

平成 21 年 5 月 20 日現在

研究種目：基盤研究 (B)
 研究期間：2006～2008
 課題番号：18380142
 研究課題名 (和文) 農業水施設のライフサイクルコストを考慮した予防保全技術の開発
 研究課題名 (英文) Preventive maintenance method of irrigation facilities with consideration of those life cycle cost
 研究代表者
 小林 晃 (KOBAYASHI AKIRA)
 京都大学・農学研究科・准教授
 研究者番号：80261460

研究成果の概要：

ライフサイクルコスト (LCC) を考慮した予防保全を行うため、現状診断手法として電磁波、弾性波を用いた農業水利施設の非破壊検査手法の開発を行った。また、LCC の計算に必要な構造物の劣化予測のために、損傷理論を用いた力・水・熱の連成解析手法を開発し、降雨や気温の変化による劣化予測を行った。豪雨による越流破壊や水圧破壊のメカニズムを解明するために室内実験を行い、破壊予測手法を開発した。そして、農業水利施設の社会的な価値も含めた多面的価値の評価手法について検討した。平成 16 年の台風 23 号の淡路島での被害データを用いて、リスクマネジメント手法について提案した。

交付額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2006 年度	4,000,000	1,200,000	5,200,000
2007 年度	7,300,000	2,190,000	9,490,000
2008 年度	3,000,000	900,000	3,900,000
年度			
年度			
総計	14,300,000	4,290,000	18,590,000

研究分野：農学

科研費の分科・細目：農業工学・農業土木学・農村計画学

キーワード：非破壊検査，農業水利施設，健全度診断，損傷力学，劣化予測，越流破壊，ライフサイクルコスト，リスクマネジメント

1. 研究開始当初の背景

農業水利施設は農業にとって最も重要なインフラであるが、その新規構築は困難な状況である。したがって、既存の施設を維持補修することによって、将来にわたって長期に利用できるように運営することが必要である。さらに、近年の気候不順から起こる予想を超える豪雨災害や、南海・東南海地震のように今後 30 年で発生確率がきわめて高い巨大地震に対する予防も計画的に行う必要がある。

このような背景からストックマネジメントの重要性が行政側からも指摘され、マニュアルが出ているが、具体的な施策立案法に関しては科学的な検討がなされた事例がないために、定性的で根拠も明確でない記述となっている。

そのような背景に対して、研究開始当初において、本研究グループは現状診断のための非破壊検査手法の基本的考え方は確立していた。また、破壊予測に必要な連成解析技術

も保有していた。さらに、環境リスク評価手法に関しても種々の委員会・シンポジウムに参加し、現状の評価手法について研鑽を重ねていた。

2. 研究の目的

(1)非破壊検査による健全度診断の精度向上
弾性波、電磁波を用いた非破壊検査手法により構造物の内部状況の把握の精度向上を目指す。

(2)損傷理論による劣化のモデル化

損傷によるダイレイタンス挙動の変化を考慮した損傷モデルを構築し、凍結融解および化学的劣化を再現する。そのモデルを力・水・熱連成解析に導入し、構造物の劣化予測手法を開発する。

(3)ため池の越流破壊のメカニズム解明

洪水による決壊事故は越流破壊や水圧破壊によって発生すると考えられているが、そのメカニズムは不明である。室内実験と解析手法の開発により越流破壊の予測手法の開発を行う。

(4)水利施設の流域環境の把握

農業水利施設は農業用水を供給するという機能だけではなく、周辺の生態、社会環境にも大きな役割を担っている。その環境影響評価は、水利施設のリスク評価に考慮されるべきものであり、その経済的意義について検討する。

(5)リスクを考慮したライフサイクルコストの算定手法の開発

洪水による決壊リスクを定量的に把握することは、劣化メカニズムがよくわかっていない、ため池堤体のような土構造物のライフサイクルコストの算定では非常に重要である。実測データを用いて補修を行った場合のライフサイクルコストの変化を検討する。

3. 研究の方法

(1)非破壊検査による健全度診断の精度向上
室内実験による基本的な性能の確認と現地での適応による適用性の確認を行う。

(2)損傷理論による劣化のモデル化

劣化させた材料の室内実験を行い、その結果を再現するモデルを構築し、劣化による挙動変化を予測する。

(3)ため池の越流破壊のメカニズム解明

室内モデル実験により越流による破壊過程を観測し、それを再現する数値モデルの構築を行う。

(4)水利施設の流域環境の把握

水環境に対する主観的価値差、流域管理目標に対する社会性格差を地域分析し、水環境計画の不確実下の動的モデルを開発する。

(5)リスクを考慮したライフサイクルコストの算定手法の開発

平成16年の台風23号による淡路島でのた

め池決壊事例を分析することにより、ため池決壊リスクを考慮したライフサイクルコスト算定手法を開発する。

4. 研究成果

(1)非破壊検査による健全度診断の精度向上

コンクリート構造物で用いられているインパクトエコー法をより客観的に適応できるように改良し土構造物にも適用した。弾性波だけではなく、電磁波にも適用し、土構造物内の水分分布状態の推定を行った。電磁波測定は手順が簡便であり、半日ほどでため池堤体のほとんどを計測できる。図-1はため池内の三次元水面状況を推定した結果である。このように遮水ゾーンが機能している状況を観察することができる。これにより漏水ため池の漏水経路などの推定が可能となり、修復計画に有効となる。

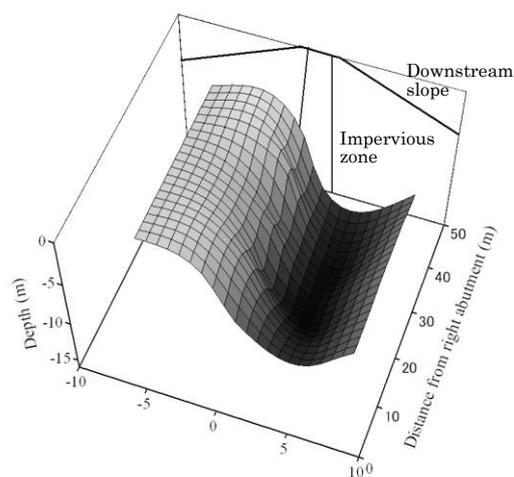


図-1 ため池堤体内の水面位置推定結果

(2)損傷理論による劣化のモデル化

凍結融解試験および塩水浸水による劣化供試体の試験結果から損傷パラメータを抽出した。そしてその損傷モデルを力・水・熱連成解析に取り込み、天候の変化による斜面の劣化予測や掘削による周辺挙動予測を行った。また、信頼性解析によりパラメータの感度評価を行った。これにより、構造物劣化の将来予測が可能となり、ライフサイクルコスト算定の精度が向上する。

(3)ため池の越流破壊のメカニズム解明

室内実験を再現するように、土質力学と水力学を融合した侵食モデルを構築した。これにより越流から決壊までの時間を予測することが可能となり、減災に役立つことが期待される。また、有効な決壊予防法についても検討した。

(4)水利施設の流域環境の把握

ダム湖面利用計画を例に、水環境財に関す

るエージェントの主観的価値差、流域管理目標に対する社会性格差を地域分析し、水環境計画の不確実下の動的モデルを開発した。また、流域環境管理のための富栄養化に係る環境効率改善指標に基づく地域・産業別環境影響評価を行った。これにより、持続的な開発のための他地域活動の在り方の一助となることが期待される。

5) リスクを考慮したライフサイクルコストの算定手法の開発

淡路島での被害データとため池データベースから洪水による決壊リスクを算定した。また、予防保全として拡幅工事を想定し、それによるリスクの軽減を計算することで、対策によるライフサイクルコストの変化を検討した。図-2 がその検討結果の一例である。このような検討は農業水利施設で行われたのは本邦初であり、今後、多様な予防保全工法に対して同様の検討ができるようになることが期待される。

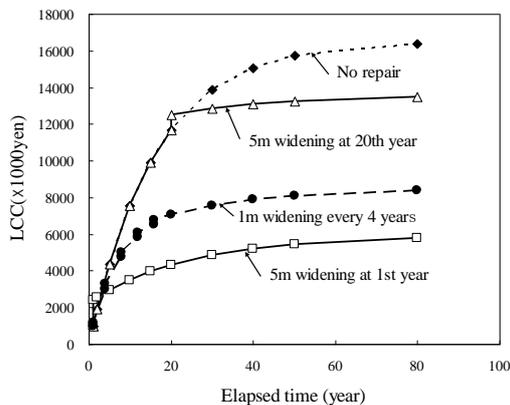


図-2 予防保全による LCC の変化

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 23 件)

1. 木山正一 (2008): GIS を用いた田の耕作放棄モデルの開発と持続的営農のための補助金計画の一考察, 環境システム研究論文集, Vol. 36, pp. 353-362, 査読有
2. 山本清仁, 小林 晃, 青山威康 (2008): 損傷パラメータを用いた劣化モルタルの力学特性評価法, 応用力学論文集, Vol. 11, pp. 919-928, 査読有
3. Kobayashi A., Yamamoto K., Yanagimoto T., Tsunematsu H. and Aoyama S. (2008): Nondestructive investigation of soil structure with radar, Journal of Geotechnical Engineering, Japan Society of Civil Engineering, Vol. 64,

No.3, pp. 629-638, 査読有

4. Kobayashi A., Yamamoto K., Chijimatsu M. and Fujita T. (2008): Reliability analysis of numerical simulation in near field behavior, Journal of Geotechnical Engineering, Japan Society of Civil Engineering, Vol. 64, No.2, pp. 429-439, 査読有
5. Fujisawa K., Kobayashi A. and Yamamoto K. (2008): Erosion rate of compacted soils for embankments, Journal of Geotechnical Engineering, Japan Society of Civil Engineering, Vol. 64, No.2, pp. 403-410, 査読有
6. Kobayashi A., Yamamoto K. and Fukumoto Y. (2008): Numerical examination of degradation of rock slope due to rainfall and ambient temperature by damage model, Journal of Rainwater Catchment Systems, Vol. 14, No.1, pp. 49-56, 査読有
7. Kobayashi A., Yamamoto K. and Hayashi T. (2008): Asset management of embankment of irrigation tank, Journal of Rainwater Catchment Systems, Vol. 14, No.1, pp. 41-47, 査読有
8. Kobayashi A., Yamamoto K. and Momoki S. (2008): Characteristics of strength for hydraulic fracturing, Soils and Foundations, Vol. 48, No.4, pp. 467-477, 査読有
9. 小林 晃, 高橋 涼介, 青山威康, 渡部大輔 (2008): 画像解析によるリップラップ材の現状把握, 農業農村工学会論文集, No. 253, pp. 35-44, 査読有
10. Bäckström, A., J. Antikainen, T. Backers, X. Feng, A. Kobayashi, T. Koyama, P. Pan, M. Rinne, B. Shen and J. A. Hudson (2008): Numerical modelling of uniaxial compressive Failure of Granite with and without saline porewater, International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences, 45, pp. 1126-1142, 査読有
11. Kobayashi A., Yamamoto K. and Tsunematsu H. (2008): Improvement of elastic wave exploration as nondestructive investigation method of irrigation tank embankment, Journal of Rainwater Catchment Systems, Vol. 14, No. 1, pp. 33-40, 査読有
12. Kobayashi A., Yamamoto K. and Hayashi T. (2008): Selection of route of temporary irrigation water supply line with GIS in emergency situation, Journal of Rainwater Catchment Systems, Vol. 14, No. 1, pp. 25-32, 査読有

13. 山本清仁, 小林 晃, 青山咸康(2008) : EPS ビーズ混入劣化によるモルタルの AE 挙動, 材料, Vol. 57, No. 10, pp. 1011-1018, 査読有
14. 木山正一(2007) : 流域圏水質保全に関する持続的産業構造の評価: 農業投入構造と地域間交易の効果. 環境システム研究論文集, 35(1), 219-226, 査読有
15. Fujisawa K., Kobayashi A., Momoki S. and Aoyama S.(2007) : Mechanism elucidation of embankment failure due to overflow and assessment of slope protection, Transactions of the Japanese Society of Irrigation, Drainage and Rural Engineering, No. 252, pp. 593-599, 査読有
16. 小林 晃, 豊田靖浩, 山本清仁, 青山咸康 (2007) : 弾性波の共振周波数に及ぼすコンクリート中の水分の影響, 農業農村工学会論文集, No. 252, pp. 71-78, 査読有
17. 小林 晃, 山本裕介, 岡 敬人, 青山咸康 (2007) : 豪雨によるため池決壊を対象としたライフサイクルコストの算定法, 土木学会論文集, C, Vol. 63, No. 4, pp. 954-962, 査読有
18. 小林晃, 山本裕介, 青山咸康, 井上敬資(2007) : データベースを用いたため池破壊のリスク予測, JCOSSAR2007 論文集, 日本学術会議, pp. 327-332, 査読有
19. 山本清仁, 小林晃, 青山咸康 (2007) : 塩水及び凍結融解劣化による岩石の一軸圧縮挙動の変化, 材料, Vol. 56, No. 9, pp. 809-812, 査読有
20. 小林晃, 丹羽亮太, 柳本智也, 山本清仁, 青山咸康 (2007) : 弾性波を用いたため池堤体内の水分状況推定, 農業土木学会論文集, No. 249, pp. 1-8, 査読有
21. 木山正一 (2006) : 環境・経済統合勘定を適用した流域水環境の実態把握と将来型管理計画への一考察. 環境システム研究論文集, 34(1), 537-544, 査読有
22. 木山正一(2006) : ダム湖面利用価値の評価に与える地域住民間格差と社会性の影響, 土木学会論文集G, 62(1), pp. 85-93, 査読有.
23. 藤沢和謙, 桃木昌平, 山本清仁, 小林晃, 青山咸康(2006) : ため池の越流破壊メカニズム, 応用力学論文集, Vol. 9, pp. 385-394, 査読有
[学会発表] (計 32 件)
1. Kiyama, S. : Multi-agent based decision-making model for environmental planning under the uncertainty of sociality: Dam lake utilization planning with regional alliances, . Proc. 3rd World Congress of Environmental and Resources Economists, Kyoto, Japan , 2006. 7. 3
2. Kobayashi, A., K. Yamamoto, S. Aoyama, M. Chijimatsu and T. Fujita : Change in intact rock damage parameters due to chemical effects and their influence on failure phenomena, 2nd International Conference on Coupled Thermo- Hydro-Mechanical-Chemical Processes in Geosystems and Engineering, China, 2006. 5. 22
3. Kobayashi A., Yamamoto K and Aoyama S. : Effect of chemical degradation on the excavated disturbed zone, Japan-AIT International Symposium - Scope on Sustainable Development of Rock Engineering in New Century-, Thai, 2006. 7. 28
4. 山本裕介, 小林晃, 青山咸康 : GIS と高分解能衛星画像 DEM を用いたため池決壊の要因分析, 平成 18 年度農業土木学会大会講演会, 宇都宮 2006. 8. 8
5. 柳本智也, 小林晃, 山本清仁, 青山咸康 : 電磁波と電気探査によるため池漏水状況の推定, 平成 18 年度農業土木学会大会講演会, 宇都宮 2006. 8. 8
6. 中淵大輔, 青山咸康, 小林晃, 藤沢和謙 : 粒子法を用いたため池堤体の越流破壊の解析, 第 61 回土木学会年次学術講演会, 滋賀 2006. 9. 22
7. 桃木昌平, 藤沢和謙, 小林晃, 青山咸康 : ため池堤防越流破壊に関する実験的検討, 平成 18 年度地盤工学研究発表会, 鹿児島, 2006. 7. 12
8. 高橋涼介, 小林晃, 山本清仁, 青山咸康 : 堤体法面の温度分布観測による漏水状況の把握, 平成 18 年度農業土木学会大会講演会, 宇都宮 2006. 8. 8
9. 柳本智也, 小林晃, 青山咸康 : 卓越周波数を用いた地中レーダーによる水面位置同定手法, 第 63 回農業土木学会京都支部研究発表会, 京都 2006. 11. 9
10. 常松 英史, 小林 晃, 山本 清仁, 青山咸康 : 弾性波を用いた土構造物の非破壊検査の手法の提案, 平成 19 年度農業農村工学会発表会, 島根 2007. 8. 28
11. 小林 晃, 山本裕介, 青山咸康 : ため池の決壊リスクによるライフサイクルコストの算定法, 第 42 回地盤工学研究発表会, 名古屋 2007. 7. 6
12. 林 太矩馬, 小林晃, 青山咸康 : GIS を用いた災害時の仮農業用パイプラインの最適路線選定手法, 平成 19 年度農業農村工学会発表会, 島根 2007. 8. 28
13. Fujisawa K., Kobayashi A., Yamamoto K. and Aoyama S. : Failure mechanism of an embankment due to overflow, The seventeenth International Offshore and Polar Engineering Conference, Portugal

- 2007, 7. 1
14. 小林晃, 山本清仁, 青山威康 : 塩水化学劣化作用による岩盤の損傷パラメータの変化, 第 36 回岩盤力学に関するシンポジウム講演論文集, 東京 2007. 1. 11
 15. 小林晃, 山本清仁, 柳本智也, 青山威康 : 弾性波および電磁波を用いた土構造物の非破壊検査, 材料と施工, 神戸 2007. 2. 1
 16. 小林 晃, 福本善久, 山本清仁 : 損傷力学による岩盤斜面の劣化モデル, 計算工学講演会, 東京 2007. 2. 6
 17. Hayashi T. and Kobayashi A. : Strategy of maintenance and repair of embankments of irrigation tank, EIT-JSCE Joint Seminar on Rock Engineering , Thai, 2007. 9. 17
 18. Tsunematsu H. and Kobayashi A. : Simple method of nondestructive investigation using elastic wave for soil structure, EIT-JSCE Joint Seminar on Rock Engineering, Thai 2007. 9. 17
 19. Kiyama, S. : Influence of agriculture and inter-regional trading on watershed water quality and production management, 2nd IASTED International Conference, Water Resources Management, Honolulu, USA, 2007. 8. 20
 20. Kobayashi A., Yamamoto Y., Aoyama S., Oka T. and Inoue K. : Statistical assessment of breach of irrigation tank embankment due to downpour, Applications of Statistics and Probability in Civil Engineering, Tokyo, Japan, 2007. 8. 1
 21. 林 太矩馬, 小林 晃 : ため池の地震被害の分析, 平成 20 年度農業農村工学会大会講演会, 秋田 2008. 8. 26
 22. 常松 英史, 小林 晃, 山本 清仁 : 周波数解析を用いた非破壊検査手法の比較, 平成 20 年度農業農村工学会大会講演会, 秋田, 2008. 8. 26
 23. 藤澤 和謙, 村上 章, 小林 晃 : 越流による破堤時間の推定, 平成 20 年度農業農村工学会大会講演会, 秋田, 2008. 8. 26
 24. Kobayashi A., Fukumoto Y. and Yamamoto K. : Examination of degradation of rock slope by damage mechanics, The 4th International Conference on Advances in Structural Engineering and Mechanics, Korea, 2008. 5. 26
 25. Hayashi T. and Kobayashi A. : Computation of life cycle cost of irrigation tank, The 4th International Conference on Advances in Structural Engineering and Mechanics, Korea, 2008. 5. 26
 26. Fujisawa K., Momoki S. and Kobayashi A. : Experimental investigation of embankment erosion due to overflow and slopw protection, The 4th International Conference on Advances in Structural Engineering and Mechanics, Korea, 2008. 5. 26
 27. Yamamoto K., Kobayashi A. and Aoyama S. : Behavior of AE parameters due to increase in damage variable of mortar degraded by mixing with expanded polystyrene beads, Progress in Acoustic Emission XIV, Kyoto, 2008. 12. 10
 28. Hayashi T. and Kobayashi A. : Selection of route of temporary irrigation water supply line with GIS in emergency situation, EIT-JSCE Joint International Symposium, Monitoring & Modelling in Geo-Engineering, Thai, 2008. 9. 15
 29. Tsunematsu H. and Kobayashi A. : Nondestructive investigation using electromagnetic wave for soil structure with the analysis of the frequency, EIT-JSCE Joint International Symposium, Monitoring & Modelling in Geo-Engineering, Thai, 2008. 9. 15
 30. Kiyama S. : A ripple effect of agricultural policy on watershed economic development and water quality conservation, Second IASTED Africa Conference, Water Resource Managment, Gaborone, Botswana, 2008. 9. 8
 31. Kiyama S. : Impact analysis of an agricultural subsidy policy on sustainable rural development and watershed water quality, 8th International Conference on EcoBalance, Tokyo, 2008. 12. 10
 32. Kiyama S. : Watershed based agricultural land use management for the future inter-regional sustainable development: A compatible strategy to improve water quality and regional economic gap, 13th IWRA World Water Congress, Montpellier, France, 2008. 9. 1
- [その他]
<http://www.agrifacility.kais.kyoto-u.ac.jp/>
6. 研究組織
 (1) 研究代表者
 小林 晃 (KOBAYASHI AKIRA)
 京都大学農学研究科地域環境科学専攻・准教授
 研究者番号 80261460

(2)研究分担者

木山正一 (KIYAMA SHOHI)
京都大学農学研究科地域環境科学専攻・助教
研究者番号 20293920

山本清仁 (YAMAMOTO KIYOHITO)
京都大学農学研究科地域環境科学専攻・助教
研究者番号 60362430

青山咸康 (AOYAMA SHIGEYASU)
京都大学農学研究科地域環境科学専攻・教授
(2007.3 退官)
研究者番号 20026561

(3)連携研究者

該当なし