

道路横断カルバートのプレキャスト化における部材最適化検討

中日本高速道路(株) 正会員 丸山 大輔
(株)大林組 正会員 齋藤 隆 正会員 小山 賢二郎 正会員○西村 俊亮

1. はじめに

新東名高速道路（御殿場 IC（仮称）～静岡・神奈川県境）では、令和5年度の開通目標に向けて各所で工事が進められており、御殿場 IC（仮称）の東側区間を担当する用沢工事では、道路盛土施工および橋梁構築工事が行われている。本稿では、本線盛土と交差する県道カルバートについて、施工期間短縮を目的としたプレキャスト化を検討し、部材の最適化検討を行った結果を報告する。

2. プレキャスト化における部材最適化の方針

県道カルバートの施工の際に必要な迂回路の確保に時間を要したことにより、県道カルバートの施工期間を短縮する必要性が生じたため、プレキャスト工法の採用を検討した。

表-1 に示すとおり、部分プレキャスト化とフルプレキャスト化の比較検討を行い、明確な工程短縮効果を見込むことができるフルプレキャスト化を採用することとした。比較検討の前提条件は以下の通りである。

- ①断面を分割したブロックは 10t／個以下とする
- ②鉄筋は内側 D51, 外側 D41 までを使用可能とする
- ③純かぶりは 20mm 以上とする
- ④せん断補強筋の機械式定着は使用可能とする

また、設計方法については、常時～レベル1地震時は許容応力度法とし、レベル2地震時に対しては、横

断方向を時刻歴応答解析、縦断方向を応答変位法による照査とした。

3. 常時～レベル1地震時における部材寸法の検討

県道カルバートは縦断方向（本線横断方向）に勾配を有しており、土被り荷重が最大となる最深部の断面を用いて部材厚さの検討を行った。表-2 に、検討結果における頂版・側壁・底版の部材厚さの組み合わせ比較を示す。すべてのケースにおいて、発生応力度は常時でクリティカルとなった。

部材寸法を低減すると、ブロック数や重量が減少して施工効率が大きく向上するが、躯体の変形量が増加するなど、地震時の躯体性能の余裕が小さくなる。ここでは、発生応力度の余裕を最小限に抑えて、部材厚さを頂版 700mm、側壁 750mm、底版 800mm と設定し、レベル2地震時照査によりその適性を評価することとした。

表-2 常時～レベル1地震時の部材寸法比較

Case No.	部材厚 (mm)			鉄筋径 (最大発生応力度 (N/mm ²))			
	頂版	側壁	底版	頂版下側	側壁外側(上)	側壁外側(下)	底版上側
1	800	800	800	D51 (133)	D41 (150)	D41 (176)	D51 (145)
2	750	800	850	D51 (134)	D41 (160)	D41 (163)	D51 (142)
3	750	800	800	D51 (136)	D41 (160)	D41 (176)	D51 (145)
4	750	750	750	D51 (143)	D41 (165)	D41 (191NG)	D51 (155)
5	700	800	800	D51 (139)	D41 (170)	D41 (175)	D51 (146)
6(採用)	700	750	800	D51 (145)	D41 (176)	D41 (177)	D51 (152)
7	700	750	750	D51 (147)	D41 (176)	D41 (191NG)	D51 (156)

※最大発生応力度はクリティカルである常時のものを掲載
許容引張応力度（常時）：180N/mm²

表-1 プレキャスト形式の比較検討

	フルプレキャスト	部分プレキャスト
概要		
	頂版・側壁・底版: プレキャスト (部材厚は800mm程度)	頂版: 現場打ち 側壁・底版: プレキャスト (部材厚は900mm程度)
特徴	・部材設置・接続のための熟練工が不要 ・頂版地組ヤードが必要 ・350～400t吊クレーンが必要 ・材料供給・天候の問題による工程遅延リスクが低い	・頂版については鉄筋コンクリート工事の熟練工、型枠支保工が必要 ・地組ヤードが不要 ・100～160t吊クレーンが必要 ・材料供給・天候の問題による工程遅延リスクが残る
工期	2.5か月短縮	1.0か月短縮
評価	○ 明確な工程短縮が見込め、遅延リスクが低い。	△ 工程短縮効果が小さく、遅延リスクも残る。

4. 時刻歴応答解析によるレベル2地震時照査

(1) 横断方向の照査

準拠指針である NEXCO 設計要領第二集¹⁾では、レベル2地震時の横断方向照査手法として応答震度法および応答変位法が記載されている。しかしながら、本検討においては、部材最適化を高い精度で評価できる時刻歴応答解析を用いることとした。なお、解析には道路橋示方書・同解説²⁾に規定されるⅠ種地盤用の地震波形を使用するとし、タイプⅠ、Ⅱとも3波平均による曲げとせん断の判定を行った。

キーワード: カルバート, プレキャスト化, 部材最適化, 時刻歴応答動的解析

連絡先: (株)大林組 技術第一部 〒108-8502 東京都港区港南 2-15-2 Tel: 03-5769-1322, Fax: 03-5769-1976

曲げ照査の結果、常時～レベル 1 地震時の検討では引張応力が発生しなかった側壁内側において鉄筋量の増加が必要となったが、せん断照査では常時の検討で決定されたスターラップ量で全ての断面が OK となり、設定した断面寸法が適性であることを確認できた。

図-1、表-3 に、鉄筋量増加後の照査結果の一部を示す。

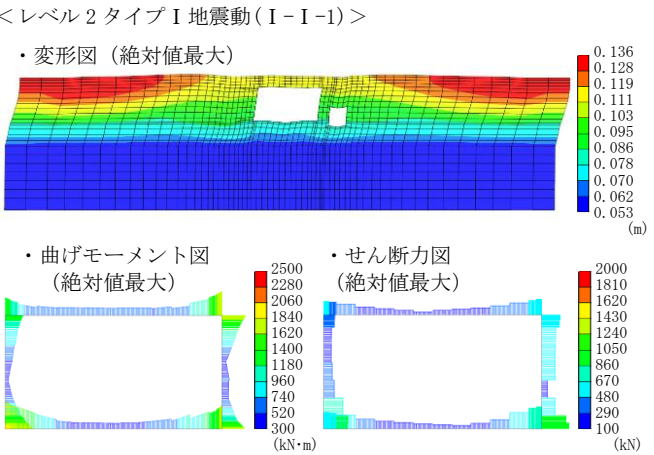


図-1 時刻歴応答解析 (横断方向) 結果

表-3 レベル 2 地震時照査 (横断方向) 結果一覧表

地震動	部材	曲げ照査		せん断照査	
		発生曲率/許容曲率		発生せん断力/せん断耐力	
		ϕ_{max} / ϕ_a	判定	S_{max} / P_s	判定
タイプ I	頂版	0.33	OK	0.76	OK
	底版	0.26	OK	0.78	OK
	左側壁	0.52*	OK	0.92	OK
	右側壁	0.44*	OK	0.87	OK
タイプ II	頂版	0.23	OK	0.71	OK
	底版	0.17	OK	0.67	OK
	左側壁	0.30	OK	0.86	OK
	右側壁	0.24	OK	0.84	OK

※鉄筋量増加ケース

(2) 縦断方向の照査

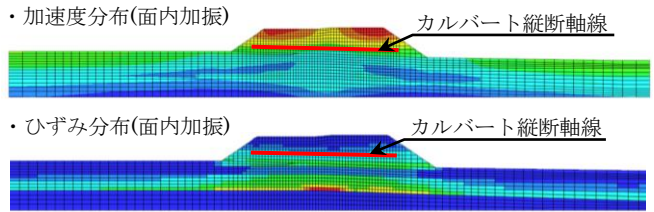
縦断方向の照査は、地盤モデルの FEM 解析を行い地震時の地盤応答変位分布 (面内および面外) を算出し、目地部を三方向バネで連結した躯体の梁モデルに最大応答変位分布を入力して、躯体と目地部に発生する応力および変位を算出した (図-2)。

表-4 に、結果一覧を示す。縦断方向に短いブロックを並べるプレキャストカルバートは、各ブロックおよび各継目部に変位や応力が分散されるため、制限値に対して非常に小さな値しか発生しない結果となった。

5. まとめ

プレキャストカルバートの部材最適化検討を実施した。一般に、許容応力度法で発生応力度に余裕のない

<地盤応答解析結果のイメージ>



<縦断方向応答変位解析結果>

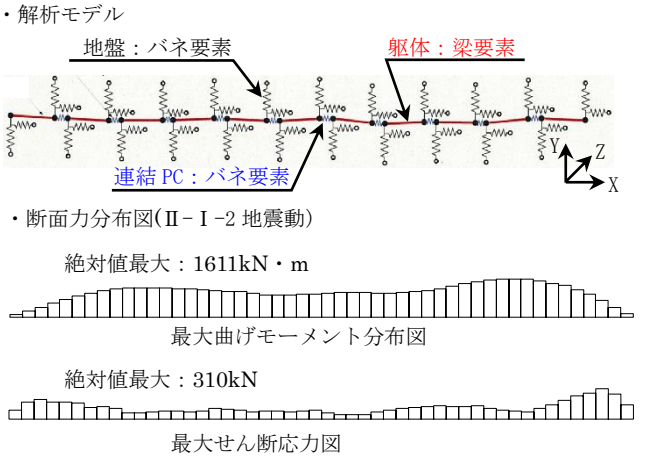


図-2 応答変位法解析 (縦断方向) 結果

表-4 レベル 2 地震時照査 (縦断方向) 結果一覧表

照査部位	照査項目		照査値	判定
	曲げ	発生曲げモーメント (kNm)		
カルバート躯体	曲げ	1,611	OK	OK
	せん断	373,823		
継手	せん断	発生せん断力 (kN)	310	OK
		せん断耐力 (kN)	10,056	
	相対変位	軸方向相対変位 (mm)	3.0	OK
		許容変位量 (mm)	9.1	
	回転角	発生回転角 (rad.)	0.002	OK
		許容回転角 (rad.)	0.190	
	せん断	せん断応力度 (MPa)	162	OK
		許容せん断応力度 (MPa)	536	

設計をすると、レベル 2 地震動の照査で NG となることが多い。本検討では、横断方向のレベル 2 地震時照査に精度の高い時刻歴応答解析を適用したことで、許容応力度法で決定した部材寸法で OK となった。検討時間の増加はあるものの、時刻歴応答解析が部材寸法の最適化検討に有効である可能性を示すことができた。

また、プレキャストカルバートは地震時の縦断方向の地盤応答変位に対して追従しやすい構造であり、縦断方向の検討は省略できるレベルであることを確認した。

参考文献

- 1) 中日本高速道路：設計要領 第二集 カルバート編，平成 28 年 8 月
- 2) 日本道路協会：道路橋示方書・同解説 V 耐震設計編，平成 24 年 3 月