

台湾大地震における猫羅溪橋の被害メカニズムの推定

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、その被害メカニズムを推定する。

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35.0m+35.0m+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。

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には、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(Ⅱ-1-1, Ⅱ-1-2)を用いる。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。

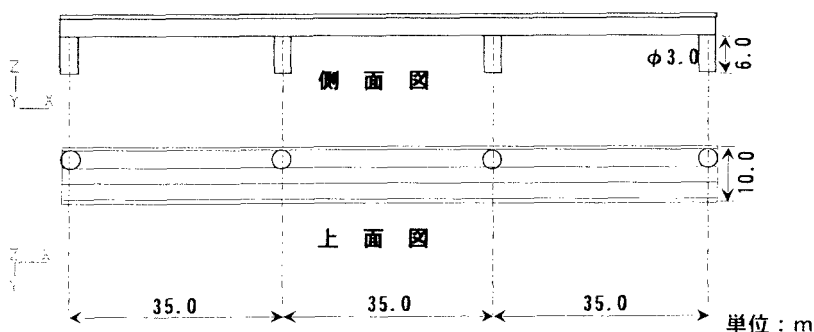


図1 橋梁モデル

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った。すなわち、主桁と橋脚が直に結合されているとしてモデル化し、解析

した。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 728 tf/m^2 であるのに対し、基部では 1847 tf/m^2 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、 2020 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。

4. まとめ

被害調査報告書では、猫羅溪橋の被害に関連して、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、橋脚の偏心だけでは、橋脚基部よりも橋脚上部に多く発生した損傷状況を説明することはできない。一方、鋼フレームを介して主桁と橋脚が結合されている点を考慮すると、橋脚内に発生する圧縮直応力は橋脚上部の方が大きくなり、猫羅溪橋の損傷状況と整合するようになる。そのため、主桁と橋脚の結合方法が猫羅溪橋の被害要因と推測される。今後、この点に着目し、さらに検討を加えていく予定である。

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 V 耐震設計編、1996。
- 3) 大和設計株式会社：Y-FIBER3D 取扱説明書、1999

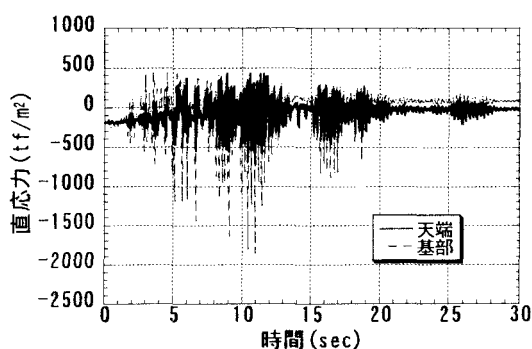


図 2 基部と天端の直応力時刻歴応答

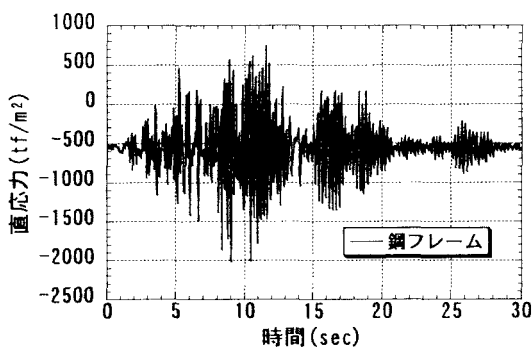


図 3 鋼フレーム(天端)の直応力時刻歴応答