استنباط معادلة لتقدير التصريف الحقيقي للقنوات حصوية القعر والحاملة للرسابات

د. عبدالصابر ابراهيم بكر
أستاذ مساعد
قسم هندسة الري والبزل

انس محمود محمد رشيد
مدرس مساعد
مركز لبحوث السدود والموارد المائية

الخلاصة

تم في هذا البحث دراسة تاثير الرسابات في خشونة القنوات الحصوية للقعر حيث تم اجراء التجارب في قناة مختبرية مستطيلة الشكل بطول (10 م) وعرض (0.3 م) وعمق (0.45 م) تم استخدام ثلاثة أنواع من مادة القعر الحصوية وباقطار تتراوح بين (0.02-0.03 م) و (0.03-0.04) و (0.04-0.05 م) . ولدراسة تأثير الرسابات تم استخدام ثلاثة نماذج من الرمل ، الأول بمعدل قطر (0.36 ملم) وانحراف معياري (0.243) والثاني بمعدل قطر (0.4 ملم) وانحراف معياري (0.267) والثالث بمعدل قطر (0.67 ملم) وانحراف معياري (0.32). ولدراسة تأثير الميل والتصريف فقد تم استخدام أربعة تصاريف هي (0.012 ، 0.0141 ، 0.0161 ، 0.018) م^3/ ثا واربعة ميول هي (0.0075 ، 0.01 ، 0.0125 ، 0.015).

وتبين من ملاحظة نتائج هذا البحث حصول انفصال في مقاومة الجريان نتيجة تعرض القناة الى تاثير الرسابات ، حيث تملأ الرسابات الفراغات المحصورة بين حبيبات مادة القعر بصورة تدريجية مسببة تناقصاً في معامل خشونة القعر الى الحد الذي تملأ فيه الرسابات كافة الفراغات المحصورة بين حبيبات مادة القعر ، وقد بلغ اعلى تغير في نسبة معامل مانينك (n/ng) 0.64 عند تحول القعر من القعر الحصوي الى القعر الرملي ، ووجد بانه من الضروري ايجاد معامل تصحيح لاستخدام العلاقة بين التصريف والمنسوب (Stage-Discharge) في حالة تعرض القناة الى كميات كبيرة من الرسابات .

وتم في هذا البحث استنباط معادلة وضعية لتقدير معامل مانينك والتصريف الحقيقي بعد تعرض القناة الى تاثير الرسابات ، وقد اعطت هذه المعادلة تطابقاً جيداً مع القيم المقاسة بحيث لم تتجاوز نسبة الخطأ في تقدير معامل مانينك عن (±7.3%).

مقدمة

ان معظم العلاقات والمعادلات المستخدمة في حساب التصريف تحتاج الى تخمين القيمة الحقيقية لمعاملات الخشونة (Roughness Coefficients) ، مثل معامل مانينك ومعامل جوزي ومعامل دارسي وغيرها. لذلك بات من الضروري دراسة كافة العوامل المؤثرة على هذه المعاملات.

تناول عدد من الباحثين دراسة قسم من العوامل المؤثرة على معامل الخشونة مثل نسوع مادة القعر والميل والتصريف وغيرها، ولكن دراسة تاثير الرسابات على مقاومة الجريان في القنوات ذات الخشونة الحالية والحصوية القعر لم تاخذ حيزاً كبيراً من الاهتمام من قبل الباحثين، فقد لوحظ انه عند حدوث عاصفة مطرية تجرف كميات كبيرة من المواد الرملية والطينية من حوض التغذية (Watershed) الى مجرى القنوات في المنطقة التي فيها تلك القنوات بطور جلمودي او حصوي وتعمل الرسابات المنجرفة على ملئ الفراغات الموجودة بين قطع الجلمود في القعر ويتحول القعر اخيراً الى قعر رملي ونتيجة لذلك يتغير معامل الخشونة بمقدار كبير . ولذلك فان العلاقة بين التصريف والمنسوب تصبح غير صحيحة عند تحويل القعر من قعر حصوي الى قعر رملي ، وبالتالي فان التصريف الذي تم الحصول عليه باستخدام العلاقة السابقة الذكر يكون خاطئاً. ولكي نتمكن من استخدام العلاقة بين التصريف والمنسوب في الأنهار التي تحتوي على كميات كبيرة من الحصى والصخر بصورة صحيحة ، يكون من الضروري ايجاد معامل تصحيح

في حالة تعرض هذه الأنهار الى كميات كبيرة من الرسابات.

البحوث والدراسات السابقة

ان البحوث والدراسات السابقة حول ظاهرة تأثير الرسابات على خشونة القنوات الحصوية القعر او ذات الخشونة العالية قليلة جدا ، اقتصرت في البداية على الباحثين سايموتز والشيخ علي [1] حيث قام الباحثان باجراء بحث مختبري حول تلك الظاهرة ، أجريت عدد تجارب باستخدام مواد قعر بقطر يساوي (0.025 م) في قناة مختبرية مستطيلة المقطع بعرض (0.25 م) وعمق (0.4 م) وتصريف وميل ثابتين . تم اختيار التصريف بحيث يكون رقم فرود (Froude Number) اقل من الواحد أي حالة الجريان تحت الحرج (Subcritical Flow) حيث من المتوقع حدوث تغير في حالة الجريان تحت الحرج الى حالة الجريان الحرج (Supercritical Flow) بعد تحول القعر الى قعر رملي. لاحظ الباحثان انه عند تغذية القناة بالرسابات فانها تعمل على ملئ الفراغات الموجودة بين حبيبات مادة القعر مما يؤدي الى تحويل القعر الحصوي الى قعر رملي ، ونتيجة لذلك يتغير معامل خشونة القعر بشكل كبير ، حيث لاحظ الباحثان تناقص عمق الجريان كلما زاد عمق الرسابات في القعر. وباستخدام معامل مانننك وبافتراض ان التصريف وميل خط الطاقة قبل وبعد تحويل القعر الحصوي الى قعر رملي يبقى ثابتا ، وبفرض ان نصف القطر الهيدروليكي يساوي عمق الجريان . توصل الباحثان الى العلاقة الاتية لحساب معامل مانننك.

$$ns = ng\,(ds/dg)^{5/3} \quad \text{.....} \quad 1$$

حيث ان:

ns = معامل مانننك للقعر الرملي ، ng = معامل مانننك للقعر الحصوي ، ds = عمق الجريان بعد تحويل القعر الى قعر رملي ، dg = عمق الجريان للقعر الحصوي.

الباحثان الشيخ علي وبكر [2] قاما باجراء بحث مختبري حول ظاهرة تاثير الرسابات على خشونة القنوات ذات الخشونة العالية ، وقد اجريت عدة تجارب باستخدام مادة قعر بقطر (0.08–0.09 م) في قناة مختبرية مستطيلة المقطع بعرض 0.25 م وطول 10م وعمق 0.4 م وتحت تصريف مقداره (0.0426 $م^3$ \ ثا) وميل مقداره (0.015) وباستخدام رسابات بمعدل قطر (0.32 ملم).

وقد لاحظ الباحثان ان زيادة تركيز الرسابات تؤدي الى زيادة عمق الرسابات حتى الوصول الى تركيز الرسابات الذي يغير حالة القعر من قعر حصوي الى قعر رملي ، ونتيجة لذلك انخفض عمق الجريان من (0.278م) في بداية التجربة الى (0.157م) عند تكون القعر الرملي ، وانخفض معامل مانننك من (0.39) في بداية التجربة الى (0.19) عند تحويل القعر الى قعر رملي فتوصل الباحثان الى العلاقات الاتية:

$$ns = 0.487\,ng \quad \text{.....} \quad 2$$
$$ds = 0.56\,dg \quad \text{.....} \quad 3$$

الباحث هيت [3] قام باجراء عدة تجارب مختبرية باستخدام ثلاثة نماذج من مادة القعر تتراوح ما بين (0.04–0.05)م و (0.08–0.09)م و(0.12–0.15)م في قناة مختبرية مستطيلة المقطع بعرض (0.25م) وعمق (0.4م) وطول(10م) وتحت تصريف مقداره (0.0426 $م^3$ \ ثا) ، وقد تم اختيار التصريف على ضوء المحددات التي وردت في بحث الشيخ علي وبكر [2] وتم استخدام ثلاثة انواع من الرسابات بمعدل قطر D_{50} (0.34 ، 0.53 ، 0.75) ملم على التوالي وميل مقداره (0.015) . وتم تغذية القناة بمعدل تغذية مقداره (30 غم \ ثا) ثم بزيادة منتظمة مقدارها (30 غم/ثا) بين تجربة والتجربة التي تليها حتى الوصول الى المعدل الذي يغير حالة القعر الى قعر رملي . وقد وجد الباحث ان زيادة قطر الرسابات النسبي (Relative Sediment Size) (وهو النسبة بين معدل قطر الرسابات D_{50} الى معدل قطر مادة القعر) يسبب نقصان في معدل تغذية القناة بالرسابات ، فقد تم تغذية القناة بالرسابات بمعدل (180غم/ثا) وذلك للحصول على قعر رملي عند قطر رسابات نسبي ($1.5*10^{-2}$) ، بينما تم تغذية القناة بالرسابات بمعدل (480غم/ثا) وذلك للحصول على قعر رملي عند قطر رسابات نسبي ($3*10^{-3}$) . كذلك وجد الباحث ان نقصان قطر الرسابات النسبي يؤدي الى زيادة في مقدار التغير في معامل دارسي ، فقد انخفض معامل دارسي بمقدار (79%) عند قطر رسابات نسبي ($3*10^{-3}$) ،

بينما انخفض معامل دارسي بمقدار (62%) عند قطر رسابات لسبي ($1.5*10^{-2}$) .

اهداف البحث

1- دراسة تأثير الميل والتصريف وقطر مادة القعر وقطر حبيبات الرسابات على مقاومة الجريان في القنوات الحصوية القعر عند تعرضها الى تأثير الرسابات .

2- استنباط معادلة لتقدير التصريف الحقيقي في القنوات الحصوية الحاملة للرسابات.

العمل المختبري

القناة المختبرية

ان القناة المستخدمة في البحث ذات مقطع مستطيل وجدران من الزجاج وقعر من الالمنيوم ، بطول (10)م وعرض (0.3 م) وعمق (0.45 م) . تم استخدام سد غاطس بعرض (0.3 م) وارتفاع (0.35 م) في بداية القناة لغرض تهاس التصريف . والحصول على جريان هادئ تم تثبيت ثلاث صفائح معدنية متقبة بعد السد الغاطس وعلى بعد 1م من السد الغاطس . ويتم تغذية القناة بالرسابات بواسطة خزان معدني بقطر (0.3 م) وارتفاع (0.3 م) متصل بفتح معدني ارتفاعه (0.2 م) يحتوي على فتل سيطرة تحت معايرته لغرض السيطرة على كمية الرمل الخارجه منه مع الزمن.

مواصفات القعر المستخدم في البحث

تم استخدام ثلاثة أنواع من مادة القعر الحصوية ذات التدرج المنتظم (I ، II ، III) بأقطار تتراوح بين (0.04-0.05)م و(0.03-0.04)م و(0.02-0.03) م على التوالي .

مواصفات الرمل (الرسابات) المستخدم في البحث

استخدم ثلاث أنواع من الرمل لتغذية القناة بالرسابات ، واجريت عملية التحليل المنخلي للانواع الثلاث وتم ايجاد قيم D_{84} ، D_{50} لكل نوع من الانواع الثلاث ، وتم حساب قيمة الانحراف معياري (Standard Deviation) لكل نوع باستخدام العلاقة [4] ووجد بان الانواع الثلاثة واقعة ضمن مدى الرسابات النهرية ($0.4 \geq \sigma \geq 0.2$) .

$$\sigma = \log\left(\frac{D_{84}}{D_{50}}\right) \quad \text{..... 4}$$

حيث ان :

σ = الانحراف المعياري .

D_{84} = قطر فتحة المنخل الذي يمر من خلاله 84% من وزن النموذج الأصلي.

D_{50} = قطر فتحة المنخل الذي يمر من خلاله 50% من وزن النموذج الأصلي.

خطوات اجراء التجارب

يتم فرش القناة بأحد أنواع الحصى المستخدم في البحث وبعد تثبيت ميل القناة يتم فتح الماء بتصريف قليل حتى يتغطى الحصى المكون للقعر بالماء ، يحتسب عندها هذا التصريف على انه اعلى تصريف ثانوي (Max. Sub Flow) لذلك النوع من الحصى . بعد ذلك يتم فتح الماء بالتصريف المطلوب الى القناة وبعد الحصول على الجريان المنتظم (Uniform flow) بواسطة تحريك البوابة الواقعة عند نهاية القناة يتم عندها قراءة عمق الجريان في القناة. بعد ذلك يتم تغذية القناة بالرمل (الرسابات) عن طريق فتح فتل السيطرة في قمع الرمل على الكمية المطلوبة بـ (غم/ ثانية) . يتم خلال ذلك ملاحظة الجريان في القناة وعملية نقل الرسابات والترسيب في القناة وبعد الوصول الى حالة التوازن وذلك من خلال ملاحظة استقرار عمق الرسابات على طول القناة ، وهذا يعني ان كمية الرمل التي تغذي القناة تساوي كمية الرمل الخارجة من القناة ، في هذه الاثناء يتم قراءة عمق الجريان الجديد مع عمق الرسابات وايقاف التجربة ويتم في الوقت نفسه تسجيل الوقت لمعرفة زمن التجربة . ويلي هذه الخطوة تنظيف القناة من الرسابات بصورة جيدة واعدادها للتجربة اللاحقة . يتم بعدها اجراء التجربة الثانية بنفس الخطوات السابقة ولكن بزيادة معدل تغذية القناة بالرسابات ، حيث انه يتم اجراء التجربة الاولى بمعدل تغذية مقداره (15 غم / ثانية) ثم بزيادة منتظمة مقدارها (15 غم / ثانية) بين تجربة والتجربة التي تليها ، الى ان نصل الى معدل التغذية الذي يغير حالة القعر من قعر حصوي الى قعر رملي.

ان أي تغير غير طبيعي في عمق الجريان والرسابات على طول القناة يعني ان عملية تغذية القناة

بالرسابات غير ملتظمة مع الزمن في هذه الحالة يحسب ايقاف التجربة واعادتها مرة اخرى.

وقد اجريت تسع وتسعين تجربة [5] شملت كافة المتغيرات التي وردت في اهداف البحث ، حيث تم دراسة تاثير تغيير التصريف وذلك باستخدام اربعة تصاريف هي (0.012 ، 0.0141 ، 0.0161 ، 0.018) م^3 / ثانية . وقد تم اختيار التصاريف الاربعة على اساس ان مقدار رقم فرود يكون اقل من الواحد ، حيث انه من خلال ملاحظة الدراسات السابقة تبين بانه عند تغذية القناة بالرسابات فان عمق الجريان سوف ينخفض نتيجة النقصان في مقاومة الجريان ، لذلك فانه من المتوقع حدوث تغيير في حالة الجريان من حالة الجريان تحت الحرج الى حالة الجريان فوق الحرج . وقد اجريت التجارب على هذه التصاريف باستخدام مادة قعر نوع I بقطر (0.04-0.05) متر ورسابات نوع I بمعدل قطر 0.36 ملم واربعة ميول هي (0.0075 ، 0.01 ، 0.0125 ، 0.015) على التوالي.

ولدراسة تأثير الميل تم استخدام اربعة ميول هي (0.0075 ، 0.01 ، 0.0125 ، 0.015) على التوالي . وقد اجريت التجارب على هذه الميول باستخدام رسابات نوع I بمعدل قطر 0.36 ملم ومادة قعر نوع (III, II, I) واربعة تصاريف هي (0.012 ، 0.0141 ، 0.016 ، 0.018) م^3/ ثانية .

ولدراسة تأثير اختلاف معدل قطر الرسابات (D_{50}) تم استخدام ثلاث أنواع من الرسابات تم تصنيفها في الجدول (1) ، واجريت التجارب على هذه الانواع من الرسابات باستخدام ميل ثابت مقداره (0.0125) وتصريف (0.018 م^3 / ثانية) ومادة قعر نوع I . ولدراسة تأثير نوع مادة القعر تم استخدام ثلاثة أنواع من مادة القعر الحصوية ذات التدرج المنتظم نوع (III, II, I) ، وقد اجريت التجارب على الانواع الثلاث من مادة القعر باستخدام تصريف ثابت مقداره (0.018 م^3/ثانية) واربعة ميول هي (0.0075، 0.01، 0.0125، 0.015) على التوالي ورسابات نوع I .

تحليل المعلومات المختبرية ومناقشة النتائج

قعر النظري للقناة

من المسائل المهمة في القنوات ذات القعر الحصوي تحديد قعر النظري للقناة أي المستوي الذي يعتمد اساسا لقياس عمق الجريان ، وقد اقترح باحثون عديدون مستويات مختلفة ، قسم منهم اعتبروا جزء من ارتفاع سمك مادة القعر ضمن عمق الجريان . ففي هذا البحث استخدمت طريقة [6] الذي يفترض ان القعر النظري للقناة عند مستوى اقصى تصريف ثانوي والموضحة في الشكل (a1) وان التصريف يتناقص نتيجة تغذية القناة بالرسابات ويصبح صفرا عندما يتحول القعر الى قعر رملي . ولا يمكن اختيار أي مستوي للقعر تحت هذا المستوي لانه سوف يطمر بالرسابات بعد تحويل القعر الى قعر رملي.

التصريف الثانوي

تم تحديد اقصى تصريف ثانوي لكل نوع من أنواع القعر المستخدم في البحث وكما موضح في الجدول (2) وكنتيجة لتغذية القناة بالرسابات يتناقص مقدار التصريف الثانوي حتى يصل الى الصفر بعد ان تمتلئ الفراغات المحصورة بين حبيبات مادة القعر بالرسابات كليا (الشكل b1) .ومن القياسات المختبرية تبين ان اقصى تصريف ثانوي في البحث (5.8%) من مقدار التصريف الكلي ولكون هذا المقدار صغيرا فقد تم افتراض علاقة خطية بين التصريف الثانوي وعمق الرسابات وكما مبين في الشكل (2). يتم حساب مقدار التصريف الثانوي لاعماق مختلفة من الرسابات باستخدام العلاقة الاتية.

$$Q_{subflow} = Q_{(subflow)max} - Qr \quad \ldots\ldots 5$$

حيث ان Qr مقدار التصريف الثانوي المكافئ لعمق الرسابات (Ds) .

يتم حساب مقدار Qr من العلاقة الخطية التي تربط عمق الرسابات (Ds) مع التصريف الثانوي .

التصريف المقاس

يعرف التصريف المقاس بانه ذلك الجزء من التصريف الذي يجري فوق القعر النظري والذي يحسب باستخدام العلاقة الاتية:

$$Qm = Q - Q_{subflow} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots 6$$

حيث ان :

Q = التصريف الكلي الداخل للقناة ، Qm = التصريف المقاس.

المناقشة

من ملاحظة الجدول (3) الذي يوضح القيم المقاسة والمحسوبة من التجارب المختبرية التي تم اجرائها تم حساب التغير في نسبة معامل مانننك (n/ng) وتحسب بقسمة معامل مانننك بعد تغذية القناة بالرسابات والوصول الى حالة التوازن الى معامل مانننك للقعر الحصوي بدون رسابات .

حيث لوحظ من خلال الجدول (3) بان الميول التي تزيد عن (0.01) تحتاج الى تغذية القناة بالرسابات بمعدل اعلى من معدل التغذية للميول التي تقل عن (0.01) ، فعلى سبيل المثال تم تغذية القناة بمعدل (75 غم /ثانية) للميل (0.015) نتيجة السرعة العالية وزاد قرود العالي لكي يتحول القعر من قعر حصوي الى قعر رملي . ويكون مقدار التغير في نسبة معامل مانننك (n/ng) اكبر في حالة الميول التي تزيد عن (0.01) ويبلغ اعلى تغير في نسبة معامل مانننك (0.64) للميل (0.015).

وقد لوحظ ايضا بان الميل العالي يتطلب زيادة معدل تغذية القناة بالرسابات وفترة زمنية اقل مقارنة بالميول الاقل انحدارا للوصول الى حالة التوازن وتحول القعر من قعر حصوي الى قعر رملي ، فعلى سبيل المثال تم تغذية القناة بالرسابات بمعدل (75 غم / ثانية) بزمن مقداره 600 ثانية للميل 0.015 بينما تم تغذية القناة بالرسابات بمعدل (30 غم / ثانية) بزمن مقداره 1160 ثانية للميل 0.0075 .

ومن ملاحظة البيانات المختبرية نجد ان معدل تغذية القناة بالرسابات ثابت يزداد بمعدل (15 غم / ثانية) بين تجربة والتجربة التي تليها لذلك فان تغير التصريف يؤدي الى تغير تركيز الرسابات (Sediment Concentration) للجريان في القناة ، ومن ملاحظة النتائج في الجدول (3) يتبين ان زيادة تركيز الرسابات تودي الى زيادة في مقدار التغير في نسبة معامل مانننك ونقصان في الزمن اللازم للوصول الى حالة التوازن .

كما لوحظ ان زيادة معدل قطر مادة القعر يتطلب زيادة في معدل تغذية القناة بالرسابات وبالتالي زيادة مقدار التغير في نسبة معامل مانننك ، بينما نقصان معدل قطر مادة القعر يتطلب نقصان في معدل تغذية القناة بالرسابات ويسبب نقصان في مقدار التغير في نسبة معامل مانننك نتيجة تحويل القعر من قعر حصوي الى قعر رملي. كذلك نجد ان زيادة قطر مادة القعر يؤدي الى زيادة الزمن اللازم للوصول الى حالة التوازن عند مقدار معدل تغذية القناة بالرسابات نفسه ، بينما يؤدي نقصان قطر مادة القعر الى نقصان في الزمن اللازم للوصول الى حالة التوازن. فعلى سبيل المثال نجد ان الزمن اللازم للوصول الى حالة التوازن هو (760، 690، 580) ثانية لمادة قعر نوع (III, II, I) على التوالي ويفسر هذا انه كلما قل قطر حبيبة مادة القعر ادى الى نقصان في حجم الفراغات المحصورة بين حبيبات مادة القعر وبالتالي حجز الرسابات بقوة اكبر بينهما والوصول الى حالة التوازن بفترة زمنية اقل مقارنة بمادة القعر ذات القطر الاكبر. بينما لوحظ انه كلما زاد معدل قطر الرمل المستخدم D_{50} او مقدار الانحراف المعياري لمنحنى التحليل المنخلي للرمل المستخدم ادى الى نقصان في معدل تغذية القناة بالرسابات ونقصان في مقدار التغير في معامل مانننك ، فعلى سبيل المثال نجد انه تم تغذية القناة بالرسابات بمعدل (60 غم / ثانية) لرسابات نوع (I) بمعدل قطر (0.366 ملم) وانحراف معياري 0.243 ، وبلغ التغير في نسبة معامل مانننك 0.661 ، بينما تم تغذية القناة بالرسابات بمعدل (60 غم / ثانية) لرسابات نوع (II) بمعدل قطر (0.4 ملم) وانحراف معياري 0.267 وبلغ التغير في نسبة معامل مانننك 0.678 ، بينما تم تغذية القناة بالرسابات بمعدل (45 غم / ثانية) لرسابات نوع (III) بمعدل قطر (0.67 ملم) وانحراف معياري 320. وبلغ التغير في نسبة معامل مانننك 0.731 . كما نجد انه عند نفس المقدار لمعدل تغذية القناة بالرسابات زيادة معدل قطر الرمل المستخدم D_{50} يؤدي الى نقصان في الزمن اللازم للوصول الى حالة التوازن ، فعلى سبيل المثال نجد انه عند تغذية القناة بالرسابات بمعدل (15 غم / ثانية) فان الزمن اللازم للوصول الى حالة

التوازن هو (900 ، 860 ، 800) ثانية لرسابات نوع (III , II , I) على التوالي ، ويفسر هذا انه كلما زاد معدل قطر الرسابات Dsg ادى الى زيادة في مقاومة حبيبة الرمل لعملية النحر (Scour) وبالتالي استقرارية اكبر لرسابات بين الفراغات المحصورة بين حبيبات مادة القعر وهذا يعني تقصان في معدل تغذية القناة بالرسابات وفي الزمن اللازم للوصول الى حالة التوازن مقارنة بالرسابات ذات معدل القطر الاقل.

<u>التغير الزمني لمعامل مانتك مع معدل تغذية القناة بالرسابات والنسبة بين التصريف الحقيقي الى التصريف المقاس:</u>

من ملاحظة البيانات في الجدول (3) نجد ان زيادة معدل تغذية القناة بالرسابات مع الزمن يؤدي الى تناقص معامل مانتك والذي يؤدي الى انخفاض عمق الجريان ، ولذلك فان التصريف الذي يحصل عليه من العلاقة بين التصريف والمنسوب يكون خاطئاً لعمق الجريان نفسه ، يمكن حساب التصريف والذي يعادل التصريف المقاس لعمق جريان مقداره (d) وقبل تغذية القناة بالرسابات باستخدام المعادلة الاتية.

$$Q_w = \frac{1}{ng} R_h^{2/3} S^{1/2} Ac \quad \ldots\ldots\ldots 7$$

حيث ان:

ng = معامل مانتك للقعر الحصوي بدون رسابات.

R_h = نصف القطر الهيدروليكي المصحح.

S = ميل القناة والذي يساوي ميل سطح الماء.

Ac = مساحة مقطع الجريان لعمق جريان مقداره (d).

ولحساب التصريف بعد عملية تغذية القناة بالرسابات ولعمق الجريان السابق (d) نستخدم المعادلة الاتية:

$$Q_{act} = \frac{1}{n} R_h^{2/3} S^{1/2} Ac \quad \ldots\ldots\ldots 8$$

حيث ان n = معامل مانتك للقعر الحاوي على الرسابات.

وبربط المعادلتين 7 و 8 يمكن الحصول على النسبة بين التصريف الحقيقي الى التصريف المقاس (Q_{act}/Q_w) كما ياتي:

$$\frac{Q_{act}}{Q_w} = \frac{ng}{n} \quad \ldots\ldots\ldots 9$$

ويمكن الحصول على كافة قيم (n/ng) ولكافة تجارب البحث من الجدول (3) ولذلك يمكن صياغة المعادلة (9) بالشكل الاتي :

$$\frac{Q_{act}}{Q_w} = \frac{1}{n/ng}$$

فعلى سبيل المثال ومن ملاحظة الجدول (3) نجد انه عند تغذية القناة بالرسابات بمعدل (15 غم /ثانية) يزمن 860 ثانية للوصول الى حالة التوازن تغير معامل مانتك من 0.0305 للقعر الحصوي بعمق جريان (0.08 م) الى 0.0274 للقعر الحصوي الحاوي على الرسابات بعمق جريان (0.076 م) وهذا يعني ان نسبة التغير بمعامل مانتك n/ng هي (0.896) ، وعند مرور تصريف فوق القعر الحصوي الحاوي على الرسابات بعمق جريان يساوي (0.08 م) فان حساب المقدار الحقيقي لذلك التصريف يتم باستخدام المعادلة (9) حيث نجد ان نسبة التصريف الحقيقي الى التصريف المقاس تساوي (1.116) فاذا كان مقدار التصريف المقاس يساوي (0.0173 م^3 /ثانية) فان التصريف الحقيقي يساوي (0.0193 م^3 /ثانية).

<u>المعادلات الوضعية</u>

اظهرت نتائج هذا البحث ان مقدار التصريف الذي يتم الحصول عليه باستخدام منحنى المنسوب–التصريف يكون خاطئاً بسبب اهمال تاثير الكميات الكبيرة من الرسابات التي تنجرف الى القنوات خلال فترة الفيضان والتي تؤدي الى تغير معامل خشونة القعر للقنوات ذات الخشونة العالية ، وهذا يعني ان التصريف الحقيقي المار في القناة ضمن نفس مقطع الجريان يكون اعلى من التصريف المحسوب من علاقة المنسوب–التصريف

ومن تحليل البيانات المختبرية وجد ان مقدار التغير في نسبة معامل مانتك n/ng يعتمد على المتغيرات الاتية.

$$\frac{n}{ng} = f(Qs, Q, D_{50}, D_s, S) \quad \ldots\ldots\ldots 10$$

وباجراء عملية التحليل البعدي على هذه المتغيرات وجد بان التغير في نسبة معامل مانننك يعتمد على الحدود الاتية:

$$\frac{n}{ng} = f\left(\frac{Qs}{Q}, \frac{D_{50}}{D_b}, S\right) \quad \ldots\ldots\ldots 11$$

حيث ان :

Qs/Q = تركيز الرسابات (C) .

D_{50}/D_b = قطر الرسابات النسبي.

S = ميل القعر.

وباستخدام برنامج احصائي تم التوصل الى المعادلة الوضعية الاتية باستخدام التحليل الرجوعي وذلك لحساب معامل مانننك بعد تعرض القعر الى الرسابات.

$$\frac{n}{ng} = 1 - 2.786 * 10^{-6}\left[\frac{C}{S}\left\{\frac{D_{50}}{D_b}\right\}^{0.33}\right] \quad \ldots\ldots 12$$

حيث ان:

C = تركيز الرسابات في الجريان بـ (ppm) .

Qs = معدل تغذية القناة بالرسابات بـ(ملغم/ ثانية).

Q = التصريف بـ ($م^3$/ثانية).

D_{50} = قطر فتحة المنخل بـ (ملم) الذي يمر من خلاله 50% من وزن النموذج الاصلي.

D_b = معدل قطر مادة القعر بـ (سم).

وكانت هذه الصيغة للمعادلة افضل الصيغ التي تم التوصل اليها بالاعتماد على النتائج المختبرية حيث ان قيمة r^2 للمعادلة تساوي (0.91) ومعامل الارتباط (Correlation Coefficient) يساوي (-0.954) ، وقد تم استخدام المعادلة (12) في حساب مقدار (n/ng) ولكافة تجارب البحث ، فقد لوحظ وجود تطابق جيد بين القيم المقاسة (ويقصد بها القيم التي تم الحصول عليها من النتائج المختبرية الموضحة في الجدول (3) والقيم المحسوبة من المعادلة (12) لكافة تجارب البحث وكذلك مع نتائج الدراسات السابقة وتبين ان نسبة الخطأ لم تتجاوز (±7.3%).

الاستنتاجات

1- الميول المتزايدة تتطلب زيادة في معدل تغذية القناة بالرسابات وزيادة في مقدار التغير في نسبة معامل مانننك ونقصان في الزمن اللازم للوصول الى حالة التوازن ، بينما الميول المنبسطة تعني نقصان في معدل تغذية القناة بالرسابات ونقصان في الزمن اللازم للوصول الى حالة التوازن وبلغ اعلى تغير في نسبة معامل مانننك (0.64).

2- ان الزيادة في التصريف تتطلب زيادة في معدل تغذية القناة بالرسابات وزيادة في الزمن اللازم للوصول الى حالة التوازن وتحويل القعر من قعر حصوي الى قعر رملي ، بينما كلما قل التصريف ادى الى نقصان في معدل تغذية القناة بالرسابات ونقصان في الزمن اللازم للوصول الى حالة التوازن.

3- الزيادة في معدل قطر مادة القعر تتطلب زيادة في معدل تغذية القناة بالرسابات وزيادة في مقدار التغير بمعامل مانننك وزيادة في الزمن اللازم للوصول الى حالة التوازن.

4- ان الزيادة في قطر الرسابات النسبي يسبب نقصانا في معدل تغذية القناة بالرسابات وفي مقدار التغير بمعامل مانننك ونقصان في الزمن اللازم للوصول الى حالة التوازن نتيجة تحول القعر من قعر حصوي الى قعر رملي .

5- ان النقصان في مقدار معامل مانننك يؤدي الى انخفاض في عمق الجريان وبالتالي يؤدي الى زيادة سرعة الجريان التي تسبب زيادة في رقم فرود ، ولذلك قد يتحول الجريان من حالة الجريان تحت الحرج الى حالة الجريان فوق الحرج ، هذه الزيادة في قيمة رقم فرود وسرعة الجريان التي اذا لم تؤخذ بنظر الاعتبار في التصميم تجعل منشآت الحماية في وضع غير أمن ، فضلا عن عدم الدقة في حساب عمق النحر (Scour Depth) لمنشآت الري.

6- يمكن تقدير مقدار التغير بمعامل مانننك عندما تتعرض القناة الى موجة فيضان وبتركيز عال من الرسابات فقد تم ايجاد معادلة وضعية لهذا الغرض ووجدت نتائجها مطابقة للقياسات المختبرية حيث لم تتجاوز نسبة الخطأ (±7.3%).

المصادر

1- Simons, D.B., Al-Shaika-Ali, K.S., and Li, R. M., "Flow Resistance in Cobble and Boulder River Beds", Journal of the Hadraulic Division, ASCE, vol. 105, No. HY5, Proc. Paper 14576 May, 1979, pp. 477-488.

2- AL-Shaikh Ali, K. S, and Baker. "Effect of Sediment on Resistance to Flow in Large Scale Roughness Channels", presented at March 10-13-1979, First National Conference on Water Resources Engineering, held at Baghdad, Iraq.

3- Haibat, A., "Effect of Sediment inflow on the Resistance to Flow on Coarse Gravel to Large Cobble Beds.' Thesis presented to the University of Mosul, Iraq, in 1980, in partial fulfillment of the requirements for the degree of Master of Science.

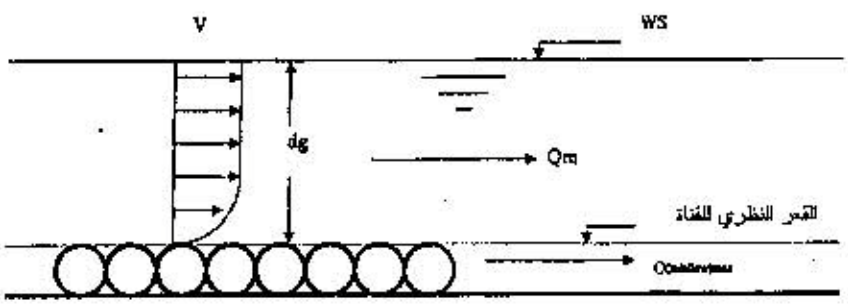
4- Simons, D.B., and F. Sentruk. 1977. Sediment Transport Technology. Water Resources Publication, Fort Collins, Colorado, USA.

5- Anas, M.M, "Effect of Sediment Inflow on the Roughness in Gravel Bed Channels" Thesis presented to the University of Mosul, Iraq, in 1999, in partial fulfillment of the requirements for the degree of Master of Science.

6- Schlichting, H. 1959. Boundary Layer Theory, McGraw-Hill Book Co., New York. US

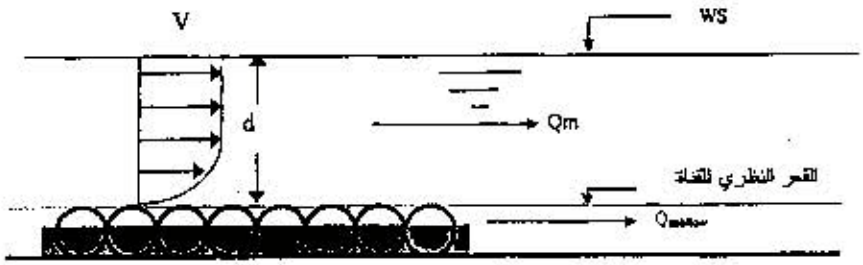
7- Chow,V.T.,. Open-Channels Hadraulics. McGraw. Hill Book Company. Inc., New York, N.Y., 1959.

8- Rouse, H.1961. Fluid Mechanics for Hadraulic Engineers, Dover Publication Inc., New York. P. 249.

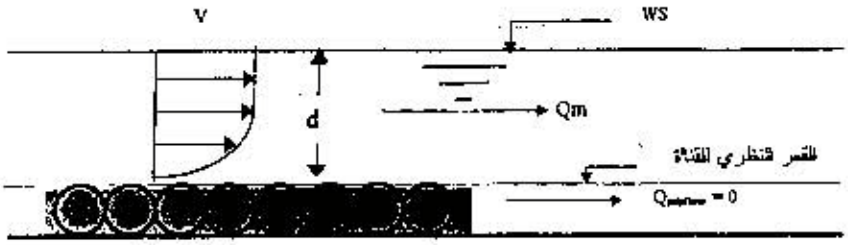


قعر حصوي خال من الرسابات

a1- قبل تغذية القناة بالرسابات.



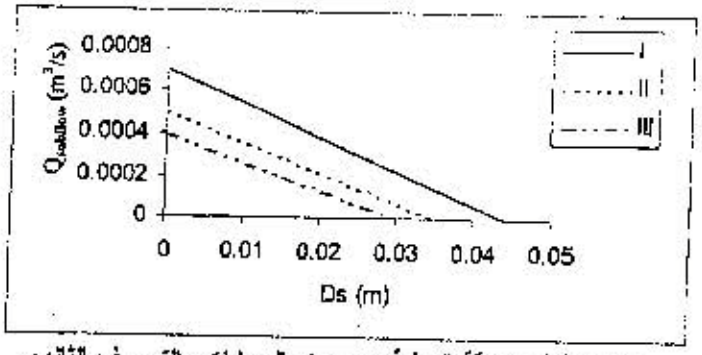
قعر حصوي حاوي على الرسابات



قعر رملي

b1-بعد تغذية القناة بالرسابات.

شكل (1): التصريف الثانوي بين حبيبات مادة القعر والقعر النظري للقناة.



الشكل (2): العلاقة الخطية بين عمق الرسابات والتصريف الثانوي لانواع القعر

الجدول (1) : مواصفات الرمل (الرسابات) المستخدم في البحث.

الانحراف المعياري	D_{84} (mm)	D_{50} (mm)	نوع الرسابات
0.243	0.63	0.36	I
0.267	0.74	0.40	II
0.320	1.40	0.67	III

جدول (2) : التصريف الثانوي لانواع القعر المستخدم في البحث.

اقصى تصريف ثانوي (م^3/ثانية)	منسوب القعر بعد الفرش (متر)	انقطر (متر)	نوع القعر
0.0007	0.044	0.05-0.04	I
0.0005	0.035	0.04-0.03	II
0.0004	0.03	0.03-0.02	III

الجدول (3): نتائج القياسات المختبرية.

Exp. No.	S m/m	Qm m3/s	Qs gm/s	Bed Type	Sand Type	C ppm	Ds m	d m	Te sec	Rb m	n	Fr	n/ng	Qact /Qm
1	0.0150	0.017	0	I	I	0	0.000	0.080	0	0.076	0.0305	0.634	1	1.000
2	0.0150	0.018	15	I	I	338	0.022	0.076	860	0.072	0.0274	0.922	0.9	1.118
3	0.0150	0.018	30	I	I	1667	0.031	0.073	760	0.069	0.0253	0.99	0.83	1.208
4	0.0150	0.018	45	I	I	2500	0.037	0.070	700	0.066	0.0234	1.063	0.76	1.309
5	0.0150	0.018	60	I	I	3333	0.040	0.068	660	0.063	0.0221	1.116	0.72	1.381
6	0.0150	0.018	75	I	I	4167	0.044	0.064	600	0.059	0.0198	1.232	0.65	1.543
7	0.0125	0.017	0	I	I	0	0.000	0.084	0	0.080	0.0301	0.777	1	1.000
8	0.0125	0.018	15	I	I	338	0.023	0.079	900	0.074	0.0265	0.874	0.88	1.138
9	0.0125	0.018	30	I	I	1667	0.035	0.074	820	0.069	0.0233	0.979	0.77	1.292
10	0.0125	0.018	45	I	I	2500	0.039	0.071	760	0.066	0.2160	1.049	0.72	1.395
11	0.0125	0.018	60	I	I	3333	0.044	0.068	720	0.062	0.0199	1.129	0.66	1.513
12	0.0100	0.017	0	I	I	0	0.000	0.089	0	0.084	0.0296	0.714	1	1.000
13	0.0100	0.018	15	I	I	338	0.023	0.085	960	0.079	0.0267	0.785	0.9	1.109
14	0.0100	0.018	30	I	I	1667	0.034	0.080	880	0.074	0.0237	0.872	0.8	1.247
15	0.0100	0.018	45	I	I	2500	0.044	0.073	800	0.068	0.0199	1.019	0.67	1.484
16	0.0075	0.017	0	I	I	0	0.000	0.096	0	0.089	0.0289	0.641	1	1.000
17	0.0075	0.018	15	I	I	938	0.037	0.089	1480	0.081	0.0239	0.762	0.83	1.211

تكملة الجدول (3)

Exp. No.	S m/m	Qm m3/s	Qs gm/s	Bed Type	Sand Type	C ppm	Ds m	d m	Ts sec	Rb m	n	Fr	n/ng	Qact /Qm
18	0.0075	0.018	30	I	I	1597	0.045	0.081	1160	0.073	0.0204	0.876	0.71	1.414
19	0.0150	0.015	0	I	I	0	0.000	0.074	0	0.071	0.0302	0.833	1	1.000
20	0.0150	0.016	15	I	I	932	0.025	0.070	800	0.066	0.0267	0.933	0.83	1.200
21	0.0150	0.018	30	I	I	1863	0.032	0.066	680	0.063	0.0240	1.022	0.8	1.253
22	0.0150	0.016	45	I	I	2795	0.038	0.066	580	0.059	0.0223	1.093	0.71	1.408
23	0.0150	0.018	60	I	I	3727	0.042	0.061	500	0.057	0.0206	1.122	0.68	1.468
24	0.0150	0.018	75	I	I	4658	0.046	0.059	420	0.055	0.0194	1.243	0.64	1.563
25	0.0125	0.015	0	I	I	0	0.000	0.077	0	0.073	0.0293	0.787	1	1.000
26	0.0125	0.016	15	I	I	932	0.028	0.072	880	0.068	0.0254	0.898	0.87	1.156
27	0.0125	0.016	30	I	I	1863	0.035	0.066	720	0.063	0.0227	0.992	0.78	1.280
28	0.0125	0.016	45	I	I	2795	0.040	0.064	630	0.059	0.0203	1.097	0.69	1.445
29	0.0125	0.016	60	I	I	3727	0.045	0.062	520	0.057	0.0191	1.159	0.66	1.536
30	0.0100	0.015	0	I	I	0	0.000	0.062	0	0.078	0.0290	0.718	1	1.000
31	0.0100	0.016	15	I	I	932	0.032	0.076	980	0.071	0.0245	0.837	0.85	1.163
32	0.0100	0.016	30	I	I	1863	0.040	0.070	720	0.064	0.0210	0.961	0.72	1.381
33	0.0100	0.016	45	I	I	2795	0.044	0.067	630	0.061	0.0194	1.035	0.67	1.499
34	0.0075	0.015	0	I	I	0	0.000	0.09	0	0.082	0.0281	0.649	1	1.000
35	0.0075	0.016	15	I	I	932	0.038	0.08	1400	0.073	0.0228	0.766	0.81	1.235
36	0.0075	0.016	30	I	I	1863	0.044	0.074	1120	0.067	0.0197	0.895	0.7	1.429
37	0.0150	0.013	0	I	I	0	0.000	0.067	0	0.064	0.0295	0.84	1	1.000
38	0.0150	0.014	15	I	I	1064	0.027	0.062	720	0.059	0.0249	0.979	0.85	1.182
39	0.0150	0.014	30	I	I	2128	0.033	0.059	660	0.056	0.0227	1.065	0.77	1.299
40	0.0150	0.014	45	I	I	3191	0.039	0.056	480	0.052	0.0206	1.161	0.7	1.431
41	0.0150	0.014	60	I	I	4255	0.044	0.054	430	0.050	0.0192	1.24	0.65	1.538
42	0.0125	0.013	0	I	I	0	0.000	0.071	0	0.068	0.0296	0.771	1	1.000
43	0.0125	0.014	15	I	I	1064	0.030	0.066	840	0.062	0.0251	0.898	0.85	1.179
44	0.0125	0.014	30	I	I	2128	0.035	0.061	780	0.057	0.0217	1.02	0.74	1.361
45	0.0125	0.014	45	I	I	3191	0.044	0.059	700	0.055	0.0202	1.047	0.68	1.471
46	0.0100	0.013	0	I	I	0	0.000	0.08	0	0.071	0.0288	0.713	1	1.000
47	0.0100	0.014	15	I	I	1064	0.034	0.07	1100	0.064	0.0233	0.866	0.81	1.236
48	0.0100	0.014	30	I	I	2128	0.044	0.06	860	0.056	0.0201	0.988	0.7	1.435
49	0.0075	0.013	0	I	I	0	0.000	0.08	0	0.075	0.0278	0.640	1	1.000
50	0.0075	0.014	15	I	I	1064	0.044	0.07	1760	0.066	0.0217	0.810	0.78	1.280
51	0.0150	0.011	0	I	I	0	0.000	0.06	0	0.059	0.0300	0.813	1	1.000
52	0.0150	0.012	15	I	I	1250	0.028	0.06	700	0.054	0.0257	0.937	0.86	1.167
53	0.0150	0.012	30	I	I	2500	0.034	0.05	600	0.049	0.0216	1.094	0.74	1.346
54	0.0150	0.012	45	I	I	3750	0.044	0.05	560	0.0470	0.0199	1.178	0.66	1.508
55	0.0125	0.011	0	I	I	0	0.000	0.06	0	0.061	0.0296	0.759	1	1.000
56	0.0125	0.012	15	I	I	1250	0.032	0.06	800	0.057	0.0253	0.876	0.83	1.199
57	0.0125	0.012	30	I	I	2500	0.039	0.06	740	0.052	0.0215	1.015	0.73	1.377
58	0.0125	0.012	45	I	I	3750	0.044	0.05	660	0.047	0.0190	1.151	0.640	1.563
59	0.0100	0.011	0	I	I	0	0.000	0.07	0	0.065	0.0292	0.694	1	1.000
60	0.0100	0.012	15	I	I	1250	0.036	0.06	1040	0.057	0.0229	0.866	0.78	1.276
61	0.0100	0.012	30	I	I	2500	0.044	0.06	720	0.053	0.0201	0.974	0.69	1.451
62	0.0075	0.011	0	I	I	0	0.000	0.07	0	0.07	0.0280	0.613	1	1.000
63	0.0075	0.011	15	I	I	1250	0.044	0.07	1550	0.06	0.0216	0.801	0.75	1.339
64	0.0125	0.017	0	I	II	0	0.000	0.08	0	0.08	0.0301	0.777	1	1.000

تكملة الجدول (3)

Exp. No.	S m/m	Qm m3/s	Qs gm/s	Bed Type	Sand Type	C ppm	Ds m	d m	Ta sec	Rb m	n	Fr	n/ng	Qact /Qm
65	0.0125	0.018	15	I	II	833	0.028	0.08	660	0.073	0.0258	0.896	0.88	1.170
66	0.0125	0.018	30	I	II	1667	0.036	0.07	780	0.066	0.0228	1.001	0.78	1.316
67	0.0125	0.018	45	I	II	2500	0.041	0.07	740	0.066	0.0216	1.051	0.72	1.389
68	0.0125	0.018	60	I	II	333	0.044	0.07	700	0.063	0.0204	1.103	0.68	1.475
69	0.0125	0.017	0	I	III	0	0.000	0.08	0	0.08	0.0301	0.777	1	1.000
70	0.0125	0.018	15	I	III	833	0.031	0.08	800	0.072	0.0253	0.917	0.84	1.190
71	0.0125	0.018	30	I	III	1667	0.042	0.07	740	0.069	0.0232	0.986	0.77	1.300
72	0.0125	0.018	45	I	III	2500	0.044	0.07	700	0.057	0.0220	1.031	0.73	1.368
73	0.0150	0.018	0	II	I	0	0.000	0.06	0	0.074	0.0289	0.878	1	1.000
74	0.0150	0.018	15	II	I	833	0.028	0.07	690	0.07	0.0258	0.974	0.89	1.121
75	0.0150	0.018	30	II	I	1667	0.031	0.07	540	0.066	0.0238	1.043	0.83	1.211
76	0.0150	0.018	45	II	I	2500	0.033	0.07	480	0.063	0.0221	1.109	0.78	1.309
77	0.0150	0.018	60	II	I	3333	0.035	0.06	420	0.059	0.0198	1.233	0.69	1.460
78	0.1250	0.018	0	II	I	0	0.000	0.08	0	0.077	0.0285	0.816	1	1.000
79	0.1250	0.018	15	II	I	833	0.028	0.08	840	0.072	0.0250	0.922	0.87	1.144
80	0.1250	0.018	30	II	I	1667	0.032	0.07	780	0.069	0.0232	0.985	0.81	1.232
81	0.1250	0.018	45	II	I	2500	0.035	0.07	590	0.062	0.0199	1.129	0.7	1.435
82	0.0100	0.018	0	II	I	0	0.000	0.09	0	0.083	0.0279	0.753	1	1.000
83	0.0100	0.018	15	II	I	833	0.030	0.08	980	0.078	0.0246	0.845	0.88	1.142
84	0.0100	0.018	30	II	I	1667	0.035	0.07	800	0.068	0.0204	0.998	0.75	1.328
85	0.0075	0.018	0	II	I	0	0.000	0.09	0	0.085	0.0264	0.694	1	1.000
86	0.0075	0.018	15	II	I	833	0.035	0.08	1290	0.074	0.0209	0.859	0.79	1.263
87	0.0150	0.176	0	III	I	0	0.000	0.08	0	0.072	0.0274	0.918	1	1.000
88	0.0150	0.018	15	III	I	833	0.021	0.07	630	0.067	0.0239	1.039	0.87	1.145
89	0.0150	0.018	30	III	I	1667	0.027	0.07	520	0.063	0.0221	1.118	0.81	1.242
90	0.0150	0.018	60	III	I	2500	0.030	0.06	480	0.059	0.0196	1.123	0.72	1.387
91	0.0125	0.018	0	III	I	0	0.000	0.08	0	0.075	0.0272	0.853	1	1.000
92	0.0125	0.018	15	III	I	833	0.024	0.07	780	0.068	0.0227	1.004	0.84	1.196
93	0.0125	0.018	30	III	I	1667	0.028	0.07	660	0.064	0.0210	1.077	0.77	1.295
94	0.0125	0.018	45	III	I	2500	0.030	0.07	580	0.062	0.0199	1.129	0.73	1.366
95	0.0100	0.018	0	III	I	0	0.000	0.09	0	0.079	0.0268	0.782	1	1.000
96	0.0100	0.179	15	III	I	833	0.026	0.08	860	0.072	0.0225	0.714	0.84	1.189
97	0.0100	0.018	30	III	I	1667	0.030	0.07	700	0.068	0.0199	1.019	0.75	1.342
98	0.0075	0.018	0	III	I	0	0.000	0.09	0	0.084	0.0258	0.71	1	1.000
99	0.0075	0.018	15	III	I	833	0.030	0.08	1200	0.074	0.0209	0.859	0.81	1.235