

### E-Defense 加震実験に基づくすべり支承の摩擦力が橋脚の地震応答に与える影響に関する検討

東京工業大学 正会員 ○佐々木智大  
東京工業大学 フェロー 川島 一彦

#### 1. はじめに

実大規模の橋脚が断層近傍地震動の作用を受けた場合の破壊メカニズム解明のため、現在の耐震技術基準で設計された直径 2m、高さ 7.5m の大型円形断面 RC 橋脚に対する加震実験（以下、C1-5 実験と呼ぶ）が 2008 年 8 月に行われた<sup>1)</sup>。本検討では、2 基の端部支持装置上に設置されたすべり支承（可動支承）と橋脚上の 8 基のすべり支承（転倒防止支承）の摩擦力が橋脚の地震応答に与える影響について、ファイバー要素解析を用いて検討した。

#### 2. C1-5 加震実験

写真-1 に C1-5 実験のセットアップを示す。加震装置は 2 連の単純桁、4 基のおもり、2 基の端部橋脚、橋脚が大きく被災した場合の倒壊防止装置から構成される。桁は橋脚上では 1 基の固定支承により、端部橋脚上では 1 基の可動支承により支持されている。しかし、これだけでは橋軸周りの回転に対して不安定となるため、固定支承の両側には各 1 個のサブのすべり支承（転倒防止支承）を配置し、桁の橋軸周りの回転が生じた場合に、沈下に対しては抵抗する構造となっている。写真-2 は実験に用いた可動支承と転倒防止支承である。

C1-5 実験に用いた橋脚（以下、C1-5 と呼ぶ）の寸法と配筋を図-1 に示す。C1-5 は 2002 年道路橋示方書に基づき、II 種地盤を想定して設計されている<sup>1)</sup>。詳しくは参考文献を参照されたい。

入力地震動としては 1995 年兵庫県南部地震において JR 鷹取駅で観測された加速度記録を地盤と構造物の動的相互作用を考慮して 80% に縮小したもの（実地震レベル）が用いられている。C1-5 実験では実地震レベル 100% 加震を 2 回（C1-5(1)-1 および C1-5(1)-2 加震）実施後、上部構造質量を 307t から 372t に 21% 増加させた状態で実地震レベル 100% 地震動による加震（C1-5(2)加震）が 1 回、さらに、入力強度を E-ディフェンスの限界の実地震レベル 125% に

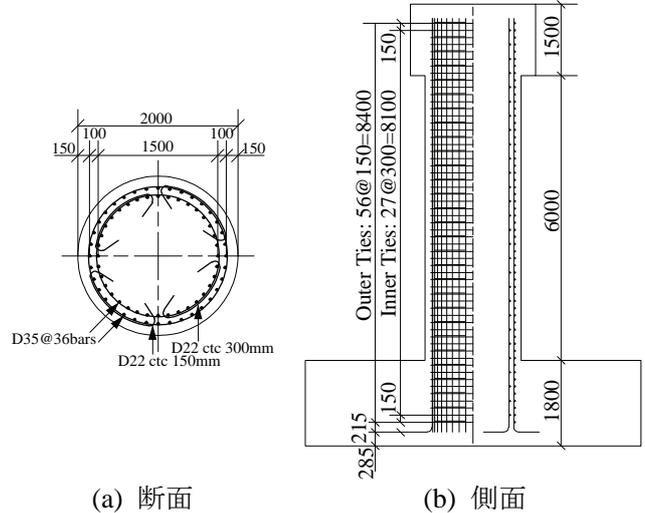


写真-1 加震装置



(a) 可動支承 (b) 転倒防止支承

写真-2 可動支承および転倒防止支承



(a) 断面 (b) 側面

図-1 C1-5

増加させた加震が 2 回（C1-5(3)-1 および C1-5(3)-2 加震）実施された。

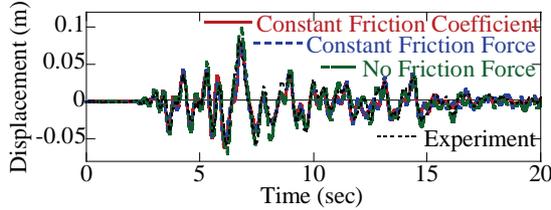
写真-3 に C1-5(1)-1 および C1-5(2)加震後の損傷を示す。C1-5(1)-1 加震では最大幅 1mm の水平曲げひび割れが全周にわたって生じた。一方、C1-5(2)加震では、WSW 面から SSW 面にかけて広い範囲で基部

キーワード 執筆要領, 書式, PDF ファイル, 電子投稿, 年次学術講演会

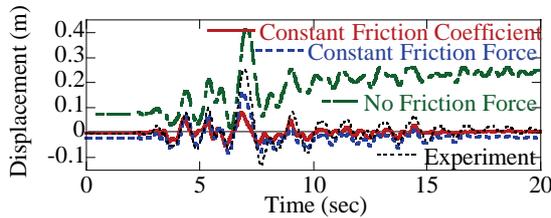
連絡先 〒160-0004 東京都新宿区四谷 1 丁目 (外濠公園内) (社) 土木学会 全国大会係 TEL03-3355-3442



(a) C1-5(1)-1 加震 (b) C1-5(2)加震  
写真-3 損傷状況



(a) C1-5(1)-1 加震



(b) C1-5(2)加震

図-2 橋脚上端における応答変位 (主応答方向)

から 500mm 以下のかぶりコンクリートが剥落した。

図-2 に応答が最も卓越する方向 (以下, 主応答方向と呼ぶ) の橋脚上端における応答変位を示す。なお, ここでは比較のために後述するファイバー要素解析の結果も併せて示している。これによれば, 最大応答変位は C1-5(1)-1 加震では 83.5mm と降伏変位 45.8mm の 1.8 倍程度であるのに対し, C1-5(2)加震では 254.0mm と降伏変位の 5.6 倍に増加する。

3. 摩擦力を無視した場合

ファイバー要素を用いた骨組みモデルによる地震応答解析を実施し, 実験結果の再現を試みた。解析モデルを図-3 に示す。ここでは, 可動支承および転倒防止支承の摩擦力は無視し, 図-4(a)に示すように各支承は水平変位に対して抵抗しないと仮定した。その結果は図-2 に示したとおりである。これによれば, 最大応答変位が C1-5(1)-1 加震では 100.5mm, C1-5(2)加震では 422.9mm と 20-66%程度過大評価している。また, C1-5(2)加震では 238mm の残留変位が生じており, 実験結果とは一致しない。

4. 摩擦力が一定であるとした場合

可動支承および転倒防止支承の摩擦力は上下方向力の変化によらず一定であると仮定し, 図-4(b)に示

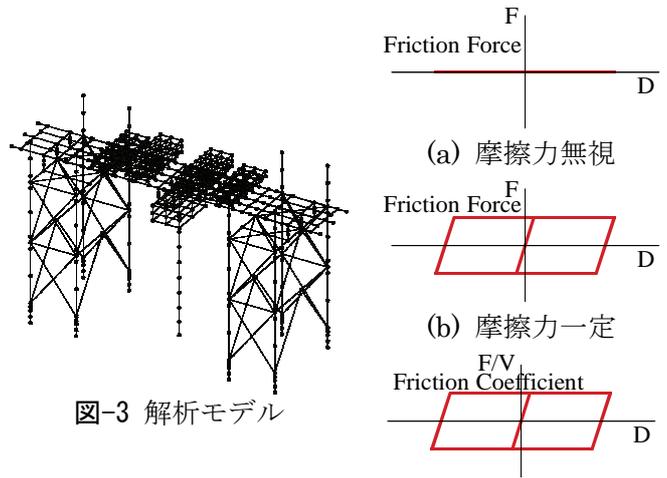
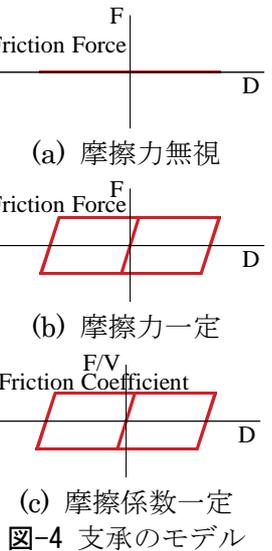


図-3 解析モデル



すような履歴モデルを用いた。その結果は図-2 に示したとおりである。これによれば, C1-5(1)-1 加震では最大応答変位が 79.4mm であり, 解析結果は実験結果をよく再現できている。一方 C1-5(2)加震では 160.4mm と 37%程度過小評価する。これは, フーチング内軸方向鉄筋の抜け出しや軸方向鉄筋の局部座屈を考慮していないことが影響していると考えられるが, さらに検討が必要である。なお, 解析における残留変位は実験結果と同様ほとんど生じていない。

5. 摩擦係数が一定であるとした場合

可動支承および転倒防止支承の摩擦力  $F$  は上下方向力  $V$  に依存し, 次式で表せると仮定した。

$$F = \mu V \tag{1}$$

ここで,  $\mu$  は動摩擦係数である。図-4(c)は解析に用いた履歴モデルである。解析結果は図-2 に示したとおりである。これによれば, C1-5(1)-1 加震では最大応答変位が 79.5mm であり, 摩擦力が一定の場合と同様に摩擦係数が一定の場合も解析結果は実験結果をよく再現できている。一方 C1-5(2)加震では 81.1mm と摩擦力が一定の場合に比較して応答変位が半分程度に低下した。なお, 摩擦係数が一定の場合の残留変位も実験結果と同様ほとんど生じていない。

6. 結論

支承のすべり摩擦力を無視すると, 解析の精度, 特に残留変位の推定精度が大きく低下する。橋脚の地震応答に与えるすべり摩擦力の影響は大きい。

参考文献: 右近大道, 梶原浩一, 川島一彦: E-Defense を用いた実大 RC 橋脚 (C1-5 橋脚) 震動破壊実験報告, 第 12 回地震時保有水平耐力法に基づく橋梁等構造の耐震設計に関するシンポジウム, pp. 193-198, 2009.