

桁橋の超過作用に対する設計シナリオに関する検討

土木研究所	寒地土木研究所	正会員	○白戸義孝
土木研究所	寒地土木研究所	正会員	西 弘明
土木研究所	寒地土木研究所		秋本光雄
国土交通省	北海道開発局	正会員	荒木恒也

1. はじめに

切迫が指摘される大規模地震発生に対する被害の防止・軽減は喫緊の国家的課題となっており、これらの従来の経験を超える大規模地震や地震後の複合災害への備えが求められている。近年の地震被害等を踏まえ、耐荷性能の照査において設定する作用を超える作用（以下、超過作用）に対しても、致命的な被害に至りにくく、また応急復旧をしやすくすることが必要である。著者らは、地震時における超過作用に対する橋梁の被害最小化技術・早期復旧技術を構築するための基礎資料を得ることを目的に、既往地震における被害・復旧事例を整理¹⁾するとともに損傷過程等に関する検討²⁾を行っている。本稿では、超過作用に対する桁橋の損傷過程および損傷シナリオに関して整理した。

2. 損傷過程の整理

現行の耐震設計³⁾における橋脚の耐力と支承の耐力の関係を図-1に示す。図は水平荷重 P -変位 δ 関係で、図中の黒線が橋脚、青線が支承を示している。(a)図の免震構造では、主たるエネルギー吸収部位が免震支承となる。1) 支承の耐力が橋脚の耐力を上回るケースでは、設計地震動の範囲でも橋脚に塑性化が生じるが、橋脚の損傷度は限界状態2を下回る。超過作用に対しては、橋脚の損傷が進展する。2) 支承の耐力が小さく橋脚が降伏しないケースでは、設計地震動の範囲では橋脚に塑性化は生じない。超過作用に対しては、免震支承のせん断ひずみが250%に達し、支承金物に作用する荷重が設計荷重を上回るため、支承に損傷が生じる。橋脚については荷重レベルによらず弾性応答である。3) 支承の耐力が橋脚の降伏耐力を上回るが最大耐力より小さいケースでは、超過作用に対して橋脚が降伏するが、限界状態2以内の損傷に留まるうちに支承が損傷し、それ以上の荷重が作用しなくなるため、限界状態3以上には進展しない。

一方、(b)図の固定支承または分散支承では、主たるエネルギー吸収部位は橋脚基部となる。支承の耐力は橋脚の降伏耐力を上回るが、支承の耐力の上限が規定されていない。1) 支承の耐力が橋脚の耐力を上回るケ

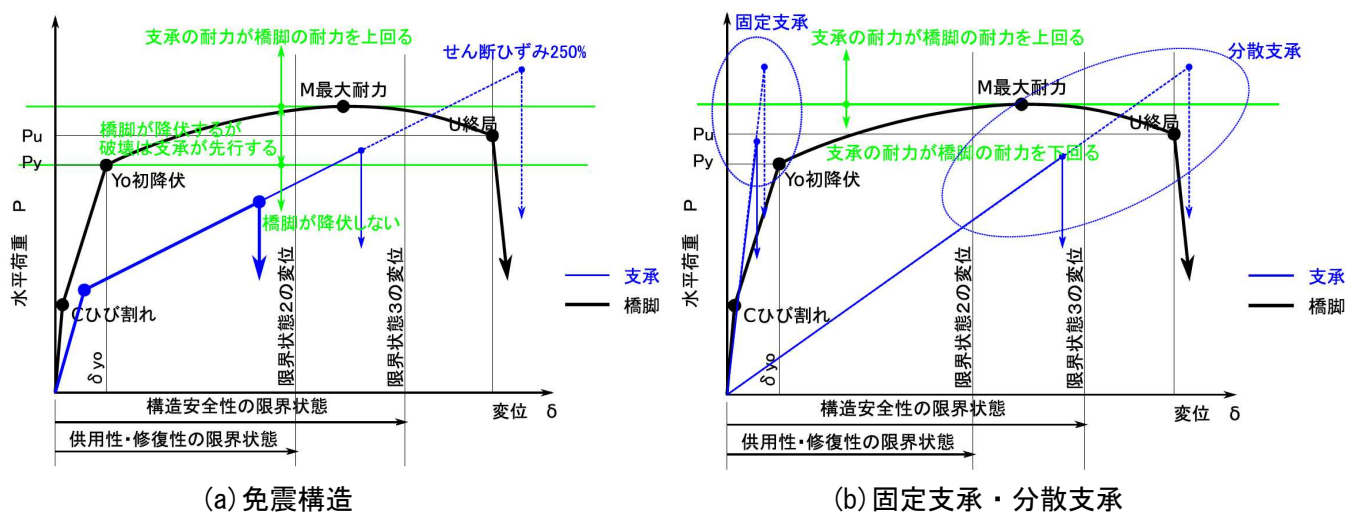


図-1 橋脚の耐力と支承の耐力の関係

キーワード 損傷過程, 超過外力, 損傷誘導

連絡先 〒062-8602 札幌市豊平区平岸 1-3-1-34 土木研究所寒地土木研究所寒地構造チーム TEL 011-841-169

ースでは、設計地震動の範囲では橋脚の損傷度は限界状態 2 以下である。超過作用に対しては、橋脚の損傷が進展する。2) 支承の耐力が橋脚の損傷度が終局に至る前に支承が損傷するケースでは、外力が設計荷重を超過した段階で支承が破壊され、それ以降は水平力を下部構造に伝達しなくなるため、橋脚の損傷度は限界状態 2 以内の損傷に留まることになる。

3. 設計シナリオの検討

損傷事例¹⁾や損傷過程等の整理結果を踏まえ、超過作用を想定した場合の桁橋について、供用性、修復性への影響が小さくなるような損傷誘導部位を検討した。これを踏まえた超過作用に対する設計シナリオのイメージは図-2 のようになる。なお、図は桁下空間に何らかの制約がある場合を想定したものである。

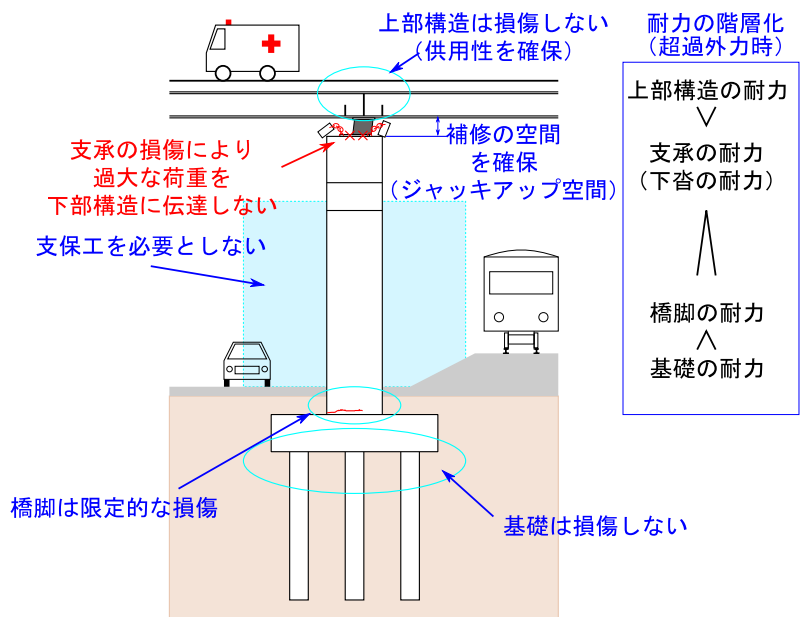


図-2 設計シナリオのイメージ

1) 桁下に特に制約を受けない橋の橋脚では、橋脚の損傷度が進展した場合や基礎に損傷が確認された場合でも、応急復旧が可能であるものと考えられる。しかし、路線の重要度が高い場合等で、超過作用に対しても供用性・修復性を十分に確保することが必要な場合は、損傷誘導部位を支承とし、上部構造や橋脚、基礎の損傷の進展を防止する設計シナリオが望ましい。2) 一方、桁下に第3者被害が想定される跨道橋・跨線橋の場合や、橋脚基部の補修（またはそのための仮設）が大規模になると想定される河川橋・山岳橋の場合においては、支保工の設置が困難なことも考えられる。このため、供用性・修復性の観点から損傷部位を支承とし、橋脚は限定的な損傷、かつ基礎の損傷も生じない設計シナリオが望ましい。

ここで、支承の損傷形態としては、地震後の供用性（段差が生じない）や、修復性（支承の交換のためのジャッキアップが可能）の観点から、下沓部が破壊され、上沓部は損傷なし、かつ支承本体は高さをできるだけ保持し鉛直荷重を支持できる状態を設定する望ましいものと考えられる。支承に損傷を誘導する場合には、例えば橋脚の耐力を支承の耐力よりわずかに高くするために軸方向鉄筋をランクアップするなど、耐力の階層化を行うこととなる。また、支承が破壊されても構造安全性が確保される条件として、上部構造の支承取付け部が支承破壊時の荷重に対しても弾力的であることが必要である。

超過作用を考慮した設計シナリオを実務に反映させていくには、想定した損傷を確実に実現するための耐力制御技術およびその評価手法が必要である。また、支承の耐力は下限のみが規定されているため、上限を新たに規定する必要があると考えられる。

4. おわりに

設計を超える外力が作用した桁橋の損傷過程を整理し、超過外力を想定した場合の供用性・修復性を考慮した望ましい設計シナリオについて検討した。今後、他形式の橋梁についても検討を行っていく予定である。

参考文献

- 1) 佐藤孝司, 白戸義孝, 今野久志, 荒木恒也: 既往被害地震における橋梁の損傷と超過外力に対する課題点, 土木学会全国大会第 72 回年次学術講演会, 2017. 9
- 2) 荒木恒也, 白戸義孝, 今野久志, 西 弘明: 鋼鈑桁橋の地震時損傷過程に関する数値解析的検討, 第 20 回性能に基づく橋梁等の耐震設計に関するシンポジウム講演論文集, 2017. 7
- 3) 日本道路協会: 道路橋示方書・同解説 V 耐震設計編, 2017