

船底形断面を有する河道の洪水時の安定性に関する研究

中央大学大学院 学生会員 ○坂口 達哉
 中央大学研究開発機構 フェロー 福岡 捷二
 国土交通省関東地方整備局京浜河川事務所 佐々木智之

1. はじめに

福岡¹⁾は、我が国の河道で一般的に用いられている複断面形は、低水路の河床低下が著しくなった今日では治水上、環境上課題が多く、船底形断面形を基準として、個々の河川にふさわしい断面形に段階的に改修していくことが望ましいとの考えを示している。しかし、船底形断面形が洪水流に対して安定な断面形状を保ちうるかについては、これまで十分検討されていない。

多摩川では、基準地点である石原地点(27.8k)の上下流で河道の流下能力が不足している。このため、河川整備計画では、戦後最大規模の洪水である昭和49年9月洪水を安全に流下させるため、河道掘削による河積確保を行うこととなっている。

本研究では、多摩川河川整備計画河道断面及びそれを船底形断面に改修した河道条件に対し、整備計画流量(石原地点 4500m³/s)を対象とした河床変動解析を行い、治水上の課題を検討し、さらに船底形断面形の安定性を検討した。

2. 準三次元洪水流・河床変動解析

解析には、非定常準三次元洪水流・河床変動解析モデル²⁾を用いた。図-1は、後述の流量ピーク時の解析により求めた水深コンターを示しており、対象区間は石原地点を挟む22.2km~30km区間である。図-2は、境界条件としてそれぞれ上下流端に与えた整備計画流量ハイドログラフと水位ハイドログラフを示す。初期の河床形状として以下の3ケースを対象とした。図-3は27.0kmの横断面形を示す。ケース1は整備計画断面河道、ケース2は26.4km~27.8km区間の左岸高水敷を掘削し、概ね船底形断面形としたもの、ケース3は対称な船底形断面形河道である。想定した船底形断面形は、図-3に示すように堤防の安全性を確保するため、高水敷を約30m程度残している。

図-4は各検討ケースにおけるピーク水位及び洪水前後の平均河床高、最深河床高の縦断面図を示す。各ケースともに平均河床高は、27.0kmから27.4km区間で低下し、26.0kmから26.8kmで堆積が生じている。また、最深河床高は各ケースとも、図-1に示すように水衝部である27.4k、28.6k、29.8kで深掘れにより低下している。しかし、27.4kmから27.6kmでは、ケース1で最も深掘れが生じているが、船底形断面形に修正したケース2,3では、左岸高水敷を掘削したことにより主流が中心に移動し、それぞれ深掘れの程度が軽減されている。図-5は27.4km及び27.0km地点にお

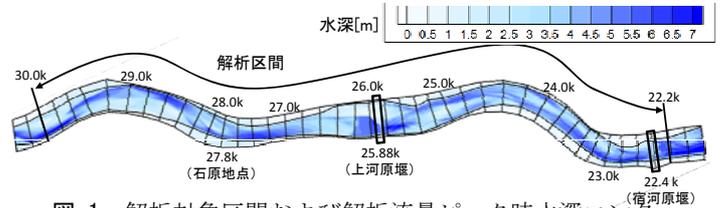


図-1 解析対象区間および解析流量ピーク時水深コンター

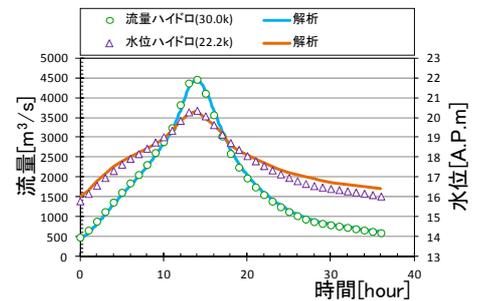


図-2 整備計画流量、水位ハイドログラフ

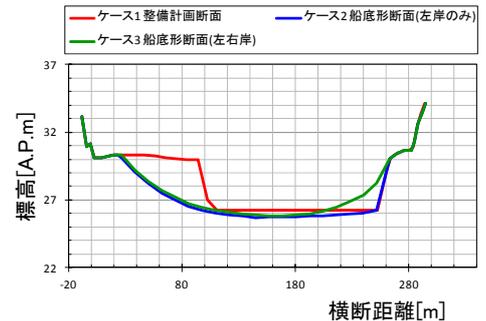


図-3 解析初期地形

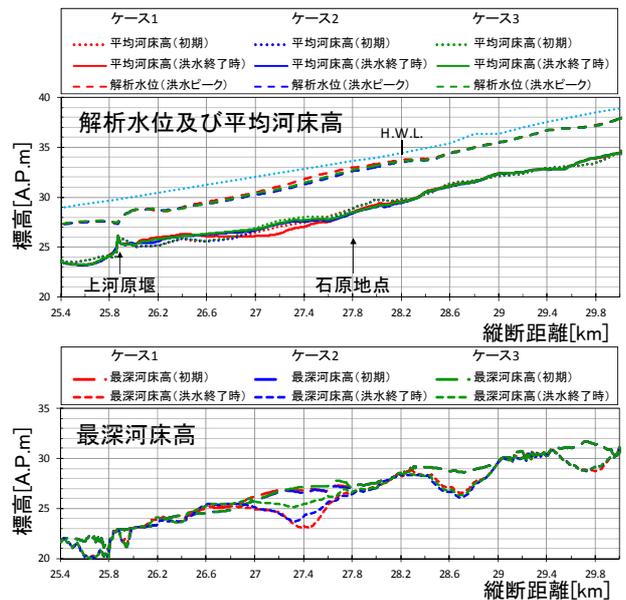


図-4 解析水位および河床高縦断面図

キーワード 河川整備計画、船底形断面形、多摩川、福岡の式、無次元水面幅
 連絡先 〒112-8551 東京都文京区春日 1-13-27-31214 中央大学研究開発機構 TEL03-3817-1615

る各ケースの洪水前後の横断面形状を示す。水衝部に位置する 27.4km では、各ケースとも低水路右岸側に深掘れが生じている。一方、水衝部の下流側に位置する 27.0km では、ケース 1, 2 では洪水後に右岸側で洗堀が生じているが、ケース 3 においては深掘れが生じておらず、初期の船底形断面形からあまり変化していない。図中の点線は、河床の安定性を検討するため、2回連続して整備計画流量ハイドログラフを流下させたときの解析結果を示す。各ケースとも、27.4km 地点では深掘れが進行しており、27.0km 地点では上流の深掘れが下流に進行することで、ケース 3 においても右岸側にやや局所洗堀が生じるが、ケース 1, 2 に比べ深掘れは軽減されている。

3. 無次元計画高水流量と無次元水面幅、無次元水深の関係

図-6 は、各検討ケースのピーク流量時の水面幅を示す。ケース 1 では、26.6km から 27.2km 区間において上下流に比べ水面幅が狭く、図-4, 5 に示したように河床の洗堀が大きくなり、低水路のみで洪水が流れている。しかし、ケース 2, 3 では、左岸側を掘削することによって水面幅が拡がり断面全体で流れるようになる。福岡は、無次元流量に対する無次元水面幅、無次元水深の関係が式(1)、式(2)を満足するとき、治水上、環境上望ましい断面であるとの考えを示している。

$$2.80 \left(\frac{Q}{\sqrt{g d_r^3}} \right)^{0.40} \leq \frac{B}{d_r} \leq 6.33 \left(\frac{Q}{\sqrt{g d_r^3}} \right)^{0.40} \quad (1) \quad 0.10 \left(\frac{Q}{\sqrt{g d_r^3}} \right)^{0.38} \leq \frac{h}{d_r} \leq 0.14 \left(\frac{Q}{\sqrt{g d_r^3}} \right)^{0.38} \quad (2)$$

式(1)、式(2)の適用にあたっては、検討河川が沖積地河川であること、洪水の水位が H.W.L.を超えないことが条件である。

図-7 は、ケース 1 と 3 の解析から 27.4km 及び 27.0km 断面での各時刻の無次元流量に対する無次元水面幅、無次元水深の関係を示したものである。ここで、 Q : 流量、 B : 水面幅、 h : 断面平均水深、 I : エネルギー勾配、 d_r : 代表粒径($=d_{60}$)、 g : 重力加速度である。各断面とも無次元水面幅は概ね式(1)の間で変化しているが、ケース 1 では、上下流に比べ水面幅が狭く、無次元流量に対する無次元水面幅は青線で示す下限値まで変化している。このとき、図-5 に示したように河道では大きな深掘れが発生している。一方、断面全体で洪水が流れるようになったケース 3 では、無次元水面幅は黒線の平均値まで拡がり、また、無次元水深は河幅を上げたことにより、ケース 1 に比べ小さい水深で流れる。つまり、ケース 3 は、ケース 1 に比べ断面に余裕を持って洪水流量を流すことができ、さらには、洪水中に安定な断面形を保持できることが明らかになった。

4. まとめ

本研究では、多摩川河川整備計画河道および船底形断面形を想定した河道を対象に洪水流・河床変動解析を行った。ケース 3 の船底形断面河道では、洪水時にはケース 1 に比べ水面幅が拡がり、川幅全体を利用した流れとなる。また、河床の深掘れの小さい安定した河道となり、治水上余裕を持って洪水を流せる断面形となる。

参考文献 1)福岡捷二: 招待論文, 温暖化に対する河川の適応技術のあり方—治水と環境の調和した多自然川づくりの普遍化に向けて, 土木学会論文集F, Vol. 66, No.4, pp. 471-489, 2010. 2)忠津哲也, 下條康之, 内田龍彦, 福岡捷二: 混合粒径からなる砂州と河川横断構造物周辺の河床変動解析法に関する研究, 河川技術論文集, 第17巻, pp. 95-100, 2011.

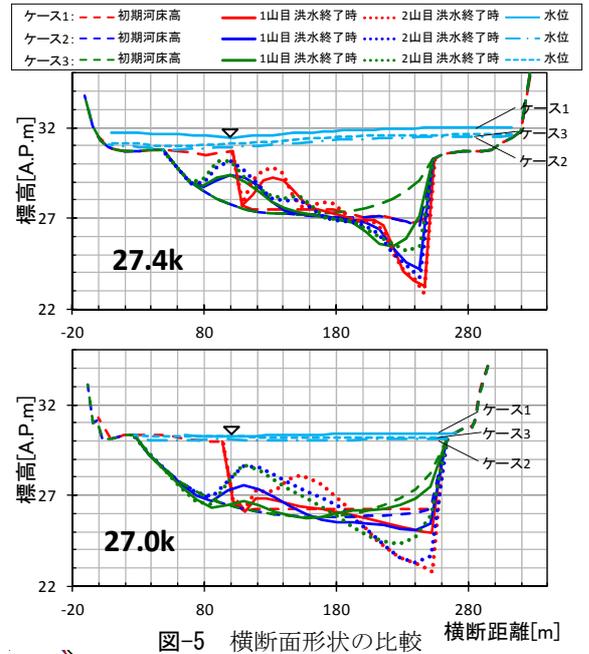


図-5 横断面形状の比較

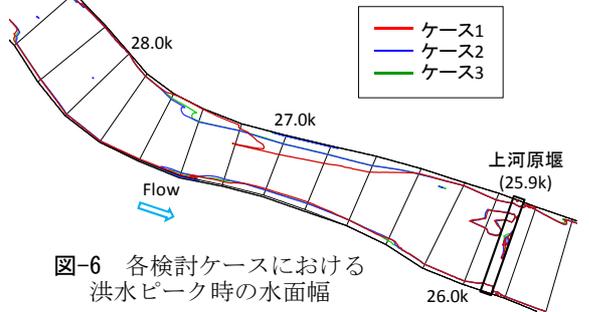


図-6 各検討ケースにおける洪水ピーク時の水面幅

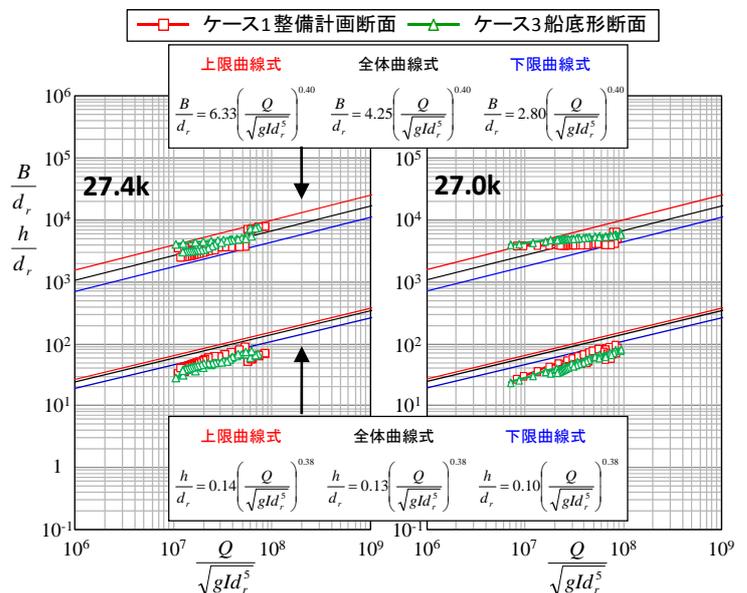


図-7 無次元流量に対する無次元水面幅、無次元水深の関係