ＣＦＴラーメン高架橋の構造物全体系じん性率と部材系じん性率に関する一考察

東日本旅客鉄道株式会社　正会員　山田正人

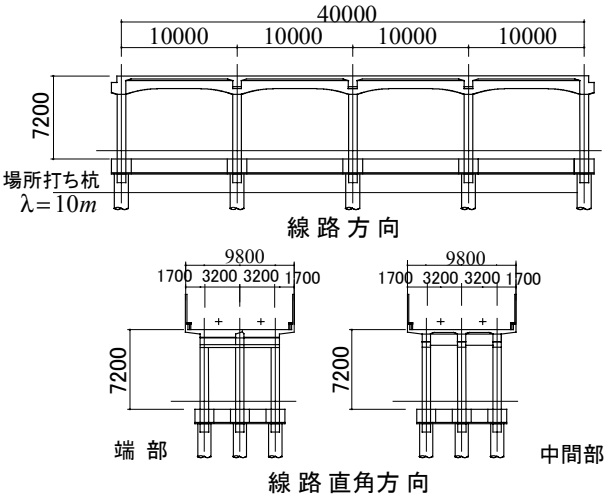
１．はじめに

兵庫県南部地震以降、大規模地震に対して構造物を構成する部材の塑性化を許容するが、地震後の復旧の容易さ等を考慮し塑性変形を制御する考え方が耐震設計法で取り入れられている。このような設計を行う場合、特に、ラーメン高架橋のような不静定構造物では、構造物全体系の終局状態の評価が重要となってくる。また、構造物全体系の塑性変形には基礎の変形や支承の変形などの影響も含まれため、構造物全体系の塑性変形性能をじん性率として評価するならば、全体系と部材系のじん性率は異なってくる。

そこで、ＣＦＴラーメン鉄道高架橋を例にとり構造物全体系の終局状態およびその場合の構造物全体系と部材系のじん性率との関係を静的非線形解析により検討したので報告する。

２．解析モデル

解析対象としたのは、図－１に示すような４径間ラーメン高架橋で、柱がＣＦＴ、地中梁、上層梁および杭がＲＣからなる混合構造物である。構造系全体を上下部一体として、図－２に示すようにモデル化（線路方向）した。部材は線材、地盤はバネにモデル化した。ＣＦＴ柱部材は、図－３に示すように負勾配を考慮したテトラリニア型（Ｍ－θ）にモデル化した。なお、図には鉄道構造物等設計標準・同解説（耐震設計）に示されている損傷レベルも記してある。また、柱および杭部材は地震の影響により軸力が変動するため、部材特性にはこの影響を考慮した。解析にあたっては、地盤の違いが上部構造物へ与える影響をみるために表－１に示すような３ケースについて検討を行った。



図－１　ＣＦＴラーメン高架橋

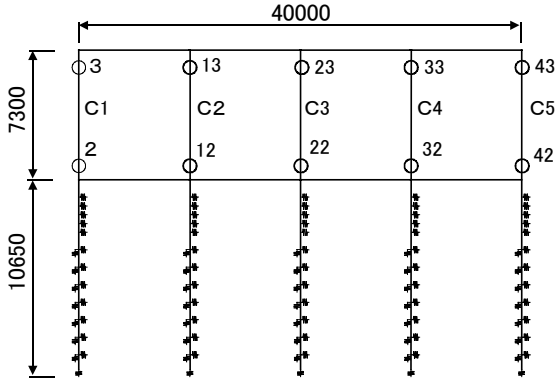
ここで、構造物全体系の終局状態についてであるが、現段階では構造物が崩壊する状態を定量的に評価することは困難である。そこで、今回は以下に示すように構造物全体系の終局状態を３通り仮定して検討を行った（今回、検討を行った構造形式は損傷が柱に集中）。

終局１：ある部材が最初に損傷レベル３限界点に達した時

終局２：塑性ヒンジ発生箇所（10 箇所）のうち半数(５箇所)が損傷レベル３限界点に達した時

表－１　解析ケース一覧表

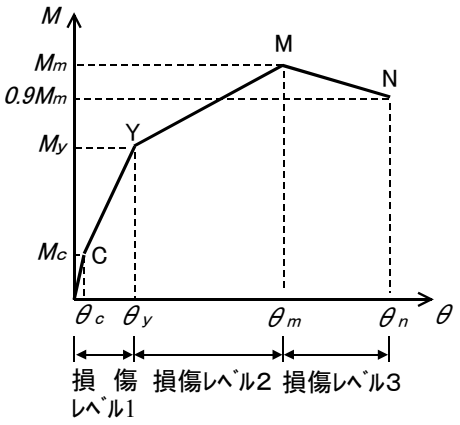
検討ケース	地盤種別	地盤固有周期(sec)	杭長(m)
ケース１	Ｇ３	0.32	10
ケース２	Ｇ５	0.77	18
ケース３	完全下固定	－	－



部　位	モ デ ル
上層梁(RC)	Ｍ－φ
地中梁(RC)	Ｍ－θ
柱(CFT)	Ｍ－θ
杭(RC)	Ｍ－φ

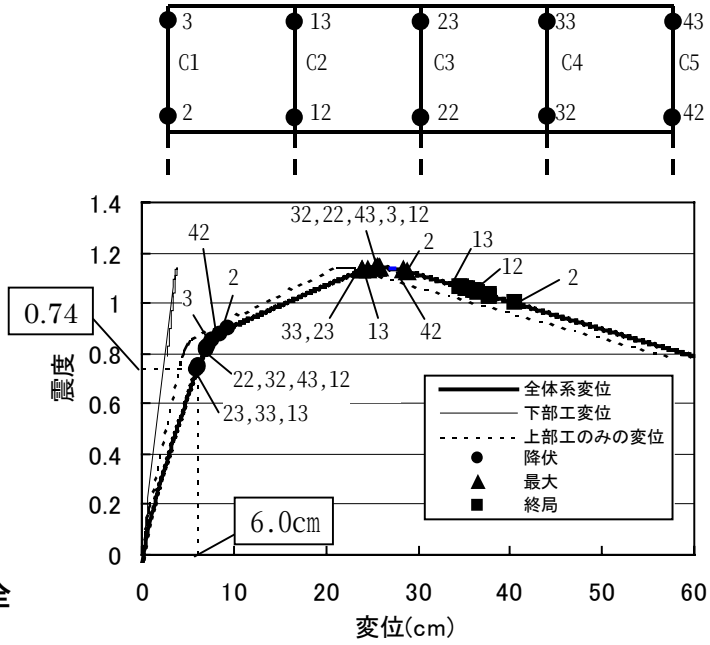
図－２　静的非線形解析モデル（ケース１、線路方向）

キーワード：構造物全体系の終局状態、全体系じん性率、部材系じん性率、ＣＦＴラーメン高架橋
〒151-8578 東京都渋谷区代々木 2-2-2　TEL 03-5334-1288　FAX 03-5334-1289



図－３　ＣＦＴ部材のモデル化

終局３：塑性ヒンジ発生箇所(10 箇所)のうち全箇所が損傷レベル３限界点に達した時



図－４　静的非線形解析結果（ケース１）

３．解析結果と考察

ケース１の解析結果を図－４に示す。図には、基礎の影響を見るために全体系変位の他に、全体系変位から基礎変位を差し引いた上部工のみの変位も示してある。図中の 23,33,13 の箇所がほぼ同時に降伏し、その時の変位は 6.0cm で降伏震度は 0.74 であった。その時点での基礎の変位は 2.2cm であり、全体系変位の約４割を占めていることがわかる。また、終局状態については、まず 13 の箇所が最初に損傷レベル３限界点(全体系変位 34.7cm)に達した。この時点が上記で仮定した終局１である。次に、12 の箇所が５番目に損傷レベル３限界点(全体系変位 36.0cm)に達した。この時点が終局２である。そして、最後に２の箇所が損傷レベル３限界点(全体系変位 40.6cm)に達した。この時点が終局３である。

表－２　全体系と部材系のじん性率の関係（ｹｰｽ1)

	全体系じん性率	部材系じん性率(最小)
終局１	5.78	7.83
終局２	6.00	8.23
終局３	6.77	9.66

表－３　全体系と部材系のじん性率の関係（ｹｰｽ2)

	全体系じん性率	部材系じん性率(最小)
終局１	5.40	7.33
終局２	5.59	7.75
終局３	6.49	9.70

表－４　全体系と部材系のじん性率の関係（ｹｰｽ3)

	全体系じん性率	部材系じん性率(最小)
終局１	8.71	8.37
終局２	9.03	8.68
終局３	9.57	9.23

以上の結果より構造物全体系のじん性率と部材系のじん性率との関係をまとめたのが、表－２である。終局１では、基礎の影響により構造物全体系のじん性率と部材系じん性率では約２程度の違いがあることがわかる。また、終局１と３では、構造物全体系のじん性率は、約１程度の違いがあることがわかる。

表－３、４にケース２と３の結果をそれぞれ示す。ケース２はケース１に比べ基礎の変形が大きい分構造物全体系のじん率が若干小さくなっていることがわかる。また、終局１では、基礎の影響により構造物全体系のじん性率と部材系じん性率では約２程度の違いがあることがわかる。当然のことながら、完全下固定の場合は、構造物全体系のじん性率と部材系のじん性率はほぼ一致していることがわかる。また、塑性ヒンジ発生箇所の順序は、ケース１と２ではほとんど差異はなかったが、ケース３は他の２ケースと異なる結果となった。

４．まとめ

今回、構造物全体系の終局を３通りの仮定に基づいて検討を行ったが、今後は構造物全体系の終局状態の評価を復旧の容易さ等も考慮し定量的に評価できるように検討を深めていきたい。