

メナーゼヒンジの回転剛性を考慮したロッカー橋脚を有する橋梁の耐震性能検討

(株)ドゥユー大地 正会員○李 首一 正会員 伊川 嘉昭
 京都大学 正会員 高橋 良和
 西日本高速道路(株) 正会員 栢木 正喜 桑原 秀明

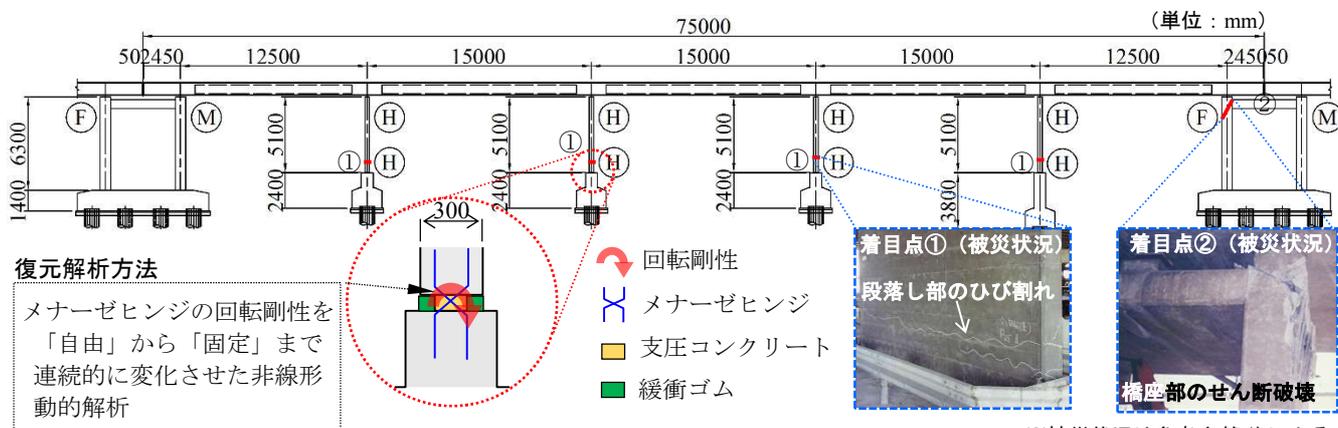
1. はじめに

名神高速道路は1963年に開通した日本初の高速道路であり、橋梁に関しては、現在とは異なる特殊な構造形式が多数採用されている。これらの橋梁群の中でも、特に多く採用されている形式が橋脚の上下端にメナーゼヒンジを設け、柱断面に大きな曲げ応力を発生させない構造のロッカー橋脚を有する橋梁である。メナーゼヒンジはコンクリートヒンジの一種で、大規模地震のように大変位が発生するような状況では設計上の仮定と異なり剛性が寄与し、柱に曲げ応力が発生する可能性がある。本論文では、実験と復元解析から推定されるメナーゼヒンジの剛性ならびに、この剛性をを用いたロッカー橋脚の耐震解析結果と耐震性能の評価結果について報告する。

2. メナーゼヒンジの回転剛性

2.1 阪神・淡路大震災の復元解析による回転剛性の試算

メナーゼヒンジは「ピン」として評価するため、解析上は回転剛性を考慮しないのが一般的であるが、阪神・淡路大震災時に、ロッカー橋脚の段落し部付近ではひび割れが発生していた。これは、メナーゼヒンジには、支圧コンクリートや緩衝ゴムが挿入されており、これらの要素による拘束の影響で、大変位に対して剛性が寄与し、橋脚に曲げモーメントが発生したものと推測される。そこで、被災した橋梁を対象に、図1に示すように、「ロッカー橋脚段落し部のひび割れ」、「橋座部のせん断破壊」の発生の有無に着目し、メナーゼヒンジの回転剛性を「自由」から「固定」まで連続的に変化させた非線形動的解析を行うことで、回転剛性を試算した。試算結果のうち、代表的な4ケースの結果を表1に示す。



※被災状況は参考文献1)による。

復元解析の結果、回転剛性が15000kNm/radに達すると被災状況と同じように固定橋脚の橋座部にせん断破壊が生じたこと、また、すべてのロッカー橋脚の段落し部付近に降伏を超えない程度のひび割れが発生したため、回転剛性を15000kNm/radと推定した。

表1 復元解析の結果

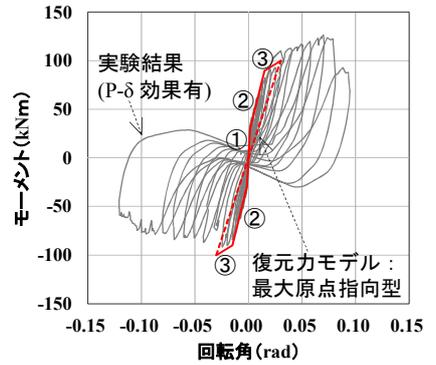
回転剛性 kNm/rad	ロッカー橋脚の曲率 μm^{-1}			回転角 mrad	復元解析結果	
	応答値	ひび割れ	降伏		着目点①	着目点②
0	73	863	7041	37.8	損傷無	せん断破壊
10,000	665	863	7041	23.7	損傷無	せん断破壊
15,000	1330	863	7041	22.1	ひび割れ	せん断破壊
固定	41262	863	7041	—	終局	せん断破壊

キーワード ロッカー橋脚を有する橋梁, メナーゼヒンジの回転剛性, 復元解析, 橋梁の耐震性能

連絡先 〒532-0002 大阪府大阪市淀川区東三国 4-13-3 (株)ドゥユー大地 大阪支店 TEL : 06-4807-7735 FAX : 06-4807-7736

2.2 実験結果との比較

復元解析により試算した回転剛性の妥当性を評価することを目的に、解析結果を別途実施したロッカー橋脚のメナーゼヒンジの挙動確認実験の結果と比較した。その結果、図2に示すように試算結果は実験値の1次剛性とほぼ同程度となっており、この範囲の応答は再現できていると考える。しかし、現況のロッカー橋脚を有する橋梁は写真1に示すように、両端橋脚の支承がゴムすべり支承と免震ダンパーより構成される機能分離支承に取り替えられており、固定端がないため、大規模地震時において橋梁の全体変位量が大きくなり、メナーゼヒンジの2次、3次剛性の影響が顕著となる可能性がある。したがって、実験により設定したメナーゼヒンジの回転剛性を図3に示す現況橋梁のモデルに反映し、橋梁の耐震性能への影響を確認することとした。



- ① 1次剛性：17500kNm/rad⇒復元解析による試算結果 15000kNm/radと同程度
- ② 2次剛性：3800kNm/rad
- ③ 3次剛性：1000kNm/rad

図2 解析結果と実験結果の比較



写真1 両端橋脚の機能分離支承

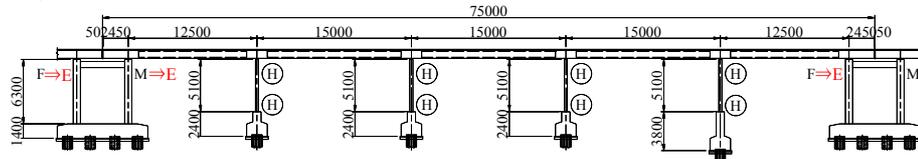


図3 現況における対象橋梁の一般図

(単位：mm)

3. メナーゼヒンジの回転剛性を反映した橋梁の耐震性能検討

検討は「①回転自由の場合」、「②実験結果を反映した場合」の両ケースに対し実施し、耐震性能照査結果を表2に示す。その結果、以下の傾向が見られた。

- 1)メナーゼヒンジの回転剛性を考慮することで、上部構造の最大変位量は545mmと、剛性を「回転自由」と評価したケースの9割程度まで小さくなるが、免震ダンパーの許容できるひずみ量350%を上回る結果であった。
- 2)「回転自由」の場合、メナーゼヒンジの回転角は最大で77mradで、写真2に示す実験から分かった橋脚の耐力が著しく低下する限界値70mradを上回るが、実験結果を反映した場合、回転量は41mradまで小さくなる。
- 3)両端橋脚の免震ダンパーの剛性が弱いため、メナーゼヒンジの回転剛性を考慮することで、ロッカー橋脚への上部構造慣性力の影響が顕著となり、ロッカー橋脚の耐震性能は著しく低下する。

表2 耐震性能照査結果

検討ケース	固有周期 (s)	最大変位量 (mm)	回転角 (mrad)	曲率 (μm ⁻¹)		せん断(kN)	
				ロッカー橋脚 ひび割れ 825 降伏 6923	端部橋脚 許容値 6023	ロッカー橋脚 耐力 792	端部橋脚 耐力 3066
「回転自由」 の場合	1.63	599	77	337	470	138	1002
実験結果を 反映した場合	1.56 (0.96)	545 (0.97)	41 (0.53)	61357 (182.07)	404 (0.32)	174 (1.26)	931 (0.93)



写真2 ロッカー橋脚の実験

4. まとめ

※()内の値は「回転自由」の場合に対する比率を示す。

メナーゼヒンジの回転剛性を考慮することで、上部構造の最大変位量およびメナーゼヒンジの回転角は小さくなる傾向にあるが、両端橋脚に設置されている支承の剛性が弱いため、ロッカー橋脚への上部構造の影響が顕著となることが分かった。

5. おわりに

メナーゼヒンジの回転剛性を解析モデルに反映することで、ロッカー橋脚を有する橋梁の耐震性能への影響を確認した。また、ロッカー橋脚のような薄い壁構造の面外方向の耐震性能について不明な点があるため、今後は、橋軸直角方向を対象に更なる実験、解析を実施し、ロッカー橋脚を有する橋梁の実耐震性能を把握した上で、より合理的な対策工法の立案に努めたい。

参考文献

1)日本道路公団 震災対策技術検討委員会：兵庫県南部地震震災調査報告書，1996.1.