

社会的割引率を対象とした斜面のライフサイクルコストに関する研究

京都大学大学院

大津 宏康^{*1}

日本道路公団

松山 裕幸^{*2}

京都大学大学院

Nutthapon Supawiwat^{*3}

水文技術コンサルタント(株)

○高橋 健二^{*4}

Hiroyasu OHTSU, Hiroyuki MATSUYAMA, Nutthapon Supawiwat, Kenji TAKAHASHI

昨今、日本の社会基盤整備の一面として成熟型社会における構造物の維持・補修・更新の最適化という課題に対処するため、戦略的に維持補修予算投資を決定するというアセットマネジメントという観点からの検討が注目を集めつつある。しかしながら、現状では本研究で取り扱うような斜面等の地盤構造物に対するアセットマネジメントに関する概念は、未だ確立されていない。こうした背景を鑑み、限定した議論ではあるが、本研究では斜面の安定対策工として多用されている地下水排除工の性能低下を考慮した維持補修計画を対象として、災害リスク評価を基本としたライフサイクルコストの評価方法を提案する。さらに、ライフサイクルコストの期待値算定モデルにおける社会的割引率に着目し、社会的割引率がライフサイクルコストを指標とした斜面のアセットマネジメント手法への影響について考察するとともに重要性について言及する。

【キーワード】：ライフサイクルコスト，リスク評価，社会的割引率，斜面崩壊，地下水排除工，マルチタンクモデル法，

1. はじめに

土木構造物の維持補修問題に対して、従来の技術論に基づく検討に加えて戦略的に維持補修予算投資を決定するというアセットマネジメントという観点からの検討が注目を集めつつある。ここで土木構造物のアセットマネジメントに関する基本的な検討事項は、以下のように要約される¹⁾。

- ① 構造物の現在状態規定
- ② 構造物の劣化および、自然ハザード(地震・降雨等)の到来に対する将来状態予測
- ③ ①および②に基づく費用対効果を考慮した最適な維持補修計画の立案

このうち、①構造物の現在状態規定に関しては、いわゆる現地での定期的な点検が実施されており、事業者毎に規定された点検結果を基に判定評価に従

い定義されることが一般的である。また、②将来状態予測に関しては、舗装や橋梁では、材料劣化や構造物の性能低下を表現するモデルが提案されているが、本研究で対象とする地盤構造物では、構造物の供用期間での材料としての劣化過程を示さないことから、舗装・橋梁のようなモデル化手法は提案されていない。さらに、この将来状態予測に基づく、③の費用対効果を考慮した最適な維持補修計画に関する意思決定問題への取組みや地盤構造物を対象としたライフサイクルコスト(以下LCCと称す)の基本概念、あるいは算定方法については、現状では未だ確立されていないだけでなく、LCCの算定段階で考慮すべき不確実性要因および、そのリスク工学を用いたモデル化手法についても未だ十分な検討がなされているとは言い難い。

*1 国際融合創造センター 教授 075-753-5680

*2 試験研究所 土工研究室 042-791-1621

*3 工学研究科 博士課程 学生 075-753-5128

*4 取締役 043-279-2311

このような観点から、本研究では、斜面の地下水排除工の性能低下を考慮した維持補修計画立案までの斜面のアセットマネジメント手法の構築を図ることを目的とし、降雨ハザードの到来に対するリスク評価を基本としたLCCの評価方法²⁾について示すとともに、実際の地下水排除工における評価結果を示す。さらに、LCCの算定モデルにおける社会的割引率に着目し、社会的割引率を考慮することによる維持補修費や累積損失期待値の変化、及び供用期間との関係について言及し、社会的割引率がLCCに及ぼす影響について検討を加えている。

ここで、社会的割引率とは、LCCを評価する際の供用期間における将来的な便益や費用を現在価値で評価するための、現在価値に割り引く割引率であり、この際の割引率が社会的割引率と定義される³⁾。特に、ある維持補修計画の意思決定に当たっては、本来、費用投資に係わる評価期間(経済的寿命)内に発生するすべての便益や費用を考慮すべきであり、地盤構造物等の長期の供用期間を対象としたLCCの

表-1 海外諸国における社会的割引率(1998年)³⁾

国名	日本	ドイツ	イギリス	フランス	アメリカ	インドネシア
社会的割引率	4%	3%	8%	8%	7%	12%
出典	日銀	RAS-W	COBA10	LOTI	連邦道路庁	政府

注)アメリカの値は、連邦道路庁(FHWA)で採用されている値
インドネシアの値は、政府がプロジェクトの初期段階のスクリーニングの際に用いる値

算定では不可欠な設定変数である。さらに、この社会的割引率は、国内外を含めて社会経済的成長度合いの指標であり、将来に渡る経済情勢の不確実性やその国における利子率等も視野に入れて設定されている。表-1には日本を含めて諸外国における社会的割引率を示す。

2. 地下水排除工の性能低下に伴うLCC評価法

(1) 全体フロー

斜面における地下水排除工の性能低下は、降雨の

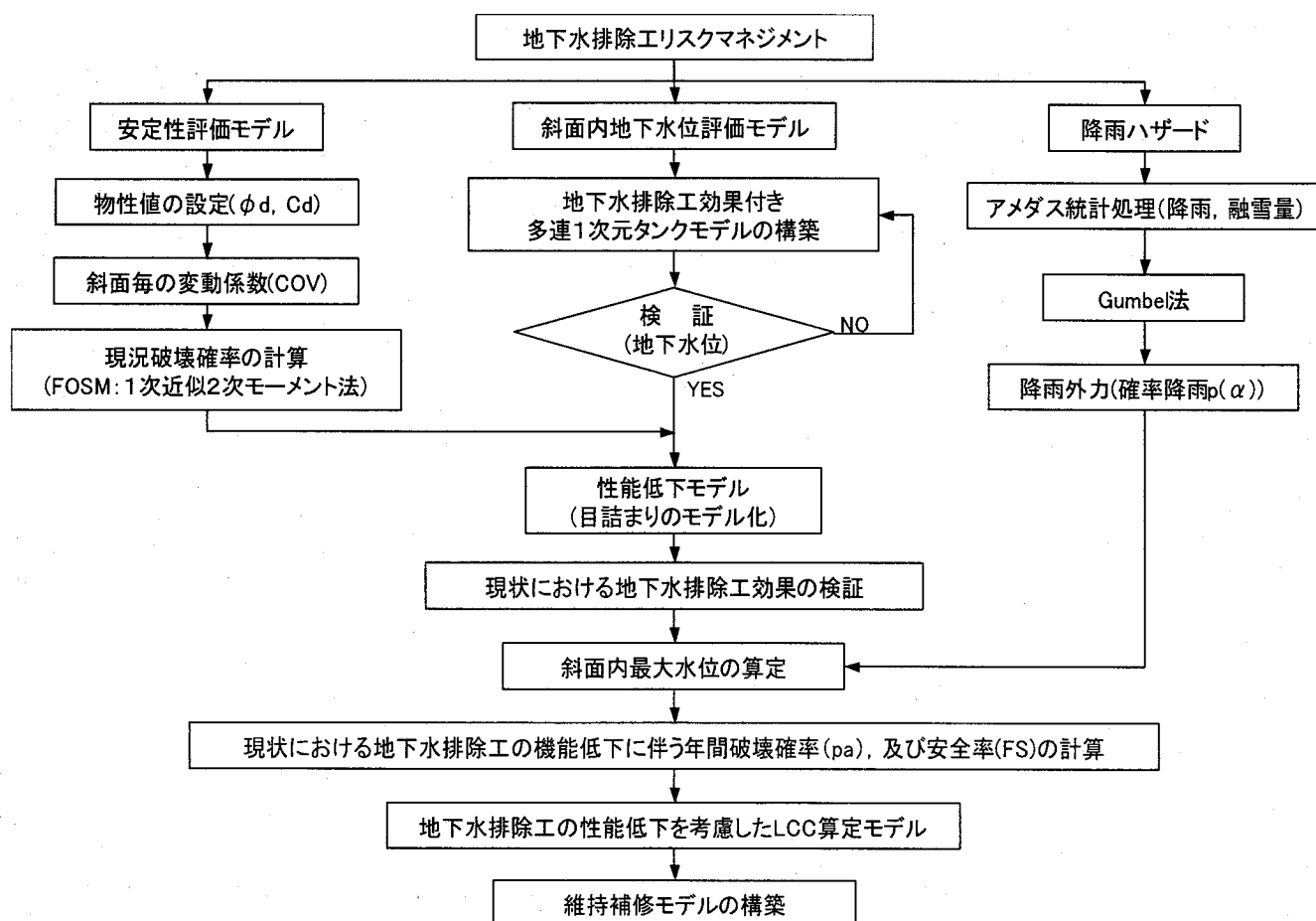


図-1 地下水排除工の性能低下に伴う影響評価法

到来に対する地下水位上昇の促進、及び斜面崩壊の誘発など、斜面の長期的な力学的安定性との相関が明確であると判断される。本研究では、斜面における地下水排除工の目詰まりに起因する性能低下に着目する。本研究で提案する評価法は、図-1に示すとおり、地下水排除工の現況における安定性評価、および降雨ハザードの到来に伴う斜面の破壊確率を算定し、地下水排除工における水抜き孔の閉塞に起因する性能低下モデルを組み込むことで、地下水排除工の性能低下に伴うリスク評価を行う。さらに閉塞した水抜き孔を洗浄する機能回復費用を考慮してLCCを求め、これを指標として維持補修計画モデルを構築するものである。

(2) 機能回復を考慮したLCC算定モデル

本研究のLCC算定モデルでは、地下水排除工の性能低下に対する対策工として、洗浄により性能を回復させる方策であり、実際の地下水排除工では、水抜き孔の目詰まり(スケールの付着)の除去を行う。例えば、 m 年毎に洗浄し斜面を無限に供用するものとすれば、地下水排除工を m 年毎に洗浄し、斜面を無限に供用する場合の LCC_{∞} は式(1)～式(3)の算定モデル⁴⁾で評価する。ただし、実際問題として地下水排除工の洗浄後の破壊確率を算定することは困難であるため、ここでは以下の仮定条件を設ける。

- 1) 地下水排除工は1回の洗浄により、初期の性能を回復する。
- 2) 地下水排除工の洗浄後の性能低下状況は、初期状態からの同じ過程をたどるものとする。

$$LCC_{\infty} = \sum_{i=1}^m p_{ai} C \left(\frac{1}{1+\rho} \right)^{i-1} + I \left(\frac{1}{1+\rho} \right)^{m+1} + \sum_{i=1}^m p_{ai}^{(1)} C \left(\frac{1}{1+\rho} \right)^{m+i-1} + I \left(\frac{1}{1+\rho} \right)^{2m+1} + \sum_{i=1}^m p_{ai}^{(2)} C \left(\frac{1}{1+\rho} \right)^{2m+i} + \dots \quad (1)$$

ここで、 $p_{ai}^{(j)}$ は、 j 回目の洗浄後の i 年目の状態での斜面の年間破壊確率を表す。 ρ は本研究で着目する社会的割引率である。また、斜面のLCC算定の考え方を明確にするために、簡易な事例として供用年数5年で2年毎に地下水排除工の洗浄する場合のLCCは、次式のように算定される。

$$LCC_5 = \sum_{i=0}^2 p_{ai} C \left(\frac{1}{1+\rho} \right)^i + \sum_{i=1}^2 p_{ai} \left(\frac{1}{1+\rho} \right)^{2i-1} + p_{ai} \left(\frac{1}{1+\rho} \right)^5 + I \left(\frac{1}{1+\rho} \right)^3 + I \left(\frac{1}{1+\rho} \right)^5 \quad (2)$$

さらにハザードの到来に伴う年間破壊確率を総称して p_{ai}^* と標記すると N 年間供用する場合の LCC_N は、以下のように算定される。ここに、 C は損失額、 I は1回の地下水排除工の洗浄に要する費用を表す。

$$LCC_N = \sum_{i=0}^N p_{ai}^* C \left(\frac{1}{1+\rho} \right)^i + \sum_{i=1}^N I \left(\frac{1}{1+\rho} \right)^{i-1} \quad (3)$$

3. LCC算定のための諸解析モデル

(1) 斜面の安定性低下モデル

地下水排除工の性能低下による斜面の安定性に及ぼす影響は、図-2に示す長大斜面すべりを想定し、これを下式(4)あるいは式(5)から算定する。

①安全率FS

$$FS = \left(1 - \frac{\gamma_w H_w}{\gamma H} \right) \cdot \frac{\tan \phi_d}{\tan \alpha} + \frac{C_d}{\gamma H} \cdot \frac{1}{\sin \alpha \cos \alpha} \quad (4)$$

②性能関数Q

$$Q = \left(1 - \frac{\gamma_w H_w}{\gamma H} \right) \cdot \frac{\tan \phi_d}{\tan \alpha} + \frac{C_d}{\gamma H} \cdot \frac{1}{\sin \alpha \cos \alpha} - 1 \quad (5)$$

ここに、全応力表示として、 γ_w は水の単位体

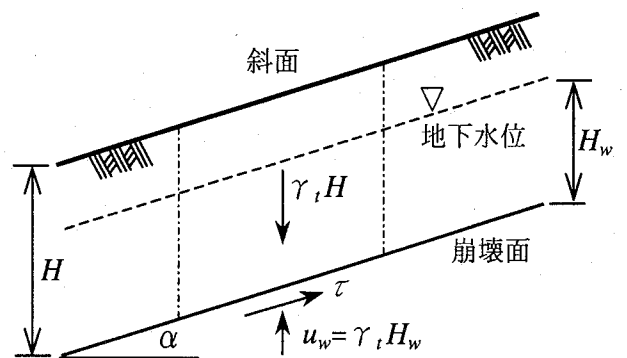


図-2 長大斜面すべり(表層すべり)の性能関数

積量, γ は土の単位体積重量, ϕ_d は内部摩擦角, C_d は粘着力, また α は無限斜面の傾斜角, H は表層土の層圧, H_w は表層土中の水深を表す. また, 性能関数 Q と斜面の安定性指標である安全率 FS とは式 (6) の関係となる.

$$\begin{aligned} FS > 1.0 \quad (Q > 0) & \text{ 安定} \\ FS = 1.0 \quad (Q = 0) & \text{ 限界状態} \\ FS < 1.0 \quad (Q < 0) & \text{ 不安定(崩壊)} \end{aligned} \quad (6)$$

ここで, 地盤物性値が耐用年数期間では風化等により強度が変化しないものと仮定すると, 安全率 FS および性能関数 Q が変動する要因は表層土中の水深 H_w のみとなる. 言うまでもなく, 表層土中の水深 H_w は, 対象とする斜面に対する降雨量の関数である. なお, 本研究では, 議論を簡素化するため, 長大斜面すべりモデルを用いているが, このモデルから円弧すべり,あるいはヤンプ法への展開は比較的容易

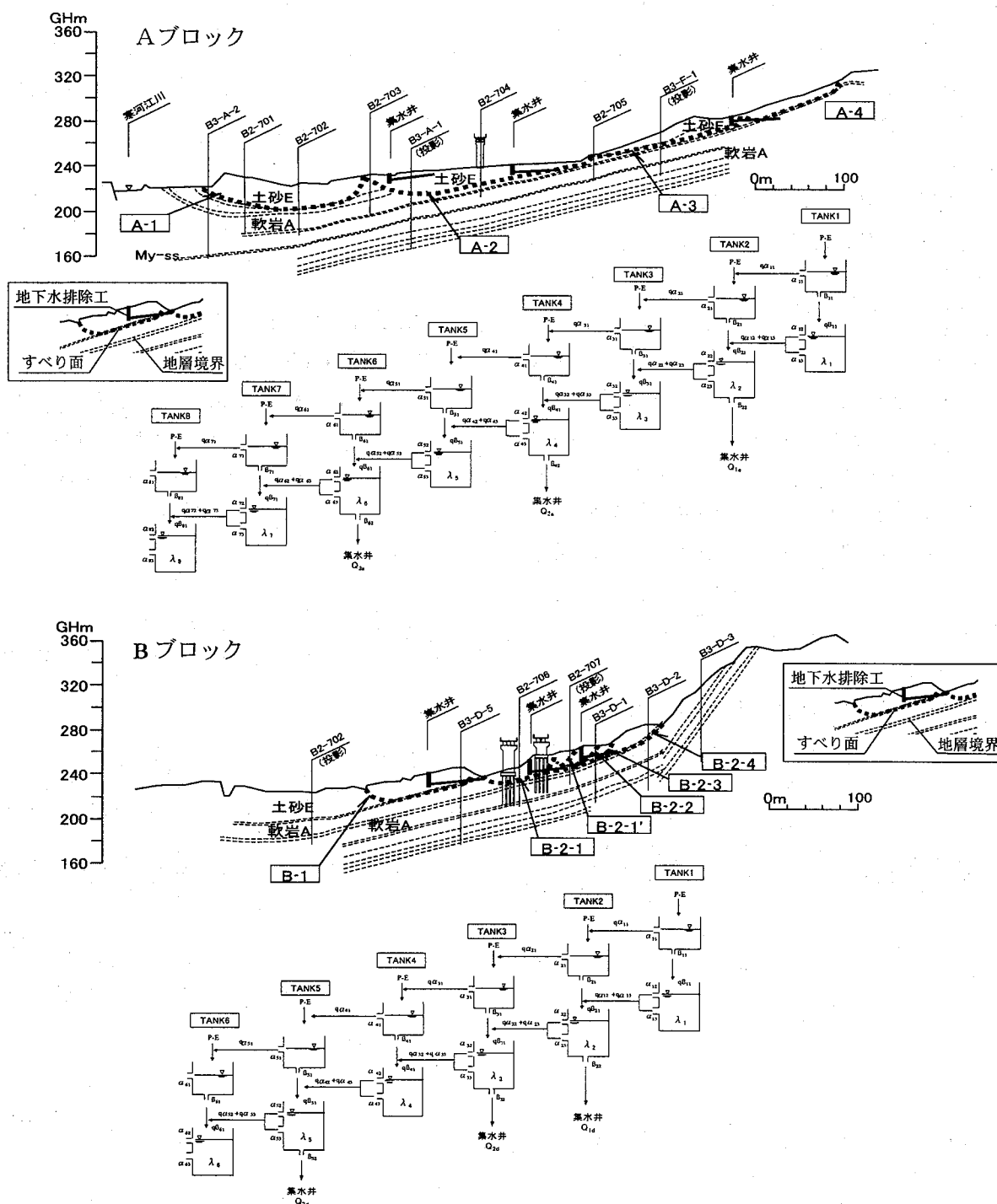


図-3 Aブロック, 及びBブロックの表層地質とすべり面分布, 及び多連1次元タンクモデルの計算システム

であり、より詳細な検討を行う場合等のモデル化の課題と考えられる。

(2) 降雨に伴う斜面内地下水位評価モデル

降雨時の斜面内の地下水挙動は、一般的には斜面頂部で鉛直浸透流が発生し、中間部では側方浸透流、斜面脚部では復帰流が発生する。このような降雨に伴う斜面内の地下水挙動を簡易に表現するモデルが、多連1次元タンクモデルである。このモデルは降雨と浸透～流出応答を2段タンクよりなる1次元タンクを用いて、上部のタンクを起点として斜面高低に準じて上部、中間部、下部等の斜面形状に準じて連結したモデルである。また、地下水排除工の機能低下を評価するため、地下水排除工効果を付加する新たな1次元タンクモデルを設け、地下水排水量を設定することでモデル化し、対象斜面全体の水収支を保持しつつ斜面内の地下水位変動を求める。

以下に、この多連1次元タンクモデルの検証例を

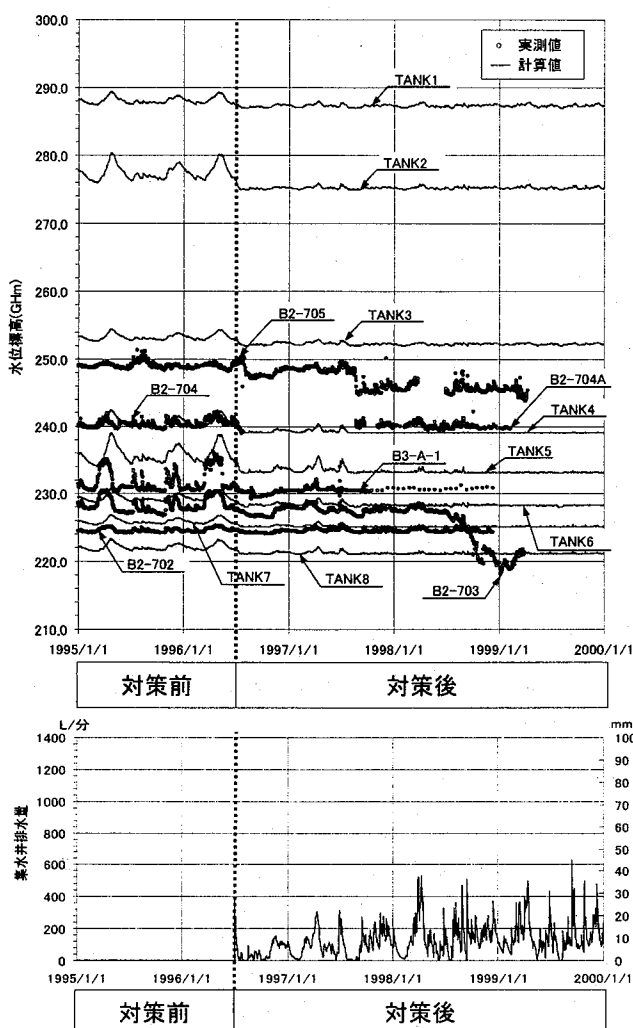


図-4 Aブロックにおける多連1次元タンクモデルの計算水位と実測水位の比較

示す。図-3には検討対象地区における2つの地すべりブロックを示す。Aブロックでは3箇所の地下水排除工が位置していることから、8連1次元タンクモデルでモデル化している。同様にBブロックの場合は6連1次元タンクモデルでモデル化している。図-4にはAブロックにおける地下水位変動の予測結果と実測結果を示す。同図における実測水位とタンクモデル水位は、ブロック全体の地下水面として評価すると、降雨に伴う地下水位や排水量の変動、及び地下水排除工前後の変動が再現されている。同図によれば、地下水排除工の効果が顕著に現れている観測孔もある。また、全体的には地下水排除工実施後の降雨時の水位上昇が抑制され、地下水排除工の水抜き効果により、ほとんど降雨反応はなくなる傾向を示す。下段の集水井排水量は、同ブロックの地下水排除工の合計排水量である。排水量は降雨後は増加が著しく、安定時には3箇所の合計70~90L/分程度が予測されている。

(3) 地下水排除工の性能低下モデル

地下水排除工の性能低下については現段階では定量的な評価はされていない。本研究では、佐藤・松山⁵⁾らによる道路の隣接斜面における地下水排除工の観測結果を基に、図-5に示す4つの指数減衰曲線で近似した。地下水排除工の場合、目詰まりに伴う地下水位上昇が発生し、水位上昇とともに排水量が増加し、単純に機能の低下を目詰まり程度や排水

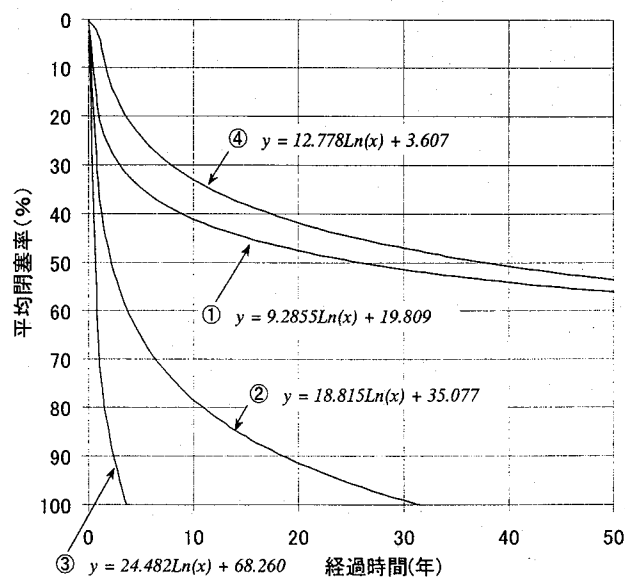


図-5 地下水排除工の性能低下における閉塞モデル

量の低減から把握することができない。本研究では、地下水排除工位置のタンクモデルにおける排水量が閉塞モデルにより減少するものと仮定している。さらに、各タンクモデルにおける閉塞モデルは同じと仮定する。

4. 降雨ハザードの到来に伴う破壊確率、および安定性指標の将来予測

(1) 降雨ハザードの到来に伴う破壊確率

降雨に伴う斜面内地下水位評価モデルの入力値となる降雨は、対象とする斜面に近接する箇所でのアメダスデータ等を基に、ハザードレベル以上の降雨が年1回以上到達する確率、すなわち、図-6に示す年超過確率をガンベル法によりモデル化する。

さらに、この超過確率降雨を用いて発生確率毎に地すべりブロックにおける地下水位変動(H_w)、及び1次近似2次モーメント法(FOSM)¹⁾による条件付き破壊確率 $Pf(x)$ を算定する。1次近似2次モーメント法は式(5)の性能関数において、地盤定数を確率変数としてモデル化し、破壊確率を求める方法であり、信頼性解析手法の一つである。図-7にはAブロックのA-4すべり面における降雨に伴う地下水位変動(H_w)、条件付き破壊確率 $Pf(x)$ を示している。同図は $P=0.002(W=1/500$ 年確率)の降雨波形に伴う推移を示している。当然であるが、降雨発生確率が小さい場合ほど大きな降雨ハザードであり、地下水位変動(H_w)が大きく、且つ条件付き破壊確率 $Pf(x)$ が増加する。なお、以上の算定は、地下水排除工実施後の現在状態の条件であり、目詰まりによる地下水排除工の性能低下は考慮していない。

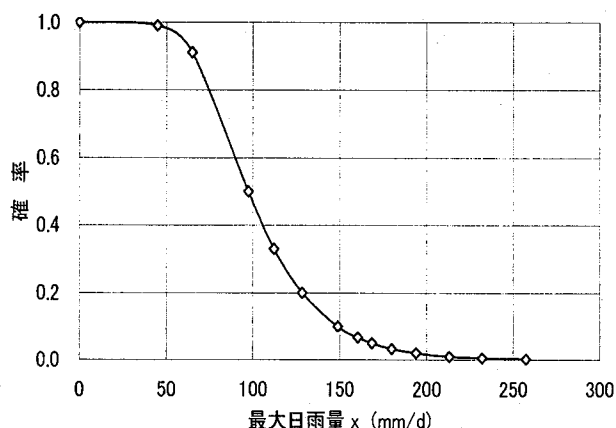


図-6 日雨量の降雨確率分布関数(CDF)

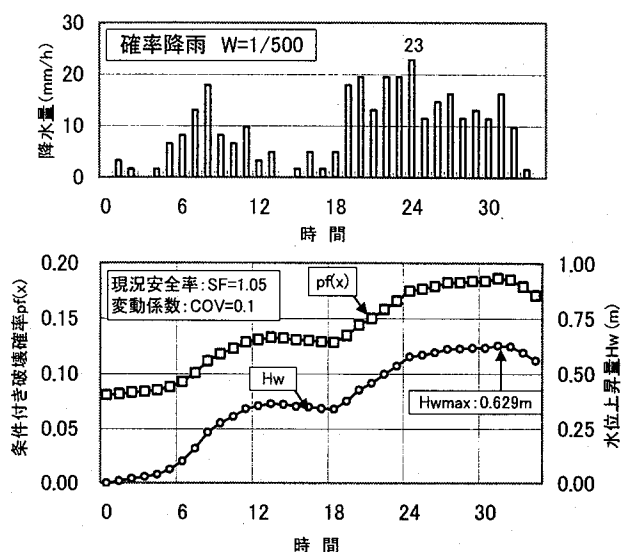


図-7 降雨ハザードの到来に伴う斜面内水位と条件付破壊確率(A-4すべり面)

(2) 年間破壊確率の算定

次に、想定ハザードレベル α ごとに得られた条件付き破壊確率 $Pf(\alpha)$ に、そのハザードレベル α が1年間に発生する可能性を重み付けした形で合積することにより、年間破壊確率 pa を算出する。

$$pa = \int_0^{\infty} p_f(\alpha) \cdot \frac{dp(\alpha)}{d\alpha} \cdot d\alpha \quad (7)$$

これは比較的頻繁に発生する小規模なものから極めて稀にしか発生しないものまでを、1年間にならした形で表現するものである。同様の手順を検討地区の各すべり面に適用し、年間破壊確率(pa)を算定した。図-8にはA-4すべり面における条件付き破壊確率の脆弱性曲線を示す。図-9にはAブロック全体に分布するすべり面における地下水排除工前後の年間破壊確率の比較を示している。同図の年間破壊確率分布をみると、地下水排除工の対策効果が大きいすべり面は、排除工実施前後の pa の比較からAブロックではA-2とA-4すべり面である。また、現況における年間破壊確率の大きなすべり面は、A-1($pa = 0.150$)、A-4($pa = 0.150$)が挙げられる。

(3) 地下水排除工の機能低下に伴う年間破壊確率の変化

図-10にはAブロックのA-4すべり面、及びBブロックのB-2-4すべり面における閉塞モデルによる年間破壊確率の経時変化を示す。目詰まりによる閉塞モデル②と③は、比較的目詰まり進行が早く、

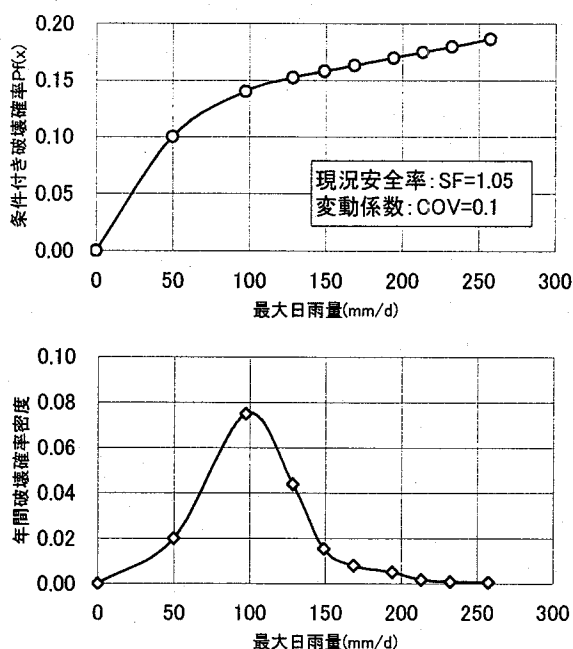


図-8 A-4すべり面における脆弱性曲線

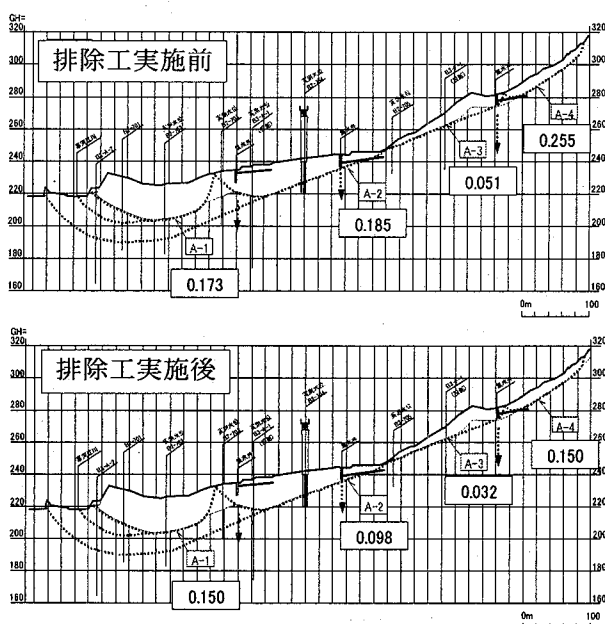
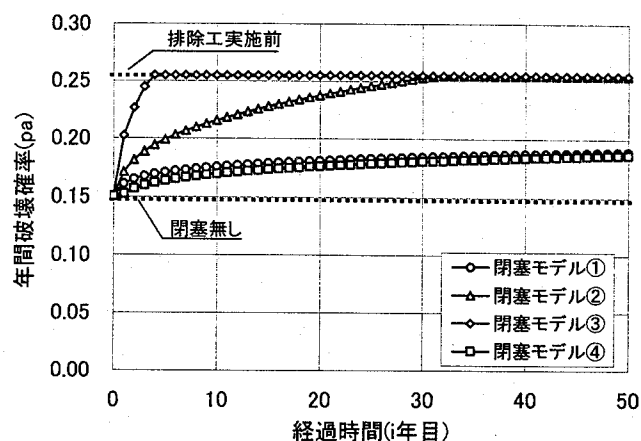
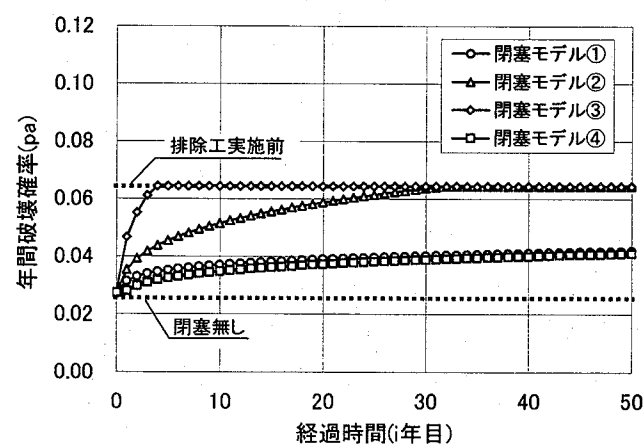


図-9 地下水排除工の実施前後における年間破壊確率(Aブロック)

閉塞モデル①と④は目詰まり進行が遅いモデルである。両すべり面とも②と③の閉塞モデルの場合に、目詰まりによる年間破壊確率の増加が顕著である。閉塞モデル③では3～4年程度で初期状態(排除工実施前)に戻り、年間破壊確率の最大値を示す。同図に示すとおり、この2つのすべり面を比較すると、A-4すべり面の年間破壊確率の変動が大きく、地下水排除工の効果が大きいことを示している。両すべり面とも②と③の閉塞モデルによる年間破壊確率の



a) Aブロック (A-4すべり面)



b) Bブロック (B-2-4すべり面)

図-10 地下水排除工の性能劣化に伴う年間破壊確率の経時変化

増加が顕著であり、閉塞モデル③では3～4年程度、②では25～30年程度で排除工実施前後の初期状態に戻る。

5. 洗浄工費と間接損失の算定

ここでは年損失期待値の算定のための年地下水排除工の目詰まりに対する洗浄工費、及び損失原単価を整理する。

(1) 地下水排除工の洗浄工費(I)

地下水排除工の性能回復を行うための洗浄工費は、仮設費等を含めて実績工事費を基に各ブロックに既設地下水排除工の水抜き孔の延長から算出されている。

Aブロック：706.2万円/1回当たり

Bブロック：1169.2万円/1回当たり

(2) 損失原単価(C)

損失原単価は、当地における道路区間を対象とし

て、道路損傷に起因する迂回に伴う時間・走行費用損失とし、道路投資の評価に関する指針³⁾をもとに時間価値原単価についてはその加重平均を用い、走行費用原単価は同指針を参照した。各損失額の算定は以下の通りである。時間損失 C_1 、走行損失 C_2 は式(8)、式(9)により求められる。

$$C_1 = n \times \sum_m (A_m \times N_m \times \Delta T)$$

$$\Delta T = \frac{l^L}{u^L} - \frac{l^H}{u^H} \quad (8)$$

ここに、 n ：通行止め日数、 A_m ：加重平均、 N_m ：日交通量、 ΔT ：損失時間で、 u^L 、 u^H は迂回路、及び現道の走行速度である。

$$C_2 = n \times \sum_m N_m (B_m^L \times l^L - B_m^H \times l^H) \quad (9)$$

ここに、 n ：通行止め日数、 N_m ：日交通量、 B_m^L ：迂回路走行費用原単価、 l^L ：迂回路走行距離、 B_m^H ：現道走行費用原単価、 l^H ：現道走行距離である。

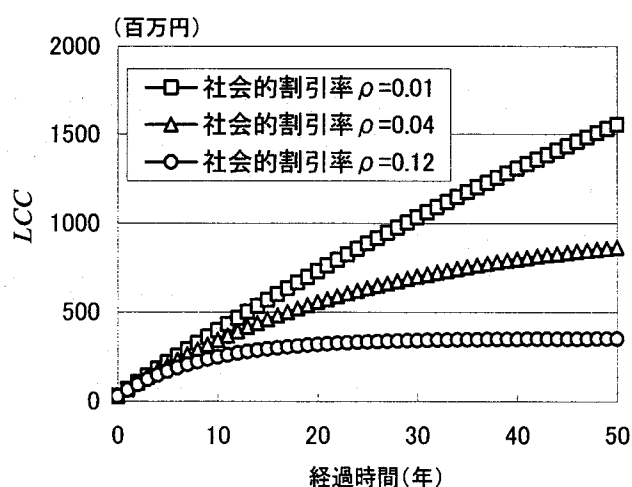
6. LCC の算定結果

(1)社会的割引率が LCC の経年変化に及ぼす影響
年間破壊確率(P_{ai}^*)と洗浄工費(I)、損失費用(C)を基に、式(2)を用いて LCC を算定する。その際の社会的割引率 ρ は、日本の $\rho=0.04$ を含めて、その 1/4 の $\rho=0.01$ 、及び 3 倍の $\rho=0.12$ の 3 つのケースを用

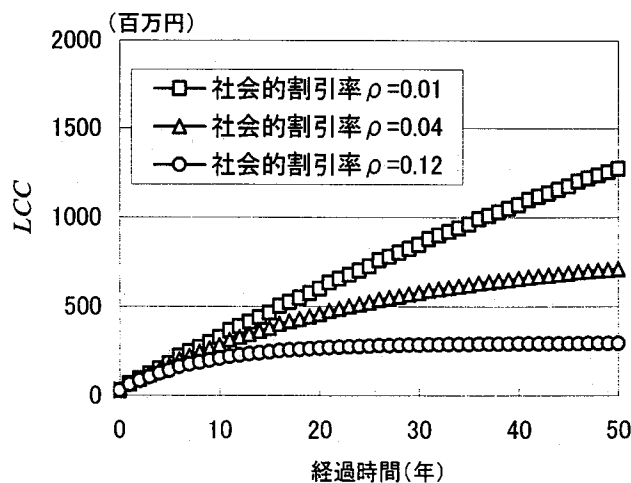
い、B ブロックの最上位に分布するすべり面 B-2-4 を例に検討を加える。なお、B-2-4 すべり面における性能低下モデル等の解析条件は、前述の A ブロックの各すべり面と同じである。

図-11 はすべり面 B-2-4 における 1 年間隔に機能回復を図る場合、及び 5 年間隔で行った場合の LCC の経年変化を示している。なお、ここで用いた地下水排除工の性能低下モデルは、50 年ではほぼ 1/2 まで性能低下する閉塞モデル④のケースの場合である。同図に示すように、2 種類の補修間隔における LCC は、補修回数の少ない 5 年間隔の場合が 1 年間隔に比べて小さいが、社会的割引率 ρ に対する結果を比較すると、ともに経過年数に依存した単調増加を示す。さらに経過年数が 5 年程度以内の短期間では、社会的割引率 ρ による差異は生じていないが、5 年以上の中～長期間における LCC は、 $\rho=0.12$ の場合には、供用期間 15 年で増加率が減少、収斂し、それ以降は平衡する傾向を示す。それに対して、 $\rho=0.04$ や $\rho=0.01$ の場合には、 $\rho=0.12$ の場合のような平衡傾向はなく、社会的割引率 ρ が小さくなるほど LCC は増加率が增大する。同図 a) の 1 年間隔で修復する場合における経過年数 50 年の LCC を比較すると、 $\rho=0.01$ と $\rho=0.12$ では約 5 倍の LCC コストの較差が発生する。

さらに、図-12 には、社会的割引率 ρ による LCC の内訳に及ぼす影響について示す。算定条件は図-11 と同じであり、3 種の ρ に伴う補修費と累



a) 1 年間隔で補修



b) 5 年間隔で補修

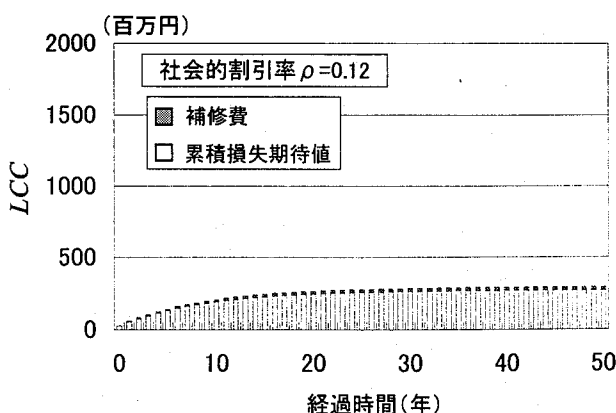
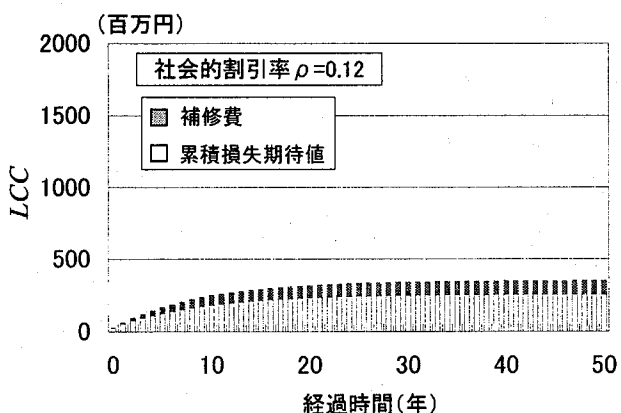
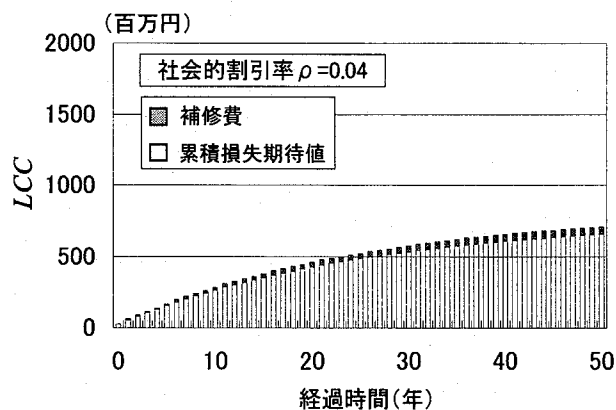
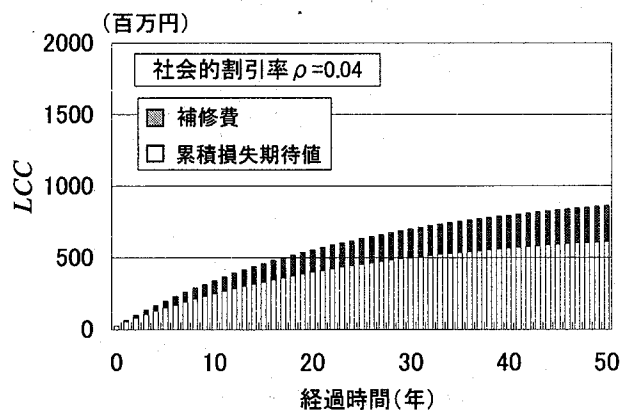
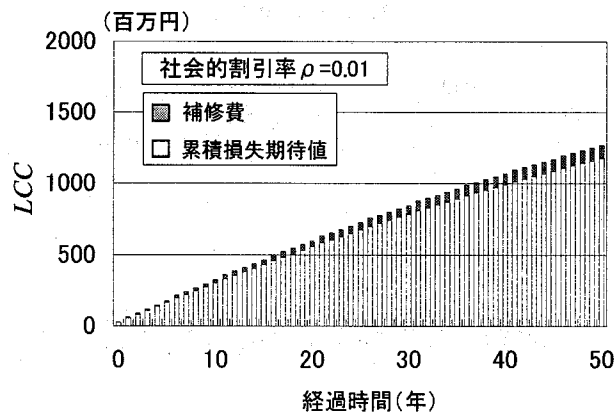
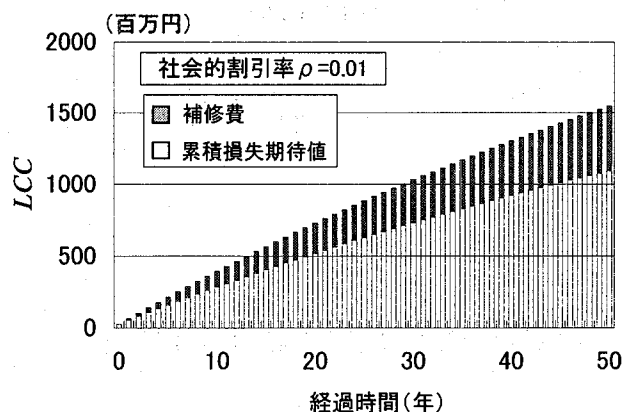
図-11 LCC 算定結果における社会的割引率の影響
B-2-4 すべり面 (閉塞モデル④)

積損失期待値の経年変化を示している。同図に示すとおり、社会的割引率 ρ の差異による LCC の経年的な増加とともに、LCC に占める補修費の割合は、補修回数の少ない 5 年間隔では大差はないが、補修回数が多い 1 年間隔では供用期間が中～長期間になるほど、LCC に対する割合が大きくなり、社会的割引率 ρ が小さいほどより顕著に現れる。

また、社会的割引率 ρ を経済成長やインフレ発生等の経済性の指標と捉えると、開発途上国では、社会的割引率 ρ が大きくなることから、LCC は中～長

期的にみて小さくなり、本検討のように、機能回復を図る維持補修計画では補修しながら中～長期に渡り供用するよりは、むしろ初期投資を含めて、比較的短期間に更新、あるいは改善し、その後は維持補修等を行わない方が得策と言える。これに対して、日本の $\rho=0.04$ と小さい場合、LCC の期待値が供用年数とともに増加傾向が維持されるため、長期の供用期間ほど LCC は増大し、わずかな社会的割引率の差が LCC に大きく関与する。

(2)社会的割引率が維持補修計画に及ぼす影響



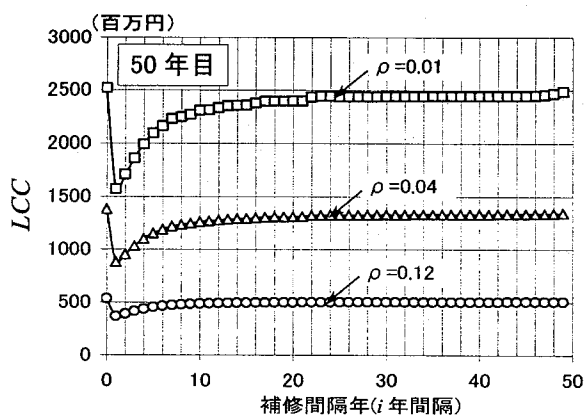
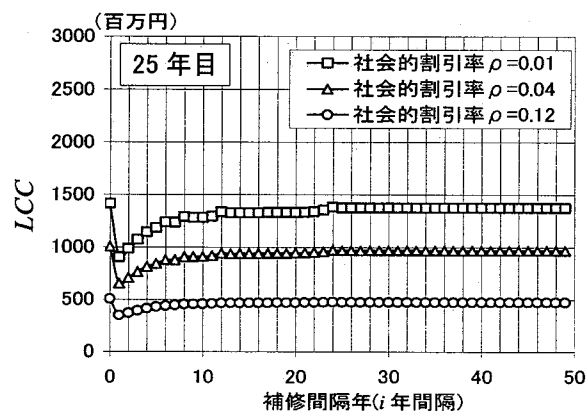
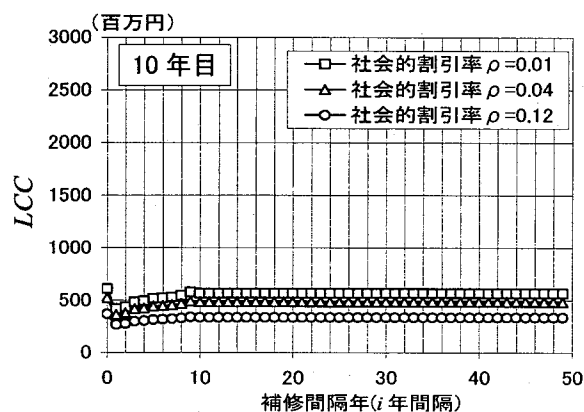
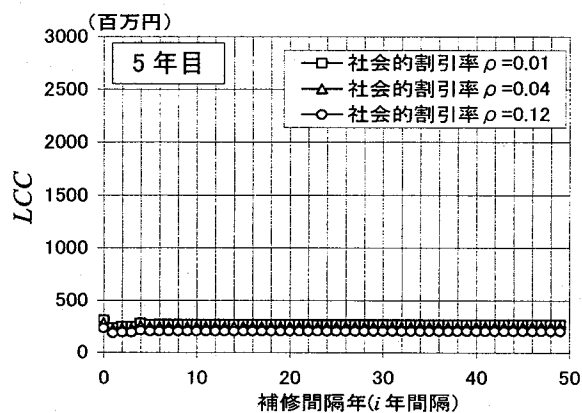
a) 1 年間隔で補修

b) 5 年間隔で補修

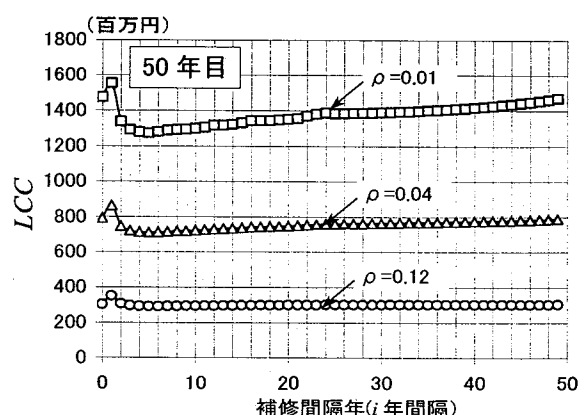
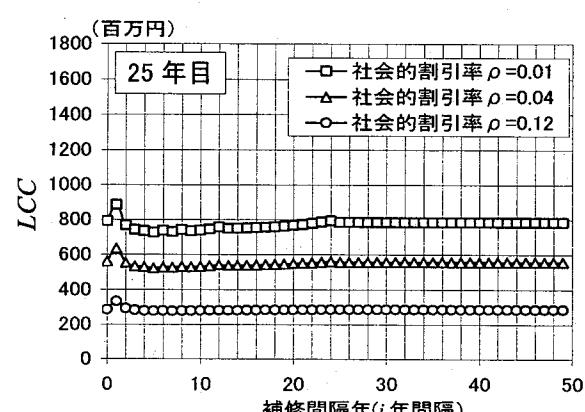
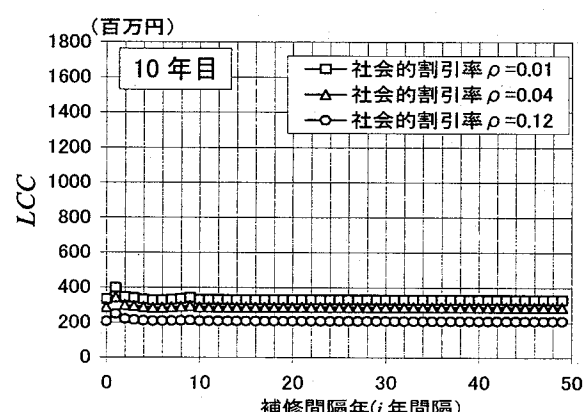
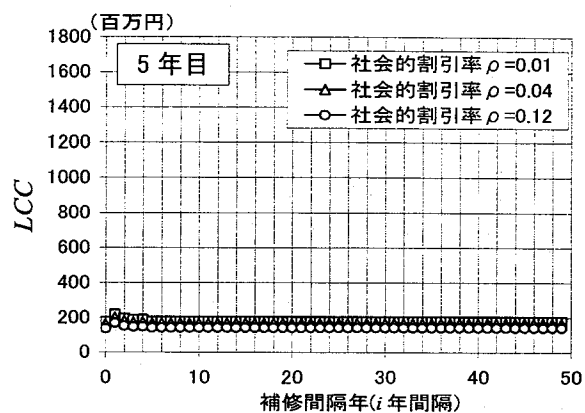
図-12 LCC 算定結果における社会的割引率の影響
B-2-4 すべり面 (閉塞モデル④)

さらに、図-13は供用期間の設定に応じた社会的割引率 ρ のLCCへの影響を示す。同図はこれまで

述べてきた閉塞モデル④と性能低下の進行が早い閉塞モデル③も加えて示し、供用期間は50年間の経年



a) 閉塞モデル③



b) 閉塞モデル④

図-13 供用期間に伴うLCCの算定結果(B-2-4 すべり面)

変化のうち4期間を設定した。同図をみると、閉塞モデル③の場合、何ら対策を講じないで無洗浄(補修間隔 $i=0$)の場合のLCCが最大値、1年間隔の場合がLCCの最小値を示している。この1年間隔の洗浄は、LCCからみると、機能回復費用(洗浄費用)が損失期待値に対して小さいため、最適補修間隔というよりも、性能低下をさせないほうが最適という結果を示している。また、閉塞モデル④の場合は、1年間隔で補修した場合が無洗浄($i=0$)の場合より大きくなり、2年以上の間隔ではLCCは小さくなる。これは1年間隔のように頻繁に機能回復を図るということは、性能低下が遅い場合には、損失期待値の減少より洗浄費用が上回ることを意味し、過剰補修であることを表している。

さらに、各供用期間におけるLCCにおいて、社会的割引率 ρ に伴う影響をとりまとめると、以下のとおりである。供用期間が5年目などの短期間の場合には、社会的割引率 ρ による相違も殆どなく、最適補修間隔は、図-13a)に示す閉塞モデル③では、わずかな差で1~2年の補修間隔がLCCの最小値を示すが、この程度のコスト差をもって、最適補修計画とするにはやや無理がある。さらに供用期間が10年目では、5年間隔に比べて多少は、社会的割引率 ρ による差異が認められるものの顕著な違いはない。

これに対して、供用期間が中~長期間である25~50年間をみると、社会的割引率 ρ による差異が現れ、供用期間50年目をみると、閉塞モデル③④とも社会的割引率 $\rho=0.12$ に比べて、 $\rho=0.04\sim0.01$ では最適補修間隔が明確に表現されている。さらに長期間に渡り性能低下する閉塞モデル④では5年間隔が最小値を示している。また、供用期間50年目における社会的割引率 $\rho=0.12$ では、僅かながら、最適間隔を明示しているが、社会的割引率 ρ が小さいほどLCCの変化が大きく、明確に最適値が表示されることになる。特に、供用期間が中~長期間を対象とするほど、明瞭にLCCの変動や補修計画の優劣が明示される。

すなわち、LCC算定過程における社会的割引率 ρ の影響に関しては、単に社会経済的な安定性を示す変数として取り扱うだけでなく、特に、中~長期的なLCCを評価する場合、LCCの経年変動だけでなく、最適な補修計画の選定に至る評価段階まで影響

が波及する。

7. まとめ

本研究は、限定された条件下であるが、地下水排除工の性能低下を考慮し、LCCを判断指標として、最適な維持補修計画を立案するためのLCC評価手法について示し、特に、その手法におけるLCC算定モデルに用いた社会的割引率の影響について検討を加えている。この研究において得られた知見を要約すると以下のとおりである。

①本評価法で提案したLCC算定モデルにおいて、社会的割引率の持つ意味、及び社会的割引率がLCCに及ぼす影響について言及した結果、社会的割引率は、国内外の経済成長度合いや現在価値をもって将来便益の評価指標となるだけでなく、短期間のLCCの場合はさほど大きな影響はないが、中~長期間に渡る場合、LCCの経年変動や最適計画の選定に至るまでその影響が波及する。

②したがって、LCC算定における社会的割引率の設定に当たっては、不適切な設定でLCCを計算することにより、間違った意思決定を導くことになることも考えられ、十分に留意したうえで設定する必要があることが認識された。

特に、我が国も含めて維持管理が大きな課題となる低経済成長社会では、当然、社会的割引率が小さく、対象となる資産の供用期間に依存してLCCに大きな影響を及ぼすことになる。

なお、本研究では、特に提案したLCC算定モデルにおける社会的割引率の意味やその影響、及び重要性について言及したが、前述したようにLCC算定モデル自体の課題や実際の維持管理における有効性の検証も必要と考えている。今後の課題として鋭意検討を加える所存である。

参考文献

- 1) 大津宏康：建設分野におけるリスク工学の適用性とその展望，土木学会論文集No.728/VI-58, pp.1-16, 2003.
- 2) 大津宏康, Nutthapon Supawiwat, 高橋健二：地盤構造物を対象としたアセットマネジメントに関する一提案，土木学会論文集(投稿中)，2004.

- 3)中村英夫他：道路投資の評価に関する指針(案), 道路投資の評価に関する研究委員会, 日本総合研究所, 1998.
- 4)大津宏康, Nutthapon Supawiwat, 松山裕幸, 高橋健二：地下水排除工の性能低下を考慮した斜面アセットマネジメントに関する研究, 土木学会論文集(投稿中), 2004.
- 5)佐藤亜樹男, 松山裕幸：地下水排除工の性能低下について(その2)－洗浄工の効果－, JH試験研究所概要集, 2003.

LCC EVALUATION OF SLOPS CONSIDERING SENSITIVITY OF SOCIAL DISCOUNT RATE

Hiroyasu OHTSU, Hiroyuki MATSUYAMA, Nutthapon Supawiwat,
Kenji TAKAHASHI

This study develops the decision-making model, which made the norm the risk aiming at extending the examination from a viewpoint of the conventional disaster prevention to structure management for a slope among road structures. Specifically in consideration of the performance deterioration about the stability of a slope, the life cycle cost based on the risk assessment result at the time of assuming rain as a natural hazard is calculated. Also, its attention is paid to the performance deterioration resulting from the groundwater counter measurement system by this study. It expresses using a multi-tank model about the groundwater behavior used as the performance deterioration. Furthermore, while making reference about the influence affect the calculation result of the life cycle cost paying attention to a social discount rate, the appraisal method which results in planning of the optimal maintenance repair plan based on risk assessment is proposed.