

4連アーチカルバートにおける基礎地盤の変形特性の影響検討

西日本高速道路(株) 田口 敬介 水野 希典
(株)大林組 正会員 ○佐々木 一成 安達 裕之

1. はじめに

第二京阪道路打上工事に於いて、自動車専用道と一般道が同一構造の、我が国でも例を見ない大断面4連アーチカルバートを構築している。掘削完了後、基礎地盤において実施した原位置平板載荷試験から得られた変形係数が、設計での設定値や現場での孔内水平載荷試験結果と大きく異なったため、基礎地盤の変形特性の差異による躯体への影響検討が必要となった。

そこで本論文では、①推定方法の相違による基礎地盤変形係数および地盤反力係数の比較、②基礎地盤変形特性が躯体に与える影響について検討し、得られた結果について考察する。

2. 検討条件

図-1に4連アーチカルバートモデルの解析モデルを示す。構造部材は梁、地盤はバネと評価した線形弾性論に基づく二次元骨組構造解析を用いた許容応力度設計により供用時の検討を行った。材料、荷重の各条件は表-1のとおりである。荷重条件のうち、水平土圧は土圧係数 $K_h=0.3$ および 0.5 の2ケースを考え、不利な応力状態で各部材を設計するものとした¹⁾。なお、地震時の検討は本論文では扱わない。

地盤条件は図-1に示すとおりで、大部分は砂層および砂礫層からなり、一部に粘土層が介在する。

3. 地盤変形係数と地盤反力係数

標準貫入試験(以下、SPT)、A・B層(図-1)で実施した孔内水平載荷試験(以下、LLT)および平板載荷試験(以下、PLT)の結果から文献²⁾によって推定した一般部、専用部における地盤の変形係数(以下、 αE_0)、地盤反力係数(以下、 k_r)を表-2に示す。表-2において αE_0 を推定する際に考慮する下方の地層の範囲(I・II)を表-3および図-1、 αE_0 、 k_r を算出する際に考慮する基礎幅(i・ii)を表-4に示す。

3.1 土質試験の相違による地盤変形係数の比較

表-2(I)に示す各土質試験によって推定される表層(一般部:A層、専用部:B層)の αE_0 (以下、表層 αE_0)

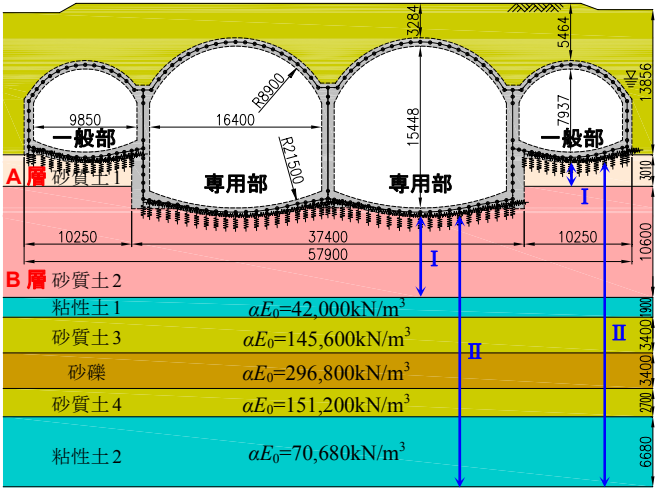


図-1 解析モデル

表-1 設計条件

構造	鉄筋コンクリート構造	
形状	4連アーチカルバート 1ブロックあたり奥行:15.0m	
材料	コンクリート	設計基準強度 : 30 N/mm ² 許容曲げ圧縮応力度 : 10 N/mm ² 許容せん断応力度 : 0.25 N/mm ²
	鉄筋	SD345 許容引張応力度 : 180 N/mm ²
荷重	鉛直方向	躯体自重 : 24.5 kN/m ³ 埋戻土 : 19.0 kN/m ³ 上載荷重 : 10.0 kN/m ² 坑内荷重 : 20.0 kN/m ³
	水平方向	水平土圧係数: $K_h=0.3, 0.5$

表-2 地盤変形係数・地盤反力係数

			標準貫入試験(N値)		孔内水平載荷試験		平板載荷試験	
			SPT		LLT		PLT	
係数	換算範囲	基礎幅	一般部	専用部	一般部	専用部	一般部	専用部
αE_0 (kN/m ²)	I ※1	—	67,200	212,800	199,800	70,200	46,500	57,400
		i ※2	115,500	128,800	89,500	79,900	60,100	70,900
	II ※1	ii ※2	117,500	127,000	87,300	80,500	64,300	71,800
k_r (kN/m ³)	II ※1	i ※2	23,600	16,200	18,300	10,100	12,300	8,900
		ii ※2	12,600	13,600	9,300	8,600	6,900	7,700

※1 表-3 変形係数換算範囲

	一般部	専用部
I 表層のみ	砂質土1	砂質土2
II 下層考慮	砂1~粘2	砂2~粘2

※2 表-4 基礎幅

	一般部	専用部
i 段差考慮	10.25m	37.4m
ii 全幅	57.9m	

を比較する。A層、B層のN値はそれぞれ24、76であり、表中SPTに示される値は $E_0=2800N$ より推定される値である。PLTによる表層 αE_0 はSPTによる推定値と比較して、1/4~2/3となっている。LLTによる表層 αE_0 は E_0 に $\alpha=4$ を乗じた値である。一般部ではPLTによる推定値の4倍以上の値となり、専用部においてはPLTによる推定値に近い値となっている。一般部における

開削トンネル、アーチカルバート、変形係数、地盤反力係数

(株)大林組 東京本社 土木本部 生産技術本部 橋梁技術部 〒108-8502 東京都港区港南 2-15-2 品川インターシティ B棟

LLT の結果は、試験の性質上、局部的に存在する礫などが影響して値が大きく算出されたものと考えられる。また、各試験結果による推定値にはばらつきがあり、特に $N=76$ から推定された専用部の表層 αE_0 は LLT、PLT から得られた結果と比較して非常に大きい。

3.2 下層地盤を考慮した変形係数

下層地盤を考慮した αE_0 (以下、換算 αE_0) の算出には、文献²⁾の算定式を適用する。B 層以深では SPT のみ行われていることから図-1 に示す各層の αE_0 は N 値からの推定値である。

表-2 に示す表層 αE_0 (I) と換算 αE_0 (II) を比較する。SPT の換算 αE_0 は表層 αE_0 に対し、一般部では B 層の αE_0 が大きいと約 2 倍となり、専用部では B 層以深の αE_0 が小さいと約 1/2~2/3 となる。LLT および PLT の換算 αE_0 は SPT による結果の約 1/2~2/3 となる。

3.3 係数算出に用いる基礎幅の影響

表-2 (II) に示すように、基礎幅 (i・ii) の違いによる換算 αE_0 への影響は $\pm 1\sim 7\%$ 程度にとどまる。一方、 k_r は、一般部で基礎幅を全幅とすると (表-4)、算出される係数は約 1/2 となり、基礎幅の影響が大きい。

4. 基礎地盤の変形係数が躯体に与える影響

表-5 に示す k_r を用いて躯体の安全性を検討した。4 連アーチカルバートにおける発生曲げモーメントを図-2、表-6~8 に示す。 k_r が 0.3~0.5 に減少したことにより、発生曲げモーメントは最大で約 2 倍に増加した。このため、当初設計断面に対し、図-3 に示す箇所の部材を補強することとした。専用部アーチルーフ、底版付根は部材厚、鉄筋量を増し、その他の部材は鉄筋量を増すことにより構造の安全性を確保することができた。本構造はアーチと直線部材が組合さった複雑な構造であることからボックスカルバートと比較して k_r の影響を受けやすいと考えられる。

5. まとめ

本論文では、推定方法の相違による基礎地盤の変形係数および地盤反力係数を比較し、基礎地盤変形特性が躯体に与える影響について定量的に検討することにより、以下の結果を得た。

- ① 変形係数は、推定に用いる土質試験により値にばらつきが生じる。特に N 値が大きい地盤では N 値により推定される変形係数が平板載荷試験結果よりも大きく算出された。
- ② 基礎地盤の変形特性は、躯体構造へ与える影響が

表-5 地盤反力係数 k_v (kN/m³)

CASE	段階	土質試験	一般部	専用部
a	当初設計	SPT	23,600	16,200
b	修正設計	LLT・PLT	6,900	8,600
比(b/a)			0.3	0.5

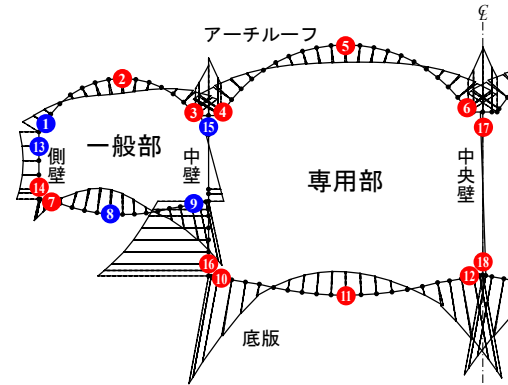


図-2 曲げモーメント図(●: 減少部、●: 増加部)

表-6 最大曲げモーメント(アーチルーフ) (kN・m/m)

	一般部			専用部		
	①左付根	②中央	③右付根	④左付根	⑤中央	⑥右付根
CASE a	940	570	730	850	600	870
CASE b	800	630	1,130	1,410	930	1,630
比(b/a)	0.9	1.1	1.6	1.7	1.6	1.9

表-7 最大曲げモーメント(底版) (kN・m/m)

	一般部			専用部		
	⑦左付根	⑧中央	⑨右付根	⑩左付根	⑪中央	⑫右付根
CASE a	810	1,410	2,480	620	660	890
CASE b	1,030	1,150	1,980	910	930	1,160
比(b/a)	1.3	0.8	0.8	1.5	1.4	1.3

表-8 最大曲げモーメント(壁) (kN・m/m)

	側壁		中壁		中央壁	
	⑬上付根	⑭下付根	⑮上付根	⑯下付根	⑰上付根	⑱下付根
CASE a	940	810	1,490	3,200	920	670
CASE b	820	1,040	1,180	3,610	1,080	1,040
比(b/a)	0.9	1.3	0.8	1.1	1.2	1.6

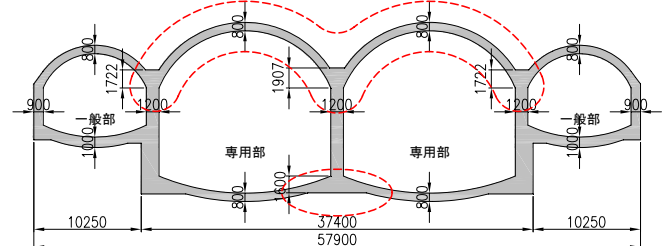


図-3 補強箇所(赤点線部分)

大きい。

単純なボックスカルバートと異なり、4つのアーチルーフと支持条件が様でない底版からなるアーチカルバートでは、地盤の変形特性が躯体に与える影響が大きい。このため、部材設計する上で地盤反力係数の設定が非常に重要となり、その推定方法により評価が大きく異なることから注意が必要である。

参考文献 1) 東日本・中日本・西日本高速道路(株): 「設計要領第二集 カルバート編」, 平成 18 年 4 月、2) (社) 日本道路協会: 「道路橋示方書・同解説 IV 下部構造編」, 平成 14 年 3 月