

# 橋梁計画の見直しに伴う河川計画の変更について

新垣 政弥、賀数 博一

株式会社 沖縄建設技研（〒901-2126 沖縄県浦添市宮城三丁目7番5-103号）

キーワード：性能規定、計画高水位、河川護岸、不等流計算、トレードオフ

## 1. はじめに

我が国における設計は、過去の経験や事例を基礎とした技術基準を用いる「仕様設計」が主となっている。しかしながら、仕様設計では画一的な設計となり、近年は、「性能設計」に移行しつつある。性能設計の導入によって、設計の自由度が増し、地域特性等を考慮した設計が可能となる。河川改修で例をあげると、「多自然型川づくりについて」の通達以来、多自然川づくりに関する留意事項や工法の工夫等は数多く整理され、共有されるようになってきているが、現実には課題の残る川づくりも多くみられる。したがって、性能設計の導入により、社会経済的な条件等を踏まえて、よりよい川づくりの工夫が必要とされている。

ここでは、中城湾を河口部とする河川について改修計画が立案され、それに伴う橋梁の架替計画も立案されたものの、土地利用の面から問題が生じた。これらについて性能規定を踏まえながら検討した事例を報告する。

## 2. 設計概要

当該河川は、両岸ともにブロック積擁壁で整備されており、左岸はH=3.5m、右岸はH=2.8mとなっている。河床幅はB=4.0mで、コンクリートが打設されており、いわゆる



写真-1 現河川の氾濫状況

三面張構造となっ

ている。既往資料により、昭和62年頃には現在の状態に整備されていることが確認できた。当時の設計は、経済性や効率性、機能性に重点を置いた仕様設計であったことが伺われる。しかし、近年の都市化により、流下能力が不足し、降雨時に、度々、氾濫する等、治水安全度が低下していることから、河川改修が予定されている。写真-1に、現河川における氾濫の状況を示す。

改修方法は、現況河床より50cm程度を掘り込み、周辺の土地利用状況を勘案のうえ、両岸、あるいは、そのどちらかに拡幅する計画となっていた。さらに、別事業により河川整備にあわせて、両岸に歩道を有する道路を建設し、親水性に配慮した環境整備も行う予定となっていた。また、

これらの道路は国道と交差する計画となっており、交差点としての機能を満たすような設計が行われた。図-1に交差点の概要を示す。

橋梁計画が立案された道路は交通量の多い国道であり、河川改修に伴い架替計画が立案された（以下、国道橋という）。しかしながら、架替計画では河川改修における計画高水位や河川管理施設等構造令（以下、河川構造令という）における桁下余裕60cm等を踏まえ検討された結果、道路計画が現地盤高より最大90cmも高くなった。これらは、周辺の土地利用を勘案すると利用の面から問題となった。図-2に交差点付近の横断面図を示す。

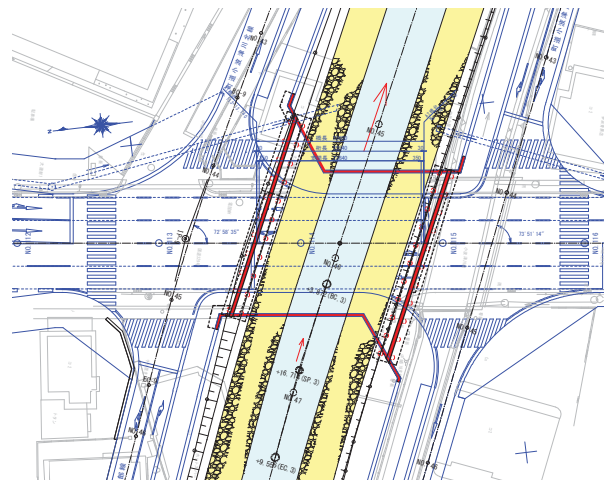


図-1 交差点の概要

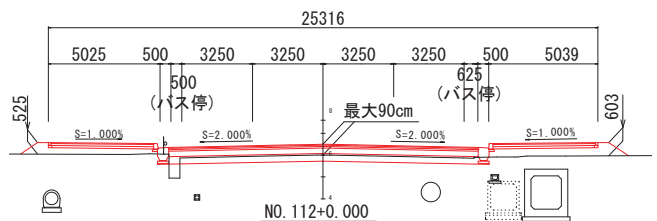


図-2 交差点付近の横断面図

このような問題点について、河川事業および国道事業から解決策が検討された。検討結果の概要を表-1に示す。

表-1 検討結果のまとめ

解決策の概要	河川整備における対応	国道整備における対応	
	河積を広くすることで、計画高水位を低く設定し対応。	橋梁上部工においてパイプレ工法等の採用により対応。	道路縦断計画において影響範囲の縮小等によって対応。
検討結果	20cm 縮小	25cm 縮小	10cm 縮小
合計値	0.20m+0.25m+0.10m=0.55m		

これらの対応により、道路端部において道路計画高と現地盤高との高低差をほぼ解消することができた。図-3に検討結果を踏まえた交差点付近の横断図を示す。

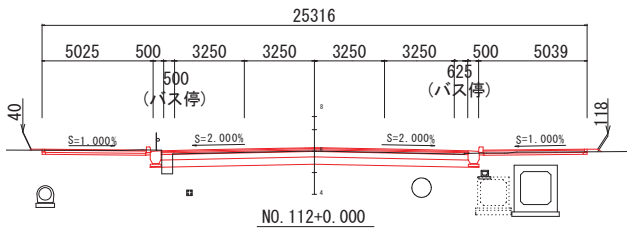


図-3 検討結果を踏まえた交差点付近の横断図

ここでは、河川整備における対応策である「計画高水位（以下、H.W.Lという）の見直し」について詳述する。

### 3. 河川整備における対応

#### 3.1 検討方針

##### (1) 護岸勾配

図-4に、現計画の標準断面図を赤線で示す。H.W.Lは、将来の土地利用等を考慮した計画高水流量により設定されており、計画河床から一律2.5mの高さとなっている。また、H.W.Lより上方は、流木等に対処するための余裕高が確保されている。余裕高は、河川構造令より、計画高水流量が200 m<sup>3</sup>/s未満であることから、60cmとされている。

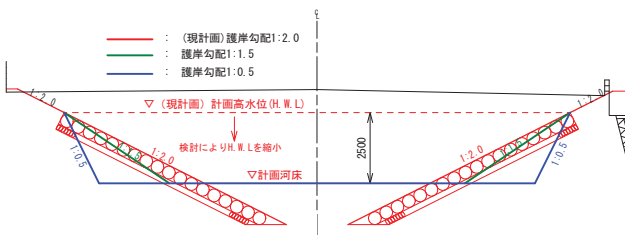


図-4 H.W.Lの検討概要図

H.W.Lの見直しにおいては、所要の河積を確保するため、現計画の護岸勾配を1:2.0より急勾配にすることになる。

検討にあたっては、護岸勾配を1:1.5及び1:0.5の2通りを検討した。その理由は次のとおりである。

##### ①護岸勾配1:1.5の選定理由

親水性に可能な限り配慮するため、許容できる限界の緩勾配と考え、選定した。また、護岸を破壊する主要因が異なる境界となることも踏まえた。法勾配が1:1.5より緩い

場合、流体力が破壊の主要因となり、急な場合は、土圧などが破壊の主要因となる。

##### ②護岸勾配1:0.5の選定理由

最も護岸勾配が急となり、最大の河積が確保できる。ただし、直立護岸は、河川事業の整備方針である多自然川づくりに合わないことから除外した。

#### (2) 検討範囲

H.W.Lの検討範囲の設定にあたっては、次の点を考慮し、最大L=300mとした。

##### ①整備済みの区間への影響

下流側No.37付近の左岸は、護岸が整備済みであるため、影響が及ばないように考慮した。

##### ②付帯施設への影響

No.52付近の上流側には、利用者が河床へアクセスできるようにスロープが配置される予定であり、親水性の向上のため、影響が及ばないように考慮した。

図-5にH.W.Lの見直し範囲を示した平面図を示す。

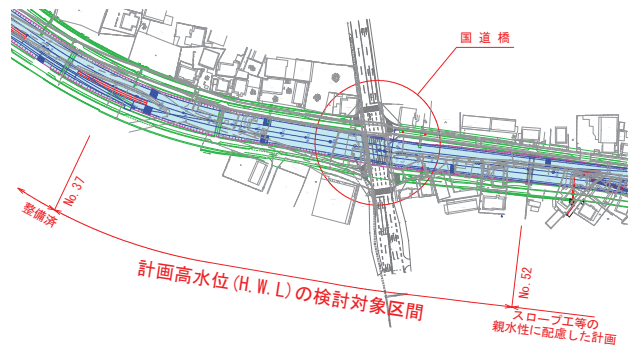


図-5 H.W.Lの見直し範囲を示した平面図

#### 3.2 計算手法

H.W.Lの見直しには、一次元解析による水理計算を用いた。一次元解析とは、河川の流れを縦断方向に次元にとらえ、水量の縦断方向の変化を解析するものであり、計算手法は「不等流計算」を用いた。

不等流計算は、流量が時間的に変動しないことを前提としている。H.W.Lは、不等流計算によって算出された計算水位を、包括し近似直線で設定されるものである。解析に必要な入力データは、表-2に示すように計画流量、河道形状、粗度係数等がある。

表-2 不等流計算の検討条件

検討条件	
検討範囲	No.37～No.52 (L=300m)
平均流速公式のレベル	レベル1
計画河床勾配	i=1/240
粗度係数	n=0.03
計画高水(計画流量)	90～95 m <sup>3</sup> /sec

### 3.3 概略計算

不等流計算では、上下流に隣接する護岸との摺り付けなどを考慮し、No. 38～No. 52 区間(L=280m)区間で検討し、河道形状のインプットは40mピッチとした。その結果を図-6に示す。

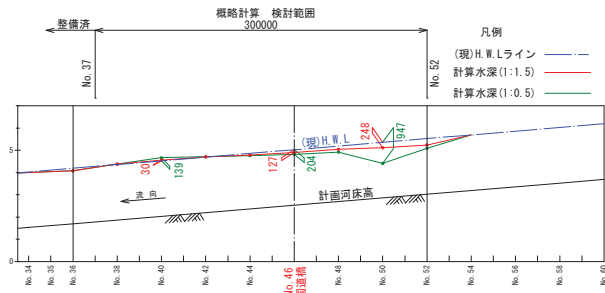


図-6 概略計算の結果

#### (1) 護岸勾配 1 : 1.5 の場合

図-6の赤線で示す護岸勾配 1:1.5 の計算水位は、国道橋直下となる No. 46 付近で現計画の H.W.L から、約 13 cm 縮小することが判明した。また、護岸の断面が変化する上流部では、計算水位が 25 cm も下がることが判明した。これは、急拡の影響によって水位が下がったものと考えられる。対照的に、下流部では若干ではあるが 3 cm 程度、現計画の H.W.L より計算水位が上回ることが判った。これは、急縮による影響であることが考えられた。

#### (2) 護岸勾配 1 : 0.5 の場合

図-6の緑線で示す護岸勾配 1:0.5 の計算水位は、国道橋直下となる No. 46 付近で現計画の H.W.L から、約 20 cm 縮小することができた。また、護岸勾配 1:1.5 の場合と同様に、上流および下流部で急拡、急縮の影響による水位の変化が確認でき、その程度も大きいことが判った。

上記、2つの結果を総括すると、現計画で設定されている H.W.L を縮小できることは可能であることが判った。その場合の護岸勾配は、1:0.5 による場合が効果的であり、現計画の H.W.L から概ね 20 cm の縮小が可能と考えられた。これを一指標として設定した。ただし、国道橋直下のみの縮小ではなく、国道橋を含む一定区間で H.W.L を下げる必要がある。

### 3.4 詳細計算

概略計算の結果を踏まえ、護岸勾配は 1 : 0.5 に限定して検討した。インプット情報の河道形状も、より細やかに設定することで、計算精度の向上を図った。検討ケースは、上下流の護岸との摺付区間の相違、護岸勾配 1:0.5 区間の相違に着目して設定した。ただし、先に述べたように検討範囲は最大 L=300m とした。表-3 に検討結果を示す。

表-3 詳細計算の結果

測点No	ケース1		ケース2		ケース3		ケース4	
	摺付区間L=80m 1:0.5区間L=120m		摺付区間L=60m 1:0.5区間L=160m		摺付区間L=40m 1:0.5区間L=200m		摺付区間L=40m 1:0.5区間L=220m	
	水深	余裕	水深	余裕	水深	余裕	水深	余裕
No.36	2.387	0.113	2.387	0.113	2.387	0.113	2.387	0.113
No.38	2.498	0.002	2.499	0.001	2.499	0.001	2.618	-0.118
No.40	2.574	-0.074	2.595	-0.095	2.628	-0.128	2.581	-0.081
No.42	2.546	-0.046	2.524	-0.024	2.506	-0.006	2.462	0.038
No.44	2.429	0.071	2.408	0.092	2.390	0.110	2.351	0.149
No.45	2.387	0.113	2.368	0.132	2.351	0.149	2.301	0.199
No.46	2.320	0.180	2.302	0.198	2.285	0.215	2.253	0.247
No.48	2.236	0.264	2.220	0.280	2.206	0.294	2.179	0.321
No.50	1.822	0.678	1.788	0.712	1.788	0.712	1.187	1.313
No.52	2.064	0.436	2.064	0.436	2.064	0.436	2.065	0.435

#### (1) ケース 1 の検討結果の概要

ケース 1 は、摺付区間は最も長い L=80m、護岸勾配 1:0.5 区間は最も短い L=120m とした場合である。計算水位の縮小は、国道橋直下の No. 46 では、指標として設定した 20cm の縮小には及ばず約 18 cm の縮小であった。また、No. 45 における計算水位の縮小は約 11cm の縮小であり、国道橋を含む一定区間の H.W.L の縮小は困難であった。

#### (2) ケース 2 の検討結果の概要

ケース 2 は、摺付区間は L=60m、護岸勾配 1:0.5 区間は L=160m とした場合である。計算水位の縮小は、国道橋直下の No. 46 では約 20cm であり、指標として設定した 20cm の縮小が概ね可能となった。しかしながら、No. 45 における計算水位の縮小は約 13cm であり、国道橋を含む一定区間の H.W.L の縮小は困難であった。

#### (3) ケース 3 の検討結果の概要

ケース 3 は、摺付区間は L=40m、護岸勾配 1:0.5 区間は L=200m とした場合である。計算水位の縮小は、国道橋直下の No. 46 では約 22cm であり、指標として設定した 20cm の縮小が可能となった。しかしながら、No. 45 における計算水位の縮小は、約 15cm であり、国道橋を含む一定区間の H.W.L の縮小は困難であった。

#### (4) ケース 4 の検討結果の概要

ケース 4 は、摺付区間は最も短い L=40m、護岸勾配 1:0.5 区間は最も長い L=220m の場合である。計算水位の縮小は、国道橋直下の No. 46 では約 25cm であり、指標として設定した 20cm の縮小が可能となった。また、No. 45 における計算水位の縮小も約 20cm であり、国道橋を含む一定区間の H.W.L の縮小も可能となった。しかしながら、下流部において、急縮による水位上昇が約 12 cm となり、現計画の H.W.L を上回る結果となった。

#### (5) 検討結果のまとめ

ケース 1～ケース 4 の検討結果から、ケース 4 が最適案と考えられた。図-7 に示すように No. 37～No. 52 (L=300m) の区間で、H.W.L の見直しを図った。

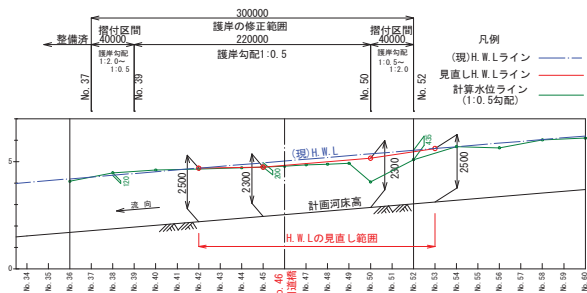


図-7 検討結果のまとめ

H.W.L.は、計算水位を包括した近似直線で設定し、国道橋の上下流で、現計画より20cm縮小する見直し計画とした。

上流側は急拡による影響で、計算水位の急激な縮小となった。これにより、水の流れが射流となり、護岸構造に悪影響を及ぼすことが想定された。また、下流側では急縮による水位の上昇があり、現計画のH.W.L.を一部上回ることから、余裕高に影響を及ぼす。これら急縮および急拡による問題点として、次のような事項が考えられた。

①射流に対応した護岸の強度化

急拡による射流への対応は、護岸構造を複雑な水の流れに耐えうる構造とする必要がある。

②水位上昇を踏まえた余裕高の設定

急縮による影響によって、No. 38 および No. 40 の計算水位は、現計画のH.W.L.(計画河床より2.5m)を上回り、それぞれ2.62m, 2.58cmとなった。一般に、余裕高は流木等に対処するための設けられるものであり、治水上支障があると考えられる場合には、必要に応じて、余裕高を增高する必要がある。

これらを踏まえて、見直し区間の護岸構造の詳細検討を実施した。

4. 護岸構造の詳細検討

4.1 設計条件

護岸構造の詳細検討にあたって、設計条件を整理すると次に示すとおりとなる。

- ①護岸勾配は「1:0.5」
- ②護岸勾配の擦付区間は上下側ともにL=40m、護岸勾配1:0.5区間はL=220m
- ③射流に対応した護岸の強度化
- ④水位上昇を踏まえた余裕高の設定
- ⑤維持管理
- ⑥景観性
- ⑦経済性

ただし、④の設計条件に対しては河川改修計画に合わせて計画されている隣接道路において、河川の余裕高を上回る道路縦断計画により補完することとした。

また、護岸勾配は1:0.5であることから日常管理の一

つである除草などへの対応は困難となる。したがって、⑤維持管理の容易さを設計条件の一つに挙げた。交通量の多い国道であり、人目に触れる機会が多いことを考慮して、⑥景観性を設計条件の一つ挙げた。最後に、⑦経済性を考慮した。

4.2 護岸構造の比較検討

設計条件を踏まえ、比較検討を行った。検討結果を表-4に示す。

表-4 護岸構造の比較結果

比較案	第1案	第2案	第3案
	間知ブロック護岸	練石積護岸	アンカー式空石積護岸
構造的性(射流への対応)	◎	◎	◎
維持管理性	○	○	△
景観性	△	○	○
経済性(円/m)	69,000	103,000	138,000
総合評価	○	◎	△

◎を優、○を良、△を可として評価。

第1案間知ブロック護岸は、構造的および経済性は優れたものの、当該河川においては河口から連続して石材を用いた護岸を整備予定であり、景観性に劣ると評価した。

第3案のアンカー式空石積護岸は、景観性に優れたものの、空石積であるため雑草が繁茂しやすく、維持管理性において劣ると評価した。また、経済性においても劣る。

第2案の練石積護岸は、複雑な水流にも耐えうるように被覆する石材間をコンクリートにより間詰めされた構造である。この構造は雑草が繁茂しづらいため、維持管理性に優れると評価できる。また、間詰めするコンクリートを深目地とすることで、コンクリートが見えづらくなり、景観性にも配慮できる。

以上の検討結果から、H.W.L.の見直し区間は練石積護岸とし、標準勾配を1:0.5、上下流の前後の護岸との摺付区間は1:0.5~1:2.0に変化させることとした。

5. おわりに

これまでの河川橋の橋梁計画は、河川構造令を踏まえ、計画高水流量に応じて適切な桁下余裕を設定してきた。その結果、橋梁と隣接する現地盤高と道路計画高の差が大きくなり土地利用が制限され、景観が損なわれる場合もある。しかしながら、治水面からは計画高水流量に応じた適切な桁下余裕は必要である。景観性と治水面はトレードオフの関係にあり、今後は両者のバランスに十分配慮する必要があると考える。また、河川改修に伴う橋梁計画を立案することは、地元住民に対するアカウンタビリティを果たすうえでも重要と思われる。

参考文献

- 1) 建設省河川砂防技術基準(案)同解説書, 1997年10月
- 2) 川の営みを活かした川づくり, 2008年8月
- 3) 中小河川計画の手引き(案)~洪水防御計画を中心として~, 1999年9月