

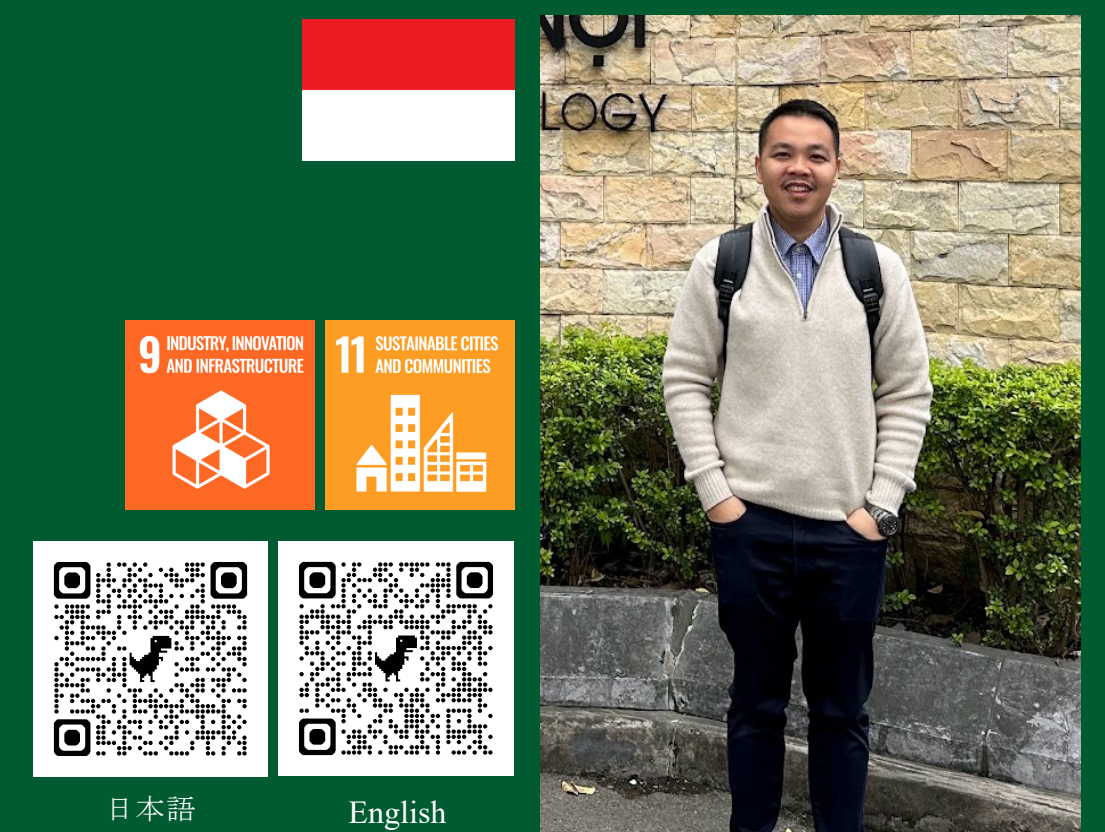


Structural integrity assessment of Jatiluhur Dam using InSAR-based deformation analysis

Arliandy P. Arbad^{1,2} and Wataru Takeuchi²

¹Ph.D student at Dept. of Civil Engineering, The University of Tokyo

²Institute of Industrial Science, The University of Tokyo



Abstract: Jatiluhur Dam is vital for Indonesia's irrigation, flood control, and hydropower. Given its proximity to active faults, this study assesses post-seismic deformation using SBAS-InSAR (Sentinel-1, 2019–2024) with GNSS correction from InaCORS. We introduce the Annual Structural Deformation Tolerance Ratio (ASDTR), a novel metric tailored for large-scale dams, to quantify deformation thresholds more effectively. Integrated into a risk index framework, ASDTR enables comprehensive structural vulnerability analysis after seismic events. Results reveal deformation rates exceeding interseismic trends, with localized anomalies in key structural zones. The method identifies high-risk areas requiring enhanced monitoring. This approach advances post-seismic assessment by combining satellite-based deformation tracking with a dam-specific risk metric, supporting early warning and predictive maintenance strategies.

Introduction

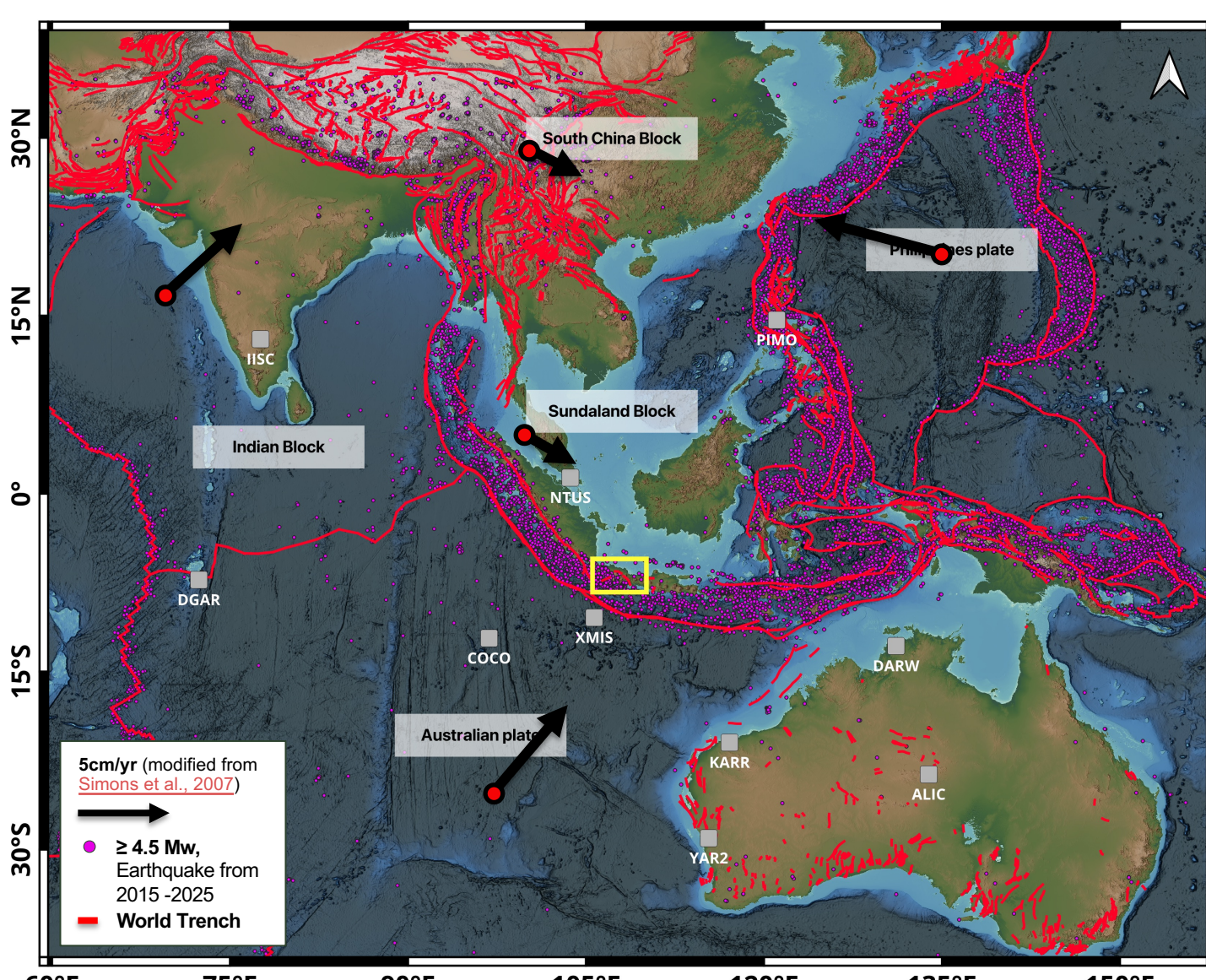


Figure 1. Tectonic setting of Southeast Asia and surrounding plate

The objective of this study is to assess the post-seismic structural integrity of Jatiluhur Dam using integrated time-series InSAR and GNSS data.

インドネシアは、インド・オーストラリアプレート、ユーラシアプレート、およびフィリピン海プレートの収束域に位置しており、世界でも有数の地震活動の活発な地域となっており、これまでに多数の大規模地震が発生しています。西ジャワ州に位置するジャティフルダムは、2022年のM5.6チアンジュール地震の震央から約50kmの距離にあり、これまでに近隣で複数の地震を経験しており、構造的なリスクが懸念されています。

すべてのダムには、台湾や日本で発生した地震、地滑り、液状化、施工ミスや維持管理の不備などによって、破壊のリスクが潜在的に存在します。本研究では、時系列InSARとGNSSデータを統合し、地震後のジャティフルダムの構造健全性を評価します。

Methodology

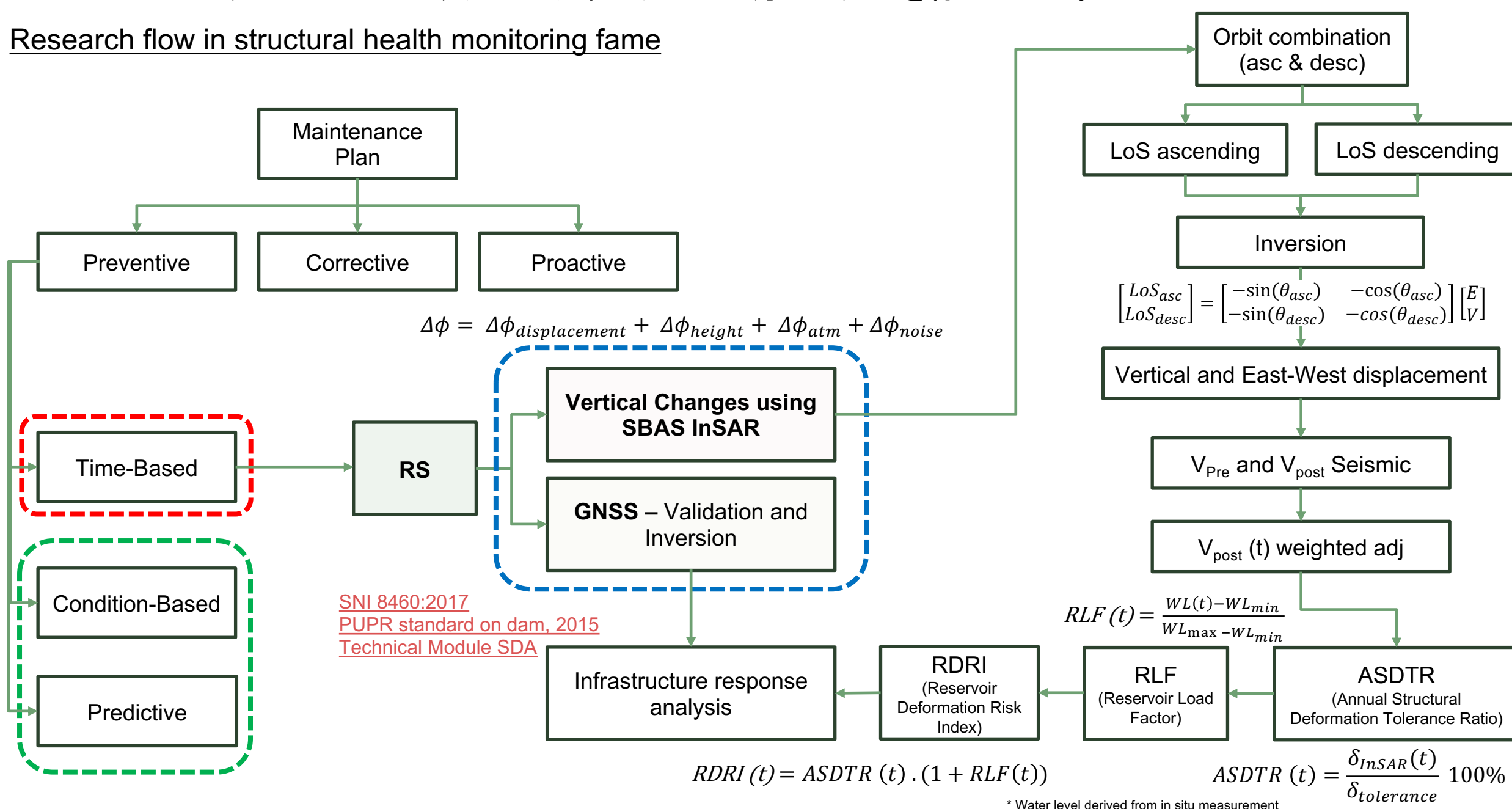
To conduct this study, we used:

- 338 Sentinel-1 SAR images (156 ascending and 182 descending), data from Jan 2019 to Dec 2024, processed using the SBAS-InSAR technique³ with ISCE2 and MintPy.
- CORS GNSS data from the CPWK station, observed from Jan 2021 to Dec 2023, processed using Bernese v5.2 with the double-difference positioning approach.

本研究では、以下のデータと手法を用いて解析を行いました：

- 2019年1月から2024年12月までに取得されたSentinel-1 SAR画像338シーン（上り156シーン、下り182シーン）を使用し、ISCE2およびMintPyを用いたSBAS-InSAR手法で処理を行いました。
- CPWK観測点のCORS GNSSデータ（2021年1月～2023年12月）を使用し、Bernese GNSSソフトウェア v5.2によりダブルディファレンス方式で処理を行いました。

Research flow in structural health monitoring fame



Results and Discussion

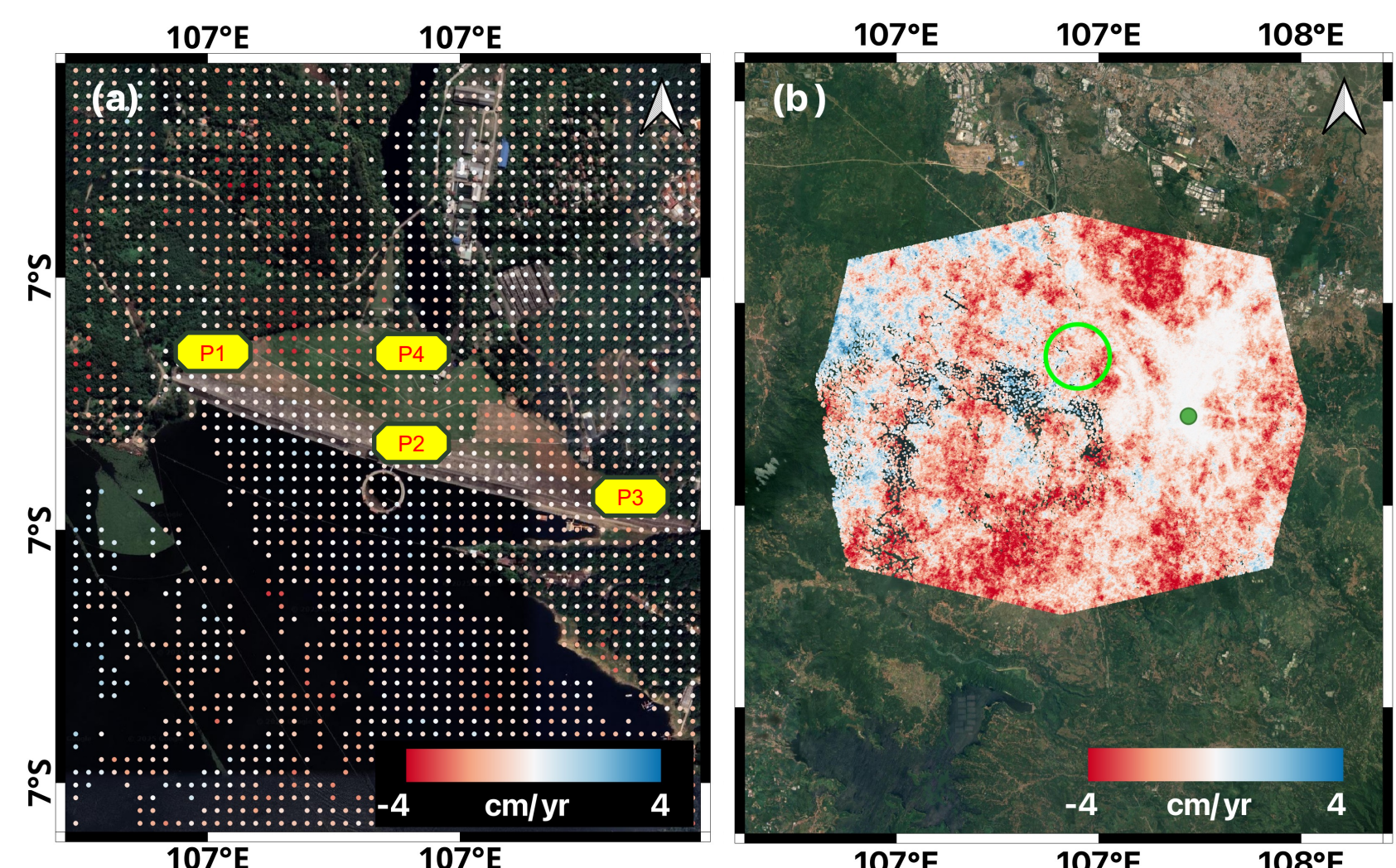


Fig 2. Selected point over the dam main structure (a) which derived from Vertical displacement (b). GNSS data is marked with a green dot.

Vertical displacement (Fig. 2) was derived from the decomposition LoS (asc & desc) displacements, corrected using GNSS data. The results range from uplift to subsidence of up to -40 mm/yr, with significant deformation concentrated in the northern zone.

垂直変位（図2）は、上りおよび下り軌道のLOS変位を分解し、GNSSデータによって補正することで導出されました。結果として、最大で-40 mm/年の隆起から沈降までの変位が確認され、特に北部地域に著しい変形が集中していることが分かりました。

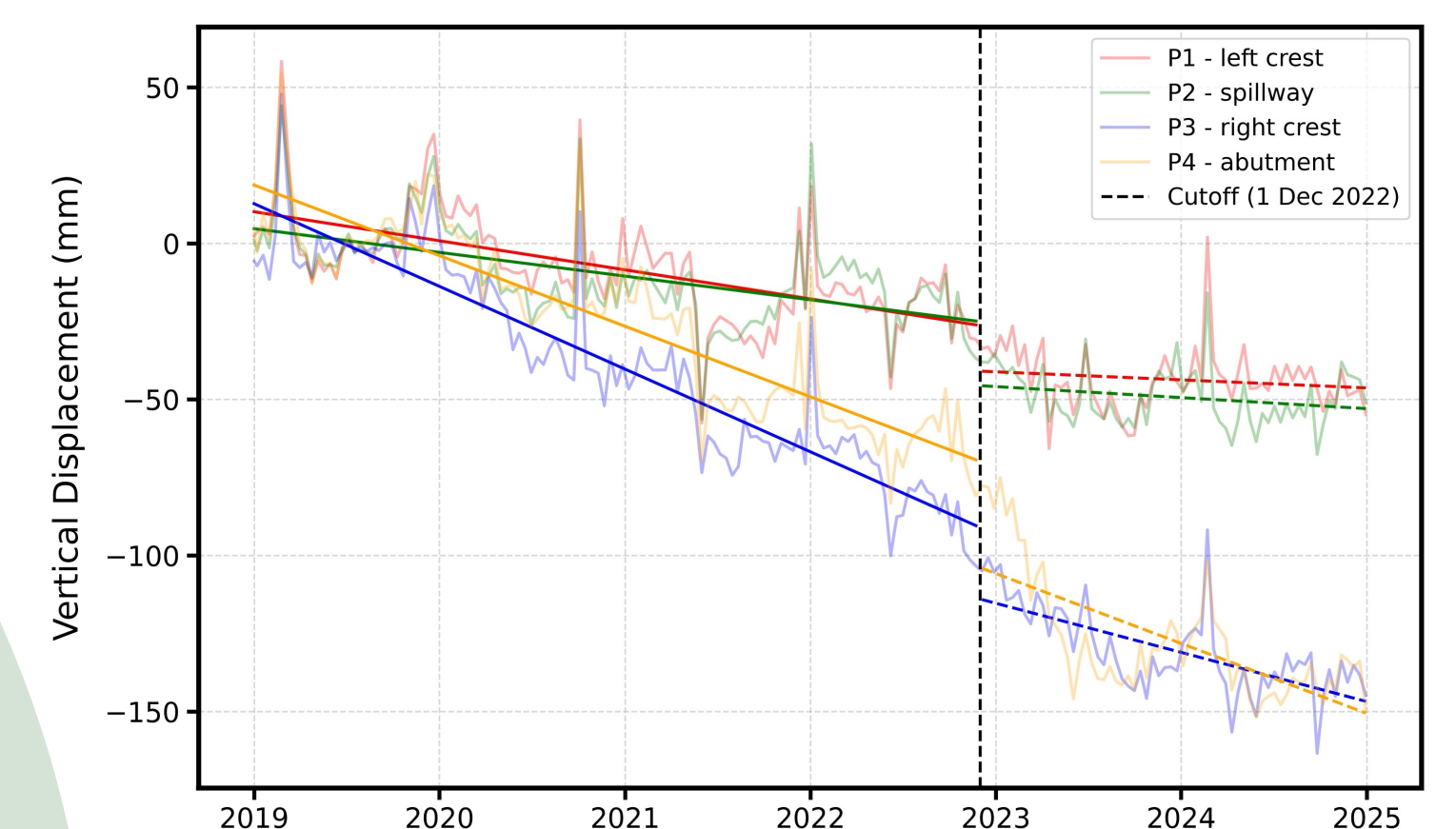


Fig 3. Pre and post - seismic vertical displacement trends

Table 1. Vertical velocity pre and post - seismic

Pts	Pre-Velocity (mm/yr)	Post-Velocity (mm/yr)
P1 : left crest	-9.31	-13.41
P2 : spillway	-7.60	-17.67
P3 : right crest	-26.50	-32.78
P4 : abutment	-22.62	-44.50

All monitoring points (P1-P4) exhibit an increased rate of vertical subsidence following the late-2022 earthquake.

すべての観測点（P1～P4）において、2022年末の地震以降、垂直方向の沈降速度が増加していることが確認されました。

Table 2. ASDTR results

Pts	Period	ASDTR (%)	RLF	RDR [*] (%)	Status	Action
P1 (left crest)	Pre-Seismic	5.14	0.423	7.33	Moderate	Routine monitoring
	Post-Seismic	3.93	0.674	6.59	Moderate	Routine monitoring
P2 (spillway)	Pre-Seismic	4.20	0.423	5.98	Moderate	Routine monitoring
	Post-Seismic	5.18	0.674	8.68	Moderate	Routine monitoring
P3 (right crest)	Pre-Seismic	14.65	0.423	20.89	Elevated	Frequent inspection
	Post-Seismic	9.88	0.674	16.54	Elevated	Frequent inspection
P4 (abutment)	Pre-Seismic	12.50	0.423	17.82	Elevated	Frequent inspection
	Post-Seismic	13.41	0.674	22.46	Elevated	Frequent inspection

^{*}RDR^{*} (%): <10 (routine monitoring); >10-50 (frequent inspection); >50 (immediate assessment)

This study introduces a **novel framework** for dam deformation risk assessment, combining ASDTR (deformation to tolerance ratio) with RDR, a context aware hydrological integrated risk index.

結果本研究では、ダム変形リスク評価のための新たな枠組みを提案します。これは、構造許容値に対する変形比であるASDTRと、水理学的要因を考慮したリスク指標であるRDRを組み合わせたものです。

Future work:

- Model **non-uniform structural responses** along the dam body for localized risk evaluation
- Investigate **long-term seismic hazard coupling** to enhance the predictive capability of RDR, with reference to seismic parameter selection guidelines (ICOLD, 2016)
- ダム本体に沿った不均一な構造応答をモデル化し、局所的なリスク評価を行うこと
- 長期的な地震ハザードとの連成を検討し、RDRの予測能力を強化すること（ICOLD, 2016の地震パラメータ選定指針に基づく）

- DeMets, C., Gordon, R.G., Argus, D.F.: Geologically current plate motions. *Geophysical journal international* 181(1), 1–80 (2010) ;
- Lin, M. L., Lin, C. H., Li, C. H., Liu, C. Y., & Hung, C. H. (2021). 3D modeling of the ground deformation along the fault rupture and its impact on engineering structures: Insights from the 1999 Chi-Chi earthquake, Shigang District, Taiwan. *Engineering Geology*, 281, 105993.
- Yunjun, Z., Fattahi, H., & Amelung, F. (2019). SBAS InSAR time series analysis: Unwrapping error correction and noise reduction. *Computers & Geosciences*, 133, 104331.