

大阪大学大学院工学研究科 学生会員 ○板倉 崇理  
 大阪大学大学院工学研究科教授 フェロー 矢吹 信喜  
 大阪大学大学院工学研究科准教授 正会員 福田 知弘

1. はじめに

近年高度経済成長期に建造された多くの橋梁が更新時期を迎えつつあり、既設橋梁の維持管理の重要性が高まっている。また、事後保全から予防保全へとシフトすることで、ライフサイクルコストを抑え橋梁を長寿命化させる努力もなされている。このような背景の下で、より効率的に維持管理を行なっていくために、既設橋梁を 3 次元プロダクトモデルで表現する方法がある。このメリットとしては、膨大な 2 次元図面が 1 つの 3 次元モデルに置き換わることで、点検や補修工事に関わる様々なデータをモデルに関連付けることで、維持管理に関する情報を一元的に管理できることが挙げられる。

これまでに提案されている橋梁の 3 次元プロダクトモデルの 1 つである新 IFC-BRIDGE<sup>1)</sup>では、かなり詳細に 3 次元橋梁モデルを作成することができる。しかしながら、膨大な数の既設橋梁のモデルを作成するには、このような既存のプロダクトモデルは、詳細度が高いために維持管理には必ずしも必要ないレベルであると考えられる。

そこで、既設橋梁を 3 次元プロダクトモデルで表現する際の最適な詳細度を決定することが求められる。本研究では、最適な詳細度を求めるために必要となるモデルの詳細度案の設定およびモデル作成コストに関する基礎的な検討を行なった。

2. 最適詳細度を求める方法

一般に、モデルの詳細度が高くなるほど、モデルの表現力は高くなり便益は増大する。一方で、モデルの詳細度が高くなるほど、モデル作成に要する時間やコストも増大する。便益とコストのバランスを取ると、(便益-コスト) が最大となる点が最適な詳細度になるはずである。したがって、プロダクトモデルの詳細度と便益・コストの関係は図 1 のようになると考えられる。

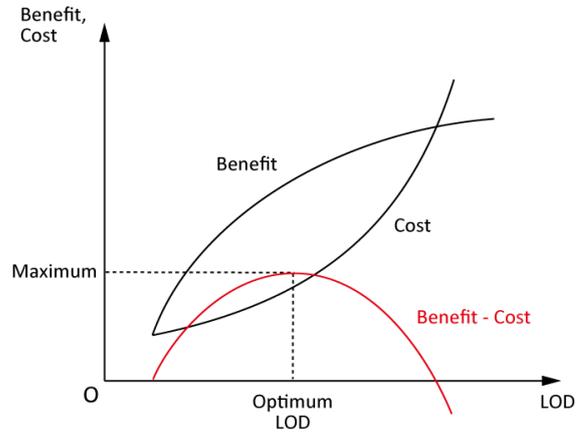


図 1 詳細度と便益・コストの関係

図 1 より、最適詳細度を求める流れとしては、詳細度を何段階か設定し、詳細度ごとに便益およびコストを求め、(便益-コスト) が最大となる詳細度を最適な詳細度とする。

3. 詳細度案の設定

詳細度は、モデルにおける作り込みの度合いを表す指標で、LOD: Level of development と呼ばれる。LOD については、BIM Forum など定義されている事例があるが、これらは建築分野での設計および施工段階に関するものであり、土木分野での維持管理に関するものは見当たらない。そこで本研究では、橋梁モデルのための詳細度案の設定を独自に行なった。設定した詳細度案を表 1 に示す。橋梁は T 桁 PC 橋を想定している。LOD の値が大きくなるほど詳細度は高くなる。まず、LOD1 および 2 では、簡略的に橋梁を表現するため、部材は直方体や円柱といった簡単な図形を用いてモデルを表現する。橋台、主桁、横桁、床版、地覆は、橋梁点検における重要な部材と考え、LOD2 で定義した。LOD3 以降では、モデルの表現は実際の部材の形状に基づく。また、付帯構造物の中でも支承と伸縮装置は維持管理において重要だと考えられるため、LOD2 および 3 に支承と伸縮装置

を加えたものをそれぞれ LOD2.5 および 3.5 とした。

#### 4. コストの算出

モデル作成のコストは、モデル作成にかかる人件費とモデル作成にかかる時間をかけ合わせたものとする。すなわち、モデル作成にかかる時間を測定することでコストを求める。本論での時間測定に用いた橋梁モデルは架空のものであり、形式は単純 T 桁 PC 橋、桁長は 30.000m である。また、モデリングに

は Autodesk 社の Revit 2014 を用いた。モデリングの流れとしては、まず部材を定義した後、部材を配置するという流れになる。そこで時間測定の方法として、部材の定義にかかる時間および部材の配置にかかる時間のそれぞれを測定し、両者を足し合わせることでモデル作成の所要時間を算出した。詳細度とモデル作成時間の関係を LOD1 から LOD3.5 までを対象として図 3 に示す。

表 1 設定した詳細度案

LOD	モデルを構成する部材	部材の形状
LOD1	橋梁	長方形
LOD2	橋台、主桁、横桁、床版、地覆	直方体
LOD2.5	+ 支承、伸縮装置	直方体、円柱
LOD3	橋台、主桁、横桁、床版、地覆	実際の形状
LOD3.5	+ 支承、伸縮装置	
LOD4	+ 防護柵、高欄	
LOD5	+ シース管	
LOD6	+ 鉄筋	

#### 5. 便益に関する考察

LOD1 では、モデルは 1 つの図形のみで表現されているため、維持管理での便益はかなり少ないと考えられる。LOD2 では、モデルは主要な部材で構成されているが、形状が簡略化されているため、細かな変状の表現は難しい。LOD3 以降では、実際の形状に基づいてモデリングされているため、例えば伸縮装置の土砂詰まりのような詳細な表現が可能になる。LOD6 で定義した鉄筋は、モデル作成には多大な時間がかかるものの、維持管理での便益はそれ程多くないと予想される。

#### 6. 結論

本研究での結論を以下に示す。

- ① 橋梁の維持管理に着目し、橋梁プロダクトモデルの詳細度案を設定した。
- ② モデル作成コストを算出するために、モデルの作成時間を測定する方法を提案し、モデル作成コストの算出を試みた。

最適詳細度を求めるために今後は、モデルの属性情報についての詳細度の設定と、便益の算出方法の検討を行なっていくつもりである。

#### 謝辞

本研究は、科研費基盤(C) No. 23560551 による助成を受けた。ここに感謝の意を表す。

#### 参考文献

- 1) N. Yabuki, E. Lebegue, J. Gual, T. Shitani and Z. Li, International collaboration for developing the bridge Product model “IFC-BRIDGE”, Joint International Conference on Computing and Decision Making in Civil and Building Engineering, Montréal, Canada, (June 14-16, 2006) 1927-1936.

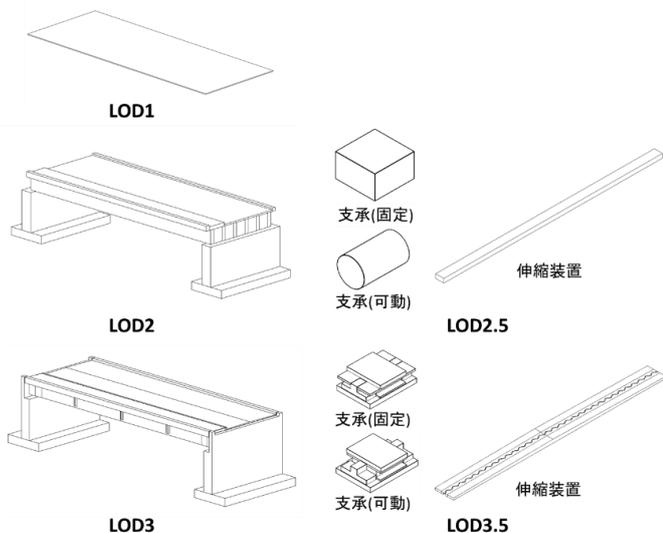


図 2 LOD ごとの各モデル俯瞰図

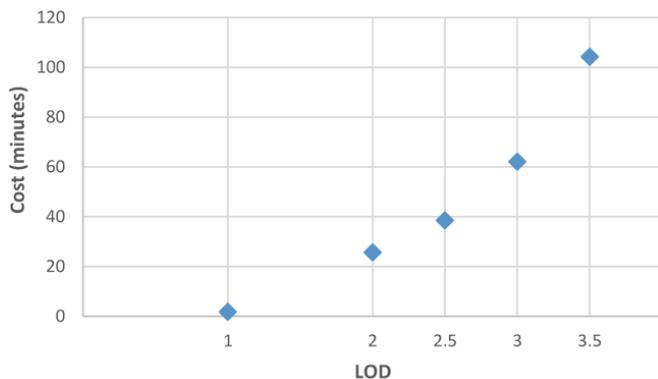


図 3 詳細度とコスト（作成時間）の関係