

建設省土木研究所 正員 伊藤 克雄

建設省土木研究所 正員 山本 晃一

建設省土木研究所 正員 諏訪 義雄

1. まえがき 護岸根固工は、洪水から護岸、堤防の前面の洗掘を防止する河川構造物である。根固工を設計するためにブロック重量や敷設幅に関する研究^{1) 2) 3)}が従来からなされてきたが、ブロックの沈下形態を十分に反映したものはなっていない。本研究では根固ブロックの沈下を追うことによって、工法(層積連結、層積非連結、乱積)、河床材料(砂利河川、砂河川)の違いによって、ブロックの沈下角度、最終安定角度がどのように変化するか調査し、根固工設計論に生かすこととした。

2. ブロックの沈下の形態 根固工の必要設置幅を決定するためには、図-1に示すようにブロックの沈下角度 θ_0 、最終安定角度 θ_s 、計画洗掘深Dを知ることが必要である。従来ブロックの沈下軌跡は連結の有無に関係なく1列目のブロックも2, 3列目ブロックも同一直線上を滑り落ちると考えられていた^{1) 2)}。ところが連結がされていない場合、それぞれのブロックが同一の沈下角度を持ちつつ沈下し、一直線上には並ばない。乱積の場合も、沈下形態はほとんど変わらない。 θ_s は θ_0 と別の角度を持ち、これらはブロックの積み方、層厚、ブロック形状、河床材料によって変化する。そこで θ_0 と θ_s がこれらの要素によってどのように変化するか実験によって検討する。

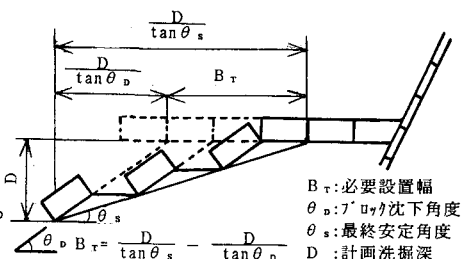


図-1 ブロックの沈下過程

3. 実験方法 実験は局所洗掘による河床低下が自然に生じるように図-2のような急縮部を設けた水路を作り、そこに根固ブロックの模型を設置し、その沈下の時間による変化を調べた。実験ケースは砂利河川と砂河川を対象とし、砂利河川に対して砂($d_m=0.80\text{mm}$)、砂河川に対して石炭粉($d_m=0.30\text{mm}$)を材料として用いた。水理量は、現地河川での平均年最大流量時の無次元掃流力 τ_{*m} と d_m の関係⁴⁾より、初期通水時の模型の τ_* が現地砂利河川と砂河川の約4倍(計画流量時に τ_* が2倍、水衝部はその2倍と考え、砂で $\tau_*=0.6$ 、石炭粉で $\tau_*=6.0$ 程度)となるように設定した(縮尺1/40相当、ただし F_r は合っていない)。なお根固ブロックは層積にホロスケーヤ型、乱積に4号碎石を用い、ともに縮尺1/40のものとした。

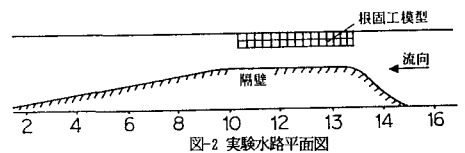


図-2 実験水路平面図

表-1 模型量と現地量の対応表

項目	模型量	現地量
水路幅	3.0m	120m
	1.4m	56m
層積ブロックの大きさ	4.5*4.5cm	1.8*1.8m
乱積ブロックの大きさ	3.5cm	1.4m
層積ブロックの重量	72.1g	4.6t
乱積ブロックの重量	46.1g	3.0t
水深	5~24cm	2~9.6m
砂利(砂)の粒径	$d_m=0.80\text{mm}$	3.20cm
砂(石炭粉)の粒径	$d_m=0.30\text{mm}$	0.36cm

4. 実験結果

(1) 層積非連結 θ_0 は砂の場合約 31° で水中安息角よりも 3° 緩くなり、石炭粉の場合約 39° で水中安息角よりも 1° 急になった。しかし、石炭粉の場合ときどき垂直に近い角度で沈下するときもあり安定せず、厳密に θ_0 を決めることは難しい。 θ_s は、ブロック間距離によって決定されるためこれを調べた。砂の場合、ブロック間隔はブロック幅とほぼ等しい4cmであるが、石炭粉ではばらつきが大きく、最大4cm、最小1.7cmとなった。ブロック間隔が小さくなると、ブロック間の河床に働く掃流力が小さくなるため、ブロック間の河床の沈下が止まり、それによってブロックの沈下が止まる。石炭粉では河床に働く τ_* が大きいため、砂よりブロック間隔が小さくなったと考えられる。ブロック間隔が小さくなると次々とブロックが沈下するため、ブロックの設置個数が多く必要となり設置幅を大きくとる必要がある。なおブロック間隔が小さくなると θ_s は緩くなる。

(2)乱積 乱積の場合は、砂と石炭粉で沈下形態の大きな違いは見られなかった。 θ_s は特定のブロックを追うことが難しくデータの信頼性は乏しいが、砂、石炭粉のどちらもブロックの層厚が厚いほど安息角に近づく傾向が見られた。層厚が薄いとき、ブロックの河岸側での吸出しが起こり、安息角より急に沈下するが、層厚が厚くなるとブロックは接近し、河岸側での吸出しが起きにくくなるためであると考えられる。

θ_s は層厚が薄くなると角度が緩くなる。また、 θ_s は斜面上の単位面積あたりのブロックの被覆率に影響されるようで、表-4に示すようにブロック被覆率が大きくなるほど θ_s は急になる。

(3)層積連結 θ_s については、ブロックが連結されているため河身側に滑ることはなくほぼ垂直に沈下する。 θ_s は、砂の場合約31°で水中安息角よりも3°緩くなり、石炭粉の場合約39°で水中安息角より1°急になった。この角度は層積非連結の θ_s と同じであった。

(4)その他 吸出し防止シートの効果を調べるために、層積連結の石炭粉で吸出し防止シートが有る場合と無い場合の実験を行った。吸出し防止シートが無い場合でも水平床部分で吸出しによる沈下が見られなかったため、最終安定形に違いは見られなかった。ただし、沈下する過程で θ_s が水中安息角より急になるときがあった。

また砂の場合で非連結とし、初期ブロックとブロックの間の隙間を5mmあけて設置したときの実験も行ったが、沈下過程において1, 2列目のブロックが回転、転倒してしまった。

砂で τ_s が約1.4というのは実際の砂利河川では起こらないが、この条件で実験したところ、乱積1層の場合、吸出しによってブロック全体が大きく沈下してしまった。ただし、石炭粉の場合は τ_s が4.0～6.0の実験でも吸出しによって大きく沈下しなかった。ブロック周辺の材料の移動形態が、砂の場合掃流砂的、石炭粉の場合浮遊砂的であるので、ブロック間における土砂収支の差が原因であると考えられるがはっきりしない。

以上の結果より、層積非連結は、砂河川ではブロック間距離が小さくなり、砂利河川より多くのブロックを設置する必要がある。また、砂利河川でもブロックに働く流体力が増し、転倒や流出しないように大きなブロックが必要となるため、砂河川でも砂利河川でも連結をすることが望ましい。さらに、砂河川では吸出し防止シートを設置することが望ましい。

乱積は、層厚が薄くなると吸出しによって沈下が起こるため、層厚を厚くする必要があり経済的であると言いは難い。

5. あとがき 今回の実験で、根固ブロックの沈下形態を見きわめることができたので、今後は根固工を合理的に設計するためにブロックの設置厚、河床材料によるブロックの沈下角度、最終安定角度、吸出しの影響等を定量的に求めることができるようにする予定である。

【参考文献】

- 1)馬場洋二(1978):河川ブロック根固工の設計諸元,土木技術資料20-10, pp34-39.
- 2)佐々木重義(1979):ブロック根固工の連結の有無,土木技術資料21-3, pp35-40.
- 3)西尾,山本(1990):根固め工に関する研究,土木学会第45回年次学術講演会Ⅱ-254, pp560-561.
- 4)山本晃一(1988):河道特性論,土木研究所資料第2662号, pp41.

表-2 ブロックの沈下角度

ブロック設置方法		砂($\phi=34^\circ$)		石炭粉 $\phi=38^\circ$	
		角 度	平均	角 度	平均
乱積	層厚20cm	30~34	31		
	5段	31~40	36	36~38	37
	3段			35~45	38
	2段			40~44	42
	1段	31~41	37	37~42	40*
層積	非連結	29~32	31	35~40	39*
	非連結間隔	26	26	42	42

*:吸出しによる急沈下有り

表-3 ブロックの最終安定角度

ブロック設置方法		砂($\phi=34^\circ$)		石炭粉 $\phi=38^\circ$	
		角 度	平均	角 度	平均
乱積	層厚20cm	24~28	27		
	5段	20~22	21	30~32	31
	3段			25~26	25
	2段			18~20	19
	1段	14~17	16	11~13	12
層積	非連結	16~18	16	13~20	14
	連結	30~34	31	38~40	39
	連結シート有			49	49
	非連結間隔	16~17	16		

表-4 乱積ブロックの斜面上の被覆率

ブロック設置方法		砂	石炭粉
乱積	h=20cm		
	5段	0.78	1.08
	3段		0.90
	2段		0.75
	1段	0.63	0.50

表-5 層積ブロックのブロック間隔

ブロック設置方法		砂	石炭粉
非連結		4.0cm	1.7cm