

アンカーフレームの非線形性を考慮した鋼ラーメン構造物の地震時特性

(株)復建エンジニアリング 正会員 西村 隆義 (株)復建エンジニアリング 正会員 井口 光雄
 京浜急行電鉄株式会社 小林 壮至

1.はじめに

アンカーフレームの設計では、柱下端の持つ耐力以上の耐力を持つように設計されるが、近年アンカーフレームに関する実験が数多く行われており、その降伏のメカニズムも明らかにされている。耐震設計の観点から見れば、柱の下端及び柱と基礎の定着部をピンに近い状況にできれば、他部材にかかる損傷を低減することができる。そこで、本検討では、アンカーフレームに降伏状態を考慮した解析を行い、鋼ラーメン構造物への影響について検討した。

2.解析対象構造物及び解析方法

解析対象構造物を図1に、3次元モデルを図2に示す。構造物は鉄道高架橋の、橋軸方向、直角方向共に2径間を有する2層鋼ラーメンである。ここで、それぞれの通りを橋軸方向がL1~3、橋軸直角方向がC1~3とする。構造物の概略は、地中梁及び杭(L=27.5m)はRC構造、それ以外は鋼構造で、上層・中層梁、及び上層・下層柱は箱断面で構成されている。モデルは、骨組みモデルを使用し、地盤はバネで考慮している。対象とした地盤の地盤種別は固有周期が0.55(sec)であることから鉄道耐震標準¹⁾のG4地盤である。本検討で考慮するアンカーフレームは、図3に示すようなRC方式であり、非線形特性はアンカーボルトの降伏を想定したバイリニアモデルで、柱下端部に回転バネとして導入することとした。また、アンカーフレームの終局状態は、アンカーボルトに発生するひずみが0.05%に達する状態と定義した。以上のように仮定した解析モデルにより、表1に示すようなケースで解析を行った。ケース1~4はそれぞれL2地震を考慮していない時点で決定されている断面であり、解析ケース5は、L2地震を考慮した状態での断面である。ケース1~4のうち、1,2はL1地震で設計し、3,4は下層柱のみケース5と同様の断面にしたものである。またケース1,3はアンカーフレームが先行して降伏するモデルとし、ケース2,4は柱下端が先行して降伏するモデルとした。解析方法は、耐震性能の比較を目的とした静的非線形解析と、G4地盤表面のL2地震動を入力し、挙動の比較を行う

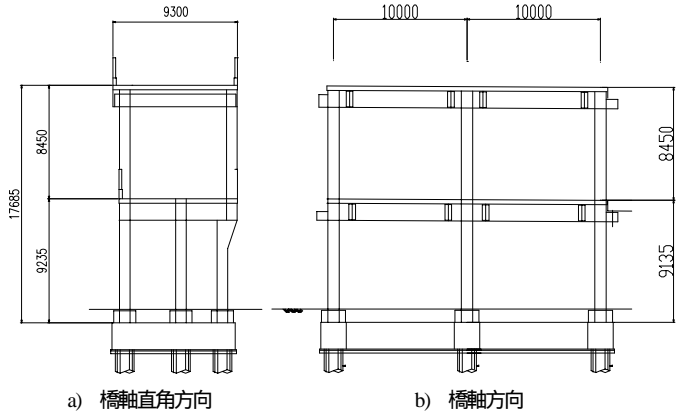


図1 対象構造物

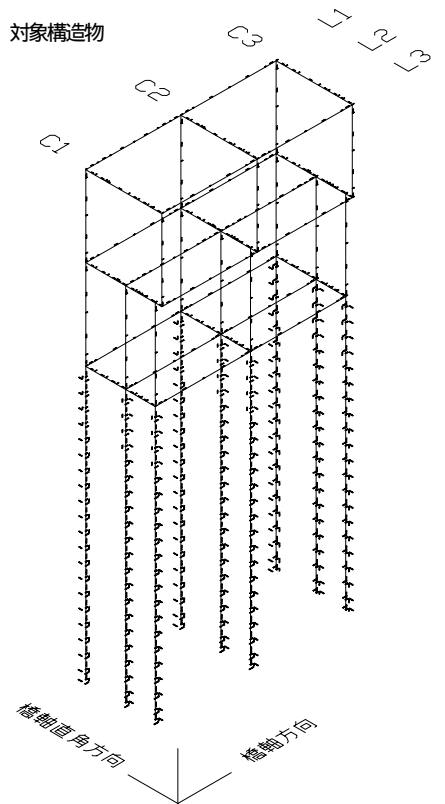


図2 解析モデル

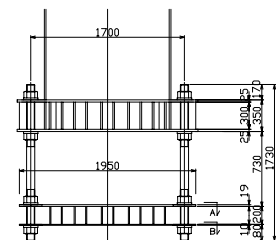


図3 アンカーフレーム図

表1 解析ケース

解析名称	柱下端条件	柱の状態		
		L2地震	柱下端の主要材質	照査
解析ケース1	アンカーボルト降伏	未考慮	SM490(板厚25)	損傷部材あり
解析ケース2	柱下端降伏	未考慮	SM490(板厚25)	損傷部材あり
解析ケース3	アンカーボルト降伏	柱下端のみ考慮	SM520(板厚25)	損傷部材あり
解析ケース4	柱下端降伏	柱下端のみ考慮	SM520(板厚25)	損傷部材あり
解析ケース5	柱下端降伏	考慮	SM520(板厚25)	損傷部材なし

キーワード：耐震設計，アンカーフレーム，動的非線形解析

連絡先: 東京都中央区日本橋堀留町1-11-12 TK堀留ビル (株)復建エンジニアリング第2技術部 Tel.03-3563-3116 Fax.03-3563-3127

ことを目的とした動的非線形解析とし、比較検討を行った。

3. 静的非線形解析結果の比較

静的非線形解析により得られた結果を表2にまとめた。ケース1,2が降伏耐力においては最も低く、ケース3,4ではケース5とそれほど変わらなかった。これは、柱下端が先行

表2 各モデルにおける静的非線形解析結果

解析名称	柱下端条件	静的非線形解析結果		
		降伏震度	降伏変位(cm)	最大震度
解析ケース1	アンカーボルト降伏	0.473	11.4	0.813
解析ケース2	柱下端降伏	0.473	11.4	0.944
解析ケース3	アンカーボルト降伏	0.539	12.5	0.928
解析ケース4	柱下端降伏	0.539	12.5	1.103
解析ケース5	柱下端降伏	0.535	12.4	1.107

して降伏するため他の部材の影響を受けなかったためと考えられる。最大応答震度においては、アンカーフレームの降伏を考慮した場合のケース1,3で、構造物の最大震度が低下していた。先に示した標準により地震時の応答値を算出したところ、アンカーボルト自体の損傷も終局状態には達していなかった。したがって、アンカーフレームを降伏させることで、全体系の剛度が大きく低下し、ピンのように挙動することから耐震性能が大きく向上する傾向したと考えることができる。

3. 動的非線形解析の挙動に対する比較

次に動的非線形解析を行い、各モデルの応答値を算出した。この構造物の固有周期は0.91(sec)であった。各解析値をまとめた表3によると、ケース1,3では、降伏後の剛性低下を受けて、柱の降伏を考慮したモデルよりも応答加速度は若干小さく、最大変位及び

表3 各モデルの応答値

解析名称	柱下端条件	時刻歴応答解析結果		
		最大応答変位(cm)	最大応答加速度(gal)	残留変位(cm)
解析ケース1	アンカーボルト降伏	33.00	1057.7	4.61
解析ケース2	柱下端降伏	32.49	1139.6	4.15
解析ケース3	アンカーボルト降伏	31.32	1137.8	4.24
解析ケース4	柱下端降伏	30.94	1185.0	3.23
解析ケース5	柱下端降伏	30.00	1219.8	2.60

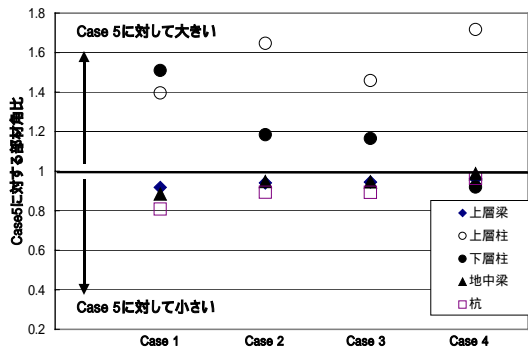


図4 ケース5に対する各部材角比

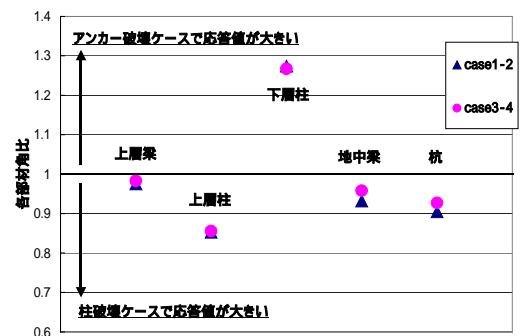


図5 ケース5に対する各部材角比

残留変位は若干大きくなる傾向を示した。なお、動的非線形解析においても、アンカーボルトは定義した終局に達していなかった。次に、図4はL2地震を考慮したケース5に対して、各ケースの部材角(上層梁・地中梁・上層柱・上層柱・杭)を比較した結果であり、図5には柱の諸元等が同一で破壊形態のみが異なるケース(ケース1と2、及びケース3と4)を比較した結果を示した。まず、図4では、ケース1~4は柱の変形性能がL2地震に対して不充分であったため、全てのモデルで柱の応答値が大きく、特に上層柱でその傾向が顕著であった。しかし、上層梁、地中梁、杭では応答値は提言している。次に図5では、両方の結果がよく相似しており、特に上層柱ではアンカーフレームの降伏により応答変位が大きく低下した。ケース1~4の上層柱では、耐震性能が低い部材が損傷していたが、柱下端降伏モデルに比べ損傷レベルは低下した。したがって、アンカーフレームを降伏させると、下層柱に損傷が集中するがその他の部材で応答値を低減することが出来ることがわかった。このことから構造物全体の応答に対して、アンカーフレームに損傷を集中させることが有効であるといえる。

5. おわりに

今回の解析結果から、(1)アンカーフレームの下端を降伏させることで、最も厳しい柱下端部の補強量を小さくすることが出来、またアンカーフレームに損傷を集中させることにより、補修方法としてアンカーフレームのみ交換という方法も可能だと考えられる。(2)他の部材の応答値を低下させることが可能であり、構造物全体の材料も少なくできる。今後は、補修工法も考慮して検討をしたいと考えている。

参考文献 1) 鉄道総合技術研究所：鉄道構造物等設計標準・同解説 耐震設計編，1999.10