

土木研究所資料

道路構造物の建設コスト縮減に資するための 設計標準化に関する調査

平成12年3月

建設省土木研究所
建設マネジメント技術研究センター建設システム課

Copyright © (2000) by P. W. R. I.

All rights reserved. No part of this book may be reproduced by any means, nor transmitted, nor translated into a machine language without the written permission of the Director General of P. W. R. I.

この報告書は、土木研究所長の承認を得て刊行したものである。したがって、本報告書の全部又は一部の転載、複製は、土木研究所長の本書による承認を得ずしてこれを行ってはならない。

道路構造物の建設コスト縮減に資するための 設計標準化に関する調査

建設システム課 課 長 松井 健一

技術基準係長 村椿 良範

野口 勉※

(※千葉国道工事事務所柏維持修繕出張所技術係長)

要 旨

本報告書は、コスト縮減に資する鉄筋コンクリート構造物の合理的な設計法を提案することを目的とした調査研究の成果であり、①施工能率を向上させるための構造物形状の単純化や配筋の簡素化等の施工合理化方策を提案するとともに、②施工合理化方策の省人化効果およびそれによるコスト縮減効果をモデル工事により実証的検討した結果等について取りまとめたものである。

キーワード：標準設計、コンクリート構造物、コスト縮減、施工合理化

はじめに

建設省制定の土木構造物標準設計は、土木構造物の設計・積算段階における業務の効率化及び構造物精度の向上を図ることを目的に、建設省が直轄工事として施工する土木工事の共通的な構造物の標準化と規格化を図ったものであり、建設マネジメント技術研究センターはその技術的検討を担当しています。

従来、標準設計を含め、公共土木工事における鉄筋コンクリート構造物の設計は、コンクリートや鉄筋等の主要材料の数量を最少となるように、構造物の形状寸法や配筋仕様を決めていました。すなわち、「材料ミニマム」という設計の考え方です。「材料ミニマム」の考え方により設計された構造物は、材料費が労務費に比べて相対的に高い経済環境のもとでは、結果として、ほぼコストミニマムを与えることになります。しかし、今日のように、建設資材（材料）費が生産技術の向上等により労務費に比べて相対的に安く、労務費の直接工事費に占める割合が非常に高くなっている状況においては、従来の「材料ミニマム」から施工能率の向上による労務費の低減を重視した「労働量ミニマム」という設計の考え方への転換が不可欠です。

そこで、本調査では、構造物形状の単純化及び鉄筋加工形状の単純化等により、コンクリートや鉄筋等の数量が多少増大するとしても、鉄筋・型枠作業に要する労働量を極力低減し、材料費と労務費のトータルで安価になる「トータルミニマム」という視点が重要になるものとの認識に立ち、擁壁・カルバート及び橋梁下部工等の場所打ち方式による一般的な鉄筋コンクリート構造物を対象として、構造物形状や配筋の単純化等によって増大する材料費が労務費の低減とどのような関係にあるかを、モデル工事によって実証的に検討しました。その結果、一定規模以下の条件の構造物であれば、「労働量ミニマム」という考え方は、建設コストの縮減を図る上で極めて有効な手法であることが確認されており、今後、この考え方を建設コスト縮減型の標準設計として取り入れていく予定です。なお、本調査において提案した施工合理化方策は、施工能率の向上による労働量の低減のみならず、施工時の安全性の向上や工期短縮等といった効果も期待できます。

本報告書の第1～4章には、本調査の目的、内容及び現行標準設計の概要等を紹介しています。5章では、「労働量ミニマム」に有効と考えられる具体的な方策を整理し、6章においてモデル工事における労働量低減度合及びそれによる建設コストの縮減効果を実証した分析結果を取りまとめています。

関係各位の業務上の参考資料として活用して頂ければ幸いです。なお、本報告書の内容について、お気付きの点があれば小さなことでも結構ですので、ぜひ、お聞かせ下さい。

平成12年3月

建設マネジメント技術研究センター
建設システム課長 松井 健一

目 次

第1章 概 説	1
第2章 調査目的	2
第3章 調査内容	3
第4章 土木構造物標準設計の概要	4
第5章 鉄筋コンクリート構造物の労働量低減化方策の提案	6
5. 1 現行標準設計の現状分析と見直しの視点	6
5. 1. 1 現行標準設計の課題	6
5. 1. 2 標準設計の見直しの視点	6
5. 2 現場施工の労働量低減化方策の提案・評価	8
5. 2. 1 労働量低減化方策の素案提案	10
5. 2. 2 アンケート方式による労働量低減化方策の机上評価	10
5. 3 鉄筋コンクリート構造物の労働量低減化方策のまとめ	18
第6章 モデル工事による建設コスト縮減効果の実証	31
6. 1 モデル工事の概要	31
6. 2 現場施工の労働量低減効果の分析結果	41
6. 2. 1 労働量低減効果の評価方法について	41
6. 2. 2 労働量低減効果の分析結果	43
6. 3 労働量低減化方策による建設コストの縮減効果の推定	48
6. 3. 1 建設コスト縮減効果の推定方法	48
6. 3. 2 建設コスト縮減効果の推定結果	50
6. 4 モデル工事による建設コスト縮減効果分析結果のまとめ	59
第7章 まとめ	60

【資料編】

参考資料－1：土木構造物設計マニュアル（案）－土工構造物・橋梁編－

第1章 概 説

建設省制定の土木構造物標準設計（以下「標準設計」という）は、公共土木工事における共通的な土木構造物の標準化と規格化を図ったものである。標準設計は、昭和40年に、カルバート・擁壁類を発刊して以来、建設省をはじめ、各地方公共団体において広く活用され、土木構造物の設計および積算段階における業務の効率化および技術の普遍化に大きく寄与してきた。

従来、標準設計を含め、公共土木工事における鉄筋コンクリート構造物の設計は、コンクリートや鉄筋等の使用材料が最小となるように、構造物の形状・寸法および配筋仕様を決めていた。すなわち、「材料ミニマム」という設計の考え方である。

「材料ミニマム」により設計された構造物は、材料費が労務費に比べて相対的に高い経済環境のもとでは、結果として、ほぼコストミニマムを与えることになる。しかし、今日のように、建設資材（材料）費が生産技術の向上等により労務費に比べて相対的に安くなり、労務費の直接工事費に占める割合が非常に高くなっている状況においては、従来の「材料ミニマム」から施工能率の向上による労務費の低減を重視した「労働量ミニマム」という設計の考え方への転換が不可欠である。

そこで、本調査においては、コスト縮減に資する鉄筋コンクリート構造物の合理的な設計法を提案することを目的として、①施工能率を向上させるための構造物形状の単純化や配筋の簡素化等の施工合理化方策を提案するとともに、②施工合理化方策の省人化効果およびそれによるコスト縮減効果をモデル工事により実証的検討を行った。

提案した施工合理化方策は、大きく、構造物の形状に係わるもの、鉄筋の配筋に係わるものとに大別される。構造物の形状関係では、擁壁においてはたて壁および底板のテーパの廃止、カルバートでは下方ハンチの廃止等、形状そのものを単純化する方策である。鉄筋に関しては、加工形状の単純化や定尺鉄筋の使用等の方策である。現場作業におけるコンクリート、型枠および鉄筋の各作業の省人化効果は全45件のモデル工事により実証検討しており、コンクリート作業はほぼ同じであったが、型枠作業および鉄筋作業はそれぞれ24%、5～16%の省人化効果を確認した。また、この結果をもとに推定した直接工事費レベルのコスト縮減率は1～8%の範囲となり、構造物の種類や規模・荷重条件により変動するものの、標準設計で対象とする一般的条件下においては建設コストの縮減効果のあることが明らかとなった。なお、本調査において提案した施工合理化方策は、現場作業の省人化の他、施工時の安全の向上や工期短縮等といった効果も期待できる。

これらの検討結果を踏まえ、標準設計対象工種のカルバート、擁壁および橋梁下部工等を対象に、設計上の配慮事項を「土木構造物設計マニュアル（案）」として取りまとめた。

第2章 調査目的

本調査の目的は以下のとおりである。

- ①場所打ち方式による鉄筋コンクリート構造物の施工合理化方策を提案するとともに、モデル工事により、現場作業における労働量の低減効果およびコスト縮減効果を実証する。ここで言う、施工合理化方策とは、コンクリート・鉄筋・型枠の各作業を効率化し、目的物を構築するための投入労働量を低減させる、例えば、構造物形状の単純化や配筋の簡素化等を指している。
- ②モデル工事による分析結果等にもとづき、コスト縮減に資する合理的な設計法を「土木構造物設計マニュアル（案）」として取りまとめる。

第3章 調査内容

本調査における主な調査内容を図-3.1に示す。

(1) 鉄筋コンクリート構造物の施工合理化方策の提案

- ①コンクリート、鉄筋および型枠作業について、現場作業における労働量の低減といった観点から、現行設計における設計上の問題点を整理する。
- ②施工合理化方策についての素案を提案し、それらについて施工サイドの意見を踏まえた机上評価を実施する。

(2) 施工合理化方策の効果の実証的検討

- ①施工合理化方策によるコンクリート、鉄筋および型枠作業の各投入労働量を、モデル工事によって実証検討する。あわせて、設計・施工上の問題点を明らかにする。
- ②場所打ち方式によるカルバート・擁壁・橋台・橋脚について、施工合理化方策による建設コストの縮減効果を明らかにする。

(3) 土木構造物設計マニュアル(案)の作成(巻末参考資料-1参照)

擁壁、カルバート、橋台および橋脚を対象に、道路土工指針・道路橋示方書を準拠しながら、施工合理化方策に関する設計上のルール等を「土木構造物設計マニュアル(案)」として取りまとめる。土木構造物設計マニュアル(案)は、コスト縮減対応の標準設計を作成するための核となるものである。

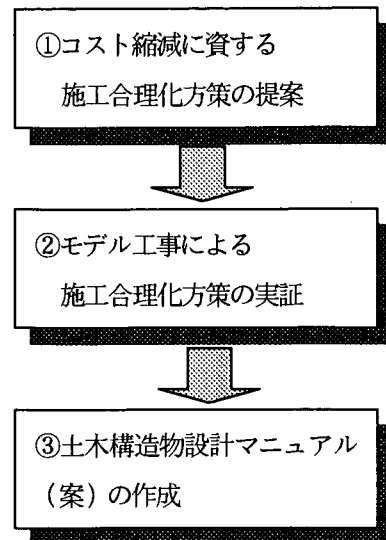


図-3.1 主な調査内容

第4章 土木構造物標準設計の概要

(1) 標準設計発刊の経緯

建設省における土木構造物の設計標準化は、昭和30年代の前半から当研究所の橋梁研究室が中心となり、橋梁上部工を対象に行われていた。現在のように組織的に標準化が実施されたのは、昭和38年に設立された建設省関係技術管理協議会において、設計・施工における合理化および工期短縮等を図るための具体的方針の一つに標準設計の整備を定めたことが契機になっている。

なお、標準設計の取り扱いについては、表-4.1に示す取扱要領が、建設事務次官より各地方建局長に通達されている。

(2) 標準設計の構成

標準設計は、土木構造物の詳細設計段階に活用できるように作成されている。その構成は、バインダー綴りの「図面集」、使用方法を説明した「解説書」および構造計算結果を取りまとめた「数値表」から成っている（写真-1参照）。

(3) 対象工種

標準設計における対象工種は、表-4.2に示すとおりであり、これらを全27巻の「図面集」として提供している。

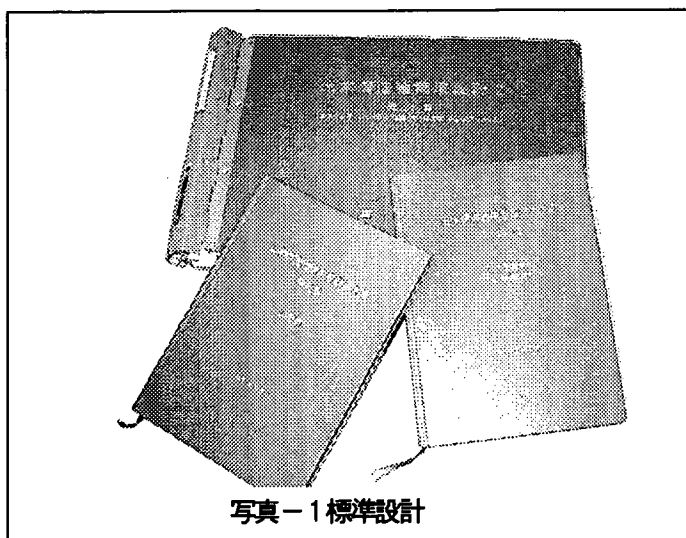


写真-1 標準設計

標準設計第1巻～2巻は、道路土工に係わる側こう・暗渠類および擁壁類であり、標準設計対象工種の中で最も利用頻度の高い工種である。河川構造物の樋門・樋管は3～4巻に、又、5巻には立体横断施設の横断歩道橋と横断地下道が集録されている。橋梁関係は6巻以降に集録しており、下部構造が6～12巻に、上部構造が13～31巻である。

表-4.2 標準設計対象工種一覧

(H12.3 現在)

巻	構 造 物	制定・改定年月日
第1巻	側こう類・暗渠類	1965.8 制定, 1975.1 改定, 1986.3 改定
2巻	擁壁類	1965.8 制定, 1977.6 改定, 1987.7 改定
3～4巻	樋門・樋管	1977.12 制定, 1980.12 改定 1987.5 改定, 1994.10 改定
5巻	横断歩道橋, 横断地下道	1985.2 制定
6～12巻	橋台, 橋脚	1968.5～1971.11 制定, 1976.3 改定, 1983.2 改定
13～16巻	ボステン単純Tげた橋	1969.7 制定, 1980.2 改定, 1994.3 改定
18～20巻	プレテン単純床版・Tげた橋	1972.2 制定(Tげた), 1975.5 制定(床版), 1980.2 改定 1981.10 改定(床版), 1991.3 改定, 1996.3 改定
23～27巻	単純プレートガーダー橋	1972.8 制定, 1979.3 改定, 1994.5 改定
29～31巻	H形鋼橋	1983.4 制定, 1991.3 改定

表-4. 1 標準設計の取り扱い

「建設省制定土木構造物標準設計」について

建設省発技第3号

昭和40年7月6日

地方建設局長 殿

建設事務次官

標記について、別添の通り制定し、別紙要領にもとづき施行することとしたので、その取扱にあたっては遺憾なきを期せられたい。

建設省制定土木構造物標準設計取扱要領

(目 的)

1. この標準設計は、建設省が直轄工事として地方建設局において施工する土木工事の共通的な構造物の標準化と規格化を図り、もって、土木工事の設計、施工、積算、契約等における業務の簡素化並びに構造物の精度の向上を図ることを目的とする。

(適 用)

2. この標準設計は、共通的な構造物の標準の設計方式および設計条件にもとづき設計計算を行ったものである。特別な設計条件に係る構造物を除き適用する。なお、その適用にあたっては解説に付した設計方式に十分留意して行うべきものである。また、標準設計に定められた構造物に類似した構造物はできる限り、この標準設計に準じ設計を行うものとする。

(取扱い)

3. この標準設計によった場合、取り扱いは次の各号によるものとする。
 - (1) 当該工種の略称を設計書等の摘要欄に記入するものとし、当該工種の図面は原則としてその都度設計書等に添付しなくてもよい。
 - (2) 入札、契約書の作成又は現場説明等にあたっては、設計書に前項のごとく、原則として図面を添付しないとしているので、請負業者に必ず当該図面をあらかじめ用意させるものとする。施工にあっても同様とする。

(標準設計の備付け)

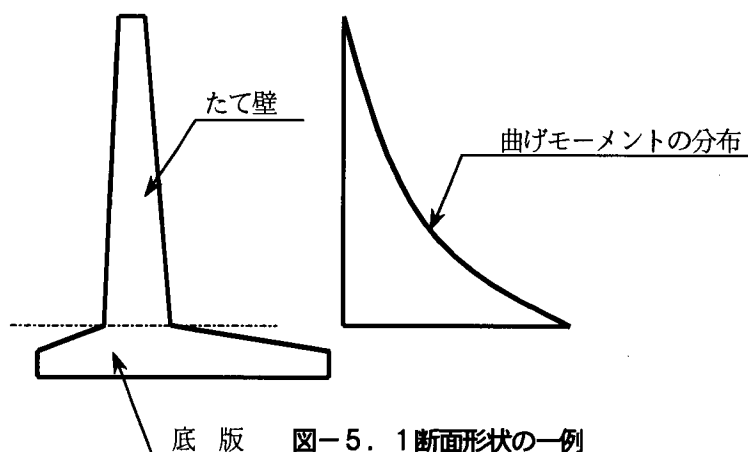
4. この標準設計は、地方建設局、工事事務所および出張所並びに地方建設局の指名する土木工事請負業者において、あらかじめ備え付けておくものとする。

第5章 鉄筋コンクリート構造物の施工合理化方策の提案

5. 1 現行標準設計の現状分析と見直しの視点

5. 1. 1 現行標準設計の課題

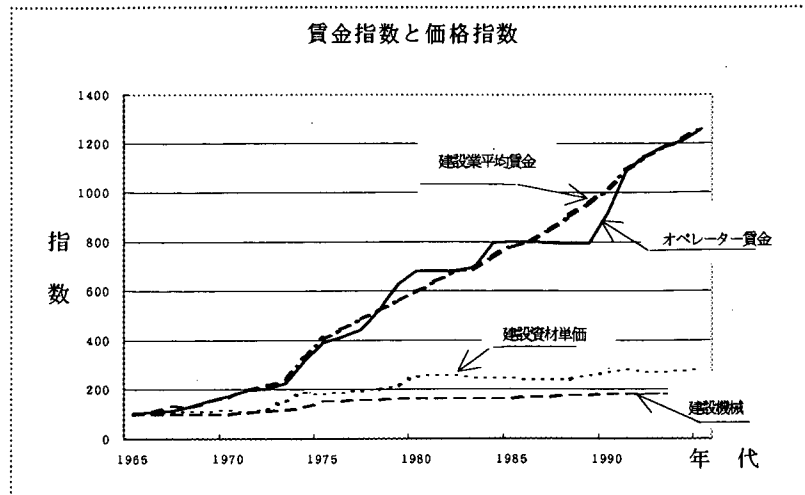
現行標準設計における設計の考え方については、橋梁上部工のPC橋を除き、主要材料であるコンクリートや鋼材等を最少化する、材料中心の考え方が主であった。その結果、例えば逆T式擁壁における躯体の断面形状は、図-5. 1に示すように、たて壁や底版の各部材については、発生断面力の大きさに応じて変断面にするため不等厚となり、また、鉄筋の加工形状についても、それに起因して複雑化するなど、施工には多くの手間、熟練工を要する構造仕様となっている。



土木構造物に対する設計の考え方は、建設事業を取り巻く社会状況等によって変化するものである。上記の主要材料を最少化する「材料ミニマム」という設計の考え方は、建設費に占める材料費の割合が労務費のそれに比べて圧倒的に高価であった、昭和40年当時の施工形態およびコスト構造に基づいたものである。

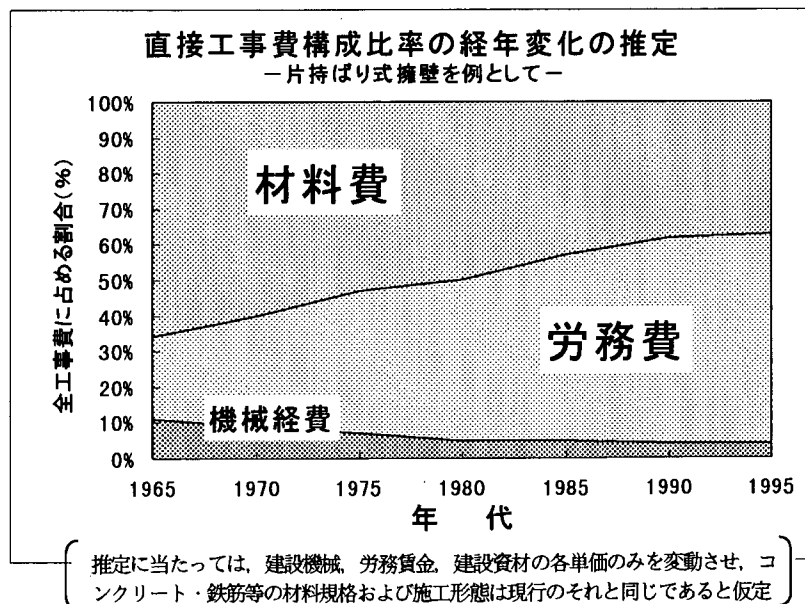
図-5. 2は、賃金指数と価格指数の経年変化を示したものである。標準設計の整備を開始した1965年を指数100とすると、「建設資材単価」指数は生産技術の向上等により300程度と非常に低い水準にあるのに対して、「建設業平均賃金」指数は「建設資材単価」の4倍強の約1300と非常に高い水準にあることが分かる。

また、図-5. 3は、図-5. 2の指数を用いて、逆T式擁壁に対する直接工事費の構成比率の経年変化を推定したものである。標準設計の整備を開始した昭和40年当時は、コンクリート・鉄筋等の材料費が直接工事費全体の60%以上を占めていた。しかし、現在では、労務費が材料費に比べて相対的に高くなった関係から、逆に、全直接工事費に占める労務費の割合が60%となっている。



図－５．２賃金指数と価格指数

出典：建設省建設経済局
日銀貨物価指数
労働大臣官房政策調整部「毎月勤労統計調査年報」



図－５．３直接工事費構成比率の経年変化の推定

現行標準設計について、コンクリート、鉄筋および型枠作業の省人化・省力化といった観点から、設計上の諸課題を整理すると表－５．１のようになる。諸課題の多くは、前述の材料中心の「材料ミニマム」という設計の考え方に起因するものである。

(１) 構造物の形状に係わるもの

構造物の形状は、擁壁のたて壁や底板等に代表されるように、テーパ部材が多く、全体として形状が複雑である。また、部材の厚みが薄い傾向にある。そのため、型枠・鉄筋・コンクリートの全ての作業において、多くの熟練工を要しているものと推測される。

(2) 配筋に係わるもの

鉄筋の加工形状は、一般に、鉄筋のかぶりを一定値にするため、構造物の形状に相似する。上述の構造物形状が複雑化していることに起因して、鉄筋の加工形状も複雑化し、その種類（鉄筋径と加工形状寸法とが異なる鉄筋の種類数）も多くなる。

さらに、主要部材の断面設計においては、主鉄筋に対する部材の有効高さを大きくとり、必要鉄筋量の低減を優先させるために、主鉄筋を配力鉄筋の外側に配置したり、又、部材厚を薄くするために鉄筋を密に配筋する傾向にある。その結果、鉄筋の組立作業およびコンクリートの締め固め作業に支障をきたすおそれがある。

表－5. 1 現行標準設計の製作・施工上の問題点

巻番号	構造物	製作・施工上の問題点
第1巻	ボックスカルバート	・ 部材厚が全体的に薄く露出面積が広い構造であることから、コンクリートの締め固め作業に熟練を要する。 ・ 配力鉄筋を主鉄筋の内側に配置するために施工性が悪い。 ・ 隅角部に施工によるクラックが生じやすい。
2巻	擁壁	・ たて壁および底板が不等厚であることから、鉄筋・型枠の組立作業に熟練を要する。 ・ 部材有効高の関係から配力鉄筋を主鉄筋の内側に配置するために施工性が悪い。
3～4巻	樋門・樋管	・ 樋管本体は第1巻と同様である。 ・ その他の門柱および操作台は形状が複雑なために鉄筋・型枠の施工性が悪い。
5巻	地下横断歩道	・ 地下横断歩道は第1巻と同様である。
6～12巻	橋台・橋脚	・ 橋台は経済性からたて壁の背面にハンチを設けているために鉄筋・型枠の施工性が悪い。 ・ 橋脚は梁の部材形状が複雑なために鉄筋・型枠の施工性が悪い。 ・ フーチング上面にテーパを付しているために鉄筋の組立作業およびコンクリートの表面仕上げに熟練を要する。
13～20巻	P C 橋 (対応済み)	・ 桁製作に配慮した主げた断面形状の単純化、配筋の簡素化およびP C鋼材の緊張作業の省力化への対応を図っている。 ・ 製作性に配慮した構造の簡素化を図っている。

5. 1. 2 標準設計の見直しの視点

標準設計の整備を開始した昭和40年当時と現在では、以下に示す建設情勢の違いがある。今後整備する標準設計の見直しに際しては、これらを踏まえた対応が必要である。

- ① コンクリートや鋼材等の資材単価は生産技術の向上等により相対的に低下し、工事費に占める労務費の割合が高くなってきていること（図－5. 3参照）
- ② 複雑な加工ができる熟練工、技能工の高齢化や技能レベルの低下が顕在化していること
- ③ 設計標準化のより一層の促進および自動化施工等による生産性の向上が求められていること

そこで、構造物設計の考え方としては、これまでの材料中心の考え方を改め、コンクリートや鉄筋等の主要材料が多少増大したとしても、現場施工に要する労働力を極力低減し、トータルで安価になる「トータル

ミニマム」という考え方が重要になるものとの認識に立ち、以下に示す三つの柱からなる視点を、建設コスト削減のための仮説として設定した。

これら視点は、現場作業の省人化による建設コストの削減の他、施工時における安全性の向上および工期短縮等の効果も期待されるものである。

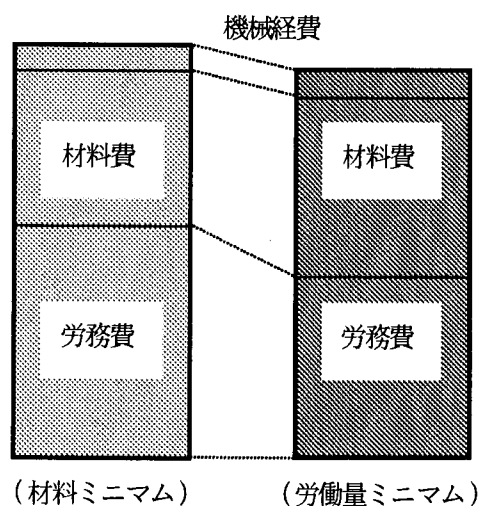
標準設計見直しの視点（仮説）

視点一 1；構造物の形状を極力単純化すること

視点一 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

視点一 3；構造物のプレキャスト化を促進すること

上記視点により、直接工事費の機械経費・労務費・材料費の構成比率については、施工現場の労働量の低減を重視するため、労務費は減少し、材料費は増加するものと考えられる。機械経費は、施工形態が大きく変わらないことから、現行と同程度であるものと推測される（図－5．4 参照）。



図－5．4 直接工事費の構成比率の関係

5. 2 現場施工の施工合理化方策の提案・評価

本章においては、前述の標準設計見直しの各視点に対応した施工合理化方策（素案）について、総合建設業67社（有効回答51社）の専門家を対象に実施したアンケート調査の結果を示す。

5. 2. 1 施工合理化方策の素案提案

（1）提案にあたっての基本方針

現場施工における労働量の低減化を図るための各種方策を提案するにあたっては、前述のように、「構造物形状の単純化」、「使用材料および主要部材の標準化・規格化」および「構造物のプレキャスト化」の三つの視点が重要になるものと考えた。

1）**視点一1**：構造物形状の単純化

従来の設計では、コンクリートや鉄筋等の主要材料を最少にするという、材料中心の考え方が主であった。そのため、壁やスラブ等の同一部材においても、部材に発生する断面力に応じて、部材を変断面にすることが多く、それにより、コンクリートの打設・表面仕上げ、型枠の製作・設置や鉄筋の加工・組立が煩雑となり、労働量の低減化を阻害する一つの要因になっている。

したがって、構造物形状の検討に際しては、例えば以下に示すように、フーチング上面のテーパーを廃止し、壁・柱の形状を単純化するなどの配慮が重要になる。

- ①フーチング上面のテーパーの廃止
- ②壁・柱形状の単純化
- ③ボックスカルバートの下方ハンチの廃止
- ④主げた形状の単純化

2）**視点一2**：使用材料および主要部材の標準化・規格化

公共土木事業において取り扱う構造物は多種多様である。使用材料および主要部材に対する標準化・規格化については、構造物の設計・施工が一品注文性という性格が強いこと等の理由により、必ずしも十分とは言えず、そのため、構造物の施工に際しては、煩雑な作業が要求され、多品種の材料を使用することになるため、その入手が困難な場合も生じていた。

そこで、例えば、以下に示すような橋脚における柱寸法の標準化、形鋼使用種類の数の制約・規格化および配筋仕様の標準化といった設計上の配慮が従前にも増して重要になるものと考えられる。

- ①既製型枠寸法に合わせた各部寸法の規格化
- ②定尺鉄筋を用いた配筋
- ③壁および柱主鉄筋の断面変化の廃止
- ④主鉄筋本数の低減
- ⑤配力鉄筋位置の変更
- ⑥フーチングの配筋の標準化

3) 視点-3；構造物のプレキャスト化

構造物のプレキャスト化については、既に側こう類のL型・U型側こう、パイプカルバートおよびプレストレストコンクリート橋の主げた等に採用している。さらなる現場工期の短縮、品質の確保等を図るためには、擁壁やボックスカルバート等への採用の拡大が必要である。

また、既に採用しているプレキャスト製品についても、以下に示すように、それ自体を大型化したり、製品一個当たりの長さを長尺にすることなどにより、現場における製品の据え付け作業の効率化が期待される。

①製品の長尺化または大型化

②規格化する種類の集約化

(2) 現場施工の施工合理化方策（素案）の提案

ここでは、表-4. 2で示した標準設計の対象工種について、現場施工において労働量の低減が期待される方策を提案する。

素案として提案した施工合理化方策は、表-5. 2のように整理できる。

表-5. 2現場施工の労働量低減が期待される施工合理化方策

標準設計見直し視点	労働量低減が期待される具体的方策	暗渠類		擁壁類				下部工		上部工				
		側こう類	パイプカルバート	ボックスカルバート	ブロック積み	もたれ・重力式	逆T・L型	樋門・樋管	重力式橋台	逆T式橋台	壁・片持はり式橋脚	ボステンTげた橋	プレテン橋	プレートガーダー橋
視点-1 構造物形状の単純化	①フーチング上面のテーパの廃止						○			○	○			
	②壁および柱形状の単純化						○			○	○			
	③下方ハンチの廃止			○				○						
	④主げた形状の単純化											◎	◎	○
	⑤主げた水平補剛材の取付段数の簡素化													○
視点-2 使用材料および主要部材の標準化・規格化	①コンクリート設計基準強度および鉄筋の材質	○		○			○	○		○	○			
	②既製型枠寸法に合せた各部寸法の規格化	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○			
	③定尺鉄筋を用いた配筋			○			○	○		○	○			
	④壁および柱主鉄筋の断面変化の廃止						○	○		○	○			
	⑤主鉄筋本数の低減			○			○	○		○	○			
	⑥配力鉄筋位置の変更			○			○	○		○	○			
	⑦フーチングの配筋の単純化						○	○		○	○			
	⑧鉄筋のユニット化			○			○	○						
	⑨PC鋼材の太径使用と上端定着の廃止											◎		
視点-3 構造物のプレキャスト化	①製品の長尺化または大型化													
	②規格化する種類の集約化													

凡例；◎対応済みを表す

1) **視点一**；構造物形状の単純化

①フーチング上面のテーパの廃止

フーチング上面のテーパを廃止する方策は、逆T・L型擁壁、逆T式橋台および壁式・張出し式橋脚の片持構造あるいは独立柱構造に適用する。

従来の設計では、コンクリートボリュームを減らすために、例えば逆T式擁壁においては最大断面力が発生するたて壁との結合部で必要とされる部材厚を決定し、底版の上面にテーパを設けて、底版の端部に向かって薄くするのが一般的である。そのため、フーチングの表面仕上げや鉄筋の加工および組み立て作業が繁雑になる。

そこで、本方策のフーチング上面のテーパを廃止することにより、コンクリートの表面仕上げが容易になる。また、鉄筋については、組立筋が1種類になるなど、その作業全般の効率化が期待される。さらに、フーチング上面が水平になるため、フーチング上に設置する足場工の基礎の安定性が増し、施工時における安全性の向上にもつながる（図-5.5参照）。

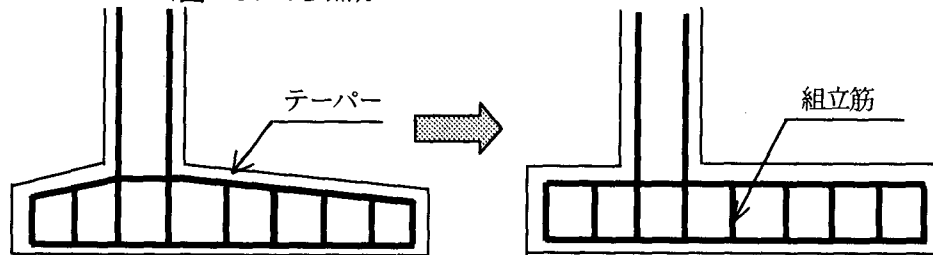


図-5.5 フーチング上面のテーパの廃止

②壁および柱形状の単純化

壁あるいは柱形状を単純化する方策は、上記のフーチングを有する逆T・L型擁壁、逆T式橋台および壁式・張出し式橋脚に適用する。

従来の設計では、上述のフーチング上面のテーパと同様、コンクリートボリュームおよび鉄筋重量を減らすために、断面力に見合った壁、躯体形状としていた。そのため、擁壁のたて壁については、その不等厚に起因する型枠の設置精度の確保に労力を要し、また鉄筋の加工および組立て作業が繁雑になっていた。また、橋台の躯体については、擁壁のたて壁と同様に型枠設置精度の問題点の他に、躯体背面の部材厚の変化によって、狭い空間での支保工が必要になったり、さらに、裏込め土の転圧に支障をきたす場合がある。

そこで、本方策の壁、躯体および柱形状を単純化することにより、これまでの施工を阻害していた要因の改善を図るものである（図-5.6参照）。

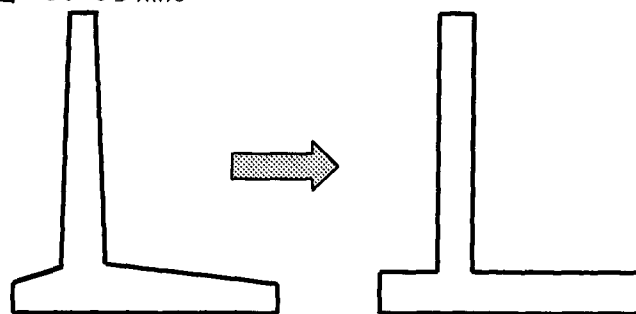
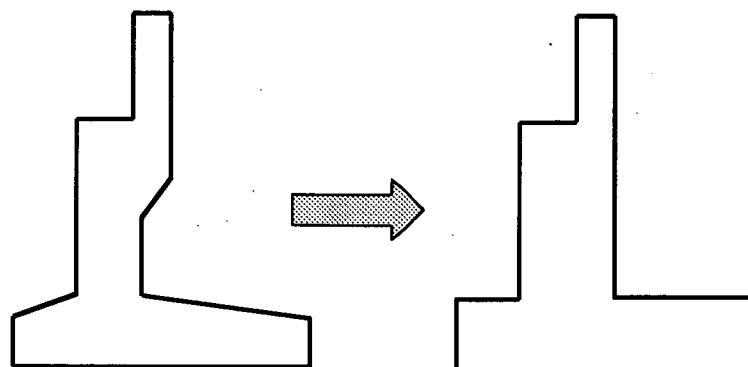


図-5.6 (a) 逆T式擁壁のたて壁形状の単純化の一例



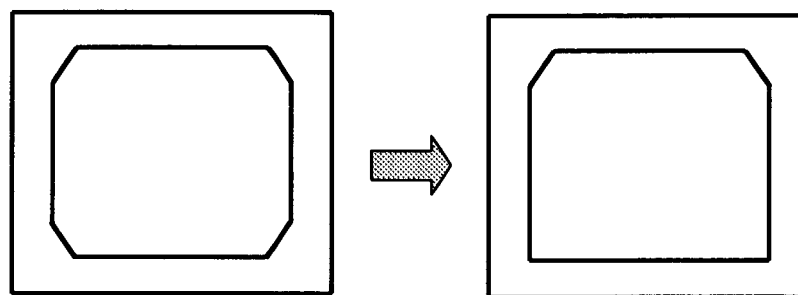
図－5. 6 (b) 逆T式橋台の形状の単純化の一例

③下方ハンチの廃止

下方ハンチを廃止する方策は、ボックスカルバートに適用する。

ボックスカルバートのようなラーメン構造の隅角部には、構造上ハンチを設けるのが原則である。しかし、下方ハンチ部の型枠は、構造上浮き型枠となるため、型枠の製作・設置に多くの手間と熟練作業が要求される。

そこで、下方ハンチのみを廃止することにより、これまでの労働量の低減化を阻害していた要因の改善を図るものである（図－5. 7参照）。ただし、構造の安全性を確保するために、ハンチを廃止することによるペナルティとして、道路土工指針の規定に基づき、ハンチを廃止する隅角部の部材断面の応力度に余裕（コンクリートの許容曲げ圧縮応力度を25%低減）を持たせた設計を行うことにしている。



図－5. 7 ボックスカルバートの下方ハンチの廃止

④主げた形状の単純化（現行標準設計で既に対応）

橋梁上部工の分野においても、その主要資材であるコンクリートあるいは鋼材を最少にするという資材中心の考え方が主であった。そのため、例えば、コンクリート系のけた橋では、主げたに発生する曲げモーメントおよびせん断力に対して、使用コンクリートを最少にするという考え方が、主げた形状を複雑化させる要因になっていた。

また、鋼橋におけるビルドアップ構造の主げたにおいては、上記のコンクリート系の橋梁と同様な考え方から、主げたの橋軸方向に発生する断面力に応じて、フランジ幅やその厚みを変化させる鋼重最少の考え方が一般的であった。それが、工場における製作の自動化を遅らせる要因になっていた。

そこで、本方策の主げた形状を単純化することにより、コンクリート系のけた橋では、型枠製作が容易になるとともに、その効率的な転用が可能になる。また、鉄筋の形状が単純化されることにより、その加工・組立が容易になり、組立精度が向上する。コンクリートの締固め作業も容易になり、より一層の作業の合理化・品質向上につながる。なお、この方策については、H6年3月改定版の標準設計第18～20巻プレテンション方式PC単純床版・同Tげた橋、H8年3月改定版の第13～16巻ポストテンション方式PC単純Tげた橋において既に取り入れている。

図-5.8に、現行標準設計に取り入れた主げた形状の一例を示す。

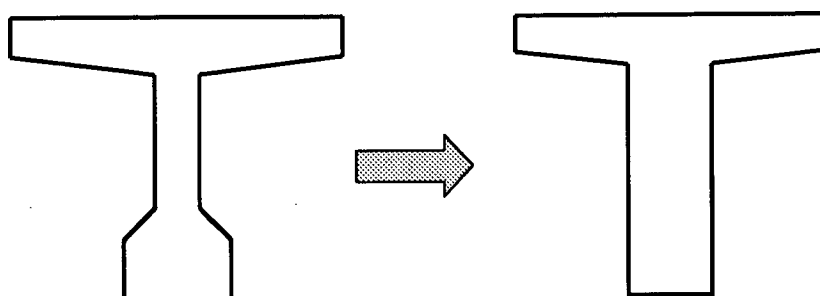


図-5.8主げた形状の単純化の一例

また、鋼橋においては、主げたのブロック毎にフランジ・腹版の寸法統一および形状の単純化等により、板継ぎ溶接が不要になり、また、主げたを構成する材片の数・種類が少なくでき、溶接脚長も統一できる。溶接の自動化を含め、けた製作の完全自動化の取り組みも容易になる。なお、プレートガーダー橋および箱げた橋については、H7年度より、上記の考え方が標準となっている。

⑤主げたの水平補剛材の取付段数の簡素化

水平補剛材を省略、あるいはその取付段数を従前に比べて1段程度減少させるこの方策は、ビルドアップ構造による鋼プレートガーダー橋の主げたおよび分配横げたに適用する。なお、これについては、H10年度現在、一般的な考え方として採用されている。

2) 視点-2；使用材料および主要部材の標準化・規格化

①コンクリートの設計基準強度および鉄筋の材質

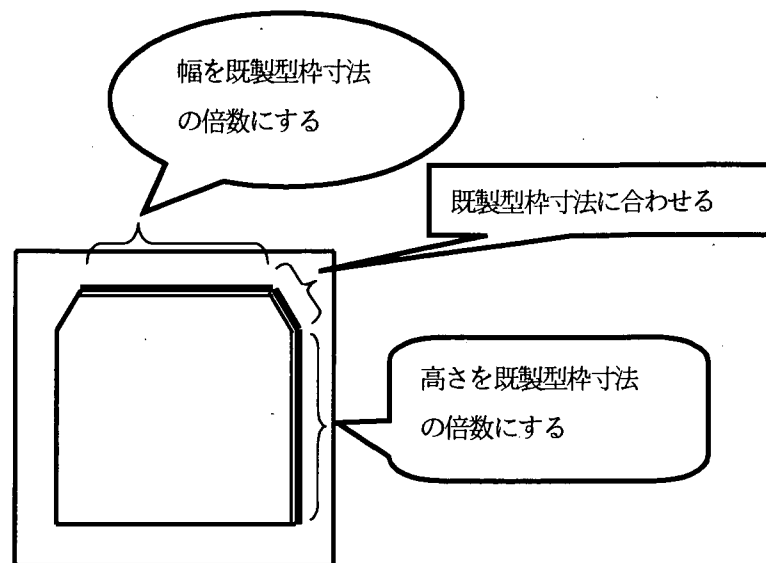
この方策は、コンクリートの設計基準強度および鉄筋の材料規格を一定のルールに基づき統一化するものである。橋梁上部工を除いた全ての鉄筋コンクリート構造に適用する。

②既製型枠寸法に合わせた各部寸法の規格化

この方策は、上部工を除いた全てのコンクリート構造物に適用する。

従来の設計では、例えば橋脚における柱部材の円形・小判の断面寸法は、特に、標準化されていないことからその寸法は区々であった。そのため、それに見合った木製型枠を、その都度、製作・設置しているために、資材を含めた製作・施工の合理化の面から見て非常に非効率であった。

そこで、主要部材の寸法を標準化したり、あるいは図-5.9に示すように、部材寸法をできる限り既製型枠寸法の倍数とすることにより、鋼製型枠のリース化の促進、製作・設置の省力化および型枠の効率的な転用を図るものである。



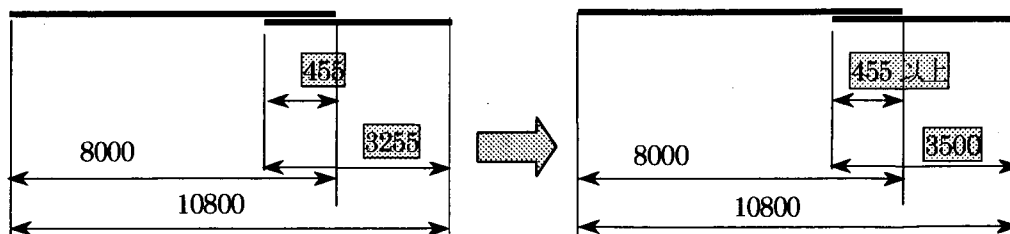
図－５． 9 既製型枠寸法に合わせた部材寸法の一例

③～⑦定尺鉄筋を用いた配筋・壁および柱主鉄筋の断面変化の廃止・主鉄筋本数の低減・配力鉄筋位置の変更・フーチングの配筋の標準化

従来の設計では、鉄筋の総重量を最小化することによるコストミニマムを目指した鉄筋量や配筋仕様を優先している面がある。このことは、鉄筋の種類数、本数、継手箇所数および鉄筋加工時における切断箇所数等の一連の増加につながら、鉄筋の加工・組立作業を煩雑化させていた。

そこで、定尺鉄筋の使用や施工性に配慮した主鉄筋と配力鉄筋との組み合わせ、鉄筋量の変化による部材断面変化箇所を減少させる配筋仕様を提案するものである。

「定尺鉄筋を用いた配筋」は、原則として50cm 単位で長さで規格化された定尺鉄筋をそのまま用いる方策であり、全ての鉄筋コンクリート構造物に適用する。なお、それによる鉄筋長の調整は、図－５． 10に示すように、重ね継手部や定着部で行う。



図－５． 10 定尺鉄筋の使用

主鉄筋の断面変化を原則的に行わない「壁および柱主鉄筋の断面変化の廃止」の方策は、逆T・L型擁壁、逆T式橋台および壁式・張出し式橋脚に適用する（図－５． 11 参照）。

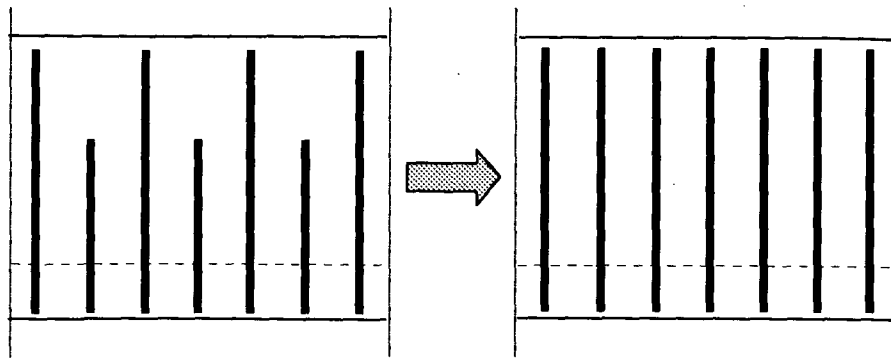


図-5. 1 1片持ばり式擁壁におけるたて壁主鉄筋の断面変化

「主鉄筋本数の低減」は、主鉄筋の間隔を、構造上支障のない限り 250mm を標準とする方策である。逆 T・L 型擁壁、逆 T 式橋台および壁式・張出し式橋脚に適用する。

配力鉄筋を主鉄筋の外側に配置する「配力鉄筋位置の変更」は、全ての鉄筋コンクリート構造に適用する（図-5. 1 2 参照）。

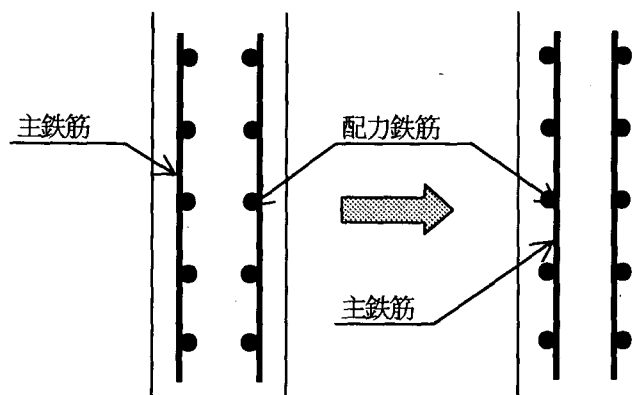


図-5. 1 2 配力鉄筋位置の変更

「フーチングの配筋の単純化」は、フーチングの主鉄筋を構造上支障のない限り断面変化を行わずに一本化する方策である。フーチングを有する逆 T・L 型擁壁、逆 T 式橋台および壁式・張出し式橋脚に適用する（図-5. 1 3 参照）。

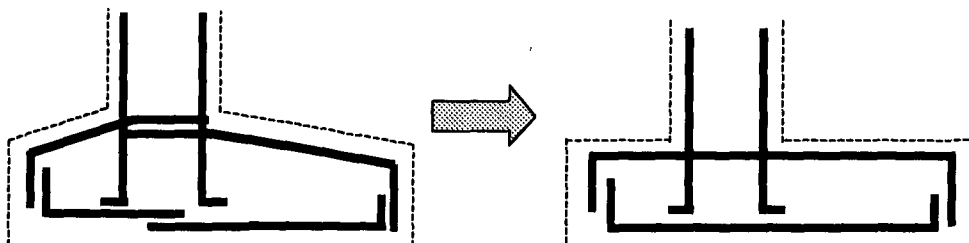


図-5. 1 3 フーチングの配筋の単純化

⑧ユニット鉄筋の採用

ユニット鉄筋の採用は、現場での鉄筋の組立作業を大幅に削減するため、あらかじめ品質管理のゆきとどいた専門工場等において、主鉄筋と配力鉄筋を自動溶接により一平面の格子状あるいは立体的にユニット化する方策である。主に擁壁やボックスカルバートの壁構造に採用する。

従来の場所打ち方式による鉄筋コンクリート構造の鉄筋作業については、鉄筋工が契約図書である設計図面の鉄筋加工図に基づいて、一本一本の鉄筋をミリ単位の所定の長さに切断および曲げ加工を行い、それを配筋図面に従って組み立てるという施工形態が一般的である。

そこで、本方策の鉄筋のユニット化により、鉄筋の加工から組み立て作業に至るまでの一連作業の省力化とともに、低未熟練工での作業が可能となる。

⑨PC鋼材の太径使用と上端定着の廃止

構造上支障のない限り、主ケーブルに太径のPC鋼材を用いてその本数を減らすとともに、全ケーブルを主げた端部に定着する方策である。この方策は、ポストテンション方式によるTげた橋に適用するものである。前述の主げた形状の単純化と同様に、H8年3月改定版の標準設計に反映されている。

3) 視点③：構造物のプレキャスト化

①製品の長尺化または大型化

プレキャスト製品の一個当たりの長さを長尺化したり、又は、製品自体の例えばブロック積み擁壁のブロック一個の大きさを大型化するなどの方策である。主に側こうおよび暗渠類に適用する。

②規格化する種類の集約化

多数の断面（製品）規格を、一定のルールに基づきグループ化する方策であり、主に側こう、暗渠および擁壁類に適用する。

5. 2. 2 アンケート方式による施工合理化方策の机上評価

前記の表－5. 2に示した労働量の低減が期待される各方策（プレキャスト化は対象外）について、現場施工の省人化度合、施工性の難易度および施工時における安全性の問題等を評価するために、総合建設業の専門技術者を対象にアンケート調査を実施した。

評価結果等は以下のとおりである。提案した殆どの方策において、現場施工の省人化・省力化や施工時における安全性の向上等が期待できるという評価結果を得た。

（１）評価方法

評価方法の概要を表－5. 3に示す。

表－5. 3 評価方法の概要

項 目	内 容
①評価方法	○ゼネコン67社（有効回答51社）の専門技術者を対象としたアンケート方式による評価 ○調査票は以下のものより構成 ・施工合理化方策の説明資料（内容・期待される効果） ・参考図面（従来構造と比較した材料数量の増減度合、構造形状・配筋・鉄筋加工図）
②評価対象工種と施工合理化方策	○評価対象工種は以下の4工種 ・ボックスカルバート、片持ばり式擁壁 ・逆T式橋台、壁・張出し式橋脚 ○評価対象の施工合理化方策は上記工種に対応する表－5. 4の方策
③評価項目	○評価項目は以下の三つ。その他に自由意見。 ・作業効率 ・要求される技能レベル ・作業時の安全性 なお、評価は「良くなる」、「変わらない」、「悪くなる」のいずれかで回答。

1）評価方法について

評価対象者は、（社）日本土木工業協会加盟会社の中から、無作為に抽出した67社の専門技術者である。評価方法については、技術的評価を行う上で必要な以下の情報を提示し、専門技術者のこれまでの経験から判断するという方法によった。

①施工合理化方策の説明資料

次項の2）に示す評価対象の各施工合理化方策について、その内容、期待している効果を詳述した説明資料。

②参考図面

従来設計との構造仕様の相違点を取りまとめた参考図面。

参考図面には、従来構造に比して、コンクリート、鉄筋および型枠の各主要材料の数量がどの程度増減するかをとりまとめた試設計結果、試設計結果に対する構造図および配筋図等、評価対象者が施工量や施工の難易度を判断する上で必要となる詳細設計レベルの情報を取りまとめている。

2）評価対象構造物と施工合理化方策について

対象構造物としては、特に施工改善が望まれている、場所打ち方式による鉄筋コンクリート構造物の中か

ら、設計・施工頻度が高く、かつ、構造の基本とも言える版構造、柱構造および梁構造の各要件を満たすボックスカルバート、片持ばり式擁壁、逆T式橋台および壁・張出し式橋脚の四工種を選定した。

表－５．４に、評価を実施した構造物と施工合理化方策との関連を示す。

表－５．４ 評価対象の施工合理化方策

構造物名	評価対象の施工合理化方策
ボックスカルバート	①下方ハンチの廃止 ②内空寸法の標準化・規格化 ③定尺鉄筋を用いた配筋 ④配力鉄筋位置の変更 ⑤主鉄筋本数の低減
片持ばり式擁壁	①フーチング上面のテーバーの廃止 ②たて壁勾配の廃止 ③部材寸法の標準化・規格化 ④定尺鉄筋を用いた配筋 ⑤たて壁主鉄筋の断面変化の廃止 ⑥主鉄筋本数の低減 ⑦配力鉄筋位置の変更 ⑧フーチングの配筋の単純化
逆T式橋台	①フーチング上面のテーバーの廃止 ②たて壁形状の単純化 ③踏掛版受け台の単純化 ④定尺鉄筋を用いた配筋 ⑤たて壁主鉄筋の断面変化の廃止 ⑥主鉄筋本数の低減 ⑦フーチングの配筋の単純化 ⑧配力鉄筋位置の変更
壁・張出し式橋脚	①フーチング上面のテーバーの廃止 ②柱形状の単純化 ③部材寸法の標準化 ④定尺鉄筋を用いた配筋 ⑤主鉄筋本数の低減

３）評価項目について

評価項目は、「作業効率」、「要求される技能レベル」、「作業時の安全性」の三つである。それらの各評価項目に対して、従前に比べて、「良くなる」、「変わらない」、「悪くなる」の三段階で評価した。その他、予想される設計・施工上の課題あるいはそれに対する改善要望についても調査を行った。

（２）評価結果

施工合理化方策の提案目的は、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（作業効率）で、かつ低未熟練工での施工（要求される技能レベル）を実現し、建設コストを縮減することにある。

施工合理化方策に対する定性的評価および意見・要望等に関する調査結果は、表－５．５～表－５．６のとおりである。この調査においては、提案方策の殆どが高い評価を受けた。その中でも特に、構造物形状の

単純化に係わる方策に大きな期待がかかる結果であった。表-5. 5における網掛けは、特に高い評価を得たものと判断し、「良くなる」という回答割合が、作業効率に関しては80%以上、その他の要求される技能レベルと作業時の安全性に関しては50%以上の箇所に付している。

なお、アンケートの有効回答率は、依頼件数67件に対して有効回答51件の85%である。

1) ボックスカルバート

- ①作業効率に関しては、「内空寸法の標準化・規格化」を除いた方策に高い評価を得た。特に、浮き型枠が不要となる、「下方ハンチの廃止」^{注)}については、回答者全員が「良くなる」という評価であった。
- ②要求される技能レベルに関しては、「下方ハンチの廃止」に対する評価が高く、その他の方策については、「変わらない」が「良くなる」を上まわっていた。
- ③作業時の安全性に関しては、「下方ハンチの廃止」、「配力鉄筋位置の変更」の方策が高い評価であった。

注)；ボックスカルバートの隅角部にはハンチを設けるのが原則であるが、この方策は構造の安全性を確保しつつ、施工性を改善するものである。構造の安全性については、ハンチを廃止することによるペナルティとして、ハンチを廃止する隅角部の部材断面の応力度に余裕（コンクリートの許容曲げ圧縮応力度を25%低減）を持たせた設計を行うことにしている。

2) 片持ばり式擁壁

- ①作業効率に関しては、「部材寸法の標準化・規格化」、「たて壁主鉄筋の断面変化の廃止」が他に比べて若干低い評価結果ではある。その他の方策については「良くなる」という回答の割合が80%以上である。特に、構造物形状を単純化する、「フーチング上面のテーパの廃止」と「たて壁勾配の禁止」に対して、高い評価を与えていた。

少数派意見として、逆に、作業効率が「悪くなる」という方策に、「たて壁主鉄筋の断面変化の廃止」、「フーチングの配筋の標準化」があがっている。これは鉄筋1本当たりの重量が重くなる理由からである。

- ②要求される技能レベルに関しては、上記作業効率と同様に、構造物形状の単純化に係わる方策に高い評価が与えられている。

表-5. 5 (a) 施工合理化方策の定性的評価結果 (その1: 土工構造物)

施工合理化方策		作業効率				要求される技能レベル				作業時の安全性			
		良くなる	変わらない	悪くなる	計	良くなる	変わらない	悪くなる	計	良くなる	変わらない	悪くなる	計
ボックスカルバート	①下方ハンチの廃止	51 (100)	0 (0)	0 (0)	51件 100%	38 (75)	13 (25)	0 (0)	51件 100%	31 (61)	20 (39)	0 (0)	51件 100%
	②内空寸法の標準化・規格化	35 (69)	16 (31)	0 (0)	51 100	16 (31)	35 (69)	0 (0)	51 100	16 (31)	35 (69)	0 (0)	51 100
	③定尺鉄筋を用いた配筋	41 (80)	10 (20)	0 (0)	51 100	13 (25)	38 (75)	0 (0)	51 100	12 (24)	39 (76)	0 (0)	51 100
	④配力鉄筋位置の変更	45 (88)	6 (12)	0 (0)	51 100	24 (47)	27 (53)	0 (0)	51 100	29 (57)	22 (43)	0 (0)	51 100
	⑤主鉄筋本数の低減	47 (92)	4 (8)	0 (0)	51 100	14 (27)	37 (73)	0 (0)	51 100	14 (27)	37 (73)	0 (0)	51 100
	①フーチング上面のテーパの廃止	49 (96)	2 (4)	0 (0)	51 100	28 (55)	23 (45)	0 (0)	51 100	23 (45)	28 (55)	0 (0)	51 100
	②たて壁勾配の禁止	48 (94)	3 (6)	0 (0)	51 100	37 (73)	14 (27)	0 (0)	51 100	35 (69)	16 (31)	0 (0)	51 100
	③部材寸法の標準化・規格化	32 (63)	19 (37)	0 (0)	51 100	21 (41)	30 (59)	0 (0)	51 100	15 (29)	36 (71)	0 (0)	51 100
	④定尺鉄筋を用いた配筋	41 (80)	10 (20)	0 (0)	51 100	11 (22)	40 (78)	0 (0)	51 100	12 (24)	39 (76)	0 (0)	51 100
	⑤たて壁主鉄筋の断面変化の廃止	33 (65)	16 (31)	2 (4)	51 100	16 (31)	35 (69)	0 (0)	51 100	8 (16)	42 (82)	1 (2)	51 100
片持ばり式擁壁	⑥主鉄筋本数の低減	44 (86)	7 (14)	0 (0)	51 100	9 (18)	42 (82)	0 (0)	51 100	14 (27)	37 (73)	0 (0)	51 100
	⑦配力鉄筋位置の変更	47 (92)	4 (8)	0 (0)	51 100	22 (43)	29 (57)	0 (0)	51 100	28 (55)	23 (45)	0 (0)	51 100
	⑧フーチングの配筋の標準化	41 (80)	8 (16)	2 (4)	51 100	26 (51)	22 (43)	3 (6)	51 100	16 (31)	33 (65)	2 (4)	51 100

上段は件数(件), 下段のカッコは割合(%)を表す。

表-5.5 (b) 施工合理化方策の定性的な評価結果 (その2: 橋梁下部工)

施工合理化方策		作業効率				要求される技能レベル				作業時の安全性			
		良くなる	変わらない	悪くなる	計	良くなる	変わらない	悪くなる	計	良くなる	変わらない	悪くなる	計
逆T式橋台	①フーチング上面のテーパの廃止	45 (88)	6 (12)	0 (0)	51件 100%	26 (51)	25 (49)	0 (0)	51件 100%	21 (42)	29 (58)	0 (0)	50件 100%
	②たて壁形状の単純化	50 (98)	1 (2)	0 (0)	51 100	39 (76)	12 (24)	0 (0)	51 100	41 (82)	9 (18)	0 (0)	50 100
	③踏掛版受け台の単純化	50 (98)	1 (2)	0 (0)	51 100	41 (80)	10 (20)	0 (0)	51 100	38 (76)	12 (24)	0 (0)	50 100
	④定尺鉄筋を用いた配筋	39 (76)	12 (24)	0 (0)	51 100	12 (24)	39 (76)	0 (0)	51 100	13 (26)	37 (74)	0 (0)	50 100
	⑤たて壁主鉄筋の断面変化の廃止	37 (72)	11 (22)	3 (6)	51 100	14 (27)	37 (73)	0 (0)	51 100	14 (28)	34 (68)	2 (4)	50 100
	⑥主鉄筋本数の低減	45 (88)	6 (12)	0 (0)	51 100	13 (25)	38 (75)	0 (0)	51 100	13 (26)	35 (70)	2 (4)	50 100
	⑦フーチングの配筋の単純化	38 (74)	9 (18)	4 (8)	51 100	20 (39)	29 (57)	2 (4)	51 100	14 (28)	31 (62)	5 (10)	50 100
	⑧配筋位置の変更	45 (88)	6 (12)	0 (0)	51 100	25 (49)	26 (51)	0 (0)	51 100	23 (56)	21 (42)	1 (2)	50 100
壁・張出し式橋脚	①フーチング上面のテーパの廃止	45 (88)	6 (12)	0 (0)	51 100	27 (53)	24 (47)	0 (0)	51 100	23 (46)	27 (54)	0 (0)	50 100
	②柱形状の単純化	50 (98)	1 (2)	0 (0)	51 100	37 (73)	14 (27)	0 (0)	51 100	41 (82)	9 (18)	0 (0)	50 100
	③部材寸法の標準化・規格化	42 (82)	9 (18)	0 (0)	51 100	29 (57)	22 (43)	0 (0)	51 100	19 (38)	31 (62)	0 (0)	50 100
	④定尺鉄筋を用いた配筋	38 (75)	13 (25)	0 (0)	51 100	12 (24)	38 (74)	1 (2)	51 100	11 (22)	38 (76)	1 (2)	50 100
	⑤主鉄筋本数の低減	45 (90)	5 (10)	0 (0)	51 100	14 (27)	37 (73)	0 (0)	51 100	16 (32)	33 (66)	1 (2)	50 100

上段は件数(件)、下段のカッコは割合(%)を表す。

③作業時の安全性については、「たて壁勾配の廃止」、「配力鉄筋位置の変更」に対する評価が高い。少数意見ではあるが、逆に、「悪くなる」という方策に、「たて壁主鉄筋の断面変化の廃止」と「フーチングの配筋の標準化」を指摘しているが、その理由は上記作業効率と同様である。

3) 逆T式橋台

①作業効率に関しては、概ね高い評価を得ている。中でも、構造物形状の単純化に係わる「たて壁形状の単純化」、「踏掛版受け台の単純化」に高い評価が与えられている。

一方、少数ではあるが「悪くなる」という意見に、片持張り式擁壁と同様、「たて壁主鉄筋の断面変化の廃止」[※]と「フーチングの配筋の標準化」があがっている。

②要求される技能レベルに関しては、上記作業効率と同様に、構造物形状の単純化に係わる方策に高い評価を与えている。「悪くなる」という方策に「フーチングの配筋の単純化」を指摘しているが、その理由は前述したとおりである。

③作業時の安全性については、構造物形状の単純化に係わる方策に高い評価を与えている一方で、鉄筋1本当たりの重量が重くなるあるいは長さが長くなる方策に対しては、逆に「悪くなる」という回答が数件あった。

注)：H8年12月改訂の道路橋示方書において、上記方策が条文化されている。

4) 壁・張出し式橋脚

①作業効率については、全体的に高い評価を得ている。特に「柱形状の単純化」は、他の構造物と同様非常に高い評価であった。

②要求される技能レベルに関しては、構造物形状の単純化に係わる「柱形状の単純化」に高い評価が与えられている。

③作業時の安全性については、全体的な傾向として、従前に比べて改善される傾向にあるという評価を得ている。

5) 技術者からの意見・要望とその対応

回答者からは、上記の施工合理化方策以外に新たな提案は特になかった。表-5.6は、方策に対して、回答者から寄せられた意見とそれに対する対応等を整理したものである。

表－5. 6 (a) 施工合理化方策に対する評価意見 (1/6)

	施工合理化方策	メリット	デメリット
ボックスカルバート	①下方ハンチの廃止	・ 浮き型枠となっていたハンチ部が無くなるために、作業効率が向上する。 ・ 側壁型枠の組立が容易になる。 ・ 底版コンクリートの打設が容易になる。 ・ カルバートの高さによってはコンクリート打設回数が減少する。 ・ コンクリート締め固め作業の能率が上がる。 ・ コンクリート打設時に下側ハンチの点検が無くなり安全になる。 ・ 作業スペースが広くなり安全で効率的になる。	意見なし。
	②内空寸法の標準化 ・規格化	・ 型枠組外しの機械化施工ができる。 ・ 型枠、支保工、足場の転用効率があがる。 ・ スライドフォームの使用が可能となる。 ・ プレキャスト化、機械化施工に対応できる。	意見なし。
	③定尺鉄筋を用いた配筋	・ 鉄筋切断作業が減少するため安全になる。 ・ 鉄筋加工における作業効率の向上につながる。 ・ 鉄筋加工時の寸法の間違いがなくなる。 ・ 材料の注文が速やかになる。 ・ 鉄筋の重ね継手長、定着長の管理が容易になる。 ・ 鉄筋組立の能率が良くなる。	意見なし。
	④配筋鉄筋位置の変更	・ 組立足場上での組立作業が一定の単純作業になるため、作業効率が良くなる。 ・ 主鉄筋中心からコンクリート表面までの距離が大きくなり、塩害等への影響が小さくなる。	・ ひび割れ幅が大きくなる。→コンクリート標準示方書規定による試算結果では問題ない。 ・ 土留壁との隙間がない場合には、別途検討が必要である。→今後整備する設計マニュアルに、配筋の順序を考慮して決定すべき旨を記述する。
	⑤主鉄筋本数の低減	・ 鉄筋工の施工が楽になる。 ・ 鉄筋本数が減ることで作業効率における効果は大きい。 ・ コンクリート打設時の不安定作業が無くなる。	・ 鉄筋径が太くなることにより、鉄筋の重ね継手位置が基準を満足できない場合がある。→試算結果では継手間のずれ25φの確保には問題がない。 ・ ひび割れの防止効果が低減するのでは。→コンクリート標準示方書規定による試算結果ではひび割れ幅は若干大きくなるが問題ない。

表－5. 6 (b) 施工合理化方策に対する評価意見 (2/6)

	施工合理化方策	メリット	デメリット
片 持 ば り 式 擁 壁	①フーチング上面のテーパ ーの廃止	・鉄筋の加工作業が容易になり省力化が図られる。 ・組立筋平均長が1種類になり組立効率が良くなる。 ・鉄筋の拾い出しが容易になる。 ・たて壁型枠用のベースが不要になり型枠設置が容易になる。 ・フーチング上面のコンクリート表面仕上げが容易になり、熟練した左官工が不要になる。また、表面仕上げの機械化施工が可能になる。 ・足場工の基礎の安定性が増し、施工時における安全性が向上する。 ・コンクリートの十分な締固ができ品質が向上する。	・コンクリート体積の増加により、コンクリート工の作業が増加する。→コンクリート体積の増加によるコンクリート作業の増加は、今後実施するモデル工事の定量的な評価に基づいた労務工数の低減を考慮したコスト評価で判断する。
	②たて壁勾配の廃止	・鉄筋の組立作業が容易になり、省力化が図れる。 ・セパレーターが一定長になり取付が容易になる。 ・型枠組立がより効率的に行われる。 ・コンクリートの打設が容易になる。 ・作業足場は、躯体との距離が一定になることにより、張り出しが無くなり、組立が容易になり、かつ安全になる。 ・壁高が変化する場合の対応が容易になる。 ・目地の施工が容易になる。	・コンクリート体積の増加により、コンクリート工の作業が増加する。→コンクリート体積の増加によるコンクリート作業の増加は、今後実施するモデル工事の定量的な評価に基づいた労務工数の低減を考慮したコスト評価で判断する。
	③部材寸法の標準化 ・規格化	・型枠の転用性が良くなる。 ・型枠の製作・組立が容易になる。 ・擁壁端部の型枠（端型枠）の標準品の利用が可能になる。 ・型枠加工時のミスがなくなる。 ・継手部が単純化できる。 ・機械化施工を行った場合に有効になる。 ・仮設材の加工・転用が容易になり、また、セパレーターの標準品の利用が進む。	・擁壁延長方向の長さの標準化にはメリットがない。→指摘のとおりである。 ・材料費が増加する分損である。→今後実施するモデル工事の定量的な評価に基づいた労務工数の低減を考慮したコスト評価で判断する。
	④定尺鉄筋を用いた配筋	・鉄筋切断作業が減少するため安全になる。 ・鉄筋加工における作業効率の向上になる。 ・鉄筋加工時の寸法の間違いが無くなる。 ・材料の注文が速やかになる。 ・鉄筋の重ね継手長、定着長の管理が容易になる。 ・鉄筋組立の能率が良くなる。	意見なし。

表－５．６（ｃ）施工合理化方策に対する評価意見（３／６）

	施工合理化方策	メリット	デメリット
片持 ばり 式 擁 壁	⑤たて壁主鉄筋の断面変化の廃止	- 鉄筋組立時の混乱が無くなる。 - 鉄筋組立が早くなる。 - 鉄筋加工の効率が良くなる。 - 鉄筋足場が建て込み時途中に必要ななくなる。	- 鉄筋重量が増加する分作業効率、安全性とも悪くなる→今後実施するモデル工事の定量的な評価に基づいた労務工数の低減を考慮したコスト評価で判断する。 - 擁壁高さが変化する場合、鉄筋種類数が多くなり、逆に一定のものが半分ある方がよい。→支障が起きないように再検討する。 - 鉄筋径が太い場合、配筋に伴う労力が増加し、結束数が増える。→高さ８ｍ以下の擁壁を対象にしており、ハンドリングの問題はないと考えている。 - たて壁上部まで鉄筋量が多くなり、コンクリート打設に手間取る。→たて壁天端の厚みが薄い場合には問題になることも考えられるが、提案ルールでは最少厚を４０ｃｍと規定しているため問題はない。
	⑥主鉄筋本数の低減	- 鉄筋工の施工が楽になる。 - 鉄筋本数が減ること作業効率の効果は大きい。 - コンクリート作業時の不安定作業が無くなる。	- 鉄筋径が大きくなることもある。→鉄筋径による作業効率については、今後実施するモデル工事の結果を参考に判断する。 - 太径鉄筋を足場組立前に立ち上げると不安定なので継手位置の配慮が必要になる。→たて壁主鉄筋は１本物を使用することになり、継手は生じない。 - ひび割れの防止効果が低減するのでは。→コンクリート標準示方書規定による試算結果ではひび割れ幅は若干大きくなるが問題ない。
	⑦配力鉄筋位置の変更	- 組み手順が単純化でき、手戻りが無くなる。 - 狭い型枠の中での作業では効果が期待できる。 - 主鉄筋のかぶりが大きくなり、塩害等への影響が少なくなる。	ひび割れ幅が大きくなる。→配力鉄筋を主鉄筋の外側に配置することにより曲げモーメントによるひび割れ幅は大きくなるが、一方で許容ひび割れ幅も大きくなり鉄筋の腐食に対する効果は大きくなる。また、コンクリート標準示方書の規定を満足しているため問題ない。
	⑧フーチングの配筋の単純化 (続 く)	- 組立手順が単純化できる。 - 鉄筋本数が低減することにより、加工・組立が簡素化される。 - 組立筋の種類が１種類になり、省力化に有効である。	長尺になるため効率・安全性が悪くなる場合がある。→高さ８ｍ以下の擁壁を対象にしており、ハンドリングの問題はないと考えている。

表-5. 6 (d) 施工合理化方策に対する評価意見 (4/6)

	施工合理化方策	メリット	デメリット
片持はり式擁壁	⑧フーチングの配筋の単純化		・鉄筋のかぶりに鉄筋の加工精度が影響する。→通常の鉄筋加工精度を確保すれば問題はない。 ・通常、たて壁主鉄筋を先行して組み立て、上部で固定してからフーチング上側鉄筋を組み立てるため、1本ものになることによって横から差し込むようになり、長尺ものでは作業効率が悪くなる。→指摘のとおりであり、下側鉄筋のみを一本化するように変更する。
逆T式橋台	①フーチング上面のテーパの廃止	・鉄筋工の作業が容易になり、省力化が図れる。 ・フーチング上面におけるコンクリートの表面仕上げが容易になり、熟練した左官工が不要になる。 ・コンクリート打設、測量の省力化が図れる。 ・コンクリートの締固が十分になり、品質が向上する。 ・フーチング上面がレベルになることによって、足場工の設置が容易になり、安全性が向上する。	意見なし。
	②たて壁形状の単純化	・鉄筋の作業が容易になり、省力化が図れる。 ・型枠工の作業が容易になり、省力化が図れる。 ・型枠の転用がし易くなる。 ・躯体の近くに足場工が設置できる。 ・足場工の組み替え作業が容易になる。 ・足場工が単純化し、安全性がより一層向上する。 ・支保工が不要になり、作業効率、安全性が良くなる。 ・沈下の要因になる裏込め土の転圧が十分に行えるようになる。	・コンクリート体積の増加により、コンクリート工の作業が増加する。→コンクリート体積の増加によるコンクリート工作業の増加は、今後実施するモデル工事の定量的な評価に基づいた労務工数の低減を考慮したコスト評価で判断する。 ・コンクリート体積(重量)が増加するために、基礎への影響が大きくなる。→基礎への影響については、本方策の他に、前記のフーチング上面のテーパの廃止を含めて検討しているが、フーチング幅の増加までの影響はない。
	③踏掛版受け台の単純化	・鉄筋の作業が容易になり、省力化が図れる。 ・型枠工の作業が容易になり、省力化が図れる。 ・躯体の近くに足場工が設置できる。 ・足場工が単純化し、安全性がより一層向上する。 ・支保工が不要になり、作業効率、安全性が良くなる。	・上記②に同じ。

表-5.6 (e) 施工合理化方策に対する評価意見 (5/6)

	施工合理化方策	メリット	デメリット
逆 T 式 橋 台	④定尺鉄筋を用いた配筋	・ 鉄筋切断作業が低減でき、鉄筋加工の作業効率が良くなる。 ・ 切断機の使用が減少することから、安全性が高まる。 ・ 鉄筋材料のロスが少なくなる。 ・ 鉄筋の拾い出し作業が容易になる。 ・ 標準化・積算化されるメリットは大きい。	意見なし。
	⑤たて壁主鉄筋の断面変化の廃止	・ 鉄筋工の作業が容易になり、省力化が図れる。	・ 鉄筋重量が増加することにより、作業効率・安全性が悪くなる。→断面変化する鉄筋の1本当たりの鉄筋重量は増加することになるが、その重量は断面変化しない鉄筋の重量に同じであり、それ以上になるものではない。 ・ 橋座面に勾配がある場合、鉄筋切断が多くなるため、断面変化を行って一定長さの鉄筋を半分にした方が作業効率は良い。→たて壁の主鉄筋を一定の高さで同一形状とし、たて壁背面主鉄筋はバラベツト背面主鉄筋で、たて壁全面側は橋座補強鉄筋で調整する。
	⑥主鉄筋本数の低減	・ 鉄筋の組立作業が低減できる。 ・ コンクリートの品質が向上する。 ・ 足場上での作業が少なくなり、安全性が良くなる。	・ 太径の鉄筋の場合、1本当たりの重量が増加し、作業効率や安全性が悪くなる。→この方策による鉄筋径の最大は従来のそれと同じであり、作業効率や安全性が従来以上に悪くなることはない。
	⑦フーチングの配筋の単純化	・ 鉄筋工の作業が容易になり、省力化が図れる。 ・ フーチング幅が6m程度までならば、作業効率は良くなる。	・ フーチング幅が大きくなると長尺鉄筋になり、作業効率や安全性が悪くなる。→これに対する調査ではフーチング幅が8m程度であれば特に問題が無いという結果を得たので、これを一つの目安に考えたい。 ・ 下側鉄筋には有効であるが、上側鉄筋は逆に作業効率が落ちる。→指摘のとおり変更する。 ・ 仮締め切り等障害物が多い場所では組立が困難になる。→上記二つの改善を加えることで問題ない。
	⑧配力鉄筋位置の変更	・ 鉄筋組立が単純化できる。 ・ 鉄筋かぶりが大きくなることにより、塩害等への影響が少なくなり、また耐久性の向上が期待できる。 ・ 足場上での鉄筋の送り込み作業が少なくなり、安全性が向上する。 ・ たて壁は、軸力部材であるので構造上合理的である。	意見なし。

表－ 5. 6 (f) 施工合理化方策に対する評価意見 (6 / 6)

	施工合理化方策	メリット	デメリット
壁・張出し式橋脚	①フーチング上面のテーパ－の廃止	・鉄筋工の作業が容易となり、省力化が図れる。 ・フーチング上面におけるコンクリートの表面仕上げが容易になり、熟練した左官工が不要になる。 ・コンクリートの締固が十分になり、品質が向上する。 ・フーチング上面がレベルになることによって、足場工の設置が容易になり、安全性が向上する。	・コンクリート体積の増加により、コンクリート工の作業が増加する。→今後実施するモデル工事の定量的な評価に基づいた労務工数の低減を考慮したコスト評価で判断する。
	②柱形状の単純化	・鉄筋工の作業が容易になり、省力化が図れる。 ・型枠の弱点部が解消される。 ・鋼製大型型枠が使用でき、合理化が図れる。 ・躯体の近くに足場工が設置できる。 ・足場工の単純化ができ、設置が容易になる。 ・梁側面の支保工が不要になるため、支保工が梁下面のみになり単純化でき、作業効率が良くなる。	・コンクリート体積(重量)が増加するために、基礎への影響が大きくなる。→基礎への影響については、本方策の他に、前記のフーチング上面のテーパ－の廃止を含めて検討しているが、フーチング幅の増加までの影響はない。
	③部材寸法の標準化・規格化	・型枠工の合理化になる。 ・型枠転用が可能になり、コスト面での利点がある。	意見なし。
	④定尺鉄筋を用いた配筋	・鉄筋切断作業が低減でき、鉄筋加工の作業効率が良くなる。 ・切断機の使用が減少することから、安全性が向上する。 ・鉄筋材料のロスが小さくなる。	意見なし。
	⑤主鉄筋本数の低減	・鉄筋の組立作業が低減できる。 ・梁部材の鉄筋間隔を 300mm にすることにより、鉄筋組立の作業効率、コンクリート作業の省力化が期待できる。 ・足場上での作業が少なくなり、安全性が向上する。	・太径の鉄筋の場合、1本当たりの重量が増加し、作業効率や安全性が悪くなる。→この方策による鉄筋径の最大は従来のそれと同じであり、作業効率や安全性が従来以上に悪くなることはない。

5. 3 鉄筋コンクリート構造物の施工合理化方策のまとめ

①鉄筋コンクリート構造物における投入労働量の低減および施工の安全性の向上といった観点から、現行標準設計の問題点を洗い出した。その結果、形状に係わるもの、配筋に係わるものの課題を抽出できたが、その原因の多くは、コンクリートや鉄筋等の使用材料を最少にする「材料ミニマム」という設計の考え方に起因していることが明らかになった。

②専門技術者による机上評価では、構造物自体の形状を単純化したり、鉄筋の加工形状の単純化・鉄筋加工種類数の低減等が有効であるという結果を得た。

提案した施工合理化方策の素案は以下のとおりである。これらについての効果は次章のモデル工事により実証する。

○ボックスカルバート

- ・下方ハンチの廃止 ・内空寸法の標準化・規格化 ・定尺鉄筋を用いた配筋
- ・配力鉄筋位置の変更 ・主鉄筋本数の低減

○片持り式擁壁

- ・フーチング上面のテーパの廃止 ・たて壁勾配の廃止 ・部材寸法の標準化・規格化
- ・定尺鉄筋を用いた配筋 ・たて壁主鉄筋の断面変化の廃止 ・主鉄筋本数の低減
- ・配力鉄筋位置の変更 ・フーチングの配筋の単純化

○逆T式橋台

- ・フーチング上面のテーパの廃止 ・たて壁形状の単純化 ・踏掛版受け台の単純化
- ・定尺鉄筋を用いた配筋 ・たて壁主鉄筋の断面変化の廃止 ・主鉄筋本数の低減
- ・配力鉄筋位置の変更 ・フーチングの配筋の単純化

○壁・張出し式橋脚

- ・フーチング上面のテーパの廃止 ・柱形状の単純化 ・部材寸法の標準化
- ・定尺鉄筋を用いた配筋 ・主鉄筋本数の低減

第6章 モデル工事による建設コスト縮減効果の実証

本調査では、第5章で述べた場所打ち方式による鉄筋コンクリート構造物の施工合理化方策を実証検討するため、カルバート、擁壁、橋台および橋脚をあわせ全45件のモデル工事を実施し、コンクリート工、型枠工および鉄筋工の労働量低減化効果を分析した。モデル工事の分析結果から、現場作業における労働量低減効果に関しては、型枠作業が最も効果があり、24%の低減化率であることを確認した。その他の鉄筋作業は5～16%の低減化効果、コンクリート作業は現行とほぼ同じ結果であった。

また、上記の現場作業における労働量低減化率を基に建設コストの縮減効果を推定したところ、コスト縮減率は構造物の種類、規模等により変動するが1～8%という結果をえた。

以下に、モデル工事の概要、モデル工事における労働量の低減度合等に関する分析結果およびその結果を基に推定した建設コストの縮減率等について記述する。

6. 1 モデル工事の概要

(1) 目的

モデル工事の目的は、労働量の低減が期待される各種方策について、以下の点を明らかにすることである。

①現場施工の労働量の低減度合およびそれによる建設コストの縮減効果

②設計・施工上の問題点

①では現場施工に要した労務人数が、現行のそれに比べてどの程度低減できるかを定量化に評価し、その結果をもとに、建設コストの縮減率を推定する。

②はモデル工事における設計(詳細)・施工を通じて、それらに対する諸問題、改善要望等を把握し、予めモデル工事用として作成した「土木構造物設計マニュアル(素案)」に反映する。なお、土木構造物設計マニュアルの最終案は巻末の参考資料-1を参照。

(2) モデル工事実施件数

モデル工事における対象構造物およびその施工件数は、表-6.1に示すとおりである。

対象構造物は、ボックスカルバート、片持ばり式擁壁、逆T式橋台および壁・張出し式橋脚の四工種であり、これらは現行標準設計の中から、設計・施工頻度が高く、他工種への応用が容易である工種を選定した。

モデル工事の総件数は45件である。工種別の内訳は、ボックスカルバートが18件と最も多く、次いで片持ばり式擁壁が10件、逆T式橋台と壁・張出し式橋脚がそれぞれ9件と8件であった。

表-6.1 工種別のモデル工事件数

構造物名		工事件数
土工 構造物	ボックスカルバート	18件
	片持ばり式擁壁	10
橋梁 下部工	逆T式橋台	9
	壁・張出し式橋脚	8
合 計		45

(3) モデル工事の流れ

モデル工事の実施フローを図-6.1に示す。

- ①施工合理化方策に関する設計上のルールをモデル工事用ための設計マニュアル(素案)として取りまとめた。これにより、設計者間における設計の考え方の統一が図られる。

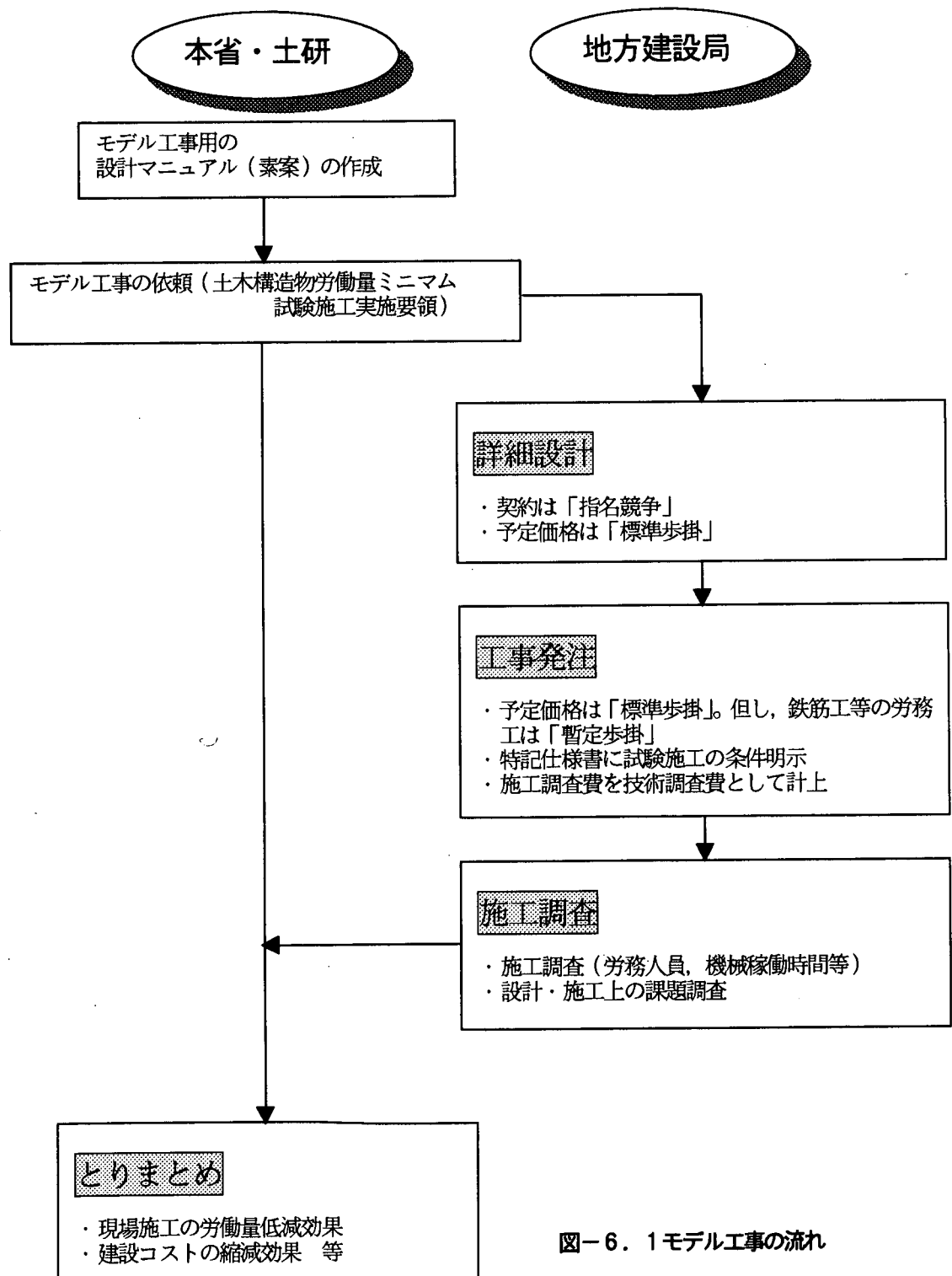


図-6.1 モデル工事の流れ

②モデル工事実施の詳細設計、工事積算および施工調査に関する実施方法等の基本的事項を「土木構造物労働量ミニマム試験施工実施要領」(H8年8月16日建設省技調発第149号)として定めた。

③詳細設計段階では、設計マニュアル(素案)の記述内容に対する意見、設計時における問題点等を調査した。

④施工調査においては、場所打ち方式による鉄筋コンクリート構造物の施工プロセスを、土木工事標準積算基準書における積算上の区分と同様に、コンクリート工、鉄筋工および型枠工の三つに区分し、それぞれについて以下の事項を調査した。

○直接工事費に直接係わる施工数量、職種別の労務人員および建設機械の稼働時間

○施工上の問題点およびそれに対する改善策

なお、上記の前者に関する調査方法については、現行の標準歩掛を定めるための三省合同(建設・運輸・農水)による「機械施工積算合理化調査(以下「歩掛調査」)」に準拠した。ただし、鉄筋工に関しては、H5年度より市場単価方式に移行しているため、人工による積み上げ方式の標準歩掛を定めたH4年度当時の調査方法によった。表-6.2にそれら調査項目を一覧にして示す。

(4) モデル工事で実証する施工合理化方策

モデル工事において取り上げた施工合理化方策は以下のとおりである。なお、構造物のプレキャスト化に関しては、本調査では対象としていない。

表-6.3は、施工合理化方策を各構造物に適用した場合、主要材料の数量および施工に要する労務人員が従来構造に比べてどのように変動するかを予測し整理したものである。前述したように、主要材料のうち、コンクリートと鉄筋の各数量については増加傾向にあり、労務人員については逆に減少するものと考えられる。

① 構造物形状の単純化

・フーチング上面のテーパの廃止 ・壁および柱形状の単純化 ・下方ハンチの除去

② 使用材料および主要部材の標準化・規格化

・部材寸法の標準化 ・定尺鉄筋を用いた配筋 ・壁および柱主鉄筋の断面変化の廃止
・主鉄筋本数の低減 ・配力鉄筋位置の変更 ・フーチングの配筋の標準化

上記の施工合理化方策を取り入れた構造イメージを図-6.2に示す。

表－6. 2 (a) モデル工事における型枠工の調査項目

項 目		調査範囲・調査項目
調 査 対 象 範 囲		型枠工の調査範囲は以下の枠を付した作業である。 型枠資材搬入→型枠製作→型枠設置・水抜きパイプ設置・剥離剤塗布→型枠撤去・ケレン作業→型枠材搬出
施 工 調 査 表	①型枠製作調査表	型枠の種類、製作場所、作業量、職種別の労務（延作業日数、編成人員、延人員、延作業時間）、合板・さん木等の材料（規格、材質、数量、転用回数）、電気ノコギリ・ドリル等の使用機械（型式、規格、出力、供用日数、延運転日数、延台数、延運転時間、所有（元請け・下請け・リース）、日当り賃料）
	②型枠設置・撤去調査表	型枠の種類、設置平均高、機械使用高、作業量、設置・撤去の職種別の労務（延作業日数、編成人員、延人員、延作業時間）、トラッククレーン等の設置・撤去の使用機械（型式、規格、出力、供用日数、延運転日数、延台数、延運転時間、所有（元請け・下請け・リース）、日当り賃料）
	③型枠組立支持材料数量表	型枠の種類、型枠面積、角パイプ・セパレータ等の材料（規格および材質、数量、転用回数、所有（元請け・下請け・リース））
	④型枠製作長期調査補助表	型枠の種類、作業日毎の労務（職種別に、作業内容、人数・延労働時間）、作業日毎の電気ノコギリ・ドリル等の使用機械（機械別に、台数・延運転時間）
	⑤型枠工長期調査補助表	型枠の種類、型枠設置・撤去別の作業日毎の労務（職種別に、作業内容、人数・延労働時間）、型枠設置・撤去別の作業日毎のトラッククレーン等の使用機械（機械別に、規格、台数・延運転時間）
	⑥型枠工一般図	型枠の設置状況の一般図
	⑦型枠工施工写真	製作作業状況写真、設置作業状況写真、設置後状況写真、養生状況写真、撤去状況写真、機械使用状況写真
	⑧使用機械器具調査表	型枠作業に係わる全ての機械器具（名称、メーカー名、型式、規格、出力、作業内容、供用日数、運転日数、所有（元請け・下請け・リース））

表－6．2（b）モデル工事における鉄筋工の調査項目

項 目		調査範囲・調査項目
調 査 対 象 範 囲		鉄筋工の調査範囲は以下の枠を付した作業である。 材料購入→加工切断→現場への運搬→小運搬→組立→後片付け
施 工 調 査 表	①鉄筋加工組立歩掛調査表	使用鉄筋径別の鉄筋加工集計（購入数量、再利用のための持出数量、スクラップ処理数量、加工仕上数量）、加工作業使用機械器具（機械名、規格および出力）、組立作業使用機械器具（機械名、規格および出力）
	②鉄筋加工組立歩掛調査表（加工）	作業日毎の労務配置および就労時間（職種別に、作業開始時間、終了時間、休憩時間、先の内他工事分の延時間）、作業日毎の世話役の延就労時間、鉄筋加工径別数量および延作業時間、加工使用機械時間（曲げ加工機、切断機、電動ホイス）
	③鉄筋加工組立歩掛調査表（組立）	作業日毎の労務配置および就労時間（職種別に、作業開始時間、終了時間、休憩時間）、作業日毎の世話役の延就労時間、鉄筋組立径別数量および延作業時間
	④鉄筋組立歩掛調査表（組立・小運搬・消耗品）	作業日毎のトラッククレーン（運搬数量、規格、延運転時間、持ち上（下）げ高さ）、作業日毎の小運搬（トラックの運搬数量・規格・延運転時間・小運搬距離、普通作業員の運搬数量・人員・延べ就労時間・小運搬距離）、作業日毎の鉄筋組立用消耗品（結束線、スペーサ）
	⑤鉄筋組立歩掛調査表（圧接）	作業日毎の労務配置および就労時間（職種別に、作業開始時間、終了時間、休憩時間）、作業日毎の鉄筋圧接箇所数（径別に、圧接数量・圧接時間）、作業日毎の鉄筋圧接機器・消耗品（ガス圧接機、アセチンガス、酸素）

表-6. 2 (c) モデル工事におけるコンクリート工の調査項目 (1/2)

項 目		調査範囲・調査項目
調査対象範囲		コンクリート工の調査範囲は以下の枠を付した作業である。 型枠の設置→打設用機械器具設置→コンクリート打設→コンクリート養生→打設用機械器具撤去→型枠撤去
施 工 調 査 表	①人力投入打設調査表	施工条件（水平距離、小運搬距離、足場板の有無、投入高）、コンクリート使用量（搬入量・廃棄量・実打設量・設計打設量）、小運搬・コンクリート打設の労務（職種別に、編成人員・延人員・延作業時間）、小運搬・コンクリート打設の使用機械（名称・型式・規格・出力・延台数・延運転時間、所有（元請け・下請け・リース）、日当り賃料、耐用運転日数
	②コンクリートポンプ車打設調査表	施工条件（圧縮強度、JIS表示によるコンクリート種類）、コンクリート使用量（搬入量・廃棄量・実打設量・設計打設量）、打設・圧送・圧送管組立撤去の労務（職種別に、編成人員・延人員・延作業時間）、打設・圧送管組立撤去の使用機械器具（名称・型式・規格・出力・延台数・運転時間、所有（元請け・下請け・リース）、日当り賃料、耐用運転日数）、圧送管および周辺機器（投入高・配管段取換え・コンクリート閉塞回数・配管径および実管長・水平換算値等）
	③コンクリート打設機械調査表	打設機械（名称・型式・規格）、運転作業別の時間（圧送または投入打設、生コン車待時間、段取換えポンプ車の閉塞除去、配管清掃）、休止の時間（休憩・準備および後片付け）、回送時間、打設量、圧縮強度、先送りモルタルおよび生コンクリート量、片道回送時間・回送距離
	④長期調査表	打設工法、作業日毎の打設作業・圧送作業・配管組立設置作業の労務（配置人員・延作業時間）、作業日毎の作業量（打設量・廃棄量・打設配管換算延長・投入高さ）、作業日毎の使用機械器具（機械名・規格・型式・延運転日数、延供用日数、台数、延運転時間）
	⑤打設概略図	打設機械配置図、ロット割付図、養生割付図
	⑥コンクリート工施工写真	構造物全景、打設作業状況写真、配管、コンクリートバケット、締固め機械、養生材等設置撤去

表-6. 2 (d) モデル工事におけるコンクリート工の調査項目 (2/2)

項 目		調査範囲・調査項目
施 工 調 査 表	⑦養生調査表	養生方法, コンクリート製造方法 (生コン, 現場混合), 養生状況 (1回養生当たりの平均コンクリート容積・養生 (型枠・露出) 面積, 平均養生日数, 養生回数), 設置・管理・撤去の労務 (延人員, 労働時間), 使用材料 (材料名・規格・数量・償却までの使用回数), 設置・管理・撤去の使用機械 (規格型式・延台数・延運転日数・運転時間・延供用日数, 保有 (元請け・下請け・リース), 日当り賃料)
	⑧熱養生調査表	熱供給方法 (練炭, ジェットヒータ, 投光器), 平均温度 (最低外気温, 最低内気温度), 点検および管理の1日当たり平均回数・延日数, 設置・管理・撤去の労務 (職種別に, 延人員・労働時間), 熱供給材料 (材料名, 規格, 設置日数, 延設置数量, 1日当たり平均数量・耐用時間等), 設置・管理・撤去の使用機械 (規格型式・延台数・延運転日数・運転時間・延供用日数, 保有 (元請け・下請け・リース), 供給機械 (規格型式・延供用日数, 延台数, 延運転日数, 延運転時間, 保有 (元請け・下請け・リース)
	⑨養生長期調査表	作業日毎の設置・管理・撤去の労務 (配置人員・労働時間), 作業日毎の使用材料 (規格・数量), 作業日毎の設置・管理・撤去の使用機械 (機械別に, 規格・台数・運転時間), 作業日毎の熱供給機械 (規格・台数・運転時間), 作業日毎の熱供給材料 (規格・数量)
	⑩使用機械器具調査表	コンクリート作業に係わる全ての機械器具 (名称, メーカー名, 型式, 出力, 作業内容, 供用日数, 運転日数, 所有 (元請け・下請け・リース)

表－6．3施工合理化方策の材料数量と労務人員との関連

RC構造物の施工合理化方策		材料数量			労務人員		
		コンクリート	型 枠	鉄 筋	コンクリート	型 枠	鉄 筋
ボックスカルバート	下方ハンチの除去	↑	－	－	－	↓	↓
	部材寸法の標準化	↑	↑	↑	－	－	－
	定尺鉄筋を用いた配筋	－	－	↑	－	－	↓
	主鉄筋本数の低減	－	－	－	↓	－	↓
	配力鉄筋位置の変更	－	－	－	－	－	↓
片持ばり式擁壁	フーチング上面のテーパ廃止	↑	－	↑	↓	－	↓
	たて壁勾配の禁止	↑	－	↑	－	↓	↓
	部材寸法の標準化	↑	↑	↑	－	－	－
	定尺鉄筋を用いた配筋	－	－	↑	－	－	↓
	たて壁主鉄筋の断面変化の禁止	－	－	↑	－	－	↓
	主鉄筋本数の低減	－	－	－	↓	－	↓
	配力鉄筋位置の変更	－	－	－	－	－	↓
	フーチングの配筋の標準化	－	－	↑	－	－	↓
逆丁式橋台	フーチング上面のテーパ廃止	↑	－	↑	↓	－	↓
	たて壁形状の単純化	↑	－	↓	↓	↓	↓
	定尺鉄筋を用いた配筋	－	－	↑	－	－	↓
	たて壁主鉄筋の断面変化の禁止※	－	－	－	－	－	－
	主鉄筋本数の低減	－	－	－	↓	－	↓
	配力鉄筋位置の変更	－	－	－	－	－	↓
	フーチングの配筋の標準化	－	－	↑	↓	－	↓
壁・張出し式橋脚	フーチング上面のテーパ廃止	↑	－	↑	↓	－	↓
	柱形状の単純化	↑	－	↓	－	↓	↓
	部材寸法の標準化	↑	↑	－	－	↓	－
	定尺鉄筋を用いた配筋	－	－	↑	－	－	↓
	柱主鉄筋の断面変化の禁止※	－	－	－	－	－	－
	主鉄筋本数の低減	－	－	－	↓	－	↓
	フーチングの配筋の標準化	－	－	↑	↓	－	↓

注1) 凡例 ↑：増加する傾向にある

↑：やや増加する傾向にある

－：殆ど影響しない、あるいは関連しない

↓：やや減少する傾向にある

↓：減少する傾向にある

注2) ※：この方策については、H8年12月道路橋示方書改訂においてその旨が条文化されたために、本調査において提案した施工合理化方策から削除する。

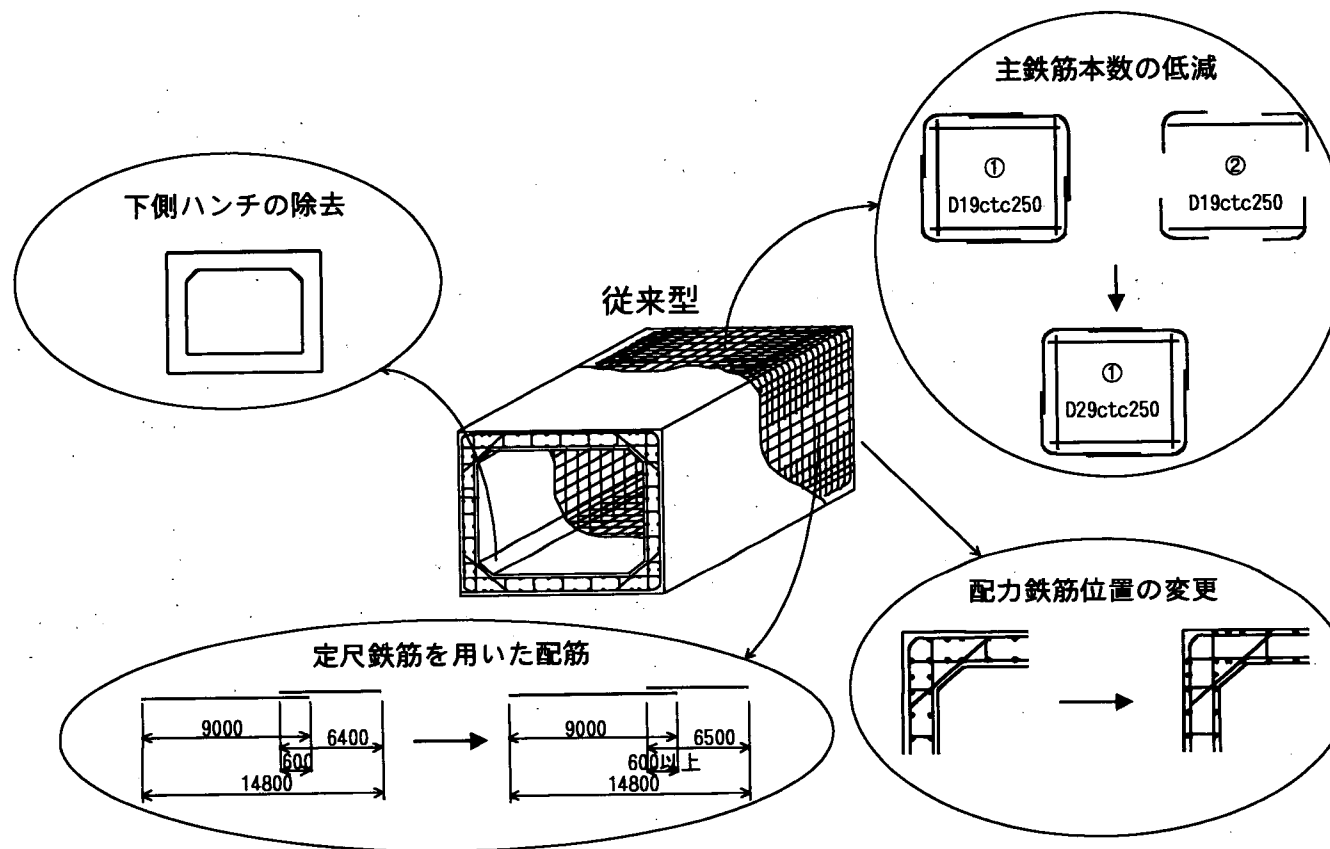


図-6. 2 (a) ボックスカルバートの労働量低減化のイメージ

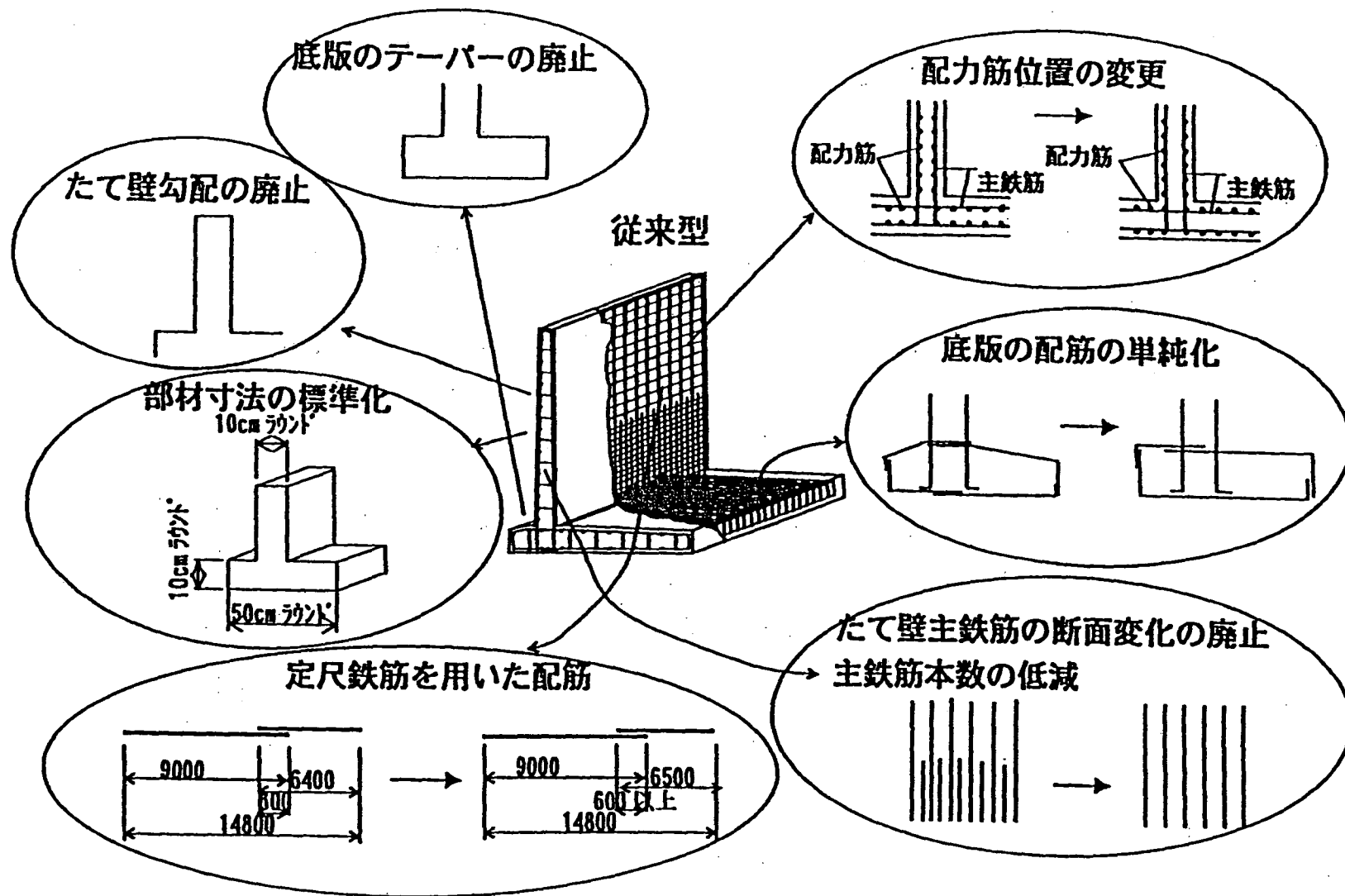


図-6. 2 (b) 片持ばり式擁壁の労働量低減化のイメージ

6. 2 現場施工の労働量低減効果の分析結果

6. 2. 1 労働量低減効果の評価方法について

本調査では、現場施工の労働量の低減度合を評価するための指標として、「単位数量当たりの目的物等を施工するために要した労務人数（労務費）」を設定した。

すなわち、図-6. 3に示すように、鉄筋コンクリート構造物に対する現行設計の労務人数（労務費）を現行積算基準書における標準歩掛とし、それをモデル工事による労務人数（労務費）と比較する方法により、現場施工の労働量低減効果の評価することにした（複数の職種からなっているため施工費換算により労働量低減効果を算定）。なお、その評価は、図-6. 4に示す現行積算基準書における積算上の区分と同様であり、コンクリート工、型枠工および鉄筋工の三つの作業に対して実施する。

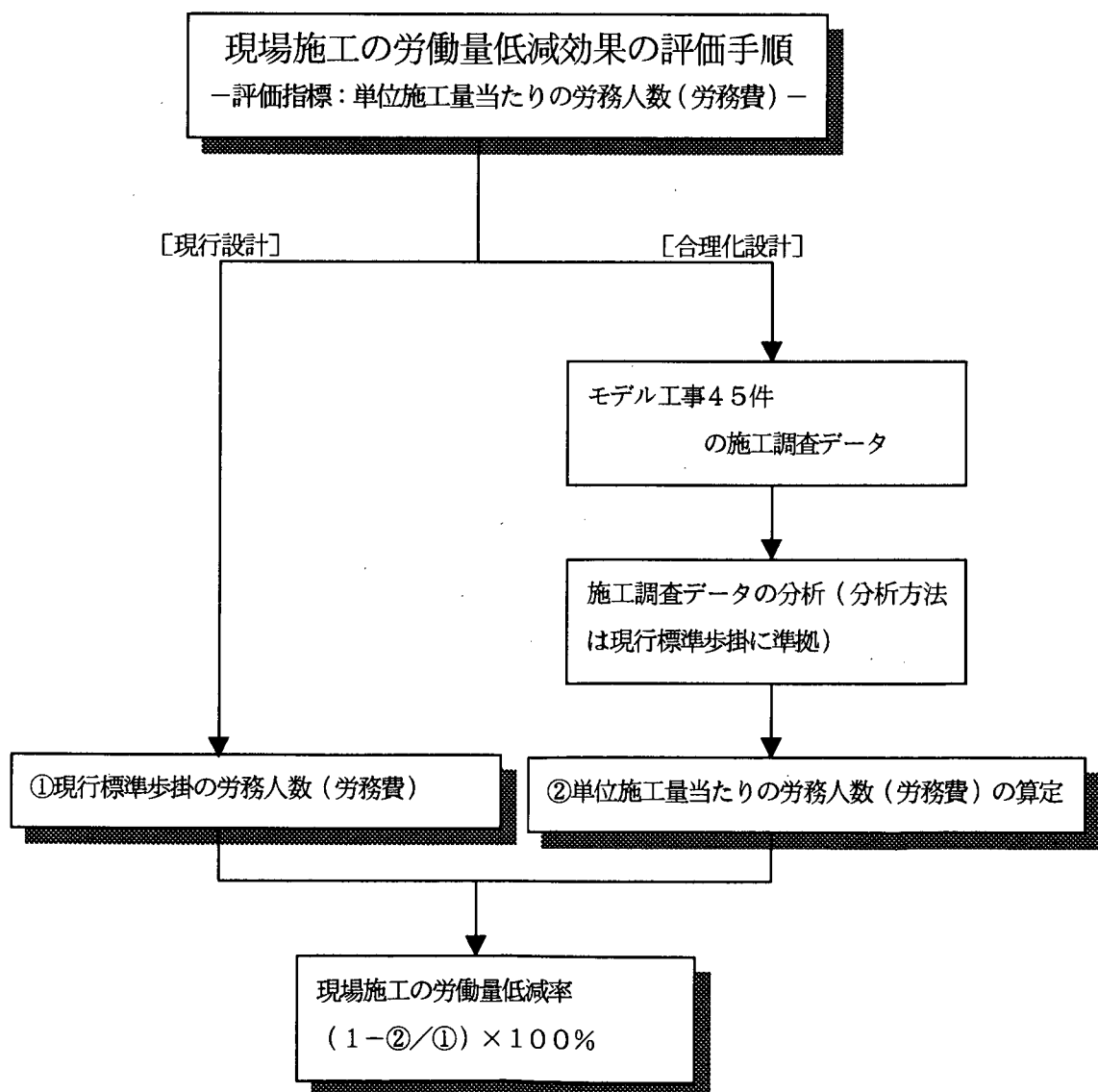


図-6. 3 労働量低減効果の評価方法

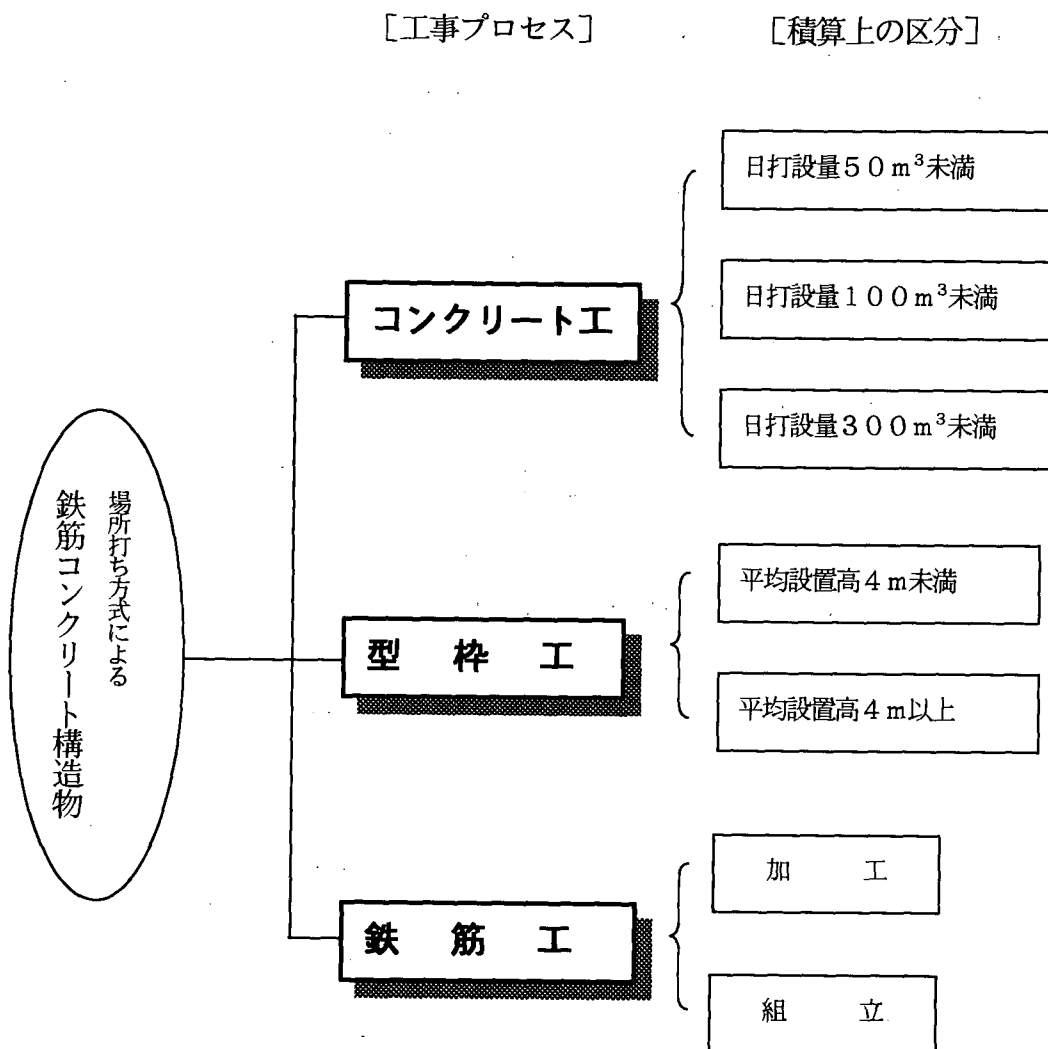


図-6. 4 目的物の積算区分

6. 2. 2 労働量低減効果の分析結果

モデル工事における施工調査データを基に、コンクリート工、型枠工及び鉄筋工に対する各労働量低減効果を分析した結果、コンクリート工は現行にほぼ同じ、型枠工は24%の低減効果、鉄筋工は5～16%の低減効果が確認された。以下に、その分析結果を示す。

(1) 評価に用いた労務単価・材料単価

労働量低減効果を評価する際に用いた労務単価および材料単価は、表－6. 4のとおりである。

表－6. 4分析に用いた労務単価及び材料単価

労務単価（日当たり）		市場単価（t当たり）	材料単価
世話役	： 25000 円	鉄筋工 ： 70000 円 （機械費含む）	コンクリート ： 12200 円／m ³
特殊作業員	： 20900 円		鉄 筋
型枠工	： 22700 円		（D 1.3 以下 ： 38500 円／t）
鉄筋工	： 20900 円		D 1.6～2.5 ： 36500 円／t
普通作業員	： 17000 円		D 2.9～3.2 ： 37500 円／t

※：モデル工事を実施したH8年度の関東地区の平均単価

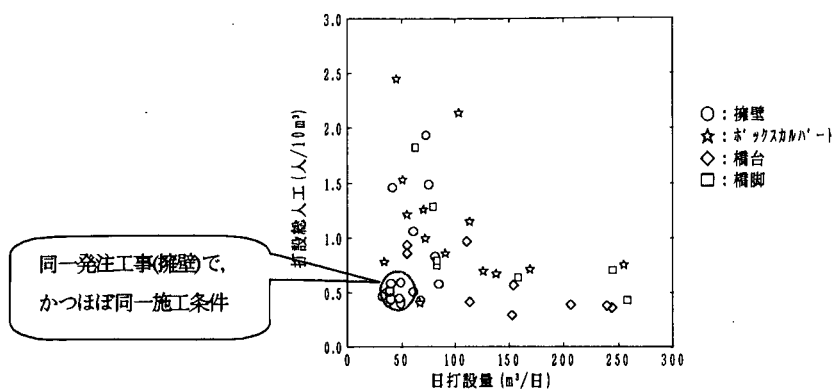
(2) コンクリート工の分析結果

コンクリート工に対する労働量低減効果の分析結果を表－6. 5に示す。労働量低減効果は、コンクリートの日打設量の大きさで異なった傾向を示しており、特に、日打設量50m³未満ではモデル工事の労務人員（労務費）が標準歩掛のそれに比べて24%も下まわっている。その理由としては、以下が考えられる（図－6. 5、表－6. 6参照）。

- ① モデル工事の全データ15件のうち9件については、労務人員が他の工種より少ない「擁壁」の同一発注工事で、かつ施工条件がほぼ同様と見なせるデータであったこと。
- ② 構造物別のデータ比率は労務人員が他の工種より少ない「擁壁」が全体の8割を占めていたこと。

表－6. 5コンクリート工の労働量低減効果の分析結果（施工量:10m³当たり）

日打設量	職 種	①H 8 標準歩掛			②モデル工事結果			(1-②/①) ×100 (%)
		人 工 (人)	労務単価 (円/人)	労務費 (円)	人 工 (人)	労務単価 (円/人)	労務費 (円)	
50m ³ 未満	世話役	0.15	25000	23408	0.12	25000	17876	2 4
	特殊作業員	0.42	20900		0.24	20900		
	普通作業員	0.64	17000		0.58	17000		
50 以上 100m ³ 未満	世話役	0.11	25000	18264	0.11	25000	20290	△ 1 1
	特殊作業員	0.36	20900		0.40	20900		
	普通作業員	0.47	17000		0.54	17000		
100 以上 300m ³ 未満	世話役	0.07	25000	12872	0.07	25000	13318	△ 3
	特殊作業員	0.28	20900		0.22	20900		
	普通作業員	0.31	17000		0.41	17000		
単 純 平 均								3



日打設量 (m³/日) と打設総人工 (人/10m³) との関係

図-6. 5構造物別の日打設量と人員との関係

表-6. 6 (a) 構造物のサンプル比率

工 種	モデル工事結果				H 6 歩掛調査
	50m³未満	100m³未満	300m³未満	全 体	
擁 壁	80%	33%	0	37%	14%
カルバート	13	29	37%	27	31
橋 台	0	9	44	17	30
橋 脚	7	29	19	19	25

○コメント：構造物種類のサンプル比率は、H 6 歩掛調査に比べて「擁壁」の占める割合が多い。

表-6. 6 (b) 構造物別の労務人員

工 種	モデル工事結果						計	
	50m³未満		100m³未満		300m³未満			
	件数	人工	件数	人工	件数	人工	件数	人工
擁 壁	12	0.56	7	0.98	0		19	0.71
カルバート	2	1.61	6	1.04	6	1.02	14	1.11
橋 台	0		2	0.89	7	0.48	9	0.57
橋 脚	1	0.51	6	1.20	3	0.59	10	0.95
計	15	0.70	21	1.05	16	0.70	52	0.84

○コメント：「擁壁」および「橋台」の労務人員は他の工種に比べて少ない。

一方、日打設量50m³以上の条件における工種は、上記の50m³未満とは逆に、労務人員の多い「カルバート」および「橋脚」の割合が大きかったことが一つの要因と考えられる。

なお、表-6. 7は、上記結果をコンクリートの材料費および機械経費を含む単位施工量当たりの施工費で比較したものである。コンクリート工の場合は、材料費のウエイトが大きく、その結果、材料費、機械費及び労務費のトータル額では現行にほぼ同じである。

表－6．7コンクリート工の施工費の比較(施工量：1m³当たり)

コンクリート設計日 打設量	①H8標準歩掛				②モデル工事結果				現行に対 する比率
	材料費	労務費	機械費	計	材料費	労務費	機械費	計	
50m ³ 未満	12200	2300	2200	16700	12200	1800	2200	16200	0.97
100m ³ 未満	12200	1800	1500	15500	12200	2000	1500	15700	1.01
300m ³ 未満	12200	1300	900	14400	12200	1300	900	14400	1.00

(3) 型枠工の分析結果

型枠工に対する労働量低減効果の分析結果は、表－6．8のとおりである。労働量の低減率は24％であり、コンクリート工、次項に示す鉄筋工に比べ非常に高い数値を示している。これは、カルバートの下方ハッチの削除をはじめとして、構造物形状の単純化が型枠施工の労働量低減に大きく寄与しているものと考えられる。

型枠100m²を施工するために要した総施工人員の比較では、型枠設置高4m未満の条件が現行積算基準書の33人から25人へと大幅に削減される結果を得ている。同様に、設置高4m以上の条件では30人から23人に削減される。

表－6．8型枠工の労働量低減効果の分析結果(施工量:100m²当たり)

設置高さ	職 種	①H 8標準歩掛			②モデル工事結果			(1－②／①) ×100 (%)
		人 工 (人)	労務単価 (円／人)	労務費 (円)	人 工 (人)	労務単価 (円／人)	労務費 (円)	
4 m未満	世話役	3.6 人	25000	693540	3.4 人	25000	528600	2 4
	型枠工	18.2	22700		14.0	22700		
	普通	11.2	17000		7.4	17000		
4 m以上	世話役	3.2	25000	639340	3.0	25000	489700	2 3
	型枠工	18.2	22700		14.0	22700		
	普通	8.6	17000		5.7	17000		
単 純 平 均								24

(4) 鉄筋工の分析結果

上記のコンクリートおよび型枠工の労働量低減効果は、現行設計の労務人数をモデル工事实施のH8当時における標準(施工)歩掛とし、それをモデル工事による労務人数と比較する方法によりその効果を評価した。

しかし、鉄筋工の場合、その積算方法は、H4年度まで標準(施工)歩掛、H5年度より「市場単価方式」(工事を構成する一部または全部の工種について、歩掛を用いず、施工単位あたりの市場での取引価格を把握し、これを直接、積算に用いる方法)に移行しているため、鉄筋工の労働量低減効果の分析は、以下の二ケースについて実施した。

○ケース1：H4当時の標準歩掛との比較

現行設計の鉄筋工の労務人数をH4当時の標準歩掛とし、労務単価はモデル工事实施のH8年度の単価を用いて鉄筋工の労務費を算定する方法。

○ケース2：H8当時の市場単価との比較

現行設計の鉄筋工の労務費をモデル工事实施のH8当時の市場単価より算定する方法。

分析結果は以下のとおりである。ケース1とケース2ともに、労働量低減効果のあることが実証され、その値はケース1が16%、ケース2が5%である。

①ケース1：H4当時の標準歩掛との比較

鉄筋工の労働量低減効果について、H4年当時における積み上げ方式による標準歩掛とモデル工事結果とを比較したものを表-6.9に示す。このケースにおいては、16%の労働量低減効果となる。

表-6.9 鉄筋工のH4当時の標準歩掛とモデル工事結果との比較（施工量：1t当たり）

日打設量	職 種	①H 4標準歩掛			②モデル工事結果			(1-②/①) ×100 (%)
		人 工 (人)	労務単価 (円/人)	労務費 (円)	人 工 (人)	労務単価 (円/人)	労務費 (円)	
D13 以下	世話役	0.6	25000	113000	0.52	25000	96700	14
	鉄筋工	2.9	20900		3.49	20900		
	普通作業員	2.2	17000		0.63	17000		
D16～ D25	世話役	0.5	25000	95000	0.39	25000	71700	25
	鉄筋工	2.4	20900		2.58	20900		
	普通作業員	1.9	17000		0.47	17000		
D29～ D32	世話役	0.3	25000	55500	0.26	25000	49700	10
	鉄筋工	1.4	20900		1.80	20900		
	普通作業員	1.1	17000		0.33	17000		
単 純 平 均								16

②ケース2：H8当時の市場単価との比較

○鉄筋市場単価による労務費の算定

鉄筋の市場単価には労務費の他に、機械経費が含まれており、両者の比率（推定）は以下のとおりである。

$$\text{鉄筋市場単価} = \text{労務費} + \text{機械費} = 0.936 : 0.064$$

この構成比率は、市場単価における労務費と機械費の構成比率が明らかでないため、市場単価に移行する前年のH4年当時の積み上げ方式による歩掛を基に推定したものである。なお、H4年当時の歩掛は、鉄筋の径の大きさにより、D13以下、D16～D25、D29～D32の三区分別となっており、上記の構成比

表-6.10 鉄筋工の労務費と機械経費の構成比率の推定（施工量：1t当たり）

	労務費	機械経費
加 工	世話役； 0.2×21200＝ 4240	諸雑費：小計①×2％＝ 625 円／ t
	鉄筋工； 0.9×20200＝ 18180	
	普通作業員；0.6×14700＝ 8820	
	小計① 31240 円／ t	
組 立	世話役； 0.3×21200＝ 6360	諸雑費：小計②×3％＝ 1673 円／ t トラック賃料；0.08 日／ t ×46000 円／日＝ 3680 円／ t
	鉄筋工； 1.5×20200＝ 30300	
	普通作業員；1.3×14700＝ 19110	
	小計② 55770 円／ t	
構成比率	0. 9 3 6 (87010 円／ t)：0. 0 6 4 (5978 円／ t)	

率は、積算上におけるベースサイズD19の歩掛（D16～D25）から算定した値である（表－6. 9参照）。ここで、労務単価及びトラック賃料は、鉄筋の作業形態が平4年当時とモデル工事を実施したH8年当時で大きくかわらないことから、H4年当時の単価を用いた。

以上より、H8年当時の市場単価の労務費は以下になる。

市場単価労務費＝市場単価×労務費比率
＝70000円／t×0. 936＝65500円／t

○モデル工事結果による鉄筋工の労務費

モデル工事における鉄筋工の1t当たりの労務費は表－6. 10のとおりである。

表－6. 10モデル工事結果による鉄筋工の労務費

	モデル工事結果(人)				鉄筋 1 t 当たりの労務費			
	職種	加工	組立	計	労 務 単 価	径区分別の 労務費	径区分別の 使用比率※	労務費
D 13 以下	世話役	0.17	0.35	0.52	25000 円	96700 円／ t	6.7%	62300 円／ t
	鉄筋工	1.16	2.33	3.49	20900			
	普通	0.22	0.41	0.63	17000			
D16 ～ D25	世話役	0.14	0.25	0.39	25000	71700	43.1	
	鉄筋工	0.93	1.65	2.58	20900			
	普通	0.18	0.29	0.47	17000			
D29 ～ D32	世話役	0.09	0.17	0.26	25000	49700	50.2	
	鉄筋工	0.63	1.17	1.80	20900			
	普通	0.12	0.21	0.33	17000			

※径区分別の使用比率は6. 3労働量低減策による建設コストの縮減効果の推定コスト縮減率推定試算条件より

○鉄筋工の労働量低減効果

以上より、鉄筋工の労働量低減効果は以下のとおりとなり、約5%の効果が確認された。

労働量低減効果＝（1－モデル工事の労務費／市場単価の労務費）×100
＝（1－62300／65500）×100＝5%

（5）まとめ

モデル工事全45件の施工データを基に、労働量低減効果を評価した。

その結果は以下のように要約できる。

- ①コンクリート工は、日打設量の大きさに異なった傾向を示しており、50m³未満では24%の低減効果という結果を得た。一方、それ以上の日打設量区分では逆に3～11%の増となった。ただし、コンクリート1m³当たりの施工費ではほとんど同じであることから、本調査ではコンクリート工については現行と同じであるものと判断した。
- ②型枠工は、カルバートの下方ハンチの除去をはじめ、構造物形状の単純化が労働量低減に大きく寄与しており、低減効果は24%であった。
- ③鉄筋工については、現行設計をH4当時の標準歩掛とH8当時の市場単価の2ケースで評価した。両ケースともに、労働量低減効果のあることが実証され、その値は前者が16%、後者が5%である。

6. 3 施工合理化方策による建設コストの縮減効果の推定

6. 3. 1 建設コスト縮減効果の推定方法

建設コストの縮減効果の推定手順を図-6. 6に示す。試算における対象工種は、モデル工事のそれと同様、場所打ち方式による逆T式擁壁、ボックスカルバート、逆T式橋台および張出し式橋脚の四工種である。

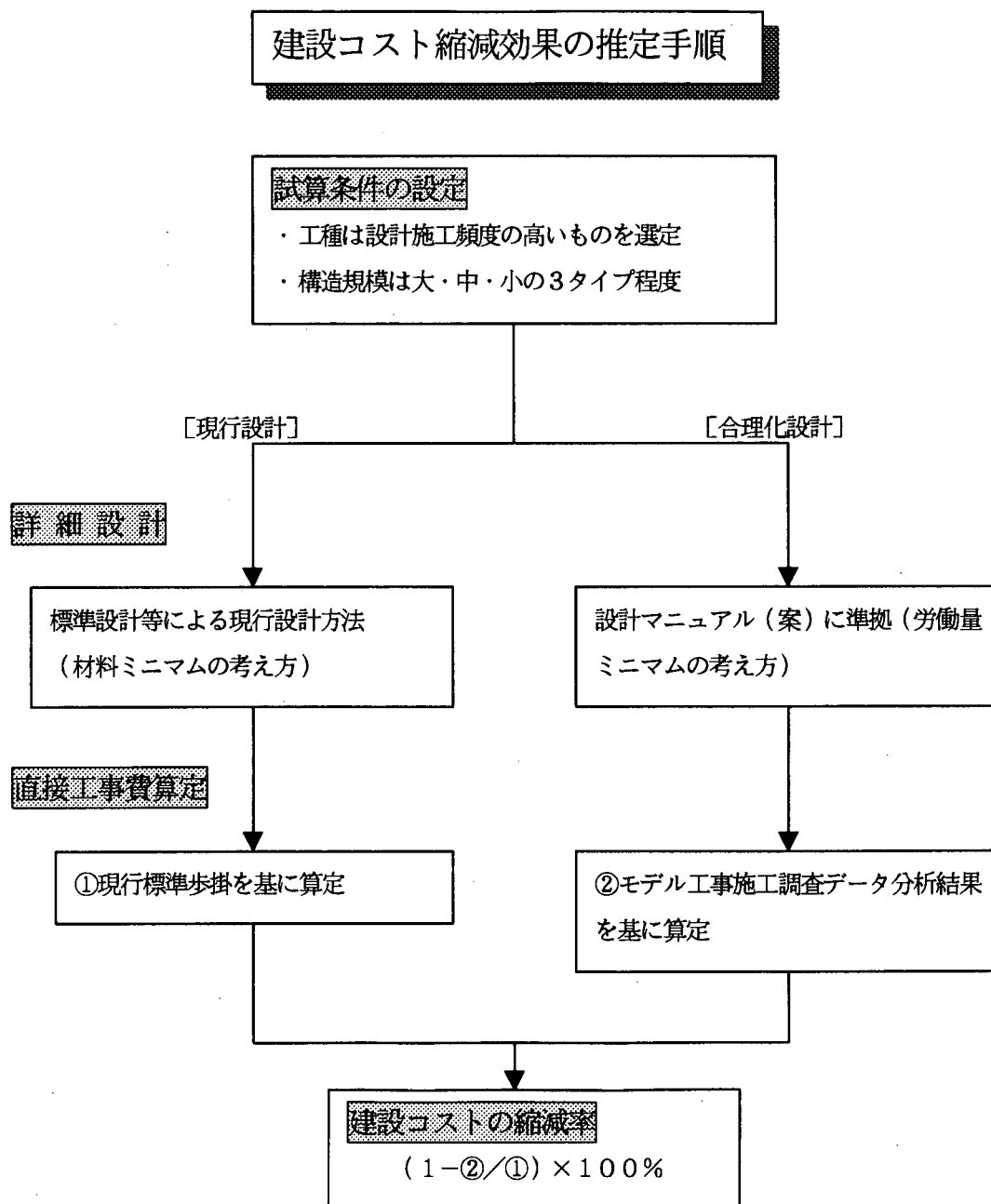


図-6. 6 建設コスト縮減率推定手順

①詳細設計

一般的な試算条件を数ケース想定し、それらについて現行設計（材料ミニマム）と合理化設計（労働量ミニマム）の考え方で詳細設計を行い、直接工事費を算定するためのコンクリート、型枠、鉄筋、足場および支保工の各積算数量を算出する。

②直接工事費の算定

直接工事費算定の単位施工量当たりの施工歩掛については、現行設計をH8当時の標準歩掛、また合理化設計をモデル工事による分析結果を用いる。ここで、現行設計の鉄筋工に関しては、6.2.2(4)で述べた理由により、「H4当時の標準歩掛」と「H8当時の市場単価」の二通りのケースについて検討する。また、コンクリートについては、H8当時の標準歩掛とモデル工事の分析結果がほぼ同じであるものと判断し、合理化設計の施工歩掛にはH8当時の標準歩掛を用いることとした。

表-6.12に試算ケースに対する施工歩掛の組み合わせを示す。なお、労務およびコンクリート・鉄筋等の積算単価は、表-6.4に示したモデル工事実施のH8当時の値を用いた。

表-6.12 試算ケースに対する施工歩掛の組み合わせ

	歩掛その1		歩掛その2	
	現行設計	合理化設計	現行設計	合理化設計
コンクリート工	H8標準歩掛	H8標準歩掛※1	H8標準歩掛	H8標準歩掛※1
型枠工	H8標準歩掛	モデル工事	H8標準歩掛	モデル工事
鉄筋工	H4標準歩掛※2	モデル工事	H8市場単価	モデル工事

※1：モデル工事の分析結果より現行設計と同じであると判断した。

※2：労務単価はH8単価を用いた。

③建設コストの縮減率

上記手順で算出した直接工事費の比率を、建設コストの縮減率とした。

6. 3. 2建設コスト縮減効果の推定結果

ボックスカルバート、逆T式擁壁、逆T式橋台および壁・張り出し式橋脚に対するコスト縮減効果の推定結果は以下のとおりである。

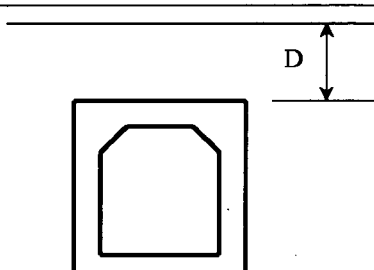
(1) ボックスカルバート

①試算条件

試算条件を表-6. 13に示す。

試算ケースのうち、ケース1とケース2については通路ボックスを、又ケース3は水路ボックスを想定した。ここで、通路ボックスの設計土かぶりは、道路計画高さのコントロールポイントになることが多いことから、浅めの1～2m程度の条件を設定した。

表-6. 13ボックスカルバートの試算条件

試算ケース	内空寸法 (m)		土かぶり D (m)	説 明 図
	幅 (B)	高さ (H)		
ケース1	6.0	5.0	2.5	
ケース2	4.0	5.0	1.0	
ケース3	2.0	2.0	3.5	

②詳細設計

試算条件に対する詳細設計の結果を表-6. 14に示す。

○部材厚について

部材厚については、頂版、側壁および底版の各部材ともに、合理化設計の方が厚くなっている。その増加量は5～10cm程度の範囲にある。これは、施工合理化方策の一つである下方ハンチを削除したことに対するペナルティとして、ハンチを削除した側壁下端および底版端部の断面設計におけるコンクリートの許容曲げ圧縮応力度を通常の値の3/4に低減しているためである。

○主鉄筋について

主鉄筋については、その配筋パターンが従来設計(主鉄筋の基本ピッチ125mm)と合理化設計(同250mm)との間で大きく異なること、ボックスカルバートが不静定構造物であることなどの理由により、両者の違いを簡単に比較することはできない。表-6. 14の()値で比較する限り、両者に大きな差はない。

表-6.14 (a) 詳細設計の結果

試算ケース・主要諸元			現行設計	合理化設計
ケース1	部材厚	頂版	60cm	70cm
		側壁	60	70
		底板	75	80
	主鉄筋	頂版 端部外面	D19ctc125(22.920)	D25ctc250(20.268)
		頂版 中央部下面	D22ctc125(30.968)	D29ctc250(25.696)
		側壁中央部	D13ctc250(5.068)	D16ctc250(7.944)
		底板 端部外面	D19ctc125(22.920)	D32ctc250(31.768)
		底板 中央部上面	D22ctc125(30.968)	D32ctc250(31.768)
ケース2	部材厚	頂版	35cm	40cm
		側壁	40	50
		底板	45	50
	主鉄筋	頂版 端部外面	D19ctc125(22.920)	D22ctc250(15.484)
		頂版 中央部下面	D16ctc125(15.888)	D22ctc250(15.484)
		側壁中央部	D19ctc250(11.460)	D19ctc250(11.460)
		底板 端部外面	D19ctc125(22.920)	D25ctc250(20.268)
		底板 中央部上面	D13ctc125(10.136)	D19ctc250(11.460)
ケース3	部材厚	頂版	30cm	30cm
		側壁	30	30
		底板	35	40
	主鉄筋	頂版 端部外面	D13ctc125(10.136)	D16ctc250(7.944)
		頂版 中央部下面	D13ctc125(10.136)	D16ctc250(7.944)
		側壁中央部	D13ctc250(5.068)	D13ctc250(5.068)
		底板 端部外面	D13ctc125(10.136)	D16ctc250(7.944)
		底板 中央部上面	D13ctc125(10.136)	D16ctc250(7.944)

注) 主鉄筋の()値は1m当たりの配筋量 (cm²/m)を表す。

表-6.14 (b) 材料数量の比較

項目	材料数量の比率 (合理化/現行設計)		
	コンクリート	型枠	鉄筋
ケース1	1.14	1.00	1.02
ケース2	1.20	1.00	1.10
ケース3	1.04	1.00	1.00

③直接工事費・建設コスト縮減率

建設コスト縮減率の推定結果は表-6.15のとおりであり、コスト効果のあることが実証された。ただし、一部の条件でコストアップとなっているが、その率は非常に小さい。

表-6.15 ボックスカルバートのコスト縮減率等 (施工延長10m当たり)

	歩掛その1			歩掛その2		
	直接工事費 (千円)		建設コスト縮減率(%)	直接工事費 (千円)		建設コスト縮減率(%)
	現行設計	合理化設計		現行設計	合理化設計	
ケース1	7813	7345	6.0	7397	7345	0.7
ケース2	4986	4776	4.2	4745	4776	△0.6
ケース3	1964	1742	11.3	1857	1742	6.2
平均			6.1			1.0

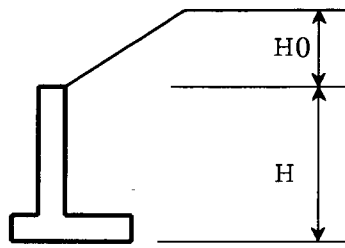
※: 建設コスト縮減率の△はコストアップを示す。平均は直接工事費総計に対する値である。

(2) 逆T式擁壁

① 試算条件

試算条件は、表-6.16のとおりである。擁壁の全高は9m、6m、3mの三種類とし、土圧の大きさに影響する裏込め土を砂質土 ($\gamma = 1.9 \text{ kN/m}^3$, $\phi = 30^\circ$) と礫質土 ($\gamma = 2.0 \text{ kN/m}^3$, $\phi = 30^\circ$) を想定した。

表-6.16 逆T式擁壁の試算条件

試算ケース	擁壁全高 H (m)	裏込め土	盛土形状		説 明 図
			勾配	高さ比	
ケース 1	9.0	砂質土	水平		高さ比 (H_0/H) 
ケース 2	9.0	礫質土	水平		
ケース 3	6.0	砂質土	1:1.8	0.5	
ケース 4	6.0	礫質土	1:1.8	0.5	
ケース 5	3.0	砂質土	1:1.8	0.5	
ケース 6	3.0	礫質土	1:1.8	0.5	

② 詳細設計

詳細設計は、現行設計については標準設計を活用し、また合理化設計については設計マニュアル(案)に基づいた最適設計を実施した。その結果を表-6.17に示す。

○部材寸法について

合理化設計に対する底版の全幅は、「部材寸法の標準化(底版全幅の刻みを現行設計の20cmから50cm)」方策の採用により、現行設計より若干広がっている。

断面設計により決定される底版およびたての基部の厚みは両者同じである。ただし、合理化設計の底版先端およびたて壁天端の各厚みについては、構造物形状の単純化(フーチング上面のテーパ廃止、たて壁勾配の禁止)方策の採用により、現行設計より若干厚くなっている。

○主鉄筋について

主鉄筋については、断面設計から決まる必要鉄筋量は殆ど同じである。ただし、主鉄筋の配筋パターンが従来設計(主鉄筋の基本ピッチ 125mm)と合理化設計(同 250mm)の間で大きくことなるため、結果として、その径と配筋間隔の組み合わせが異なっている。

表-6.17 (a) 詳細設計の結果

試算ケース・主要諸元					現行設計	合理化設計
ケース1	部材寸法	底版	全 幅		5.40m	5.50m
			厚み	基 部	1.00	1.00
				先 端	0.80	1.00
		たて壁厚	基 部	0.90	0.90	
			天 端	0.40	0.736(前面勾配2分, 背面直)	
	主鉄筋	底版	つま先下面	D16ctc125(15.888)	D25ctc250(20.268)	
			かかと上面	D25ctc125(40.536)	D25ctc125(40.536)	
たて壁背面		D29ctc125(51.392)	D29ctc125(51.392)			
ケース2	部材寸法	底版	全 幅		4.60m	5.00m
			厚み	基 部	0.90	0.90
				先 端	0.90	0.90
		たて壁厚	基 部	0.80	0.80	
			天 端	0.40	0.80	
	主鉄筋	底版	つま先下面	D19ctc125(22.920)	D25ctc250(20.268)	
			かかと上面	D22ctc125(30.968)	D25ctc125(40.536)	
たて壁背面		D29ctc125(51.392)	D29ctc125(51.392)			
ケース3	部材寸法	底版	全 幅		4.60m	5.00m
			厚み	基 部	0.70	0.70
				先 端	0.60	0.70
		たて壁厚	基 部	0.60	0.60	
			天 端	0.40	0.494(前面勾配2分, 背面直)	
	主鉄筋	底版	つま先下面	D16ctc125(15.888)	D22ctc250(15.484)	
			かかと上面	D22ctc125(30.968)	D32ctc250(31.768)	
たて壁背面		D25ctc125(40.536)	D25ctc125(40.536)			
ケース4	部材寸法	底版	全 幅		4.00m	4.00m
			厚み	基 部	0.60	0.60
				先 端	0.60	0.60
		たて壁厚	基 部	0.60	0.60	
			天 端	0.40	0.60	
	主鉄筋	底版	つま先下面	D16ctc125(15.888)	D19ctc250(11.460)	
			かかと上面	D22ctc125(30.968)	D32ctc250(31.768)	
たて壁背面		D22ctc125(30.968)	D32ctc250(31.768)			
ケース5	部材寸法	底版	全 幅		2.60m	3.00m
			厚み	基 部	0.50	0.50
				先 端	0.50	0.50
		たて壁厚	基 部	0.40	0.40	
			天 端	0.35	0.40	
	主鉄筋	底版	つま先下面	D16ctc250(7.944)	D16ctc250(7.944)	
			かかと上面	D16ctc250(7.944)	D16ctc250(7.944)	
たて壁背面		D16ctc250(7.944)	D16ctc250(7.944)			
ケース6	部材寸法	底版	全 幅		1.80m	2.00m
			厚み	基 部	0.50	0.50
				先 端	0.50	0.50
		たて壁厚	基 部	0.40	0.40	
			天 端	0.35	0.40	
	主鉄筋	底版	つま先下面	D16ctc250(7.944)	D16ctc250(7.944)	
			かかと上面	D16ctc250(7.944)	D16ctc250(7.944)	
たて壁背面		D13ctc250(5.068)	D13ctc250(5.068)			

表-6. 17 (b) 材料数量の比較

項 目 ケース	材料数量の比率 (合理化/現行設計)		
	コンクリート	型 枠	鉄 筋
ケース 1	1.15	1.03	1.25
ケース 2	1.22	1.01	1.31
ケース 3	1.13	1.02	0.97
ケース 4	1.11	1.00	1.06
ケース 5	1.12	1.00	1.09
ケース 6	1.09	1.00	1.05

③直接工事費・建設コスト縮減率

建設コスト縮減率の推定結果は表-6. 18のとおりである。大規模のケース1およびケース2において、材料増に付随するコスト増が発生している。この結果、施工合理化方策の適用は中規模以下の擁壁に限定する必要がある。

表-6. 18 逆T式擁壁のコスト縮減率等 (施工延長 20m 当たり)

	歩掛その1			歩掛その2		
	直接工事費 (千円)		建設コスト 縮減率(%)	直接工事費 (千円)		建設コスト 縮減率(%)
	現行設計	合理化設計		現行設計	合理化設計	
ケース 1	8380	8505	△1.5	8138	8505	△4.5
ケース 2	8020	8309	△3.6	7811	8309	△6.4
ケース 3	5861	5401	7.8	5495	5401	1.7
ケース 4	5190	4746	8.6	4927	4746	3.7
ケース 5	2339	2216	5.3	2241	2216	1.1
ケース 6	2141	1977	7.7	2057	1977	3.9
平 均			2.4 (7.7)			△1.6 (2.6)

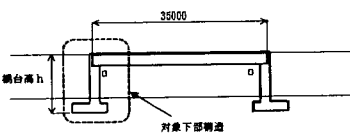
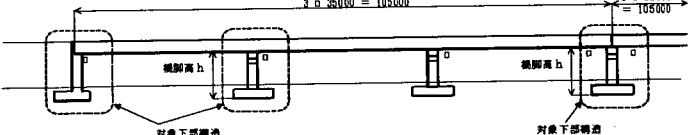
※：建設コスト縮減率の△はコストアップを示す。平均は直接工事費総計に対する値であり、その下段の()値は、施工合理化方策を大規模(ケース1とケース2)の条件に適用しないとした場合の値である。

(3) 橋台・橋脚

①試算条件

試算条件を表-6.19に示す。

表-6.19 橋台・橋脚の試算条件

	逆T式橋台			張り出式橋脚		
	高さ (m)	支承条件	上部工形式	高さ (m)	支承条件	上部工形式
ケース-1	6	固定	単純・ステンT桁	8	固定(2点固定)	3径間連続・ステンT桁
ケース-2	9	//	//	12	//	//
ケース-3	12	//	//	16	//	//
ケース-4	6	可動	3径間連続鋼桁	8	可動(かけ違い)	3径間連続鋼桁
ケース-5	9	//	//	12	//	//
ケース-6	12	//	//	16	//	//
試算条件	総幅員；12m 設計水平震度；$k_h=0.20$ 適用示方書；道路橋示方書Ⅰ～Ⅳ編（平成6年），Ⅴ編（平成2年）， 兵庫県南部地震により被災した道路橋の復旧に係わる仕様（平成7年） 【説明図】 [単純橋] $L=35m$  [連続・連結橋] $L=3 \times 35m=105m$ 					

②詳細設計

○部材寸法について

合理化設計の安定性から決まるフーチング全幅および断面設計から決まるフーチング基部の厚みは、橋台・橋脚ともに、現行設計と同一である。ただし、合理化設計に対するフーチング先端の厚みは、フーチング上面のテーパ廃止により、フーチング基部厚に等しく、結果として、現行設計より若干厚くなる。

次に、橋台の躯体形状に関しては、現行設計のケース2，ケース5における変断面の躯体（表-6.20中における躯体の「基部」と「支承面位置」の値が異なるもの）が、合理化設計では矩形断面の等厚になっている。橋脚の柱幅と梁幅の関係についても、現行設計のケース4～ケース6が、合理化設計では両者の寸法を同一とし、構造物形状の単純化を図っている。

○主鉄筋について

上記の橋台の躯体あるいは橋脚の柱・梁形状に対して、構造物形状の単純化が図られているケースについては、断面設計における部材有効高が増加するために、主鉄筋量は減少する。その他、主鉄筋の配筋パターンが従来設計（主鉄筋の基本ピッチ 125mm）と合理化設計（同 250mm）の間で大きくことなるため、結果として、その径と配筋間隔の組み合わせが異なっている。

表-6. 20 (a) 橋台の詳細設計の結果

試算ケース・主要諸元				現行設計	合理化設計
ケース1	部材寸法	フーチング	全 幅	5.00m	5.00m
			厚み	基 部	1.00
		先 端		1.00	1.00
		躯体	基 部	1.50	1.50
	支承面位置		1.50	1.50	
	主鉄筋	フーチング	前フーチング下面	D16ctc125(15.888)	D25ctc250(20.268)
			後フーチング上面	D16ctc125(15.888)	D19ctc250(11.460)
躯体背面		D16ctc125(15.888)	D19ctc250(11.460)		
ケース2	部材寸法	フーチング	全 幅	7.50m	7.50m
			厚み	基 部	1.00
		先 端		0.80	1.00
		躯体	基 部	1.10	1.50
	支承面位置		1.50	1.50	
	主鉄筋	フーチング	前フーチング下面	D25ctc125(40.536)	D25ctc125(40.536)
			後フーチング上面	D32ctc125(63.536)	D32ctc125(63.536)
躯体背面		D32ctc125(63.536)	D29ctc125(51.392)		
ケース3	部材寸法	フーチング	全 幅	9.50m	9.50m
			厚み	基 部	1.80
		先 端		1.40	1.80
		躯体	基 部	1.50	2.00
	支承面位置		1.50	2.00	
	主鉄筋	フーチング	前フーチング下面	D25ctc125(40.536)	D32ctc250(31.768)
			後フーチング上面	D32ctc125(63.536)	D32ctc125(63.536)
躯体背面		D32ctc125×1.5 段(95.304)	D32ctc125(63.536)		
ケース4	部材寸法	フーチング	全 幅	4.00m	4.00m
			厚み	基 部	1.00
		先 端		1.00	1.00
		躯体	基 部	1.60	1.60
	支承面位置		1.60	1.60	
	主鉄筋	フーチング	前フーチング下面	D16ctc250(7.944)	D16ctc250(7.944)
			後フーチング上面	D16ctc250(7.944)	D16ctc250(7.944)
躯体背面		D16ctc250(7.944)	D16ctc250(7.944)		
ケース5	部材寸法	フーチング	全 幅	6.00m	6.00m
			厚み	基 部	1.00
		先 端		0.80	1.00
		躯体	基 部	0.80	1.60
	支承面位置		1.60	1.60	
	主鉄筋	フーチング	前フーチング下面	D19ctc125(22.920)	D25ctc250(20.268)
			後フーチング上面	D29ctc125(51.392)	D32ctc250(31.768)
躯体背面		D32ctc125(63.536)	D29ctc250(25.696)		
ケース6	部材寸法	フーチング	全 幅	8.50m	8.50m
			厚み	基 部	1.50
		先 端		1.20	1.50
		躯体	基 部	1.60	1.60
	支承面位置		1.60	1.60	
	主鉄筋	フーチング	前フーチング下面	D22ctc125(30.968)	D32ctc250(31.768)
			後フーチング上面	D29ctc125(51.392)	D29ctc125(51.392)
躯体背面		D32ctc125(63.536)	D32ctc125(63.536)		

表-6. 20 (b) 橋脚の詳細設計の結果

試算ケース・主要諸元					現行設計	合理化設計
ケース1	部材寸法	7-チング'	全幅	橋軸方向	7.00m	7.00m
				軸直角方向	6.50	6.50
			厚み	基 部	1.30	1.30
				先 端	1.00	1.30
		柱（橋軸方向）				2.40
	梁 幅				2.40	2.40
	主鉄筋	7-チング'	橋軸方向下面			D32ctc125(63.536)
軸直角方向上面			D16ctc125(15.888)	D25ctc250(20.268)		
柱（橋軸方向）				D32×2段	D32×2段	
ケース2	部材寸法	7-チング'	全幅	橋軸方向	8.50m	8.50m
				軸直角方向	6.50	6.50
			厚み	基 部	2.00	2.00
				先 端	1.60	2.00
		柱（橋軸方向）				3.00
	梁 幅				3.00	3.00
	主鉄筋	7-チング'	橋軸方向下面			D32ctc125(63.536)
軸直角方向上面			D16ctc125(15.888)	D25ctc250(20.268)		
柱（橋軸方向）				D32×2段	D32×2段	
ケース3	部材寸法	7-チング'	全幅	橋軸方向	9.50m	9.50m
				軸直角方向	7.50	7.50
			厚み	基 部	2.20	2.20
				先 端	1.70	2.20
		柱（橋軸方向）				3.80
	梁 幅				3.80	3.80
	主鉄筋	7-チング'	橋軸方向下面			D32ctc125(63.536)
軸直角方向上面			D16ctc125(15.888)	D25ctc250(20.268)		
柱（橋軸方向）				D32×2段	D32×2段	
ケース4	部材寸法	7-チング'	全幅	橋軸方向	5.00m	5.00m
				軸直角方向	6.50	6.50
			厚み	基 部	1.20	1.20
				先 端	0.90	1.20
		柱（橋軸方向）				1.50
	梁 幅				2.20	2.20
	主鉄筋	7-チング'	橋軸方向下面			D22ctc125(30.968)
軸直角方向上面			D19ctc250(11.460)	D16ctc250(7.944)		
柱（橋軸方向）				D19×1段	D22×0.5段	
ケース5	部材寸法	7-チング'	全幅	橋軸方向	5.00m	5.00m
				軸直角方向	7.50	7.50
			厚み	基 部	1.20	1.20
				先 端	0.90	1.20
		柱（橋軸方向）				1.50
	梁 幅				2.20	2.20
	主鉄筋	7-チング'	橋軸方向下面			D25ctc125(40.536)
軸直角方向上面			D22ctc125(30.968)	D29ctc250(25.696)		
柱（橋軸方向）				D29×1段	D32×0.5段	
ケース6	部材寸法	7-チング'	全幅	橋軸方向	6.00m	6.00m
				軸直角方向	8.00	8.00
			厚み	基 部	1.50	1.50
				先 端	1.20	1.50
		柱（橋軸方向）				1.50
	梁 幅				2.20	2.20
	主鉄筋	7-チング'	橋軸方向下面			D25ctc125(40.536)
軸直角方向上面			D22ctc125(30.968)	D32ctc250(31.768)		
柱（橋軸方向）				D32×1.5段	D32×1段	

表－6. 20 (c) 材料数量の比較

	項 目	材料数量の比率 (合理化／現行設計)		
		コンクリート	型 枠	鉄 筋
橋 台	ケース 1	1.00	1.00	1.21
	ケース 2	1.09	1.00	0.99
	ケース 3	1.14	0.99	0.80
	ケース 4	1.00	1.00	1.25
	ケース 5	1.22	1.01	0.77
	ケース 6	1.04	1.00	1.00
橋 脚	ケース 1	1.03	1.03	1.02
	ケース 2	1.02	1.03	1.02
	ケース 3	1.02	1.03	1.02
	ケース 4	1.18	1.09	0.95
	ケース 5	1.23	1.09	0.92
	ケース 6	1.24	1.09	0.79

③直接工事費・建設コスト縮減率

建設コスト縮減率の推定結果は表－6. 21のとおりであり、コスト効果のあることが実証された。ただし、一部の条件でコストアップとなっているが、その率は非常に小さい。

表－6. 21 橋台・橋脚のコスト縮減率等 (施工量1基当たり)

		歩掛その1			歩掛その2		
		直接工事費 (千円)		建設コスト 縮減率(%)	直接工事費 (千円)		建設コスト 縮減率(%)
		現行設計	合理化設計		現行設計	合理化設計	
橋 台	ケース 1	5572	5222	6.3	5373	5222	2.8
	ケース 2	11805	10880	7.8	11629	10880	6.4
	ケース 3	19292	17639	8.6	19285	17639	8.5
	ケース 4	4841	4532	6.4	4686	4532	3.3
	ケース 5	9841	8903	9.5	9653	8903	7.8
	ケース 6	16571	15552	6.1	16468	15552	5.6
	平 均			7.6			6.5
橋 脚	ケース 1	8032	7572	5.7	7927	7572	4.5
	ケース 2	13637	12893	5.5	13448	12893	4.1
	ケース 3	19835	18762	5.4	19478	18762	3.7
	ケース 4	5237	5068	4.2	5029	5068	△0.8
	ケース 5	7817	7597	2.8	7660	7597	0.8
	ケース 6	11488	10637	7.4	11232	10637	5.3
	平 均			5.3			3.5

※：建設コストの縮減率の△はコストアップを示す。平均は直接工事費総計に対する値である。

6. 4 モデル工事による建設コスト縮減効果分析結果のまとめ

全45件のモデル工事により得られた施工データをもとに、労働量低減度合およびコスト縮減効果を分析した結果、以下の点が明らかになった。なお、モデル工事では、設計・工事担当者を対象に、設計・施工上の問題点を把握するための調査も行っているが、特に問題となる意見はなかった。

①構造物形状の単純化や配筋の簡素化等により、現場施工に要する労働量を低減できることが実証された。

作業項目別の労働量低減率は以下のとおりである。

○コンクリート工：現行にほぼ同じ

○型枠工：24%

○鉄筋工：5～16%

②一般的な試算条件について建設コスト縮減効果を推定した結果、施工性を重視した設計の考え方の転換は、建設コストの縮減に寄与することが実証された。

③但し、逆T式擁壁の大規模な条件では、材料費の増大に付随するコスト増が発生し、擁壁規模の適用を限定する必要がある。

第7章 まとめ

本調査における施工性を重視した設計思想への転換は、近年の労務費が材料費に比べて相対的に高くなっている経済環境の変化等を背景に、コスト縮減を図るための一つの方策として提案したものである。また、建設現場においては、少子化・高齢化等により、型枠工や鉄筋工といった熟練工は着実に減少するものと言われており、施工の合理化を図るための取り組みは今後とも重要なテーマであると考えている。

本調査結果は以下のように要約できる。

- ①本調査において提案した施工合理化方策は、大きく、構造物の形状に係わるもの、鉄筋の配筋に係わるもの、と大別される。構造物の形状関係では、擁壁においてはたて壁および底版のテーパの廃止、カルバートでは下方ハンチの廃止等、形状そのものを単純化する方策である。鉄筋に関しては、加工形状の単純化や定尺鉄筋の使用等の方策である。
- ②提案方策に対するコンクリート、型枠および鉄筋の各作業の省人化効果については、全45件のモデル工事により実証検討を行った。その結果、コンクリート作業はほぼ同じであったが、型枠作業および鉄筋作業はそれぞれ約24%、5～16%の省人化効果を確認した。
- ③また、この結果をもとに推定した直接工事費レベルの建設コスト縮減率は1～8%の範囲となり、構造物の種類や規模・荷重条件により変動するものの、標準設計で対象とする一般的条件下においては建設コストの縮減効果のあることが明らかとなった。
- ④さらに、建設コスト縮減の他、定性的な評価ではあるが、施工時における安全性の向上及び工期短縮等の効果も期待できる。
- ⑤一方では、構造規模が大きい場合には、材料増に付随するコスト増や環境問題等が発生し、また、景観に配慮する場合には別途検討が必要になるなどの課題も明らかとなった。

最後に、モデル工事实施に御協力を頂いた建設省地方建設局担当者をはじめ、貴重な御意見等を頂いた土木学会、建設会社、コンサルタント等の関係者の多くの方々に感謝の意を表します。

資料編

○参考資料－1：土木構造物設計マニュアル(案)－土工構造物・橋梁編－

本調査結果を踏まえ、土工構造物および橋梁下部工等を対象に、構造物の設計の際に有用となる設計上の配慮事項を取りまとめたものである。

参考資料－ 1

土木構造物設計マニュアル（案）

－土工構造物・橋梁編－

平成 11 年 11 月

建 設 省

はじめに

平成6年12月に建設省が策定した「公共工事の建設費の縮減に関する行動計画」において、生産性の向上等による建設費の縮減が提言されている。

我が国で建設されてきた土木構造物の多くは、コンクリートや鋼材等の資材費が労務費に比べて相対的に高価であった昭和40年当時における施工形態やコスト構造を前提としていたため、結果として、資材量が最少であればコストミニマムを達成していた。しかしながら、今日では、生産技術の向上、労務費の上昇等により資材単価が相対的に低下し、建設費に占める労務費の割合が高くなってきている。また、施工現場における鉄筋工や型枠工といった熟練工の高齢化や技能レベルの低下等の問題が懸念されている。

このような状況を受けて、建設省では、平成8年6月に、土木構造物施工の生産性を一層向上させるための計画・設計に対する基本理念を「土木構造物設計ガイドライン」（平成8年6月27日建設省技調発第126号）として取りまとめ、各地方建設局に通知した。

その後、平成9年4月には公共工事コスト縮減に関する政府行動指針・建設省新行動計画が作成されるなど、コスト縮減のための取り組みがより一層求められている。

このような背景のもと、「土木構造物設計マニュアル（案）」は、道路土工に係わる側こう・カルバート・擁壁及び橋梁下部工を対象とし、道路土工指針及び道路橋示方書等の関連諸基準に準拠しながら、上記設計ガイドラインを受けて、工種毎の具体策としての計画・設計の基本を示したものである。

なお、特に、景観に配慮する必要がある構造物等については、マニュアルに示した設計思想を踏まえ、合理的な設計を行うものとする。

本マニュアル（案）が活用され、公共工事のコスト縮減に少しでも寄与することを期待するものである。

土木構造物設計マニュアル（案）

－土工構造物・橋梁編－

目 次

はじめに

第1章	側こう・カルバート・擁壁編	(5)
I	総則	(6)
II	側こう	(10)
III	カルバート	(12)
IV	擁壁	(19)
第2章	橋梁上部・下部構造編	(31)
I	総則	(32)
II	鋼道路橋	(35)
III	P C道路橋	(39)
IV	橋梁下部構造	(41)

第1章

側こう・カルバート・擁壁編

I 総則

1. 位置づけ

本章は、「道路土工・擁壁工指針及びカルバート工指針」に準拠した側こう、擁壁、およびカルバートの施工の合理化をはかるための設計の考え方を示したものである。

【解説】

本章は、「道路土工・擁壁・カルバート工指針」に準拠した擁壁、カルバートおよび同指針を参考とした側こうの設計・施工合理化に関して現場作業の省力化および自動化・機械導入の内、特に施工の合理化に対する効果が大きいと考えられる項目に関して設計面からの促進を図るべく設計などの考え方を示したものである。具体的には、構造物形状の単純化、使用材料の標準化・規格化、構造物のプレキャスト化などの視点を設計などにもりこむこととした。

擁壁、カルバートに本章で示された設計の考え方をを用いることにより、配筋作業の省力化や型枠の統一化の促進を通じ、現場作業の省人化と機械化が容易になる。また、本章に示す構造を採用することにより、耐久性と内存する安全性の向上と、構造を単純化することによる維持管理の容易性等が期待できる。

なお、本章で示した構造は、将来に向けた構造物の省人力化構造の基本となるものであるが、今後更に部材の統一化や構造の簡素化に向けた努力が必要である。

2. 適用の範囲

本章は、原則として側こう類、カルバート類、および擁壁類の構造物の設計に適用する。

【解説】

側こう類についてはL型・U型側こうと街きょ・集水ますを、カルバート類については、ボックスカルバート、および擁壁類については、逆T型、L型を対象とした。パイプカルバートおよびブロック積、もたれ式、重力式擁壁については、既に施工の省力化に対する配慮がなされているため、ここでは取り上げないこととした。

本章は、側こう類、カルバート類、および擁壁類の構造物を対象に、設計および現場施工の省力化が促進できる構造物の設計の考え方を示したものである。本章における「側こう類、カルバート類、および擁壁類の構造物」とは、設計頻度の高いもの例えば擁壁であれば高さが3m～8m、ボックスカルバートであれば土かぶり10m以下、内空断面の大きさ6.5×5.0m以下と考えてよい。

ただし、制約条件が多く設計条件が複雑にならざるをえないような構造物においても、常に「標準化」を念頭に置いた視点から判断することにより、本章を部分利用することができる。また、特に、景観に配慮する必要がある構造物等については、マニュアルに示した設計思想を踏まえ、合理的な設計を行うものとする。

3. 計画における配慮

側こう、擁壁、およびカルバートの計画にあたっては、設計・施工の省力化の促進を念頭において、以下の事項を配慮しなければならない。

- (1) 構造物形状の単純化
- (2) 使用材料および主要部材の標準化・規格化
- (3) 構造物のプレキャスト化

【解説】

- (1) 従来の擁壁、カルバートの計画においては、道路線形や現場条件等により構造が複雑になることもあった。構造物高さや形状などは各々の現場の施工条件や制約条件により決定されるものであるが、その際にも断面を矩形にするなど、常に形状の単純化を念頭に置いて計画しなければならない。
- (2) 使用材料および主要部材を標準化・規格化することにより、規格の統一を図り、従来の複雑になりがちであった配筋・型枠作業などの省力化を図るものとする。
- (3) 側こう、擁壁およびカルバートの計画にあたって、場所打ちよりもプレキャスト化したほうが、工期短縮など現場作業の省力化が図れ有利になると考えられるものについては、プレキャスト化の採用を検討するものとする。

4. 使用材料の標準化・規格化

- (1) 使用するコンクリート（側こう、ブロック積み擁壁、もたれ式擁壁、重力式擁壁、パイプカルバート、プレキャスト製品は除く）の設計基準強度は、 $24\text{N/mm}^2\{240\text{kgf/cm}^2\}$ を標準とする。
- (2) 使用する鉄筋の材質は、SD345（プレキャスト製品は除く）を標準とする。

【解説】

- (1) (2) 擁壁、カルバートに使用するコンクリートおよび鉄筋は、下記の材料を標準とする。

場所打ちコンクリート

$$\sigma_{ck} = 24\text{N/mm}^2\{240\text{kgf/cm}^2\}$$

鉄筋 SD345

ただし、無筋コンクリートについては、

$$\sigma_{ck} = 18\text{N/mm}^2\{180\text{kgf/cm}^2\}$$
を標準とする。

コンクリートおよび鉄筋の許容応力度は、表一解1.1、表一解1.2のとおりとする。

表一解1.1 コンクリートの許容応力度 (N/mm^2) { kgf/cm^2 }

設計基準強度	許容曲げ圧縮応力度	許容付着応力度	許容せん断応力度
24{240}	8.0{80}	1.60{16.0}	0.39{3.9}

ただし、地震時の許容応力度は、表一解1.1の値を50%割増すものとする。

表一解1.2 鉄筋の許容引張応力度 (N/mm^2) { kgf/cm^2 }

鉄筋の種類			SD345
応力度、部材の種類			
引張 応 力 度	荷重の組合せに衝突荷重あるいは地震の影響を含まない場合	一般の部材 注1)	180 (1800)
		厳しい環境下の部材 注2)	160 (1600)
	荷重の組合せに衝突荷重あるいは地震の影響を含む場合の許容応力度の基本値		200 (2000)
	鉄筋の重ね継手長あるいは定着長を算出する場合		200 (2000)

注1) 通常的环境や常時水中、土中の場合。

注2) 一般的环境に比べて乾湿の繰り返しが多い場合や有害な物質を含む地下水位以下の土中の場合（海洋環境などでは別途かぶりなどについて考慮する。）

II 側こう

1. プレキャスト化

長尺化・大型化されたプレキャスト製品を採用することとする。

【解説】

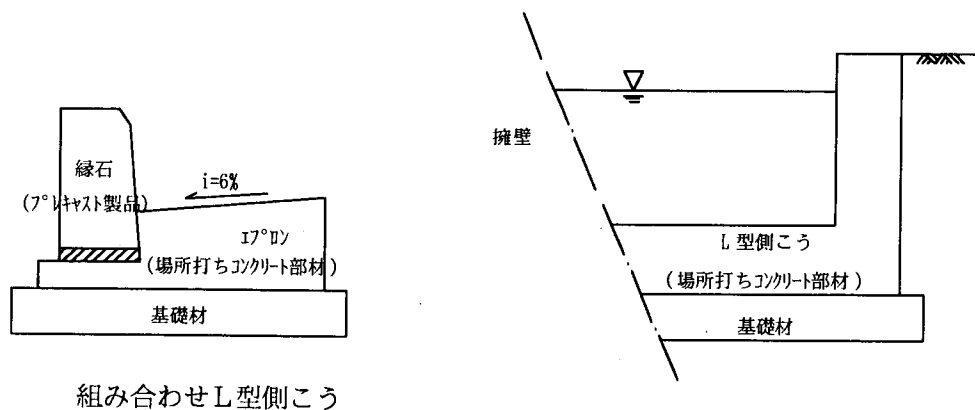
側こう類については、すでにプレキャスト化されているものがほとんどである。しかし、今後の現場作業の省力化を考えると、さらに長尺化、大型化、軽量化を考えていく必要がある。

また、今後長尺化・大型化されたプレキャスト製品を標準化・規格化していくこととする。

ただし、現場条件によりプレキャスト製品の使用が困難な以下の部材等に対しては、場所打ちコンクリート部材を使用するのがよい。

- 1) 組み合わせL型側こうのエプロン部
- 2) 路側に擁壁がある場合のL型側こう
- 3) 断面の大きなU型側こう (600mm×600mm 以上)
- 4) 集水ます

場所打ちコンクリート部材は、今後さらに、プレキャスト製品を大型化・規格化することで、使用頻度を少なくしていく。



図一解 2. 1 側こう場所打ち部

プレキャスト製品の使用が困難で、場所打ちコンクリート部材を適用する例として、以下のものをあげた。

- 1) 道路平面・縦断線形に曲線部を含む場合にプレキャストL型側こうでは凸凹ができ、二輪車などの走行性が悪くなる場合にエプロン部を場所打ちにした組合せL型側こうを適用するものとする。
- 2) 擁壁などの壁部材と抱き合わせた形で水路を設ける場合に適用するものとする。
- 3) 断面の大きな特殊な側こうについては、輸送に適さず、それほど汎用性もないと考えられるため、場所打ちとする。
- 4) 集水ますについては、配水管の勾配、土かぶりがまちまちである等の理由でプレキャスト化が困難な場合は、場所打ちとする。

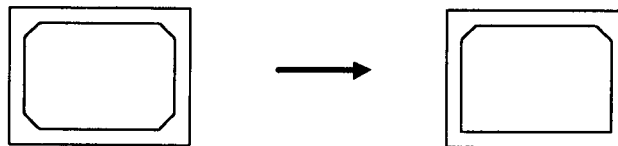
Ⅲ カルバート

1. 形状の単純化

- (1) 形状はボックスカルバートを標準とする。
- (2) 原則として斜角はつけないものとする。
- (3) 下側ハンチは設けないものとする。

【解説】

- (1) 標準的な大きさとして、内空断面 $6.5 \times 5.0\text{m}$ 、土かぶり 10m 以下を考えているため、形状はボックスカルバートを標準とする。
- (2) 斜角は原則としてつけないものとするが、やむを得ず斜角をつける場合でも 5 度ラウンドとすることが望ましい。
- (3) 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－解 3. 1 のように下側のハンチは設けない形状とする。このとき、側壁下端と底版端部において、ハンチ無しの影響を考慮して、コンクリートの圧縮応力度を許容応力度の $3/4$ 程度となる部材厚にすることとする。



図－解 3. 1 下側ハンチの除去

2 主要部材の標準化・規格化

2. 1 部材形状

部材の形状は等厚の矩形断面とする。

【解説】

工場加工や施工の自動化、機械化を促進することを目的として、部材の形状を最も単純な等厚矩形断面とする。また、標準化・規格化を目的に、部材厚を表一解3. 1のとおり規定する。

表一解3. 1 部材厚の規格 (mm)

	最小	ピッチ
部材厚	0.3	0.1

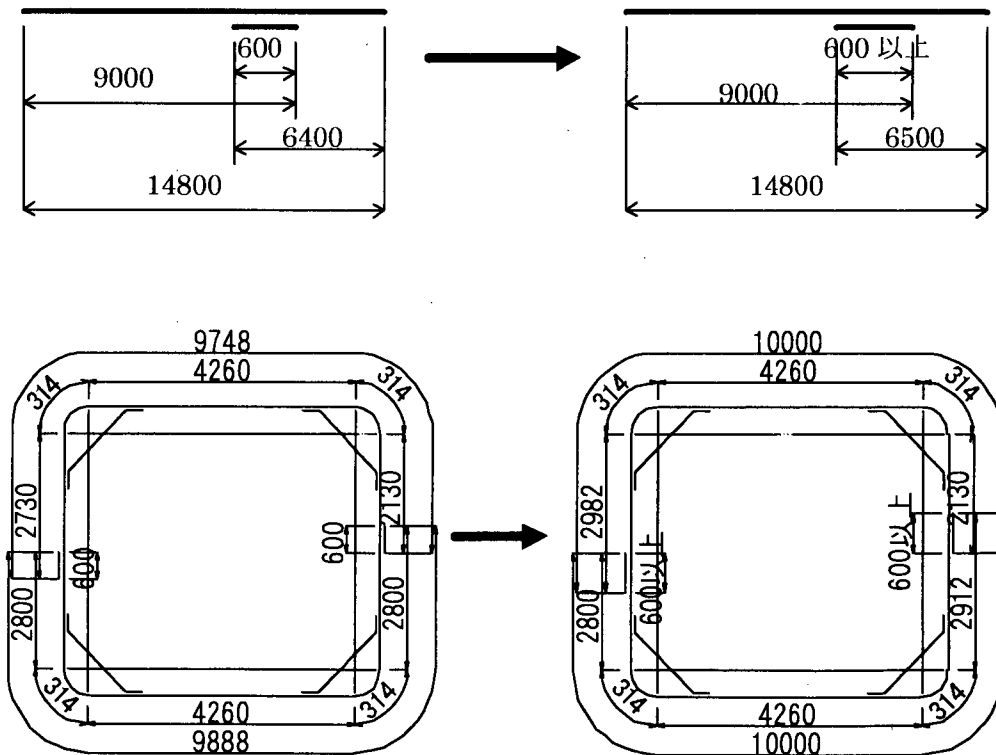
2. 2 配筋仕様の標準化

施工性を考慮し、配筋仕様は以下のとおりとする。

- (1) 重ね継手長や定着長で調整できる鉄筋は原則として、定尺鉄筋（50cmピッチ）を使用する。
- (2) 頂版、底版および側壁の配力鉄筋は主鉄筋の外側に配置する。
- (3) 主鉄筋中心からコンクリート表面までの距離は10cmを標準とする。
ただし、底版については11cmを標準とする。

【解説】

- (1) プレキャスト製品を除くボックスカルバートの鉄筋加工の単純化をはかるため、定尺鉄筋（50cmピッチ）の使用を原則とし、重ね継手長を長くすることで調整することとする。ただし、スターラップ、組立筋、ハンチ筋はこの限りではない。また、鉄筋のフック長による調整は、鉄筋の加工作業を煩雑にさせるため行わないのがよい。



図一解 3. 2 定尺鉄筋の採用例（鉄筋径 D 19）

ユニット鉄筋を使用しない場合の鉄筋の重ね継手長は以下の式により求めた値以上とする。

$$l_a = \frac{\sigma_{sa}}{4 \cdot \tau_{oa}} \cdot \phi$$

ここに、 l_a ：重ね継手長（10mm 単位に切り上げ）（mm）{cm}

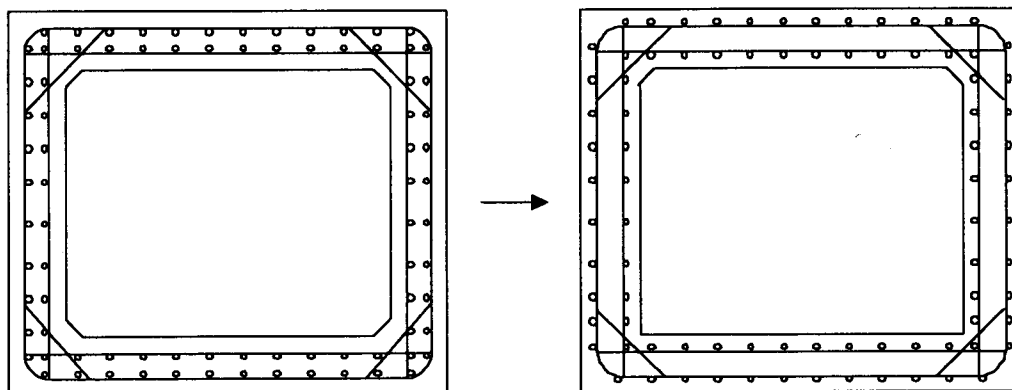
σ_{sa} ：鉄筋の重ね継手長を算出する際の許容引張応力度（200 N/mm²）{2000 kgf/cm²}

τ_{oa} ：コンクリートの許容付着応力度（1.6 N/mm²）{16 kgf/cm²}

ϕ ：鉄筋の直径（mm）{cm}

- (2) 従来の設計では施工性よりも設計計算の優位性を重要視して、主鉄筋を配力鉄筋の外側に配置していた。しかし、鉄筋の組立順序としては、従来の設計方法では施工性が悪く、また設計計算上の優位性もきわめて小さいことから施工性や荷重の分配、耐久性の確保等に配慮して配力鉄筋は主鉄筋の外側に配置することとした。

ただし、土留め壁との間隔が狭い場合や、外型枠が埋め殺し型枠の場合や、鉄筋を組む前に型枠を設置する場合には、配筋の順序を考慮し、決めなければならない。



従来配筋方法

改善配筋方法

図一解 3. 3 配筋方法の改善

- (3) 鉄筋のかぶりは、頂版・側壁の各部材については 4 cm、底版については 7 cm 以上とした。また (2) で規定した配力鉄筋の位置および、組立筋を考慮して、主鉄筋中心から、コンクリート表面までの距離を、頂版・側壁については 10 cm、底版については 11 cm を標準値とする。

2. 3 配筋の標準化

ユニット鉄筋を使用しない場合の主鉄筋径と配筋間隔、主鉄筋と配力鉄筋との関係を標準化するものとする。

【解説】

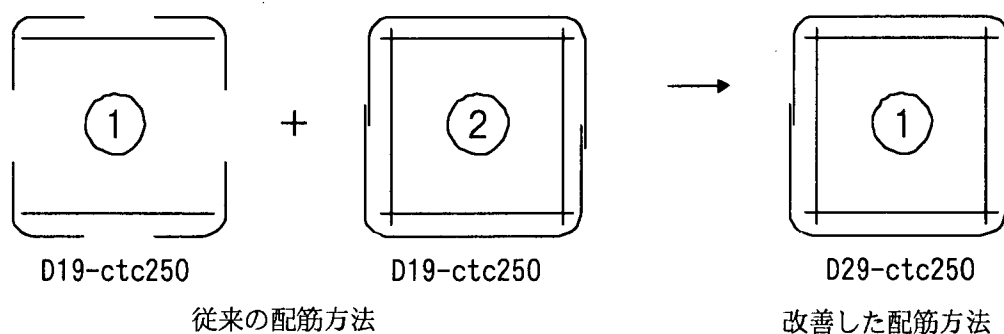
配筋仕様は次の通りとする。

- 1) 主鉄筋の鉄筋径と配筋間隔は、表一解 3. 2 の組合わせを標準とする。

表一解 3. 2 主鉄筋の鉄筋径と配筋間隔の組み合わせ

径 配筋間隔	D 1 3	D 1 6	D 1 9	D 2 2	D 2 5	D 2 9	D 3 2
1 2 5 mm				○	○	○	○
2 5 0 mm	○	○	○	○	○	○	○

鉄筋本数の低減を目的とし、応力度や鉄筋の定着などに支障のない限り配筋間隔を 2 5 0 mm とすることが望ましい。



図一解 3. 4 主鉄筋本数の低減

- 2) 主鉄筋と配力鉄筋の関係は、表一解 3. 3 の組合わせを標準とする。

表一解 3. 3 主鉄筋と配力鉄筋の組み合わせ

主鉄筋	D13	D16	D19	D22	D25	D29	D32	D22	D25	D29	D32
配力鉄筋	250mm							125mm			
D13ctc250mm	○	○	○	○	○	○					
D16ctc250mm							○	○	○		
D19ctc250mm										○	○

圧縮鉄筋および配力鉄筋などの部材設計から算出できない鉄筋については、引張側主鉄筋または軸方向鉄筋の 1 / 6 以上の鉄筋量を配置するものとして標準化したものである。

2. 4 ユニット鉄筋の使用

ユニット鉄筋の採用に際して、以下のとおり規定する。

- (1) 主鉄筋の鉄筋径はD 1 6～D 3 8とする。
- (2) 主鉄筋の配置間隔は2 5 0 mmとする。
- (3) ユニット鉄筋は面材ユニットを原則とする。
- (4) ユニット鉄筋の継手
 - 1) ユニット鉄筋の主鉄筋および配力鉄筋は重ね継手とする。
 - 2) 配力鉄筋の重ね継手長は2 0 ϕ とする。
- (5) 主鉄筋と配力鉄筋の結束方法は専門工場における自動点溶接を標準とする。
- (6) 配力鉄筋の径は主鉄筋の1/2以上とし、最小径はD 1 6とする。
- (7) 配力鉄筋の配置間隔は3 0 0 mmとする。

【解説】

- (1) 配筋間隔を250mmで統一したことにより、従来のD29etc125と同程度以上の鉄筋量を確保する目的から、主鉄筋の最大径をD38とした。
- (2) 単位mに対して割り切りの良い250mmとした。
- (3) ユニット鉄筋とは、現場での鉄筋の組立作業を大幅に削減するため、あらかじめ品質管理のゆきとどいた工場等において加工・組立が成された鉄筋を言う。
- (4) ユニット鉄筋の主鉄筋の重ね継手長は以下の式により求めた値以上とする。

$$l_a = \frac{\sigma_{sa}}{4 \cdot \tau_{oa}} \cdot \phi \times 1.3$$

ここに、 l_a ：重ね継手長(10mm単位に切り上げ)(mm){cm}

σ_{sa} ：鉄筋の重ね継手長を算出する際の許容引張応力度(200 N/mm²) {2000 kgf/cm²}

τ_{oa} ：コンクリートの許容付着応力度(1.6N/mm²) {16kgf/cm²}

ϕ ：鉄筋の直径(mm){cm}

なお、ユニット鉄筋の継手は、一断面に集中するため(いわゆるイモ継ぎ)、割り増し係数1.3を乗じた。

- (6) (7) 製作段階における溶接熱の影響をできるだけ回避する目的から、溶接箇所数の低減化を配慮し配力鉄筋のピッチを300mm、最小径をD16とした。

3 プレキャスト化

3. 1 プレキャスト部材の適用

本章ではプレキャスト部材は、横断方向に一体とすることを標準とする。なお、分割型を採用する場合は、継手構造の安全性等について確認する必要がある。

【解説】

- 1) 上・下床版と側壁を分割したプレキャスト部材として、現場にて一体とする工法については、様々な分割方法、継手構造が多岐に渡るため、本章では横断方向に一体とした構造のみを対象とすることとした。なお、分割型については、継手構造の安全性等を別途確認する必要がある。
- 2) プレキャスト部材は工場製作を前提としているため、製品の断面寸法及び1ブロックの重量は、輸送条件及び現場条件等を勘案して決定するものとする。
- 3) プレキャスト部材については、前記「1. 形状の単純化」、「2. 主要部材の標準化・規格化」の項を適用しない。

3. 2 コンクリート

使用するコンクリートの設計基準強度は $30\sim40\text{ N/mm}^2$ { $300\sim400\text{kgf/cm}^2$ } を標準とする。

【解説】

プレキャスト部材の製作は、工場製作を前提としているため、コンクリートの設計基準強度を $30\sim40\text{ N/mm}^2$ { $300\sim400\text{kgf/cm}^2$ } を標準とする。

3. 3 プレキャスト部材の接合

プレキャスト部材の縦断方向の接合は、P C鋼材または高力ボルトにより連結することが望ましい。

【解説】

プレキャスト部材の縦方向の接合は、特に継手部の止水性を確保したい場合や土かぶりが大きく変化する場合などには、P C鋼材または高力ボルトにより連結することが望ましい。

縦締め of P C鋼材に対しては、施工時におけるプレキャスト部材の引き込み力に対する検討、並びに止水性を確保するための緊張力の検討を行うものとする。

IV 擁壁

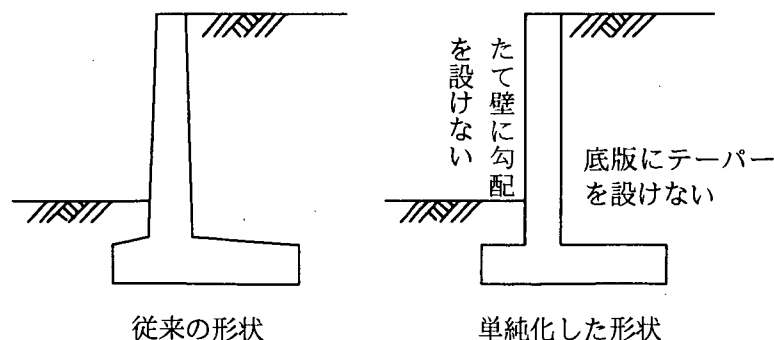
1. 形状の単純化

擁壁工の形状は、以下のように単純化することを原則とする。

- (1) つま先版およびかかと版には、テーパを設けないものとする。
- (2) たて壁背面には、勾配を設けないものとする。
- (3) 原則としてたて壁前面には、勾配を設けないものとする。

【解説】

- (1) 底版上面のテーパの高さは、通常の場合 10～20cm の範囲であり、この程度のテーパ量ではコンクリート体積の削減効果よりも鉄筋加工に伴う作業工数の増大、およびコンクリート表面仕上げに要する労力の削減の効果の方が大きいことから、底版上面にはテーパは設けないこととする。また、底版上面をレベルとすることにより、たて壁施工時の足場工の設置が容易となり、安全性の向上をはかることができる。
- (2) (3) 配筋作業と型枠等の施工性を考慮して、たて壁には勾配を設けないこととした。具体的な効果としては、セパレーター寸法の統一をはかることができ、型枠組立の効率化およびセパレーターの規格化が可能である。また、擁壁高の高い場合も作業足場と躯体との距離が一定となり、たて壁上部での張り出し足場が不用となる。ただし、擁壁が歩道などに面している場合は、歩行者に与える圧迫感を和らげる目的から、たて壁前面に 1:0.02 程度の勾配を設けるのが望ましい。この場合であっても、壁前面の鉛直鉄筋は鉛直に据え付けるのがよい。



図一解 4. 1 擁壁形状の単純化方法

2. 主要部材の標準化・規格化

2. 1 部材形状

部材の形状は、等厚の矩形断面とする。

【解説】

工場加工や施工の自動化、機械化を促進することおよび型枠の転用性の向上を目的として、部材の形状を最も単純な等厚矩形断面とする。また、標準化・規格化を目的に、部材厚、長さを表-解4. 1のとおり規定する。

表-解4. 1 各部材寸法のピッチ (mm)

	部材厚	高さ	幅
たて壁	0.1 (最小0.4)	0.1	—
底版	0.1 (最小0.4)	—	0.5

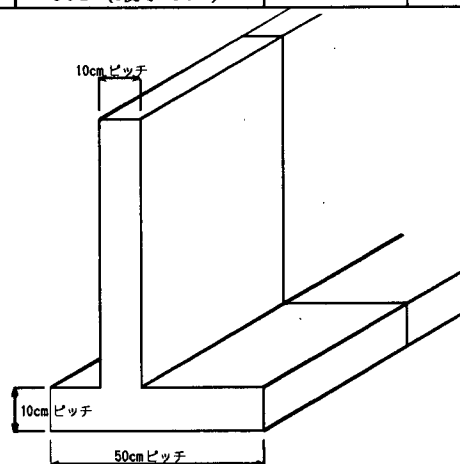


図-解4. 2 部材寸法の規格化

ただし、道路等に縦断勾配のある場合は縦断勾配にあわせて、たて壁高さを变化させるのが望ましい。

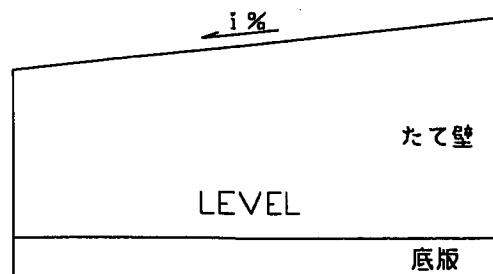
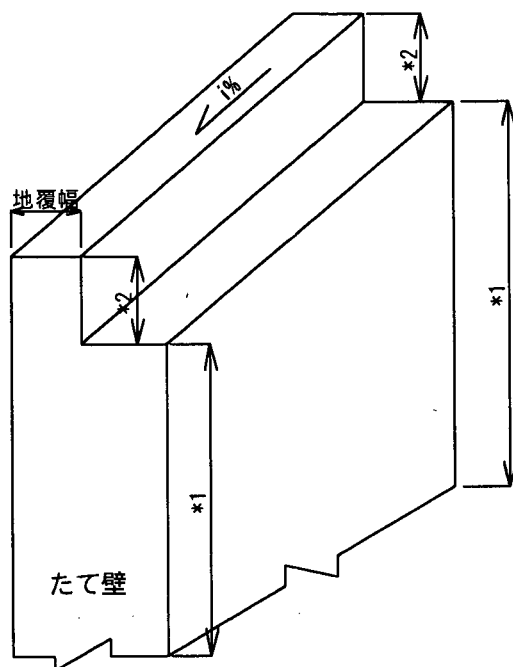


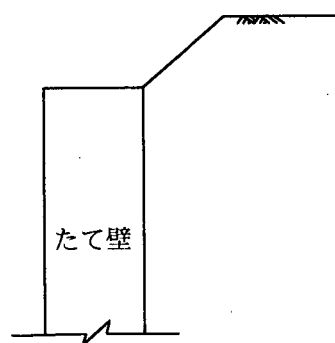
図-解4. 3 擁壁のたて壁高さの計画

また、中・大規模擁壁の天端に地覆を設置する場合でも、部材形状は等厚な断面とし、擁壁天端に突起を設けて設置する方法が考えられる。

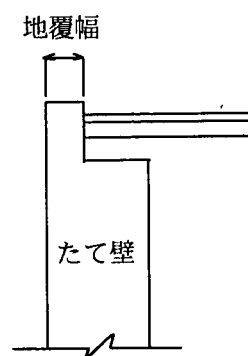


- * 1 : たて壁高さは左右で変化させる
- * 2 : 地覆高さは左右同じ

図一解 4. 4 地覆の設置



a) 擁壁背面が盛土等の場合



b) 擁壁背面が道路等の場合

図一解 4. 5 擁壁天端形状の一例

2. 2 配筋仕様の標準化

施工性を考慮し、配筋仕様を以下のとおりとする。

- (1) 重ね継手長や定着長で調整できる鉄筋は、原則として定尺鉄筋（50cmピッチ）を使用する。
- (2) 現場打ち方式の擁壁のたて壁主鉄筋の断面変化は行わない。
- (3) たて壁および底版の配筋鉄筋は、主鉄筋の外側に配置する。
- (4) 主鉄筋中心からコンクリート表面までの距離は、10cmを標準とする。
ただし、底版については11cmを標準とする。
- (5) 擁壁における底版の下側鉄筋は応力度に特に支障のない限り、つま先版とかかと版の鉄筋を統一し、原則として断面変化を行わないこととする。
- (6) 擁壁高さが変化する場合であっても、たて壁主鉄筋種類は3種類程度までとし、天端筋で調整するものとする。
- (7) 擁壁天端に、地覆等を設置する場合の地覆筋は、1種類を原則として、配筋するものとする。

【解説】

- (1) プレキャスト製品を除く擁壁の鉄筋加工の単純化をはかるため、重ね継手長や定着長で調整できる鉄筋は、原則として定尺鉄筋（50cmピッチ）を使用することとする。ただし、スターラップ、組立筋は、この限りではない。また、鉄筋のフック長による調整は、鉄筋の加工作業を煩雑にさせるため、行わないのがよい。

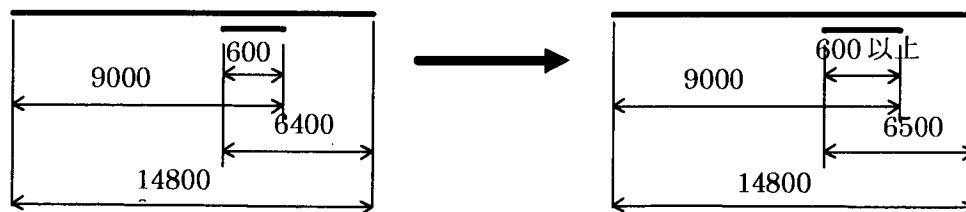


図-解4.6 定尺鉄筋の採用例（鉄筋径D19）

ユニット鉄筋を使用しない場合の鉄筋の重ね継手長は以下の式により求めた値以上とする。

$$l_a = \frac{\sigma_{sa}}{4 \cdot \tau_{oa}} \cdot \phi$$

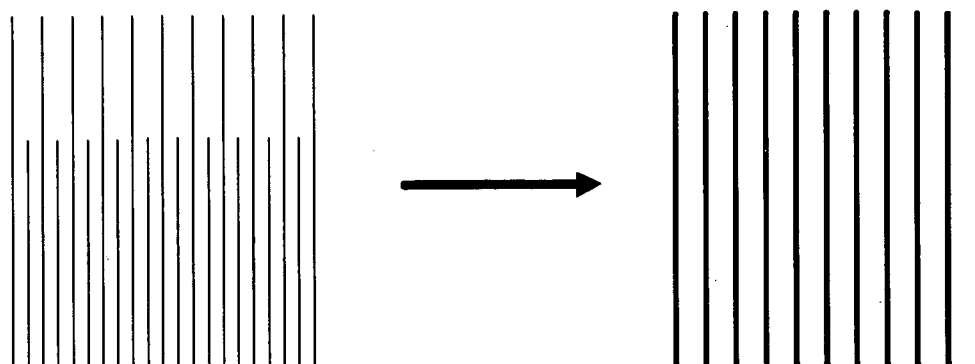
ここに、 l_a ：重ね継手長（10mm単位に切り上げ）（mm）{cm}

σ_{sa} ：鉄筋の重ね継手長を算出する際の許容引張応力度（200N/mm²）{2000kgf/cm²}

τ_{oa} ：コンクリートの許容付着応力度（1.6N/mm²）{16kgf/cm²}

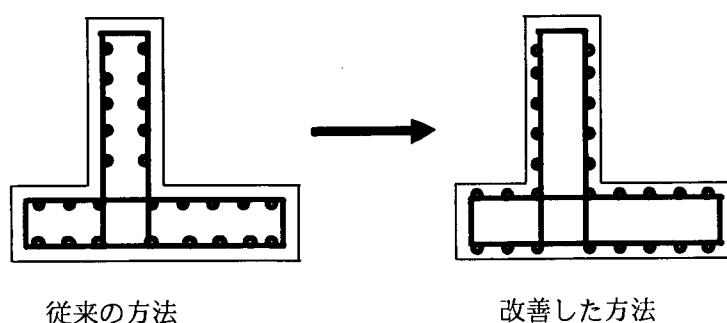
ϕ ：鉄筋の直径（mm）{cm}

- (2) 鉄筋加工および組立の省力化を図るためたて壁に対する主鉄筋の断面変化は行わないものとする。



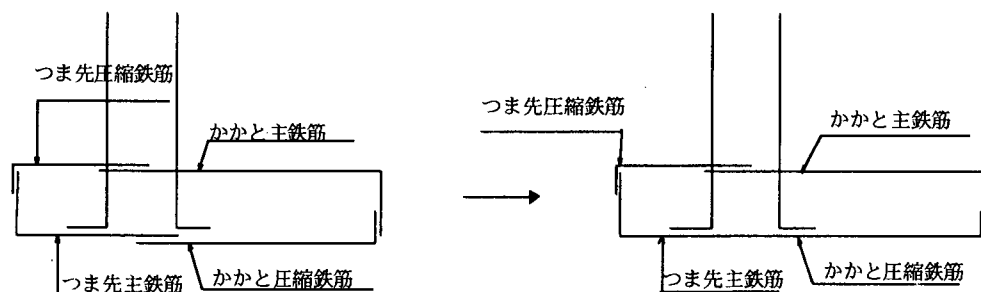
図一解 4. 7 断面変化の廃止

- (3) 従来の設計では施工性よりも設計計算の優位性を重要視して、主鉄筋を配力鉄筋の外側に配置していた。しかし、鉄筋の組立順序としては従来の設計方法では施工性が悪く、また設計計算上の優位性もきわめて小さいことから施工性や荷重の分配、耐久性の確保等に配慮して配力鉄筋は主鉄筋の外側に配置することとした。



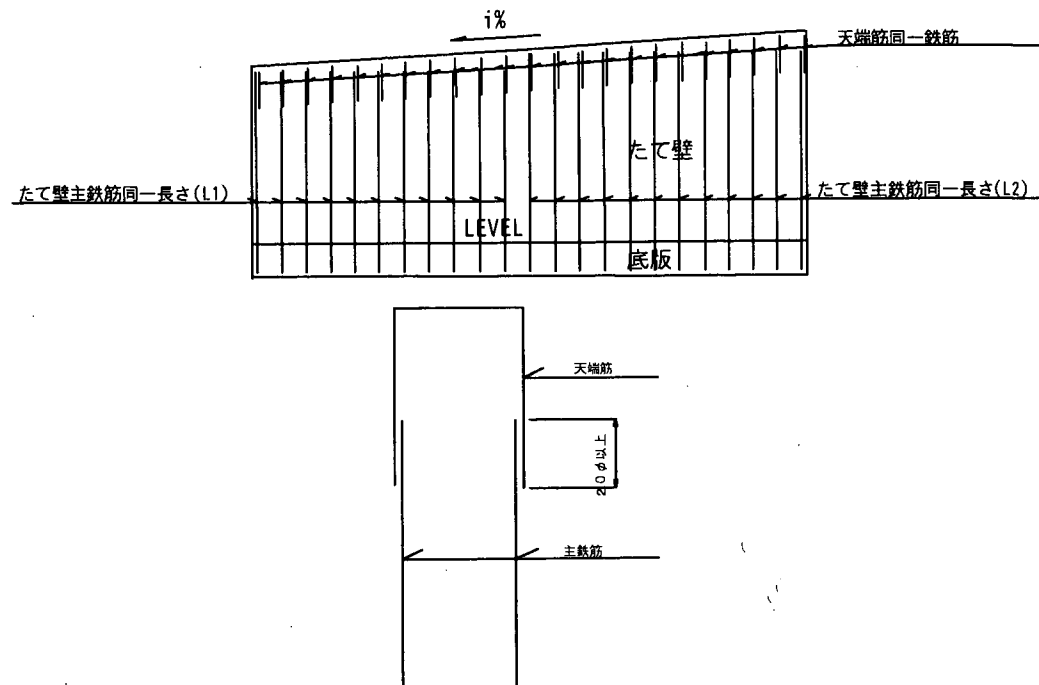
図一解 4. 8 配筋方法の改善

- (4) 鉄筋のかぶりは、たて壁については4 cm、底版については7 cm 以上とした。また(3)で規定した配力鉄筋の位置および、組立筋を考慮して、主鉄筋中心から、コンクリート表面までの距離を、たて壁については10 cm、底版については11 cm を標準値とする。
- (5) 従来の設計では、逆T型擁壁の底版主鉄筋を配置する際につま先版の鉄筋量とかかと版の鉄筋量を変化させていたが、鉄筋の加工、組立の省力化を目的として、擁壁における底版下側鉄筋は応力度に支障のない限り、つま先版とかかと版の鉄筋を統一し、一本物の鉄筋となるようにした。ここで、上側鉄筋の組立は、たて壁鉄筋配筋後となるため、鉄筋が長尺となる場合は、配筋作業を考慮して、たて壁部でラップさせるものとする。ただし、小規模の場合でつま先圧縮鉄筋とかかと主鉄筋が同径の鉄筋になる場合は、一本物の鉄筋を用いてもよい。また、下側鉄筋の重ね継手箇所がなくなるため、底版側面の鉄筋のかぶりが所定の値を確保できるよう鉄筋加工は十分な精度で行う必要がある。



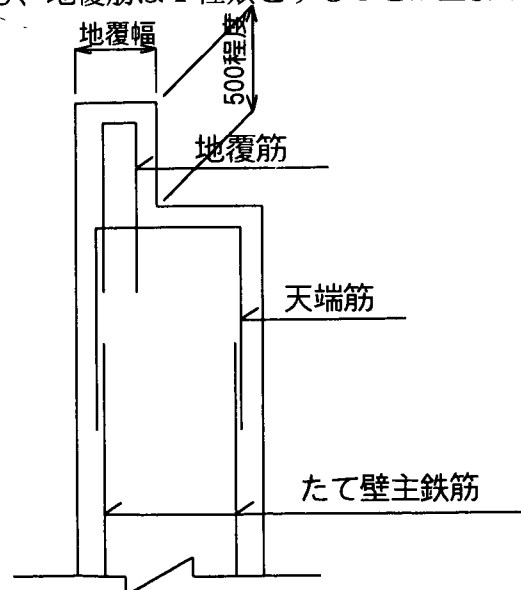
図一解4.9 底版の配筋

- (6) 擁壁の主鉄筋は、図一解 4. 1 0 のように天端筋で調整する方法とし、主鉄筋の種類数は、定尺鉄筋が使用できない場合でも 1 ブロックに対して 3 種類程度以下とすることが望ましい。



図一解 4. 1 0 縦断勾配を設けた場合の配筋

- (7) 中・大規模の擁壁の天端に地覆を設ける場合、やむを得ず地覆高を変化させる場合でも、地覆筋は 1 種類とすることが望ましい。



図一解 4. 1 1 地覆の配筋

2.3 配筋の標準化

ユニット鉄筋を使用しない場合の主鉄筋径と配筋間隔、主鉄筋と配力鉄筋との関係を標準化するものとする。

【解説】

配筋仕様は次の通りとする。

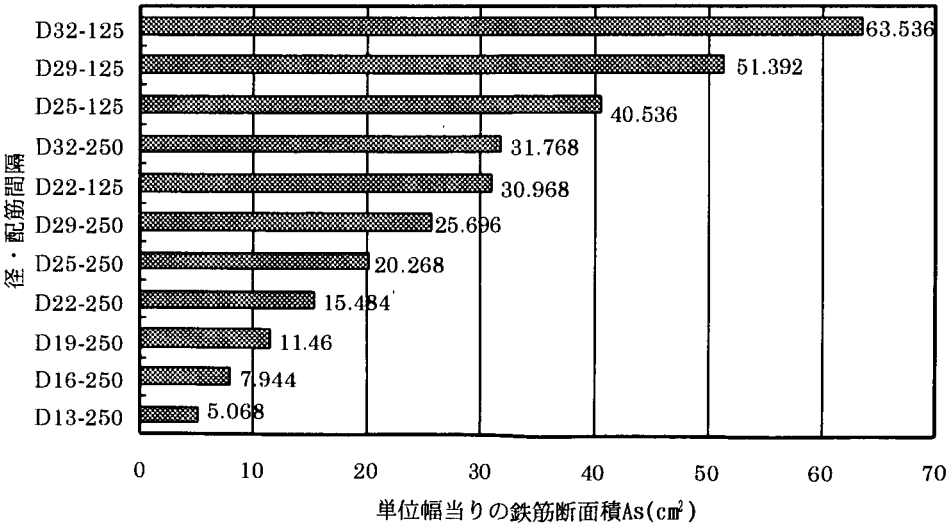
- 1) 主鉄筋の鉄筋径と配筋間隔は、表一解4.2の組合わせを標準とする。

表一解4.2 主鉄筋の鉄筋径と配筋間隔の組み合わせ

径 \ 配筋間隔	D13	D16	D19	D22	D25	D29	D32
125mm				○	○	○	○
250mm	○	○	○	○	○	○	○

鉄筋本数の低減を目的とし、応力度や鉄筋の定着などに支障のない限り配筋間隔を250mmとすることが望ましい。

- 2) 断面力に応じて、図一解4.12の下方の組み合わせから部材厚と鉄筋量の組み合わせを決定する。



図一解4.12 単位m当りの鉄筋量

3) 主鉄筋と配力鉄筋の関係は、表一解4. 3の組合わせを標準とする。

表一解4. 3 主鉄筋と配力鉄筋の組合わせ

主鉄筋 配力鉄筋	D13	D16	D19	D22	D25	D29	D32	D22	D25	D29	D32
	250mm							125mm			
D13ctc250mm	○	○	○	○	○	○					
D16ctc250mm							○	○	○		
D19ctc250mm										○	○

圧縮鉄筋および配力鉄筋などの部材設計から算出できない鉄筋については、引張側主鉄筋または軸方向鉄筋の1／6以上の鉄筋量を配置するものとして標準化したものである。

2. 4 ユニット鉄筋の使用

ユニット鉄筋の採用に際して、以下のとおり規定する。

- (1) 主鉄筋の鉄筋径はD 1 6～D 3 8とする。
- (2) 主鉄筋の配置間隔は2 5 0 mmとする。
- (3) ユニット鉄筋は面材ユニットを原則とする。
- (4) ユニット鉄筋の継手
 - 1) ユニット鉄筋の主鉄筋および配力鉄筋は重ね継手とする。
 - 2) 配力鉄筋の重ね継手長は2 0 ϕとする。
- (5) 主鉄筋と配力鉄筋の結束方法は専門工場における自動点溶接を標準とする。
- (6) 配力鉄筋の径は主鉄筋の1 / 2 以上とし、最小径はD 1 6とする。
- (7) 配力鉄筋の配置間隔は3 0 0 mmとする。
- (8) 擁壁天端に剛性防護柵を設置する場合はユニット鉄筋を用いる。

【解説】

- (1) 配筋間隔を 250mm で統一したことにより、従来の D29etc125 と同程度以上の鉄筋量を確保する目的から、主鉄筋の最大径を D38 とした。
- (2) 単位mに対して割り切りの良い 250mm とした。
- (3) ユニット鉄筋とは、現場での鉄筋の組立作業を大幅に削減するため、あらかじめ品質管理の行き届いた工場等において加工・組立てがなされた鉄筋を言う。
- (4) ユニット鉄筋の主鉄筋の重ね継手長は以下の式により求めた値以上とする。

$$l_a = \frac{\sigma_{sa}}{4 \cdot \tau_{oa}} \cdot \phi \times 1.3$$

ここに、 l_a : 重ね継手長 (10mm 単位に切り上げ) (mm) {cm}

σ_{sa} : 鉄筋の重ね継手長を算出する際の許容引張応力度 (200 N/mm²) {2000 kgf/cm²}

τ_{oa} : コンクリートの許容付着応力度 (1.6N/mm²) {16kgf/cm²}

ϕ : 鉄筋の直径(mm) {cm}

なお、ユニット鉄筋の継手は、一断面に集中するため (いわゆるイモ継ぎ)、割り増し係数 1. 3 を乗じた。

- (6) (7) 製作段階における溶接熱の影響をできるだけ回避する目的から、溶接箇所数の低減化を配慮し配力鉄筋のピッチを 300mm、最小径を D16 とした。
- (8) 剛性防護柵を設置する場合は、荷重・形状等が決められたものであるため、ユニット鉄筋を用いて規格化することとした。

3 プレキャスト化

3.1 プレキャスト部材の適用

本章ではプレキャスト部材は、横断方向に一体とすることを標準とする。なお、分割型を採用する場合は、継手構造の安全性等について確認する必要がある。

【解説】

- 1) たて壁と底版を分割したプレキャスト部材とし、現場にて一体とする工法については、様々な分割方法、継手構造が多岐に渡るため、本章では横断方向に一体とした構造のみを対象とすることとした。なお、分割型については、継手構造の安全性等を別途確認する必要がある。
- 2) プレキャスト部材は工場製作を前提としているため、製品の断面寸法及び1ブロックの重量は、輸送条件及び現場条件等を勘案して決定するものとする。
- 3) プレキャスト部材については、前記「1. 形状の単純化」、「2. 主要部材の標準化・規格化」の項を適用しない。

3.2 コンクリート

使用するコンクリートの設計基準強度は、 $30\sim40\text{ N/mm}^2\{300\sim400\text{ kgf/cm}^2\}$ を標準とする。

【解説】

プレキャスト部材の設計基準強度は、プレキャスト擁壁の部材の製作を工場で行うことを前提としているため、 $30\sim40\text{ N/mm}^2\{300\sim400\text{ kgf/cm}^2\}$ を標準とする。

第 2 章

橋梁上部・橋梁下部構造編

I 総則

1. 位置づけ

本章は、道路橋示方書に準拠した橋梁上部構造および橋梁下部構造の製作・施工の合理化を図るための設計の考え方を示したものである。

【解説】

従来の橋梁上部構造および橋梁下部構造の設計においては、材料を極力少なくすることを念頭に考え、発生する応力状態に合わせて部材断面を決定し、断面を変化させるなどしてきたため、部材形状が複雑化する傾向にあった。それにより、製作に要する加工工程が多くなったり、現場施工に手間がかかることがあったため、工場製作および現場施工の省力化や自動化がなかなか進展しない環境にあった。

従って、これまでのように資材量を最小にするために部材断面を複雑化するのでなく、製作性と施工性の両面から総労務量が省力化できるよう、できるだけ構造を簡素化し統一化することによって省力化を図ることが重要となってきた。

本章は、この観点から工場製作および現場施工の省力化がより一層の促進が図れることを目的に取りまとめたものである。対象とする設計・施工合理化策は以下のとおりである。

- (1) 構造物形状の単純化
- (2) 使用材料および主要部材の標準化・規格化
- (3) 構造物のプレキャスト化

具体的には、本章の採用により、鋼道路橋では板継ぎ溶接の削減と材片数の削減を実現させ、工場製作の省力化を推進することを目的としているものであり、構造の簡素化や統一化により、現場連結作業や床版型枠の統一化の促進を通じ、現場での省力化をも期待するものである。基本的には、すべて『鋼道路橋設計ガイドライン（案）』に準拠している。P C道路橋では、既に工場製作および現場施工の省力化を考慮した土木構造物標準設計（建設省制定）が発刊されており、桁形状の単純化、大緊張P C鋼材の使用およびP C鋼材定着の簡素化の採用を図っているので、それによることとする。橋梁下部構造については、鉄筋の加工、組立作業および型枠の製作、設置作業の省力化の促進を通じ、現場での作業の省力化を期待するものである。

なお、本章で示した構造は、将来に向けた橋梁上部構造および橋梁下部構造

の省力化構造の基本となるものであり、さらなる部材の統一化や省力化構造を推進していく必要がある。

2. 適用の範囲

(1) 本章は、原則として標準的な橋梁上部構造および橋梁下部構造に適用する。

(2) 橋梁上部構造としては、鋼道路橋およびP C道路橋とする。

【解説】

鋼道路橋については、I げたおよび箱げた断面の鋼プレートガーダー橋を対象とした。

P C道路橋については、ポストテンション方式T桁橋、プレテンション方式床版橋およびT桁橋を対象とした。

橋梁下部構造については、橋台においては重力式橋台および逆T式橋台、橋脚においては張出し式橋脚および壁式橋脚を対象とした。

本章は、標準的な橋梁上部構造および橋梁下部構造を対象に、設計、工場製作および現場施工の省力化が促進できる構造の設計の考え方を示したものである。本章における標準的な橋梁上部構造および橋梁下部構造とは、設計頻度の高いものであり、鋼道路橋では、支間長がI げた断面で20～60 m程度、箱げた断面で40～80 m程度のものである。P C道路橋では、支間長がポストテンション方式T桁橋で20～45 m程度、プレテンション方式床版橋で5～24 m程度、プレテンション方式T桁橋で18～24 m程度のものである。橋梁下部構造では、構造高さが橋台で3～15 m程度、橋脚で6～20 m程度のものである。橋梁上部構造では、基本的に斜角や曲率があまり厳しくない橋梁を対象としている。橋梁下部構造では、交差条件や河川条件などの外的条件による形状の制約がない構造を対象としている。

ただし、制約条件が多く設計条件が複雑にならざるをえないような構造物においても、常に「標準化」を念頭においた視点から判断することにより、本章を部分利用することができる。また、特に、景観に配慮する必要がある構造物等については、マニュアルに示した設計思想を踏まえ、合理的な設計を行うものとする。

3. 計画における配慮

橋梁上部構造および橋梁下部構造を計画するにあたり、設計・施工の省力化の促進を念頭において、構造上の基本諸元、形状等は極力単純な形式を採用するよう、以下の基本的事項に配慮する必要がある。

(1) 橋梁上部構造

- ① 支間長は可能な限り1 m単位ごとのラウンド数値とするのが望ましい。
- ② 主桁間隔は可能な限り統一化する。
- ③ 斜角はなるべくつけず直橋とするのがよいが、斜橋とする場合でも5度ラウンドとするのが望ましい。

(2) 橋梁下部構造

- ① 構造形式は控え壁式橋台のような複雑な形式は避け、極力単純な形式とする。
- ② 斜角はなるべくつけず直橋とするのがよいが、斜橋とする場合でも構造物の角度を直角としたり、角度を設ける場合でも5度ラウンドとするのが望ましい。

【解説】

従来の構造物の計画においては、道路線形やそれぞれの現場条件より、その形状や施工がややもすると複雑化することがあった。これは構造物に作用する外力に対し、資材のムダを出来る限り少なくしようとする「資材」中心の考え方が主であった。今後は、労務量をも考慮した全体的建設コストの縮減、生産性を配慮することが重要となってきた。このため、橋梁上部構造および橋梁下部構造の計画に際しては、構造形状を極力単純化することを念頭におき、条文の基本的事項に配慮することが重要である。

II 鋼道路橋

1. 主げたの設計

- (1) 主げたの断面変化は現場連結位置にて行なう。
- (2) フランジおよび腹板は、板継ぎ溶接のない構造とし、フランジの板幅変化もテーパ加工を行なわない同一幅の構成を原則とする。

【解説】

- (1) 主げたの断面変化は、連結位置において行なうものとする。
- (2) 連結位置におけるフランジ厚さの調整はフィラープレートで対応するものとし、腹板については板継ぎ溶接を発生させないため原則として全長にわたり一定とする。フランジの板幅変化については、基本的にはテーパ加工のないけた全長にわたる同一幅を原則とする。このため、連結位置での引張りフランジのボルト孔引きによる母材断面の増加が必要となる場合、ボルト孔引きによる影響を考慮した上で断面決定を行なうこと。

従来、主げたの設計においては発生する応力状態に合せ、フランジや腹板の板厚、板幅を変化させ、板継ぎ溶接や板幅加工により断面変化を行ってきたが、これらが工場製作時の加工数を増加させることより、本章では上記のように定めた。

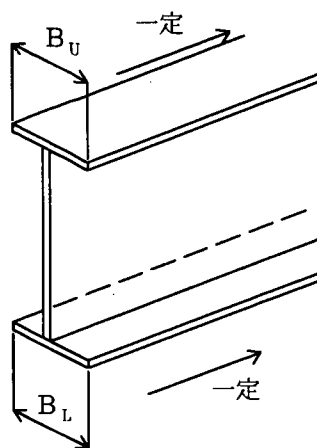
2. フランジ

上下フランジ幅はそれぞれ、けた全長にわたり同一幅とすることを原則とする。

【解説】

従来、フランジの断面変化は、板厚あるいは板幅変化により行なわれてきた。板幅を変化させる場合には、断面の急変を避けるため板継ぎ溶接により断面をすり合わせる必要があるが、本章では板厚変化には連結位置でフィラープレートの使用で調整し、板幅変化については行なわず、板継ぎ溶接の省力化を行なうものとする。

上フランジ幅をけた全長にわたり統一することは、床版の現場施工時の型枠作業やハンチ量の管理、配筋作業の省力化の効果も期待ができる。



図一解 2.1 鋸桁のフランジ幅

3. 腹板

腹板厚は、けた全長にわたり同一厚とすることを原則とする。

【解説】

腹板の板厚変化は一般に小さく、フィラープレートを用いて高力ボルト継ぎ手により部材を連結することは困難であり、かつ板厚変化を行なうと継ぎ手位置以外での板継ぎ溶接により断面のすり合せが必要となる。このため、本章では原則として腹板厚を全長にわたり同一とすることによって板継ぎ溶接をなくすものとする。

4. 水平補剛材

水平補剛材の配置は原則として1段までとする。ただし、連続げたの中間支点部等のように部分的に応力が卓越する箇所において、補剛材段数を増やすことにより腹板厚が前後と同一に出来る場合には段数を増やしてもよいものとする。

【解説】

本章では、水平補剛材の使用段数は1段までを原則とする。水平補剛材をなくした場合、製作加工数が低減すると共に、構造的な面からも溶接歪みの低減

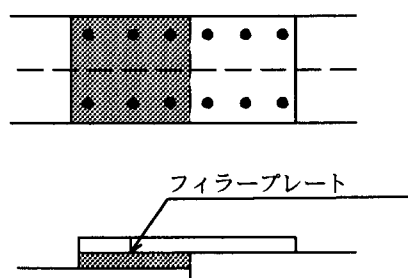
による耐久性の向上等の効果が期待できる。そこで著しい構造物重増にならない範囲で腹板厚を厚くするものとする。

5. 連結

- (1) 板厚差のあるフランジの高力ボルト継ぎ手は、原則としてフィラープレートを用いて連結する。
- (2) 腹板の高力ボルト継ぎ手は、原則としてモーメントプレートとシアプレートを一体化した連結板を用いる。

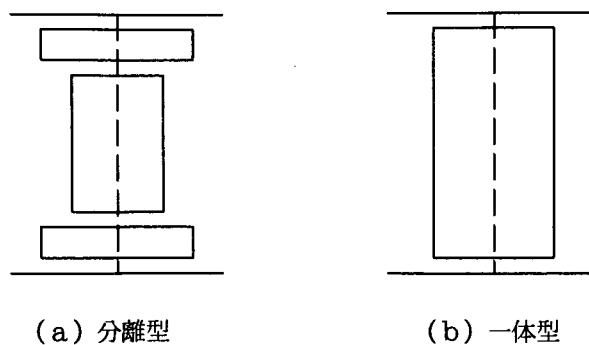
【解説】

- (1) フランジの連結は、図－解 2.2 のようにフィラープレートを用いて板厚調整を行なう。



図－解 2.2 フランジの連結

- (2) 腹板の高力ボルト継ぎ手に用いる連結板は、材片数の削減および接合作業の省力化等の観点より、図－解 2.3 (b) に示すモーメントプレートとシアプレートの一体型を原則とする。



(a) 分離型

(b) 一体型

図－解 2.3 腹板の連結

6. 使用形鋼

1 橋梁内において、使用する形鋼の種類数は 1 ～ 2 種類程度とするのが望ましい。

【解説】

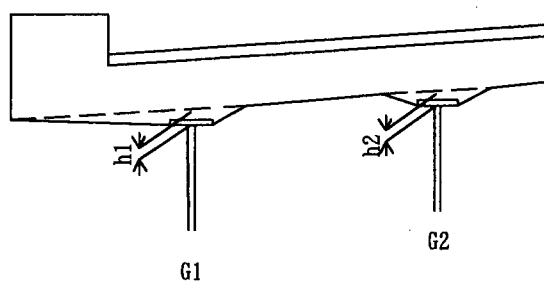
プレートガーダー橋においては、対傾構や横構に形鋼（ $\left[\begin{array}{c} \text{—} \\ \text{—} \end{array} \right]$ 等）を使用する。使用形鋼の仕様や規格の標準化を目的として、1 橋梁内においては、それぞれの形鋼の使用種類数は 1 ～ 2 種類程度とするのが望ましい。

7. 床版ハンチ

鉄筋コンクリート床版のハンチ量は、1 橋梁内において一定とするのが望ましい。

【解説】

鉄筋コンクリート床版の場合現場での型枠作業およびハンチ量の管理、配筋作業の省力化の観点より、ハンチは 1 橋梁内において一定とするのが望ましいが、やむを得ない場合でも 1 主桁内において一定とするのがよい。



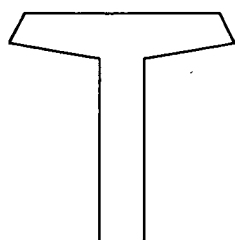
$h1$ 、 $h2$ は橋軸方向、橋軸直角方向とも同一とすることが望ましいが、片勾配すりつけなどにより、やむを得ない場合には、 $h1 \neq h2$ としてもよい。

図一解 2.4 床版のハンチ量

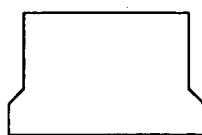
Ⅲ P C道路橋

1. 主桁形状

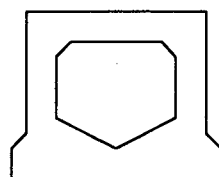
T桁橋およびプレテンション方式床版橋における主桁の断面形状は、図－3.1のような単純な形状とする。



T桁橋



床版橋



図－3.1 主桁形状

【解説】

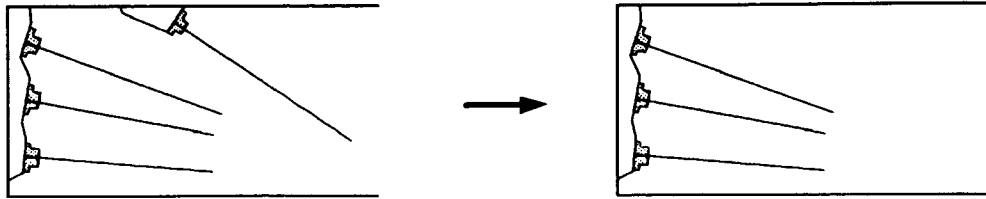
T桁橋およびプレテンション方式床版橋においては、既に標準設計が改定されており、鉄筋加工の簡易化、型枠の転用の効率化およびコンクリートの打設性の向上と高品質化等を考慮して、主桁形状を単純化しているのでそれに準ずる。

2. P C鋼材の定着

ポストテンション方式T桁橋におけるP C鋼材は、原則として端部定着とする。

【解説】

ポストテンション方式T桁橋においては、既に標準設計が改定されており、P C鋼材の緊張作業工数の省力化及び耐久性を考慮し、P C鋼材の容量を増大させる等してP C鋼材の上縁定着を廃止し、すべて端部定着としているのでそれに準ずる。



図一解 3.1 ポストテンション方式T桁橋におけるPC鋼材の定着

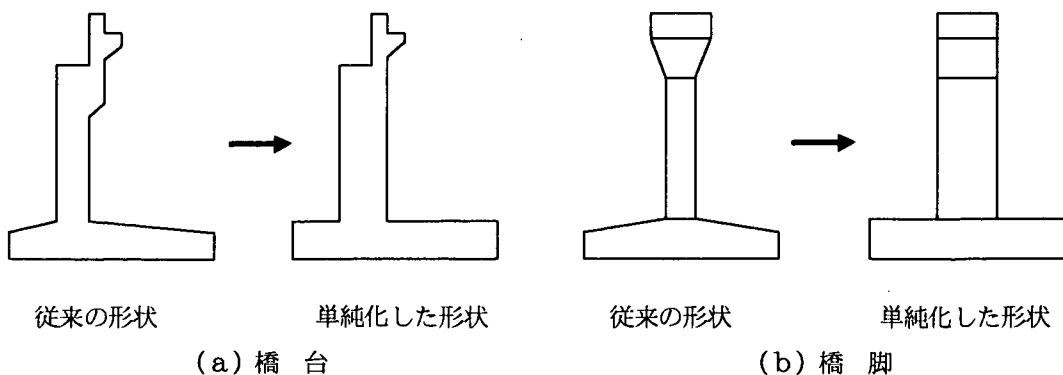
Ⅳ 橋梁下部構造

1. 躯体形状

- (1) 橋台（重力式は除く）のたて壁および橋脚の柱の形状は、原則として変化させないこととする。
- (2) 橋台および橋脚のフーチング上面のテーパは、原則として設けないこととする。

【解説】

- (1) 型枠の製作・設置作業や鉄筋の加工・組立作業の省力化および足場工の単純化による安全性の向上などを目的に、橋台のたて壁および橋脚の柱の形状は、原則として変化させないこととした。また、これにより橋台においては、不同沈下の要因ともなる裏込め土に対して転圧を十分に行うことができる。ただし、河川内に設置する橋脚などで柱幅に制約条件が伴いやむを得ない場合は、柱形状を変化させてもよい。また、円形柱の橋脚の場合で、柱径が必要な沓座幅（橋軸方向のはり幅）よりも著しく大きくなる場合は、はり幅を柱幅に合わせない方がよい。
- (2) 鉄筋の加工作業の省力化やフーチング上面のコンクリート表面仕上げを容易にすること、および足場工の設置面をレベルにすることによる安全性の向上などを目的に、橋台および橋脚のフーチング上面のテーパは原則として設けないこととした。



図一解 4.1 躯体形状の単純化

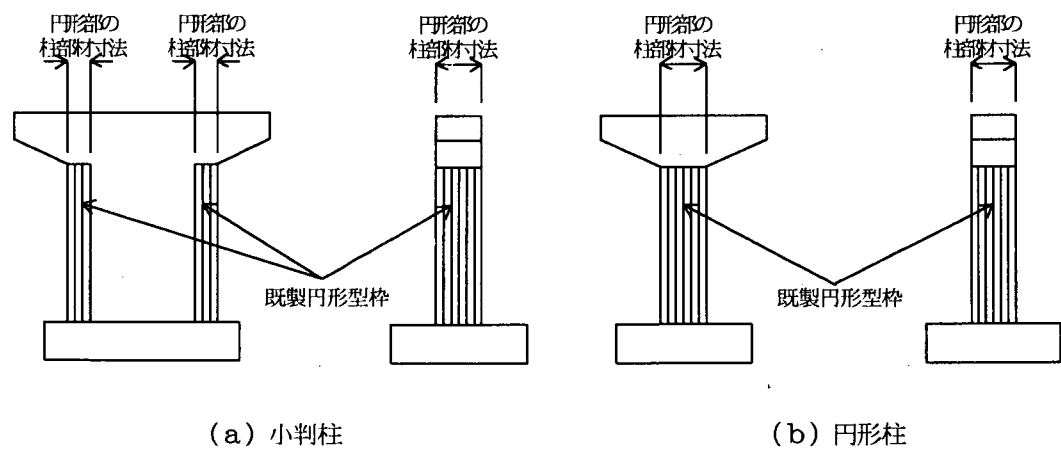
2. 部材寸法の標準化（円形型枠の規格化）

橋脚における小判形や円形の柱での円形部の寸法は、表－4. 1 に示す値とするのが望ましい。

表－4.1 円形部の柱部材寸法 単位(m)					
円形部の柱部材寸法（直径）					
1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5

【解説】

従来、橋脚における小判形や円形の柱での円形部の寸法はまちまちであり、その結果、円形の既製型枠が存在せず、各現場での準備や型枠製作等が煩雑となっていた。したがって、型枠の製作・設置作業の省力化および効率的な転用を目的として、従前の施工実績を考慮して円形部の柱部材寸法の標準化、集約化を図り、既製の円形型枠の規格化および普及を促進させる。また、将来的には円形型枠の規格化によるプレキャスト型枠の大量生産により、コスト縮減、工期短縮および安全性の向上などが期待できる。ただし、制約条件が伴いやむを得ない場合は、この限りではない。



図一解 4.2 円形型枠の規格化

3. 使用材料

(1) コンクリートについて

橋台（重力式は除く）および橋脚のコンクリートの設計基準強度は、 $\sigma_{ck}=24\text{N/mm}^2$ {240kgf/cm²} を標準とする。重力式橋台のコンクリートの設計基準強度は、 $\sigma_{ck}=18\text{N/mm}^2$ {180kgf/cm²} を標準とする。

(2) 鉄筋について

橋台および橋脚の鉄筋の材質は、SD 3 4 5 を標準とする。

【解説】

- (1) 高強度化による耐力の向上および材料低減からのコスト縮減ならびに耐久性の向上を目的として、橋台（重力式は除く）および橋脚のコンクリートの設計基準強度は、 $\sigma_{ck}=24\text{N/mm}^2$ {240kgf/cm²} を標準とすることとした。重力式橋台は、コンクリートの設計基準強度の最低値の見直しにより、 $\sigma_{ck}=18\text{N/mm}^2$ {180kgf/cm²} を標準とした。
- (2) 高強度化による耐力の向上および材料低減からのコスト縮減を目的として、橋台および橋脚の鉄筋の材質は、SD 3 4 5 を標準とすることとした。

4. 配筋仕様

- (1) 配筋に際しては、重ね継手長や定着長で調整できる鉄筋は、原則として定尺鉄筋（50cmピッチ）を使用する。
- (2) 橋台のバラベットの主鉄筋は、原則として前面と背面の鉄筋を同一（径、間隔）とする。
- (3) 橋台および橋脚における各部材の主鉄筋は、応力度に支障のない限り、配筋間隔を250mmとするのがよい。
- (4) 橋台の配力鉄筋は主鉄筋の外側に配置する。
- (5) 橋台におけるフーチング下面の主鉄筋は、応力度に支障のない限り、前趾と後趾の鉄筋を統一し、原則として断面変化を行わないこととする。
- (6) 橋台のたて壁は、1段配筋とするのが望ましい。

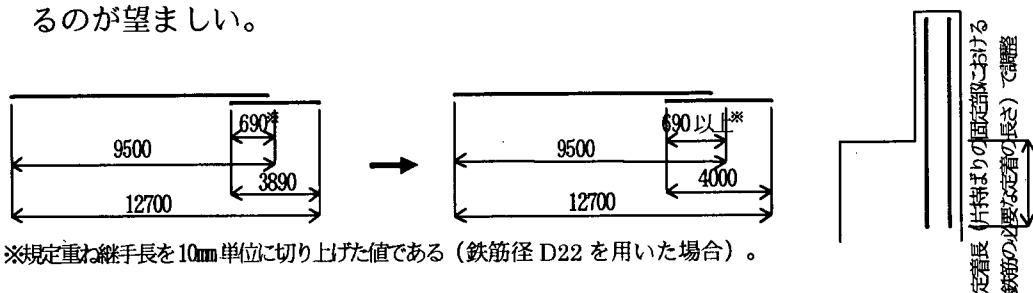
【解説】

- (1) 配筋に際しては、鉄筋の切断作業の省力化を目的に、重ね継手長や定着長で調整できる鉄筋は、原則として定尺鉄筋（50cmピッチ）を使用する

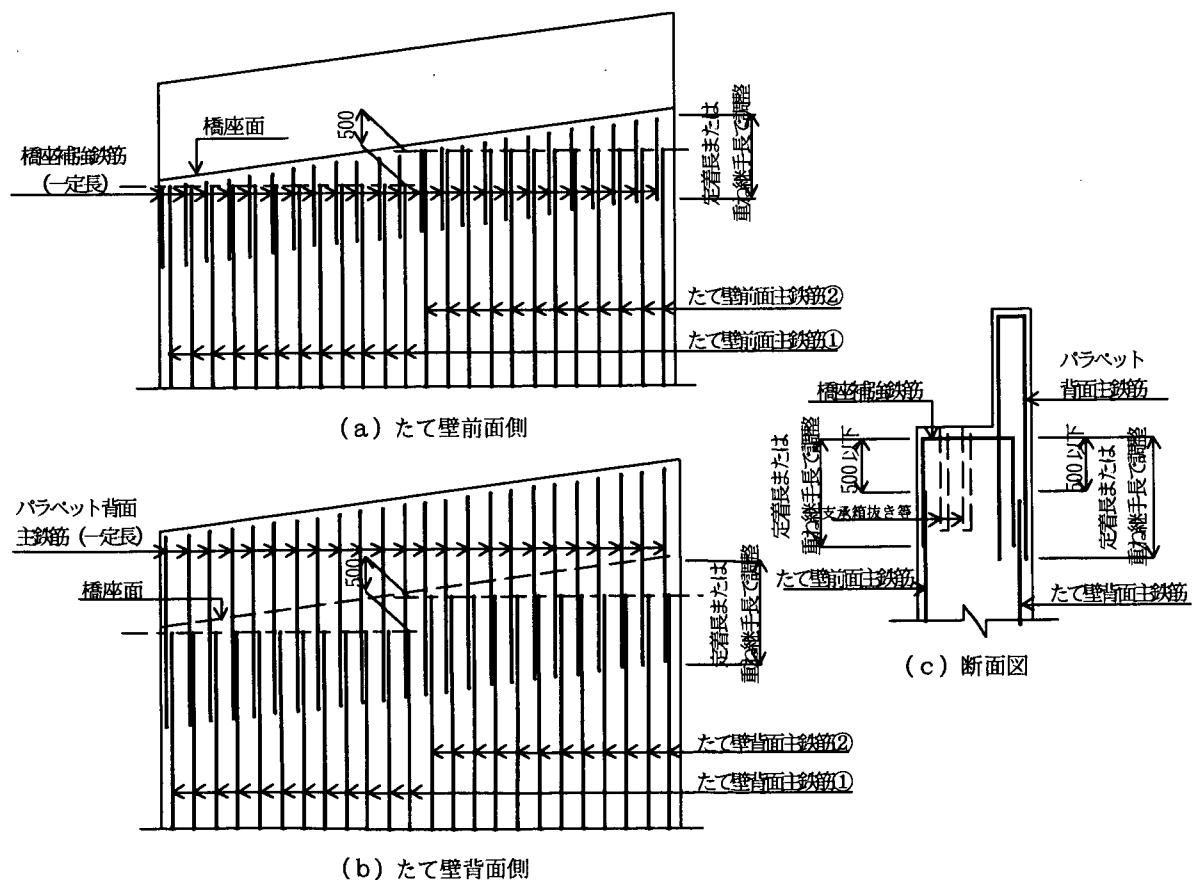
こととした。鉄筋のフック長による調整は、鉄筋の加工作業を煩雑にさせるため、行わないのがよい。

重ね継手長の調整により行う場合は、鉄筋の組立作業の省力化のため、設計図面上は図－解 4.3 のように規定重ね継手長（道路橋示方書Ⅳ下部構造編式 4.4.1）以上と表すのがよい。

橋台のたて壁の主鉄筋は、図－解 4.4 に示すように、パラベットの背面側の主鉄筋または橋座補強鉄筋との調整を行ったうえで、定尺鉄筋を用いるのが望ましい。

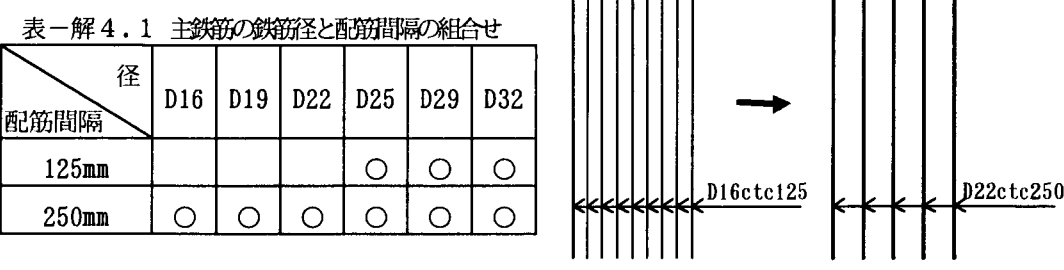


図－解 4.3 定尺鉄筋の採用例



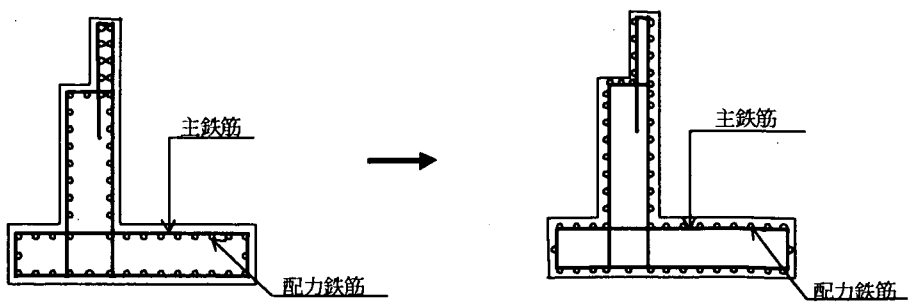
図－解 4.4 参考例

- (2) 鉄筋の加工・組立作業の省力化を目的に、橋台のパラペットの主鉄筋は、踏掛版の有無にかかわらず前面と背面の鉄筋を同一径、同一間隔とすることとした。
- (3) 鉄筋の加工・組立作業の省力化を目的に、橋台および橋脚の主鉄筋は、表一解4.1に示すように配筋間隔を250mmとして鉄筋本数の低減を図るのが望ましい。



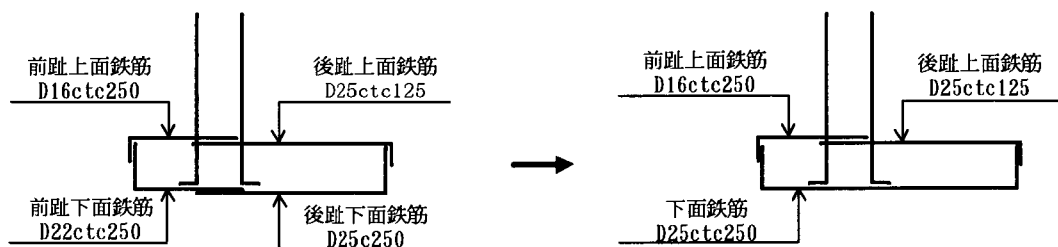
図一解4.5 主鉄筋本数の低減

- また、はりのスターラップにおいても配筋間隔（最大300mm）を広げて本数を減じるのがよいが、鉄筋の加工作業を考慮すると鉄筋径は最大D22までとするのが望ましい。
- ただし、橋台のパラペットのように上部構造の施工工程により鉄筋本数が増しても細径の方が望ましい場合などは、これによらなくてもよい。
- (4) 従来の設計においては、施工性よりも設計計算の優位性を重要視して、橋台のフーチングでは主鉄筋を配力鉄筋の外側に配置していた。しかし、フーチング上面鉄筋の組立順序としては、従来の配筋方法は施工性が悪く、また、設計計算上の優位性もきわめて小さいものである。したがって、フーチング上面鉄筋の施工性を向上させるとともに、荷重の分配や耐久性の確保のために、フーチング上下面の配力鉄筋は主鉄筋の外側に配置することとした。



図一解4.6 配力鉄筋の配筋方法

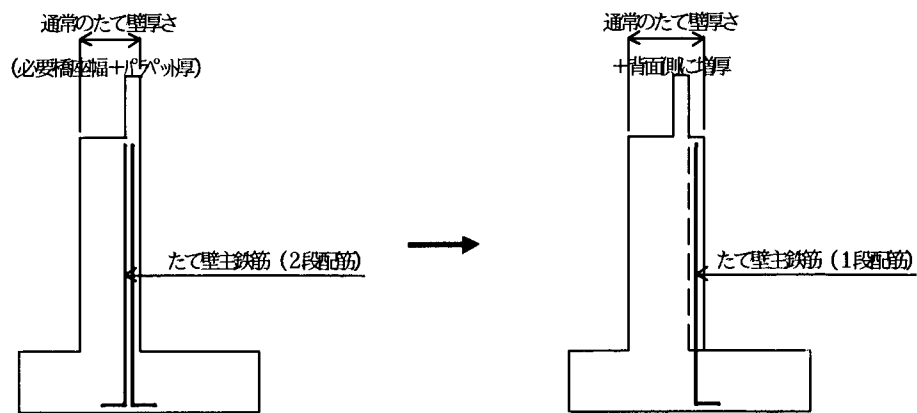
- (5) 鉄筋の加工・組立作業の省力化を目的として、橋台におけるフーチング下面の主鉄筋は、応力度に支障のない限り、前趾と後趾の鉄筋を統一し、1本物の鉄筋となるようにした。ここで、下面鉄筋のみとしたのは、上面鉄筋はたて壁主鉄筋との組立順序から1本物の鉄筋を使用すると、逆に作業効率が低下する恐れがあるからである。ただし、フーチング幅が小さく前趾と後趾の上面鉄筋が同一径となる場合は、1本物の鉄筋を用いてもよい。また、下面鉄筋においてフーチング幅が8mを越えるような場合は、鉄筋のハンドリングが悪くなり、作業効率や作業時の安全性を低下させる恐れがあるため、1本物の鉄筋は用いないのがよい。



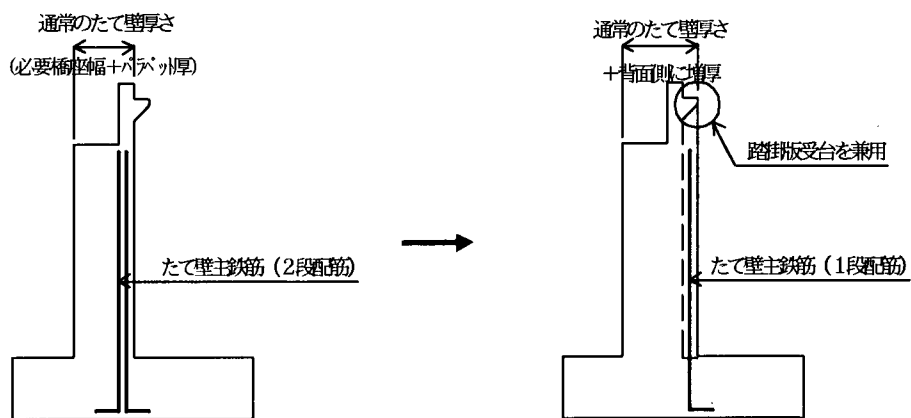
図一解 4.7 フーチング下面鉄筋の配筋例

- (6) 橋台のたて壁の背面側は、一般に制約条件等が伴わないので、鉄筋の加工・組立作業を考慮すると、橋台のたて壁は1段配筋が望ましい。たて壁が応力上、通常のたて壁厚さで1段配筋が不可能な場合、図一解4.8のようにたて壁厚さを背面側に増し、1段配筋となるようにするのが望ましい。したがって、踏掛版を設置する場合は、踏掛版受台を兼ねた形状とすることにより、踏掛版受台の鉄筋の加工・組立作業や型枠の製作・設置作業の省力化となる。なお、たて壁上部において計算上不要な部材厚さとなっても、鉄筋、型枠、足場等の施工性を考慮すると、たて壁背面側に勾配を設けるのは好ましくない。

ただし、たて壁厚さを過大に増すと、基礎への影響が大きくなりフーチング寸法が大きくなったり、杭本数が増す恐れがあるので、検討する必要がある。



(a) 踏掛版を設けない場合



(b) 踏掛版を設ける場合

図一解 4.8 たて壁厚さを背面側に増す場合の例