

分析結果と過去の事例を踏まえた本復旧案

令和8年9月16日

九州地方整備局 河川部
八代河川国道事務所



国土交通省

九州地方整備局

■平成28年熊本地震での本復旧の考え方を踏襲した、堤防復旧の目標(案)

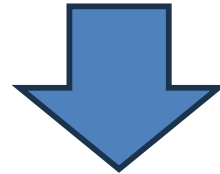
「堤防が**地震前と同程度の機能を果たし、液状化対策を行うなどにより次の地震に備えること**」

対象とする箇所：緊急災箇所①②③

■令和8年熊本地震の断層付近において、堤防や基礎地盤が被災を受けたことを踏まえた、新たな目標(案)

「**断層変位に備えること**」

対象とする箇所：緊急災箇所②③



上記、2つの目標(案)を踏まえ、復旧工法を検討する。

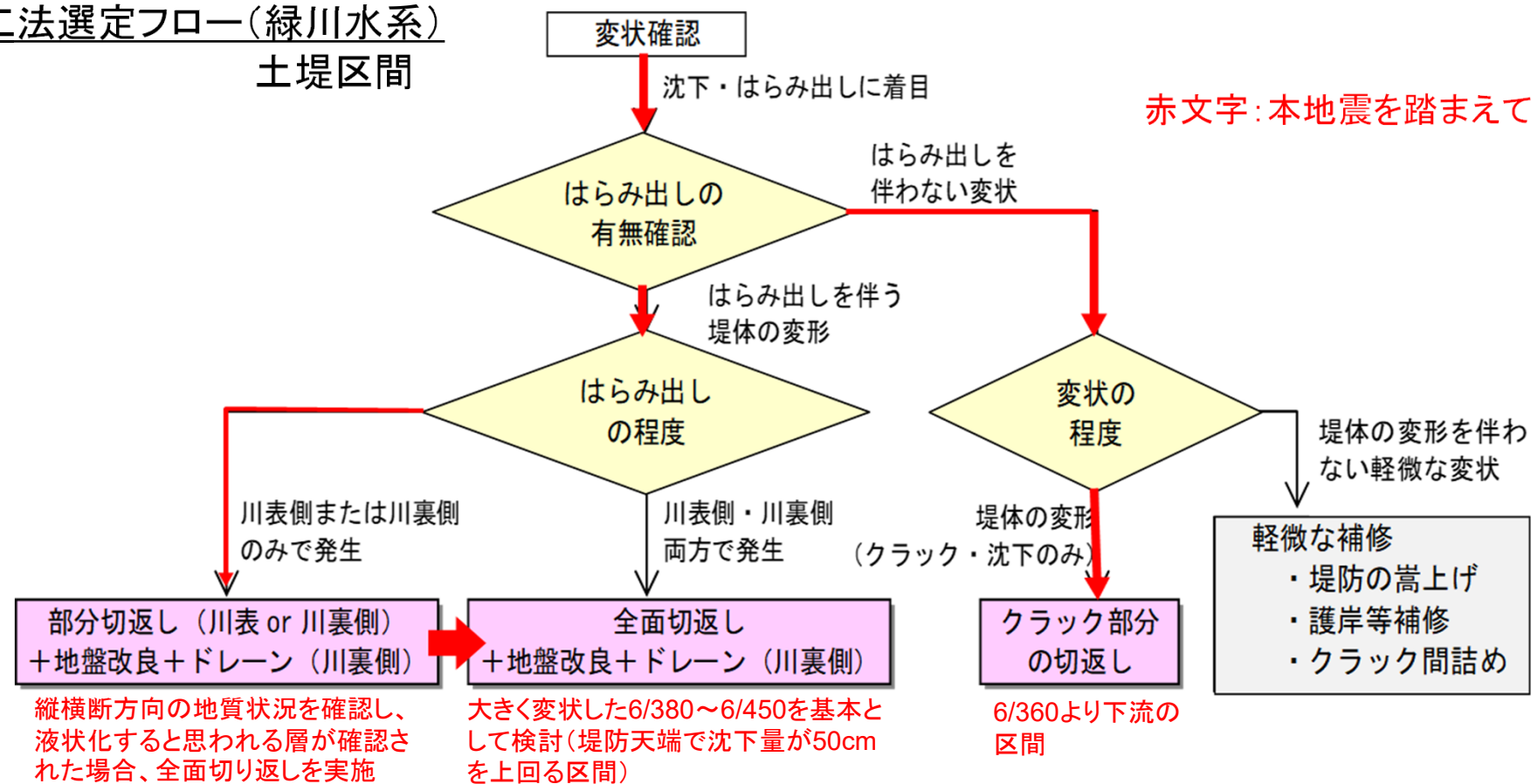
本復旧工法の選定フロー

(緊急災①球磨川右岸6k200付近)

目標:地震前と同程度の機能を果たし、次の地震に備えること

- 平成28年熊本地震により被災した堤防の本復旧工法選定フローは以下のとおりである。
- 平成28年熊本地震では、堤防にはらみ出しが生じた箇所の堤防天端の沈下量は多くが50cm以上であった。
- 緊急災①区間内には、「はらみ出し等を伴う区間」と「はらみ出し等を伴わない区間」と区分されるため、以下の本復旧工法選定フローを基本として検討する。
- 縦横断方向の地質状況を確認し、液状化と思われる層が縦横断方向につながっている場合は、全面切返しを検討する。

本復旧工法選定フロー(緑川水系) 土堤区間



なお、対策工法の判定にあたっては、地質調査結果を考慮しつつ、変状の重合せ図、緊急復旧時に確認したクラック深等、総合的に判断する。

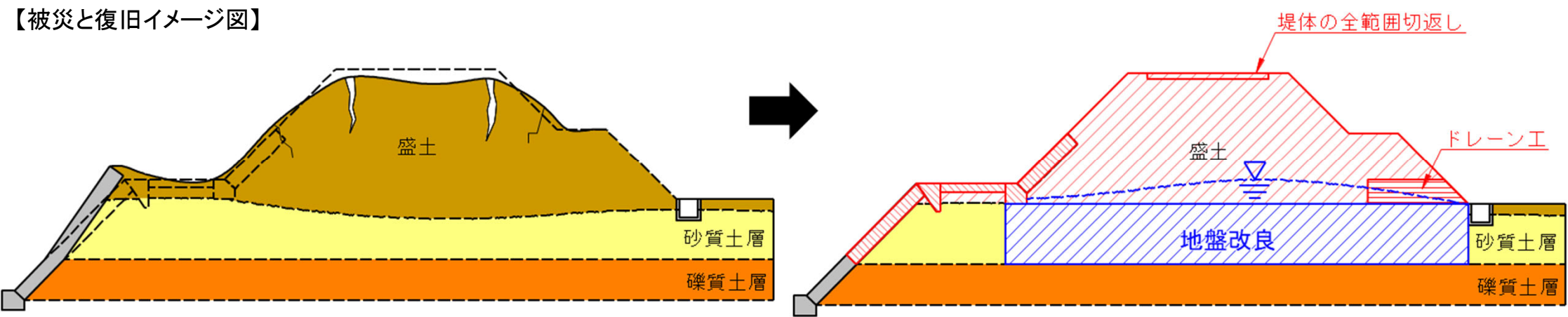
本復旧工法の考え方

(緊急災①球磨川右岸6k200付近)

目標:地震前と同程度の機能を果たし、次の地震に備えること

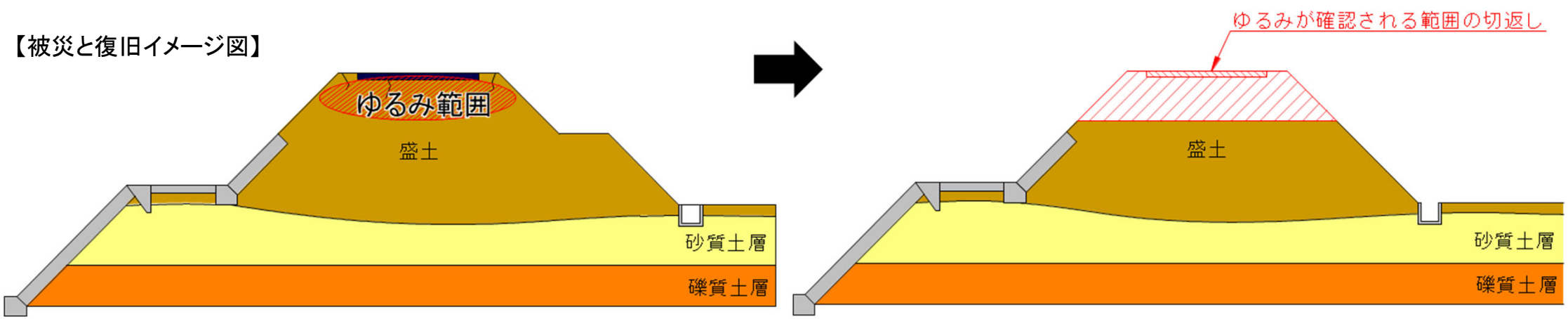
○はらみ出し等、変状の程度が大きい箇所は堤体全体の切返しを実施。
また、土質や地下水位等を確認のうえ必要に応じて、地盤改良等を実施。

【被災と復旧イメージ図】



○はらみだしを伴わない変状が堤体を確認される場合は、ゆるみ範囲を確認のうえ必要な範囲を切返し。

【被災と復旧イメージ図】

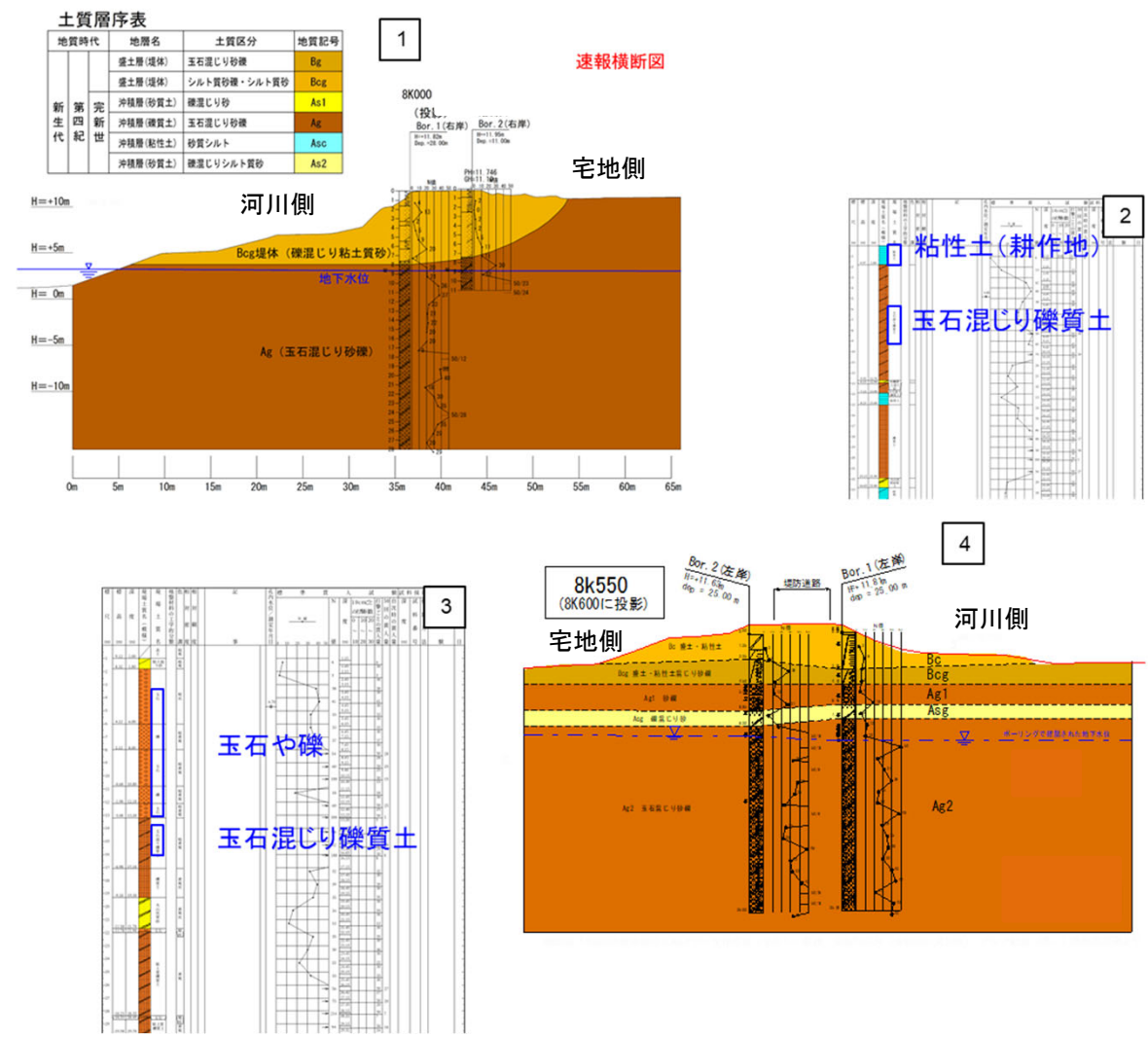


緊急災②③箇所(堤内地側を含む)の地質状況

(緊急災②球磨川右岸8k000付近、緊急災③球磨川左岸8k540付近)

目標:地震前と同程度の機能を果たし、次の地震に備えること
目標:断層変位に備えること

- 地質調査の結果から、堤防下の基盤は透水性が高い層があることを確認している。
- 平成24年7月九州北部豪雨時に、基礎地盤からのパイピング現象で被災した矢部川において、変状要因とされた宅地側で砂層の行き止まりは確認されていない。
- 令和2年7月豪雨時に、近傍の水位観測所付近では計画高水位を超過したが、漏水等の被害は生じていない。



本復旧工法を検討する上での参考事例(矢部川)

(緊急災②球磨川右岸8k000付近、緊急災③球磨川左岸8k540付近)

目標:地震前と同程度の機能を果たし、次の地震に備えること

目標:断層変位に備えること

砂層 (As 層) が、宅地側で行き止まりになっており、川側から砂層 (As 層) 内を浸透してきた河川水が塞き止められパイピング現象を助長した形となっていた。(図-7)

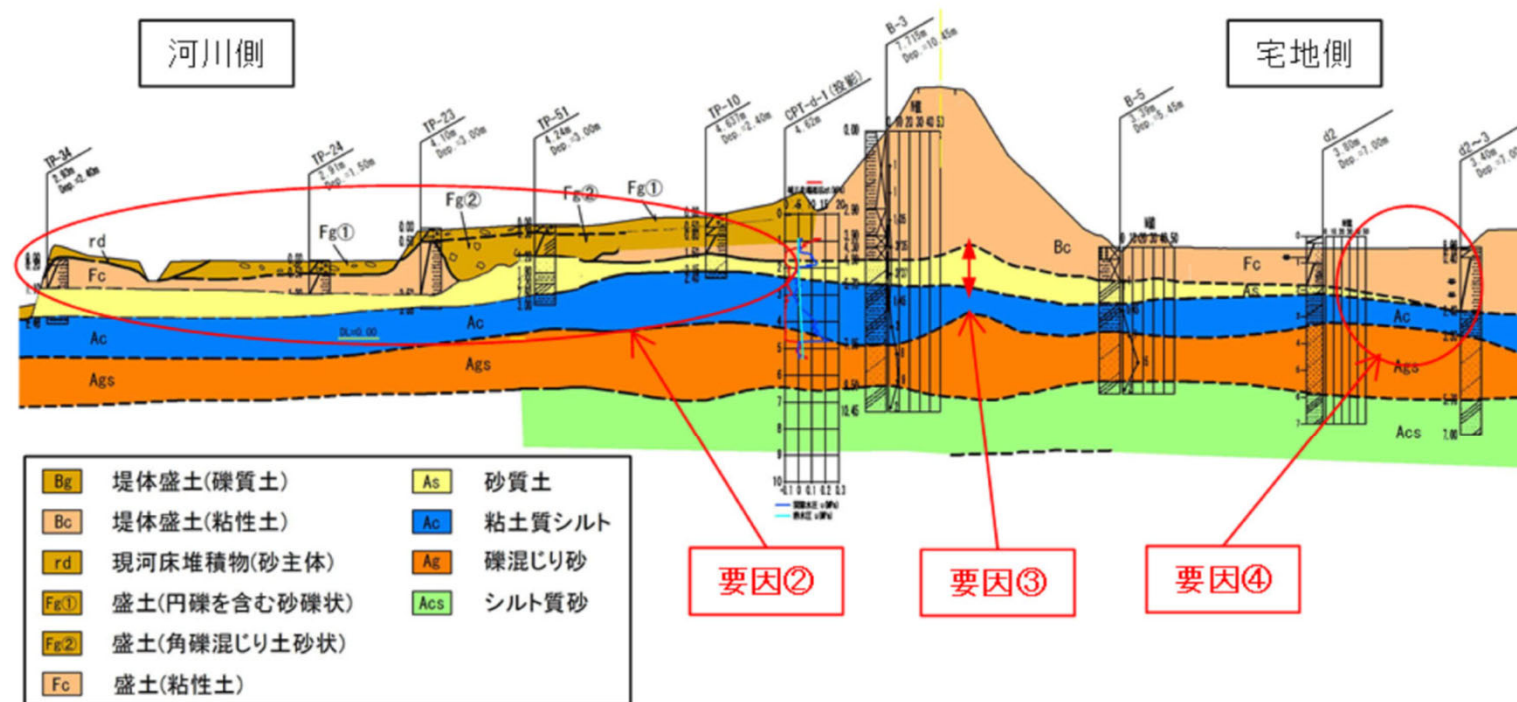


図-7 堤防決壊箇所の堤防地質断面

本復旧工法検討にあたり考慮すべき2つの事項

(緊急災②球磨川右岸8k000付近、緊急災③球磨川左岸8k540付近)

目標:地震前と同程度の機能を果たし、次の地震に備えること

目標:断層変位に備えること

断層付近での被災箇所の追加対策の考え方(案)

○堤防の修復性

地震等により、堤防が被災を受けた場合、次の出水に備え短期間で復旧することが重要である。
そのため、再度被災した場合の変状確認や撤去・再施工が容易であり、迅速な復旧ができる観点で、
修復性(早く復旧できる・備蓄しやすい等)を重視する必要がある。

○基礎地盤の遮水性

一般に、断層付近で河川堤防に横断クラックが確認された場合、クラックや地盤の緩みが地中のどの深さまで及んでいるかを把握することは困難であり、透水性の増加による浸透流の集中等のリスクが懸念される。このため、基礎地盤の遮水対策の要否を検討する必要がある。その場合の対策工は、一般的には、遮水矢板工や地盤改良工で施工している。

一方、今回被害を受けた箇所は、基礎地盤が透水性の高い厚い砂礫層で構成され、不透水層やパイピングを生じやすい層は確認されていない。このため、今回の被災箇所では、基礎地盤の遮水性は問題となりにくい。

以上より、本地点では遮水矢板や地盤改良による遮水対策の必要性は低く、**堤防撤去範囲および上部基礎地盤を良質土で置き換えることで、浅部のクラックや緩みの除去と堤体品質の確保を図る工法が合理的**と考えられる。

本復旧工法の基本方針(案)

(緊急災②球磨川右岸8k000付近、緊急災③球磨川左岸8k540付近)

目標:地震前と同程度の機能を果たし、次の地震に備えること

目標:断層変位に備えること

本復旧工法の基本方針(案)は、断層付近での被災箇所への追加対策の考え方(案)により設定した、「堤防の修復性」「基礎地盤の遮水性」を考慮し、以下のとおりとする。

■基本方針(案)

- ・L2地震動による将来の変状も考慮し、断層変位に対しては、**修復性を重視したハード対策とソフト対策を組み合わせる**ことを基本とする。
- ・堤防の復旧は、H28熊本地震の復旧実績を踏まえ、迅速な復旧が可能な**切返し工法**を基本とする。
- ・**深さ方向の復旧範囲**は、堤体やその周辺高水敷で確認された**クラック深度及び縦横断方向のクラックを包含する範囲**を基本とする。
- ・**横断方向の復旧範囲**は、断層付近に位置し、横断クラックも確認されることから、堤体クラック部の切返しに加えて、**高水敷のクラックを含めた影響範囲**を基本とする。

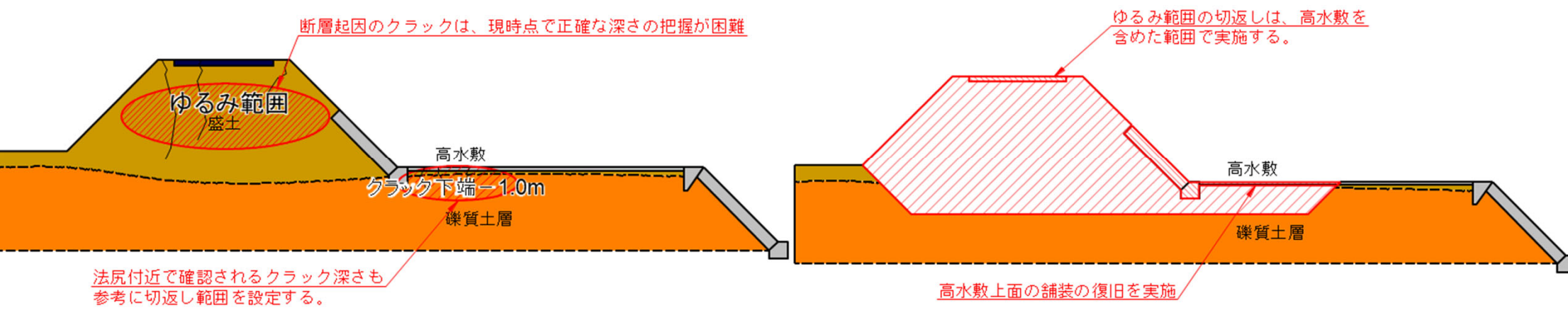
なお、対策工法の範囲にあたっては、地質調査結果を考慮しつつ、変状の重合せ図、緊急復旧時に確認したクラック深等、総合的に判断する。

本復旧工法の考え方

(緊急災②球磨川右岸8k000付近、緊急災③球磨川左岸8k540付近)

目標:地震前と同程度の機能を果たし、次の地震に備えること
目標:断層変位に備えること

- 断層起因の復旧は、**高水敷を含めたクラック深さを確認した上で影響範囲を対象に復旧範囲を設定し、切返しを実施。**
- 早期復旧に向け、次の出水に備え水防資材を近傍に備蓄する。
(根固めブロック及び大型土のうは左岸被災箇所近傍に備蓄済)



土木研究所 つくば中央研究所 地質・地盤研究グループ様にご協力頂き、以下の調査を今後実施予定。

日時：令和8年9月中旬予定

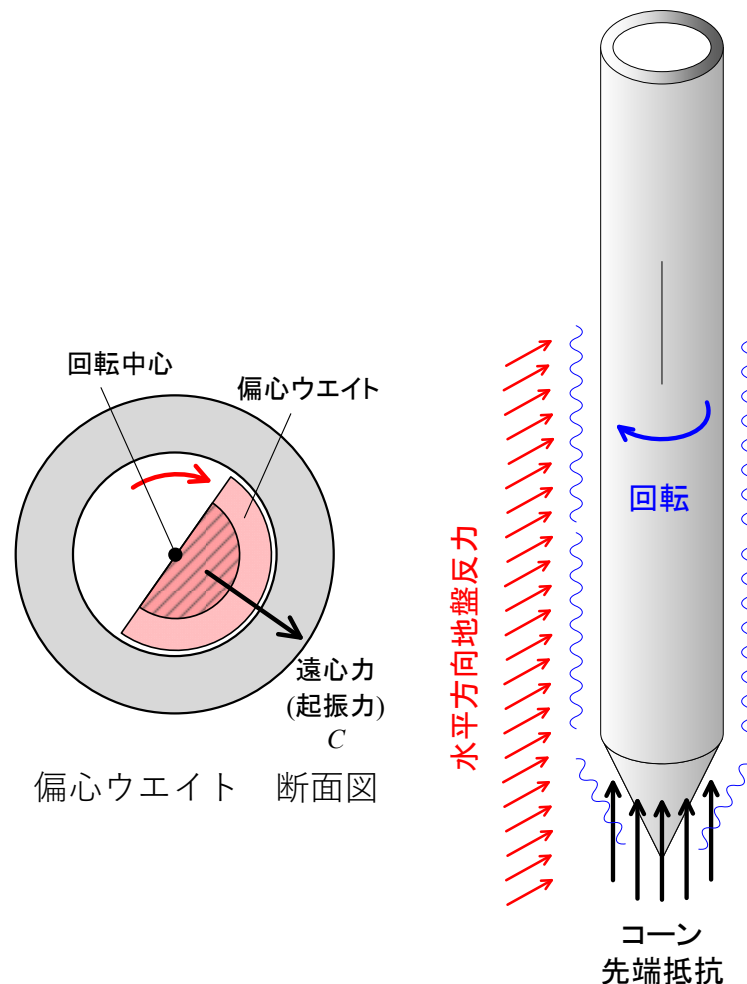
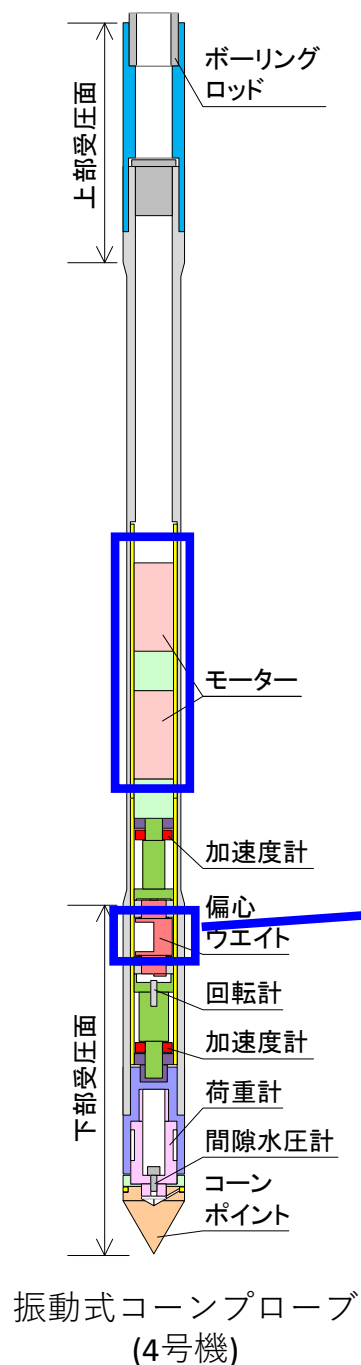
場所：球磨川右岸6k300天端、6k400天端

調査内容：振動コーン試験器による原位置試験

※調査内容は、次ページで他事例を基に説明

振動式コーンを用いた原位置試験法

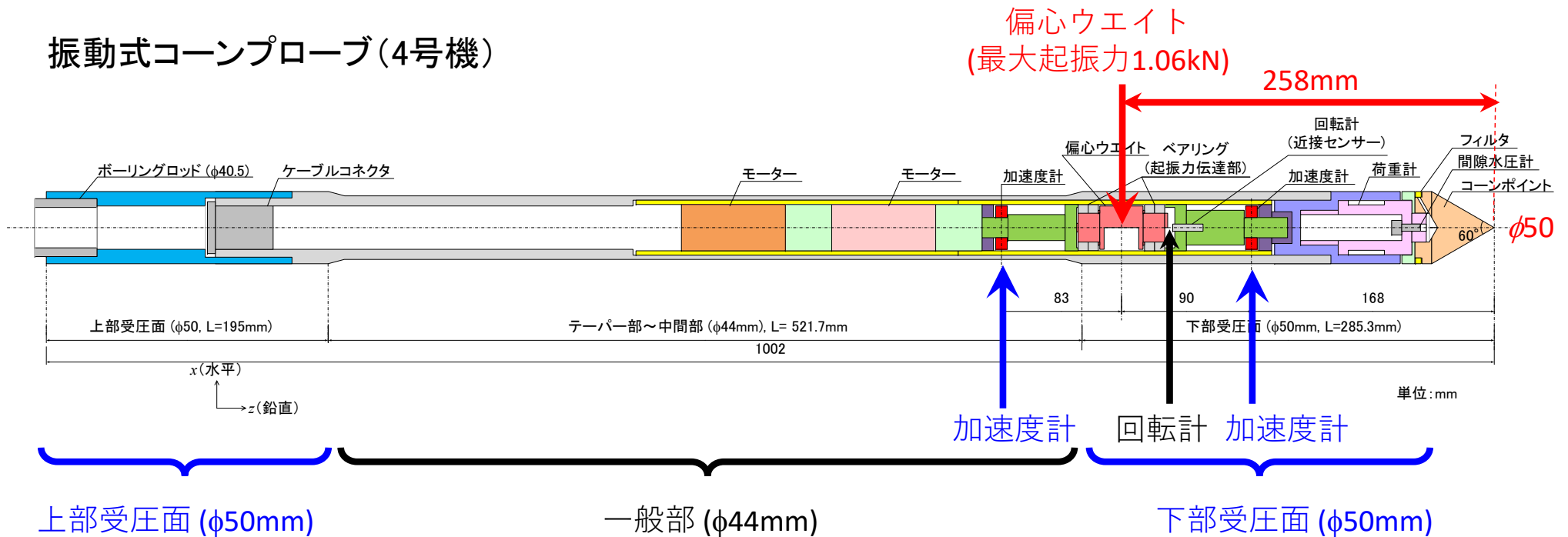
- 土研では、地盤の液状化強度を精度よく把握するための新たな原位置試験法として、振動式コーン・定点振動試験法の開発を進めているところ。
- CPTプローブをベースとし、偏心ウェイトとモーターを内蔵した振動式コーンプローブを使用。
- ウェイトをプローブ軸周りに回転させることで、水平方向に起振。



振動式コーン試験の実施状況

振動式コーンプローブ(4号機)の概要

振動式コーンプローブ(4号機)



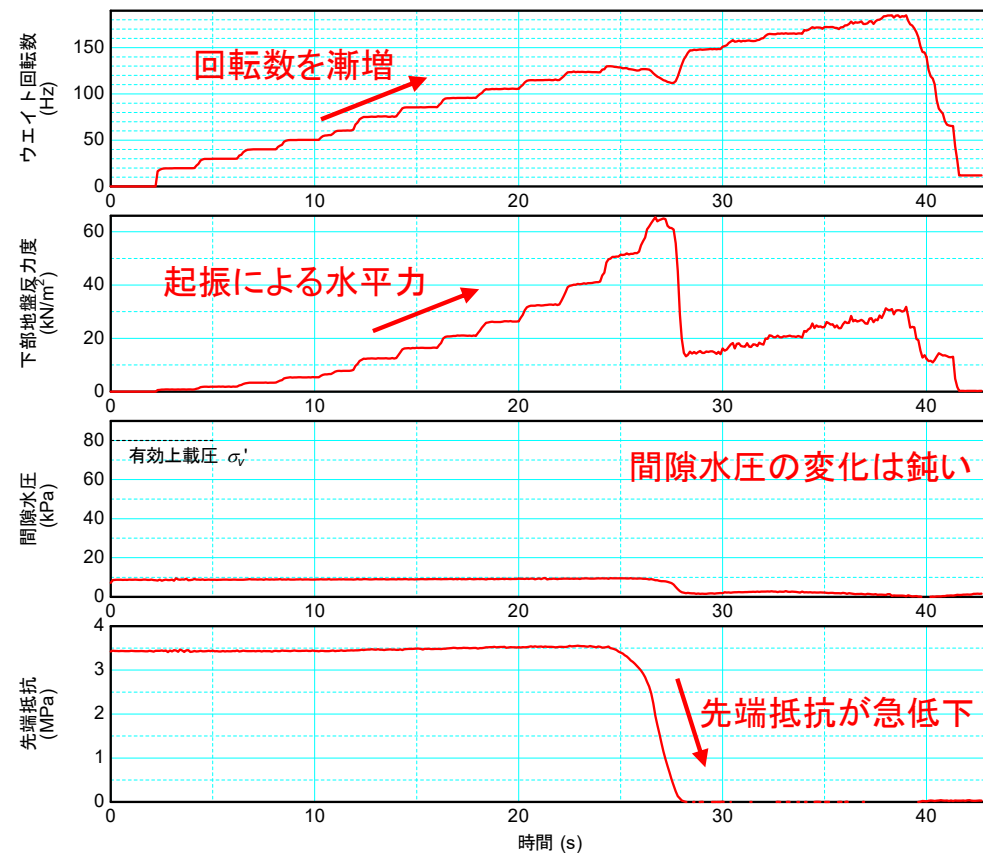
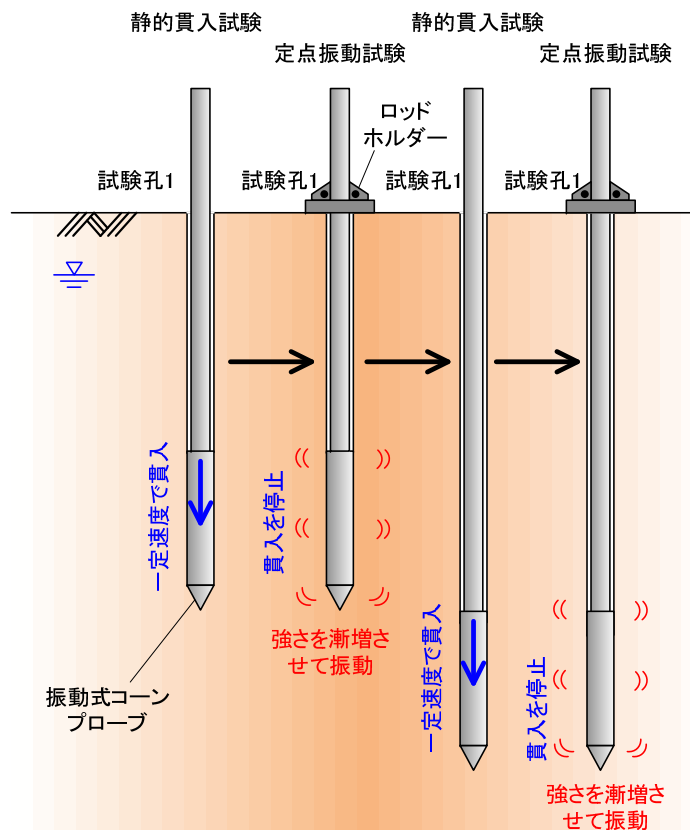
- 内蔵センサー：荷重計 (q_c)、間隙水圧計、加速度計、回転計 (←周面摩擦計なし)
- 設計上の起振能力：回転数 (20～180Hz)、起振力 (最大1.1kN)。遠隔操作で可変。
- 4号機では、軸方向に直径を変化させた外管 (φ50～φ44～φ50) を装着することで、受圧面を限定。
- データは10kHzでサンプリング。

振動式コーンによる試験方法 定点振動試験法

定点振動試験法 (土研, 2018~)

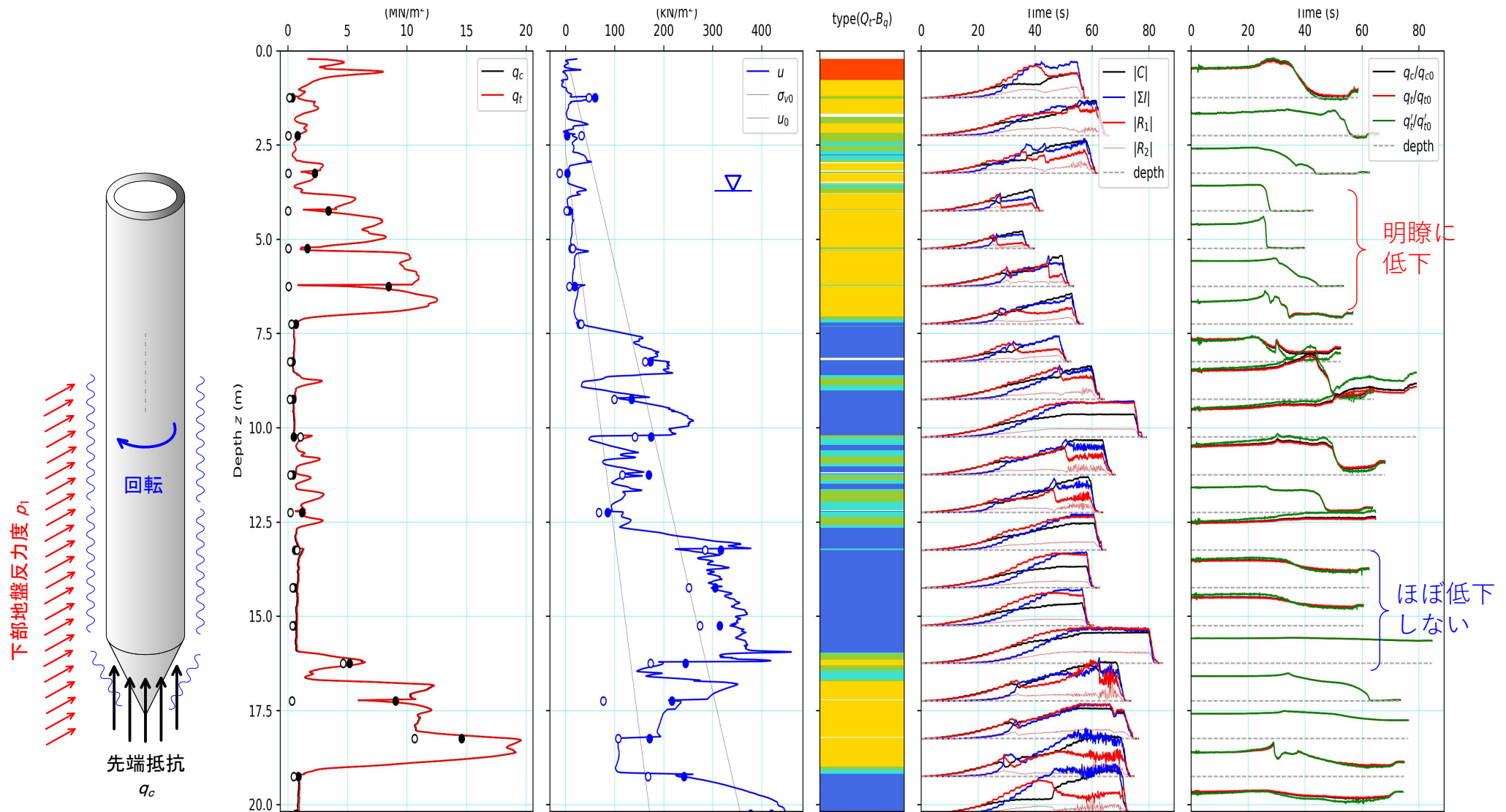
1つの試験孔で静的貫入試験と定点振動試験を交互に実施. 試験間隔は0.5~1.0m.

- **静的貫入試験**: 深さ方向の硬軟分布や土質分布を定性的に把握.
- **定点振動試験**: ロッドの鉛直変位を拘束した状態で回転数 f_w を漸増させ, 静的貫入による残存 q_c の変化等を計測.



- 起振力と先端抵抗の関係から, 液状化強度比を評価できるのでは?

振動式コーンプローブ4号機による現場実験データの例



- 先端抵抗比 q_c/q_{c0} は、G.L.-4.25~6.25mの砂質土層ではゼロ付近まで低下し、G.L.-13.25~15.25mの粘性土層ではほぼ低下しないなど、液状化特性をよく反映したデータが得られていると考えられる。
- これらのデータから、液状化特性をいかに定量化するかが今後の課題。

地盤の液状化特性を定量評価するための課題

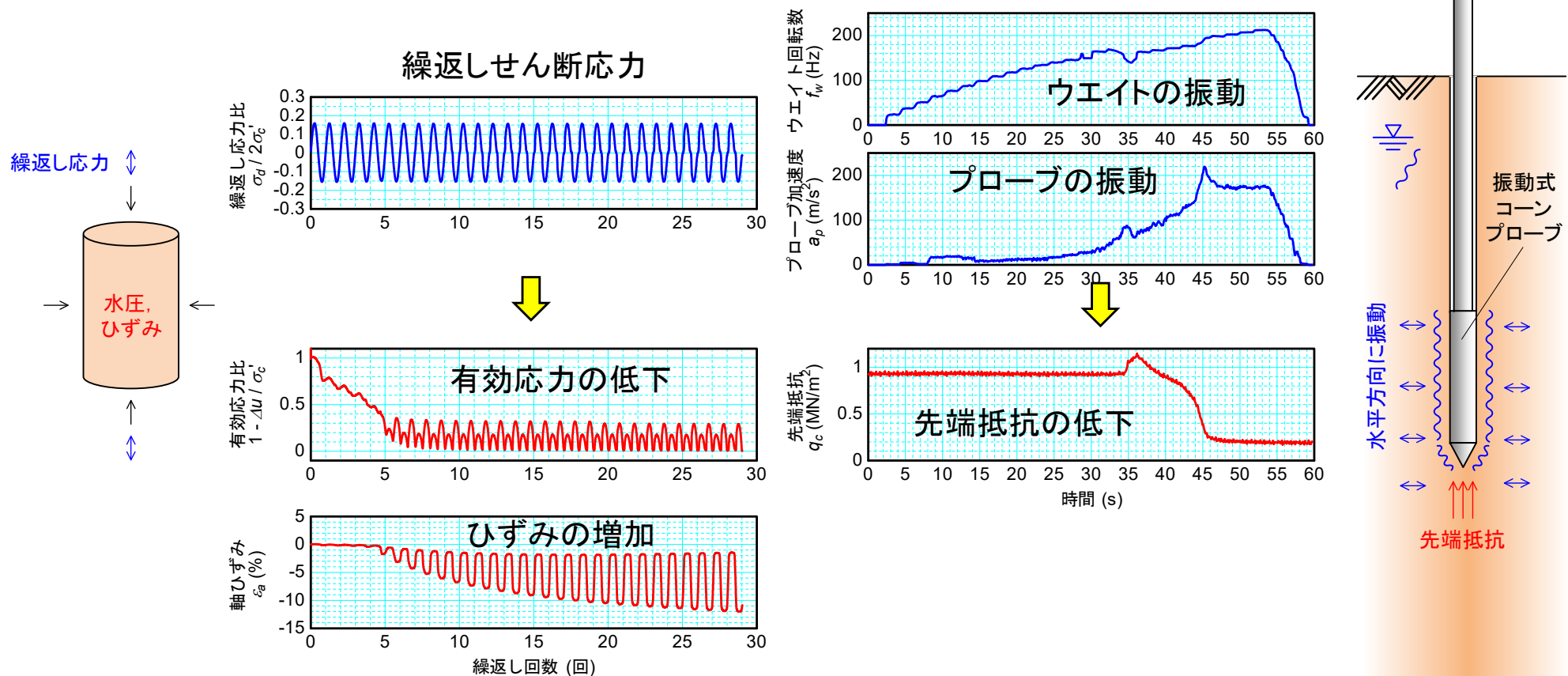
1. 周辺地盤への**入力**の算出方法

→ 水平方向地盤反力度を推定可能
(谷本ら:2024)

2. 周辺地盤の**応答**評価において着目する指標

→ 先端抵抗が有用 (谷本ら:2023)

3. **入力**と**応答**を加味した、液状化特性定評評価方法 → 検討中



繰返し三軸試験

振動式コーン・定点振動試験

参考文献

既往の研究

- 佐々木康, 古賀泰之, 伊藤良弘, 小笠原久: 新しく開発した振動式貫入試験機, 土木技術資料, Vol.25, No.2, pp.67-72, 1983.2.
- 神宮司元治, 光畑裕司, 横田俊之, 中島善人: 利根川下流域における液状化被害地域の物理探査・原位置試験調査—液状化調査技術の新展開—, GSJ地質ニュース, Vol.2, No.12, pp.380-384, 2013.12.

3号機までの成果

- 谷本俊輔, 大坪正英, 佐々木哲也: 水平方向に振動するコーンプローブを用いた原位置繰返し載荷試験法に関する基礎的検討, 地盤工学ジャーナル, Vol.18, No.4, pp.331-348, 2023.12.
- Tanimoto, S., Otsubo, M. & Sasaki, T.: Development of a novel vibratory cone probe for in-situ liquefaction assessment, 8th ICEGE, 2024.

4号機による成果

- 谷本俊輔, 大坪正英, 佐々木哲也: 振動式コーン試験における水平方向地盤反力の推定方法, 地盤工学研究発表会, 2024.7.
- 谷本俊輔, 大坪正英, 佐々木哲也: 振動式コーン試験の計測データに対するプローブの形状の影響, 土木学会年次学術講演会, 2024.9.

その他

- 地盤工学会関東支部: 各種サウンディング技術の液状化調査手法としての適用性に関する研究委員会委員会報告書, 2015.4.