

施工性を重視したコスト縮減型の樋門設計法について

国土交通省国土技術政策総合研究所 ○市村 靖光*

// 溝口 宏樹*

// 藤本 聡*

By Yasumitsu ICHIMURA, Hiroki MIZOGUCHI, Akira FUJIMOTO

国土交通省では、コスト縮減施策の一環として、労務費が材料費に比べて相対的に高くなった経済環境等を踏まえ、鉄筋コンクリート構造物の設計に際し、従前のコンクリートや鉄筋等の使用材料の最少化を重視する設計思想から、施工能率の向上を重視する設計思想への転換（「材料ミニマム」から「労働量ミニマム」）を図り、総合価格を最小とすることを検討している。本文では、河川構造物の樋門を対象に、施工性を向上させる各種方策の提案およびそれらに対する経済性の評価を実施したので、その概要を報告する。

【キーワード】樋門、標準設計、施工合理化、コスト縮減

1. はじめに

従来、標準設計を含め、場所打ち方式による鉄筋コンクリート構造物は、コンクリートおよび鉄筋等の主要材料を最少化する考え方で設計が行われていた。これは、全工事費に占める材料費の割合が高かったことが背景にあり、主要材料の最少化は結果的に最小コストを達成していることとなっていた。しかしながら、構造物の形状や配筋仕様が複雑となり、施工に当たっては多くの手間を要していた。

その後、労務賃金は材料単価に比べて増加する傾向にある。さらに、今後は少子・高齢化が懸念されており、鉄筋工や型枠工といった熟練工の不足が予想されている。

以上の状況から、従来の材料中心の考え方から施工性をより重視した設計の考え方への転換が、建設コストの縮減にも繋がると考え、場所打ち方式の土木構造物に対する施工合理化方策を検討している。

施工合理化に当たっての基本方針は、構造物に要求される安全性、機能性および品質等を従前と同等以上に確保することを前提として、作業時における安全性の向上を図りつつ、少ない作業人員で、かつ熟練工でなくても施工が容易となるようにすることである。そのための具体的な方策として、以下に示す3項目を基本とした。

①構造物の形状を極力単純化すること

②使用材料および主要部材の標準化・規格化を促進すること

③構造物のプレキャスト化を促進すること

ここで、構造物形状の単純化等により材料費は多少増加する傾向にあるが、現場作業の省人化により労務費をそれ以上に減らせば、トータルで工事費を低減できると考えた。

これらの基本方策は、「土木構造物設計ガイドライン（以下、ガイドラインと称す）」¹⁾に明示している。また、ガイドラインおよび上位基準（道路橋示方書、道路土工指針等）に従った土工構造物、橋梁構造物に関する具体的な施工合理化方策を取りまとめた「土木構造物設計マニュアル(案)[土工構造物・橋梁編]²⁾」を既に作成している。

本報告は、河川構造物の樋門を対象に、ガイドラインの設計思想および「河川砂防技術基準（案）」に準拠した施工合理化方策を取り入れた設計法の検討結果を示すものである。樋門は、函渠、胸壁、しゃ水壁、門柱、ゲート操作台、翼壁等の多くの構造物から構成されており、各構造物の施工合理化方策を提案することは、トータルコストの縮減に大きく寄与するものと考えられる。

また、本検討では、施工実績およびコスト縮減の有効性等を考慮し、土被り 10m 程度以下、内空断面の大きさ 3.0m 程度以下の樋門を対象とした。

表－１ 樋門に対する施工合理化方策

基本方針	具体的な内容	施工合理化効果	函渠	胸壁	門柱	翼壁
構造物形状の単純化	・函渠は、底版にハンチを設けない ・胸壁・しゃ水壁は、たて壁と底版の付け根にハンチを設けないなど	型枠製作・組立の省力化	○	○	○	○
使用材料の標準化・規格化	・コンクリートの設計基準強度 → $\sigma_{ck}=24\text{N/mm}^2$ ・鉄筋の材質 → SD345	構造物耐久性の向上	○	○	○	○
主要部材の標準化・規格化（部材寸法）	・最小部材厚 40cm、増加ピッチ 10cm	施工の自動化・機械化	○	○	○	○
〃（主鉄筋中心からコンクリート表面までの距離）	・主鉄筋中心からコンクリート表面までの距離を標準化 頂版部・側壁部 → 12cm 底版下面 → 15cm	鉄筋の加工・組立・検査の省力化	○	○	○	○
〃（鉄筋径と配筋間隔）	・主鉄筋の鉄筋径と配筋間隔の組み合わせを標準化		○	○	—	○
〃（定尺鉄筋の使用）	・重ね継手長で調整し、定尺鉄筋を用いる		○	○	○	○
〃（配力鉄筋の位置）	・配力鉄筋は、主鉄筋の外側に配置する		○	○	—	○
〃（たて壁の配筋）	・たて壁の主鉄筋は断面変化させず、1本物の鉄筋とする		—	—	—	○
〃（底版の配筋）	・底版の鉄筋は分割せず、1本物の鉄筋とする		—	—	—	○
プレキャスト化	・工期短縮などが図られる場合は、プレキャスト化を検討する	施工の自動化・機械化	○	—	—	—

2. 樋門に対する施工合理化方策

表－１は、樋門に対する主な施工合理化方策を整理したものである。これらは基本的に、「土木構造物設計マニュアル（案）[土工構造物・橋梁編]」に準拠しているが、河川構造物である樋門特有の考え方が含まれている方策について、以下で説明する。

(1) 構造物形状の単純化

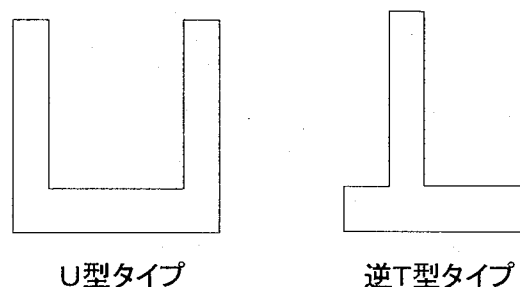
① 部材形状の単純化

施工の自動化、機械化を促進すること、また型枠の転用性の向上を目的として、各構造部の部材形状は等厚矩形断面を基本とし、最小部材厚（40cm）および部材厚の増加ピッチ（10cm）を標準化した。最小部材厚は、河川構造物での規定（35cm）を考慮し、決定した。図－１に翼壁の部材形状を示す。

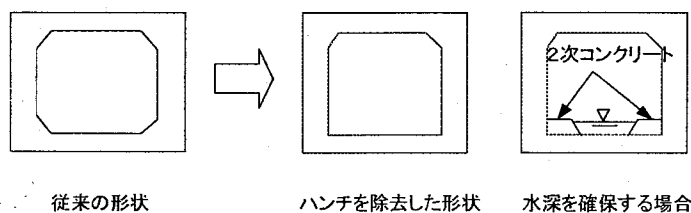
② 函渠の底版側ハンチの除去

函渠（ボックスカルバート）における型枠の製作・設置・撤去の省力化を目的に、図－２に示すように底版側のハンチは設けない形状とした。ただし、ハンチ無しの構造上の対応として、隅角部（側壁下端、

底版端部）の部材断面の応力度に余裕（コンクリートの許容圧縮応力度を25%低減）を持たせた設計を行う。なお、魚類等の生態系に配慮し、常時の水深を確保する必要がある場合は、必要断面を確保した上で2次コンクリートで対応するものとした。



図－１ 部材形状の単純化



図－２ 底版側ハンチの除去

③門柱と操作台の隅角部構造の単純化

門柱と操作台との隅角部のテーパーは、15～20cmの角錐形状が一般的であったが、型枠・鉄筋および支保工作の効率化を図るために、テーパー処理とせず、面内にのみ最小限のハンチ（1:2程度）を設けることとした（図－3参照）。

(2)主要部材の標準化・規格化

①主鉄筋中心からコンクリート表面までの距離

河川構造物の鉄筋のかぶり厚は、7.5cm以上（底版は10cm以上）と規定されており、施工性に配慮した配筋方法の改善により、主鉄筋中心からコンクリート表面までの距離を12cm（底版は15cm）とした。図－4に函渠底版の例を示す。

②配力鉄筋位置の変更

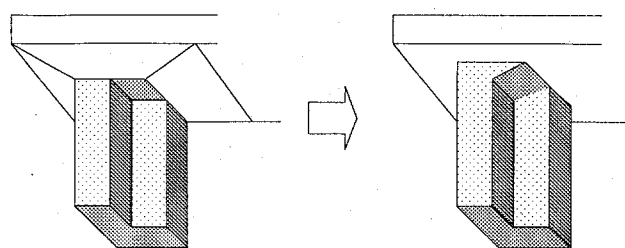
この方策は、鉄筋組立作業の効率化を目的として、配力鉄筋を主鉄筋の外側に配置するものである。従来は、鉄筋組立の作業性よりも鉄筋の有効高を大きくとる設計計算の優位性を重視し、主鉄筋を配力鉄筋の外側に配置していた。配力鉄筋位置の変更により、鉄筋の組立手順が単純化できるものと考えられる。

樋門の函渠の場合には、横方向および縦方向ともに主鉄筋となるが、施工性に配慮し、縦方向の鉄筋を横方向の鉄筋の外側に配置することとした（図－5参照）。また、胸壁・しゃ水壁は、函渠に固定された構造となり、函渠から張り出す鉄筋が主鉄筋となる。このため、配力鉄筋は主鉄筋の施工手順を考慮し、施工の容易な主鉄筋の外側に配置することを基本とした（図－6参照）。

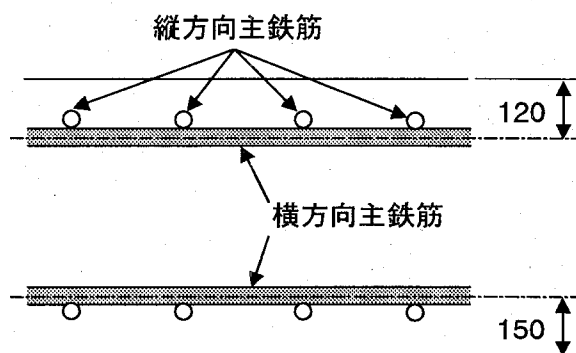
(3)構造物のプレキャスト化

樋門などの河川工事においては、現場工期の短縮が重要な課題である。特に函渠においては、場所打ち方式よりもプレキャスト方式を用いた方が、現場作業の省力化が図られ、工期短縮や建設コストの削減に有利になる場合がある。このため、樋門の計画に当たっては、施工条件などの制約条件を考慮した上でプレキャスト化を検討することとした。

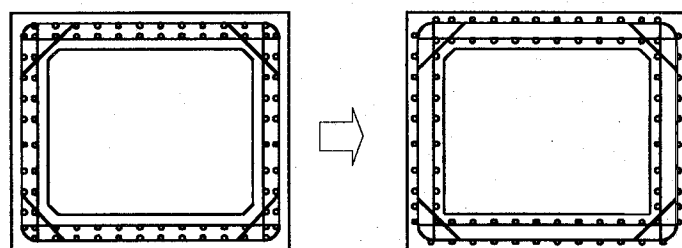
プレキャスト函渠の形状は矩形を標準とし、内空寸法は一般的に用いられているプレキャストボックスカルバートの型枠の利用を考慮して計画することを基本とした。また、函軸方向の接合は、プレストレス接合を標準とし、接合面の水密性を確保する。



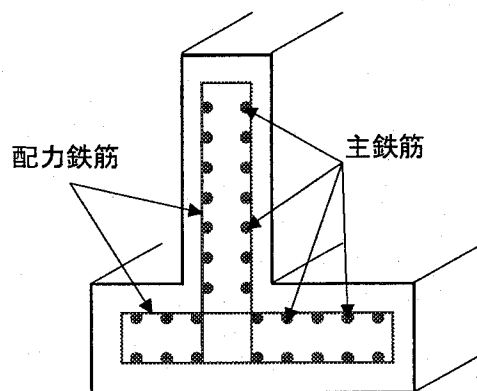
図－3 門柱と操作台の隅角部の単純化



図－4 主鉄筋中心からコンクリート表面までの距離（函渠底版の例）



図－5 函渠における配筋方法の変更



図－6 胸壁・しゃ水壁の配筋方法

3. コスト削減効果の試算

「従来設計（従来の標準設計）」および「合理化設計（施工合理化方策を取り入れた設計）」の2つの考え方で設計した函渠を対象に、コンクリート、型枠、鉄筋、足場および支保工の各数量を算出し、直接工

事費の比較を行った。直接工事費算定のための施工歩掛については、「従来設計」では現行の標準歩掛、「合理化設計」では平成 11 年施行の「土木構造物設計マニュアル（案）－土工構造物・橋梁編－」の運用歩掛かりを用いた。

表－2 はコスト比較の結果を示すもので、内空寸法が大きくなると、施工合理化よりも材料増加の影響が大きくなり、工事費が増加している。しかしながら、その増加分はわずかであり、全体で見るとコスト縮減効果が期待できる結果となった。また、小規模函渠（内空断面 1.5m 以下）をプレキャスト化した場合には、さらにコスト縮減が見込まれると考えられる。

4. まとめと今後の課題

本検討の成果は、「土木構造物設計マニュアル（案）[樋門編]」および「土木構造物設計マニュアル（案）に係わる設計・施工の手引き（案）[樋門編]」として取りまとめた。今後はこれらに基づき、「土木構造物標準設計 第 3・4 巻（樋門・樋管）」を、コスト縮減型に改定する予定である。

今回提案した施工合理化方策を取り入れることで、函渠については概ね 2～5% 程度のコスト縮減が期待できることを確認した。函渠以外の構造体も同様

表－2 樋門函渠のコスト比較

内空断面	土被り	概算工事費(千円)		コスト比率 (B)/(A)
		従来設計 (A)	合理化設計 (B)	
1.0×1.0m	4.0m	2,008	1,980	0.986
	8.0m	2,008	1,980	0.986
2.0×2.0m	4.0m	3,773	3,586	0.950
	8.0m	3,976	3,803	0.956
3.0×3.0m	4.0m	5,853	5,877	1.004
	8.0m	6,757	6,786	1.004

の効果が予想され、樋門全体のコスト縮減効果が期待できる。また、建設コスト縮減の他、施工時における安全性の向上や工期短縮などの効果も期待できると考えられる。

これらの施工合理化方策は、基本的に場所打ちコンクリート構造のものを対象としており、今後はプレキャスト製品に関する詳細な検討が必要である。さらに、本検討でのコスト評価は主に施工時の直接工事費を対象としたが、今後は材料増に起因する環境負荷（外部コスト）も含めたライフサイクルでの評価も今後の課題であると考えられる。

<参考文献>

- 1)建設省：土木構造物設計ガイドライン、1996
- 2)建設省：土木構造物設計マニュアル（案）[土工構造物・橋梁編]、1999

A Study on Constructability-based Design Standard for Sluiceways

By Yasumitsu ICHIMURA, Hiroki MIZOGUCHI, Akira FUJIMOTO

Abstract: Design standards for civil engineering structures established by the Ministry of Land, Infrastructure and Transport have been based on the material minimum concept since 1960s, because material costs were relatively higher than labor costs at that time. Because labor costs are now much higher relative to material costs, the Ministry of Land, Infrastructure and Transport recently reviewed the design standard, replacing the minimum material concept with the minimum labor concept.

It was found that the simplification of structural shape, standardization of materials, and application of precast concrete result in total cost reduction, although more materials are required than before. The new design standard for civil engineering structures (Sluiceways etc.) was proposed in terms of total cost reduction.

Keywords: Sluiceways, Design standard, Constructability, Cost reduction