

I-520

鋼製ラーメン橋脚の地震時非弾性応答に及ぼす温度応力の影響

東大工学部

○学生員 安藤 陽一

東大工学部総合試験所

正員 藤野 陽三

東大工学部

学生員 Phoonsak. P

㈱大林組

Taweep. C

1 はじめに 現行の道路橋示方書が規定する設計照査式（鋼橋）の一つに、死荷重、設計地震荷重、温度変化の影響を同時に構造物に載荷したときに断面内に生ずる、組合せ荷重に対する応力が、許容応力度 $\times 1.7$ 、すなわち降伏応力域に収まるように定めたものがある。しかし、鋼製ラーメン橋脚を例にとって考えたとき、設計震度以上の地震が入力されて、柱頭や柱下部が非弾性変形域に入るときには逆に、温度応力が開放されることも考えられる。そこで構造物の応答が、温度応力を受ける場合と受けない場合ではどの程度の差が出るのかをみることで、この設計照査式を再考してみることにした。そこで本研究では温度応力がある場合の鋼製ラーメン橋脚を材料非線形、幾何学的非線形を考慮した有限要素法を用いて静的解析、動的解析を行った。

2 解析モデル、入力波 材料特性としては完全弾塑性体とした。解析モデルには図1に示す設計例を用い、それを骨組モデル（図2）におきかえ、基礎を剛として解析した。また、この設計例はSEC5の断面が死荷重、地震荷重、温度変化の荷重組合せで決定している。入力地震波としてはエル・セントロ波NS成分をスケールリングし、その最大加速度を300gal、400gal、500gal、600galとなるようにした。また、タイムステップは0.004秒で行った。また、構造物の減衰定数は0.02とした。温度変化としては、 $+35^{\circ}\text{C}$ 、 0°C 、 -35°C を設定した。また温度による影響を詳しく見るために500galのものに対しては、 $+70^{\circ}\text{C}$ 、 -70°C の場合も計算した。なお残留応力は考慮していない。

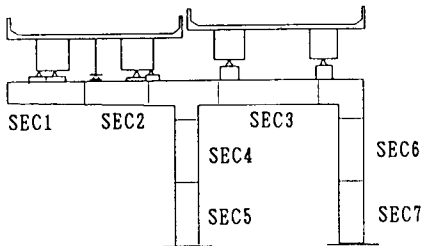


図1 使用した設計例

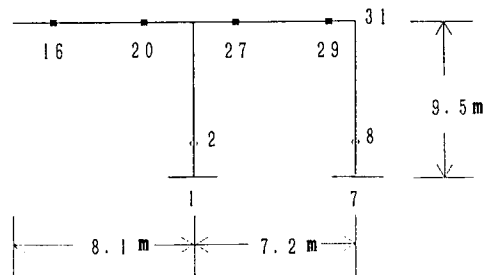


図2 骨組みモデル

3 計算結果 静的に水平地震荷重を増分的に載荷した場合の柱頭のNODE31の水平方向変位－荷重の関係を温度変化 0°C 、温度変化 $+35^{\circ}\text{C}$ の場合について図3に表す。このように静的に載荷を行った場合においては荷重が小さい時点では、温度応力による影響がある。だが荷重が大きくなり構造物の各部分（SEC5とSEC7の一部）が降伏するにつれ、その変位の差は小さくなり、限界塑性荷重は殆ど変わらない値を示した。続いて動的解析を行った。なお、この構造物の水平1次固有周期は約0.4秒であった。

次に応答について記す。解析モデルは解析を行った入力波全てに対して基礎とのつけ根である柱下部が降伏し非弾性域に入った。その応答は水平変位応答、鉛直変位応答、回転変位応答ともに降伏した部材1-2、部材7-8の一端の点、NODE2, NODE8の鉛直変位応答を除いて有意な差は見られなかった。そのうちNODE2の

鉛直変位応答と500galのNODE8の鉛直変位応答を図4、図5に示す。NODE1は固定端であるから、NODE2は部材1-2の伸びを示す。これを見ればNODE2の鉛直変位は最大地震加速度の入力される2.0~3.0秒の部分を除けば応答波形に大きな違いがみられない。このうち500galと600galについては4秒を過ぎてもすべてのケースとも数回降伏をするのであるが、温度の違いによってその変形が大きく違うということはない。これらの結果から、この構造物が大きな地震力を受け部材が降伏をすれば、それによって温度によるモーメントがその分開放され、そのあとにそれを上回る地震力を受けなければ、温度の違いによる応答の開きは起きないということが考えられる。また35℃程度の温度の違いにより最大地震時における応答で著しい違いが起きているとは言えず、これは500gal、±70℃の結果においても同様である。

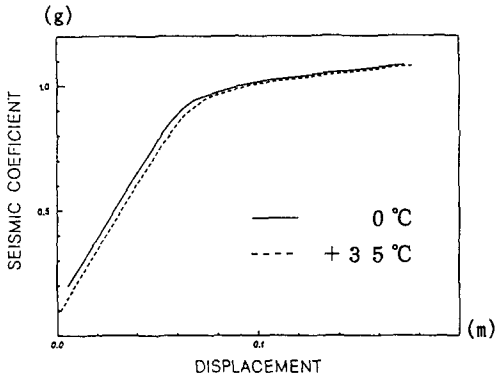


図 3 静的、水平地震力による
柱頭(NODE31)の水平変位

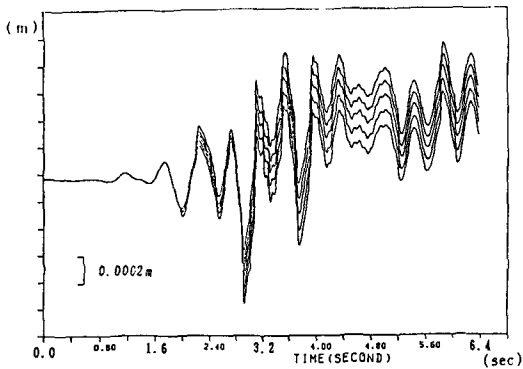


図 5 NODE8の鉛直変位応答
(入力 500gal)
曲線は上から
-70℃、-35℃、0℃、35℃、70℃

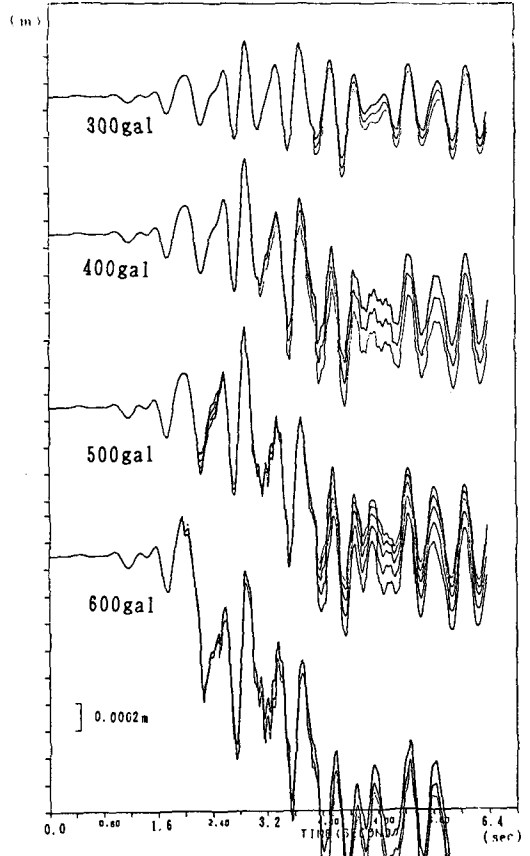


図 4 NODE2の鉛直変位応答
曲線は上から-35℃、0℃、+35℃
入力500galの場合上から
-70℃、-35℃、0℃、35℃、70℃

4 まとめ 以上のように、静的、動的な解析結果いずれにおいても温度応力は構造物の非弾性応答にあまり影響を与えないという結果が出た。しかしこれは用いた地震波特有、この構造物特有である可能性も残っており、今後の幅広い検討が必要と考える。

5 謝辞 動的解析の留意点を御指導くださった東大工学部 B.M.Pacheco講師、また貴重な資料を貸して下さった 建設技術研究所 島村 浩氏、両氏には厚い感謝の意を表します。