نقش مرجعیت دانشی خود و در راستای تحقق راهبردهای کلان نقشه جامع علمی کشور مبنی بر "حمایت از توسعه شبکه‌های تحقیقاتی و تسهیل انتقال و انتشار دانش و سامان‌دهی علمی" از طریق "استانداردسازی و اصلاح فرایندهای تولید، ثبت، داوری و سنجش و ایجاد بانک‌های اطلاعاتی یکپارچه برای نشریات، اختراعات و اکتشافات پژوهشگران"، اقدام به ارایه این اثر در سایت SID می‌نماید.

سازمان بنادر و دریانوردی

مرکز بررسی‌های اطلاعات راهبردی

www.SID.ir

Archive of SID

Free-Surface Hydrodynamic Analysis of Floating Offshore Structures (FOS) Using Multiphase Flow Modeling

Shapoor Jafar Gholi Nezhad
M.Sc Student of Hydrodynamics
Malek Ashtar University

Taktom Haddad
M.Sc Student of Hydrodynamics
Malek Ashtar University

Saeed Shabani
Senior Researcher of Subsea R&D Center
Department
Isfahan Univrsity of Technology
sshabani@cc.iut.ac.ir

Ahmad Sedaghat
Assistant Prof. of Mechanical Eng.

Isfahan Univrsity of Technology
sedaghat@cc.iut.ac.ir

Abstract

Floating Offshore Structures like platforms or buoys subjected to cyclic loads caused by wind, waves and currents. The motion of FOS and the resultant loads can be predicted with increased accuracy using new CFD techniques. Although studies of the deformed free surface near the waterline have been already performed, CFD studies of FOS separate the aerodynamic and hydrodynamic phenomena. While the separation of aero- and hydrodynamics saves time for modeling and simulation, it does not take into account the strong interaction between the forces associated with each. Moreover the role of viscous effects on the free surface elevation is often neglected, and this prevents such things as water flow separation from being properly captured.

The aim of this study is to couple CFD analysis of the aerodynamic flow around the masts, together with the hydrodynamic flow around the hull and mooring line of a cylindrical buoy, including viscous effects and surface wave generation at the waterline. The volume of fluid (VOF) model in FLUENT software was used for this purpose. This multiphase model is designed for immiscible fluids (air and water in this case), and tracks the interfaces between them. The environmental conditions were adopted based on the met-ocean data of the Persian Gulf.

The results of particular interest from the analysis include the free surface elevation with the related wave drag, and the aerodynamic and hydrodynamic lift and drag acting on the masts, hull, and mooring line. The lift and drag results can be used to derive the thrust and lateral forces on the buoy, which can then be used to predict the buoy velocity corresponding to a fixed configuration in terms of heave, drift and heel angles.

Keywords: Aerodynamics, Hydrodynamics, FOS, Wind, Wave, CFD, VOF, Free-Surface, Multiphase Flow

www.SID.ir

Archive of SID

تحلیل هیدرودینامیکی سطح-آزاد سازه های فراساحلی شناور(FOS) با استفاده از مدلسازی شار چند فازی

شاپور جعفر قلی نژاد
دانشجوی کارشناسی ارشد هیدرودینامیک و جلو برندگی
دانشگاه صنعتی مالک اشتر

سعید شعبانی
مربی پژوهشی پژوهشکده علوم و تکنولوژی زیر دریا
دانشگاه صنعتی اصفهان

تکتم حداد
دانشجوی کارشناسی ارشد هیدرودینامیک و جلو برندگی
دانشگاه صنعتی مالک اشتر

احمد صداقت
ا ستادیار دانشکده مکانیک
دانشگاه صنعتی اصفهان

1- مقدمه

سازه های فرا ساحلی شناور مانند سکوها یا بویه ها در معرض بارهای تناوبی ناشی از باد، امواج و جریان های دریایی می باشند. حرکت سازه های FOS و نیروهای ناشی از آن می توانند با دقت بیشتر با استفاده از تکنیک های جدید CFD، پیش بینی شوند.

اگرچه مطالعات روی سطح آزاد تغییر یافته نزدیک خط آب تاکنون انجام شده، ولی مطالعات CFD انجام شده بر روی FOS، پدیده های هیدرودینامیک و آیرودینامیک را به طور جداگانه در نظر گرفته است. این جدا سازی هیدرودینامیک و آیرودینامیک، با این که در مدت زمان مورد نیاز برای مدلسازی و شبیه سازی صرفه جوئی می کند، ولی اندرکنش بین نیروهای مربوط به هریک از این دو پدیده به این ترتیب در نظر گرفته نمی شود. همچنین نقش قابل توجه اثرات لزجی روی تراز سطح آزاد اغلب نادیده گرفته می شود و این مانع از درنظر گرفتن اثر پدیده هایی مانند جدایش شار آب به طور مناسب خواهد شد. هدف این مطالعه، تحلیل CFD دوگانه جریان آیرودینامیک اطراف دکل همراه با جریان هیدرودینامیک اطراف بدنه و خط مهار یک بویه استوانه ای شکل، شامل اثرات لزجی سیال و تولید امواج سطحی در خط تراز آب می باشد. بدین منظور ازحجم سیال(VOF) در نرم افزار FLUENT استفاده شده است. این مدل چند فازی برای سیالات مخلوط نشدنی (در این موردآب و هوا) طراحی می شود و تلاقی بین آن ها را دنبال می کند. شرایط محیطی دریا در این مورد از داده های هوا – اقیانوسی خلیج فارس اقتباس شده است.

2- روش عددی

در مطالعه حاضر نرم افزار دینامیک سیالات محاسباتی، FLUENT 6.2 به کار برده شده است. نرم افزار FLUENT جریان را به روش حجم محدود و به طور همزمان برای آب و هوا حل می کند. برای شبیه سازی حرکت در سطح آزاد از الگوی حجم سیال بهره گیری شده است. برای جداسازی معادلات از روش UPWIND مرتبه اول وبرای مدل آشفتگی از مدل استاندارد K-ε استفاده شده است. برای حل معادله کوپل سرعت–فشارالگوریتم PISO به کار برده شده است. حل مسئله بصورت غیر دائم می باشد. جریان دوفازی آب و هوا توسط معادلات جریان سیال لزج دوفازی و تراکم ناپذیر بیان می شوند که توسط معادلات ناویر استوکس متوسط گیری شده رینولدز (RANS) حل می شود.

حرکت سطح آزاد با اعمال نیروهای جاذبه و اینرسی بررسی شده است. شرایط مرزی باید به گونه ای اعمال شود که اثر جاذبه را در برداشته باشد. دامنه حل مستطیلی به ابعاد $25m \times 42m$ درنظرگرفته شد.برای هندسه بویه نشان داده شده درشکل 1 درنرم افزار GAMBIT از یک شبکه بندی هیبریدی استفاده شد که در نزدیک سطح بویه از شبکه منظم و در نواحی دورتر از شبکه نامنظم تشکیل می شود. برای استقلال حل مسئله از سایز شبکه از سه مش درشت، ریز و خیلی ریز استفاده شد که برای دو حالت ریز و خیلی ریز نتایج بدست آمده یکسان بودند.

www.SID.ir

Archive of SID

3- حل نمونه وارائه نتایج

هدف تعیین توزیع فشار و نیروهای اعمال شده به یک بویه استوانه ای شکل در سطح آب با ابعاد داده شده در شکل 1 می باشد. شرایط محیطی دریا، داده های هوا – اقیانوسی خلیج فارس [11] و پارامترهای محاسبه شده با استفاده از این داده ها در جدول 1 آورده شده است. در شکل 2 جزئیات شبکه بندی اطراف بویه در نرم افزارGAMBIT 2.2.30 نشان داده شده است. زمان لازم برای تحلیل مدل در FLUENT برای شبکه بندی ریز با کامپیوتر پنتیوم P4 (RAM : 512 , CPU: 2.6 GHz) حدود 14400 ثانیه ثبت شده است.

لازم به ذکر است که کلیه کانتورها و اندازه نیروها درزمان 1 s ثبت شده اند. دوره تناوب موج حدود 4.5 s است بنابراین مقایسه کانتورها و ارقام به دست آمده در بازه های زمانی از0 تا 4.5 s نشان داد که در زمان 1 s استوانه حداکثر نیروی ممکن را متحمل می شود. پس بهتر است دراین زمان که استوانه دارای شرایط بحرانی است متمرکز شویم. درابتدا در شکل 3 کانتورحجم سیال که نمایانگر مرزهای بین دو فاز آب و هوا هنگام عبور موج از روی استوانه است به منظور تجسم بهتری از وضعیت موج و استوانه درزمان 1 s نشان داده می شود. در این شکل رنگ قرمز فاز آب و رنگ زرد فاز هوا را نشان می دهد.

کانتور فشار مطلق، فشار دینامیکی و سرعت در شکل 4 آورده شده است. در این شکل به خوبی نمایان است که فشار مطلق درکف به علت غالب بودن اثرعمق، بیشتر است. درقسمت پشت زایده روی استوانه فشارمطلق به شدت پایین آمده که به علت ایجاد گرادیان معکوس و در نتیجه ناحیه WAKE می باشد. در این ناحیه فشارمطلق تا 6.83×10^{4} Pa که کمتر از فشار اتمسفر است کاهش یافته ویک خلا نسبی به وجود آمده است. بیشترین فشار دینامیکی و بیشترین سرعت در لبه تیز زایده بالای استوانه دیده می شود. درست درناحیه برخورد موج ازجلو به استوانه یک ناحیه با فشار دینامیکی بسیار پایین ایجاد شده که همان نقطه سکون می باشد. هر دو کانتور این نقطه را به خوبی نمایش می دهند.

درجدول2 نیروهای وارد بر بویه آورده شده است. از ارقام ذکر شده درجدول 2 به خوبی نمایان است که نیروهای لزج درمقابل نیروهای فشاری قابل چشم پوشی هستد بنابراین برای اینگونه از مسائل مدل جریان پتانسیل می تواند با دقت خوبی به نتایج مورد نظر برسد.

حداکثرنیروی کل وارد بر بویه با توجه به داده های جدول 2 برابر $f_{tot} = ۳۶/۷۸۹\ kN$ بدست آمد.

4- تقدیر و تشکر

نویسندگان بدین وسیله مراتب سپاسگزاری خود را از دست اندرکاران پژوهشکده علوم و تکنولوژی زیردریای دانشگاه صنعتی اصفهان که زمینه انجام این تحقیق را فراهم آوردند اعلام می دارند.

5- مراجع

[1] Sarpkaya, T., Isaacson, M., Mechanics of Wave Forces on Offshore Structures, Van Nostrand Reynhold company, NewYork, 1981.
[2] Newman, J.N., Marine Hydrodynamics, M.I.T. Press, Mass, 1977.
[3] Hogben, N. and Stading, R.G., "Experience in Computing Wave Loads on Large Bodies", Proc. Offshore Tech. Conf., Houstion, Paper No. OTC 2189, Vol.II, PP. 413-431, 1975.
[4] Garrett, C.J.R., "Wave Forces on Circular Dock", JFM, Vol.46, PP.129-139, 1971.
[5] Hogben , N. and Stading, R.G., "Wave Loads on Large Bodies", Proc. Int. Symp. On Dynamic of Marine Vehicle and Structures in Waves, Univ. College, London, PP.258-277, 1974.
[6] M.S. Seif, M. Mousavirad, H. Saddathosseini and Volker Bertram, "Numerical Modeling of 2-D Water Impact in One Degree of Freedom", Sintesis Technologica, Vol. 2, PP.79-83, 2005.
[7] E.O. Tuck and L. Lazauskas," Free-Surface Pressure Distribution with Minimum Wave Resistance", Anziam J.43 (E), PP.E-75-E101, 2001.
[8] A. Berg and F.G. Nielsen, "Panel Methods for Computing Wave Loads on a Vertical Cylinder", Applied Ocean Research, Vol.13, No.6, 1991.
[9] V. Bertram, Practical Ship Hydrodynamics, Butterworth Heinemann, Oxford, 2000.
[10] A. Korobkin, "Water Impact Problems in Ship Hydrodynamics", in Advances in Marine Hydrodynamics, Comp. Mech. Publ., PP.323-371, 1996.
[11] داده های باد و موج اقتباس از پروژه مدلسازی امواج دریاهای ایران، اداره مهندسی سواحل و بنادر، سازمان بنادر و دریانوردی.

www.SID.ir

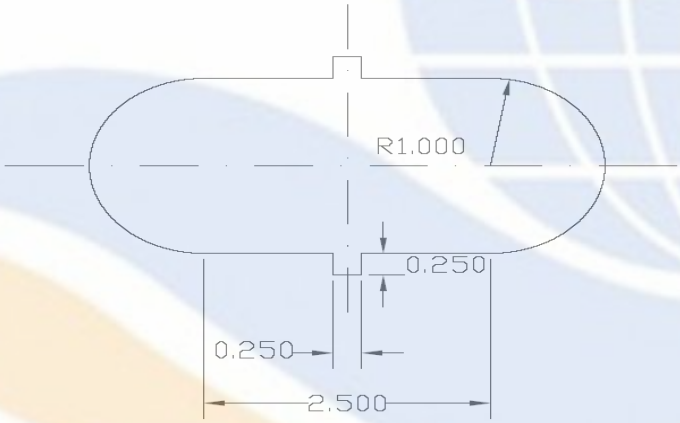
Archive of SID

جدول1- پارامترهای موج

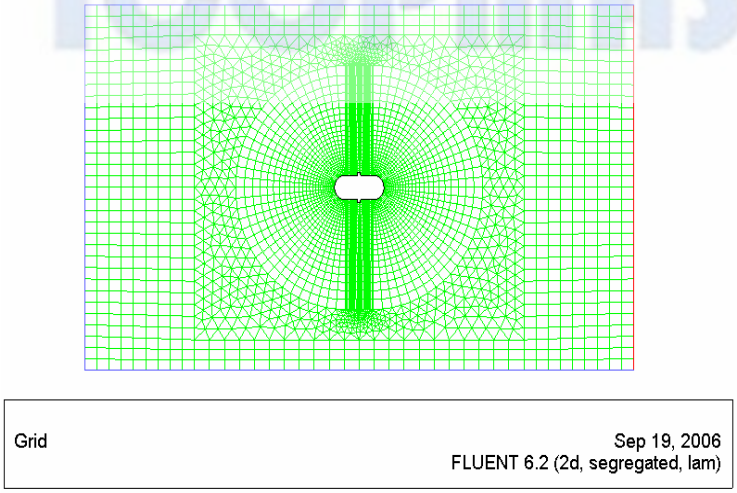
ارتفاع موج (m)	دوره تناوب (s)	دامنه موج (m)	عدد موج	سرعت وزش باد (m/s)	سرعت جریان آب (m/s)
1.954103	4.509424	0.970515	0.147	10.50968	8.39336

جدول 2- نیروهای وارد بر بویه در راستای افقی و قائم

	Viscous Force (N)	Pressure Force (N)	Total Force (N)
راستای افقی(درگ)	423.172470	23293.042	23716.2150
راستای قائم(لیفت)	-13.566788	-28110.756	-28124.323



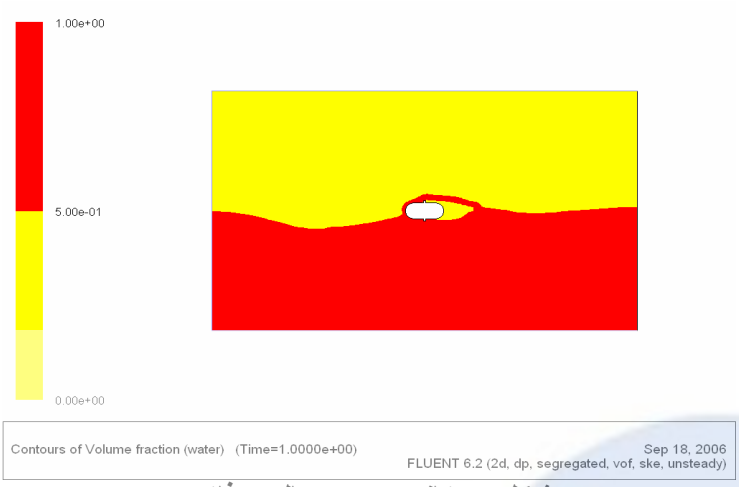
شکل 1- ابعاد هندسي بويه مورد بررسی



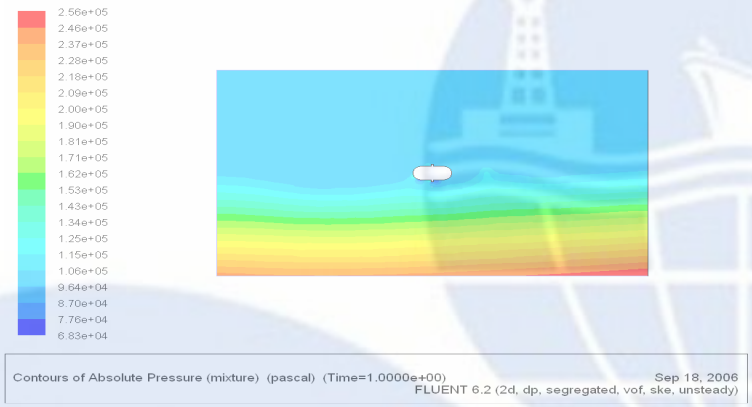
شکل 2- شبکه بندی اطراف بویه

www.SID.ir

Archive of SID



شکل 3- کانتور حجم سیال دو فازي



شکل 4- به ترتیب از بالا: کانتورهای فشارمطلق، فشار دینامیکی و سرعت

www.SID.ir