

鳥取大学・工学部 正員 ○ 鈴木 幸一
鳥取大学・大学院 学生員 香川 章

1. まえがき 混合砂よりなる移動河床上に設置した橋脚周辺に静的洗掘(clean water scour)においては、洗掘が進行し掃流力が比較的小さくなると、混合砂中の細かい砂が粗い砂より流送され易いため、細砂のみが洗掘孔から流出する。この粗細砂の sorting 現象は、洗掘孔底部における Armour coat の形成と、橋脚後流域で細砂の堆積をもたらす。本研究は、Armour coat の形成が洗掘軽減効果をもつという観点から、橋脚周辺部でふるい分けした砂の粒度分布特性を実験的に明らかにしようとするものである。

2. Sorting 現象の概略 図-1に代表的な形状の橋脚周辺河床砂の洗掘停止後の場所的な粒度分布を模式的に示している。洗掘孔底部(領域[3][4])が著しく粗粒化されており、後流域部への流出砂は比較的細かい砂(領域[6])と比較的粗い砂(領域[7])とに分かれて堆積しており、洗掘孔斜面(領域[5])はもとの混合砂の粒度と全く同じである。

3. 粒度分布の時間的变化 図-2は円柱橋脚の場合について、図-1に示す各領域における、通水後3分、10分、30分および洗掘停止後の河床表面砂の粒径加積曲線を示している。なお、図中の実線はもとの河床砂の粒度分布を示している。

領域[1]: 静的洗掘であるので粒度は不変であるが、混合砂中のごく細かい砂に対しては掃流力が個々の砂粒子の限界掃流力を上回っており、時間の経過とともに細かい砂が流出し、粒度がわずかに大きくなる傾向が認められる。

領域[2]および[5]: これらの領域は橋脚の上流側および側面洗掘孔斜面であるが、粒度の変化はみられない。このことは、洗掘進行とともにこの領域の砂は、水中静止摩擦角を保ったまま斜面を滑落するのみで、直接流の掃流力を受けて流送されるのではないことを示している。

領域[3]および[4]: この領域は、橋脚周辺洗掘孔の底部であって流水による掃流力を直接受ける。洗掘が進行している間は、砂の粒度分布はもとの混合砂の粒度分布と著しく違わないが、一定の時間経過後に著しく粗粒化し、いわゆる Armour coat が形成され洗掘が停止する。すなわち、Armour coat がより以上の洗掘を阻止しており、洗掘軽減法としての捨て石の効果が期待できることを示している。図中、計算曲線は橋脚側面における

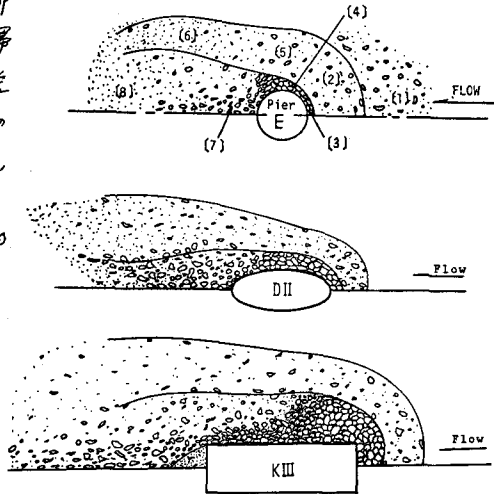
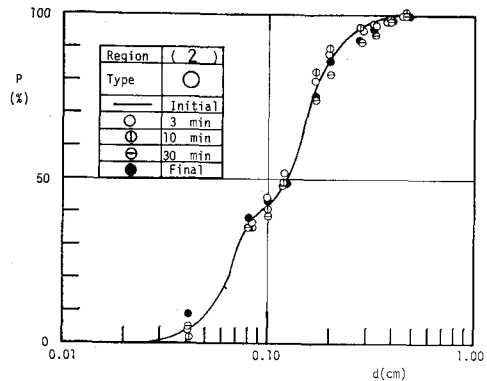
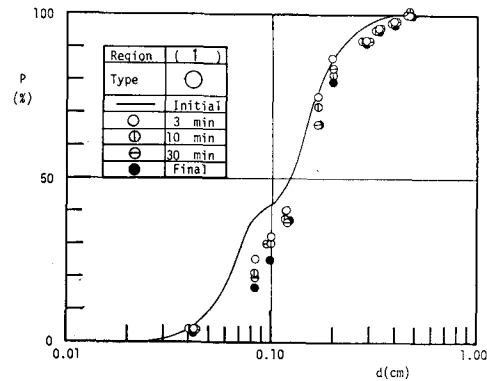


図-1 Sorting の模式図



洗掘孔底部での掃流力が混合砂の限界掃流力に等しくなると主掃流が停止するとし、洗掘が始まる前と洗掘が進行した後で、橋脚側面と洗掘部を通過する流量が不変であると仮定してこれを求め、Gessler式²⁾によって計算したものである。²⁾ すなわち、

$$\phi \sqrt{2/p} = u_0 h_0 \gamma_0 / k_1 D (h_0 + z_s) \quad (1)$$

$$P_A(k) = \int_{k_{\min}}^k \gamma_0 \cdot p_0(k) dk / \int_{k_{\min}}^{k_{\max}} \gamma_0 \cdot p_0(k) dk \quad (2)$$

ただし、 p : 水の密度、 ϕ : 流速係数、 u_0 : 一様流の流速、 h_0 : 一様流の水深、 D : 橋脚幅、 $k_1 D$: 洗掘孔底部幅、 γ_0 : $k_1 D$ 部を通過する流量を $u_0 h_0$ で割ったもの、 z_s : $k_1 D$ 部の洗掘深、 $P_A(k)$: Arman coatの粒度分布関数、 k : 砂粒径、 $k_{\min}$: 最小砂粒径、 $k_{\max}$: 最大砂粒径、 γ : 個々の砂粒子に作用する局所掃流力が砂粒子の限界掃流力より小さい確率でこの関数、 $p_0(k)$: その混合砂粒径の確率密度関数である。●印が計算曲線に対応する実測値であり、計算の砂粒径が実測よりやや細かくなっているものの、上記のモデル解析により、洗掘孔底部での Arman coatの粒度分布をある程度推定できる。

領域[6]: この領域は洗掘孔からの流出砂の堆積領域の一部であって、河床表面は細砂で覆われている。橋脚側面においては、河床近傍では流速が小さいため流水は橋脚に沿っているが、鉛直方向に上るほど流速が大きくなり力の増大、橋脚からの流水の剥離等の影響で流水は橋脚から比較的離れた方向に向いていく³⁾ので、洗掘初期では掃流力が大きいので細かい砂は巻き上げられ³⁾ての流水によって領域[6]に運ばれ³⁾るが、比較的大きな砂は河床面近の流水によって転動し、後流域に流送される。

領域[7]および[8]: これらの領域は、橋脚後流域で流出砂の堆積域であって、領域[7]では洗掘初期に急激に粗粒化が起り、以後徐々に細かい砂も増える。これは、上で述べたように、洗掘初期においては、比較的大きな砂のみが転動してこの領域に入るが、洗掘が進み掃流力が衰えると細かい砂も巻き上げられ河床近傍の流水によってこの領域に入ってくるためである。領域[8]では、洗掘初期には掃流力が大きいので比較的大きな砂が容易に流入してくるが、掃流力が衰えるにつれて細かい砂が流れてくるため、洗掘初期に急激に細粒化し、それ以後も徐々に細粒化している。

4. おととし 橋内柱、角柱周辺河床砂の sorting 現象も円柱の場合とはほぼ同様な特性を示すことが認められた。こゝでは、ごく定性的に sorting 現象を明らかにした。今後、特に橋脚周辺の流水の特性と関係する現象の定量的解析を今後の必要とする。

(参考文献) 1) Gessler J.: Proc. ASCE, WWHF, 1970, pp.235-248

2) 中川・鈴木: 京大防災研究所年報, 第18号B, B859, pp.687-700.

3) 鈴木: 土木学会論文報告集, 第22号, B853, pp.61-78.

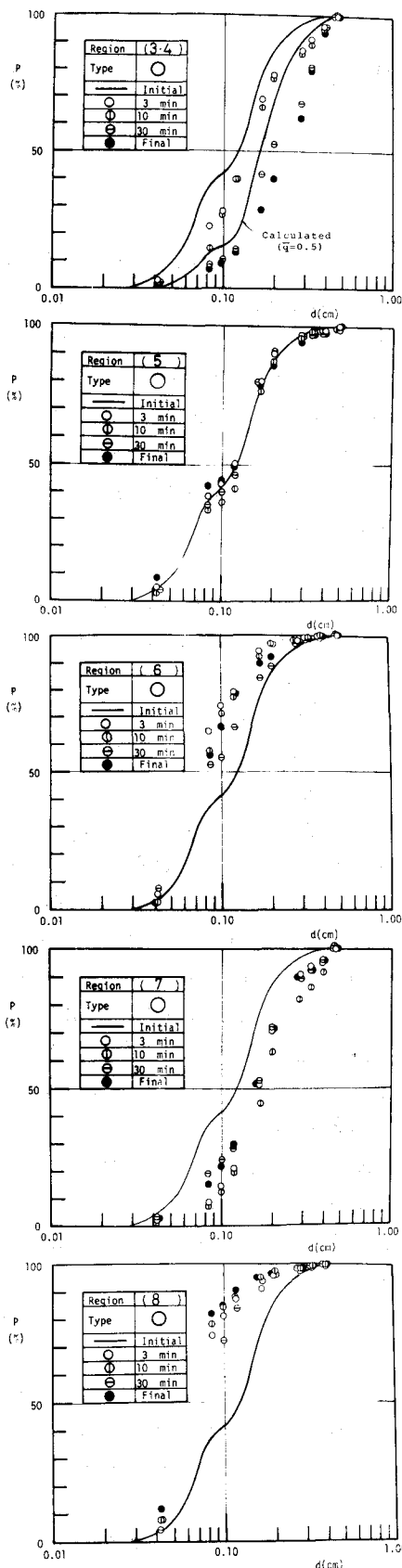


図2 各領域の粒径加積曲線