

# 北海道の地域特性を考慮した耐震性能の照査

Examination by reference of the earthquake-proof ability in consideration of the local characteristic of Hokkaido

北武コンサルタント株式会社 正員 笠井 尚樹(Naoki Kasai)  
 北武コンサルタント株式会社 正員 渡辺 忠朋(Tadatomo Watanabe)  
 独立行政法人北海道開発土木研究所 正員 三田村 浩(Hiroshi Mitamura)  
 独立行政法人北海道開発土木研究所 正員 石川 博之(Hiroyuki Isikawa)

## 1.はじめに

北海道の地震活動は活発であり、活発な地震活動の中でも地域ごとに分析すると強弱がある。これは、プレートの活動度が地域ごとに異なることや、沈み込む方向や深さ、プレートの強度が異なるためである。また、地震被害という指標を用いると、同じ地震に対しても被害の分布は地域ごとに異なると思われる。そこで、本検討では、北海道の地域特性を考慮した耐震性能照査の試みとして、設計想定地震動と照査方法をパラメータとし、道路橋示方書と異なる地震波を用いて耐震性能照査を行い、経済性に有意な橋梁の新設設計を提案することを目的とする。

## 2.検討概要

### 2.1 検討対象構造物

検討に用いる橋梁は、「道路橋の耐震設計に関する資料」<sup>(1)</sup>に示される5径間連続の鋼鈹桁橋とした(図2.1)。橋長は200m、橋脚高さ12.20m、地域区分はA地域、地盤種別は種地盤である。なお、比較検討の対象とする橋脚はP-1橋脚とした。図2.2に対象とした橋脚を、図2.3に橋脚躯体基部の断面を示す。橋脚基部断面は、地震時保有水平耐力法による照査によって決定された断面であり、軸方向鉄筋は橋軸方向にD32を125mm間隔で2段配置、橋軸直角方向にはD32を125mm間隔で1段配置である。帯鉄筋・中間帯鉄筋はD16を150mm間隔で配置している。

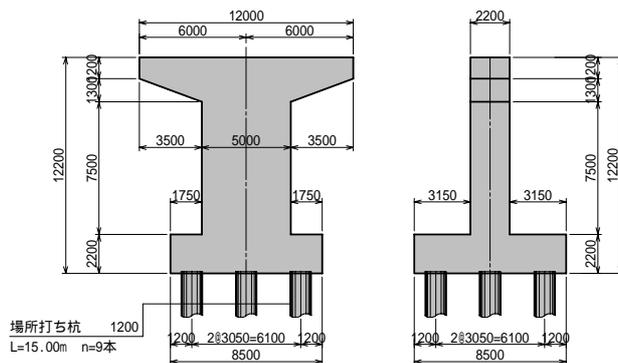


図2.2 検討対象橋脚

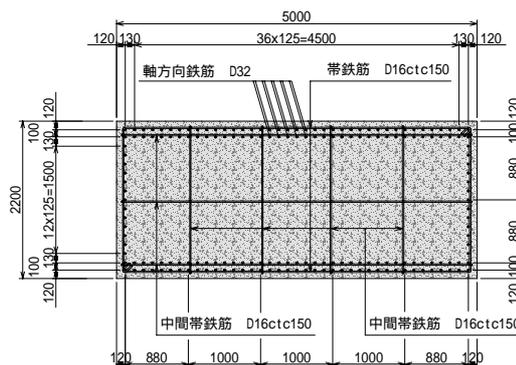


図2.3 P1橋脚躯体基部の断面

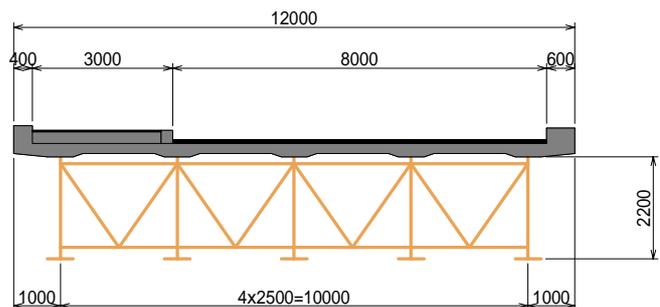
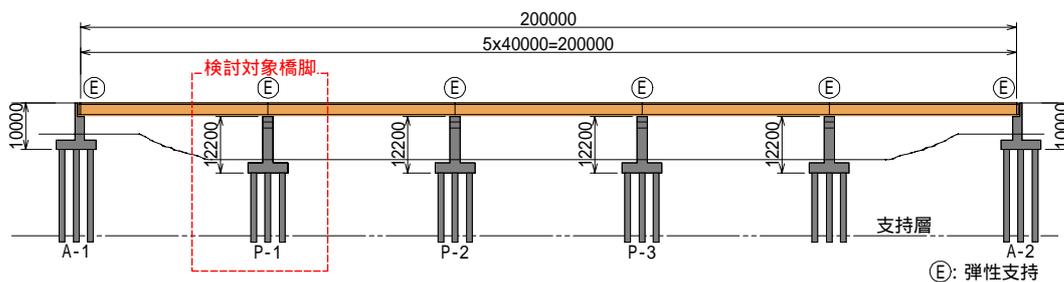


図2.1 検討対象橋梁

検討条件	
上部構造形式	5径間連続鋼鈹桁橋
支間割り	40m x 5径間
幅員	全幅員 12.00m
支承の種類	積層ゴム支承(タイプB)
下部構造形式	橋台: 逆T式橋台 橋脚: 壁式橋脚
重要度区分	B種の橋
地域区分	A地域
地盤種別	種地盤

2.2 検討ケース

検討ケースは、照査方法および設計地震動をパラメータとした以下の4ケースとした。

表 2.1 検討ケース

検討ケース	照査基準	地震波
CASE1	仕様規定型	道路橋示方書
CASE2	仕様規定型	十勝沖地震の想定地震波
CASE3	性能規定型	道路橋示方書
CASE4	性能規定型	十勝沖地震の想定地震波

2.3 設計地震動

設計地震動は以下の2種類を対象とした。

- ・道路橋示方書地震動(タイプ - 種地盤)
- ・十勝沖地震をベースとした想定地震動(種地盤)

十勝沖地震をベースとした想定地震動は、2003年9月に発生した十勝沖地震により観測された地震動記録から設定した地震波である。

想定地震動は、地盤の増幅特性に着目して分類した加速度応答スペクトルを包絡する標準加速度応答スペクトルを設定し、これに対するスペクトル適合波を作成した。位相特性は十勝沖地震で得られた代表的な位相特性を用いた。図2.4に標準加速度応答スペクトルを示す。地震波の観測地点は、日高町周辺、帯広市周辺、阿寒町周辺である。図2.5に道路橋示方書及び十勝沖地震をベースとして作成した想定地震動を示す。道路橋示方書の地震動と十勝沖地震の想定地震動を比較すると、どの波形も最大加速度は十勝沖地震の想定地震動のほうが大きくなっている。十勝沖地震動に着目すると、1波および2波に比べて3波は、最大加速度は中位であるが、主要動の繰り返し回数が多く、持続時間も長くなっている。

2.4 解析手法

解析手法は時刻歴応答解析法を用いた。これにより算出された応答値に対して、道路橋示方書・同解説(仕様規定型)およびコンクリート標準示方書(性能照査型)の照査方法で照査を行った。解析モデルは図2.6に示す2次元骨組みモデルとした。支承および基礎は線形パネでモデル化した。柱基部の非線形特性は、CASE1およびCASE2はトリリニア型、CASE3およびCASE4はテトラリニア型の非線形特性を用いた(図2.7)。復元力特性は、CASE1およびCASE2は武田モデルを、CASE3およびCASE4は修正武田モデルを用いた。なお、除荷剛性低下指数はともに0.5とした。

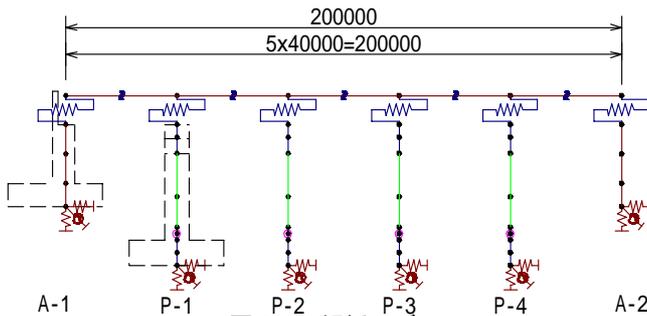


図 2.6 解析モデル

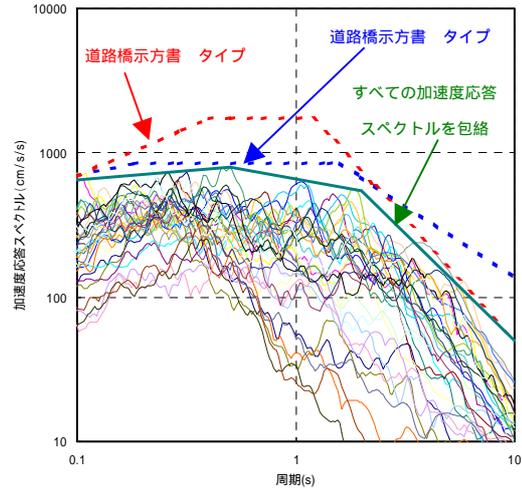
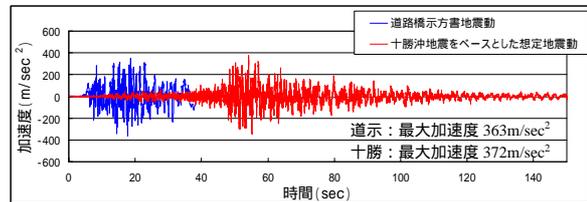
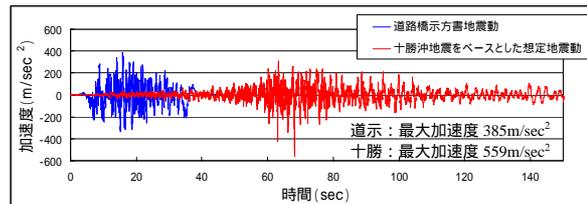


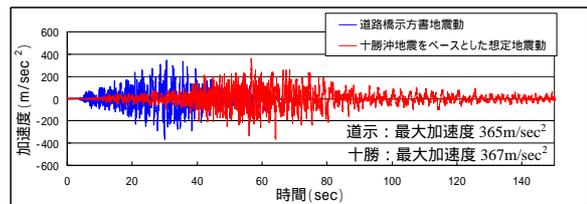
図 2.4 標準加速度応答スペクトル



(a) 1波



(b) 2波



(c) 3波

図 2.5 設計地震動(タイプ - 種地盤)

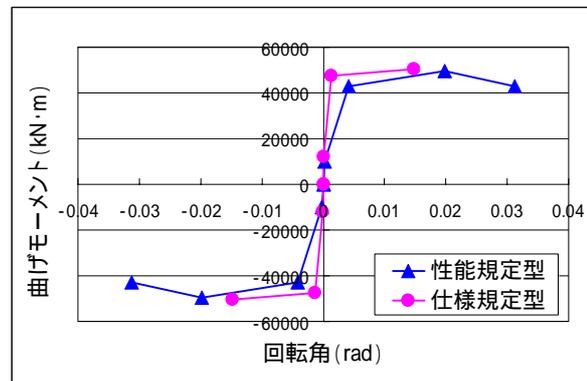


図 2.7 柱基部断面の非線形特性

3. 解析結果

3.1 想定地震動の差異

(道示地震波と十勝沖地震の想定地震波の比較)

(1) 橋脚基部のM- 関係の比較

橋脚基部の M- 関係を図 3.1 および図 3.2 に示す。最大応答回転角は CASE1 および CASE3 の道路橋示方書の地震動より CASE2 および CASE4 の十勝沖地震の想定地震動のほうが小さい値となった。

(2) 橋脚天端の応答変位の比較

橋脚天端の応答変位を図 3.3 および図 3.4 に示す。最大応答変位は道路橋示方書の地震動より十勝沖地震の想定地震動のほうが小さい値となった。

(3) 照査結果の比較

表 3.1 に照査結果を示す。

照査結果は十勝沖地震の想定地震動より道路橋示方書の地震動のほうが限界値に対する余裕が大きい結果となった。

3.2 適用基準の差異

(仕様規定型と性能照査型の比較)

(1) 橋脚基部の M- 関係

最大応答回転角は CASE1 および CASE2 の仕様規定型より CASE3 および CASE4 の性能規定型を用いたほうが大きい値となった。

(2) 橋脚天端の応答変位

最大応答変位は仕様規定型より性能規定型を用いたほうが小さい値となった。

(3) 照査結果

照査結果は性能規定型より仕様規定型を用いたほうが限界値に対する余裕が大きい結果となった。

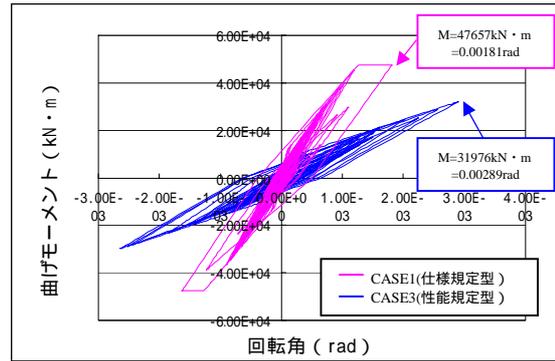


図 3.1 橋脚基部の M- 関係 (道路橋示方書タイプ 1 波)

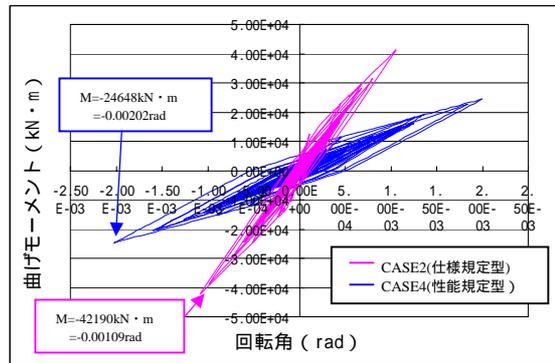


図 3.2 橋脚基部の M- 関係 (十勝沖想定地震動 1 波)

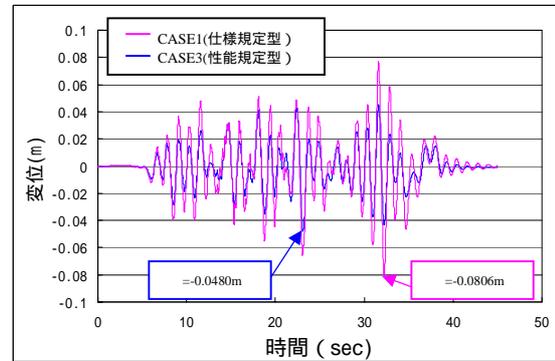


図 3.3 橋脚天端の応答変位 (道路橋示方書タイプ 1 波)

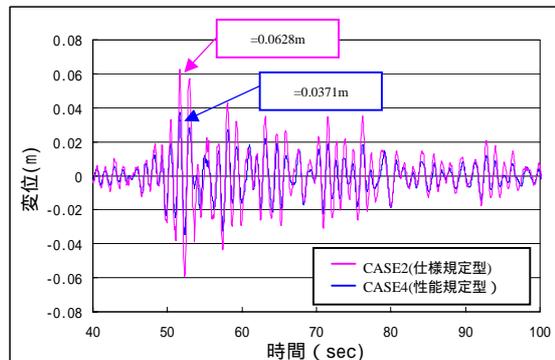


図 3.4 橋脚天端の応答変位 (十勝沖想定地震動 1 波)

表 3.1 照査結果 (柱基部の回転角)

検討ケース	応答値	限界値	照査結果 /
CASE1	0.00200	0.00580	0.34
CASE2	0.00107	0.00580	0.18
CASE3	0.00304	0.02971	0.10
CASE4	0.00201	0.02971	0.07

表 3.2 照査結果 (柱基部のせん断)

検討ケース	応答値	限界値	照査結果 /
CASE1	6083.3	6527.6	0.93
CASE2	5652.2	6527.6	0.87
CASE3	6357.2	6818.1	0.93
CASE4	4084.1	6818.1	0.60

表 3.3 応答変位 (橋脚天端)

検討ケース	応答変位
CASE1	0.083m
CASE2	0.060m
CASE3	0.050m
CASE4	0.035m

( 応答値は 3 波平均の値である . )

4. 断面検討結果

ここでは、各検討ケースにおける最適な断面の検討を行った。表 4.1 に各ケースの断面諸元を示す。図 4.1～図 4.4 に各ケースの断面図を示す。

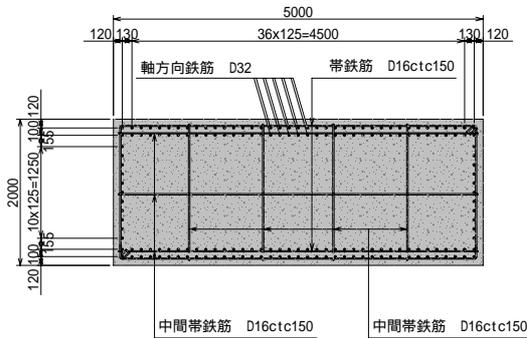


図 4.1 CASE1-橋脚躯体基部の断面

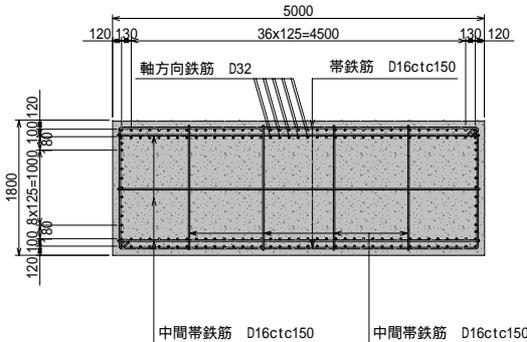


図 4.2 CASE2-橋脚躯体基部の断面

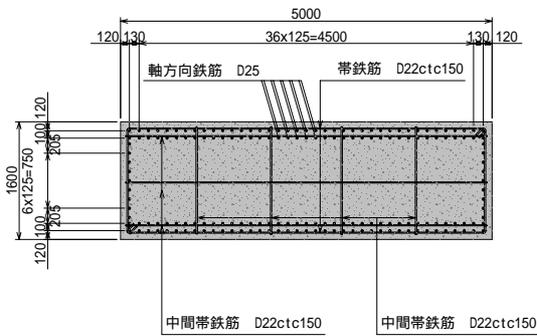


図 4.3 CASE3-橋脚躯体基部の断面

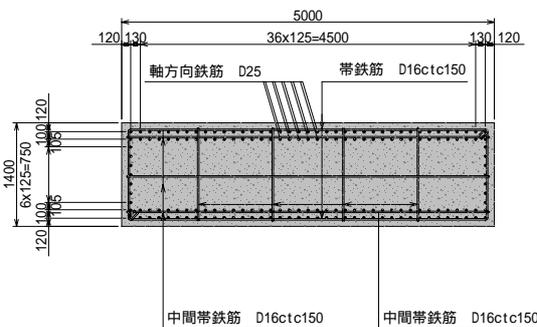


図 4.4 CASE4-橋脚躯体基部の断面

表 4.1 断面諸元

検討ケース	橋脚基部の橋軸方向幅	軸方向鉄筋 (SD295)	帯鉄筋 (SD295)
CASE1	2000mm	D32-2段 125mm 間隔	D16-6本 150mm 間隔
CASE2	1800mm	D32-2段 125mm 間隔	D16-6本 150mm 間隔
CASE3	1600mm	D25-2段 125mm 間隔	D22-6本 150mm 間隔
CASE4	1400mm	D25-2段 125mm 間隔	D16-6本 150mm 間隔

5. まとめ

設計地震動については、道路橋示方書の地震波を入力したときの応答値に対して、十勝沖地震の想定地震波を入力したときの応答値はやや、小さくなる傾向があった。ここで、入力地震波の最大加速度は十勝沖地震の想定地震波が大きいことから、この応答値の差は周波数特性に依存するものと考えられる。また、試算の結果、本事例においては、橋脚1基当りのコストが10%程度縮減となる結果となり、地域特性を考慮した地震波を用いることで、合理的で地域に根ざした橋梁の提供が可能である考える。

照査方法については、性能規定型の照査方法を用いることで、回転角の限界値が高い。これは、仕様規定型がトリリニア型の非線形特性を用いているのに対して、性能照査型ではテトラリニア型の非線形特性を用いているため、変形性能が大きくなったためである。また、試算の結果本事例においては、橋脚1基当りのコストが15%程度縮減となる結果となり、性能規定型の照査方法を用いることで、合理的な耐震設計が可能となることを示唆しているものとする。今後の課題を以下に示す。

- (1) 応答値は入力地震波の周波数特性に依存すると考えられるため、入力地震波の選定が重要である。地域特性を考慮した地震動を用いるために、今後も地震データの蓄積を行うこと。
- (2) 性能照査型への設計体系の移行に伴う、道路橋における要求性能とその照査方法の確立を行うこと。

これらが、今後合理的な耐震性能照査を行うにあたって重要な課題であるとする。

参考文献

- 1) 社団法人日本道路協会：道路橋の耐震設計に関する資料、平成9年3月
- 2) 社団法人日本道路協会：道路橋示方書・同解説 耐震設計編、平成14年3月
- 3) 社団法人土木学会：コンクリート標準示方書耐震性能照査編、2002年