Άσκηση Σύνθετη

(Βαθμιαία Μεταβαλλόμενη Ροή – Υδραυλικό Άλμα)

**Παροχή 254.7 m3/s διέρχεται πάνω από υπερχειλιστή από σκυρόδεμα (n=0.013 s/m1/3).**

**Η ταχύτητα του νερού στον πόδα του υπερχειλιστή είναι 12.8 m/s (Θεση 1).**

**Το πλάτος της λεκάνης ηρεμίας είναι 54.86 m.**

**Κατάντη της λεκάνης ηρεμίας το βάθος ροής είναι 3.05 m.**

**Για τον ορθό σχεδιασμό της λεκάνης (περιορισμό του υδραυλικού άλματος εντός της λεκάνης) τι μήκος πρέπει να έχει η λεκάνη;**

**Ποιες είναι οι συνολικές απώλειες ενέργειας;**

**Σε όλο το μήκος της λεκάνης ηρεμίας ο πυθμένας είναι οριζόντιος.**

**(Schaum’sseries, Μηχ. των Ρευστών και Υδραυλική)**



Επίλυση

Βρίσκω Fr1 στη θέση Α

y1 = $\frac{Q}{b∙v\_{1}}=\frac{254.7}{54.86∙12.8}$ = 0.363 m

Fr1 = $\frac{v\_{1}}{\sqrt{g∙y\_{1}}}=\frac{12.8}{\sqrt{9.81∙0.363}}=6.783>1$(υπερκρίσιμη ροή)

Βρίσκω Fr3στη θέση C

v3 = $\frac{Q}{b∙y\_{3}}=\frac{254.7}{54.86∙3.05}$ = 1.52 m/sec

Fr3 = $\frac{v\_{3}}{\sqrt{g∙y\_{3}}}=\frac{1.52}{\sqrt{9.81∙3.05}}=$ 0.278 <1 ( υποκρίσιμη ροή)

Άρα μεταξύ Α και C θα σχηματιστεί υδραυλικό άλμα

Έστω ότι θα σχηματιστεί υδραυλικό άλμα μεταξύ Β και C.

Ισχύει ο εξής τύπος για τα συζυγή βάθη που έχει προκύψει από Αρχή Διατήρησης Ορμής

$\frac{y\_{πριν,Β}}{y\_{μετά,C}}=\frac{1}{2}∙(-1+\sqrt{8∙Fr\_{μετά,c}^{2}+1})$ (1)

Προσοχή

Παίρνω αυτό τον τύπο, γιατί ξέρω το βάθος **μετά** το υδραυλικό άλμα. Αν ήξερα το βάθος πριν το υδραυλικό άλμα, τότε ο τύπος θα άλλαζε ως εξής:

 $$\frac{y\_{μετά,C}}{y\_{πριν,Β}}=\frac{1}{2}∙(-1+\sqrt{8∙Fr\_{πριν,Β}^{2}+1})$$

Αντικαθιστώντας στην (1) τα δεδομένα έχουμε:

$\frac{y\_{2}}{y\_{3}}=\frac{1}{2}∙(-1+\sqrt{8∙Fr\_{3}^{2}+1})$ και

$y\_{2}=\frac{3.05}{2}∙\left(-1+\sqrt{8∙0.278^{2}+1}\right)=$0.415 m

Το μήκος της λεκάνης ηρεμίας στο οποίο συμβαίνει το υδραυλικό άλμα θα ισούται προσεγγιστικά:

$$L\_{υδρ. άλμα}≅6∙y\_{3}=6∙3.05=18.3 m$$

Για να μπορέσω να προσδιορίσω το προφίλ της ελεύθερης επιφάνειας **πριν** το υδραυλικό άλμα (πως μεταβάλλεται το βάθος ροής) θα υπολογίσω το κρίσιμο βάθος yc

Υπενθυμίζεται ότι q = Q/b

yc = $\sqrt[3]{\frac{q^{2}}{g}}=\sqrt[3]{\frac{254.7^{2}}{54.86^{2}∙9.81}}=1.3 m$

Έχω οριζόντιο επίπεδο, άρα είμαι καμπύλη Η και παρατηρώ ότι τα πραγματικά βάθη y, y1και y2<yc. Έχω **υπερκρίσιμη** ροή και είμαι στη καμπύλη **Η3** ( υπερύψωση της ελεύθερης επιφάνειας – αύξηση του βάθους ροής).

Η επίλυση της βαθμιαίας μεταβαλλόμενης ροής επειδή έχω **υπερκρίσιμη ροή** θα γίνει από τα **ανάντη** προς τα **κατάντη,** άρα η αρχική μου θέση θα είναι η Α.

Ο βασικός τύπος για την επίλυση της βαθμιαίας μεταβαλλόμενης είναι ο εξής:

L = $\frac{Ε\_{αν}-Ε\_{κατ}}{\overbar{S\_{f}}-S\_{o}}$με $\overbar{S\_{f}}$ = $(\frac{n∙\overbar{v}}{\overbar{R}^{2/3}})^{2}$

Για λόγους απλοποίησης θα λυθεί η άσκηση χωρίς πύκνωση των υψών.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | **y** | **A** | **P** | **R**  | **V=Q/A** | **Eιδική ενέργεια Ε=y+V^2/2g** | **Ε1-Ε2** | $$\overbar{V}$$**(V1+V2)/2** | $$\overbar{R}$$**(R1+R2)/2** | $\overbar{S\_{f}}$ | $\overbar{S\_{f}}$ –S0 | L |
|  | **m** | **m^2** | **m** | **m** | **m/s** | **m** | **m** | **m/s** | **m** |  |  |  |
| **1 (A)** | **0,363** | **19.914** | **55.586** | **0,3582** | **12.8** | **8.7137** |  |  |  |  |  |  |
| **2 (B)** | **0,415** | **22.767** | **55.69** | **0,4088** | **11.19** | **6.7971** | **1.9166** | **11.995** | **0,3835** | **0,08727** | **0,08727** | **21.96** |

Άρα το συνολικό μήκος της λεκάνης ηρεμίας ισούται

$$L\_{συν}=21,96+18,3=40,26 m$$

*Για να βρω τις απώλειες ενέργειας στο υδραυλικό άλμα κάνω ΑΔΕ πριν και μετά το υδραυλικό άλμα.*

*ΗΒ= Ηc +* $\sum\_{}^{}h\_{υδρ. αλμ}$

Το ΗB το έχω βρει από πριν ίσο με 6,7971 (ισχύει Η2 = Ε2, γιατί έχω οριζόντιο επίπεδο) και

Hc = y3 + $\frac{v\_{3}^{2}}{2∙g}$ = 3.05+ $\frac{1.55^{2}}{2∙9.81}=3.1678 m$

Άρα $\sum\_{}^{}h\_{υδρ. αλμ}=6,7971-3,1678=3,6293 m$

*Οι απώλειες αυτές οφείλονται στο έντονο τυρβώδες που εμφανίζεται στη περιοχή μεταβολής του βάθους. Παρατηρώ ότι*

$$\frac{\sum\_{}^{}h\_{υδρ. αλμ}}{H\_{B}}=\frac{3.6293}{6.7971}=53.39\%$$

*Είναι συμβατό με τη θεωρία, γιατί για Fr2 =5.94 περιμένω από πίνακες μια απώλεια ενέργειας μεταξύ 45% και 70%*

*Για να βρω τις απώλειες ενέργειας στο συνολικό μήκος της λεκάνης ηρεμίας κάνω ΑΔΕ μεταξύ των θέσεων Α και C.*

*ΗA= Ηc +* $\sum\_{}^{}h\_{ΑC}$

$$\sum\_{}^{}h\_{ΑC}=8,7137-3,1678=5,5459 m $$

Οι απώλειες αυτές κατανέμονται λόγω τριβών στο κομμάτι ΑΒ και λόγω τυρβώδους στο κομμάτι ΒCόπου εμφανίζεται το υδραυλικό άλμα.