

مقایسه ۸ مدل محاسبه مقطع پایدار رودخانه

سعید رضا خداستاس

استادیار دانشگاه فردوسی مشهد- مشهد- صندوق پستی ۹۱۷۷۵-۱۱۶۳

چکیده

یکی از مهمترین مسائل در مهندسی رودخانه طراحی مقطع پایدار می باشد. مدلهای مختلفی برای این منظور توسعه داده شده است. در این مقاله ۸ مدل مختلف با یکدیگر مقایسه می شوند. یک مدل جدید نیز توسعه داده شده است که در آن تغییر شکل مقطع عرضی در زمانهای مختلف شبیه سازی می شود. در شرایط پایدار و یکنواخت و در صورت عدم وجود عوامل خارجی یک مقطع دلخواه بسمت یک مقطع پایدار حرکت می کند. مقطع عرضی پایدار نهایی محاسبه شده بوسیله مدل جدید با دیگر روش‌های متداول و همچنین با داده های آزمایشگاهی مقایسه شد. مجموعاً ۳۴ سری داده در دو سری آزمایش استفاده شد. روش جدید انطباق خوبی با مقادیر تئوری و آزمایشگاهی دارد.

واژه های کلیدی: مهندسی رودخانه - مقطع پایدار - مدل

مقدمه

از درآندرکنش دائمی آب و رسوب در رودخانه ها تغییر شکل در مقاطع رودخانه ها بوجود می آید. این تغییر شکل تا آنجا پیش می رود که مقطع رودخانه را بصورت یک مقطع پایدار در بیاباند. یکی از ساده ترین و در عین حال اساسی ترین مسائل مورفو لوژی رودخانه ها پیش بینی فرایند فرسایش دیواره های رودخانه تا رسیدن به یک مقطع پایدار می باشد. هندسه مقطع پایدار بگونه ای باید باشد که ذرات بستر بر روی آن در آستانه حرکت قرار بگیرند. برای یک شدت جریان فرضی مقاطع پایدار از حداقل سطح مقطع خیس شده می باشند بدون آنکه فرسایشی بر روی دیواره آنها بوجود آید. بنابر این در این مقاطع هزینه عملیات خاکی حداقل می باشد. اینگونه مقاطع در طراحی کانالهای آبیاری بدون پوشش و کانالهای کنترل سیلان کاربرد زیادی دارند. با توجه به اهمیت کانالهای پایدار مدلهای مختلفی برای پیش بینی هندسه آنها ارائه شده است. روش [1] Glover & Florey یکی از اولین روش‌های بکار برده شده در این زمینه می باشد. مقطع کانالی که آنها بدست آورده اند دارای تابع کسینوسی بود. [2] Ikeda et al و [3] Parker روش منحنی کسینوسی را توسعه دادند بگونه ای که پدیده مومنتم - پخش نیز مورد توجه قرار بگیرد. [4] Cao & Knight و [5] Mironeko et al. [6] یک منحنی شکل را برای مقطع پایدار بدست آورده در حالی که [8] Pizzuto دادند. [9] Diplas & Vigilar و [10] Diplas & Vigilar پیشنهاد کردند. تعادل نیرو های وارد بر ذره یک مدل عددی بدست آورده. پروفیل پیشنهادی آنها یک منحنی پلی نومیال درجه ۵ بود. [11] Diplas & Vigilar یک تابع پلی نومیال درجه ۲ برای مقطع پایدار انجام دادند. [12] Babaeyan-Koopaei & Valentine مطالعه پروفیل مقطع پایدار انجام دادند. مطالعات آنها نشان داد که منحنی پلی نومیال درجه ۵ نتیجه بهتری نسبت به منحنی کسینوسی می دهد. همچنین [12] Babaeyan-Koopaei & Valentine یک منحنی هیبریولیک نیز بدست آورده که خیلی نزدیک به منحنی پلی نومیال درجه ۵ بود. [13] Khodashenas Diplas & Vigilar یک مدل عددی به بعدی برای محاسبه تغییر شکل رودخانه با استفاده از توزیع تنش برپی توسعه داد. در شرایط ماندگار و یکنواخت و در شرایط عدم وجود اثرات خارجی یک کanal به مرور زمان به شکل پایدار خودش می رسد. در این مقاله مدل جدید [13] Khodashenas برای محاسبه هندسه کانال پایدار بکار می رود. این مدل برای هر مقطع دلخواه اولیه تغییر شکل کانال را در زمانهای مختلف شبیه سازی می کند و شکل پایدار آنرا در آنها مشخص می کند. نتایج بدست آمده از این مدل با ۷ مدل دیگر و همچنین داده های آزمایشگاهی مقایسه می شود.

مدل جدید برای محاسبه مقطع پایدار

تغییر شکل مقطع عرضی بوسیله گامهای زیر شبیه سازی می شود.
۱- از تنش برشی بدست آمده بوسیله روش (MPM) که بوسیله Khodashenas & Paquier [14] توسعه داده شده است تغییر شکل مقطع عرضی محاسبه می شود. برای ارائه نتایج دو شکل (دوزنده و نامنظم) استفاده شد. برای این شبیه سازی مقدار ضریب زبری مانیگ و اندازه رسوبات کف ثابت فرض شده است. در هر زمان تغییر شبکه کف بر اساس معادله مانیگ تغییر می کند تا یکنواختی جریان حفظ شود. تغییر شکل یک بعدی (یا متوسط تغییر شکل، ΔZ_{ID} ، با معادله (۱) بدست می آید.

$$\Delta Z_{ID} = \frac{\Delta t q_s}{(1-p)\Delta \chi} \quad (1)$$

در اینجا $\Delta \chi$ طول فطعه رودخانه - Δt فاصله زمانی - p تخلخل و q_s دبی رسوبات که از معادله Meyer-Peter & Muller بصورت (Graf & Altinakar,[15]) زیر بدست می آید.

$$q_s = 8\sqrt{gd^3(s_s - 1)} \cdot (\zeta \tau^* - \tau_c^*)^{1/2} \quad (2)$$

در اینجا d قطر متوسط ذرات رسوبات - $s_s = \rho/g$ چگالی نسبی رسوبات - g شتاب جاذبه - $\zeta = K_s/K'_s$ پارامتر رسوب که در آن K'_s ضریب ذره Manning-Strickler $K'_s = 21/d^{1/6}$ Manning-Strickler τ^* تنش برشی بی بعد - τ_c^* تنش برشی بحرانی بی بعد

۲- یکتابع بی بعد توزیع تنش برشی برای تبدیل تغییر شکل متوسط کف به توزیع تنش برشی روی مقطع تعریف شد. بین تعداد بسیار تابع بررسی شده تابع زیر نتایج رضایت‌بخش تری دارد.

$$|\Delta Z_j| = \left[\frac{\zeta \tau_j^* - \tau_{ij}^*}{\zeta \tau_{ID}^* - \tau_c^*} \right]^m |\Delta Z_{ID}| \quad 1 \leq m \leq 1.5 \quad (3)$$

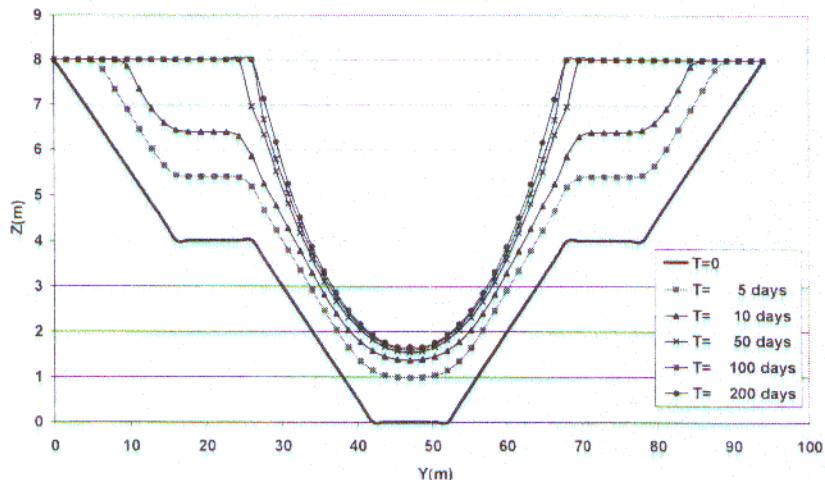
اگر $\tau_j^* \leq \tau_c^*$ رسوگذاری وجود دارد و $\Delta Z_j = |\Delta Z_{ID}|$

اگر $\tau_j^* \geq \tau_c^*$ فسایش وجود دارد و $\Delta Z_j = -|\Delta Z_{ID}|$

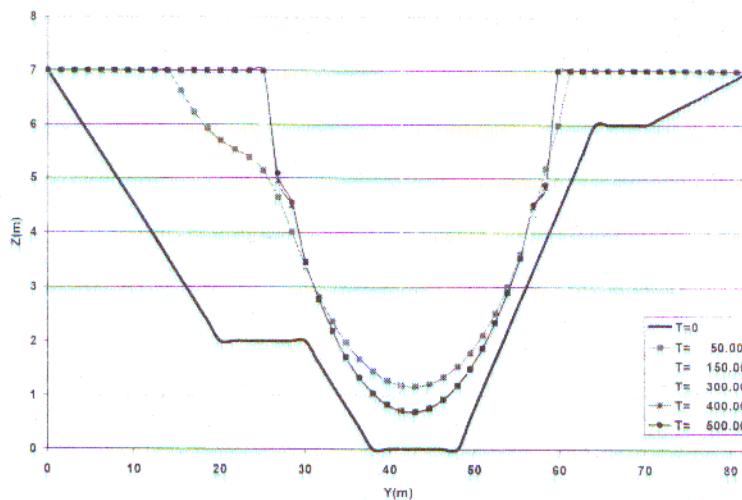
در اینجا τ^* تنش برشی بی بعد در نقطه j تنش برشی بی بعد بحرانی در نقطه j که از رابطه Ikeda [16] بدست می آید.

۳- مدل با در نظر گرفتن پروفیل اولیه کanal و شبیه سازی تغییر شکل در زمانهای مختلف و در شرایط ماندگار و یکنواخت مقطع پایدار را بدست می آورد.

شکلهای (۱) و (۲) تغییر شکل زمانی محاسبه شده بوسیله مدل جدید را برای یک مقطع مرکب منظم و نامنظم نشان می دهند. این شکلهای نشان می دهند که مدل توسعه داده هر مقطع دلخواه را در شرایط ماندگار و یکنواخت به یک مقطع پایدار تبدیل می کند.



شکل (۱)- شبیه سازی تغییر شکل یک مقطع مرکب منظم در زمانهای مختلف تا رسیدن به مقطع پایدار



شکل (۲)- شبیه سازی تغییر شکل یک مقطع مرکب نامنظم در زمانهای مختلف تا رسیدن به مقطع پایدار

مقایسه بین مدل‌های مختلف مقطع پایدار

مقایسه با ۷ مدل محاسبه مقطع پایدار

۷ مدل تعیین مقطع پایدار مطالعه شد و با مدل جدید مقایسه شد. در زیر توابع مدل‌های جدید به اختصار مورد بررسی قرار می‌گیرند.

۱- مدل کسینوسی [2]

$$h^* = \frac{1}{1 - \mu\omega} \left\{ \cos \left[\mu \left(\frac{1 - \mu\omega}{1 + \mu\omega} \right)^5 y^* \right] - \mu\omega \right\} \quad (4)$$

۲- مدل سهمی [5]

$$h^* = 1 - \left[\mu \left(y^* - \frac{B^*}{2} \right) \right]^2 / 4 \quad (5)$$

۳- مدل اکسپونانسیل [7]

$$h^* = 1 - \exp \left(y^* - \frac{B^*}{2} \right) \quad (6)$$

۴- مدل اکسپونانسیل [8]

$$h^* = 1 - \exp \left(\mu \left(y^* - \frac{B^*}{2} \right) \right) \quad (7)$$

۵- مدل پلی نومینال درجه ۵ [9]

$$h^* = (C_5 y^{*5} + C_4 y^{*4} + C_3 y^{*3} + C_2 y^{*2} + 1) \quad (8)$$

۶- مدل پلی نومینال درجه ۲ [11]

$$h^* = (a_3 y^{*3} + a_2 y^{*2} + a_1 y^* + a_0) \quad (9)$$

۷- مدل هیرربولیک [12]

$$h^* = \tanh \left[\left(\frac{B^*}{2} - y^* \right) / 1.36 \right] \quad (10)$$

در اینجا $z - h^* = z/h_c$ = تراز نقاط بالای کف در مرکز کانال - h_c = عمق جریان در مرکز کانال در شرایط پایدار $y^* = y/h_c$ = فاصله جانبی از مرکز کانال $B - B^* = B/h_c$ = عرض بالای کانال - $\mu = \tan(\phi)$ ضریب اصطکاک مواد کف کانال در حالت مستقر - $\phi =$ زاویه ایستایی ذرات کف $\omega =$ نسبت نیروی بالا برند به نیروی رانش $C_5, C_4, C_3, a_2, a_1, a_0 =$ ضرایب عددی که بصورت توابعی در مقاله اصلی آمده است.

انسکال (۳) و (۴) مقایسه بین مدل‌های مختلف محاسبه مقطع پایدار و مقطع محاسبه شده با مدل جدید را نشان می‌دهد. پارامترهای اصلی در این کانال عبارتند از: شدت جریان $Q=350 \text{ m}^3/\text{s}$ عمق اولیه آب $h=8 \text{ m}$. قطر ذرات $d_{50}=60 \text{ mm}$ زاویه ایستایی ذرات $\phi=40^\circ$ شیب طولی اولیه کانال $S=0.0016$.

جدول (۱) درصد اختلاف بین نتایج مدل جدید و نتایج مدل‌های دیگر را نشان می‌دهد.

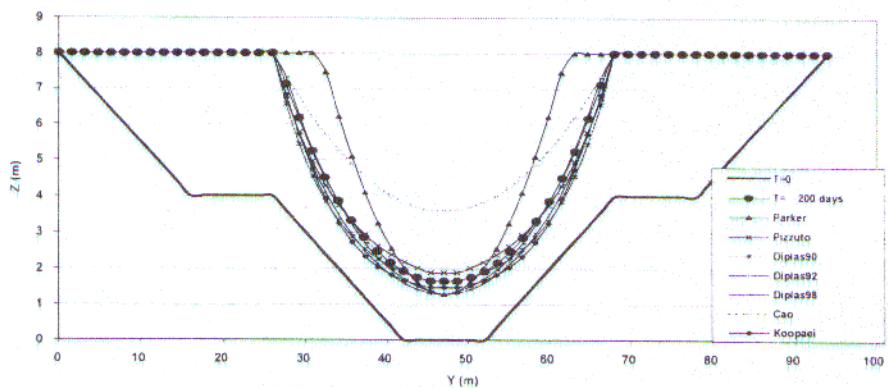
جدول (۱) - درصد اختلاف بین نتایج مدل جدید و نتایج مدل‌های دیگر

Method	Parker	Cao	Diplas 90	Pizzuto	Diplas 92	Diplas 98	Koopaei
Deviation % $\Delta = \sum (Z_1 - Z_2)^2 / n * 100$	32	31	9	5	8	4	9

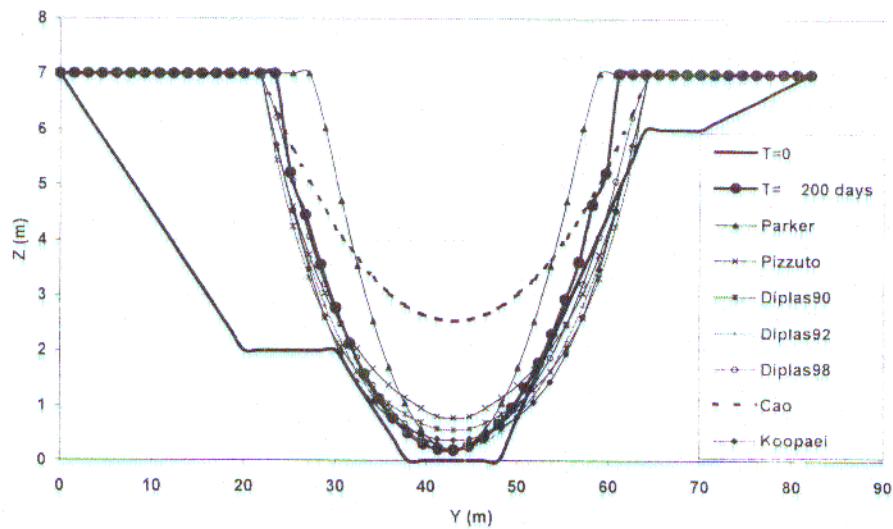
مقایسه بین ارامترهای اصلی کانال پایدار محاسبه شده بوسیله مدل جدید و مدل [17] Cao & Knight [17] رابطه بین پارامترهای اساسی کانال پایدار را بدست آورند. این پارامترها عبارتند از ارتفاع آب در مرکز کانال (hc) مساحت خیس شده مقطع (A) و عرض سطح آب (B). جدول ۲ مقایسه بین نتایج بدست آمده بوسیله مدل جدید و نتایج مدل‌های Parker و DIPLAS & VIGILAR, Cao & KNIGHT[17] را نشان می‌دهد.

جدول (۲) مقایسه بین نتایج بدست آمده بوسیله مدل جدید و نتایج ۳ مدل دیگر

Models	$h_c/(\mu \times B)$	$A/(B \times h_c)$	$B \times \mu/h_c$
DIPLAS (1992)	0.24	0.69	4.78
CAO & KNIGHT(1997)	0.25	0.67	4.00
Parker(1978)	0.32	0.64	3.14
New Model	0.25	0.67	3.93



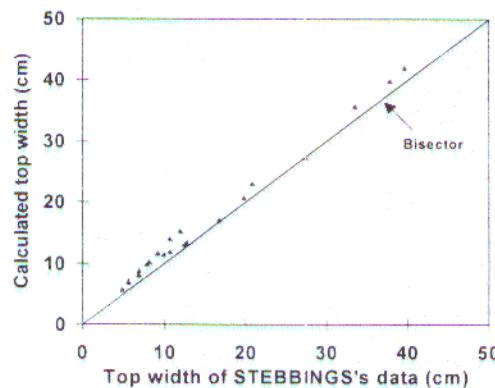
شکل (۳) - مقایسه بین مقطع پایدار بدست آمده بوسیله مدل جدید و ۷ مدل دیگر برای یک مقطع منظم



شکل (۴) - مقایسه بین مقطع پایدار بدست آمده بوسیله مدل جدید و ۷ مدل دیگر برای یک مقطع نامنظم

مقایسه با داده های آزمایشگاهی Stebbing

آزمایشاتی برای تعیین مقطع پایدار در یک فلوم آزمایشگاهی انجام داد. او سه پارامتر مهم ارتفاع آب در مرکز کانال، مساحت خیس شده مقطع (A) و عرض سطح آب (B) را بدست آورد. شکل ۵ نشان می دهد که مقادیر محاسبه شده بوسیله مدل و مقادیر بدست آمده بوسیله آزمایشات Stebbing نزدیک به هم می باشند.



شکل ۵ - مقایسه عرض بالای مقطع پایدار محاسبه شده بوسیله مدل و آزمایشها Stebbing

نتیجه گیری

یک مدل عددی جدید برای پیش بینی هندسه مقطع کانال پایدار توسعه داده شد. بررسی انجام شده نشان می دهد که انطباق خوبی بین نتایج بدست آمده بوسیله مدل جدید و نتایج بدست آمده بوسیله Diplas & Vigilar[11]، Babaeyan-Koopaei & Valentine[12] بدست آمده بوسیله مدل جدید و نتایج آزمایشات Stebbing دیده می شود. این بررسی نشان می دهد که مدل جدید به نحو مطلوبی می تواند برای تعیین مقطع پایدار استفاده شود.

مراجع

- [1]Glover, R.E. and Florey, Q.L., Stable channel profile", U.S. Bureau Reclamation, Washington, D.C. (1951)
- [2]Parker G., "Self-formed straight rivers with equilibrium banks and mobile bed. Part 1. The sand-silt river". *Journal of Fluid Mechanic*, Vol. 89, part 1, (1978). pp. 109-125.
- [3]Ikeda , S. , Parker, G., Kimura,Y. "Stable width and depth of straight gravel rivers with heterogeneous bed materials". *Water Resources Research*, Vol. 24, No.5, (1988), pp. 713-722.
- [4]Mironenko, A.P., Willardson, L.S., and Jenab, S.A. "Parabolic canal design and analysis", *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*,(1984), Vol. 110, No. 2, pp. 241-246
- [5] Cao, S.& Knight,D.W. "Entropy-based design approach of threshold alluvial channels", *Journal of Hydraulic Research*, Vol. 35, No.4, (1997), pp. 505-524
- [6]Ikeda, S, "Self -formed straight channels in sandy beds", *Journal of The Hydraulic Division*, Vol. 107, No. HY4, (1981), pp. 389-40
- [7] Diplas .P. "Characteristics of self-formed straight channels". *Journal of Hydraulic Engineering*, Vol. 116, No. 5, (1990), pp. 707-727
- [8]Pizzuto J.E. "A numerical model for calculating the distributions of velocity and boundary shear stress across irregular straight open channels". *Water Resources Research*, Vol. 27, No.9, (1991), pp. 2457-2466
- [9] Diplas, P. and Vigilar, G. "Hydraulic geometry of threshold channels.", *Journal of Hydraulic Engineering*, Vol. 118, No. 4, (1992). PP.597-614
- [10]Vigilar, G. & Diplas, P. " Stable channels with mobile bed: formulation and numerical solution", *Journal of Hydraulic Engineering*, Vol. 123, No. 3, (1997), pp. 189-199
- [11] Diplas, P. and Vigilar .GG., " Hydraulic geometry of stable channels with active beds designed for maximum flow conveyance",
- [12].Babaeyan-Koopaei , K. and Valentine,E.M. " Bank profiles of self-formed straight stable channels",
- [13]Khodashenas,S. " *Modification de la topographie d'une riviere due au transport des sediments*". Ph.D. Thesis Ecole centrale de Lyon, (1998), France
- [14]Khodashenas, S. and Paquier, A., " A geometrical method for computing the distribution of boundary shear stress across irrigular straight open channels". *Journal of Hydraulic Research*,Vol. 37, No. , , (1999), pp. 381-388
- [15]Graf W.H , & Altinakar, M.S. " *Hydraulique fluviale*", Lausanne, Presses Polytechniques et Universitaires ROMANDES, Tome 2, (1996).
- [16]Ikeda , S., "Inceptious motion of sand particles on sand slopes", *Journal of The Hydraulic Division*, Vol. 108, No. HY1, (1982), pp. 95-114.
- [17]Cao. S.and Knight,D.W. , "Entropy-based design approach of threshold alluvial channels", *Journal of Hydraulic Research*, Vol. 35, No.4, (1997), pp. 505-524
- [18]Stebbing, J. "The shape of self-formed model alluvial channels.", *Proceeding of the Institute of Civil Engineering*, London, England, Paper No. 6642, (1963). pp. 485-511.

Comparison between 8 model of computation of stable channel

Saeed Reza Khodashenas

Water Engineering Department, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran

ABSTRACT

One of the most important subjects in river engineering is design of stable channel section. Various cross sectional shape equations have been proposed to describe the bank profiles of straight threshold channels. In this paper, a new method has been developed in which; cross section deformation is simulated in different times. In steady and uniform condition, in absence of outside influences, a channel attains to stable shape. Final stabilized cross section computed by developed method was compared with other methods and experimental data. A total of 34 sets of data in two series of experiments were used. New method agrees with theoretical and experimental stable shape.