# 指針の改訂及び土被りの変更を踏まえた箱型函渠の修正設計の事例

○金城 博之 <sup>1</sup> · ○外間 勝貴 <sup>1</sup> · ○城間 大賀 <sup>1</sup>

1(株)沖縄建設技研(沖縄県浦添市字前田1124番地)

キーワード: 箱型函渠、道路土工カルバート工指針、道路計画、埋戻し材

## 1. はじめに

沖縄西海岸道路は、交通混雑の緩和と沿 道環境の改善を図る主要幹線道路としての 整備が進められている。その一部において、 平成21年度に箱型函渠の設計が実施され た(以下、当初設計)。当初設計は、平成11 年度の道路土工カルバート工指針(以下、旧 指針)に準拠して設計がされていた。平成 22年度に改訂されていることから、設計方 法等の照査が必要となった(以下、新指針)。

本報文では、平成21年度に設計された箱型函渠に対して指針の改訂および設計条件の見直しをしたうえで、修正設計を行った事例について報告する。

## 2. 道路計画および現地状況

本設計箇所は、図-1 に示すように幹線道路と村道が交差する場所であり、幹線道路は、アンダーパスとなることから箱型函渠が計画された。



図-1 幹線道路の完成形イメージ図

また、現地状況は、写真-1 に示すように 区画整理事業に伴い村道の一部が整備され ており、幹線道路の箱型函渠および補強土 壁の構築を目的とした開削工事が予定され ていた。



写真-1 現地の上空写真

### 3. 設計条件の概要

当初設計における主な設計条件および標準断面は、以下に示すとおりであった(図-2 参照)。

- ①準拠基準:旧指針
- ②断面:外幅21.4m×外高7.4m

(内幅 9.7m×内高 5.4m 二連函渠)

- ③ 士被り: 2.5m
- ④埋戻し材:盛土材(γ=19kN/m3)

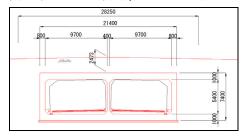


図-2 当初設計の箱型函渠の標準断面図

## 4. 問題点

## 4.1 要求性能への対応

当初設計は、旧指針に準拠し、許容応力 度法を用いた照査が行われた。新指針では、 要求性能に応じた限界状態を設定し、それ を越えないことを照査する必要がある。

したがって、限界状態設計法の要求性能 を満足する構造形式を設定することが問題 となった。主な改訂内容は、表-1 のとおり。

表-1 主な改訂内容

	T-2 (= (1 = 4: A))	T-*
項目	平成11年版(旧指針)	平成22年版(新指針)
カルバートの		所定の構造形式や材料、規模の範囲内にあるカル バートは、従来型と位置付けられ、長年の経験の蓄積 により慣用設計法を適用できるものとされた。 従来型カルバートの適用範囲を超えるカルバートは、 各作用に対する挙動の相違を検討したうえで、適切か つ総合的な設計を行う必要がある。
設計法	許容応力度法	カルバートの要求性能に応じた、限界状態設計法
144	カルバートの設計においては、一般に地震の影響を 考えなくてよい。これは、従来型カルバートではこれま での実績から、特に地震の影響を考慮しなくても目 立った損傷が生じなかったため。	レベル1地震動及びレベル2地震動の2種類の地震動を想定する。

### 4.2 交差点計画の修正

箱型函渠上の交差点形状は、当初設計に おいて、図-3に示すように十字路交差点で あった。

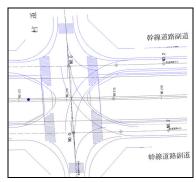


図-3 十字路交差点時の平面計画

その後、周辺地域の区画整理事業の変更に伴い、交差点形状が、図-4に示すように丁字路交差点へと変更された。当該変更に伴い、縦横断等の修正が実施されていたものの、箱型函渠には反映されていなかった。

この状況を踏まえ、縦断計画を照査した 結果、土被りが 2.5m から 2.1m となること が判明した。

したがって、土被りを踏まえた構造評価 を行うことが問題となった。

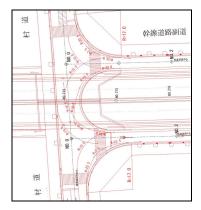


図-4 修正後の平面計画(丁字路交差点)

## 4.3 埋戻し材の適切な評価

当初設計の埋戻し材は、一般的な盛土材を想定し、単位体積重量を $\gamma=19$ kN/m3として設定されていた。ここで、箱型函渠はアンダーパスであるため、現地盤を開削した後に設置することから、現場発生材の流用を想定される。この現場発生材は、本設計箇所一帯が琉球石灰岩層であることから単位体積重量は $\gamma=20$ kN/m3である。

したがって、埋戻しを適切に評価したう えで、構造計算に反映することが問題点と なった。

#### 5. 課題

問題点を踏まえ、本設計に対しての課題は以下のとおりである。

- ①箱型函渠の適用範囲を踏まえた構造形式 の再評価を行うことが課題である。
- ②道路計画の修正に伴う土被りを踏まえた 構造評価を行うことが課題である。
- ③本業務で実施したボーリング調査結果および過年度工事にて実施された材料試験結果を参考に、埋戻し材の土質定数を決定したうえで、構造評価を行うことが課題である。

## 6. 課題に対する解決策

適切な構造評価を行うための課題解決策 として、箱型函渠の構造の見直しおよび条 件の再整理を行った。

## 6. 1 NETIS を利用した比較検討

当初設計では、現場打ちおよびプレキャスト製品による比較検討が行われ、経済性や耐震性の面から現場打ち箱型函渠が採用された。

しかし、当初設計から約10年経過していることを踏まえると、プレキャスト製品の新たな技術開発によって品質向上や工期短縮などの生産性向上が図れている。

したがって、適切な構造形式を選定する ことを目的とした、再比較を実施した。

比較する構造は、NETIS(新技術情報提供システム)を利用し、表-2に示すとおり、第1案:現場打ち箱型函渠、第2案:MaxBox+、第3案:FAボックスを選定した。

比較項目は、品質、維持管理性、施工性、 施工工程、経済性の5項目とした。 比較検討の結果より、第2案および第3 案のプレキャスト製品が品質、維持管理性 および施工性に優れており、特に施工工程 は約5~9カ月の工期短縮が図れる。

しかし、経済性においては、第1案現場 打ちに対して約1.7~2倍と高価となる。

本設計箇所は、写真-1 に示したとおり施工において支障となる物件がないことから、比較検討のうえでは工期短縮よりも経済性を優先する必要がある。

これらを総合的に評価した結果、当初設計と同様に第1案:現場打ち箱型函渠を採用した。

## 6.2 現場打ち箱型函渠の再評価

## (1)設計条件の再設定

現場打ち箱型函渠の規格は、B21.4m×H7.4mの二連函渠であり、新指針における従来型の適用範囲(B6.5m×H5.0m以下)から外れる。

したがって、設計を行ううえでは、柔軟な基準の運用が重要である。

第1案 現場打ちボックスカルバート 第2案 MaxBox+ (マックスボックスプラス)工法 NETI3登録番号 #8752223-1 -0-01-286424 -0-01-286424 8 2400 8 :設計土被りH=3.0mの場合、製品重量が増加し運搬が不可能となる ※設計土被りH=1.6mに変更し、BOX高さを変更することにより当案の採用がi ・FAボックスは、3分割した部材をループ離手および現場打ちコンクリートで一体化し部材 圧強固に解検するハープブレキャスト製品である。 ・3分割されにプレキャスト部材と現場打ちコンクリートを併用した人際面ボックスカル (トトである) ・MaxBox・工法は、PC額材の緊張力により結合するPC圧着工法を採用した開結合方式の耐急 性能プレキャスト式ポックスカルバート製品である。 ・多分階されたプレーマストコンクリート製品の部材と現場地エのコンクリート底版と組 合せることにより構築される。 構造の特徴 一般的な構造であり、実績が多い。 ・底版の現場打ちコンクリート以外は、プレキャスト製品であるため、ひび割れ 等の発生リスクを軽減でき品質が安定する。 ・プレキャスト部材の連結は、PO腕材の緊張力で圧着接合させ剛結合となり、耐 繁性が高い。 底版の現場打らコンクリート以外は、プレキャスト製品であるため、ひび割れ の発生リスクを軽減でき品質が安定する。 耐震性能(レベル2)を満足した現場打ちボックスカルバートとするため、設計 整備度を高くする必要があり、その条件から水セメント比の関係により、ひび 割れの発生を誘発させやすくなることから、プレキャスト製品より品質が低下す。 《施工実績からの参考※ - 成28年度熊本地震における震度6強または震度6頭において、ひび割れやずれ等 損傷が見られなかった実績より、耐震性が確保されている。 ・現場打ちコンクリート構造であることから、他薬に比べ品質が低下する可能性 小高いため、維持管理が重要となる。 コンクリート構造物であるため、一般的な維持管理が必要である。 表面減電工法を行うことで、予防対策となる。 現場打ちポックスカルバートより品質が良いため、構造物の劣化を抑制でき 現場打ちボックスカルバートより品質が良いため、構造物の劣化を抑制でき 。 コンクリート構造物であるため、一般的な維持管理が必要である。 表面被覆工法を行うことで、予防対策となる。 o。 ・コンクリート構造物であるため、一般的な維持管理が必要である。 ・表面被覆工法を行うことで、予防対策となる。 プレキャスト製品とすることで、現場における設置・組立の作業が少なくな リ、工期短絡および名人は7回れる。 現場における後に回答性。写真管理等)の軽減が図れる。 建設労働災害の危険性の減少が図れる。 - プレキャスト製品とすることで、現場における設置・組立の作業が少なくな ) 工調短縮および多人化が個れる。 ・現場における能に管理(温質管理・写真管理等)の軽減が図れる。 ・建設労働災害の危険性の減少が図れる。 一般的な現場打ちコンクリート構造であるため、施工方法は確立されている。 現場での型枠設置撤去、鉄筋加工組立、コンクリート打設となることから、他 核プレキャスト製品》に比べて施工管理作業が多くあり、また、鍵設労働災害の 以欠りもある。 施工性 施工 施工工程 足場工、支保工、据付:146日 (10点 ※第1案に比べ40.5%工期短縮 (10点 L=24.0m当たり 函集工(本体) - / 支保2 137, 023, 465 円 67, 423, 732 円 23, 869, 056 円 足場工(支保工) 足場工(支保工) 足場工(支保工) 10, 275, 440 円 据付工 直接工事費 7, 418, 369 円 6, 311, 603 PJ 経済性 ・LUUプ 朝日幕代用年数を100年とし、100年間の耐久性を確保するために15年に1度、表面複 復工法を行う計画とする。また、初回の補修の年数は30年と想定。 自構供用年数を100年とし、100年間の耐久性を確保するために15年に1度、表面被 覆工法を行う計画とする。また、初回の補修の年数は30年と想定。 には、 構供用年数を100年とし、100年間の耐久性を確保するために15年に1度、表面を 工法を行う計画とする。また、初回の補修の年数は30年と想定。 30年後 45年後 60年後 75年後 90年後 100年後 3.885千円 3.967千円 4.049千円 4.131千円 4.213千円 4.295千円 均第工法: 4.000円/m2.対象面積: 20.43m2/m(80X内空).補修金額: 81.720円/1回 30年後 45年後 60年後 75年後 90年後 100年後 7,418千円 7,522千円 7,626千円 7,730千円 7,834千円 7,938千円 分策工法: 4,000円/m2,対象面積: 26,12m2/m(80以内空),補修金額: 104,480円/1回 30年後 45年後 60年後 75年後 90年後 100年後 6.312千円 6.421千円 6.530千円 6.539千円 6.748千円 6.857千円 対策工法:4,000円/m2.対象返籍:27.13m2/m(80X内空).精修金額:108.520円/1回 本楽は、「施工性」において他楽に比べて劣る。しかし、設置場所にお では、広々した場所となっており、現場の制約がない。また、経済性に ける初期コストおよびLOCI さおいて最も安値となり有効である。以上の 82.6点 ・本案は、第2案と同様に工期短縮が図れるものの、現場制約がない。ま -、経済性においては第1案よりも高価となる。以上のことから、不採用と

表-2 箱型函渠の比較表

本報文では、その設計条件について1例 として、土圧係数の設定をあげる。

箱型函渠に載荷する土圧は、土被り(z)、 埋戻し材の単位体積重量 $(\gamma)$ 、土圧係数 (Ko)の関係により求めることができる。

その土圧係数は、新指針では Ko=0.5 と示される。しかし、新指針における適用範囲から外れるため、設計要領第二集に示される Ko=0.3 と 0.5 を設定した。

具体的には、土圧係数は盛土材の性質や 締固めの違いによって値が変化する。また、 土圧係数が Ko=0.5 の場合、頂版および底版 の節点部の曲げモーメントが大きくなり、 Ko=0.3 の場合、支間部の曲げモーメントが 大きくなる。

したがって、土圧係数の特性を踏まえ、 各部材の曲げモーメントが最大となること を評価するために、Ko=0.3、0.5 の双方を 検討し、安全側の結果を採用した。

#### (2)埋戻し材の選定

現場発生材は、本設計におけるボーリン グ調査結果および過年度工事の材料試験結 果より、単位体積重量は y =20kN/m3 となる。

一般的な盛土材と現場発生材の両者による構造計算を行った結果、表-3に示すように、頂版外側鉄筋が異なる。

具体的には、一般的な盛土材を用いると 頂版外側鉄筋は、D32 のシングル配筋とな る。一方で、現場発生材を流用すると、D32 のシングル配筋では応力の許容値内に収ま らないため、D29 のダブル配筋が必要とな る。

この様に、単位体積重量 $\gamma = 1 \text{kN/m3}$ の差がシングル配筋とダブル配筋に影響することを明確にした。

したがって、箱型函渠は開削による設置 であり、現場発生材の流用が十分にあり得 ることから、埋戻し材を  $\gamma = 20$ kN/m3 として 定めた。

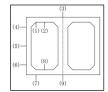
表-3 単位体積重量の違いによる計算結果

【γ=19kN/m3】	頂版			側壁			
照査箇所	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	
鉄筋	D25@125	D25@125	D32@125	D22@125	D16@125	D25@125	
<b>並</b> 大月力		_	_	-	_	1	
応力 σ s(N/mm2)	45.94	142.46	164.61	56.78	78.88	156.36	
許容値σsa(N/mm2)	180	180	180	180	180	180	
	26%	79%	91%	32%	44%	87%	

[	底版				
照査箇所	(7)	(8)	(9)		
鉄筋	D25@125	D22@125	D29@125		
<b>並</b> 大月力		_	_		
応力のs(N/mm2)	107.72	159.72	153.22		
許容値σsa(N/mm2)	180	180	180		
	60%	89%	85%		

[	頂版		側壁			
照査箇所	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
Dill fett	D25@125	D25@125	D29@125	D22@125	D16@125	D25@125
鉄筋	_	_	D29@125	_	_	_
応力σs(N/mm2)	32.27	156.35	171.6	34.06	72.53	143.53
許容値 σ sa(N/mm2)	180	180	180	180	180	180
	18%	87%	95%	19%	40%	80%

[	底版		
照査箇所	(7)	(8)	(9)
鉄筋	D25@125	25@125 D29@125 <mark>[</mark>	
<b></b>	1	ı	ı
応力σs(N/mm2)	103.13	144.02	170.21
許容値 σ sa(N/mm2)	180	180	180
	57%	80%	95%



#### 7. おわりに

本業務では、指針の適用範囲を踏まえ柔軟な基準の運用をしたことにより、適切な構造評価が行えた。

今後の課題は、NETISを利用し、いかに 生産性向上を目的とした新技術の提案を行 うかであると考える。また、過年度の成果 から経緯を整理することにより、設計条件 を見直すことが重要であることから、今後 も継続していく。

## 参考文献

- ・道路土工カルバート工指針 平成 11 年度版
- ・道路土工カルバート工指針 平成 21 年度版
- ・設計要領第二集(橋梁・擁壁・カルバート) 令和元年7月