

都市河川工事中の水防対策における水理上の留意点

石野和男*

Kazuo ISHINO

1. はじめに

近年、都市域の中小河川の護岸改修工事が進められている。都市域の中小河川では、周囲に民家が立ち込めているため、工事に必要な作業ヤード等を仮設栈橋として河川内に設けることが多くなっている。特に、護岸改修にともなう橋梁架替工事では、工事期間が数年間となるため仮設栈橋を通年にわたり河川内に設置する必要が生じている。また、災害復旧工事では、通年施工が条件とされる場合もある。ここで、河川内に通年にわたり仮設物を設置すると、それによる流水抵抗が増加し上流側の水位が上昇することとなる。すなわち、護岸からの溢水の危険性が増すこととなる。さらに、近年の都市域での大雨発生状況を調査すると、大雨は梅雨期や台風襲来時期だけでなく、乾季とされる11～12月にも発生している。このような状況下で、河川工事計画時および工事中の水防対策は重要な課題となっている。筆者らは、平成2年に横浜市の宮川橋梁架替工事の水防対策検討^{1)~7)}を検討して以来、数件の河川改修工事における問題点解決に携わってきた。本文では、これらの検討を通じて培ってきた技術を、実際の工事計画および工事管理方法に沿ってまとめた。今後の都市河川工事計画の参考になれば幸いである。

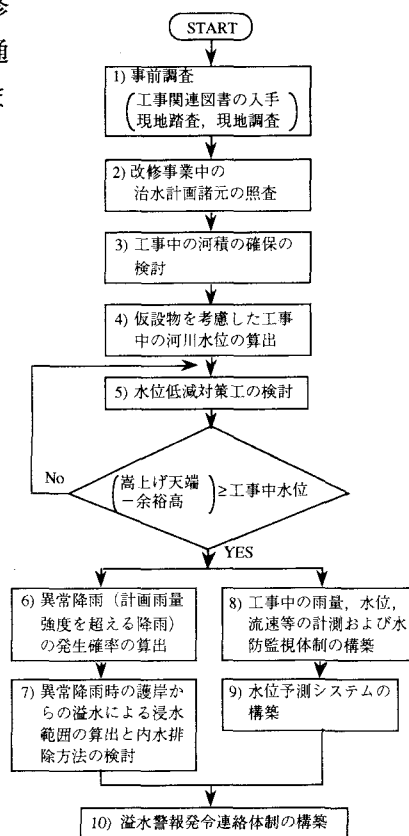
2. 工事計画時の水防対策について

2. 1 検討項目

検討項目は大別して、

- 1) 事前調査（工事関連図書の入手、現地踏査、現地調査）
- 2) 改修事業中の治水計画諸元の照査
- 3) 工事中の河積の確保の検討
- 4) 仮設物を考慮した工事中の河川水位の算出
- 5) 水位低減対策工の検討
- 6) 異常降雨（計画雨量強度を超える降雨）の発生確率の算出
- 7) 異常降雨時の護岸からの溢水による浸水範囲の算出と内水排除方法の検討
- 8) 工事中の雨量、水位、流速等の計測および水防監視体制の構築
- 9) 水位予測システムの構築
- 10) 溢水警報発令連絡体制の構築

である。なお、図-1に工事計画時の水防対策検討フローを示す。図-1 工事計画時の水防対策検討フロー



キーワード；都市河川、水防対策、橋梁架替、護岸改修、バイパス工事

* 大成建設株式会社技術研究所海洋水理研究室（〒245-0051 横浜市戸塚区名瀬町344-1, kazuo.ishino@sakura.taisei.co.jp）

2. 2 検討内容

(1) 事前調査（工事関連図書の入手、現地踏査、現地調査）

事前調査項目毎の内容を以下に示す。

1) 工事関連図書の入手

以下に示す工事関連図書を入手する。

- ・対象河川の治水事業計画書（計画雨量、計画流量、潮位（H.W.L）、過去の浸水範囲およびその時の降雨諸元等）
- ・河川平面図、縦断面図、横断面図
- ・ハザードマップ（異常降雨時の溢水危険範囲予測図）
- ・流域の地形図、航空写真

2) 現地踏査

流域の地形図、航空写真にしたがい、以下の点を目的に全川を調査する。

- ・工事地点上下流での工事状況調査
- ・護岸の形状、河床材料（砂浜、植生分布）の調査
- ・貯水池、遊水池等、治水事業計画書に示してある施設の確認
- ・河川内でのごみ等の異物の流下状況

3) 現地調査

河川平面図、縦断面図、横断面図、流域の地形図のチェックを目的に以下の調査を行う。

- ・河川の縦断、横断測量（護岸嵩上げ工等を含む。特に護岸天端が低い場所は入念に。）
- ・河川への流入下水管の平面縦断位置および管径のチェック
- ・河川周辺での低地の地形図上の地盤高と現況とのチェック

(2) 改修事業中の治水計画諸元の照査

治水事業計画書に示されている、改修事業中の計画高水流量、計画降雨強度、護岸の余裕高等を照査する。

基本的に、改修事業終了後に新たな護岸等が完成し、新たな計画高水流量が流下可能となる。このため、工事中は、改修事業中の計画高水流量の流下時に護岸から溢水しないように対策する必要がある。なお、現時点で、東京都、横浜市の都市河川の改修事業中および改修後の計画高水流量は、それぞれ計画降雨強度が30mm/hr、50mm/hr程度に対応するように計画されている。

(3) 工事中の河積の確保の検討

橋梁架替工事中に護岸の拡幅による改修が含まれている場合には、工事の初期段階に旧護岸を撤去することにより河川を拡幅し、工事中に栈橋等の設置により狭くなる分の河積を確保する。なお、河積確保区間の下流端は、急に河幅を狭めるのではなく、漸縮角度が15°以内の漸縮区間を設け流水抵抗を少なくすることが重要である。

(4) 仮設物を考慮した工事中の河川水位の算出

主要な工事段階毎に、一次元不等流計算プログラム等に（2）で照査した改修事業中の計画高水流量と各仮設物の抵抗係数を入力し、水位を算出する。仮設物の形状および河積の阻害率により抵抗係数は異なるので、個々の仮設物の抵抗係数値については大谷ら⁷⁾等から算出する必要がある。また、溢水の危険性の高い工事では、計算値の検証水理模型実験を実施している。

宮川橋梁架替工事の水防対策検討では、

- ・事前に予測した水位上昇量の確認、検証
- ・水位低減対策工としてのバイパス工の必要性の提示

を目的に、縮尺1/20の水理模型実験により各施工段階毎の水位を求め確認した。写真－1に下流側から

見た模型水路を示す。

(5) 水位低減対策工の検討

(4) において算出した工事中の河川水位が計画高水位を上回り、護岸の嵩上げ工で対処できない場合には、水位を低減するための対策工を検討する必要がある。今まで取り扱った対策工を以下に示す。

・仮設栈橋鉄板被覆工；図-2に示すように、栈橋杭を流下方向に鉄板で被覆し流水抵抗を減少させる工法である。なお、鉄板被覆工は宮川橋梁架替工事で採用され、流水抵抗低減効果とともに栈橋杭へのごみの絡まりを防ぐ効果も確認された。

・バイパス工；施工区間内の水面勾配が急になる区間の上、下流にそれぞれ流入、流出口を設けそれらを結ぶバイパス水路を河川外に設けることにより仮設物に作用する流速を減少させる工法である。なお、図-3に示すように、宮川橋梁架替工事でのバイパス工の河川側の壁は、新設橋台施工のための仮締切工の壁を利用した。

・ゲートによる仮締切開放工；図-3に示すように、新設橋台の施工等のために仮締切工が施工される。仮締切工の上、下流にそれぞれ流入、流出用のゲートを設け、溢水の危険性が高い場合に、ゲートを開放し仮締切工内をバイパスとして利用する。なお、異常降雨時には停電等も予測されるので、ゲートの開放は重機等を使用した機械的なものが望ましい。

これらの他にバイパス工内に軸流ポンプを設置することにより強制的に流水を流下させる方法も考えられる。しかし、中小河川ではゴミの流下が多くポンプの目詰まりおよび停電による作動不可等が危惧されるので、採用する場合は十分な事前検討が必要である。

宮川橋梁架替工事の水防対策検討で算出した各対策工の水位低減効果を図-4に示す。宮川橋梁架替工事でのゲートによる仮締切開放工は、計画雨量強度を超える異常降雨時の対応策として設定した。また、護岸の嵩上げ工を設置する場合には、民家等から流入している下水管の流出口に逆止弁を設置して、河川水が民

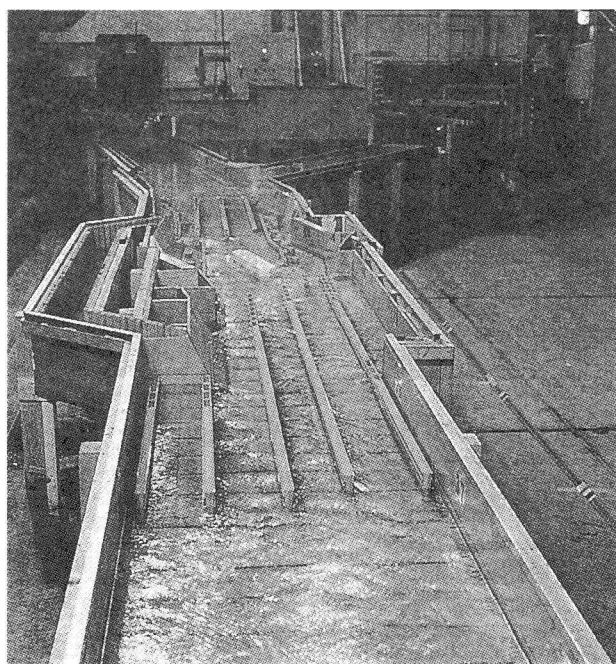


写真-1 宮川橋梁架替工事の水防対策検討で制作した水理模型実験水路

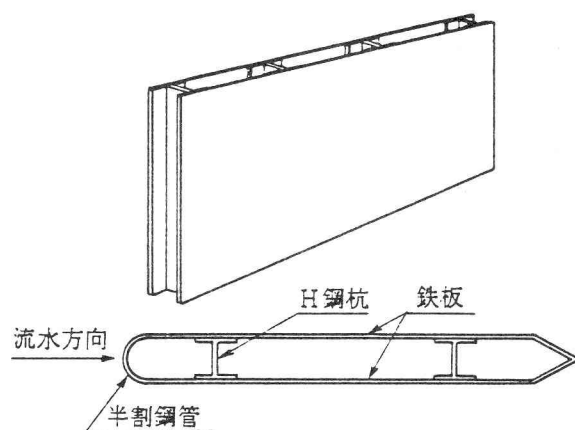


図-2 仮設栈橋鉄板被覆工

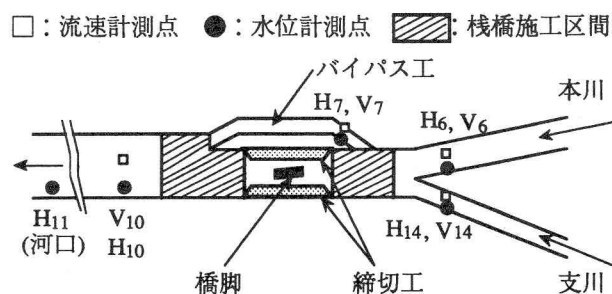


図-3 宮川橋梁架替工事の施工状況および計測位置平面図

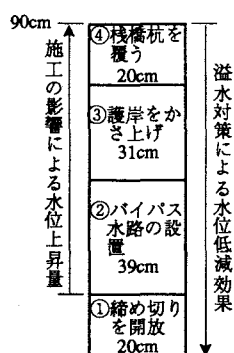


図-4 宮川橋梁架替工事の防水対策検討で算出した各対策工の効果

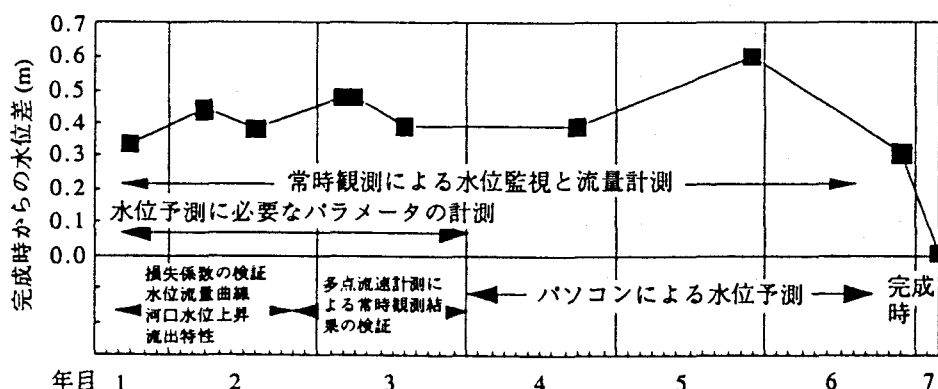


図-5 宮川橋梁架替工事での各施工年月毎の水位上昇予測値

家等へ逆流することを防ぐ必要がある。ここで、図-5に宮川橋梁架替工事での水位低減対策工を考慮した各施工年月毎の水位上昇予測値を示す。このような図を作成して、水位上昇値が高い工事は渇水期の施工に変更する検討も重要である。

(6) 異常降雨（計画雨量強度を超える降雨）の発生確率の算出

(5)までの検討で、水位低減対策工を施工することにより、計画高水流量内での溢水を防ぐように計画する。しかし、工事期間が長くなるにしたがい、改修事業中に設定されている計画雨量強度を超える降雨の発生確率が高くなる。このため、異常降雨の発生確率を算出し、工事中の護岸からの溢水の危険性を認識することが重要である。この検討は、もよりの地方気象台、消防署等の過去30年程度の降雨データを用いて、時間降雨量再現期待値（例えば、20、30、40、50mm/hr）に対する年平均出現回数および再現期間を算定する。ここで、降雨量は地域（地形）特性があるので、降雨データはなるべく対象地点に近いものを用いる。また、過去の異常降雨出現と溢水の関係、異常降雨出現時の降雨パターン（台風時（台風のコース別）、雷雨時、梅雨時等）を、対象地点が感潮域の場合には、過去の異常降雨出現時と高潮位出現時との関係もチェックする必要がある。表-1に横浜地方気象台の過去30年程度の降雨データを用いて算定した、時間降雨量再現期待値に対する年平均出現回数および再現期間を示す。表-1から、横浜では30mm/hrの降雨は、年に1.4回程度出現することとなる。なお、表-2に時間雨量とその時の状況の目安を示す⁸⁾。

(7) 異常降雨時の溢水による浸水範囲の算出と内水排除方法の検討

(6)に示したように、工事期間が長くなるにしたがい異常降雨時の護岸からの溢水の可能性が高くなる。ここでは、最悪の状態を設定して、各雨量強度毎での護岸からの溢水による浸水範囲（床上、床下等毎に区分された）を求める。この浸水範囲を基に、地区外への内水排除方法を事前検討することも重要である。

(8) 工事中の雨量、水位、流速等の計測および監視体制の構築

(7)までの検討により工事前のデータを用いた検討が終了する。つぎに、工事中に雨量、水位、流速等のデータを計測し、計測データを用いて工事前に予測した諸元（時間雨量と流量の関係、水路の粗度係数、仮設物の損失係数、バイパスと本川の流量比等）を見直して精度向上に努める。また、降雨ピーク発生時刻とピーク水位発生時刻との時間差を求め、ゲート開放や溢水危険箇所への土のう設置等のタイミングを認識する。これらを総合して、リアルタイムの計測データと気象予報を用いて溢水の監視体制を確立する。表-3に計測項目毎の目的、方法、注意事項を示す。これらの計測データは、パソコン等に表示および保存するとともに、水位の上昇にしたがい警報を発するシステムにする。図-3に宮川橋梁架替工事で実施した計測位置を並記した。溢水監視用の水位計は、工事区間の上流で、溢水の可能性の高い場所と、橋桁の下端が低い場所に設置した。

(9) 水位予測システムの構築

大雨の予想時には、気象協会等から時間雨量とその発生時刻および気圧が予報される。これらの値と、

表-1 横浜地方気象台の過去30年程度の降雨データを用いて算定した、時間降雨量再現期待値に対する年平均出現回数および再現期間

再現期待値	岩井法による再現期間		経験的再現期間	
	再現期間	年平均出現回数	再現期間	年平均出現回数
20mm/hr	0.33 年	3.03 回	0.27 年	3.77 回
30mm/hr	0.70 年	1.43 回	0.73 年	1.37 回
40mm/hr	1.87 年	0.53 回	1.50 年	0.67 回
50mm/hr	5.27 年	0.19 回	4.29 年	0.23 回

表-2 時間雨量とその時の状況^{a)}

雨の強さ (mm/hr)	状 況
1未満	地面がほとんどぬれないか、かすかに湿る程度。
1～3	地面がすっかり湿る。
3～15	地面に水たまりができる。雨の降る音が聞こえる
15～20	地面に一面水たまりができる。雨の音で話がよく聞きとれない。
20～30	土砂降りになる。下水がたちまちあふれる。小川のはん濫がはじまる。
30以上	バケツをひっくりかえたような雨。

表-3 計測項目毎の目的、方法、注意事項

計測項目	目的	方法	計測点数	注意事項
雨量	流出計算の照査、流達時間の算出	自動記録雨量計	対象河川の集水面積数 km ² 毎に1箇所	他機関の情報を入手する場合、10分間隔の雨量データを入手することが望ましい。
水位	溢水の監視、粗度係数、損失係数の照査	水位計	流量計測点の他に、工事区間の上下流端各1点および工事区間上流での溢水危険箇所。	ゴミの流下が多い、また計測点が感潮域等の場合は、水位計のメンテナンスが重要。
流量	雨量、水位との照査データ	流速計と水位計の同位置計測	工事区間に支川の合流がない場合は、1点以上。支川の合流がある場合は、3点（合流前の本川、支川、合流後の本川の各1点）以上。	ゴミの流下が多い場合は、水中設置型の流速計測が困難である。この場合は、水面流速を計る電波流速計から、または流下物の移動状況をビデオで撮影して移動速度を求める。
気象情報	溢水の監視	日本気象協会等からの情報提供		ファックスによる情報入手の他に電話での質問ができることが重要。

(5)までの検討で算出した工事区間の損失係数を用いて水位を予測する。宮川橋梁架替工事で作成した水位予測計算フローを図-6に示す。時間雨量により流出流量を、降雨時刻により河口の天文潮位を、さらに、気圧による河口水位上昇量（天文潮位と実測した河口水位との差）を求めている。なお、図-7に宮川橋梁架替工事で計測した大雨時の気圧と河口水位上昇量の関係を示す。ここで、治水計画上では、H.W.L時に計画雨量強度による流量が流出可能であれば問題はない。しかし、現実には計画雨量時に、H.W.Lを超える天文潮位や低気圧による河口水位の上昇の可能性はある。よって、これらの値の予測が重要である。また、2年程度の計測データにより、工事前の検討で使用した流出係数 f や、仮設構造物の損失係数 K を見直すことができた。3～4年以上にわたる工事では、計測データによりこれらの係数を見直すことも重要である。

(10) 溢水警報発令連絡体制の構築

(9)に示した水位予測において、洪水の危険性が予測された場合には、事前に作成した連絡ルートにしたがい、溢水注意報・警報を発令する。なお、夜間にも溢水の危険性があるので、連絡ルートは昼間用と夜間用を作成しておく。また、発令と同時に、仮締切ゲートの開放準備、溢水箇所補強用土のうを準備する。仮締切ゲートの開放に際しては、一旦開放すると仮締切内の工作物、重機等が浸水することとなるので、気象予報による降雨の継続性、潮位の変動、上流水位の状況を総合した適切な判断が必要となる。また、護岸からの溢水が予測されたら(7)で検討した内水排除対策をすみやかに行う。

3. まとめ

本文では、横浜市の宮川橋梁架替工事の水防対策検討等の検討を通じて培ってきた技術を、実際の工事計画および工事管理方法に沿ってまとめた。

なお、本検討を実施したからといって工事中の異常溢水まで防げるわけではない。しかし、ひとたび溢水があった場合の対応に対して、事前検討がなされているのといえないのでは雲泥の差が生じるものである。本検討の必要性を御理解いただき、工事着手前に十分な検討がなされることを希望します。

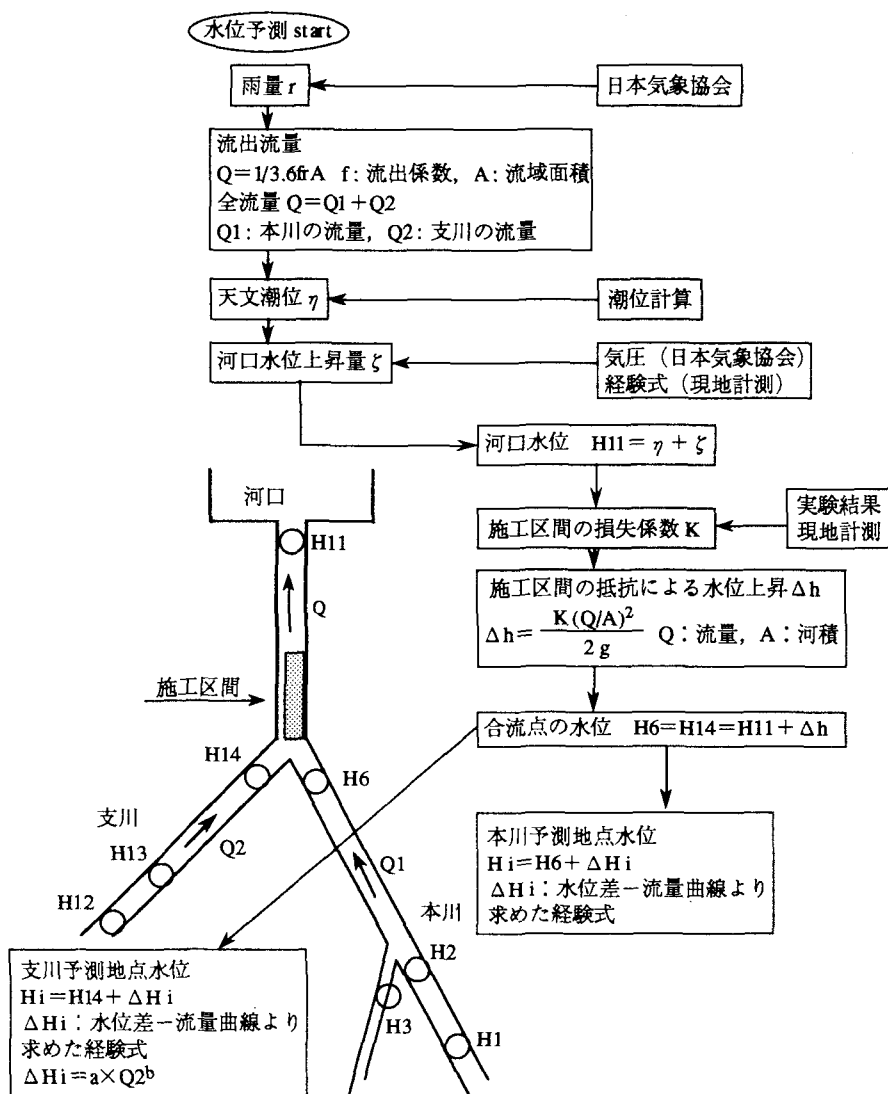


図-6 宮川橋梁架替工事で作成した水位予測計算フロー図

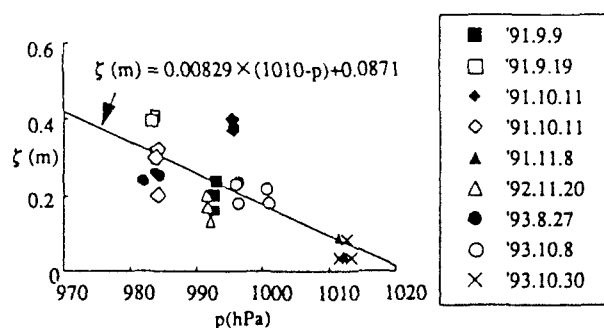


図-7 宮川橋梁架替工事で計測した大雨時の気圧と河口水位上昇量の関係

参考文献

- 1) 阿部他；仮設栈橋の流水低下工法について、土木学会第47回年次講演会 2-67、1992.9
- 2) 大浪他；河川横断橋梁架替工事中の洪水対策、土木学会第48回年次講演会 6-158、1993.9
- 3) 泰山他；工事中水位上昇低減対策の検証現地計測、土木学会第49回年次講演会 2-198、1994.9
- 4) 泰山他；河川横断橋梁架替工事の大雨時水位予測方法、土木学会第49回年次講演会 6-319、1994.9
- 5) 泰山他；都市河川工事におけるバイパス閉塞時の水位上昇量の考え方、土木学会第50回年次講演会 6-36、1995.9
- 6) 日経コンストラクション；洪水期でも川中に仮設物を据える、日経BP社、1994.10.28
- 7) 大谷他；都市河川工事の洪水対策、第3回河道の水理と河川環境に関するシンポジウム論文集、pp51-58、1997.6
- 8) 宮沢；防災と気象、朝倉書店