

集集大地震における猫羅溪橋の被害要因の推定

九州工業大学 学生会員 ○ 田中 智 正 会 員 山口 栄輝
正 会 員 幸左 賢二 正 会 員 久保 喜延

1. はじめに

1999年9月21日、台湾中部でM7.6の大地震が発生し、震源地である南投県集集付近を中心に大きな被害が生じた。建物約3万棟が倒壊し、橋梁をはじめとする各種土木構造物も甚大な被害を受けた¹⁾。本研究では、猫羅溪橋に着目し、その被害要因を推定する。

猫羅溪橋は、複合ラーメン橋であり、下を通る道路との関係から、橋脚は大きく偏心した位置で上部工に結合されている。偏心しているほとんど全ての橋脚において、天端付近から下方に延びるひび割れが発生し、かぶりコンクリートの剥離も見られた。

2. 解析概要

2.1 解析モデル 猫羅溪橋は橋脚がRC、主桁が鋼の複合ラーメン橋であり、橋脚が主桁中心からずれて偏心している。これらの特徴を取り込んだ橋梁モデルを図1に示す。支間割は全て等しく35.0m、橋脚は円形断面で直径3.0m、高さ6.0m、上部工は鋼鈑桁である。

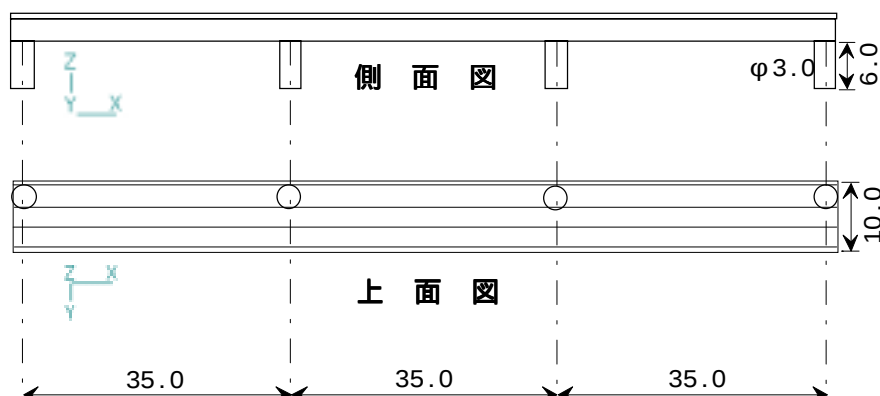


図1 橋梁モデル 単位：m

橋脚のコンクリートの圧縮強度は2400 tf/m²とし、その応力 - ひずみ関係は道路橋示方書²⁾に従い、横

拘束筋による拘束効果を考慮した曲線でモデル化する。鉄筋の降伏応力34500 tf/m²で、応力 - ひずみ関係は2次勾配が1次勾配の1/100のバイリニア型とする。主桁の挙動は弾性と仮定する。

2.2 解析方法 動的解析での入力地震波は、兵庫県南部地震の際に神戸海洋気象台で得られた地震波とし、そのNS成分を橋軸方向、EW成分を橋軸方向に入力する。減衰はレイリー減衰を用い、減衰定数は $h_1=h_2=0.02$ とする。解析ソフトはY-FIBER3D³⁾を用いる。

3. 解析結果

猫羅溪橋では、H形鋼で組んだ鋼フレームを介して主桁と橋脚が結合されている。まず、このフレームを無視した解析モデルで計算を行い、橋脚の偏心配置の影響を検討する。その結果として、P2橋脚の天端と基部の断面最外縁での直応力時刻歴応答を図2に示す。橋脚天端での最大圧縮直応力は750 tf/m²であるのに対し、基部では2005 tf/m²もの最大圧縮直応力が発生している。猫羅溪橋の被害は橋脚上部に集中しているが、ここでの解析結果はむしろ橋脚基部での損傷を示唆し、被害調査結果と整合しない。台湾集集地震橋梁被害の報告書には、猫羅溪橋被害の主因として橋脚の偏心配置を挙げているものもある。しかしながら、本解析では橋脚の偏心配置の効果は考慮しているにもかかわらず、猫羅溪橋の被害状況を説明できるような結果は得られておらず、被害の主因を別に求める必要があると思われる。

先に記したように、猫羅溪橋では鋼フレームにより主桁と橋脚が結合されている。そこで、この鋼フレー

キーワード：集集大地震，猫羅溪橋，偏心，動的解析

連絡 先：〒804 - 8550 北九州市戸畑区仙水町1 - 1 Tel：093 - 884 - 3110

ムの影響に着目する。

鋼フレームの存在により、主桁と橋脚間の力のやりとりは鋼フレームを介して行われる。そのため、橋脚天端断面のうち、鋼フレーム直下の部分のみで力が伝達され、残りの断面領域は応力フリーの状態にある。このような力の伝達機構をモデル化するために、フレーム形状の断面を有した鋼短柱として鋼フレーム部をモデル化する。そして、この短柱に作用する直応力を、鋼フレーム直下の橋脚に作用する直応力として求める。

鋼フレーム最外縁での直応力の時刻歴応答を図3に示す。この場合には、 2205 tf/m^2 の最大圧縮直応力が得られた。この値は、先に求めた橋脚基部での最大圧縮直応力よりも大きく、主桁と橋脚の結合に鋼フレームを用いたことが、猫羅溪橋の被害の要因であることを示唆している。

主桁と橋脚間のせん断力の伝達も、鋼フレームを介して行われる。そこで、せん断力が伝達される過程で、橋脚天端にどのような応力が発生するかを調べた。そのために、鋼フレームと橋脚を図4に示すようにソリッド要素でモデル化し、MSC/NASTRANで線形解析を行った。その際、橋軸直角方向(Y軸方向)に水平力を作用させ、橋脚天端に生じる応力を求めた。その結果、水平力 $H \text{ tf}$ により、鋼フレーム直下の最外縁近傍で $0.16H \text{ tf/m}^2$ の周方向引張応力が作用することが判明した。

以上より、鋼フレーム直下最外縁近傍では圧縮 - 引張の二軸応力状態になっていると考えられる。このような圧縮 - 引張の二軸応力状態下では引張応力の影響により、コンクリートの破壊は一軸圧縮強度より小さな圧縮応力で生じ、その低下の度合いは、引張応力の大きさにほぼ比例する。このことを考慮に入れ、本研究の動的解析結果を再検討してみると、9.05秒の時点で橋脚天端の鋼フレーム最外縁近傍のコンクリートが破壊する(ひび割れが発生する)ことが判明した。

4. まとめ

被害調査報告書では、猫羅溪橋の被害に関して、橋脚が偏心位置に設置されていることに言及しているものが多い。しかしながら、本研究の解析結果によれば、橋脚が偏心位置に設定されていることより、むしろ、鋼フレームを介して主桁と橋脚が結合されていることの方が被害要因と考えられる。

<参考文献>

- 1) 九州工業大学建設社会工学科耐震グループ：1999年9月21日台湾集集地震橋梁被害報告書，2000。
- 2) 日本道路協会：道路橋示方書・同解説 耐震設計編，1996。
- 3) 大和設計株式会社：Y-FIBER3D取扱説明書，1999

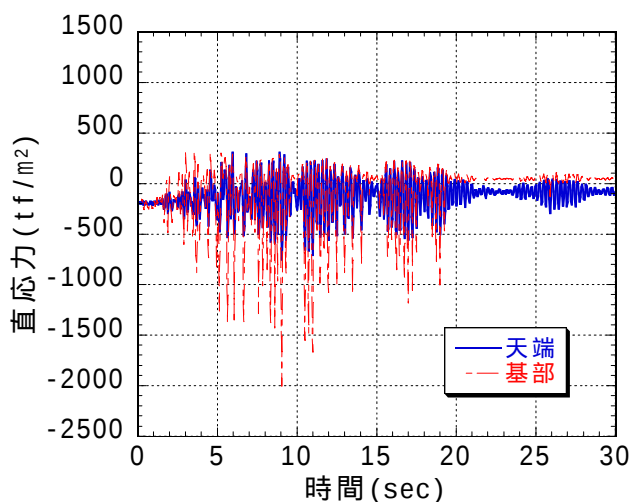


図2 基部と天端の直応力時刻歴応答

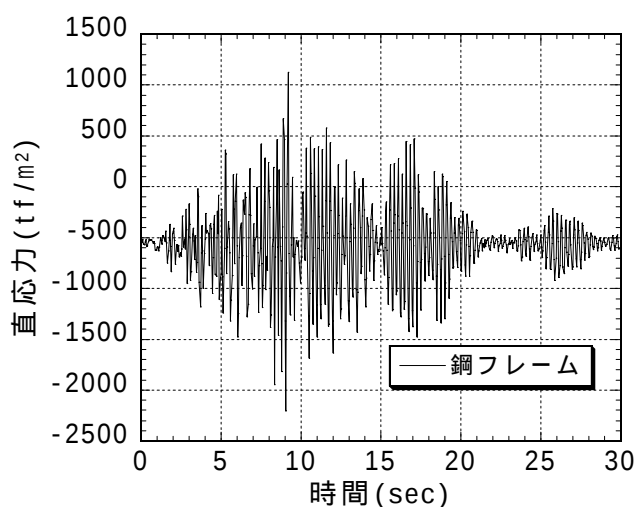


図3 鋼フレーム(天端)の直応力時刻歴応答

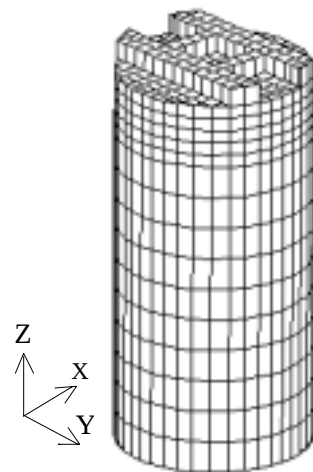


図4 要素分割図
(ソリッド要素)