

Pushover 解析による斜橋の衝突時桁変位量評価

九州工業大学
九州工業大学大学院

学生会員 中村聡志
学生会員 施鐘淇

九州工業大学 正会員 幸左賢二
大日本コンサルタント(株) 正会員 清水英樹

1. はじめに

2008 年 5 月 12 日に中国四川地震が発生し、斜橋の馬尾河橋では、主桁の残留変位の発生、サイドブロックの損傷、桁・橋台間衝突に伴う橋台損傷が確認された。そこで、本検討では斜橋における桁移動に着目して、時刻歴応答解析および Pushover 解析を行い、主桁・橋台間衝突時の桁変位量を推定した。具体的には、動的解析で主桁の全体的な桁変位を確認した上で、Pushover 解析を用いて動的解析の結果を模擬し、最終的に動的解析での主桁・橋台間衝突時の桁変位量の推定を目的とした。

2. 動的解析

対象橋梁の解析骨組モデルを図-2 に示す。モデル化は主桁と支承のみで行った。支承バネは、桁下面が支承上を滑る現象を再現するためにせん断抵抗バネを完全弾塑性型として設定している。衝突バネは、桁端の支承線直角方向の応答変位が遊間量 40mm を越えると抵抗するように、圧縮側のみで弾性挙動を示すバネ特性を与えた。入力地震波は本橋近傍の実測波とし、水平 2 方向地震波の同時入力を行った。

図-3 に桁重心位置における X, Y 方向変位を示す。X, Y 方向共に遊間量である 40mm の範囲内で振動を繰り返したのち 7.823sec で主桁が A2 橋台に衝突している(図-3 中の点(1))。2 回目衝突以降に桁重心位置が遊間量を超えず桁衝突が確認される理由として、初期衝突以降で桁回転が発生したためである。

また図-4 に 1 回目衝突時の衝突点(図-4 中の A 点)めり込み量を示した。主桁の挙動として衝突前まで桁はほぼ橋軸方向へ平行移動した状態で変位し A2 橋台に面で衝突した後、時計回りの回転が発生することで最終的に A 点でめり込み量最大になり A2 橋台から離れる。衝突開始から主桁が A2 橋台に対してめり込み量が最大となる点まで A 点は衝突方向と同様の橋軸方向に進行した。さらに衝突中の A 点の変位量は特に跳ね返り時で X 方向に比べ Y 方向が大きくなり、衝突全体でも Y 方向で 3 倍程度大きく発生した。

3. Pushover 解析

動的解析の結果(主桁変位量)を考察するため、解析モデルを動的解析と同じとし、加速度係数を増分させることによる Pushover 解析を実施した。また動的解析の結果を模擬するため、解析結果から A 点が橋軸方向にめり込み量最大の点まで変位したことを参考に、動的解析結果のめり込み量を再現し、橋軸方向にめり込み量最大の点まで Pushover 解析を実施した。

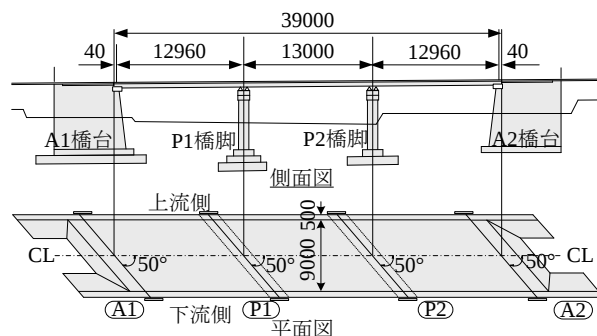


図-1 対象橋梁

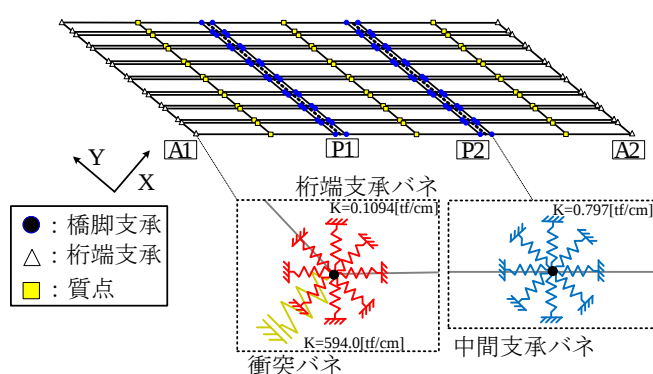


図-2 解析モデル

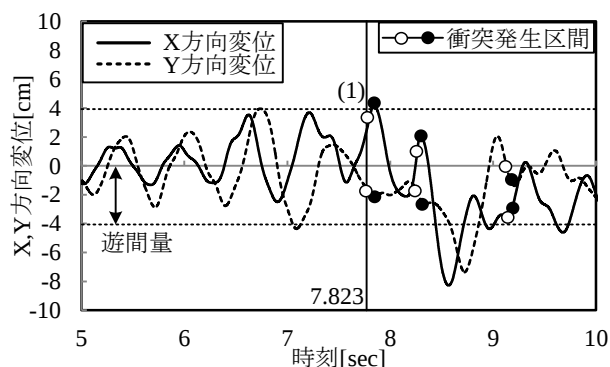


図-3 桁重心位置における X, Y 方向変位

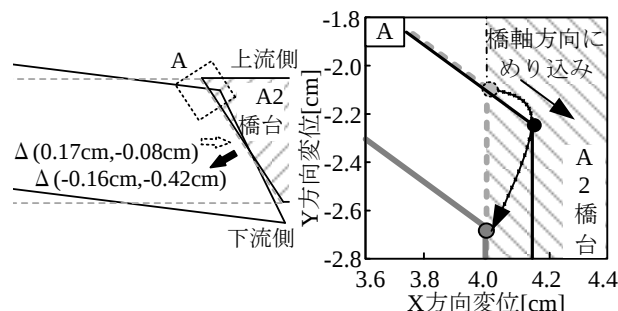


図-4 衝突時めり込み量(動的解析)

Pushover 解析での衝突時めり込み量を図-5 に示す。主桁は衝突中 a 点からめり込み量最大 b 点まで変位した。めり込み中 X 方向に比べ Y 方向に変位量が 10 倍程度大きく発生し下方に移動している。また衝突中段階的に折れ点が発生し桁全体に見かけ上の回転が発生している。

衝突中は入力される力 $F_{入力}$ から衝突力 $F_{衝突}$ が発生し、桁重心位置と衝突点との偏心距離 d による偏心モーメントから想定力 P が算出される(図-6)。主桁めり込み中の衝突点変形量を推定するため、桁に生じる力のつり合いと各支承バネの降伏本数に着目し X 方向では衝突力、Y 方向では偏心モーメントによる想定力 P を考慮して変形量評価を実施した。

評価結果の代表として Y 方向について、Pushover と比較した結果を図-7 に示す。想定通り偏心モーメントによって生じる想定力 P の考慮が必要であり、まためり込み中の段階的な折れ点も再現され、解析結果からも得られたように支承バネの降伏本数が変位量に影響を与え、また想定力 P により Y 下方向に変位量が伸びていることが確認できた。同様に X 方向についても衝突力を考慮して Pushover 解析結果を評価できている。

4. 動的解析との比較

Y 方向変位について衝突中変位増分 $\Delta \delta_{yi}$ と初期加速度（時刻）のめり込み変位増加分 $\Delta \delta_{y1}$ との変位倍率を動的解析と Pushover 解析で比較した(図-8)。動的解析でめり込み中は、入力の加速度成分の影響に反し非常に滑らかな倍率カーブを描き変位倍率 5.2 となった。これは Pushover 解析で想定した偏心モーメントによる想定力 P が動的解析時にも作用していることを示している。Pushover 解析については支承バネの段階的な降伏による変位倍率の変化がみられ変位倍率 6.3 をとり動的解析と同様の傾向を示す。しかし Pushover 解析の場合、支承バネ降伏の影響から最終的に抵抗が一定で、偏心モーメントによる想定力 P の影響もうけ変位が増大し変位倍率 25 となった。

5. まとめ

- 1) Pushover 解析から得られる衝突に伴うめり込み量は偏心モーメントにより生じる想定力 P を用いて評価できた。また支承バネの段階的な降伏と想定力 P の影響から X 方向に比べ Y 方向に変位量が卓越したが、これは動的解析時の変位量と同様の傾向を示している。
- 2) Pushover 解析と動的解析ともに変位倍率は同様の傾向を示し、動的解析でめり込み中は滑らかな倍率カーブを描いた。動的解析時についても Pushover 解析で想定した偏心モーメントによる想定力 P が作用し、Y 下方向に変位量が進展した原因となることを示している。

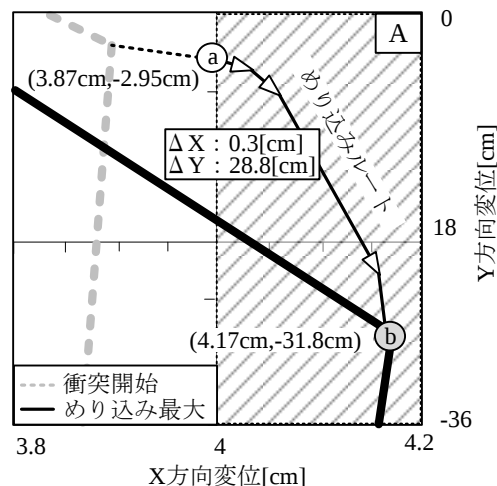


図-5 衝突時めり込み量 (Pushover)

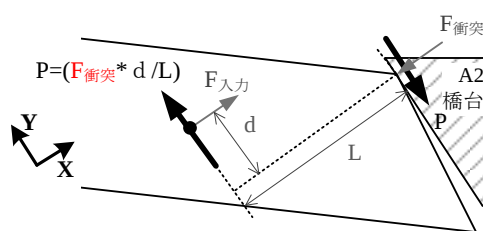


図-6 変形・偏心の想定メカニズム

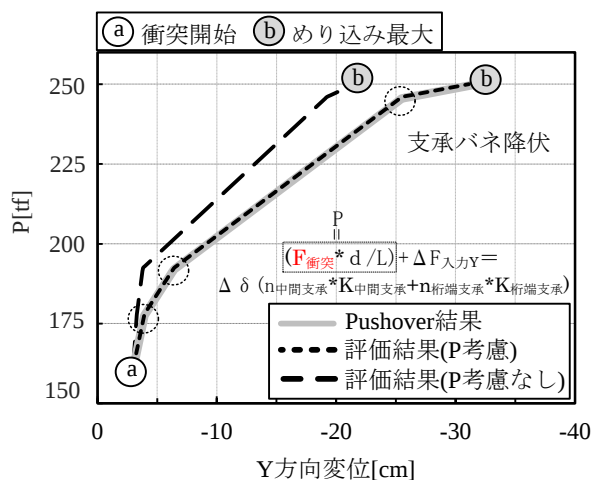


図-7 Y 方向変位成分評価

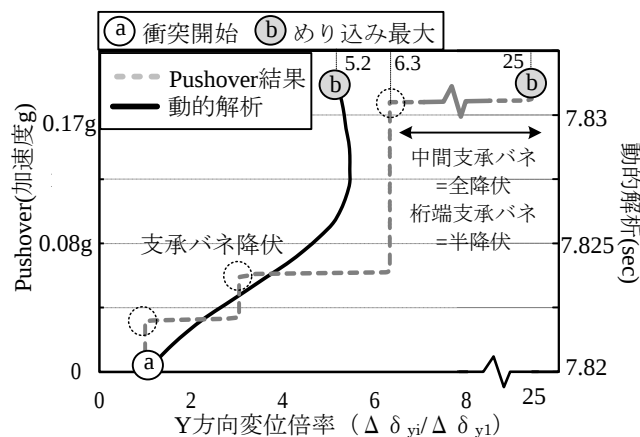


図-8 Y 方向変位倍率の比較