

ダンパー制震によるフレキシブル構造の全体系を考慮した耐震補強

開発コンサルタント（株） 正会員 ○高木絹華
 同 上 正会員 白鳥愛介
 同 上 正会員 松野則行

1. まえがき

阪神大震災を契機に、一般構造形式の既設橋梁の耐震補強が進められてきている。補強方法としては、橋脚単体を対象とした補強は、最も多く用いられている。しかし、昭和55年以前の旧基準に準じて設計し、構造形式が特殊な橋梁には、従来の補強方法を用いると多額の費用を必要とするといった課題が上がっている。

限られた予算の中で、既設の耐震補強を合理的かつ効果的に実施していくためには、橋脚単体ではなく、橋梁の全体系を考慮し、橋梁全体としての耐震安全性の向上を図った耐震補強方法が求められている。

本稿は、昭和39年に発行された鋼道路橋設計示方書を準用して設計したフレキシブル構造を有する3連の多径間橋梁を対象とし、各連毎の橋梁の特徴、橋梁どうしの振動特性の差異を見極め、制震ダンパーを用い、より小規模の補強工事で既設構造物の全体耐震性を向上させる方法を検討したものである。

2. 補強対象橋梁の特徴と耐震補強上の問題点

表-1 各下部工の曲げ剛性

補強対象橋梁は、サイドがI種地盤、中央がII種地盤に建設された3連、9径間の多点固定連続鉄桁橋である（図-1）。外側の2連

脚番号	A1	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	A2
I/I^3 (mm)	88.3	0.3	0.3	1.3	1.2	1.2	0.5	0.2	0.3	20.7

は、橋台固定のフレキシブル橋脚を有する高架橋であるため、橋台には、地震水平力が集中し、耐力の2~3倍以上の水平力を負担することになる（表-1）。中間の1連は、一般橋脚を有する構造であるが、橋脚が高く固有周期が1秒程度の長周期橋梁である。一方、遊間量は、橋台部で15cm、橋脚部で20cmと小遊間である。

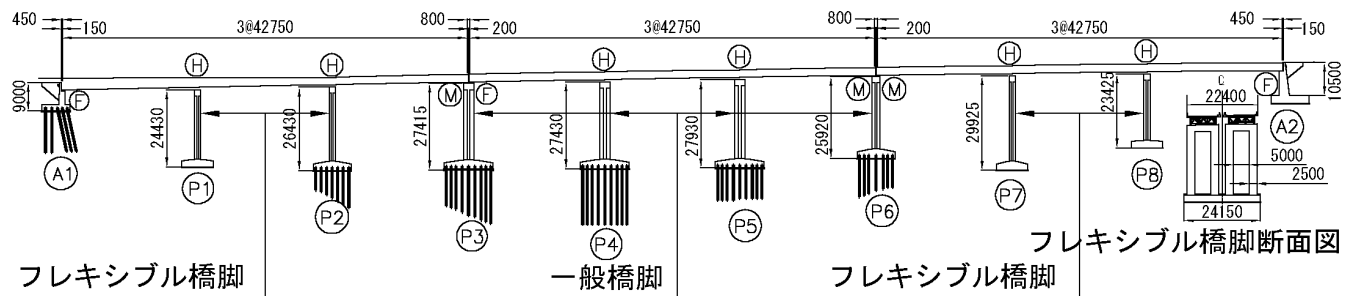


図-1 補強対象橋梁

3. 耐震補強検討及び耐震補強提案

1) 外側の2連 現行道示では、大規模地震時の橋台耐震安全性の照査を省略してよいとされるが、極端に水平力が集中する橋台であるため、地震時に橋梁が致命的な損傷を受けないように、橋台の耐震性を配慮した補強が必要である。

それへの対応としては、他の橋脚の剛性を高めることや全支承を免震化することにより、橋台に集中する慣性力を他の橋脚に分担させる方法が考えられる。しかし、前者は、フレキシブル橋脚であるため、必要とする橋脚耐力改善の割合が大きく基礎への負担が増し、基礎の補強に至る大規模な補強工事が必要となる。後者は、過大な変形をもたらし、現状遊間や支承の許容せん断ひずみとも大幅に超過し、設計が不可能となる。

そこで、本検討では、フレキシブル構造の柔軟性と制震ダンパーの高減衰性・抵抗力の一定性を生かし、

キーワード： 制震ダンパー、耐震補強、フレキシブル構造、ロックオフ構造、橋梁全体の耐震性向上
 連絡先： 〒170-0005 東京都豊島区南大塚3-20-6 TEL 03-3985-5434 Fax 03-3985-5498

橋台の固定支承を弾性支承+制震ダンパーに置換えることにより変位を抑えることとともに橋台に集中する慣性力を耐力以下に収める対策を行った。

具体的には、橋台と他のフレキシブル橋脚の剛性の差異が大きいことを利用し、橋台の固定支承を弾性支承に変えることにより地震時に大きな相対変位を誘発し、それを減衰性能の高い制震ダンパーにより吸収して地震力を低減する。加えて、制震ダンパーが二次剛性が横ばいとなり抵抗力が一定のものであること（図-2）を踏まえ、4,000kNのダンパーを選定した。これは、パラペットの水平耐力1,000kNと合わせ、橋台に作用するせん断力は最大でも5,000kNにとどまり、躯体部耐力6,000kNを超えることがなく、橋台の耐震安全性が確保されることになる（図-3）。

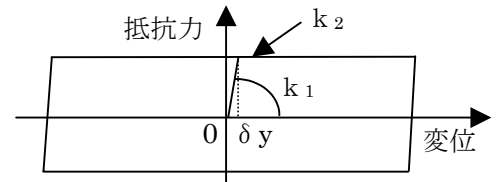


図-2 制震ダンパーの履歴特性

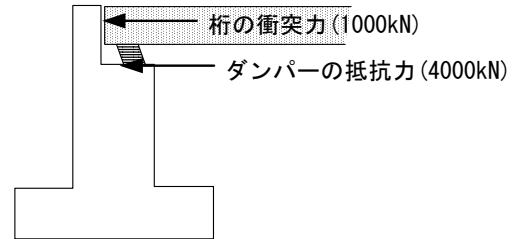


図-3 橋台への作用水平力

2) 中間の1連 一般橋脚を有する構造であるが、剛性が低く遊間が短い橋梁であるので、桁どうしの衝突を生じないように橋脚を補強するには、コストが高く、現実的ではない。

一方、中間の1連は、外側の2連とは、剛性も地盤種別も異なるため、可動支承のP3橋脚の橋台側と、P6橋脚の両側において、大規模地震時に大きな相対変位を生じることが解析より判明した。これらの位置の可動支承を弾性支承+制震ダンパーに換えれば、桁端の相対変位が吸収され、地震力が低減されると考えられる。こうした発想に基づき、橋脚をRC巻き立てにより補強することに加えて、可動支承部に桁どうしの衝突を防ぐための必要容量のダンパーを配置する対策を行った（図-4）。

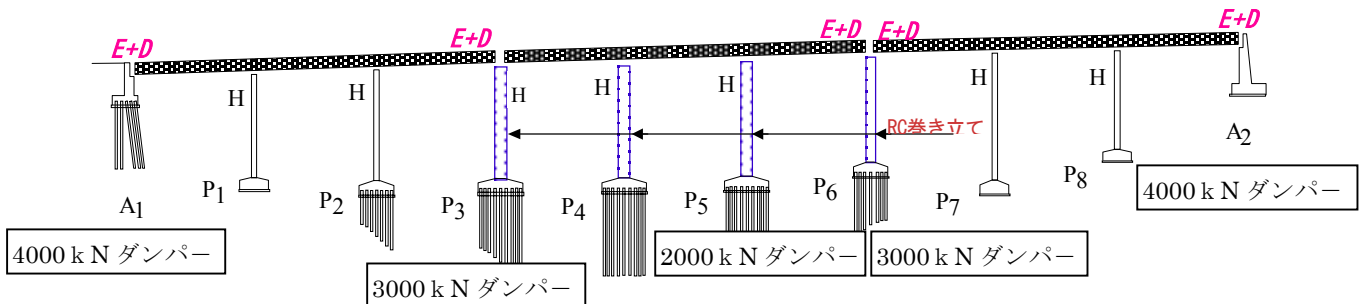


図-4 制震ダンパーによる耐震補強対策案

3) ノックオフ構造 既設橋台の遊間が小さいため、上記のダンパーを配置しても、大規模地震時に桁端の相対変位が17cmと遊間量の15cmを僅かに超える。パラペットをセットバックする工事により遊間を広げる案も考えられるが、全面交通止めが必要となり、現実的には不可能である。

そこで、本検討は、現況パラペットの耐力が小さく、大規模地震時に衝突が発生した場合、パラペットが壊れるため、桁端の大きな損傷は免がれ、ダンパーの機能や橋台の安全性は損なわれないことを勘案し、パラペットをノックオフ構造として取り扱うことにより、遊間不足問題への対応を図った。

4. まとめ

昭和39年の旧基準で設計されたフレキシブル橋脚を有する橋梁の耐震補強においては、橋台に大きな水平力を集中すること、一部の橋脚の剛性が極めて低いこと、現況遊間量が短いことに直面した。本検討は、橋梁全体の耐震性能を向上することに着目し、フレキシブル構造の柔軟性、橋梁同士振動特性の差異を生かし、支持条件の変更、制震ダンパーの設置、パラペットをノックオフ構造として取り扱うことにより地震時慣性力の分担の低減・調整、変位の抑制を図り、より低コスト、効果的な耐震補強を実現することができた。