



1

話題提供目的

次の項目に分けて示す。

- 水工構造物周辺の環境が悪化した箇所を石組みの技術でどのように改善できるのかを紹介します。
- 石組みされた礫間の浸透流が底面付近の流速を抑えることが可能となり、平水時は水生生物の移動を可能とし、洪水時には、底面付近の流速制御による河床保護が可能となります。
- 北海道知床半島西側で実施した治山堰堤の改良、山梨県北杜市で実施した流路工(床固工)下流側の改善、群馬県神流町で実施した砂防施設下流の改良、静岡県掛川市および群馬県上野村で実施した湾曲部での水制工の設置、北海道知床半島東側で実施した橋脚周辺の改善、島根県出雲市で実施した旧舟通しを魚道に改良などを紹介し、技術的な配慮について説明します。

2

令和 5 年度施工 (7号ダム)

放水路部分を1.6m切り下げた。



イワウベツ川での 整備前と整備後

3

イワウベツ川の治山堰堤で実施した石組み による河川環境改善の事例



4



5

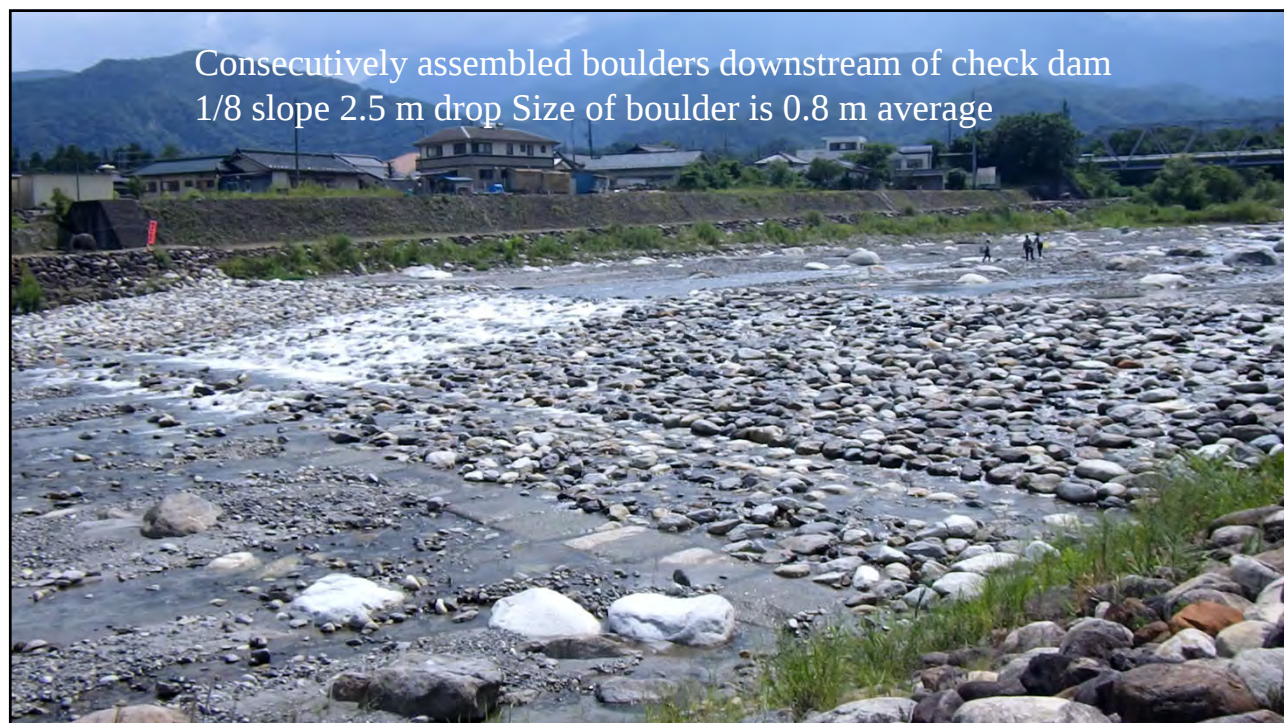


6

治山堰堤の切り下げおよび連続性確保の考え方

- 治山堰堤としての機能および連続性確保の両立を図る
- 堰堤の袖を生かし、放水路の天端を1.6m下げて、1.6mの落差部を巨礫による石組み斜路とする
- 下流端から石組みを行うにあたって、力石となるように下流端の大礫を設置する
- 巨礫の天端に20cmの凹凸がつくように千鳥に設置する
- 石組みした直後には、礫の隙間に碎石を投入し固定化を図る
- 洪水時に底面付近の流れの速さが抑えられるようにする

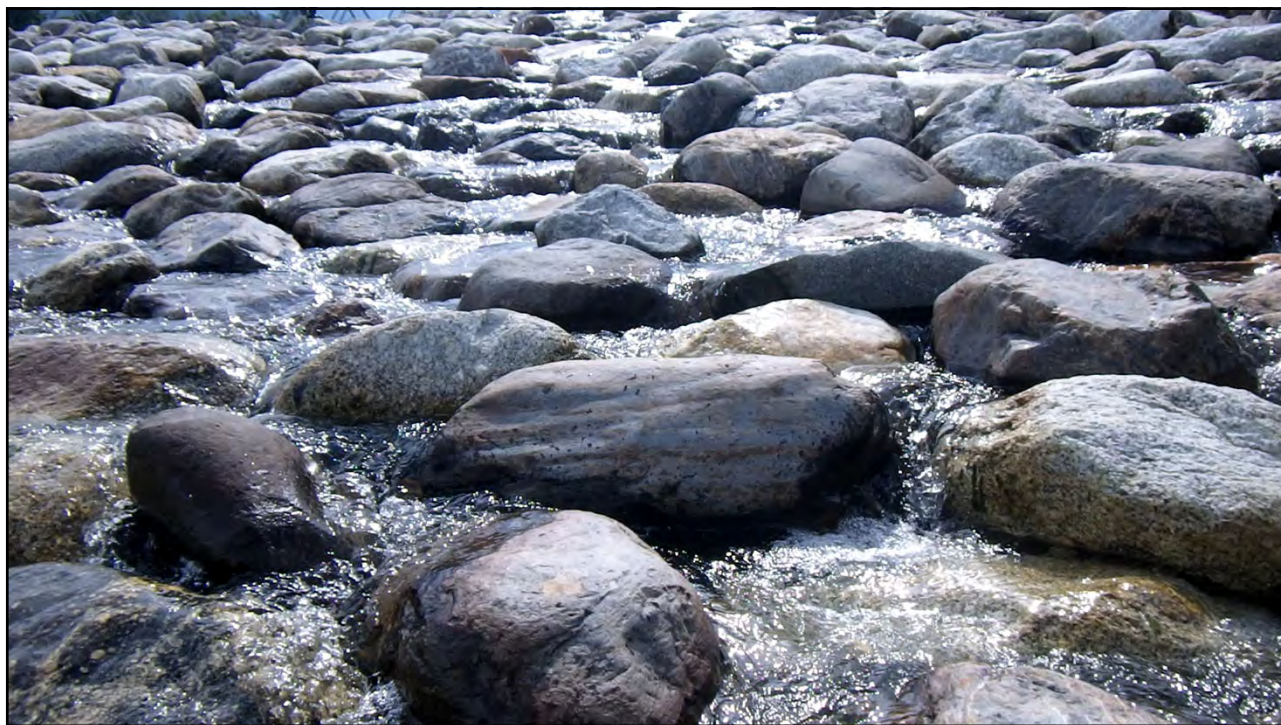
7



8



9



10

堰堤下流で河床低下した状態 多比良川



11

長崎県西海市多比良川での試み



12



13

限られた予算で短時間で環境と防災とのバランスを考慮した整備できる考え方

- 現地発生の石材を最大限生かす
- 巨礫による石組みを適用することで、コンクリート使用量、工事に行われる水替え対策を最小限に抑える
- コンクリートを利用しても、砕石を利用し、生コンクリートの濁りを出さない
- 石組みの礫が動かない程度に礫の下部に生コンクリートを使用する
- 最下流の石組みの礫が動かないように、川底に埋め込むようにし、下流側から石組みを行う
- 甲殻類が遡上降河できるように水際に注意する

14



15

佐奈河内川で実施した石組み斜路工の渇水時の流れ



16

長崎県大村市内を流れる佐奈河内川



17

17



佐奈河内川
の出水時の
流況

18



19

豪雨災害による復旧事業として急勾配を有する 河川整備の考え方

- 環境と防災とのバランスを考慮したものにする
- 利水施設設置および川の勾配の緩和処置によって生じる段差の影響を最小限にするため、巨礫による石組み斜路を設ける
- 石組みに使用する礫は長辺、短辺、高さの平均が40から50cmを使用し、一体化が図れるようにする
- 礫間の流れを最大限に生かし、水温管理、捕食被害の防止、河床侵食防止、増水時の避難環境の確保、棲息環境の確保を行う
- 災害復旧前にあった河の巨礫を含む礫は基本的に全て戻す
- 河道が単調にならないように配慮する

20

改善前の状態



21

宇都宮市内釜川での河川環境改善事例



22

改善後の状況



23

石組み斜路上の流況



24

市街地を流れる河川の落差部での環境改善の考え方

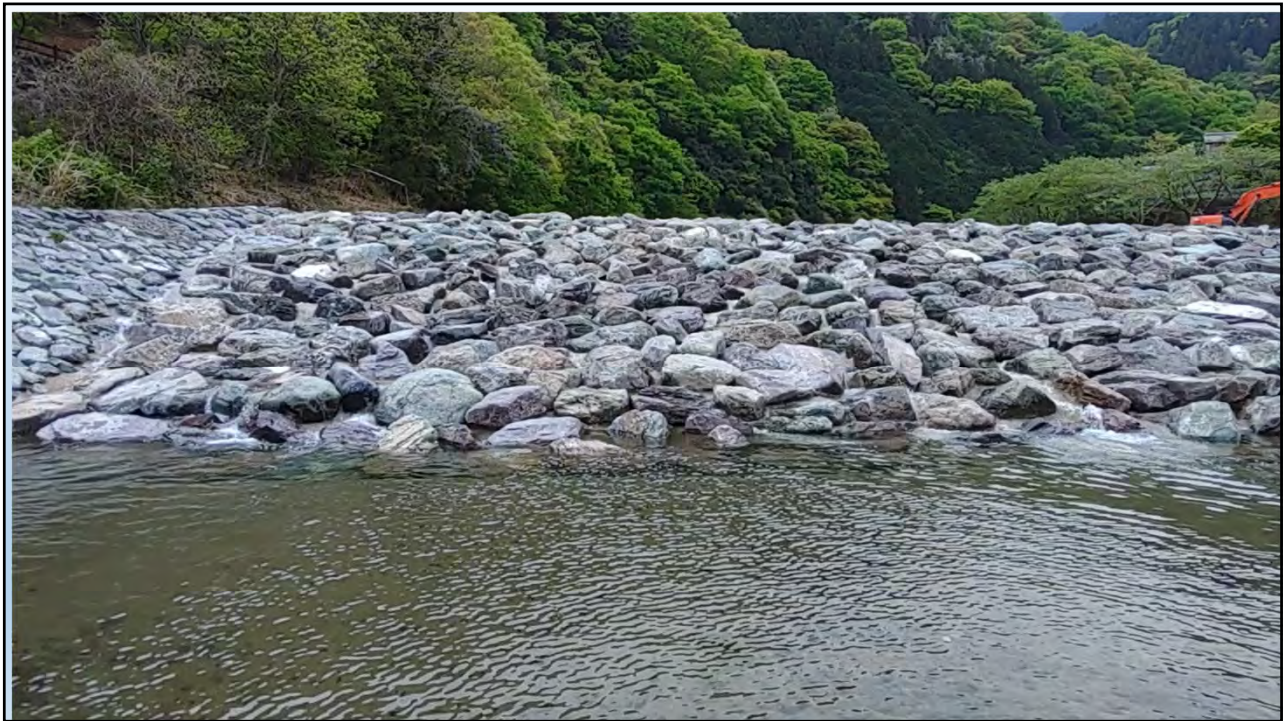
- 水生生物の移動を可能とし、普段の流れの音を快適にするために、落差部を粗礫斜路にする
- 粗礫斜路の土台を20cm程度の栗石および碎石で構築する
- 30cm前後の巨礫を用いて、石組みする
- 1/5.6勾配でも小魚、エビ、底生魚が遡上・降河するため、礫の隙間の流れを利用できるようにする
- 礫のサイズが小さいので、割石で丁寧に石組みする
- 最後に碎石で全体を覆うようにかぶせて、水締めで仕上げる
- コンクリートは使用しない

25

群馬県神流町内を流れる神流川に設置された堰堤下流側に巨礫による石組み斜路



26



27



28



29



30

砂防施設である流路工の落差部における水生生物の移動環境と防災対策の両立の考え方

- 既設の魚道に依存せず、迷入防止のために全面で遡上・降河できるようにする
- 洪水時に流れの勢いを制御し、堰堤下流の河床に負担をかけないようにする
- 流れが単調にならないように、普段の流れが3次元的になるように整備する
- 増水時の水生生物の避難環境、捕食防止の環境を確保する
- 礫間を浸透する流れが形成されるようにする
- 構造物前後の河川との接続環境について、普段の流れから洪水時の流れを想定して整備する

31

神流川上野村付近の湾曲部の環境改善事例



32

2年前の状態



33

石組み水制工周辺の流れ



34

石組み水制工の背後の水中映像



35



36

石組み水制工による外岸側に沿った流れを解消



37

湾曲河川に石組み水制工を設置する考え方

- 湾曲河川の外岸側に流れが常に偏らないようにする
- 普段の流れ方と洪水の流れ方を変える工夫として石組み水制工を適用する
- 湾曲河川の内岸側が堆積が進行し、比高が高い場合には、増水時に通水しやすいように、堆積箇所を掘削し下げる(冠水幅が普段のときと増水時の時には変わるようにする)
- 70cm前後の巨礫を少なくとも3列石組みした状態で一体化したのとして設置する
- 石組みの形状として、外岸側から内岸側にかけて横断方向に傾けるように高さを調整する
- 巨礫の天端は普段の河川水位より20から30cm程度の高さを上限とする

38



39



40



41

石組み水制工を設置しても課題が残る場合

- 湾曲部の河床保護のために、設計基準では護岸および護床ブロックの設置が求められている。
- このため、この現場では護床ブロックを設置した状態で巨礫による石組みを設置している。
- この状態では、水没する頻度が少なくなり、砂礫の堆積が水制工前後に生じる。
- 礫の隙間が砂礫で埋まり、礫による石組み先端のみ水中にある状態になっているため、水生生物の棲息環境にはならない。また、水制先端の速さが増し、先端部の洗堀が進行する。

42

北海道目梨郡羅臼町内を流れるオッカバケ川の河口付近に敷設された橋梁周辺において局所洗堀による橋梁転落防止対策



43

通水後の状態



44



45

橋脚周辺の洗堀対策の考え方

- 70cm前後の礫による石組みを橋脚およびその下流側10m程度まで緩やかなすり鉢状に設置する
- 巨礫による石組みは設置近くまで重機で行い、巨礫を下流側に傾け礫の重さが伝わるようにし、左右前後で接点があるように人力で調整する
- コンクリートは使用しない
- 20cm前後の礫で底面形状を整える. この場合、碎石で表面を覆うように被せる
- 石組み区間より下流側について、20cm前後の礫で遷移区間を15m程度設ける(ただし、河川の状態によっては省くこともできる)

46

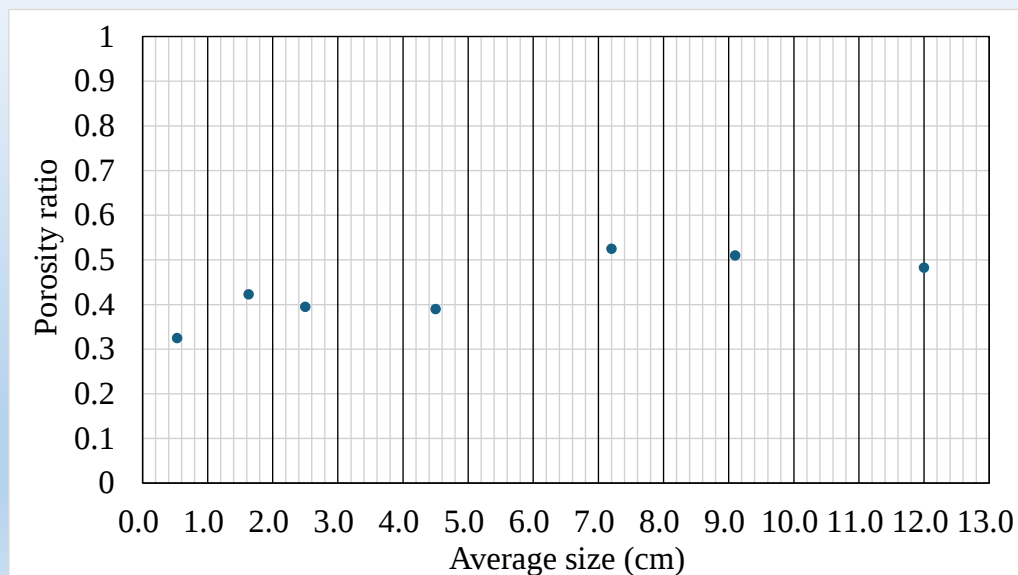
石組み整備の重要点およびまとめ

落差のない河川内で石組みを適用すると、石組みの前後に砂礫が堆積し、流速の小さい伏流する流れが形成される。巨礫で構成した斜路の場合、土台が栗石(20 cm前後の礫)や碎石によって構成した場合でも、伏流が形成される。伏流の形成が水循環、水温調整機能、産卵環境などに寄与している。実験的にも伏流内の流速は礫や石のサイズ(長辺と短辺と高さの平均)によって変化し、伏流が形成される上層の流れには依存せず、水面勾配が大きく変化した場合にはその影響を受ける。

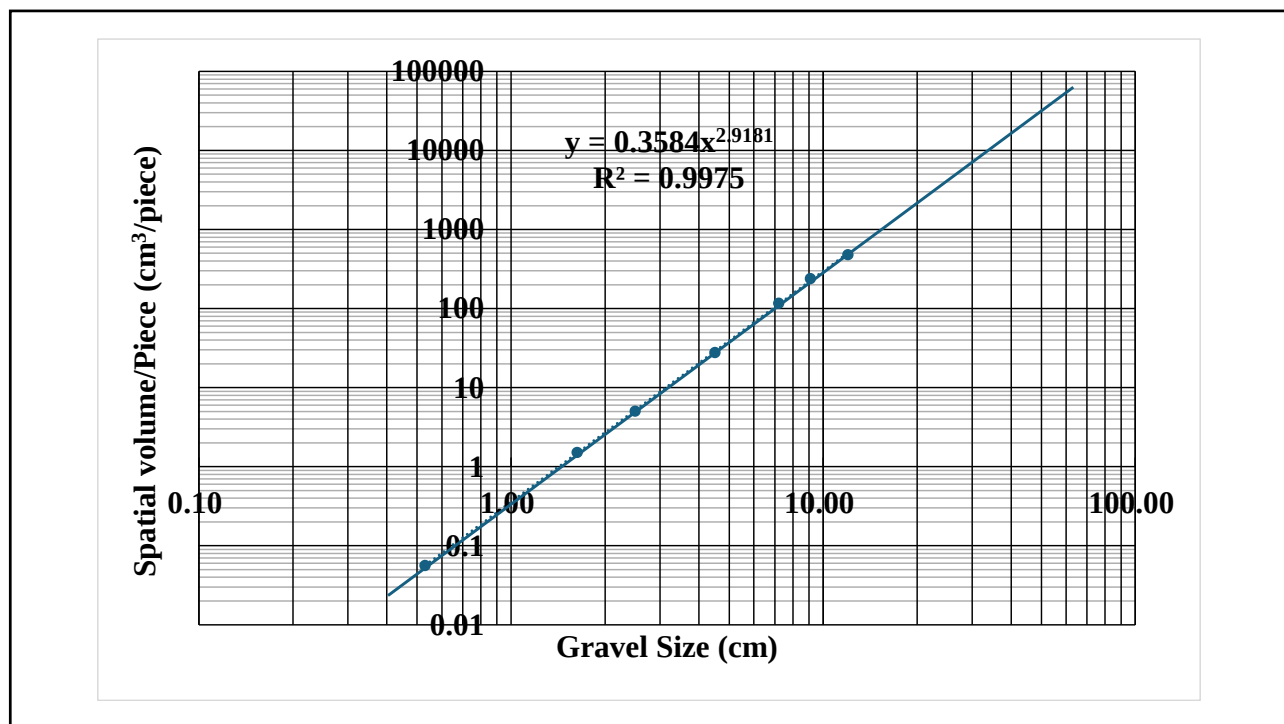
国内の河川の中でもほとんどが人の生命、財産、生活、土地利用を守るために、河川整備され、様々な河川構造物が建設され、整備方法によっては河川環境が悪くなるが、これらの改善方法として、石組みは理にかなった重要な技術である。自然に形成される石組みに基づく石組み設置技術は世界に誇れる技術であることから、国外に先駆けて国内で石組み技術が普及することを強く望む。

47

伏流に関する実験について

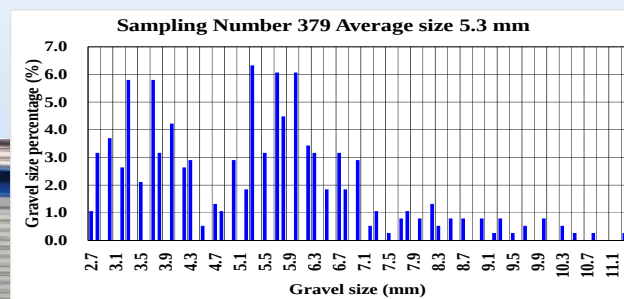


48



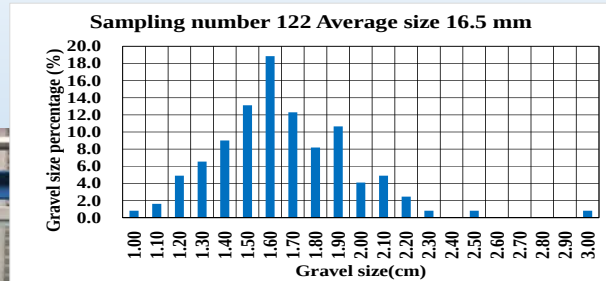
49

平均粒径5.3mmで構成したマウント状のもの



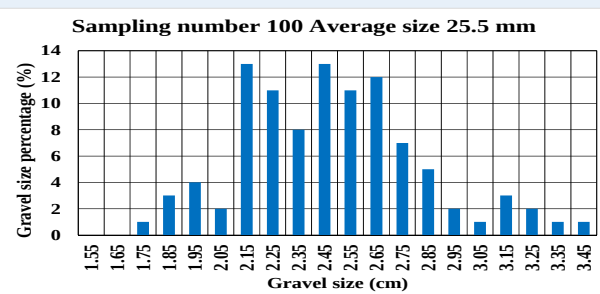
50

平均粒径16.5mmで構成したマウント状のもの



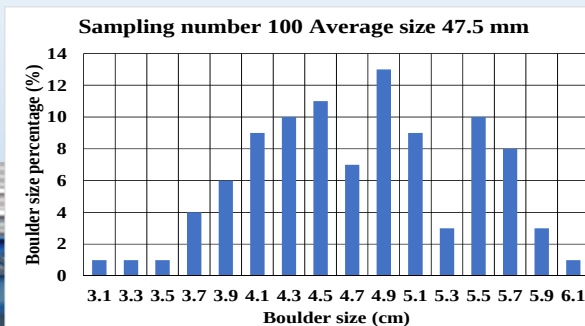
51

平均粒径25.5mmで構成したマウント状のもの



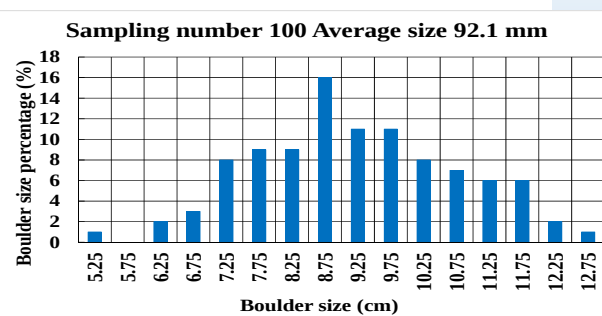
52

平均粒径47.5mmで構成したマウント状のもの



53

平均粒径92.1mmで構成したマウント状のもの



54

表 1 実験条件

Case	Q (m ³ /s)	h_u^* (m)	Averaged Size (mm)	Sampling number
1	0.0174	0.233	5.3	379
2	0.0475	0.314	5.3	379
3	0.0174	0.255	16.5	122
4	0.0451	0.336	16.5	122
5	0.0174	0.247	25.5	100
6	0.0323	0.295	25.5	100
7	0.0475	0.331	25.5	100
8	0.0317	0.270	47.5	100
9	0.0174	0.219	92.1	100
10	0.0323	0.260	92.1	100
11	0.0475	0.297	92.1	100

* h_u は $x = 0$ m での水深を示す.

55

Case 2 の流況



56

Case 4 の流況



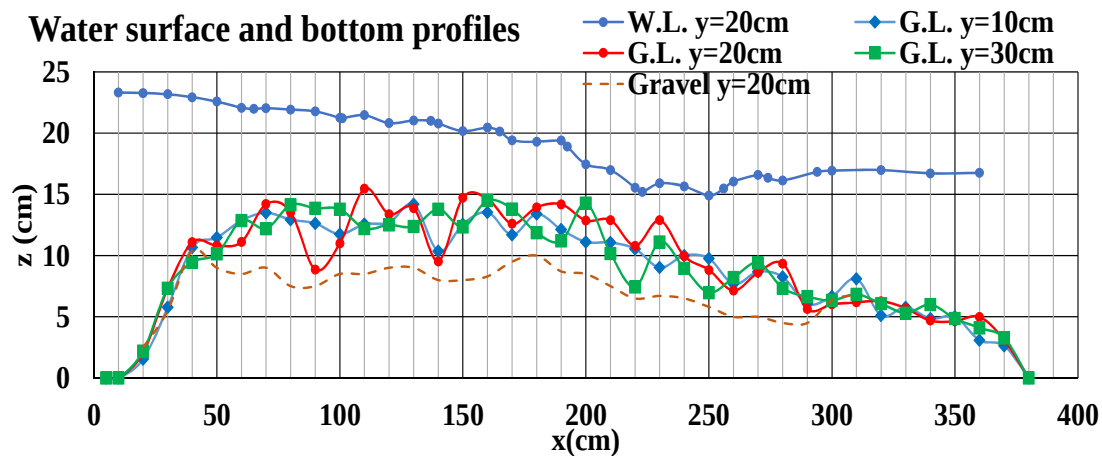
57

Case 11 の流況



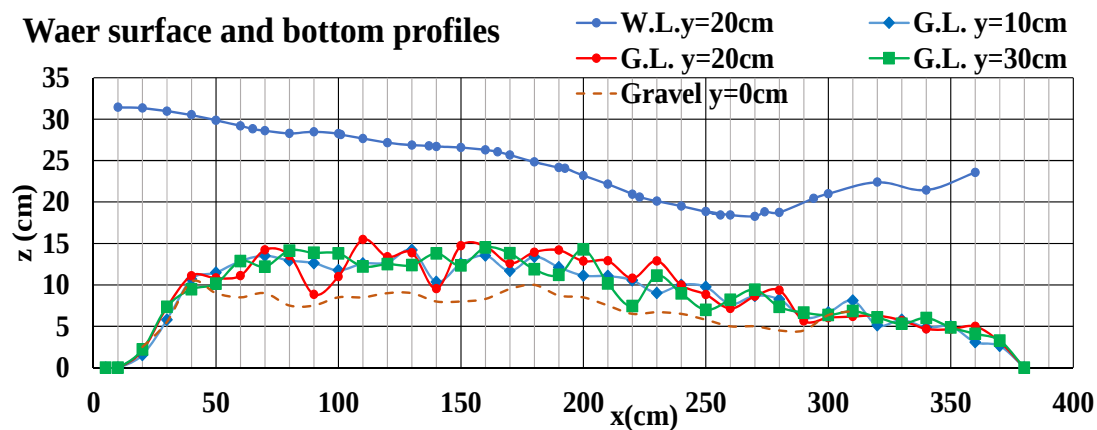
58

Case 1の水面形状および底面形状



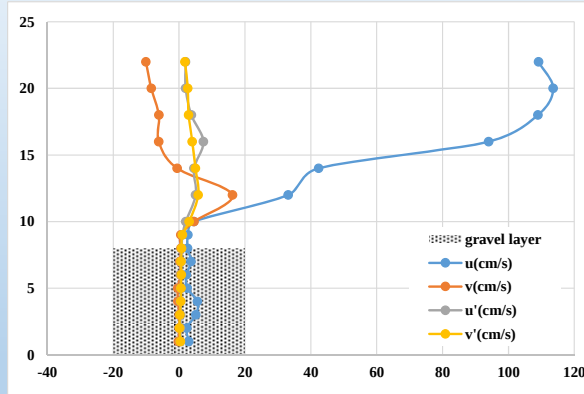
59

Case 2の水面形状および底面形状

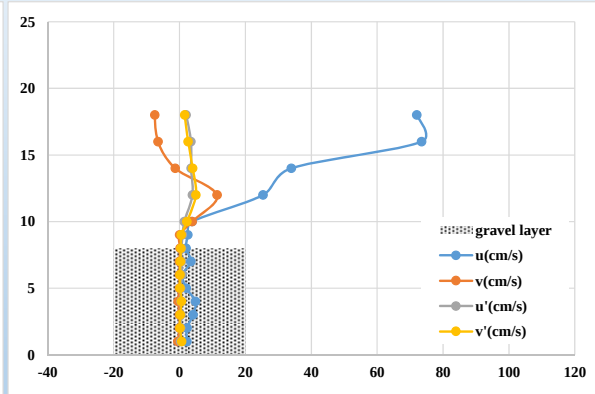


60

$$D_{\text{ave}} = 5.3 \text{ mm}, x = 165 \text{ cm}$$



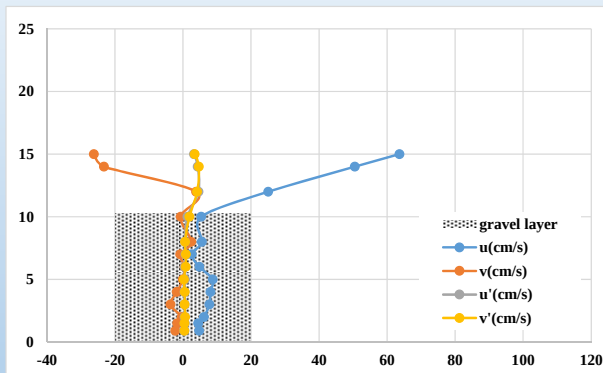
Case 1



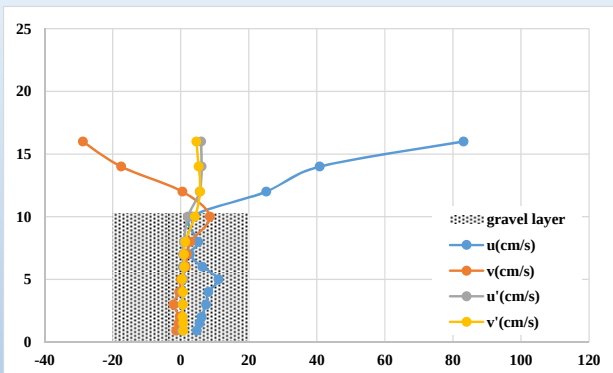
Case 2

61

$$D_{\text{ave}} = 16.5 \text{ mm}, x = 167 \text{ cm}$$



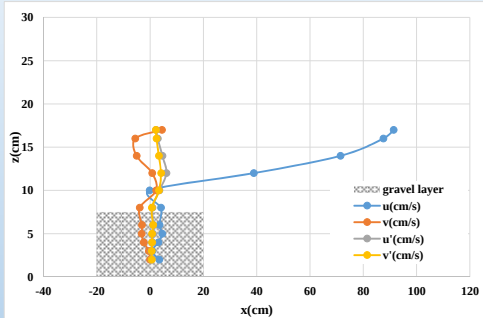
Case 3



Case 4

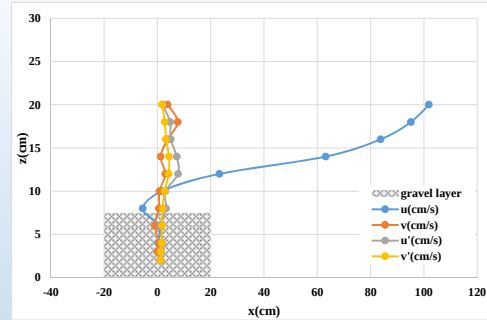
62

$D_{ave} = 25.5 \text{ mm}, x = 168 \text{ cm}$

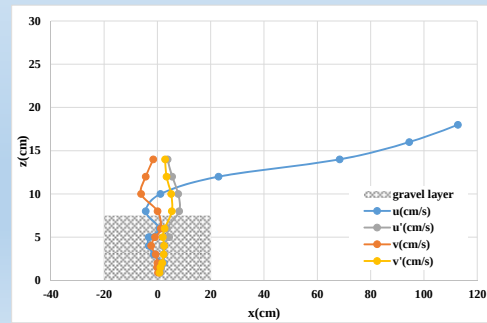


Case 5

Case 6

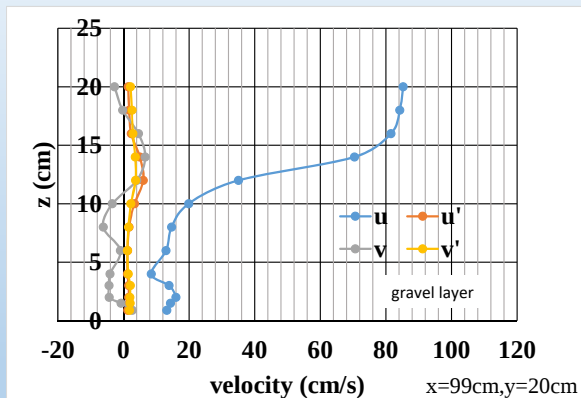


Case 7

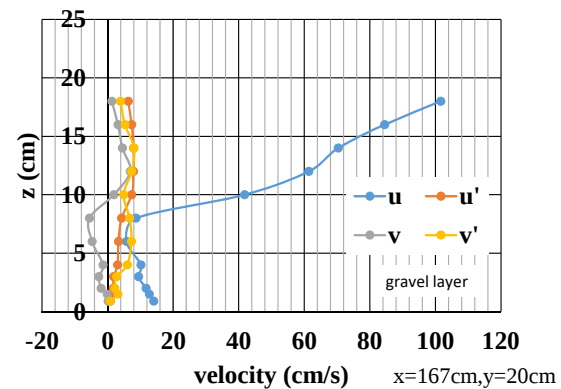


63

$D_{ave} = 47.5 \text{ mm}, \text{ Case 8}$



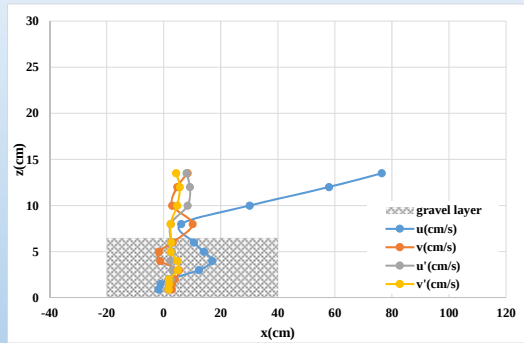
$x = 99 \text{ cm}$



$x = 167 \text{ cm}$

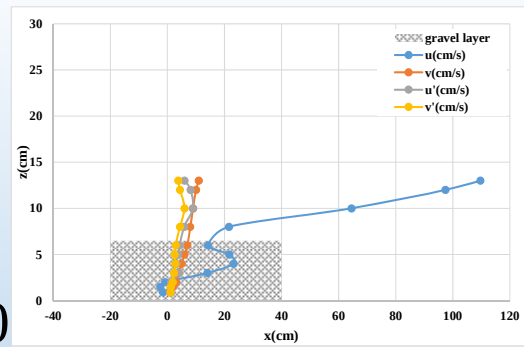
64

$$D_{\text{ave}} = 92.1 \text{ mm}, x = 167.5 \text{ cm}$$

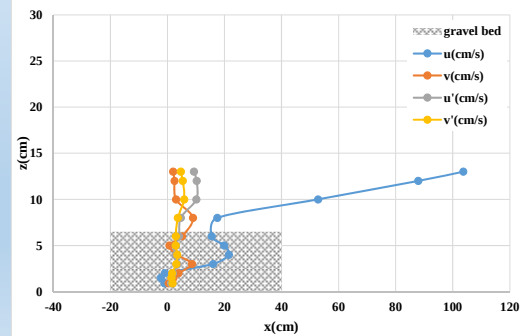


Case 9

Case 10

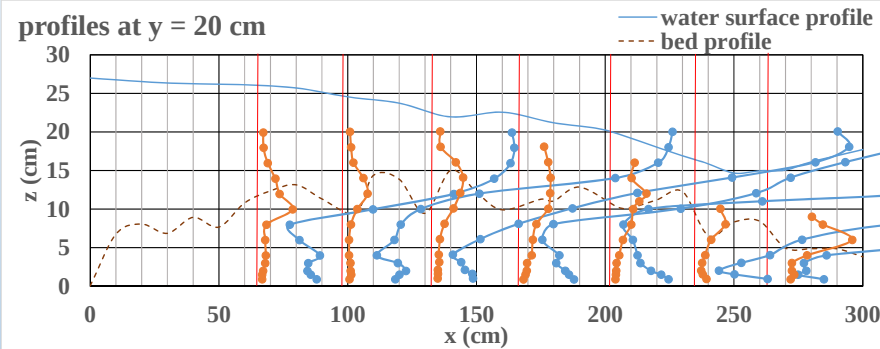


Case 11

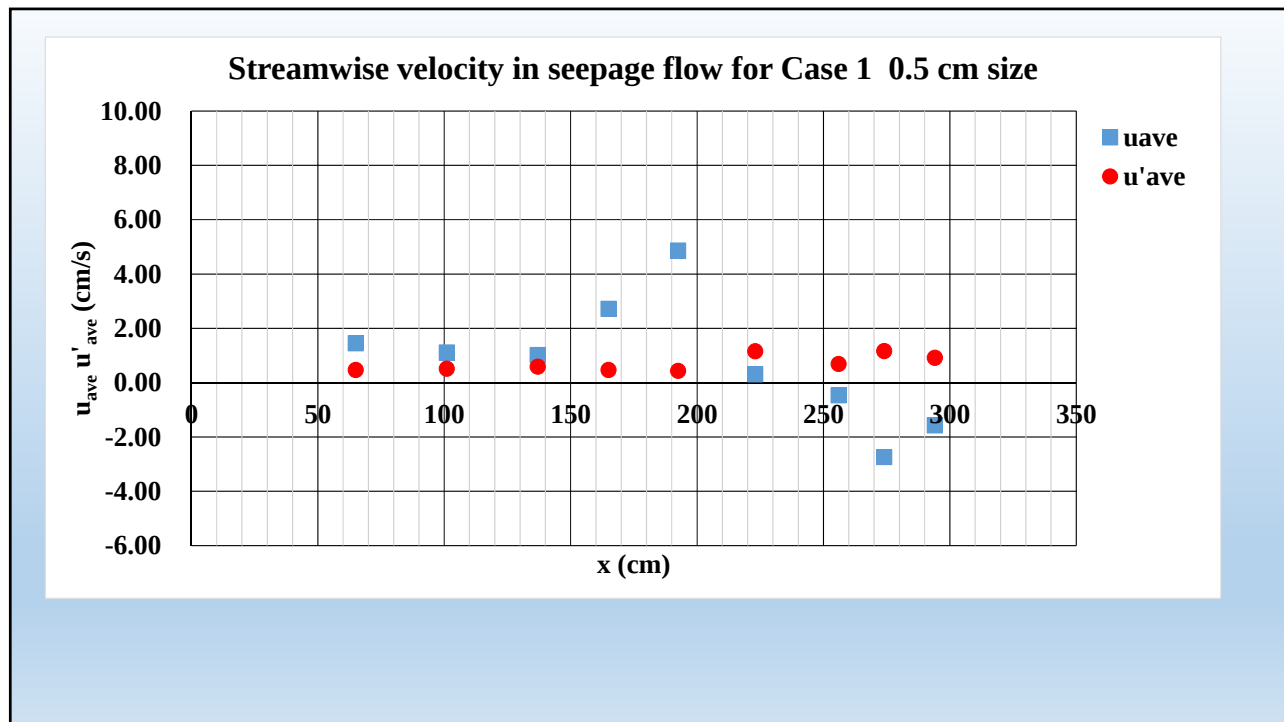


65

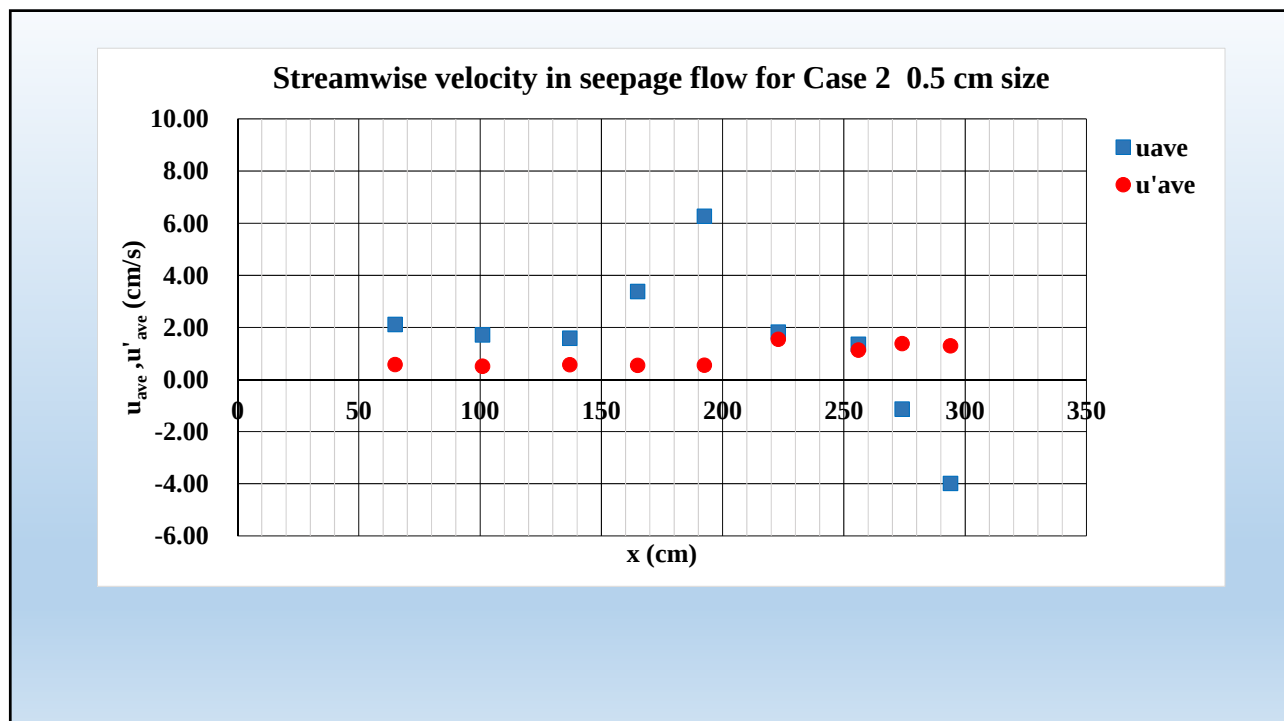
$$D_{\text{ave}} = 47.5 \text{ mm}, \text{ Case 8}$$



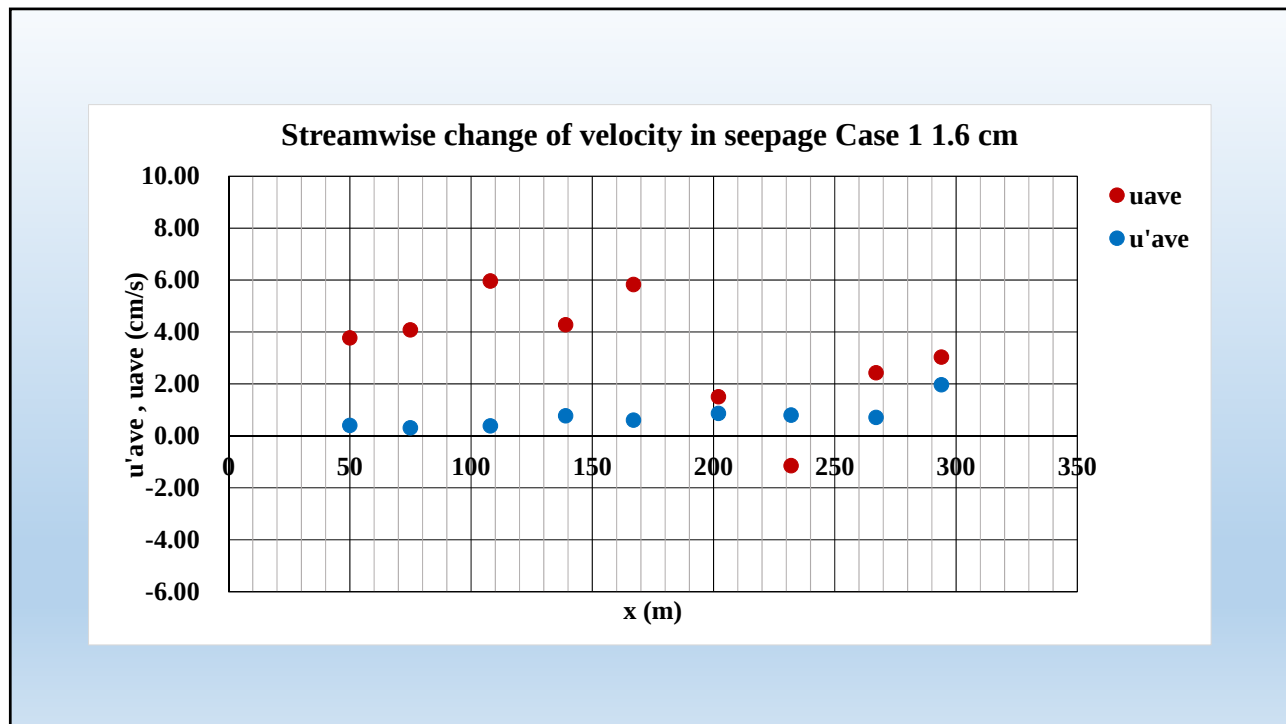
66



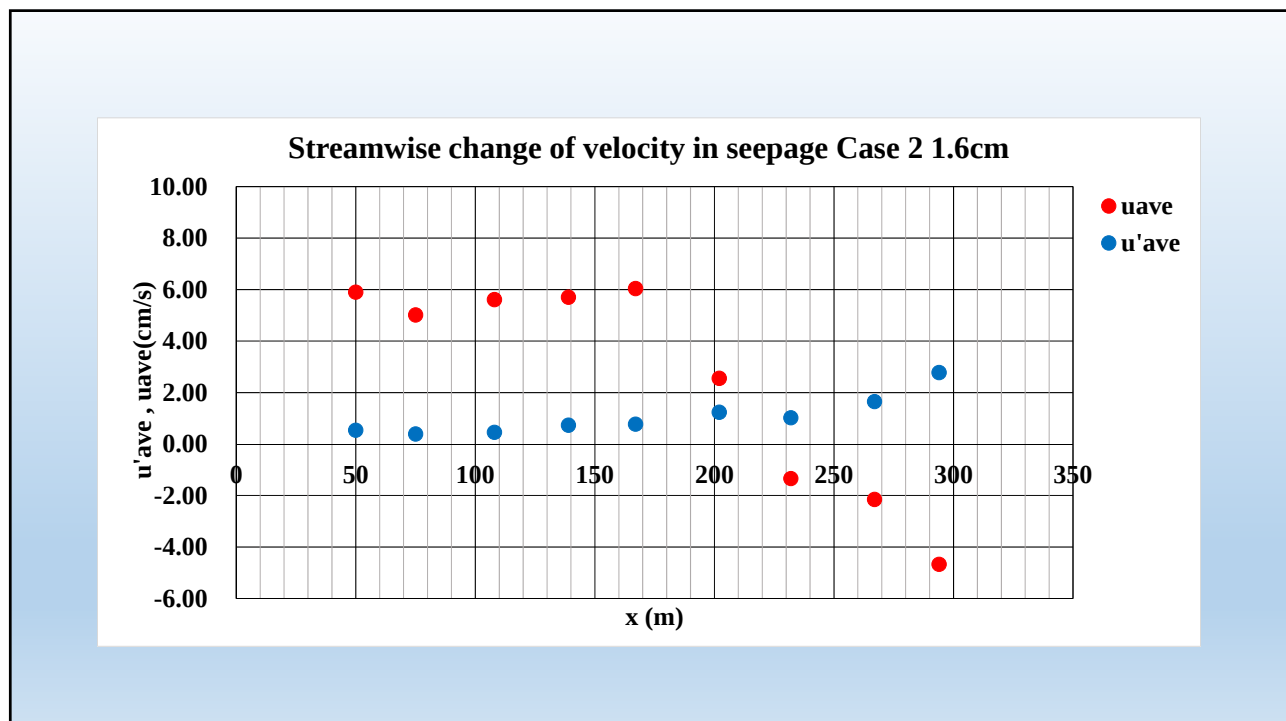
67



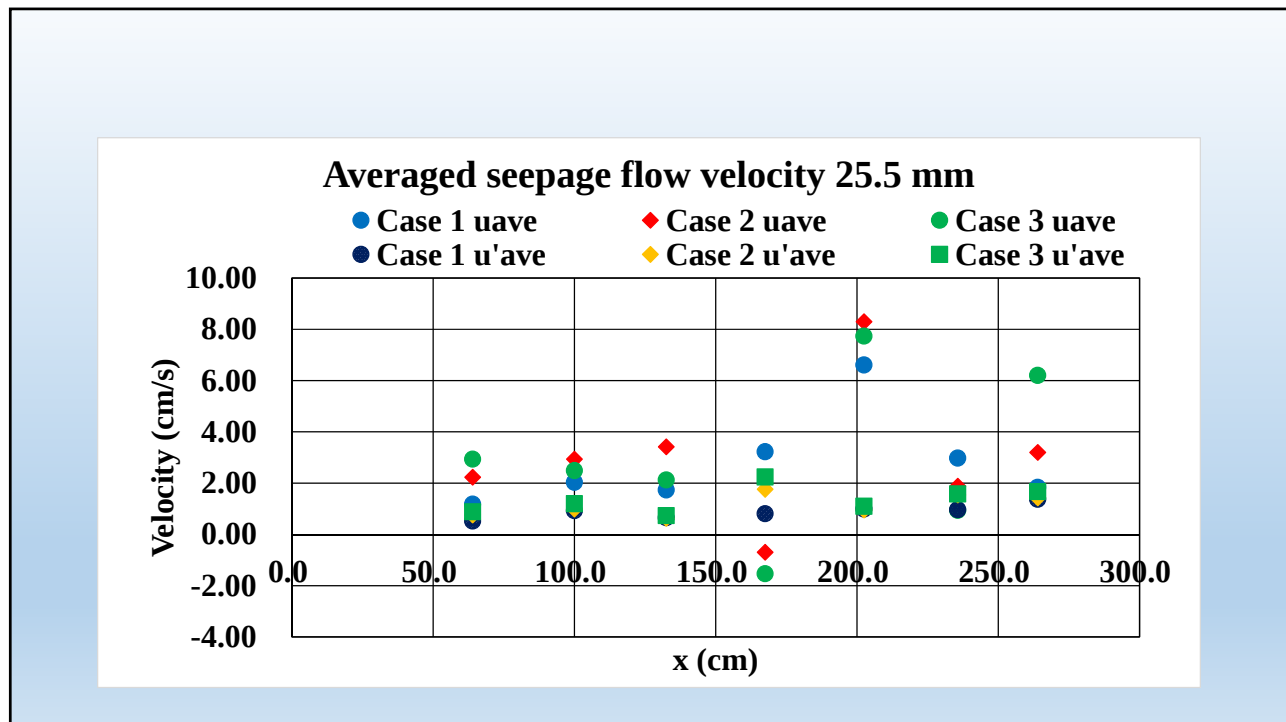
68



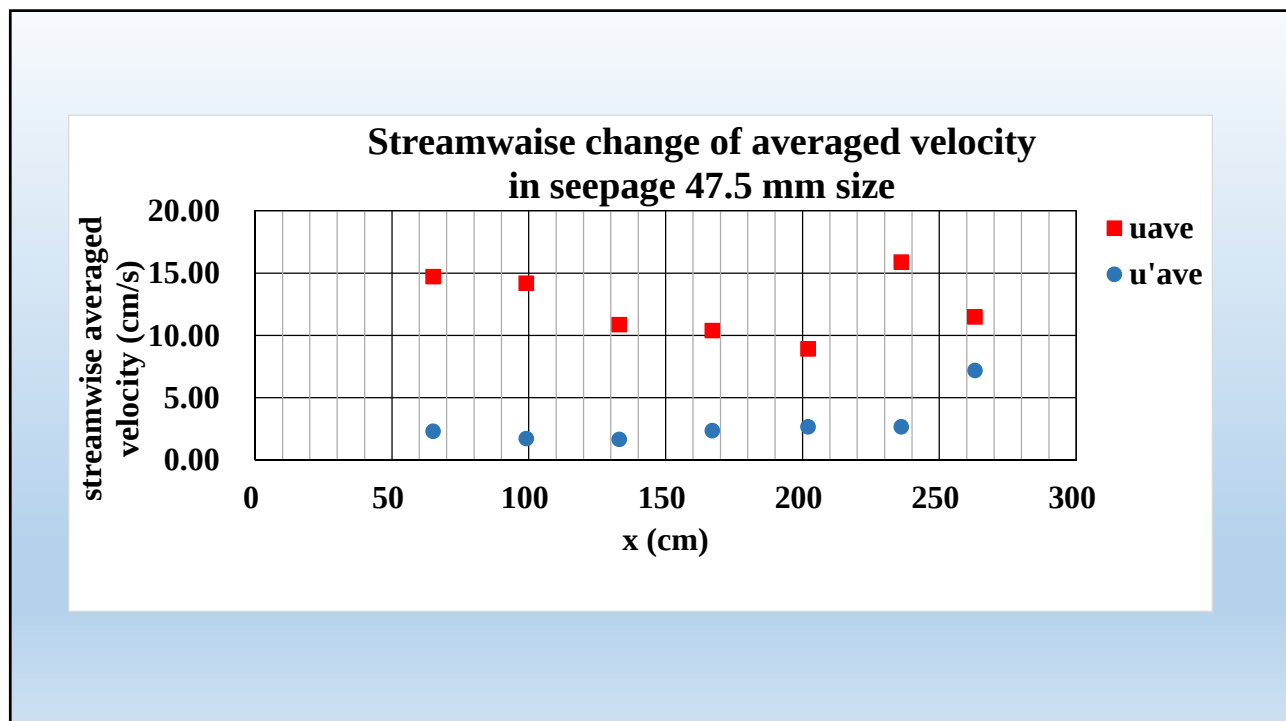
69



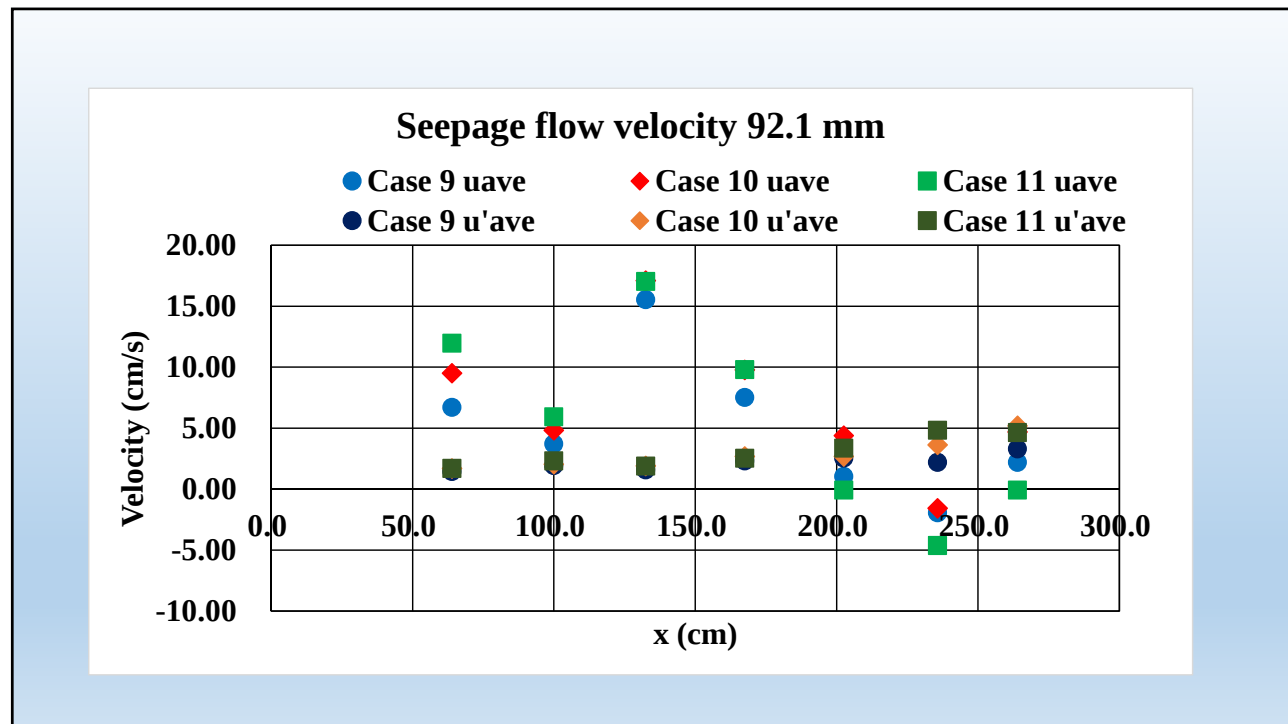
70



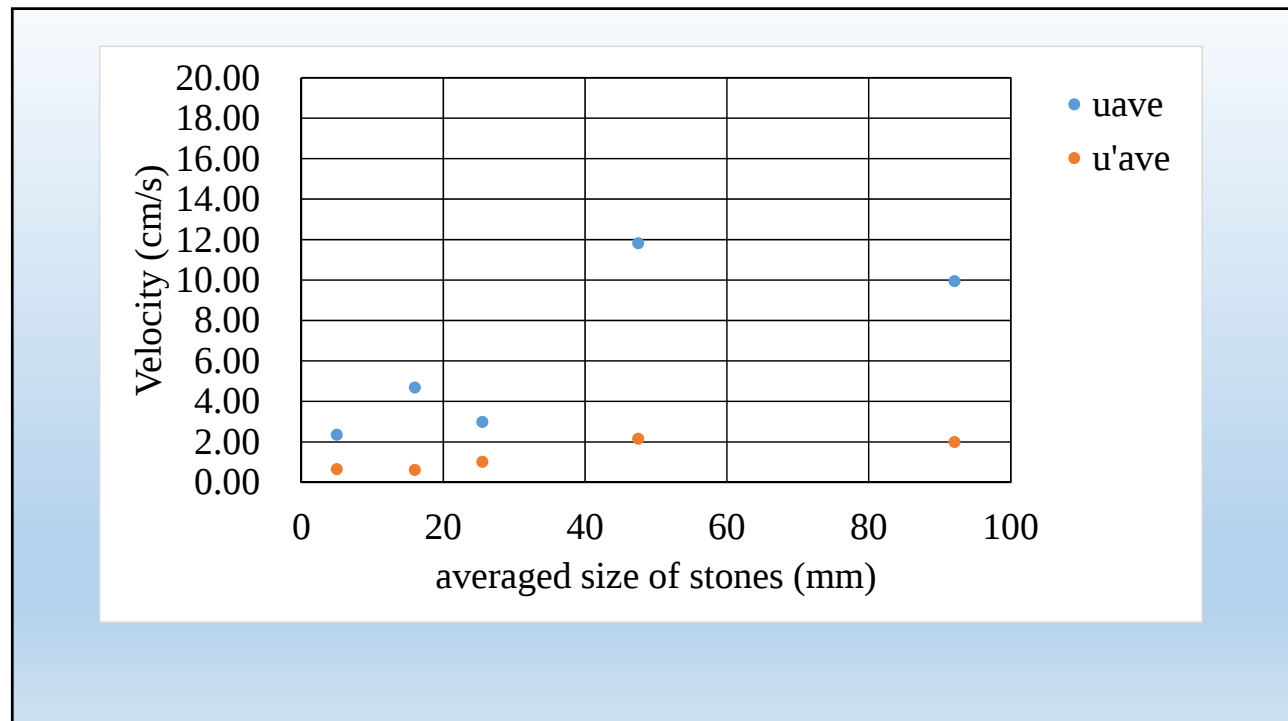
71



72



73



74