

モジュラーチ工法の適用性に関する研究（その10）

木村 亮*・岸田 潔*・澤村康生**

1. 研究の目的

近年施工例が増加している2ヒンジプレキャストアーチカルバートは、本体にヒンジ構造を有する柔な構造であり、従来型のカルバートとは異なる設計思想に基づくカルバートである。そのため、地震時にヒンジ部が逸脱してカルバート全体の崩壊につながる可能性が指摘されており、強地震時におけるカルバートの限界状態について検討する必要がある。これまで、実構造の1/5スケールのRC製2ヒンジプレキャストアーチカルバートに対して振動台実験が実施され、地盤のせん断ひずみが6%を超えるような条件においても、ヒンジ部が逸脱する可能性は低いことが確認された。さらに、振動台実験の再現解析と、実験で計測された変位を静的に与える静的解析により、同工法の耐震設計法として静的解析手法が有効であることが明らかとなっている。そこで本研究では、実大規模の2ヒンジプレキャストアーチカルバートに対する静的照査法の適用性を検討するため、最も施工実績の多い内空幅10.8m、内空高6.73m、土被り2.0mのカルバートを対象に、動的解析と応答震度法による静的解析を実施した。

2. 研究の方法

図-1に解析メッシュと境界条件を示す。カルバートのモデル化に際しては、断面中央にBeam要素を配し、両肩のヒンジ部を回転剛性ゼロのSpring要素を用いた。Beam要素には、部材強度の軸

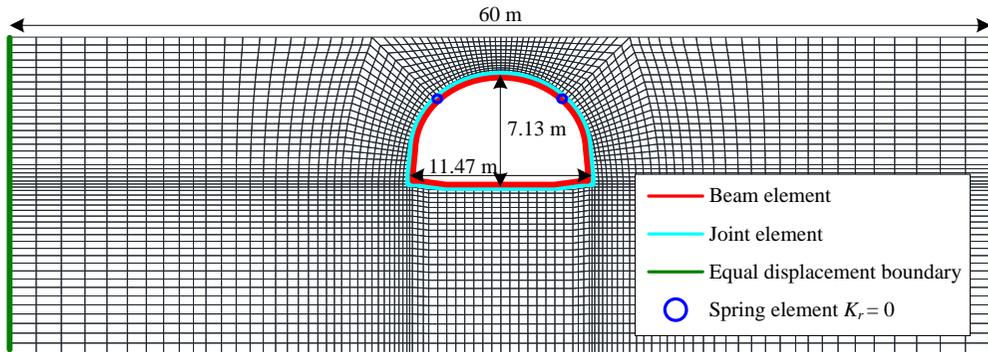


図-1 解析メッシュと境界条件

表-1 カルバートのパラメータ

Concrete	Young's modulus E [kN/m ²]	3.100×10^7
	Compressive strength f_c [kN/m ²]	4.000×10^4
	Tensile strength f_t [kN/m ²]	2.690×10^3
	Poisson's ratio ν	0.200
Steel	Young's modulus E [kN/m ²]	2.0×10^8
	Yield strength f_y [kN/m ²]	3.450×10^5
	Poisson's ratio ν	0.300
Damping coefficient h		0.020

表-2 地盤のパラメータ

Principal stress ratio at critical state	4.000
$R_{CS} = (s_1/s_3)_{CS(comp.)}$	
Compression index λ	0.08194
Swelling index κ	0.01014
$N = e_{NC}$ at $p = 98$ kPa & $q = 0$ kPa	1.060
Poisson's ratio ν_e	0.2760
Degradation parameter of overconsolidation state m	0.02000
Degradation parameter of structure a	0.6500
Evolution parameter of anisotropy b_r	0.4000
Wet unit weight (kN/m ³) γ_t	17.738
Initial anisotropy ξ_0	0.5

*京都大学大学院工学研究科・教授, **同・助教

力依存性を考慮した AFD model¹⁾を用いている。また、地盤とカルバートの境界における影響を考慮するために、両者の境界部分に Joint 要素を配置した。地盤の力学特性は、Cyclic mobility model²⁾を用いてモデル化した。表-1、表-2 には、カルバートと地盤のパラメータをそれぞれ示す。動的解析では、道路橋示方書に示されている I 種地盤のレベル 1 およびレベル 2 地震動を解析メッシュの底部より与えた。動的解析における計算時間間隔は 0.001 秒とし、時間積分は Newmark- β 法 ($\beta=1/4$, $\gamma=1/2$) を用いた。応答震度法では、はじめに 1 次元地盤に対して地震応答解析を実施し、カルバートの上下端の位置における水平相対変位が最大となる時刻を求め、同時刻における地盤の加速度分布を算出した。その後、地盤加速度を慣性力に換算しカルバートおよび地盤に作用させた。

3. 得られた成果

図-2 には、動的解析と応答変位法において鉄筋が降伏した位置を示す。動的解析では、はじめにインバート端部において鉄筋が降伏した後、繰り返しの地震動によりサイドウォールの脚部においても鉄筋が降伏した。一方、応答変位法では、インバート端部において鉄筋が降伏したが、サイドウォールでは鉄筋の損傷は見られず、損傷範囲は動的解析よりも小さくなった。図-3 には、カルバートの変形が最大となった時刻における鉄筋ひずみ分布を示す。同図より、鉄筋ひずみ分布の傾向は両者で同様であるが、その大きさには違いがある箇所がみうけられる。今後は、解析法の違いについてより詳しく検討を行うとともに、種々の条件においても検討を進め、静的解析照査法の適用条件を明確にする予定である。

4. 謝辞

本研究は、モジュラーチ工法協会より委託されたものであり、関係各位に謝意を表す。

発表論文

- 1) Matsushita, R., Sawamura, Y., Kishida, K. and Kimura, M.: Experimental Work on Seismic Damage Progression of Two-Hinge Precast Arch Culvert Using Strong Earthquake Response Simulator, Proc. of the 29th KKHTCNN Symposium on Civil Engineering, pp.251-254, Hong Kong, China, 2016-12.
- 2) 松下麗菜, 澤村康生, 岸田 潔, 木村 亮: 動的・静的解析による 2 ヒンジプレキャストアーチカルバートの損傷過程と破壊形態に関する検討, 第 51 回地盤工学研究発表会, pp.1491-1492, 岡山市, 2016-9.
- 3) 松下麗菜, 澤村康生, 岸田 潔, 木村 亮: 強震応答実験装置を用いた 2 ヒンジプレキャストアーチカルバートの振動実験と再解析による損傷形態の検討, 第 71 回土木学会年次学術講演会, III-066, pp.131-132, 仙台市, 2016-9.

参考文献

- 1) Zhang, F. and Kimura, M. : Numerical prediction of the dynamic behaviors of an RC group-pile foundation, Soils and Foundations, Vol.42, No.3, pp.72-92, 2002.
- 2) Zhang et al.: Explanation of cyclic mobility of soils, Approach by stress-induced anisotropy, Soil and Foundations, Vol.47, No.4, pp.635-648, 2007.

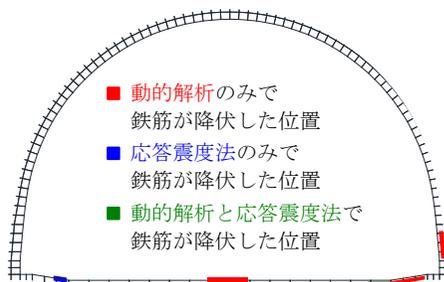
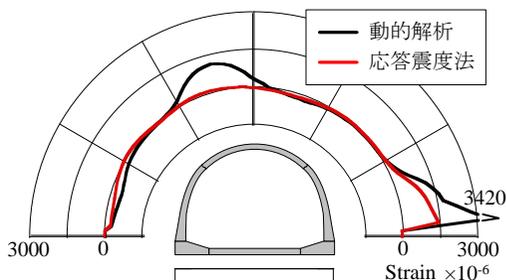
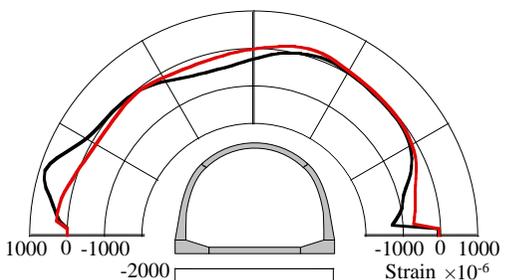


図-2 鉄筋の降伏箇所



(a) 外側の鉄筋



(b) 内側の鉄筋

図-3 カルバート変形最大時の鉄筋ひずみ分布