

# RC 単柱式橋脚における地震リスクを考慮した LCC 評価

学生氏名 原 大輔  
 指導教員 吉川 弘道

## 1. はじめに

社会基盤施設は社会の発展と存続にきわめて重要な役割をはたす．その1つである橋梁は，全国に15万橋あるといわれている．それらの橋梁は交通量の増加等の要因により年々劣化が進行している．この劣化は適切な維持管理を行えば防止できると考えられている．しかし，橋梁の維持管理には巨額の費用が必要とされ，限られた費用を有効に使った維持管理が求められる．そこで初期建設費だけでなくライフサイクルコスト(LCC)で経済性を評価する動きが活発化している．また，わが国は地震国であるため，維持管理に耐震性を考慮すべきである．そこで本研究では，高速道路システムを構成する RC 単柱式橋脚を対象として，地震リスクを考慮した LCC 評価を行った．

## 2. LCC (ライフサイクルコスト)

LCC(ライフサイクルコスト)とは，長期的に見た建物にかかわる費用，つまり，建物を建設，維持管理等に要する全てのコストである．維持管理問題において耐震性を考慮する場合，供用期間中の性能を明確に評価する必要がある．本算定式では耐震性を破壊確率によって評価し，LCC に地震リスクを導入している．算定式は(1)式のようにになっている．

$$LCC = C_I + C_M + L_D + SR \quad (1)$$

$C_I$  : 初期建設費用  $C_M$  : 維持管理費用

$L_D$  : ユーザー損失  $SR$  : 地震リスク

$$SR = P_D \cdot DI \cdot P_H \cdot C_D \quad (2)$$

$P_D$  : 損傷確率  $DI$  : 損傷度

$P_H$  : 地震発生確率  $C_D$  : 損失費用

(2)式でいう損傷度  $DI$  は鈴木ら<sup>1)</sup>によって提唱された次式から求められる．

$$DI = \frac{\mu_{resp} - 1}{\mu_{u-1}} + \frac{\times E_h}{P_y (d_u - d_y)} \quad (3)$$

$\mu_u, E_h, \mu_{u-1}, d_y$  は終局変位靱性率，履歴吸収エネルギー(MN・mm)，構造物の終局変位(mm)，構造物の降伏変位(mm)である．

## 3. 解析概要

本解析では，図1に示す5本のRC単柱式橋脚(Type1~5)を設計し解析を行った<sup>2)</sup>．対象橋脚には，曲げ破壊先行となるようなせん断補強筋を全体にわたり配置し，基本構造については，良好な岩盤を支持層に設定し，橋脚の曲げ降伏耐力を確保できる形

表1 解析条件 (P.G.A = 500Gal, 50年)

RC橋脚	Type1	Type2	Type3	Type4	Type5
初期建設費(万円)	1,600	1,900	2,300	3,500	4,900
維持管理条件	15%/5年	10%/10年	5%/25年	3%/50年	0%/50年
維持管理費(万円)	2,400	950	230	105	0
損傷度DI	4.17	2.59	1.70	0.31	0.047
機能停止期間(日間)	30	30	30	7	0
ユーザー損失条件(万円/日)	小 10 大 500	小 10 大 500	小 10 大 500	小 10 大 500	小 0 大 0
ユーザー損失(万円)	小 300 大 15,000	小 300 大 15,000	小 300 大 15,000	小 70 大 3,500	小 0 大 0

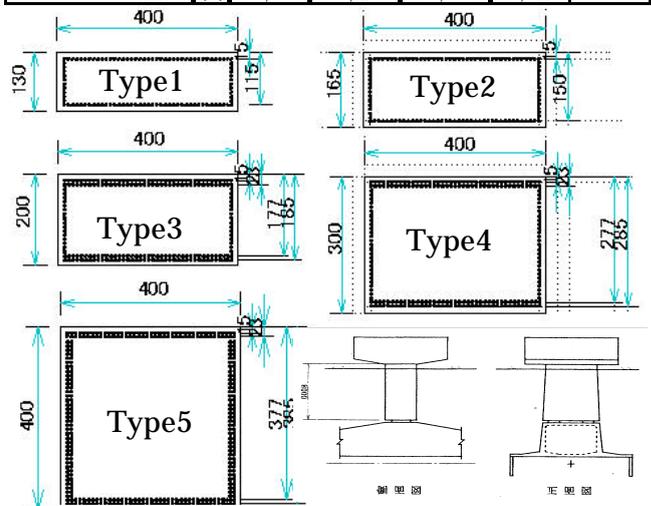


図1 対象構造物と配筋図

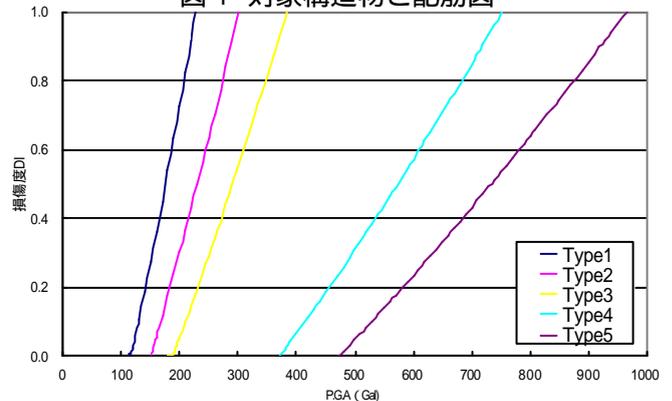


図2 損傷度 DI

Key Words: ライフサイクルコスト，地震リスク

状とした。本研究における解析条件を表1に示す。

また、建設地点は兵庫県神戸市とし、供用期間50年、想定基盤加速度を500Galと設定する。また想定地震の被害を受けた時の機能停止期間は、橋脚の損傷度評価式より求められる損傷度DI(図2)と損傷状態の関係(表2)より決定した。ユーザー損失条件は杉本ら<sup>3)</sup>の既往の研究によると、交通量が比較的少ない場合で10万円/日、多い場合で500万円/日になるとされている。そこで、今回の解析では以下のような3種類の算定条件を設定し解析を行った。

#1  $LCC = C_I + C_M + SR$

#2  $LCC = C_I + C_M + SR + L_D$  (小)

#3  $LCC = C_I + C_M + SR + L_D$  (大)

4. 解析結果

図3は、時系列で表したLCC算定結果のグラフ(算定条件#1)である。この図より、供用期間50年におけるLCCの推移を確認できる。Type1~3橋脚は初期建設費が小さく、階段状にLCCが増加していくのに対し、Type4,5橋脚は供用期間中のLCCに大きな変動はない。図4は、供用期間50年と25年のLCCの比較である。算定条件#1において、供用期間25年ではType2橋脚が、供用期間50年ではType3橋脚が最もLCCが小さくなっている。これは、算定条件#2でも同様の傾向が確認できた。算定条件#3になるとユーザー損失が莫大になるため耐震性能の違いが顕著になっている。

5. まとめ

本解析より、地震リスクを考慮したLCCを定量的に評価できた。地震危険度が小さい、もしくは交通量が少なくユーザー損失が小さいと考えられる地域では、建設地点に対応した、最適な橋脚が選択される。しかし、地震危険度が大きい、もしくは大都市や交通量が多いためユーザー損失が莫大になると考えられる場合には、初期建設費が高額でも耐震性能の高い橋脚の必要性を確認できた。

【参考文献】

1)鈴木基行, 井林康, 藤原稔, 尾坂芳夫: RC橋脚の地震被害と地震動および構造特性との関連性, 構造工学論文集  
 2)SECT RC RC断面設計 Ver.5: 総合ソフトシステム  
 3)杉本ら: 橋脚のユーザーコスト算定に関する一考察, 土木学会北海道支部論文集  
 4)鉄道総合技術研究所: 鉄道構造物等設計標準・同解説(耐震設計), 1999. 10

表2 損傷度指標と損傷状態の関係

Damage Index(DI)	損傷状態	機能停止期間 <sup>1)</sup>
0.00 < DI < 0.08	無損傷, 僅かな損傷 無損傷, 耐力に影響を及ぼさない程度の損傷。	0日間
0.08 < DI < 0.18	軽微な損傷 小さなひび割れ。	0日間
0.18 < DI < 0.36	中程度の被害(修復可能限界) ひび割れ, 被りコンクリートの剥落。	7日間
0.36 < DI < 0.60	大被害 コンクリートの圧壊, 損傷変形が大きい。	30日間
0.60 < DI	崩壊 全体的, 部分的崩壊	30日間

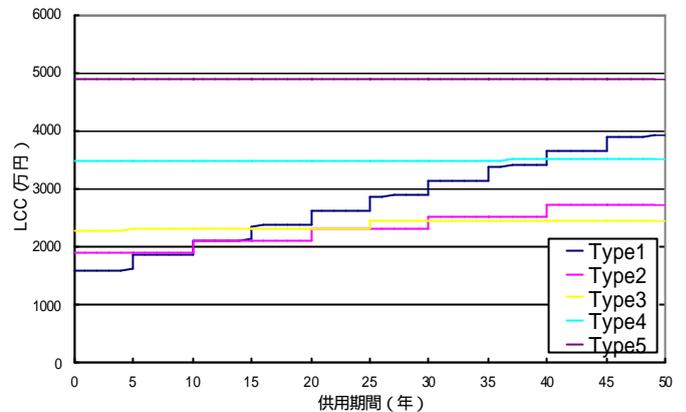


図3 供用期間におけるLCCの推移

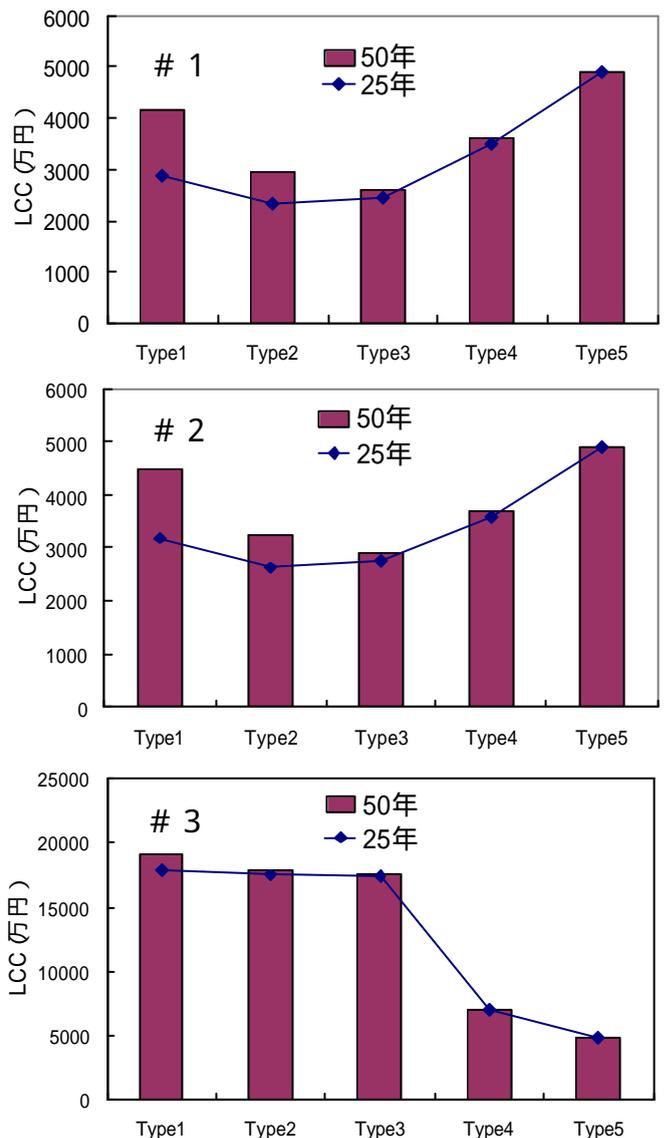


図4 供用期間の違いによるLCCの比較