

利根川河道と護岸水制

Channel change in the Tone River and revetments and groins

白井 勝二

Katuji SHIRAI

正会員 国土交通省関東地方整備局企画部 技術調整管理官

(〒330-9724 埼玉県さいたま市中央区新都心 2-1)

The Tone River, one of Japan's major large rivers, is regarded as the mother river on the Kanto Plains. The river, now running wide between large embankments, has been subjected to a series of improvements that were made according to the topographic conditions to meet the demands of different times.

This paper identifies the process of channel change in the Tone River in response to the demands of different times. A new approach to the conservation of river environments using groins is also assessed based on the surveys, and a future direction of river channel design is presented.

KeyWords : Change of river channel, Before the improvements in the Meiji Era, After the flood of 1943, After the flood caused by Typhoon Catherine, Groins in the Tone River, a new approach

1. はじめに

利根川は、関東平野の中央を流れる河川で、流域には昔から多くの人々が生活していたが、利根川はそれぞれの時代の社会情勢や経済状況により、利用、改修され変化してきた。これらの改修で、堤防や護岸を直接守ってきたのは、護岸水制であり、それらは、各時代の洪水規模等により作用する外力が違ったが、それに影響を及ぼすものとしては、①河岸高、②水深、③河道の平均的な流速、勾配、④砂州形態、⑤河岸の形態・植生などがある。これら時代ごとの河道変化要因、改修計画及びその時代の護岸・水制実態を中心に明確にし、今後の河川管理及び河川改修に役立てるものである。

2. 河道の変遷

日本一の流域面積を持つ利根川も人々の暮らしとともに変化してきており、その時代の社会状況、経済状況を背景として、その時々技術水準に見合った事業を遂行してきたが、大きく3段階でその姿を変えている。

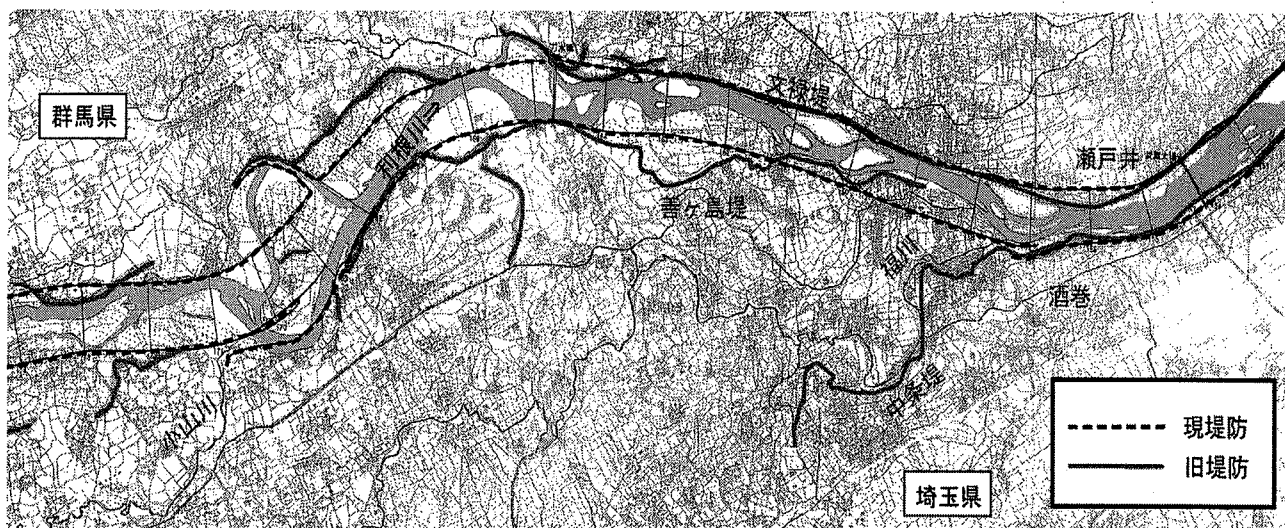
(1) 明治改修以前

江戸に幕府がおかれ政治、経済の中心となり、流域の開発、洪水防御、舟運などのため、それまで江戸湾に注いでいた利根川を常陸川（鬼怒川水系）に流れるように流路を付け替え、銚子から太平洋に注ぐ日本最大の流域面積 16,480km²の河川となった。これは、利根川の東遷といわれていて、この時代は、人力による河川改修や災害復旧による地先の改修が行われた時代で、河道は、自然の地形や自然堤防とともに地先ごとの洪水防御で支川流入口は、霞堤となっていて、堤防は河床の掘削土を利用した「搔上堤」や地先の竹木、石を使った水制や護岸が部分的に行われていた。

また、河川は古来より重要な物資輸送の舟運路であったが上流からの土砂流出により河床に土砂が堆積し舟運は思うようにいかなかった。

このため、明治に入りオランダからのお雇い技術者の指導による長大なケレップ水制により低水路を狭め水深を確保し、舟運の便を図った。

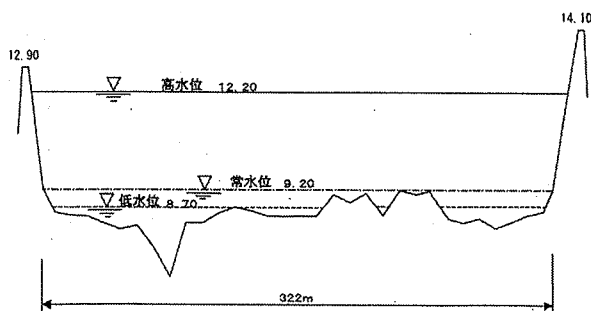
当時の河道は堤防もほとんどなく、上流部中渡、新波等には小さな堤防があるだけで、小山川合流口には、開放のため出水毎に逆流越水した。その下福川合流口も開放のため、逆流して、先ず上中條に氾濫し、その後、中條堤（輪中堤）を越水し、さらに南方忍村付近まで氾濫することもしばしば



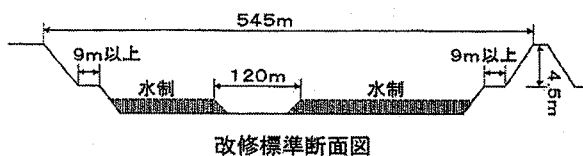
図－1 利根川上流部迅速図に現堤入り

であった(図－1)。このような状況で、利根川で始めて観測された明治 18 年の洪水流量で見ると上流で氾濫していて妻沼においては、13 万 6,000 個($3,780\text{m}^3/\text{s}$)であった。なお、下流佐原地先では、あちこちで遊水滞留するほか氾濫するため、わずか 3 万個($840\text{m}^3/\text{s}$)程度であった。この時代の堤防幅は、利根川高水工事計画意見書では、妻沼から渡良瀬川間は、1,185 尺(359m)から 2,820 尺(854m)で江戸川分派の境から船形間 945 尺(286m)から 2,285 尺(692m)となっており、明治 43 年第 3 期計画図で現状を見ると、ほぼ同じである。利根川 108k 地先の小山村渡船場の断面が明治 16 年 9 月測量の迅速図に記されていて、これを見るとお皿の断面のようで河道内は全幅水面となっていて、約 280m で堤防間幅は約 310m、常水の水深は 1.8~0.8m となっている。また、堤防高は河床より左岸 4.7m、右岸 5.3m となっていて、高水敷もなく単断面となっている。また、陸羽街道上関宿と境町間の中利根川渡場の断面を見ても同じようで川幅は 322m となっている(図－2)。

その他、全川で低水路の広い所では砂州もあるが、平水水面幅は 250~350m 程度となっていて、護岸は上流水衝部のみでほぼ天然河岸となっている。この時代の施設計画は、先にも述べたように航路確保のための低水工事で、水制により低水路幅を 120m に狭め低水時でも水深を 4 尺(1.2m)確保するものである。その工法はケレップ水制で、幅 7m の粗朶沈床を設置し、その上に幅 4.5m 程度に栗石や砂利を中詰し上部を弧状に割石、玉石で石張をした不透過の長大な水制で、水制頭を平均低水位 0.3m 程度に抑え、施工するものである。その施工は、川俣(151 km)~取手町(85 km)では 332 本の長大な水制があり、流路延長の 42%に達した(図－3)。



図－2 陸羽街道上関宿及び境町間の中利根川渡場の断面



図－3 明治 43 年改修標準断面図

(2) 明治 43 年の洪水以降

明治 43 年の洪水により越水、破堤等による激甚な被災を受け、早急な河道改修が望まれて、これまでの流量観測などにに基づき、利根川と鳥川が合流する八斗島地先より下流を一定計画のもと連続堤により河川改修がなされ、それまでの中条堤のような霞堤などによる遊水機能が廃止された。これにより、高水処理規模も $5,570\text{m}^3/\text{s}$ と大きくなり、河道形状も従来の形状を尊重しつつ本格的改修に入り、直線化されるなど大きく変化した。

しかし、この流量は最大流量ではなく、明治 40 年 8 月洪水の最大を計画基準としたものである。従って明治 43 年 8 月のような大水位に対処するには過小であったが、このような流量をとらざるを得なかったのは当時の国家財政の関係上、止むを得ない措置と考えられる。また、鳥川が合流する中条堤上流は、当時 $11,000\text{m}^3/\text{s}$ 程度の流出とも推

- 127 -

その背景には、材料の枯渇や施工の合理化、木材など水上に露出すると耐久性に乏しくなるなどがあった。また、堤防護岸は、流水による洗掘の防止として施工されてきたが、堤防も大きく、高水流量や流速も速くなり、より安全性が求められ、水衝部を中心にコンクリートブロックが施工された。また、堤防は土で出来ているため旧川跡や軟弱地盤等では、漏水も生じやすく、護岸は漏水防止の役目を担うようになり、基盤には鋼矢板打ち護岸のブロックの下に遮水シートを入れるなどの工法の改良がなされてきた。近年は、河川内の自然環境の重要性が見直され、低水路河岸には従来から行われられてきた伝統工法の水制や粗朶沈床等が見直され試験施工などが行われるようになった。

この時代で大きな河道の変化は、河道改修によるものが大きい。昭和 22 年の洪水でも大規模な土砂の流出があったが、その後多量の流送土砂を誘発するような出水がなかったことや、昭和 30 年代より建設資材としての砂利の採取や大規模な流下能力向上のため河道掘削、浚渫が行われた。

また、昭和 40 年代になると上流部の砂防、ダムの整備などによる供給土砂の減少と合わせて中流 120 km から 150 km では広域地盤沈下などもあり、91 km から 110 km の区間では、昭和 31 年から昭和 40 年間に最大 4m 程度の河床低下が生じた。その後の昭和 40 年から昭和 50 年には直上流の 110 km から 123 km 区間に河床低下の影響が伝播し、最大 2m 程度の河床低下が生じた。これにより河岸の洗掘が生じたり、護岸、根固工などは場所により浮き上がって、護岸の崩壊なども生じて、復旧がなされてきている。なお、利根川の河床低下による土砂の変動量は横断図の比較によると 85.5km から 186.5km の約 100km 間で 5 年毎の量を年間で見ると昭和 31～35 年で年間平均 1.68 百万 m^3 、昭和 35 年～40 年で年間 4.55 百万 m^3 、昭和 40～45 年で年間 5.33 百万 m^3 、昭和 45～50 年は年間平均 1.08 百万 m^3 、昭和 50～56 年は年間平均 2.86 百万 m^3 、昭和 56～61 年は年間 1.63 百万 m^3 であった。この内、昭和 40 年代前半では 100 万 m^3 を超える砂利採取が行われていたが、昭和 51 年以降は 50～60 万 m^3 と年々減少している。現在は大堰上流の堆積土砂の掘削のみである⁴⁾ (図-8)。

しかし、河床低下時でも利根川では、従来施工された杭打水制等により河岸は守られ河床低下は低水路を中心に生じている⁵⁾ (図-9)。

水制による土砂の堆積で高水敷化が始まる一方で、低水路では河床低下が起こり、河岸の段差は 4～5m 程度もなり、利根川の改修が始まる前の

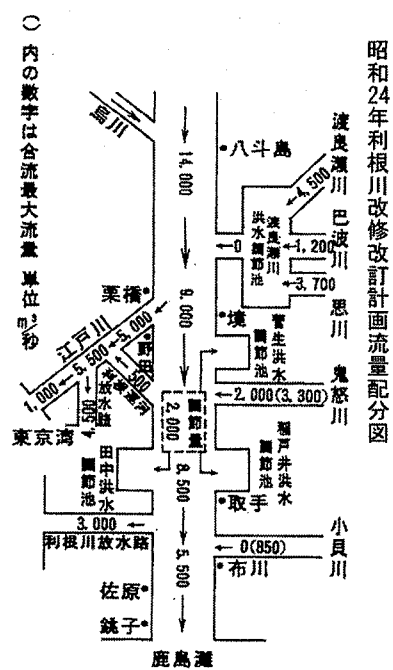


図-7 昭和 24 年改修計画

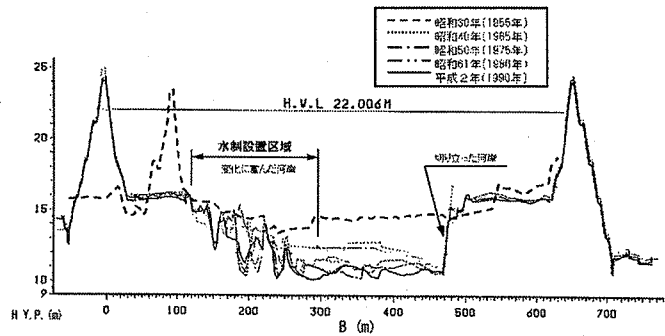


図-8 利根川河道拡幅と旧水制設置区間の変化に富んだ河岸状況 (利根川 134 km)

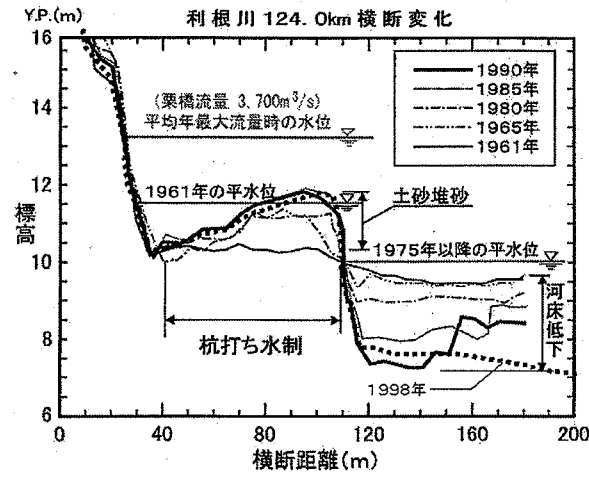


図-9 河床低下に伴う横断変化

河道状況と同じようになった。なお、従来設置された水制は粗朶や捨石は河道内に残り、現在でも水制の機能しており、多様な環境を創出している。

3 利根川水制の新たな試み

(1) 水制位置

利根川では低水路が低下し河岸高が高くなり洪水による洗掘、侵食が生じる一方で中州の拡大などが生じてきており、大きな洗掘、侵食や堤防接近箇所では、従来コンクリートブロック護岸や根固ブロックによる保全がなされてきたが、これにより水辺が単調化するなど環境への悪化が生じているといわれている。そこで新たな試みとして水制設置による河岸保全を図った。

利根川 147km 地先は、平成 11 年 8 月洪水（最高水位 YP+23.342m、洪水時水深 9.842m、流量 6,360m³/s）で河岸が大きく洗掘され崖状になり、河状安定のため低水路法面保護と河床の洗掘を防止する。この対象区域の低水路河岸部は、河岸直下の最深河床部が河岸に平行して存在し、滞筋をなしているため河床や河岸は洪水の際に侵食を受け易くなっている。

また、当該地先の河岸は利根川全川の河床低下などにより比高差も大きく急斜面となっている。被災地先の上流端は河岸洗掘防止の根固ブロックが設置されているが、河床低下により浮き上がりぎみで景観的にも良好ではない。

なお、地先は利根川中流部の 147km で河床粒径は 0.5～2mm の細砂で勾配も 1/2,800 で低水路の河岸高は約 6m でセグメント 2-2 である。

(2) 水制工の構造

水制工は、護岸・根固工に比較して、水制周辺に深掘れや浅瀬が生じ、水辺環境も多様で生態系の保全維持にも効果が期待できるものである。

水制工設置にはさまざまな目的があるが、当該地先は、河岸の侵食防止であるとともに、河岸面は急斜面で高さも高いため、単調な水辺であり水辺環境の改善を図り、生態系の保全、育成及び景観の改善も図るものである。そのため、水制の天端を平水位程度とし、洪水時には水制上を越流させる構造の水制工を連続して設置する。一連の群として機能することによって河岸あるいは護岸付近の流速を低減し、河床洗掘、河岸侵食を防ぐものである。なお、構造は不透過で強固なものとする必要があるが、周辺で入手できる自然の材料を利用することにした。

水制工は、景観や安全性、施工性に優れるものとして、石材による水制としたが、施工が水中施工となる事及び河床が変化している事など考慮し、確実な施工を行うためには、固まりとして施工で

表－1 江口水制の構造

水制工高	平均河床高より 3m 高い。 YP+16.50m である。なお、平水位は YP+15.75m である。
水制方向	土砂等の堆積の促進も図るため現況河岸に対して 10° 上向きとする。
水制工長	30m
水制工天端幅	8m で法面勾配は 1:1.5 とした。
水制間隔	50m
施 工	平成 12 年(2000)3 月～6 月

きるネット方式の袋型根固 2t を使用するものとした。

なお、ネットは燃えやすく、破れやすいので水面部を『カゴマット』工で覆うものとした。水制の元付部は、洪水時に越流する流水や不足の流水により災害を受け易いので十分な配慮が必要である。水により元付や背面土が流失すると、河岸の侵食や水制工自体の沈下流出も発生することが予想される。このため、水制工本体を高水敷側に貫入させることが求められるが、施工性や地山の掘削埋戻による地盤強度低下など生じさせないため鋼矢板突込を行うとともに元付部に捨石工を行うものとした。また、これにより法面にも土砂が堆積し、植物の繁茂を期待するものである。

(3) 土砂の堆積

当該地先は、河床粒径が 0.5～2mm の細砂で洪水中は多くの浮遊砂を含むことなどから、水制間にも土砂が堆積していることが確認できた。特に河岸や水制元付は、土砂の堆積が良好であり、植生も繁茂してきて良好な環境を創出している。

水制設置以降の洪水は次のとおりである。

平成 12 年 3,628m³/s (9 月 12 日)

平成 13 年 6,600m³/s (9 月 11 日),
4,220m³/s (8 月 22 日)

平成 14 年 6,170m³/s (7 月 11 日),
3,970m³/s (10 月 2 日)

計画規模の 3～4 割程度であるが比較的大きな洪水であり、毎年確実に水制間及び法面に土砂が堆積し、植物が生えてきており、変化に富んだ多様な水辺環境が確保されていることが確認できた。

土砂は水制下流部及び法面取付付近から付いて下流側水制に堆積土が伸びている、約 3 年目で上流部 5,6 号水制には土砂が全面的に堆積して設置形状が確認できないほど全面的に土砂が付いている(図-10)。

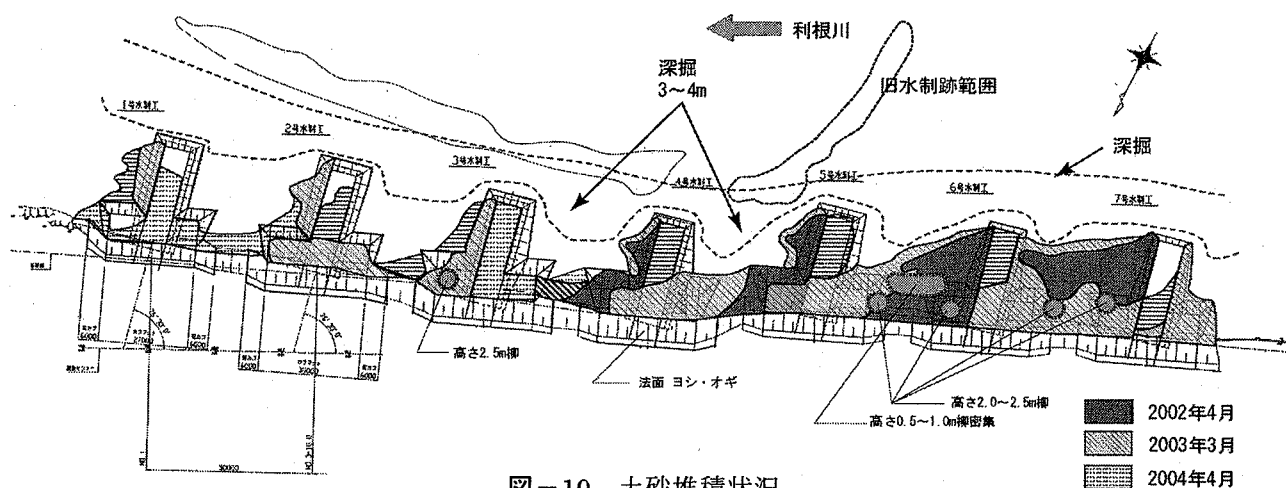


図-10 土砂堆積状況

水制上の堆積状況は、最上流部の水制はほとんど堆積がなく、小砂利がカゴマット上につまっている。次に土砂の堆積の少ないのは最下流部で、中央部の水制が土砂堆積状況が良い。水制は、全体的に付根側が多く、先端部が少ない。法面は50～90cmの堆積で、法肩は70～110cmの堆積となっていて、上流部の水制間の堆積が良好である(図-11)。下流部の水制には下流側より土砂が付いてきているが水制間全体にはまだ土砂が付いていない。また、堆積した土砂上には柳が生えてきている。法面にも堆積した土砂上に植生も繁茂して周辺河岸と同じ状況の植生で自然状態となっている。高水敷の河岸にも土砂が堆積し、自然堤防状に土砂堆積していく状況がわかる。特に植生の繁茂とともに洪水毎に堆積は多くなっている。

なお、水制先端部及び水制上流側には3～4mの深掘れも生じている。この洗掘により水制先端及び上流側のネット袋型根固ブロックは一部流出しているが全体としては安定している。

4 まとめ

利根川は自然に形成されたように見えるが、各時代の流域の変化や河川の役割をもって変化してきている。その中で計画的な利用や洪水防御のための河岸保全などに護岸水制は重要な役目を担ってきている。

現在は大きな河床低下で河岸は切り立った崖状やコンクリートブロックにより保全されているが、従来の杭打水制により河岸が保全され多様な環境を創出しているところもある。現在でも水制工により河岸を保全し、土砂の堆積を促し、自然河岸と同様な環境を創出することも可能であることが確認できた。

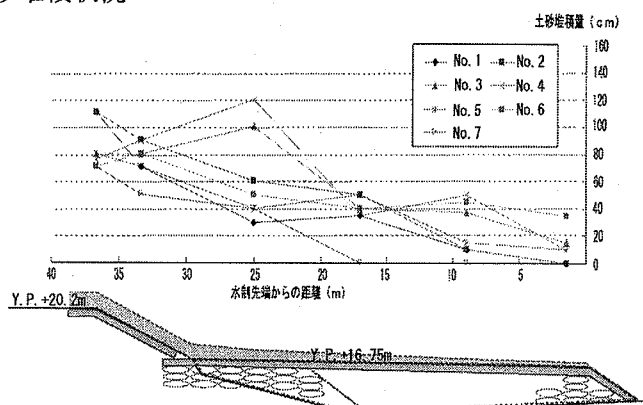


図-11 水制及び河岸の土砂堆積状況

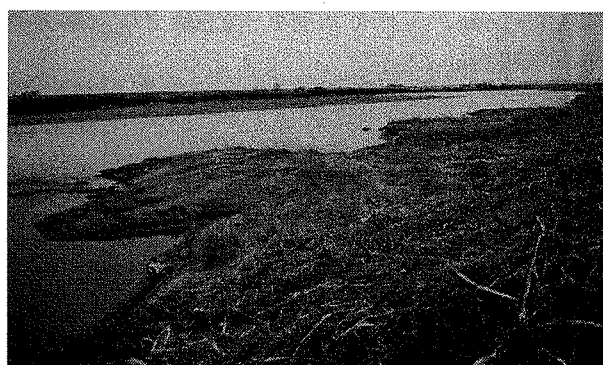


写真-1 4号より上流を望む(上流水制間は土砂の堆積状況良好)

参考資料

- 1) 白井勝二,福岡捷二: 利根川における護岸水制の変遷とその今日的役割,土木学会論文集,2001
- 2) 内務省: 護岸水制工,昭和4年度工務報告,1929
- 3) 富永政義: 利根川治水計画,関東地方整備局,1935
- 4) 関東地方建設局利根川上流工事事務所: 利根川河床変動要因検討報告書,2001
- 5) 白井勝二,福岡捷二: 利根川河道の形成に果たした水制の役割,河川技術論文集 vol.9,pp185-190,2003

(2004. 4. 7受付)