

まえがき 近年一級河川の護岸根固工はほぼ100%コンクリートブロックによる工法によって代わられている。しかし河床に対応した設計方法が不足しているなど種々の問題が指摘されており、今後早い時期にブロック根固工の設計基準、設計条件の設定方法、工種の選定基準および評価基準などの作成が望まれている。ここでは最近の設計状況と調査する目的で、昭和48年4月、建設省内で行われた調査結果(全地建対象、調査案件数806、対象工種34、分析担当は中部地方建設局¹⁾)について、引き続いて検討した結果を報告するものである。

1. 根固工コンクリートブロックの積み方 …(層数・乱積、それぞれ537件、269件)

積み方についての特徴を列举すると次のようである。(1)ブロックの種類によって、層積み主に使われるもの、層積乱積が半々などの特徴がある。乱積専用はないようである。一般的に、いわゆる新型ブロックは、層積乱積の両方に適した形状を備えている。(2)根固工には重量1〜2^tのブロックが多用されるが、ブロック重量(45〜12^t)と積み方の相関はとくにはない。(3)直線部河道では層積一層の件数が主を占めて大で、弯曲部や水衝部²⁾では、層積一層のほか、層積多層、乱積などの件数が直線部より増加する。(4) H_1 =(計画高水位-平均値水路河床高)と定義すると、 H_1 は洪水時の断面平均水深を表わすが、 $H_1 \leq 6.5$ mで層積一層が多く、更に H_1 の大まな所でも層積一層は着定に施工されている。 H_1 が8 mを越えると、それ以下の時より乱積件数が増加してくる。(5) H_2 =(計画高水位-平均値水位)と定義すると、 H_2 は洪水時に増加する水深の大まなことを意味するが、 H_2 が6 mを越えるとそれ以下の場合より、層積件数より乱積件数が多くなる。(6) K_1 =(平均値水位-根固工設置前の最深部河床高)と定義すると、 K_1 はブロック設置時の水深を表わすが、 $K_1 = 1 \sim 2$ mを越えると乱積の傾向が徐々に顕著となる。これは施工性も重視したものである。(7) K_2 =(計画値水路河床高-根固工設置前の最深部河床高)と定義すると、 K_2 が3 mを越えると層積件数が激減する。乱積は K_2 の値にかかわらず平均的に採用されている。(8) 川巾が400 m程度までは層積件数が多いが、400 mを越えると層積乱積の各件数は5分岐となる。(9) 積み方は、計画高水流量、同単位巾流量、断面平均流速および粒径にはほぼ無関係に選択されている。(10) 計画高水勾配が $\frac{1}{600}$ より大まな勾配の所は層積件数が多い。以上によりブロックの積み方を決定しているのは、ブロックの種類と K_1 の値による施工性の2つで見られ、いわゆる水流量はそれぞれ単独では積み方の決定要因になっていない。

2. 根固工天端基面高の決定について

木工沢床のような腐朽の心配は不要なため、天端基面高を平均値水位以下にせねばならぬ積極的理由はないが、河川管理施設等構造令³⁾により、計画値水路河床⁴⁾以下に基面高とするよう指導されている。しかし根固工割や、河床低下の著しい地、局所洗掘の大きい河川あるいは消波・侵入波の減衰の目的などでも兼ねた根固は平均値水位より高くなる必要がある。しかし多層積は構造的に不安定になるという制約もあり、天端基面高の決定は、根固工の設置目的とともなる重要な問題である。まず(1) H_1 =(根固工天端基面高-平均値水位)と定義し、 $H_1 \sim K_1$ のグラフをつくると、 K_1 の値に無関係に、 $H_1=0$ の線を中心にしてプロットの数が増える。一方同図で K_1 が大きくなると、乱積の場合の基面高が低下する傾向(施工性)がある。(2) H_3 =(根固工天端基面高-平均値水路河床高)と定義すると、 K_1 の増大につれて H_3 も増大する傾向にある。(3) $H_1 \sim H_3$ の関係を調べると、 H_1 が増加するにつれて H_3 も大きくなる(層積多層、乱積多層となる)傾向がある。(4) H_1 と H_2 の関係より、 H_2 の大まな地味では基面高も平均値水位より上にする傾向にある。前述のように H_2 の大まな所では乱積件数が増加するが、乱積の基面高は平均値水位より高くおかれている。(5) 天端基面高は計画高水流量、同単位巾流量、流速、勾配、摩擦速度などにそれぞれ単独では無関係である。以上により天端基面高は、構造令との関係はあきらか、平均値水位を基準とする考えは圧倒的であり、流水の規模を表わす量との関連が非常に高いのが問題と見られる。

3. ブロックの積み方と天端基面高との関係

根固工の敷設中は普通4.5~12²⁾ m² であり、橋本規明博士は浚掘深度の約2.8倍の敷設が必要³⁾ としている。調査結果の概略は次のとおりである。(1) 敷設中を b で表わす、 $b=3 \sim 7$ m のブロック根固工が多い。(2) 乱積にあると、層後の場合よりブロック1個分の中が広く残っている。(3) 護岸鉛直高を H_R で表わすと、 H_R の増加につれて b が増加する傾向がある。 $b/H_R = 1.2 \sim 1.4$ が多く(平均)、 $0.6 < b/H_R < 2.2$ の範囲である。(4) 計画高水時の断面平均流速および同層流速と b とはそれぞれ非常に高い相関を示す。(5) 勾配や粒径、フルード数は相関が悪い。(6) 敷設中と使用ブロック重量との関係には、 b が増加すれば、重量を増加させた場合、1~2⁴⁾ ブロックを相対する使用する2つの傾向がある前者は流速に好対応するため、後者は「大玉17ブロック2列より小ブロック3列より」という考えである(こう)。 (7) 橋本の提案に基く設計は多いようである。しかしその内側から見ると、深部の小エリ河道で過大な b で設計した例が非常に多い結果となっている。(8) $V_B \sim \Delta s$ (リキ/水深) の内側は非常に相関が高く、敷設中の標準となる可能性がある。 b は平均水深に好対応するよりもむしろリキに対して選定されている傾向にある。以上により $b = 3$ m 以下および $b = 7$ m 以上での、ブロック根固工の土砂流失抑止性能、流速減速性能などの実験的検討が望ましい。

5. ブロック重量

(1) 断面平均流速が増加すると、重量を増加、あるいは依然として1~2⁴⁾ ブロックを使用する2つの傾向が顕著である。これは選択的多用性という利便とともに、不合理・不経済な設計がなされているとの批判に耐えかねない面を有することになる。このため、ブロック同力も含め、結線の効果および群としての機能を総合的に評価する手法の開発が早急に望まれる。(2) 勾配、粒径、層後流速および U_k/U_{kc} などと b との関係もまた同様のことがいえる。これは U_{kc} は河床材料の限界層後流速である。

6. 結線 (結線有りは199件)

(1) 2⁴⁾ m 以上のブロックに使用例が多い(何故1⁴⁾ mにウツカ)。 (2) 層後に限られる。(3) 勾配が $1/300$ より大きい所ではほとんど結線されている。それより勾配の小エリ所では3~4件に1件の割合で結線されている。(4) b が9 mを越えるとはば結線されるが、9 m以下では3~4件に1件の割合で結線される現状である。(5) 断面平均流速の大エリ所では結線される。(6) U_k が 45 cm/s (計画高水流量時) を越えるとは $1/4$ 結線される。(7) U_k/U_{kc} の小エリ所では結線されることが多い (U_{kc} は河床材料の限界層後流速)。(8) 粒径が3⁴⁾ m以下 および25⁴⁾ mmより大エリ所で使用される(2つのピークがある)。結線は比較的合理的に行われていると考えられるが、結線の具体的な効果については認識不足も痛感する。

7. PR出し防止マット (650件中使用件数56件)

(1) 1~2⁴⁾ ブロックに使用されることほとんどである。(2) 平均値左路河床高が計画値左路河床高より高い場合に使用される例が多い(施工性の観点からであろうか)。(3) 層後多層の場合によく併用されている。(4) 勾配が $1/300$ より大エリ所ではマットは使用されていない。 $1/1000$ より小エリ所で使用されている。(5) U_k/U_{kc} の値の大エリ所で使用されている。(6) マットの使用される範囲(これは他に、 $b=2 \sim 10$ m, 断面平均流速 $0 \sim 3.5$ m/s, U_k (計画高水流量時) $0 \sim 30$ cm/s である。 U_k が 30 cm/s を越えるとは使用されていない)がある。

8. あとがき

(1) 根固工施工地先の施工条件が非常に重要視される工法選定がなされているといえる。被災等の実態調査からその施工条件について分析する必要がある。(2) 重量1~2⁴⁾ mのブロックが使用される例が多い。カミ合わせ、安定性、結線、マットの使用などを総合的に機能判断(評価)した後でなければ、一概に1~2⁴⁾ mの多用が正しいと云えない面がある。(3) 工法選定などに比較して結線やマットの使用は十分に検討されている。今後さらに災害経緯等を継続的に調査するともに、各種ブロックの単体としてあるいは群としての性能を表示する方法が望まれる。

参考文献 1) 中部地方建設局「根固調査報告書」昭和49年4月 2) 山本三郎編「河川工学」朝倉書店、昭和33年 3) 橋本規明「新河川工法」森北出版、昭和31年、4) 北海道開発局「根固工に関する調査研究結果集」昭和49年2月