

長大RCアーチ橋の動的解析における複合非線形の影響

○九州大学大学院 学生会員 夏 青
九州大学研究院 フェロー 大塚久哲
九州大学研究院 正会員 矢葺亘
(株) 構造計画研究所 正会員 為広尚起

1. はじめに

コンクリート長大アーチ橋のようなスレンダーな構造物では変形が大きくなることから、幾何学的非線形の考慮の必要性が指摘されている。設計地震力の大幅な増加により材料非線形状態になることも設計上やむを得ず¹⁾、従って幾何学的非線形と材料非線形の両方を考慮した複合非線形解析を行う必要がある。本研究では、複合非線形を考慮した長大RCアーチ橋の挙動に対して両非線形性の及ぼす影響について検討する。

2. 解析橋梁

本研究の対象橋梁は文献²⁾で試設計の1つに用いられた支間長600m, ライズ100mを有する長大コンクリートアーチ橋である。解析橋梁の全体図を図-1に、使用材料を表-1に示す。

表-1 使用材料

使用材料	コンクリート	アーチリブ: $\sigma_{ck}=50\text{N/mm}^2$
		補剛桁: $\sigma_{ck}=50\text{N/mm}^2$
		鉛直材: $\sigma_{ck}=50\text{N/mm}^2$
鉄筋		SD685

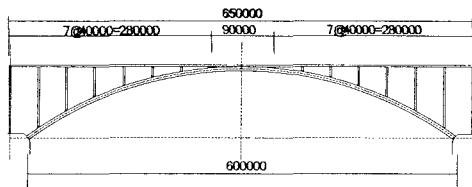


図-1 長大アーチ橋の全体図(mm)

2.1 解析モデル

本研究では、対象橋梁を図-2に示すような骨組にモデル化した。補剛桁と鉛直材は線形要素で、アーチリブは材料非線形要素とした。アーチリブ部は58分割した。また、復元力特性は図-3に示すJR総研RC型剛性低減型3折れ4勾配モデル⁶⁾とした。

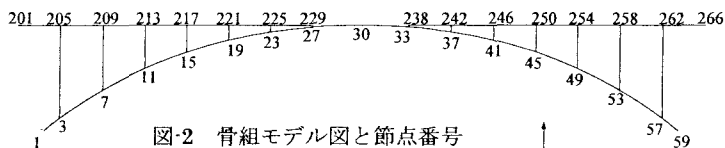


図-2 骨組モデル図と節点番号

2.2 解析条件

時刻歴応答解析における数値積分法には、Newmark β 法 ($\beta=0.25$) を用い、積分時間間隔を0.001秒とした。レーリー型の減衰を用いて、部材の減衰定数は全て0.03とした。入力地震動には、平成7年の兵庫県南部地震においてI種地盤で観測された神戸海洋気象台の記録を用いた(図-4)。波形のデータ間隔は0.02秒、最大加速度はNS成分で818gal, EW成分で617gal, UD成分で332galである。なお、入力時間は主要動を含む20秒間とした。非線形挙動を明確にする為に、地震波の振幅を1.5倍とした。EW成分を橋軸方向, NS成分を橋軸直角方向, UD成分を鉛直方向に作用させた。

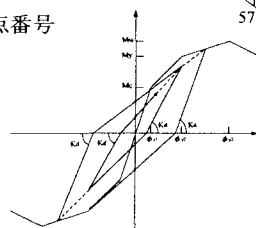
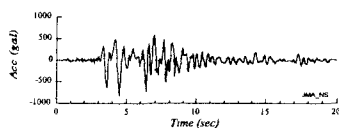
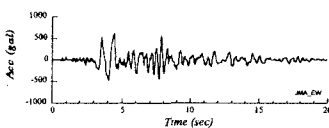


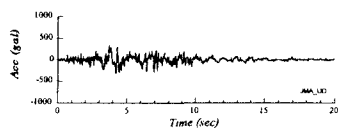
図-3 JR総研RC型モデル



(a) 入力波(NS成分)



(b) 入力波(EW成分)



(c) 入力波(UD成分)

図-4 入力地震動波形

2.3 複合非線形解析

ここでは長大アーチ橋の動的応答特性を把握するために、材料非線形、幾何学的非線形の考慮の有無により4つの解析ケースを作成した。表-2にそれぞれのケースについての解析条件を示す。このうちCASE1とCASE3は弾性解析時の幾何学的非線形考慮の有無の比較、CASE2とCASE4は弾塑性解析時の幾何学的非線形の考慮の有無の比較、CASE1とCASE2、及びCASE3とCASE4は弾塑性解析の考慮の有無の比較である。

表-2 解析ケース (○：考慮 ×：無視)

解析ケース	材料非線形	幾何学的非線形
CASE1	×	×
CASE2	○	×
CASE3	×	○
CASE4	○	○

図-5～図-8に面内、面外最大モーメント及び最大曲率の分布を示す。これらの図によれば、応答曲線が2つのグループに分かれていることが分かった。両グループにおいて異なるのは材料非線形の考慮の有無であり、材料非線形を考慮する必要があることが分かる。これに比し、本橋の幾何学的非線形影響は小さい。

材料非線形、複合非線形を考慮した場合と無視した場合の結果を比較する為にモーメントが大きな節点1番(図-2参照)に絞って検討する。図-9及び図-10に節点1番の面外、面内M-φ曲線を示す。これらの図によれば、CASE1、CASE3は材料非線形を考慮していない為、M-φ曲線が直線であり、両者の値はほぼ同じである。CASE2は材料非線形を考慮した場合であるが、材料線形の場合(CASE1、CASE3)より最大モーメント値が小さく、曲率が大きくなることが分かった。複合非線形を考慮した場合(CASE4)は材料非線形のみを考慮した場合よりモーメント、曲率ともに値が大きい。

3. 結論

本研究で対象とした支間長600m級の長大アーチ橋では材料非線形の影響が大きく、複合非線形の応答値は材料非線形の応答値より大きくなることが分かった。従って、本橋では、複合非線形を考慮する必要があると言える。

参考文献

1) 江上他：水晶山橋の耐震設計について、第2回地震時保有耐力法に基づく橋梁の耐震設計にかんするシンポジウム講演論文集、1998.12, pp.383-388

2) 土木学会 構造工学委員会 コンクリート製長大アーチ橋の設計方法に関する研究小委員会、コンクリート長大アーチ橋の設計・施工技術の現況と将来、構造工学技術シリーズ NO.19, 2000.9

3) 大塚他：長大RCアーチ橋における複合非線形動的解析と座屈・分岐解析、(掲載予定)