

地震時に傾斜した偏心荷重橋の挙動と復旧工法について

北海道開発局 函館開発建設部 佐藤 睦治  
 北海道開発局 開発土木研究所 正会員 金子 学  
 (株) 構研エンジニアリング 正会員 木村 和之  
 (株) 構研エンジニアリング 柳田 孝彦

1 まえがき

平成5年7月に発生した北海道南西沖地震は、道南を中心とする各地に大きな被害をもたらした。長万部橋もその一つで、橋脚のケーソン基礎が傾斜するという深刻な被害が生じたため、車両の交通規制を行い、地盤改良による応急復旧対策を実施した。この橋は昭和35年に車道単独で完成した後、昭和51年に歩道拡幅が行われ、基礎は常に偏心荷重を受ける構造となっていた(図-1)。

本文では、動的バネによる地震時の支持機構に着目し、ケーソン基礎の地震時挙動を静的な簡易計算によって追跡する。さらに、この手法を利用して、応急復旧として採用した地盤改良の効果を、検証する。

2 被害状況

橋脚は歩道側に傾斜しており、最大変位量はケーソン天端で28cm、橋面で45cmであった。また、下部工周辺には多くの噴砂跡があり、広範囲な液状化の発生が推察された。

3 解析手法

ケーソンの傾斜原因として、次の3点が考えられた。

- ①地震動の作用に伴う根入れ地盤の支持力低下、②地盤の液状化によるケーソン水平抵抗の低下、③歩道添加による大きな偏心荷重の作用。

したがって、次の3項目を主目的として解析を行った。

- a) ケーソン基礎の変状メカニズムの解明を試み、同時に地震時挙動解析の静的簡易計算法を検討する、b) 変状原因として挙げた偏心荷重の影響を検証する、c) 応急復旧対策として施工した地盤改良の効果を検証する。

ケーソン基礎の解析モデルは、道示Vに基づく動的バネに支持された簡易モデルとした。なお、動的バネは、土のひずみ依存性を考慮する必要があるため、重複反射理論による1次元地震応答解析を行い、その結果に基づき算定した。

4 液状化抵抗率の検討

液状化抵抗率を道路橋示方書・同解説に準じて検討した。結果は図-2に示したように、基礎の支持機構上とくに重要な底面地盤では、地中震度が0.15の場合でも液状化抵抗率は0.5~0.8と低く、今回の地震で液状化を起こした層のひとつと考えられる。一方、地震時の水平安定に大きく寄与する側方地盤では計算上、液状化の危険性は小さいという結果になっているが、現実には噴砂跡が示すとおり液状化現象が発生している。

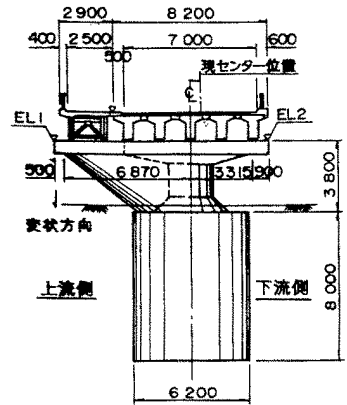


図-1 橋脚正面図

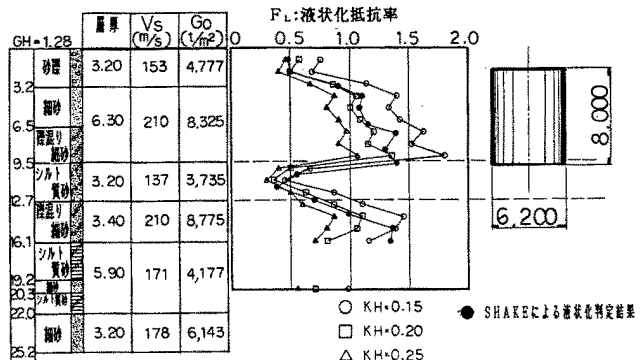


図-2 地盤モデルと液状化抵抗率

このように、現象と計算結果が一致しない理由として、次の2点が考えられる。①地中震度は0.25程度か、それ以上のものが作用した。②現実の地表面応答加速度は、地盤の地震応答解析の際に仮定した値（150gal）を大きく上回るものであり、地盤には計算結果よりもまだ大きなせん断ひずみが生じていた可能性がある。

### 5 静的簡易計算によるケーソンの地震時挙動

動的バネを用いた静的簡易計算によって、地震時の水平変位量を再現できるモデルの検討を行った。検討モデルの水平および鉛直バネの仮定は、液状化による地盤の剛性低下を道示Vに準拠し、①低減なし、②2/3に低減、③1/3に低減、の3タイプとし、全9ケースの試行計算を行った。この結果、図-3に示したモデルは、粒度試験で確認した液状化範囲とも一致が見られ、地震時挙動をおおむね表しているものと考えられる。

なお、偏心荷重（歩道拡幅による荷重）のない状態での地震時挙動を検討したところ、ケーソン天端の水平変位量は16cmであり、これは偏心荷重のある場合の6割程度の値である。

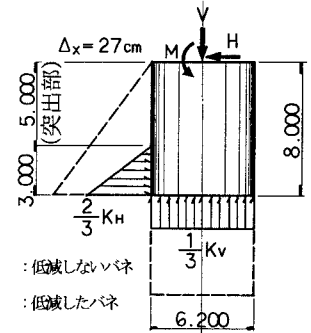


図-3 地震時挙動の簡易モデル

### 6 対策工の効果の検証

被害を受けた橋を安全に供用させるため、ケーソン底面と傾斜している歩道部の側面について、超高压噴射注入工による地盤改良を施工した（図-4）。これは応急復旧という位置付けで、設計水平震度を  $k_h=0.13$ （通常的设计震度の1/2）とした。改良後の基礎の地震時挙動を、前出の簡易モデルによって検討したところ、南西沖級の地震力に対しても、想定変位量は1.7cmであり、改良効果を期待できることがわかった（図-5）。

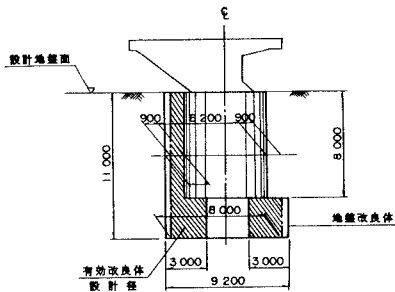


図-4 地盤改良の概要

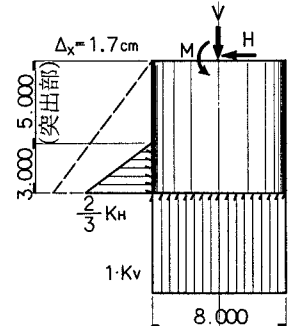
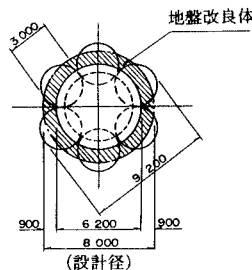


図-5 改良後の想定変位量

### 7 結論

- (1) 静的簡易計算の結果から、次の結論を得た。液状化による水平抵抗の減少は基礎の変状の一つの要因と考えられ、さらに、偏心荷重を無視した検討結果から、拡幅荷重の作用も、その要因と考えられる。
- (2) 上述のように、現象を静的に置き換えた簡易計算でも、実際の変位量とほぼ一致しており、地震時における地盤と構造物の動的相互作用を考慮しなくても、現象を追跡できることから、今後、歩道拡幅を計画する際の検討、および既設橋の耐震性照査の一手法になると考えられる。
- (3) 地盤改良による復旧効果を、改良モデルによる静的簡易計算によって確認することができた。今後、対策工を検討する際の有用なデータとなると考えられる。

### 8 あとがき

本報告では、ケーソン基礎の動的な地震時挙動を、静的簡易計算で表現できる可能性について述べ、さらにその手法を応用して、地盤改良の復旧効果を確認した。今後は、地盤と構造物の動的相互作用を考慮した場合での検証を行うとともに、どのような場合に今回のモデルのような地震時変状を起こすかを解析し、報告したい。