

中国四川地震における斜橋の回転挙動解析

九州工業大学大学院

学生会員 坂本裕史

九州工業大学

正会員 幸左賢二

江蘇省交通科学研究副総工務師

正会員 張 建東

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、多くの橋梁が被災し、その中で、斜角を有する馬尾河橋(maweihe 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の損傷が確認された。そこで、本検討では斜橋における桁移動に着目して、損傷分析および時刻歴応答解析を行い、損傷メカニズムを推定した。具体的には、対象橋梁の被害状況を把握した上で、上部構造のモデル化を用い、水平2方向地震加速度の同時入力動的解析を実施し、実損傷の再現を試みた。

2. 対象橋梁と損傷状況

図-1 に四川地震において、桁が回転する損傷が見られた馬尾河橋の一般図を示す。本橋は綿竹市武都鎮に位置する橋長39m、総幅員10m、斜角 50° のRC3径間連結桁橋(床版のみが連結している構造)である。

図-2 に桁全体の損傷状況を示す。主な損傷として、橋台踏み掛け版の浮き上がり、A1橋台下流側ウィング部の水平ひび割れの発生、サイドブロックの8箇所のうち5箇所の損傷が挙げられる。

3. 解析概要

対象橋梁の解析骨組モデルを図-3 に示す。桁の挙動は主に桁と支承の変形が支配的であることから、主桁と支承のみのモデル化を行った。支承バネは、桁が支承上を滑る現象を再現するために完全弾塑性型とし、全方向に対して等しく抵抗できるせん断抵抗バネを設定している。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。なお、本橋のサイドブロックのせん断ひび割れから想定した抵抗面積がパラペットのものに対して非常に小さく、今回の解析ではサイドブロックのモデル化は行っていない。

4. 解析結果

図-4 に衝突力の大きさ・方向・時刻を示す。衝突力の正の値は、A2橋台側への衝突を、負の値はA1橋台側への衝突を示している。衝突は、A1橋台側に4回、A2橋台側に2回の計6回発生している。また、1回目、5回目衝突時の衝突が大きく、5回目衝突時に最大衝突力-34.44MNが発生している。

主桁の移動状況を把握するため、桁重心位置の変位のX方向

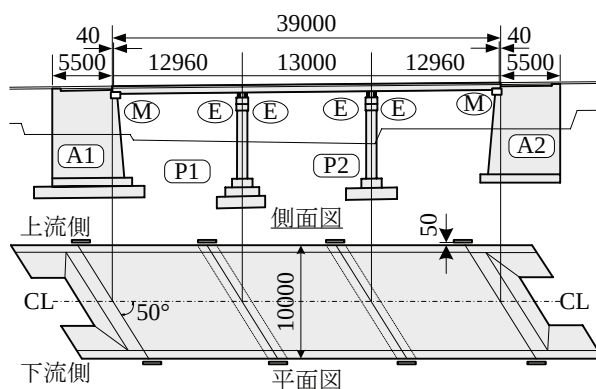


図-1 対象橋梁

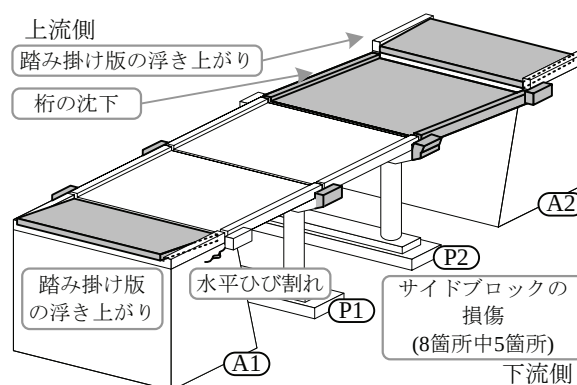


図-2 全体損傷状況

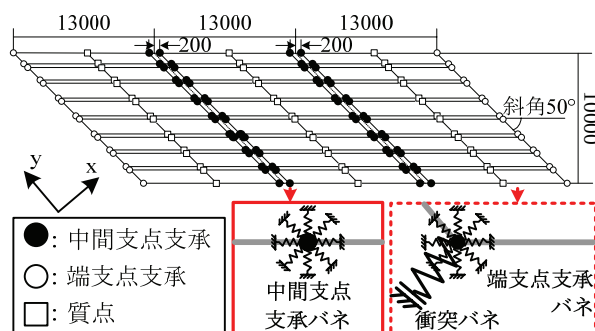


図-3 対象橋梁の解析モデル

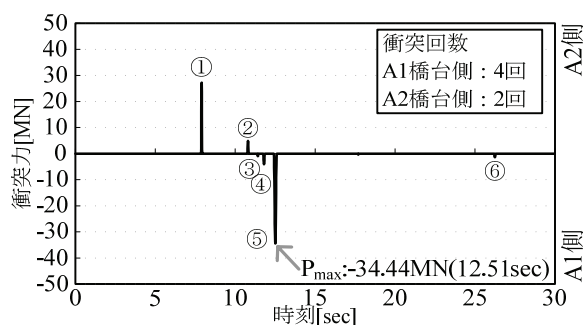


図-4 衝突力の時刻歴図

変位を図-5(a)に、Y方向変位を図-5(b)に示す。初期状態からX、Y方向共に3.0cm程度の微小振動を繰返し、7.87秒に衝突する。その後、繰返し衝突が発生し、衝突によって、X方向の変位が急激に変化している。また、Y方向は橋台が無いため、最終衝突直後に最大変位12.90cmが発生している。

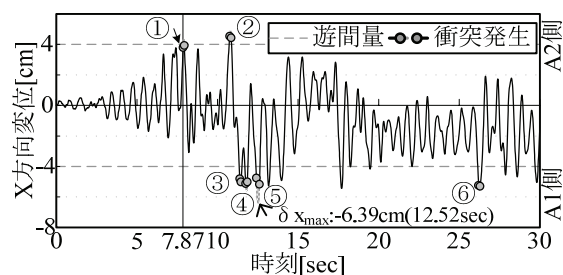
次に、衝突による主桁の移動状況を把握するため、初期衝突時の主桁の移動、および発生する作用力に着目して以下に分析する。図-6に初期衝突終了時(7.95秒時)と初期衝突後の反対方向の変位のピーク時(8.22秒時)の主桁移動状況を示す。本図において、衝突の反発力により、初期衝突終了時から0.27秒後の短い時間でX方向に-8.0cm程度の移動が発生していると考えられる。初期衝突時の7.87秒から7.95秒までの0.12秒間にA2橋台側で衝突が発生し、衝突の反発力27.3MNがA1橋台方向に作用する。その後、8.22秒時までに地震波がA2橋台方向に作用するが、衝突の反発力に対して地震波は非常に小さいため、桁全体は衝突の反発によりA1橋台方向に移動すると考えられる。このように、桁衝突を繰り返すことにより、図-5に示すようにY方向への移動も発生すると考えられる。

5. 実損傷と解析結果の比較

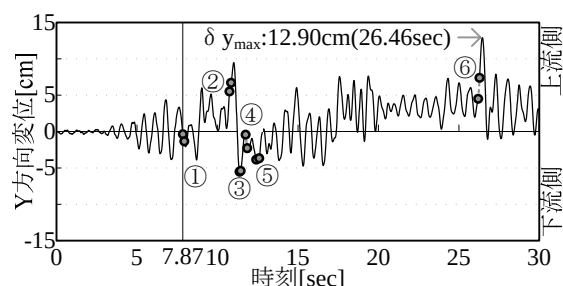
図-7に解析結果の移動範囲と衝突箇所を示す。本図には主桁の主要8点の移動範囲を灰色で示しており、各橋台、サイドブロックの衝突箇所を黒色で示している。なお、本解析モデルにおいて、サイドブロックはモデル化していないが、衝突の有無を検証するため、支承線直角方向において、主桁とサイドブロックの隙間である5.0cmを超える変位が発生すると、衝突と判定している。本図に示すように、両橋台への衝突および8箇所のうち6箇所のサイドブロックの衝突が確認され、図-2に示す実損傷と近い傾向となり、少なくともX方向で桁-橋台間衝突が発生する4.0cm、Y方向でサイドブロックとの衝突が発生する5.0cmの変位が発生していることを確認した。

6. まとめ

- 1) 馬尾河橋の実損傷分析を行った結果、両橋台の踏み掛け版の移動および浮き上がり、サイドブロックの8箇所中5箇所の破損、主桁のA2橋台沓座からの脱落が見られた。これらの損傷は、桁が衝突したことにより発生したと考えられる。
- 2) 時刻歴応答解析結果より、桁-橋台間衝突を確認し両橋台への衝突および8箇所中6箇所のサイドブロックの衝突が確認され、実損傷と近い傾向となることを確認できた。解析結果と解析結果を比較した結果、少なくともX方向で桁-橋台間諸衝突が発生する4.0cm、Y方向でサイドブロックとの衝突が発生する5.0cmの変位が発生していることを確認した。



(a) X方向(支承線直角方向)変位



(a) Y方向(支承線方向)変位

図-5 桁重心位置における時刻歴変位図

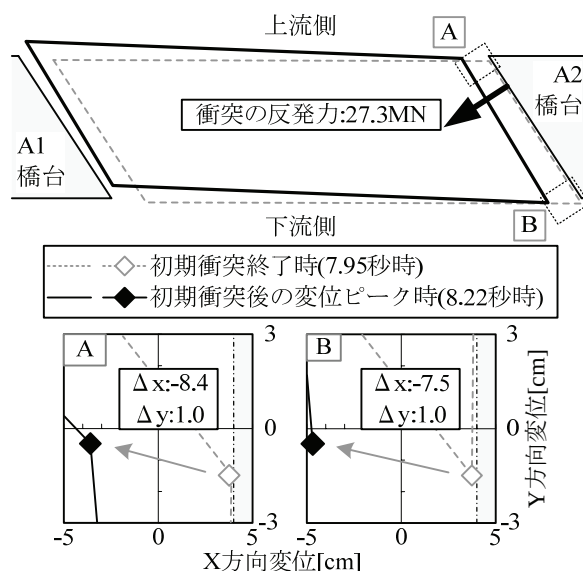


図-6 主桁移動状況(初期衝突終了時、衝突後のX方向変位ピーク時)

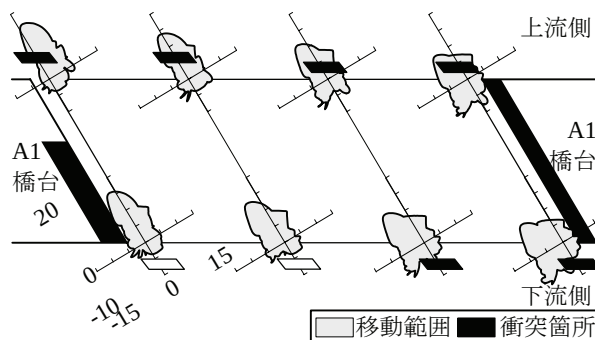


図-7 解析結果の移動範囲と衝突箇所