

突発的要因を考慮した海岸堤防の性能低下予測の考察
Performance estimation of coastal levees with consideration of Poisson
process

丹治 肇*, 桐 博英*
TANJI Hajime and KIRI Hirohide

1.はじめに

2011年3月11日に発生した東北関東大震災は大きな津波を伴い、福島、宮城、岩手県の海岸堤防を破壊した。3月28日現在では、被害実態を現地で確認するには至っていないが、航空写真や衛星画像で判断する限り、3県にある農地海岸も大きな被害を被った。海岸堤防については、今まで公共事業費の減少もあり、維持管理の改善によりその寿命を長く長く使うことに重点が置かれてきた。しかしながら、いったん津波による被災をうけると維持管理計画は白紙になってしまう。海岸堤防の維持管理では、従来は進行性性能低下が主に考慮されており、地震、津波のような突発性の性能低下は、超過確率として考慮されてこなかった。ここでは、今回の被災を教訓に海岸堤防の維持管理において、突発性の性能低下を考慮する方法を考察する。なお、ここでは、海岸堤防を例にあげるが、検討事項は基本的なものなので、灌漑施設、排水施設などにも応用可能なはずである。

2.性能低下の分類

ここでは、性能低下を、進行性と突発性に分け、この2種類の性能低下は独立事象であると仮定する。

a.進行性性能低下：進行性低下は性能低下が時間の関数で表される場合と定義する。

性能=f(時間)

関数 f は一般化線形モデルを使って同定する。あるいは、マルコフ連鎖としてモデル化する。海岸施設では、ケーソンの塩類による損傷が進行性性能低下でモデル化できることが知られている。健全度を目的変数にとり、説明変数に経過年数をとって、2次曲線でモデル化する文献を見るが、これは、誤った統計処理であり、回帰モデルを作成するのであれば、一般化線形モデルを用いなければならない。マルコフ連鎖モデルでは、時刻 t+1 の状態は、時刻 t の状態のみに依存し、時刻 t-1 の状態からは独立である。これは、健全度でいえば、t+1 の健全度は現時刻 t の健全度と同じか、より悪くなるが、それまでの健全度の性能低下進行速度の影響を受けないことを意味する。性能低下の進行が過去の履歴の影響を受けていると考えられる場合には、マルコフ連鎖モデルは当てはまらない。

b.突発性低下

性能低下が Poisson 過程で発生する場合を突発性性能低下と定義する。Poisson 過程に当てはまる事象としては、地震、台風の発生などが知られている。実際、損害保険数理では、事故の発生は Poisson 分布を仮定して保険料を算定している。地震、台風の大きさに

*独立行政法人農研構農村工学研究所 National Institute for Rural Engineering NARO

キーワード LCC, 維持管理, 性能予測, 堤防, ポアソン分布

については、格段の情報がなければ、保険数理で用いられるような正規分布を仮定すればよい。Poisson 分布の特徴は、性能低下の期待値は計算できるが、いつ性能低下するかわからない点（性能低下する確率はいつでも均一）にある。したがって、純粋に Poisson 分布に従う性能低下に対して、LCC を計算することは無意味である。（この他に LCC は、現実にはありえない予算制約なしに資金供給が可能なことを前提としているが、この点の詳細は省略する）

c.故障木の定義

図 1 に、海岸堤防の性能低下に関する故障木の事例を示す。

3. 堤防の外力と性能

LCC と維持管理の関係がよく研究されている道路橋の場合、想定される最大荷重は、毎年通過すると考えられ、人命を重視するのであれば、要求性能が満たされなくなれば、通行止めにして、使用を禁止する必要がある（タイプ 1）。これに対して、道路、灌漑水路は要求性能が満たされなくなっても、使用を禁止されることはなく、使い続けられる。これは、人命に係る事故が直接的に予想されない場合には、使用継続が経済的合理性を有するためである（タイプ 2）。海岸堤防は後者に近いが、人命に係る事故を想定した場合には、道路橋とは逆に、使用継続が合理的である。まとめれば、LCC を年単位で行う場合、性能低下による影響が毎年現れない場合には、性能発現を考慮した LCC を行う必要がある。また、性能低下が直接に人命損傷を与える場合には、要求性能の不満足は、使用停止になるが、それ以外では、要求性能の不満足が機能停止にはならず、この 2 つは区別すべきである。

4. 計算の課題と考察

故障木の枝に、発生確率とその確率分布を与えれば、機能低下をモンテカルロシミュレーションで再現でき、信頼区間の評価が可能になる。ただし、現時点では、進行性低下についても、信頼できる低下のパラメータが求まっていない。突発性性能低下についても同様である。このためシミュレーションは確率を仮定した感度分析が主になる。外力の確率分布を与えれば、性能低下予測だけでなく、性能発現の評価が可能になる。

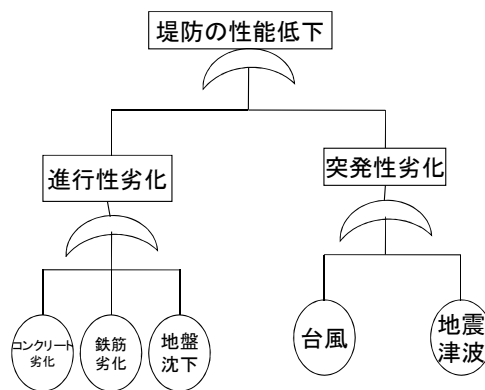


図 1 性能低下の故障木

5. まとめ

今まで、主に外力として扱われてきた、突発性現象を性能低下の要因としても取り扱う方法を提案した。特に、海岸堤防の LCC の計算には、性能低下予測だけでなく、性能発現の予測も必要である。