

3DFEM を用いたプレキャストコンクリート連続アーチ橋の 動的地震応答解析に関する基礎的考察

愛知工業大学 正会員 ○宗本 理 九州大学 フェロー会員 園田 佳巨
(株)ヤマウ 非会員 小篠 康徳 昭和コンクリート工業(株) 非会員 吉田 辰也

1. はじめに

近年、天候に左右されない高品質な製品が作れ、使用用途の多いプレキャスト（以下、PCa と称す）コンクリートが地下構造物やプレストレスコンクリート橋、シールドトンネルなどに適用されている。本研究でも、8 径間を有する PCa コンクリート連続アーチ橋に着目した。橋梁全体を対象とした解析的な研究では、梁要素などの骨組構造による固有値解析が主に実施されてきた。本研究では、8 径間を有する PCa コンクリート連続アーチ橋を対象とした 3次元 FEM による地震応答解析を試みた。具体的には、設計震度レベルの加速度を与えた際、解析条件が PCa コンクリート連続アーチ橋に与える影響を考察した。

2. 解析概要

2.1 解析対象および解析モデル

解析対象である PCa コンクリート連続アーチ橋の解析対象を図-1 に示す。この橋は全スパン長 96m、支間長 12m の 8 径間から成る連続アーチ橋である。図-2 に示す解析モデルは、橋軸直角方向（Z 方向）に対称としたモデルで、床版、PCa コンクリート（支承部・アーチ・底版）、ゴム沓（床版と支承部間）で構成されている。これらはソリッド要素、それ以外の各鉄筋はトラス要素でモデル化した。また、杭は梁要素による弾性体モデルとし、底版の要素と剛体結合させた。床版の両端部を支持させるため、橋台を簡易にモデル化した。解析モデルの要素と節点の総数は 608383, 531320 である。本解析には、商用コード MSC.MARC2013 を用いた。

2.2 解析条件および解析ケース

境界条件として、梁要素である杭の下端部と橋台底面の Y 方向を固定することで、解析モデルの自重を支持した。荷重条件である加速度は、図-3 に示すような設計震度レベル 2 種類の加速度応答波形を各要素の X 方向に適用することで地震応答解析を実施した。さらに解析条件が与える影響を把握するため、床版と PCa 支承部の接触条件として摩擦を考慮しない接触と完全付着の 2 種類を設けた。それ以外の接触条件として、床版とゴム沓間は接触（被摩擦）、ゴム沓と PCa 支承部間は完全付着と仮定した。解析ケースについてまとめたものを表-1 に示す。

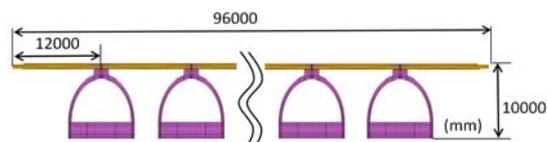
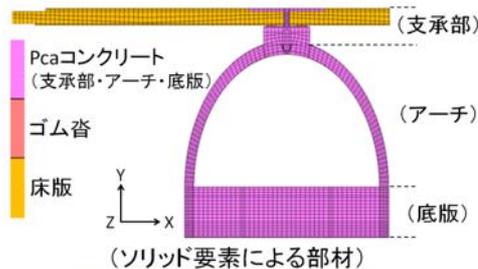
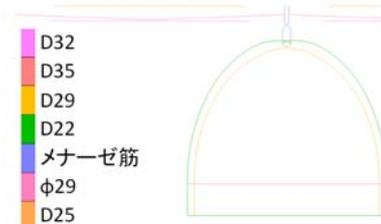


図-1 解析対象

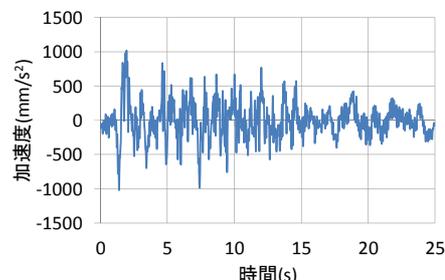


(ソリッド要素による部材)

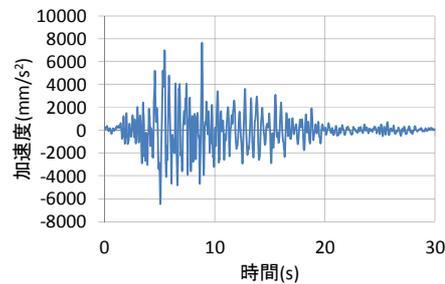


(トラス要素による部材)

図-2 解析モデル



(設計震度レベル1)



(設計震度レベル2)

図-3 入力した加速度応答波形

表-1 解析ケース

		接触条件(床版とPCa支承部間)	
		接触(被摩擦)	完全付着
設計震度レベル	レベル1	Case1	Case2
	レベル2	Case3	Case4

キーワード PCa コンクリート連続アーチ橋, 3DFEM, 地震応答解析

連絡先 〒470-0392 愛知県豊田市八草町八千草 1247

2.3 材料特性

コンクリートには VonMises の降伏条件を仮定し、引張域では最大引張強度以降応力をカットオフに近い形で低減するモデルとした。圧縮域では、降伏強度以降一定とした完全弾塑性と仮定した。一方、鋼材の降伏条件も VonMises とし、降伏強度以降はヤング率の1/100で硬化し終局強度以降は一定となるトリリニア型の応力-ひずみ関係を適用した。各材料定数を表-2に示す。なお、杭用の梁要素とゴム沓に用いたソリッド要素は弾性体とした。

3. 解析結果

3.1 設計震度レベルによる影響

床版と PCa 支承部の接触条件を完全付着とした際、各設計震度レベルでのコンクリートの最大主ひずみを図-4に示す。ただし、これらの図では床版を除いている。設計震度レベル1の(a)では加速度が約 1000m/s^2 と最も高くなる 1.95sec 時、設計震度レベル2の(b)では 2500mm/s^2 程度の負の加速度が生じた際に要素の変形が大きくなり解析が停止したため、終局時として示した。これらの図から、(a)ではひび割れが想定されるひずみである 500μ に達していないことから弾性領域内であるのに対して、(b)ではアーチと底版の境界近傍と杭頭上部の底版に 500μ を超えた灰色領域が表れていることが確認できる。

3.2 接触条件による影響

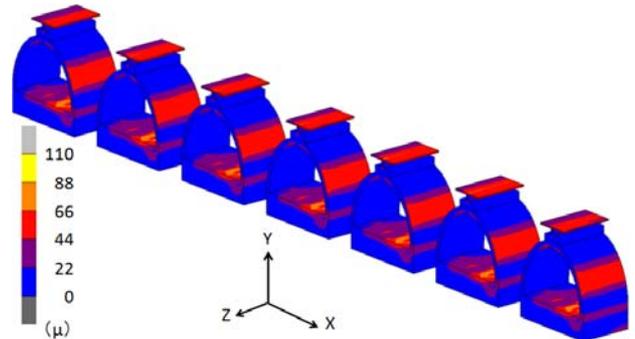
設計震度レベル2において、床版と PCa 支承部間の接触条件が異なる2種類の解析ケースによるコンクリートの最大主ひずみ分布を図-5に示す。Case3では 2000mm/s^2 程度の加速度が生じた際 Case4と同様に解析が停止したため、これらの図は Case3の解析停止時において比較した。これらの図より、アーチと底版近傍の主ひずみが高くなる傾向は両者で同様であることがわかる。しかし、(a)ではアーチと底版近傍部以外に、PCa 支承部の主ひずみが高いことが確認できる。これは、各床版が固定されていない Case3では床版と PCa 支承部の衝突を繰り返すことが影響している。一方、Case4では左右のアーチの連結効果が強いので、損傷程度は小さい結果となった。以上の事から、PCa コンクリート連続アーチ橋の破壊性状は床版と PCa 支承部の接触条件に大きく依存することが認められた。

4. おわりに

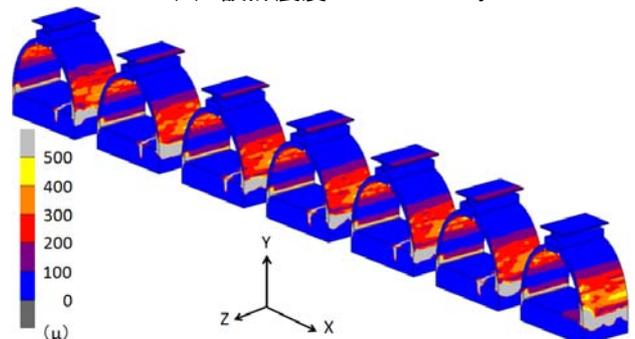
本研究では8径間を有した PCa コンクリート連続アーチ橋を対象とした 3DFEM による地震応答解析を実施した。その結果、PCa コンクリート連続アーチ橋の破壊性状は床版と PCa 支承部の接触条件に大きく依存することが認められた。今後、解析精度の妥当性や盛土・地盤の影響に関する検討を行っていく予定である。

表-2 各材料定数

	コンクリート		鋼材	ゴム沓 (弾性体)
	PCaコンクリート	杭(弾性体)		
ヤング率(GPa)	21	21	200	: 0.37
降伏強度(MPa)	— (圧縮強度: 40)	—	345	—
引張強度(MPa)	4.0	—	490	—
ポアソン比	0.2	0.2	0.3	0.49

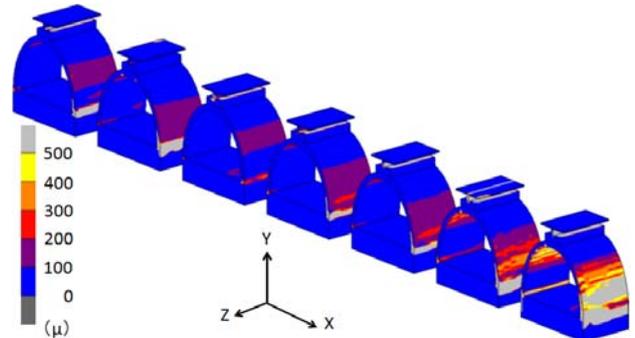


(a) 設計震度レベル1の時

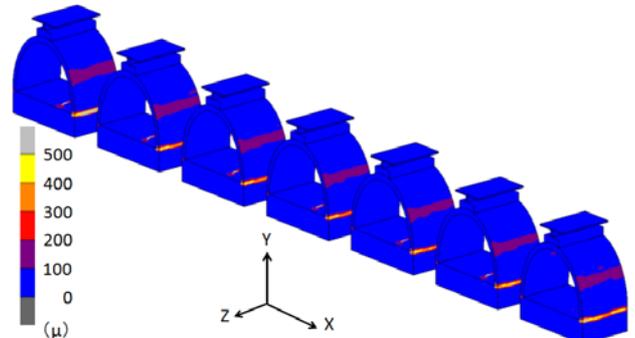


(b) 設計震度レベル2の時

図-4 設計震度レベルによる影響 (Case2 と 4)



(a) 床版と PCa 支承部間が接触の時



(b) 床版と PCa 支承部間が完全付着の時

図-5 接触条件による影響 (Case3 と 4)