

レベル2地震を対象とした斜張橋制振システムの設計

国土交通省北陸地方整備局

新潟港湾空港技術調査事務所 正 高野誠紀
同上 廣瀬憲治
同上 長谷川章治

大日本コンサルタント（株） 正○板橋啓治
同上 正 吉澤 努

1. はじめに

伏木富山港新湊地区臨港道路橋梁（仮称（新湊大橋））は、富山新港の港口部を横断する長大斜張橋として現在建設中である。

航路（幅 270m、海面上の高さ 47m）の制約から最大支間長 360m、橋長 600m、主径間の桁下高約 50m の規模を有している（図-1 参照）。このため耐震設計では、レベル2地震（希に起こる強度の大きな地震）にも耐えうる耐震性を付与することを基本に、基礎工（ニューマチックケーソン基礎）等が現実的に設計可能な寸法となるよう地震時慣性力を低減する必要がある。具体的な対策としては、主桁と塔あるいは橋脚間に制振装置を設ける制振構造を採用した。制振構造は、主として地震力の分散を図る弾性拘束ケーブルと、地震エネルギーの吸収を図るオイルダンパーおよび免震支承の3種類の組み合わせとし、これらの諸定数を動的応答解析により定めた。

2. 目標耐震性能

本橋の耐震設計では、目標耐震性能を以下のように設定した。

- 1)レベル1地震（中規模地震）：構造が弾性範囲内に留まり、橋としての健全性を損わない。
- 2)レベル2地震（大規模地震）：橋脚基部等で限られた範囲の部材は軽微な損傷を許容するが、その他の部材は降伏限界を超えない。損傷は比較的短時間に修復可能なものとする。

3. 入力地震動

動的応答解析に用いる入力地震動は、下記3種類

の地震波について最大応答値や応答スペクトルを比較し、構造の固有周期等を考慮し最も値が大きくなる道路橋示方書V耐震設計編（以下、道示V編と略記する）記載のタイプI、II波を採用した。

- 1)港湾基準より作成した地表面の地震動
- 2)道示V編記載の標準波（III種地盤）
- 3)断層モデルを用いて作成した地表面の地震動

4. 制振装置

本橋の主桁は、2基の塔（鋼製塔）および4基の鉄筋コンクリート橋脚上の支承（免震支承）で支えられた橋軸方向にフレキシブルな構造系である。このため、地震時の主桁と塔等の相対変位を低減させ、地震エネルギーを吸収させるため、以下の制振装置（橋軸方向）の導入を検討する。

- 1)弾性拘束ケーブル：主桁・塔間をPCケーブルによって弾性的に固定し、慣性力を分散。
- 2)オイルダンパー：主桁・塔間に設置し、オイルの粘性により地震エネルギーを吸収。
- 3)免震支承：塔横梁上および橋脚天端に設置して主桁を支持し、履歴減衰により地震エネルギーを吸収。

5. 制振装置定数の検討

橋軸方向の構造系に対する制振装置定数の検討は、平面モデルによる動的応答解析（非線形時刻歴解析）より行い、上記3種の装置を組合わせてパラメトリックに解析し、適正なバネ定数を定める。図-2に橋軸方向の支持条件を示す。

図-3は弾性拘束ケーブルのバネ定数（結合剛度）

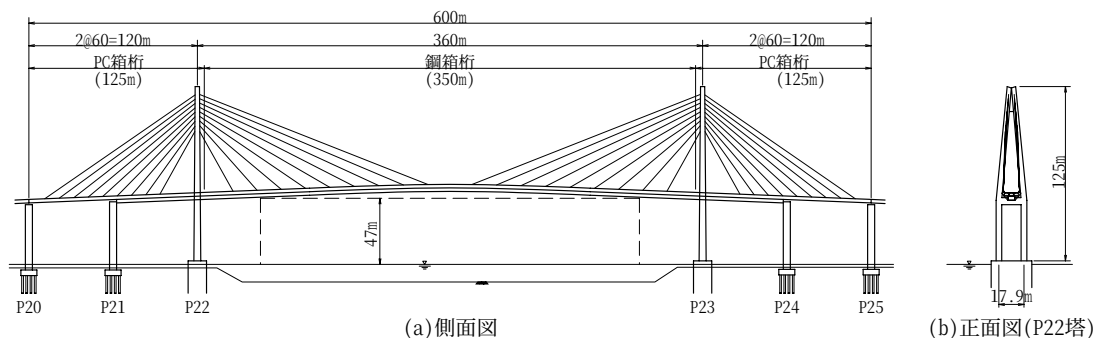


図-1 対象橋梁

キーワード 耐震設計、斜張橋、制振、レベル2地震、動的応答解析

連絡先 〒343-0851 埼玉県越谷市七左町 5-1 大日本コンサルタント(株) 構造事業部

Tel:048-988-8115,E-mail:itabashi@ne-con.co.jp

が橋の応答特性に及ぼす影響を調べる目的で算定した図で、横軸に弾性拘束ケーブルのバネ定数、縦軸に塔と主桁の橋軸方向の相対変位あるいは地盤と主桁の相対変位を記している（オイルダンパーおよび免震支承はこの段階では考慮していない）。弾性拘束ケーブルの剛性の増大に伴い、塔と主桁の相対変位量は減少するが、主桁の変位量は減少の度合いが乏しいことが判る。

図-4 は、オイルダンパーが橋の応答特性に与える影響を示したものである。オイルダンパーは塔・主桁間に計4ヶ（1塔当たり）設置される。ダンパー形式は速度比例型粘性ダンパーとし、その容量は設計可能な上限値である 3,000KN／基程度を目安とした。図-4 によればダンパーと弾性拘束ケーブルを併用することにより、塔・主桁間の相対変位は減少させられるが、主桁の変位については、その減少効果が必ずしも十分でないことが伺える。

図-5 は、免震支承が橋の応答特性に与える影響を示したものである。免震支承はオイルダンパーと協働して地震エネルギーの吸収を図るものであり、その形式として鉛プラグ入り積層ゴム支承等を想定している。図-5 からは免震支承のみによる相対変位量の減少効果には限界があり、装置の設計可能範囲内にまで相対変位量を減少させるには、他の制振装置との併用が必要になることが判明した。

図-6 は、3種類の装置の制振効果を、弾性拘束ケーブルバネ定数をパラメータとして表示したものである。いずれのバネ値においても、3種類すべての制振装置を併用した場合に応答値が最小になることが判る。この場合免震支承の性能や脚天端の制約からケース4にする事で設計が可能となる。

以上の検討結果に基づき、装置の製作性を考慮して各装置の定数を以下のように決定した。

1)弾性拘束ケーブル：

バネ値 100,000KN/m（塔1基あたり）

【1ケーブル当たり 50,000KN/m】

2)オイルダンパー：

最大減衰力 12,000KN（塔1基あたり）

【ダンパー1ヶ当たり 3,000KN】

6. おわりに

3種類の制振装置を組合せた制振構造により、大規模斜張橋の耐震性を確保する方法を提示することができた。本文は大規模斜張橋に対するレベル2地震耐震設計の今後の方向性のひとつを示すものである。

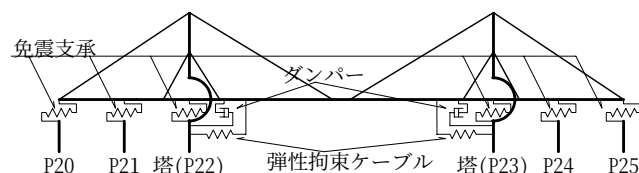


図-2 橋軸方向の支持条件

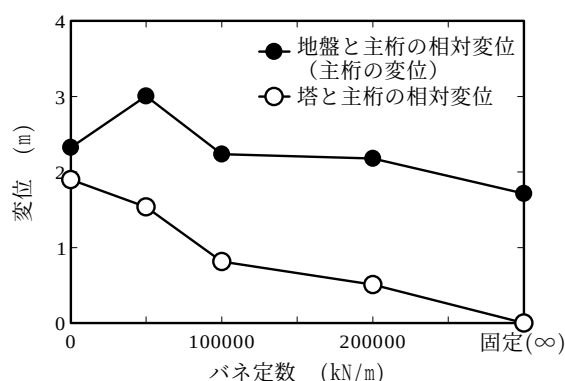


図-3 結合剛度と構造物の変位

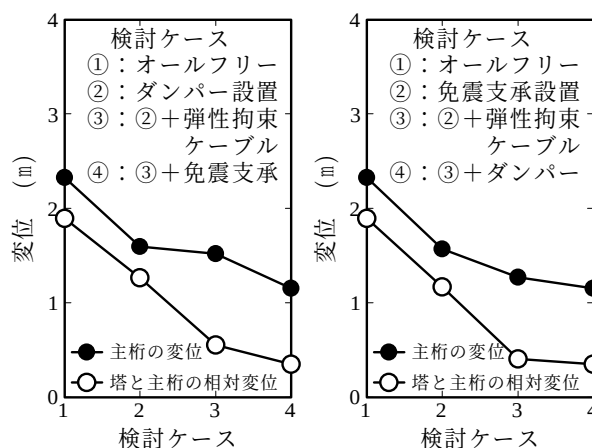


図-4 ダンパーの効果 図-5 免震支承の効果

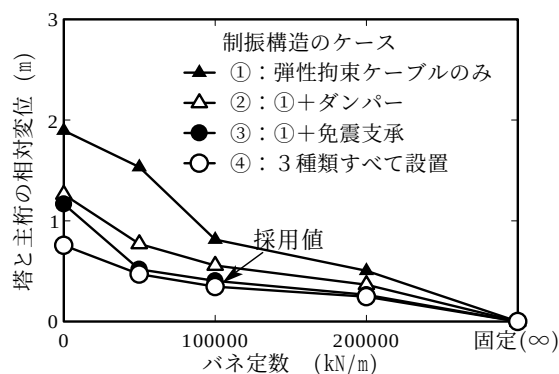


図-6 3種類の制振装置の効果

【参考文献】

- 1)新保, 土市, 佐川, 渡邊: 新湊大橋（仮称）における大規模地震動（L2 地震動）設計について, 海洋開発論文集, Vol.19, pp.677-682, 2003.