

大断面コルゲートカルバート工の中規模フィールド実験結果の数値解析について

コルゲート・ライナー技術協会 正会員 ○射場 茂夫
 日本道路公団 正会員 永吉 哲哉
 東京都立大学 正会員 西村 和夫
 日本道路公団 山崎 敦
 コルゲート・ライナー技術協会 問屋 淳二

1. はじめに

コルゲート・メタルカルバートは軽量で、施工の容易さ、経済性等の特徴から道路、管渠工事に広く利用されてきた。しかし、現状では日本国内においてスパンが5～6m以下の中、小規模のものを限界としている。一方、アメリカを中心とした海外では、スパン10m以上の大断面コルゲートカルバート（以下LCCと呼ぶ）の施工実績はすでに2000件を越え、技術的安全性は十分に証明されている。LCCのわが国への導入にあたって、設計・施工法の確立を目的に、中規模断面の現場実大実験を行い、施工過程を含めた数値解析手法によって設計・施工上の課題を抽出した。本文では、設計の標準化を念頭に、盛土の施工過程におけるLCCの変形挙動を数値解析法で再現する可能性を試みた。解析は2次元の有限要素法を用い、地盤および盛土材料には弾塑性の構成側に適用し、盛土施工時の転圧荷重の影響を考慮した。

2. 中規模実大実験

平成12年12月から翌年3月までの期間に近畿自動車道紀勢線印南工事区において、日本道路公団とコルゲート・ライナー技術協会では、共同研究の一環として、LCCの施工時や完成時などの力学的挙動を把握するための試験施工を実施した。¹⁾ LCCは、スパン5.9m、ライズ3.2m、板厚4mmのパイプアーチ形と呼ばれる閉断面で、コルゲートセクション10枚をボルトで結合して断面を形成している。LCCの周辺盛土は、基床部、裏込め部、被覆部および一般

表一 断面形状と断面条件

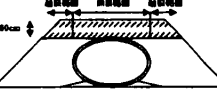
断面	断面形状	スラストビーム	リングビーム	埋設状態
A断面	パイプアーチ形	無	無	斜面中間
B断面		無	無	
C断面	アーチ形	無	無	
D断面	パイプアーチ形	有	有 (H-100)	法肩
E断面		有	無	

●組み立て時期について

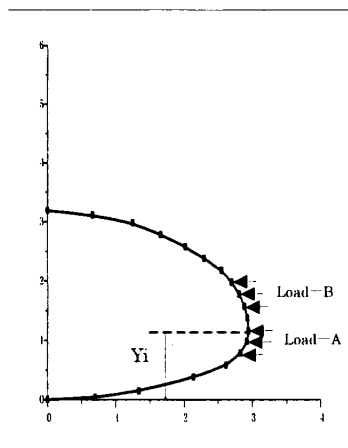
リングビームはLCC組み立て直後に取り付けた。

スラストビームは裏込め施工をスラストビーム下端まで行った後に取り付けた。

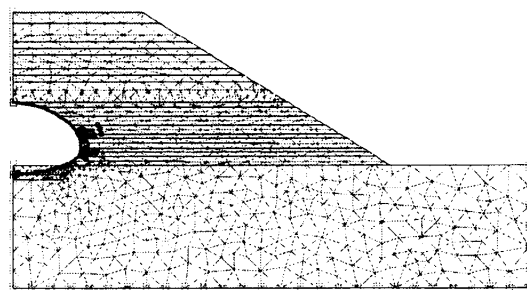
表二 基床・裏込め、被覆、盛土の各層厚と締め固め度と施工法

	層厚 (cm)	締め固め度	施工法	位置図
基床 (埋込部)	Min 37.8	—	ハンドローラー・振動コンパクタ による転圧	
	標準		コテ等による締め固め	
裏込め (埋込土)	20	最大乾填密度 の98%以上 （土質による） 土質 裏込め土質	振動ローラーによる転圧 （標準施工より） 注：振動ローラーは段板圧 1tのローラーは段板圧 コルゲート近傍50cm～1m 以内はタンバ等による転圧 注：スラストビーム天端水平面の 転圧は行っていない	
被覆 (埋込土)	60	—	コルゲート上層の転圧は振動の振 動ローラーによる転圧 注：振動ローラーは段板圧 上層以外に転圧状態の振動ロー ラーによる転圧 注：振動ローラーは段板圧	
盛土 (埋込土)	30	最大乾填密度 の85%以上 （土質による）	振動ローラーによる転圧 注：振動ローラーは段板圧	

今回使用した転圧機材 10t振動ローラー、1tハンドローラー、タンバ、振動コンパクタ、コテ等



図一 水平転圧荷重の作用位置



図二 解析モデルの要素分割図 (B断面)

キーワード: カルバート、コルゲートパイプ、数値解析

連絡先: コルゲート・ライナー技術協会 東京都江東区木場2-17-12 TEL03-3641-6947 FAX03-3630-2549

盛土に分けられ、LCC には、条件によってスラスト
ビームと呼ばれるビーム構造が設置される。

3. 数値シミュレーション

解析では、実大実験に供したパイプアーチ形の構
造断面を対象に、B、D、E 断面の3ケースの数値シ
ミュレーションを実施した。LCC の土被りは4m、
被覆厚は0.6m、盛土天端幅は11.3mである。

解析断面の対象性を利用し、モデルは1/2断面
にした。LCC の盛土施工を再現するため、部材を組
み立てた状態で初期応力を計算し、その後、現場施
工と同様の層厚に分け、盛土荷重をステップごとに
載荷した。コルゲートセクションおよびリングビーム
を弾性梁要素、スラストビームは地盤、盛土材料、
裏込め材料と同様に平面要素とした。なお、コルゲ
ートと裏込め材との間にインターフェース要素です
べりを表現し、盛土材料にはテンションカットを設
定した。

一方、盛土の転圧による水平荷重の残存は、カル
バート部材の変形を伴って土圧として働くことが知
られているが、定量的な議論に上ることは稀である。
ところが、予備解析から、転圧による水平荷重の残
存を考慮しないと、LCC の変形挙動が観測結果と一致せず、そのモードについても再現できないことが判明した。²⁾ そこで逆解析的手法によって裏込め転圧による影響を水平荷重という形で考慮する事により、観測結果を上手く再現することができた。なお、水平荷重 Load-A・B は断面条件の違いがあるにもかかわらず、ほぼ同様の Load-A=25~30 (kN/m²)、Load-B=45~50 (kN/m²) であった。

図-1に示すように Load-A、Load-B をそれぞれ第1次、第2次残存転圧荷重とし、作用位置は底版からそれぞれ $Y_i = (0.77 \sim 1.17) \text{ m}$ と $Y_i = (1.57 \sim 1.97) \text{ m}$ とした。

図-2に解析モデルの要素分割図を示す。解析に用いた要素は6節点の三角要素で、要素毎の積分点は3つである。モデル全範囲を約1600要素に分割し、節点数は約3300である。

4. 結果の考察

B断面においては荷重 Load-A : 30 (kN/m²)、荷重 Load-B : 50 (kN/m²) として作用させた数値シミュレーションの結果を図-3および図-4に示す。図-3より解析値と実測値との対比性が良い結果となった。図-4からは部材軸力の発生モードが天端位置付近の盛土施工時に大きな差として現れ、完成時には比較的に良い相関を示すことがわかる。なお、この傾向は D、E 断面に関しても同様であった。一般に、軸力と曲げモーメントとの相関によって安定性が決まるアーチ状構造物においては、軸力の過少評価は安全側の評価を与える場合が多い。しかし、本解析手法の設計への適用を検討するにあたって、施工時における軸力の相違や水平荷重の工学的裏付けについて今後検討する必要がある。

参考文献

- 1) 妹尾他 (2001) ; 大断面コルゲートカルバート工の実物大実験、第24回日本道路会議
- 2) 田村他 (2002) ; 中規模断面コルゲートカルバートと周辺地盤の相互作用について 第37回地盤工学研究発表会 投稿中

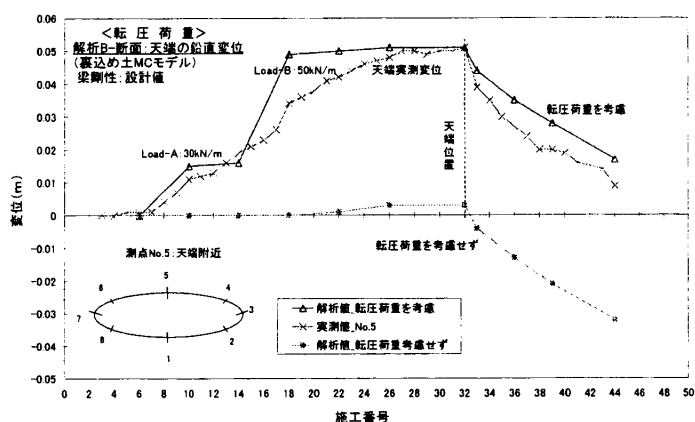


図-3 LCC 施工時の変形挙動の対比図

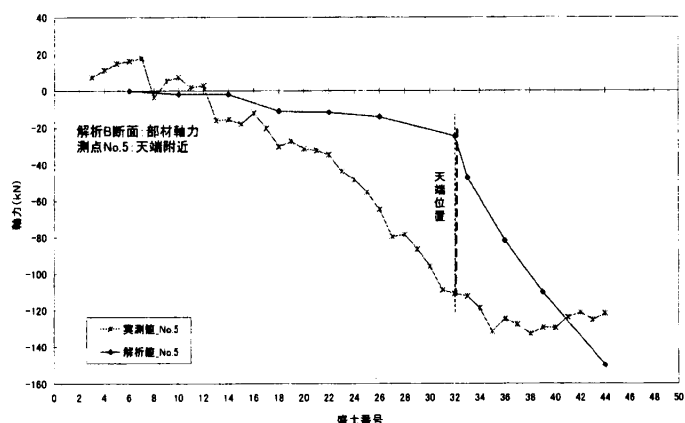


図-4 LCC 施工時の部材軸力の対比図