

地表地震断層による落橋現象のモデル化と対策

○株式会社横河ブリッジ 正会員 水口知樹
 東京大学大学院工学系研究科 正会員 阿部雅人
 東京大学大学院工学系研究科 フェロー 藤野陽三

1. はじめに

1999 年 9 月に台湾で発生した集集大地震や、同年 8 月トルコのコジャエリ地震、11 月のデュツェ地震では、地震断層が最大で 5～10m に達する大きな変位を生じて地表に現れ、落橋被害が生じた。これまでの耐震設計基準は、地震時慣性力に対して構造物の耐震性を評価する手法が主であり、地震時の液状化による側方流動の対応も検討されているものの、地震時の地盤変位に関する十分な対策法は示されていない。

そこで本研究では地表地震断層による落橋現象の把握を検討するとともにその対策を提案する。

2. 地表地震断層のモデル化

まず、被害の原因である地表地震断層の挙動を明らかにすることを試みた。断層近傍の上盤側と下盤側の地盤で観測された地震記録を基線補正することにより変位波形を求めた(図 1)。この残留変位は GPS 計測結果と調和的であった。図 1 をみると、主に上盤側の地盤が移動して断層変位が生じており、また、変位が大規模にも関わらず、断層生成時間はわずか 5 秒ほどであった。

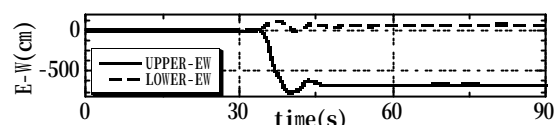


図 1 断層近傍の時刻歴変位波形
(EW 成分, 上盤 TCU068&下盤 TCU103)

3. 地表地震断層を考慮した動的解析

断層変位と地震動の影響をそれぞれ明らかにし、対策を提案するために、断層変位を考慮した動的シミュレーションを行う解析モデルを構築した。解析対象は断層をまたぐ単径間橋梁であり、支承以外は剛体でモデル化した。図 2 に卑豊橋におけるモデルを示す。上述の地表地震断層の挙動を表す変位波形から、断層変位の大きさ、断層の生成時間の不明確さ、地震動の強さを考慮した 6 組の波形 (F1R0.5 から F2R2) を作成し、入力波形に使用した。桁には橋軸・橋軸直角・鉛直 3 方向に作用する非線形ばねでモデル化した支承の復元力と重力が作用し、支承と同じ 3 方向とそれぞれの回転を含めた 6 自由度の応答計算を行った。卑豊橋についての支承の橋軸方向における時刻歴応答変位を図 3 に示す。実際の桁掛り長を一点鎖線で示した。また、桁の挙動も同図中に示した。左側が上盤側、右側が下盤側である。解析結果と実被害は桁が落下するという点で整合し、モデルの精度を確認した。さらに、同モデルで断層変位による静的解析を行い、桁が落下しないために必要な桁掛り長を比較した。卑豊橋における解析結果を図 4 に示す。実際の桁掛り長を一点鎖線で示す。その結果、静的応答に対す

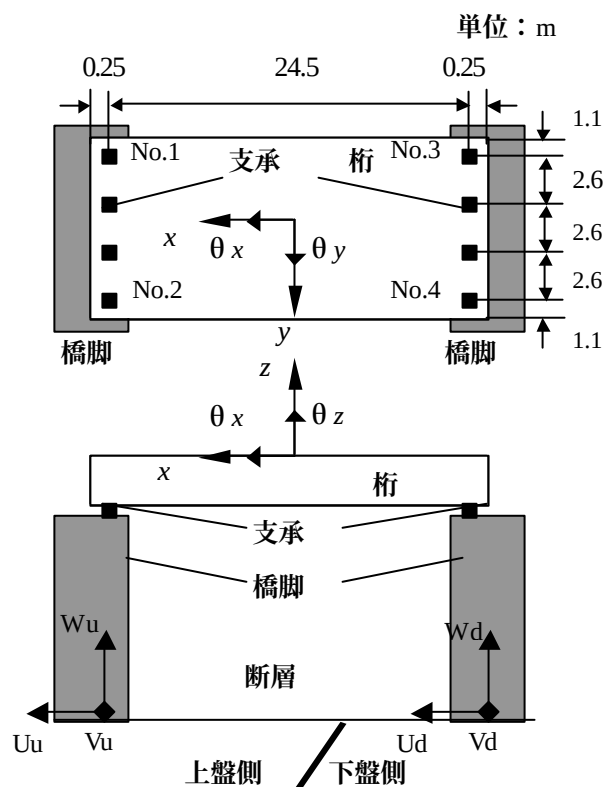
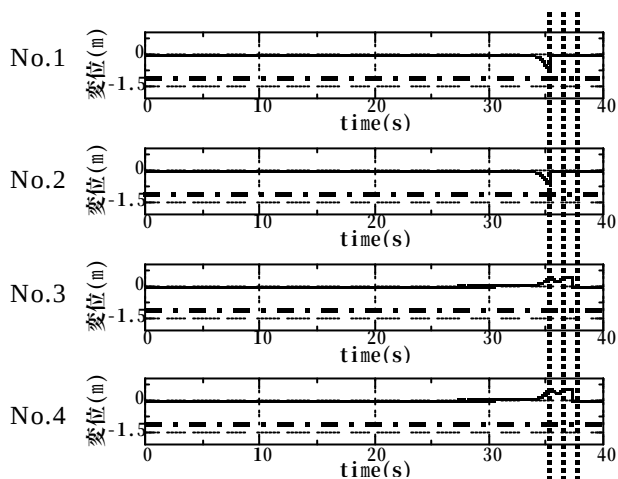


図 2 卑豊橋の解析モデル

キーワード：地表地震断層、落橋現象、落橋の対策

連絡先：〒108-0023 東京都港区芝浦 4-4-44 Tel：03-3453-4111



time = 35.25(s) time = 36.50(s) time = 37.75(s)

図3 卑豊橋の支承の時刻歴応答変位（橋軸方向）

動的応答の寄与分は解析対象に関わらず 50cm 以内に収まることを示した。これより、どのように地表地震断層が生成するかが明らかでなくとも、断層変位の大きさが予測できれば静的解析から得られた必要な桁掛け長に、その動的応答の寄与分を付加することで地震時に必要な桁掛け長が算出できる。

4. 地表地震断層による落橋に関する対策

次に、地表地震断層による落橋に関する対策を提案し、上述の動的解析モデルを用いて、それらの妥当性を検討した。断層変位により水平方向に橋脚間距離が増加する場合、有効な手段は主に2つあり、桁を回転させ対角線の長さで抵抗することと、桁を橋脚間の中央に移動させて桁の長さを最大限利用することである。既存橋梁に対応可能で比較的安価な具体案として、前者は図4に示すように A と D、もしくは B と C のように対角となる桁端部に非線形ばねを設置すること、後者は 4 隅すべてに非線形ばねを設置すること、もしくは支承の降伏変位を増大させるため初期剛性を低下させることなどが挙げられる。鉛直方向の断層変位に対しては桁の長さを増加させることが有効である。

5. まとめ

本研究で得られた主な知見を以下に述べる。

- (1) 地表地震断層の挙動をモデル化した。
- (2) 下部構造を剛体と仮定した動的解析モデルで桁の落下を再現した。
- (3) 比較的安価で地表地震断層に有効な対策の可能性を示した。

【参考文献】1)水口知樹：地表地震断層による落橋現象のモデル化と対策，東京大学修士論文，2001.3

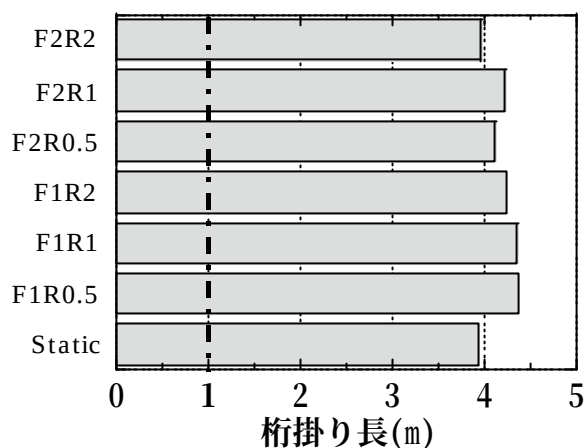


図4 卑豊橋に関する必要桁掛け長

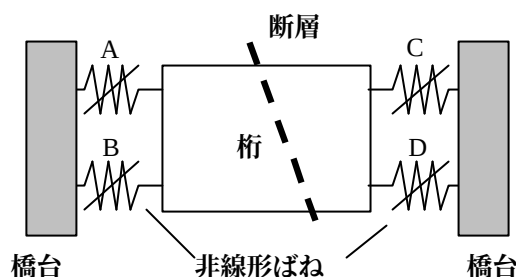


図5 対策案の例

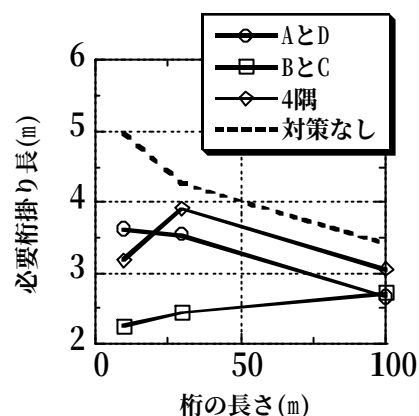


図6 非線形ばねの設置による必要桁掛け長の変化

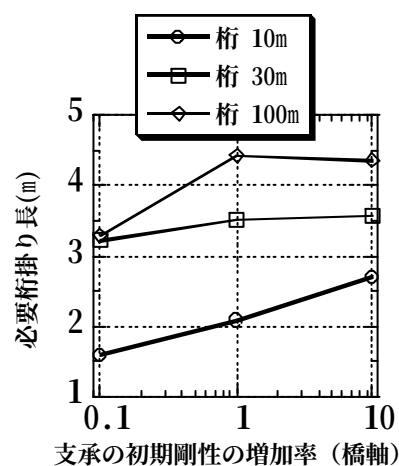


図7 支承の初期剛性に対する必要桁掛け長の変化