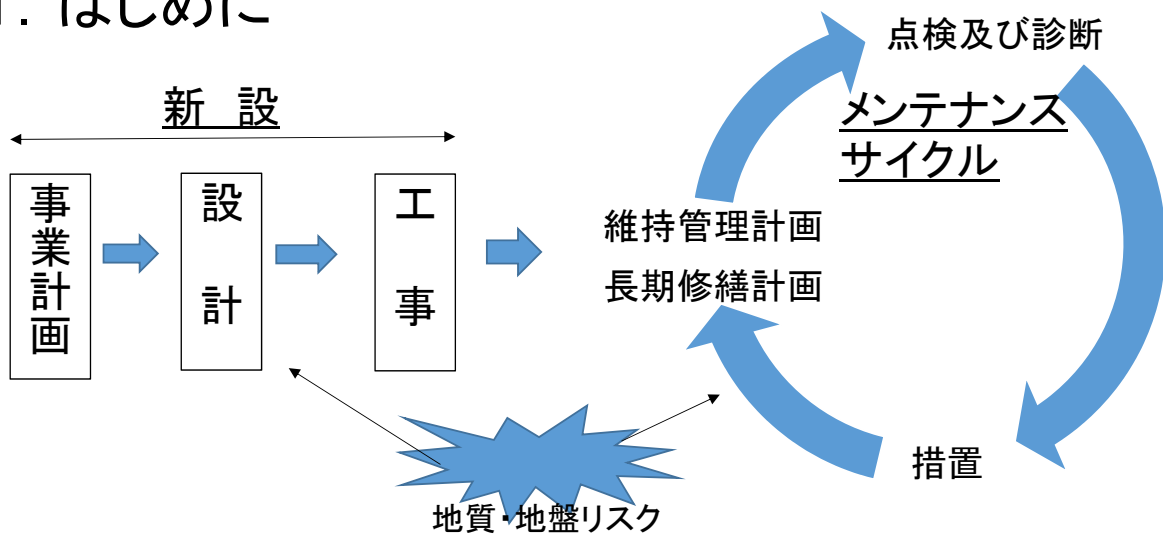


# メンテナンスにおける地質・地盤リスクの捉え方, 向き合い方

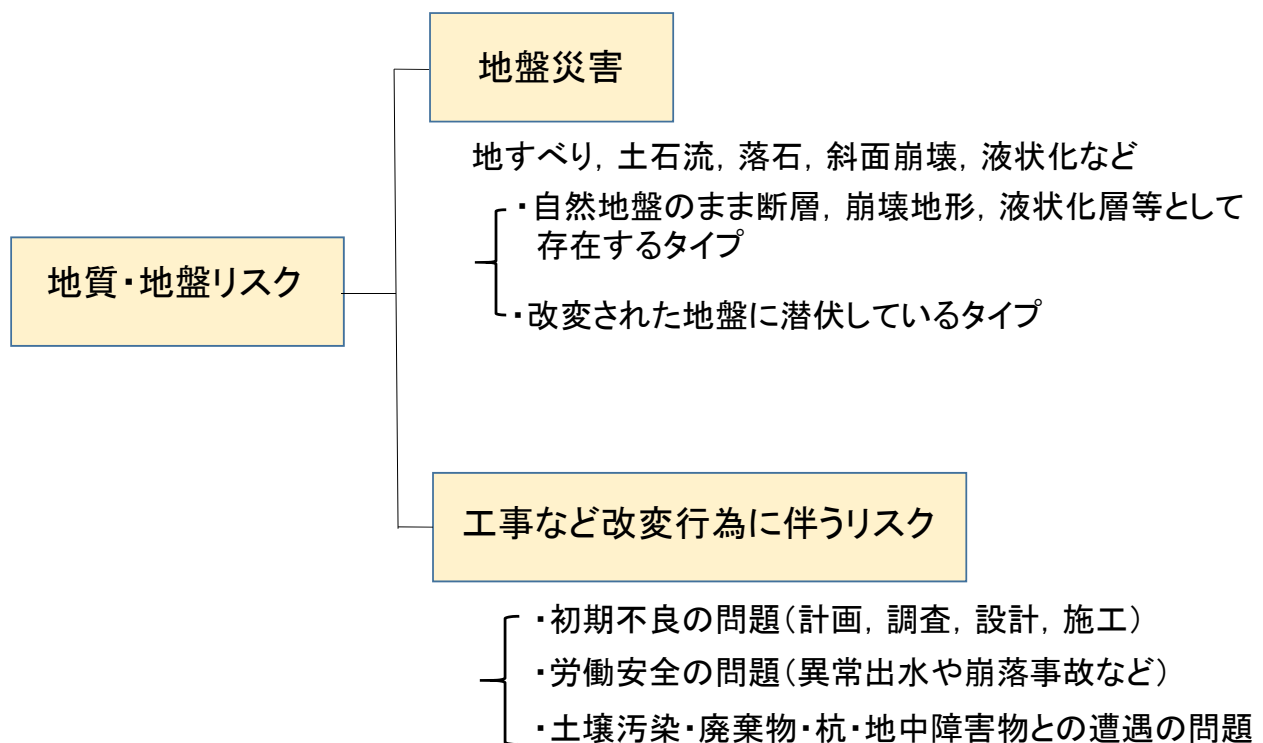
地質・地盤研究グループ長  
小橋秀俊

## 1. はじめに



- 地質・地盤リスクは、**新設にも既設にも**。
- 構造物や施設には**必ず、地上部と地中部とが**。
- 地質・地盤リスクが、**メンテナンスサイクルにどう関わってくるのか**。

## 2. 地質・地盤リスクとは



## 3. 維持管理計画と地質・地盤リスク

### 3.1 概要

- 構造物や施設の新設時には, 計画段階において, まず脅威となるリスクを想定し, 予備設計・詳細設計・施工と調査精度を上げながら, リスクの中身や措置を具体化する。
- このことは既設の維持管理の場合にも同様であり, **管理上脅威**と思うリスクを想定し, **点検・診断・措置等の実施内容を具体化する。**
- 維持管理計画の段階で, 地質・地盤リスクや老朽化による脅威を想定する際,
  - ・ 個々の構造物や施設の特性,
  - ・ 機能のネットワーク性に対する認識が重要と考える。

## 3.2 個々の構造物や施設の機能の特性

### (1) (2) サービス提供型と防災保全型

#### サービス提供型

- ・鉄道の軌道や施設
- ・上下水道の管路や施設
- ・道路舗装及び盛土、橋梁、トンネル
- ・電気やガスの供給施設
- ・ダム及び関連施設
- ・港湾施設

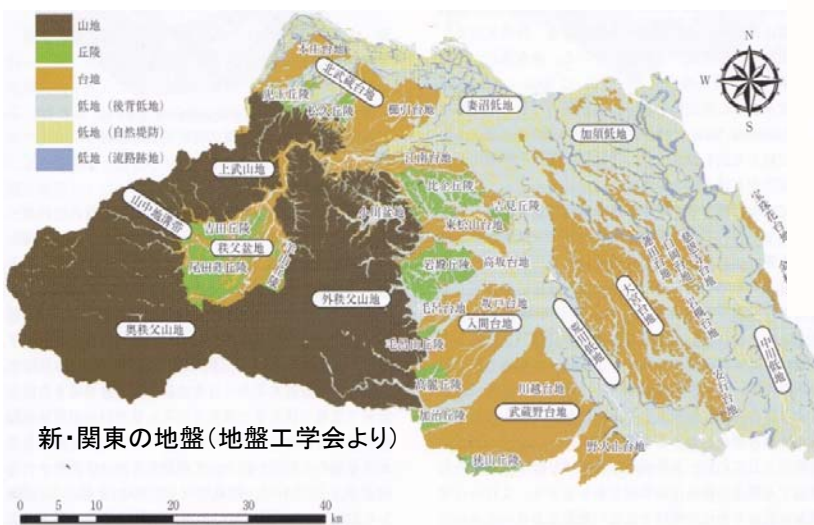
#### 防災保全型

- ・水路護岸
- ・堰
- ・ガードレール
- ・排水ポンプ場
- ・堤防
- ・砂防施設
- ・斜面・落石対策工

- 建設当初よりサービスによる作用や安全・安定供給を検討対象に造られている。
- 地質・地盤リスクはサービス停止の原因としての外部リスクと捉えられる。
- 両者の因果関係が想起しづらく、意識の希薄化から事故やトラブルに至る。日常トラブルとして顕在化し易いため、自覚や反省のチャンスは多い。

- 豪雨や地震による災害の抑止抑制を目的として造られている。
- 建設当初から地質・地盤リスクそのものが検討対象とされている。内部化されたリスクと捉えられる。
- 地質・地盤リスクに対する意識の希薄化は少ないが、地盤災害の発生源や規模の特定に難しさがある。
- 豪雨や地震の災害時のイベントに顕在化が限られているため、自覚や反省のチャンスが少ない。

## 3.3 構造物群や施設群としてのネットワーク性



ネットワーク全体の中での地盤の脆弱性をおおまかに捉える意味で、広域的地形地質情報の活用は有意義

- ネットワークのなかで、管理上重要な施設や構造物はどこか。
- ネットワーク全体の、地質・地盤リスク上の弱点はどこか。
- 管理上重要な施設と地質・地盤リスクの大きい箇所との重なりは？

## 4. 老朽化点検及び診断と地質・地盤リスク

### 4.1 老朽化を決定づけている要因について

(1) 経過年数(狭義の老朽化現象)

+

(2) 使用条件, 稼働条件, 建設当時からの変化

+

(3) 立地条件, 周辺環境, 建設当時からの変化

+

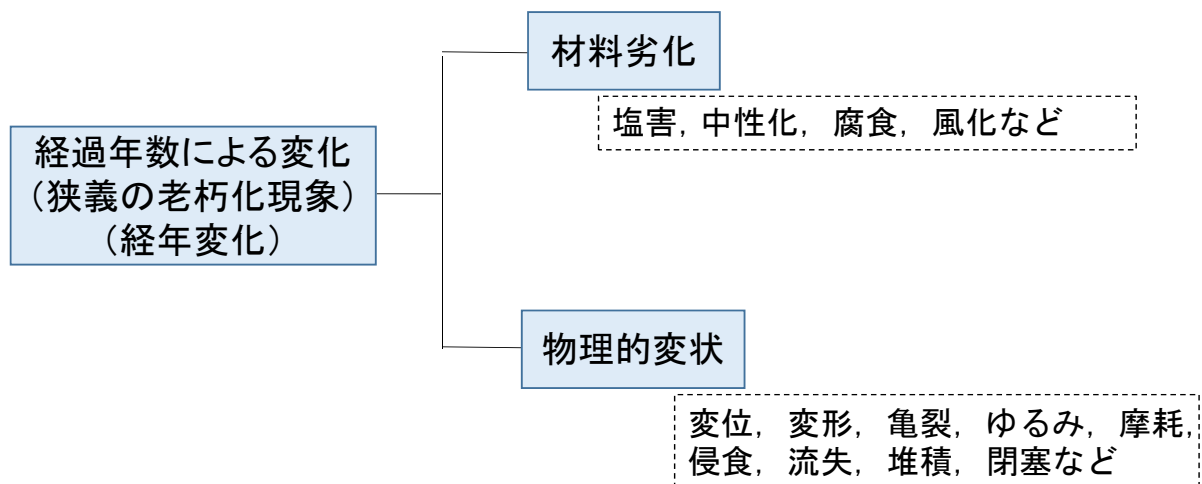
(4) 初期不良

○単純に古いかどうかではない「老朽化」の本質を再確認しておく必要がある。

○老朽化は(1)～(4)のいずれかが決定づけていると考える。各要因のところで、地質・地盤リスクに関連していることについて触れてみたい。

### 4.1 老朽化を決定づけている要因について

#### (1) 経過年数(狭義の老朽化現象, 経年変化)

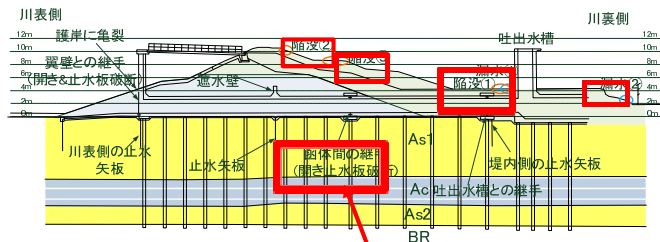
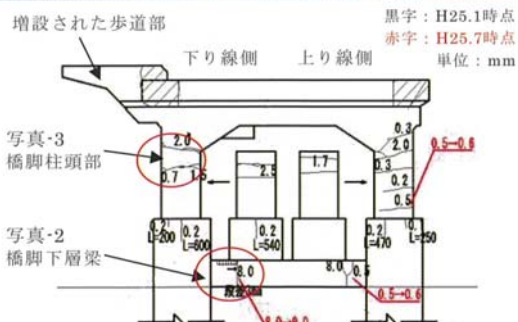


○経過年数とともに顕在化する、物理的ないし化学的な現象である。

○地質・地盤リスクに関して言えば、**風化や浸食に弱い岩種や土質**、**集水地形**、**軟弱地盤など**、**経年変化(劣化)を起こしやすい形質**で大きな要因となる。



## 4.1 老朽化を決定づけている要因について (2)使用条件, 稼働条件, 建設当時からのその変化



地震時に発生した函体継手の開口, 止水版破断が起点となって, 増水時に空洞が堤体内に発達し, 陥没が発生。

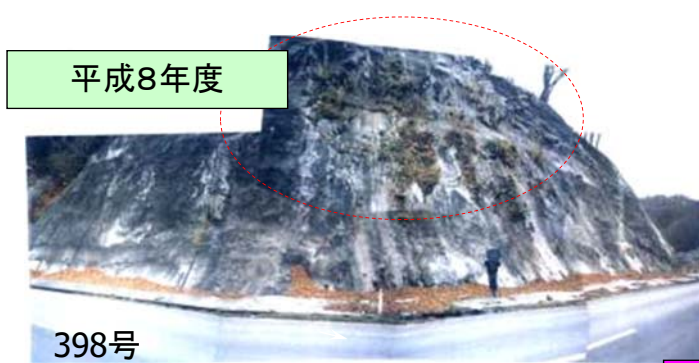


土木技術資料2015年1月号:現場に学ぶメンテナンスより

地震時にケーソン基礎の支持地盤が液状化し不等沈下。かつて増設した構造物の重量の影響が加わり橋脚部に損傷。

- 使用条件の厳しさ, 供用後の使用動向に着目する必要。災害外力も使用条件の一つ。
  - サービス提供型: 大型車両の交通量が多い橋梁, 汚濁負荷や満水期間の長い下水区間
  - 防災保全型: 滑動性の高い斜面の安定工, 増水頻度の高い区域の堤防や護岸など, 厳しい自然作用に常に晒されているケース。
- 供用後に遭遇した地震や洪水による変状が老朽化の起点になるケース

## 4.1 老朽化を決定づけている要因について (2)使用条件, 稼働条件, 建設当時からのその変化



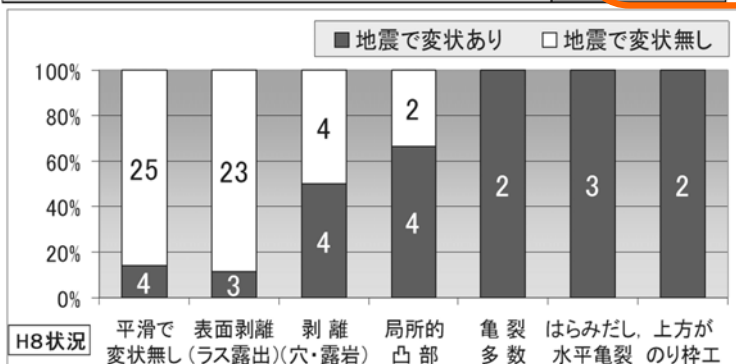
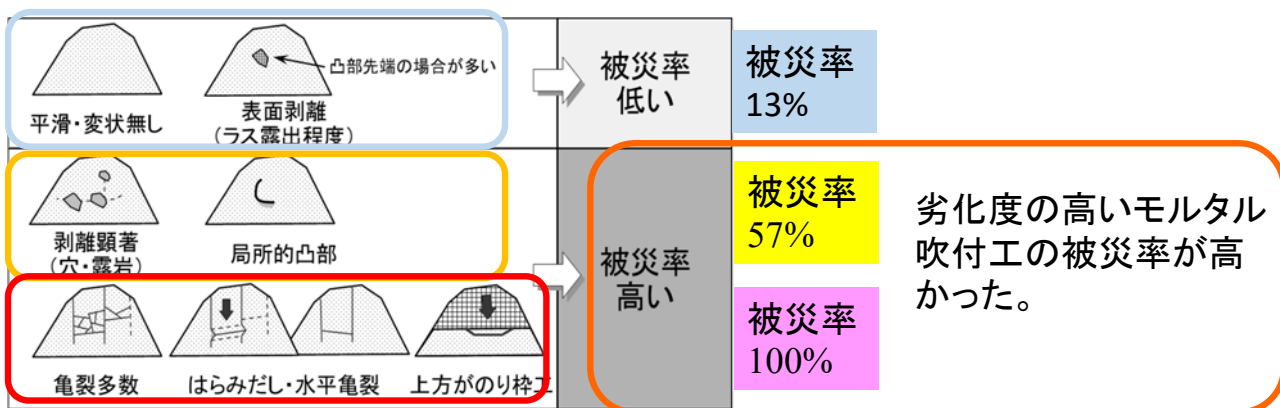
もともと老朽化が進んだ吹付けのり面が, 地震時に大きな損傷を受けた。

平成20年6月

劣化した構造物が崩壊した例(岩手・宮城内陸地震の例(H8点検との比較))



## 4.1 老朽化を決定づけている要因について (2) 使用条件, 稼働条件, 建設当時からのその変化



モルタル吹付工の劣化度と被災率の関係  
(岩手・宮城内陸地震の国道397号)

## 4.1 老朽化を決定づけている要因について (3) 立地条件ないし周辺環境, 建設当時からのその変化

吹付のり面災害 地質条件との関連性	モルタル崩壊型の吹付のり面災害	のり面自体の崩壊型の吹付のり面	落石型の吹付のり面災害
吹付のり面の老朽化と地質条件との関連性は比較的小さい。凍結融解などにより吹付モルタル自体の老朽化が著しい。	86事例 モルタル自体の劣化によるモルタル崩壊		
吹付のり面の老朽化が地質条件と密接に関連している。地質条件は風化が著しい岩や切土土砂である。	46事例 地山とモルタルの密着不良によるモルタル崩壊	19事例 地山表層の土砂化によるのり面自体の崩壊	4事例 抜け落ち型の落石
吹付のり面の老朽化が地質条件と密接に、関連している。地質条件は硬質の岩石であり、表層の土砂化は比較的進行していない。		19事例 深層の破砕帯などによるのり面自体の深い崩壊	28事例 節理・層理による剥離型の落石



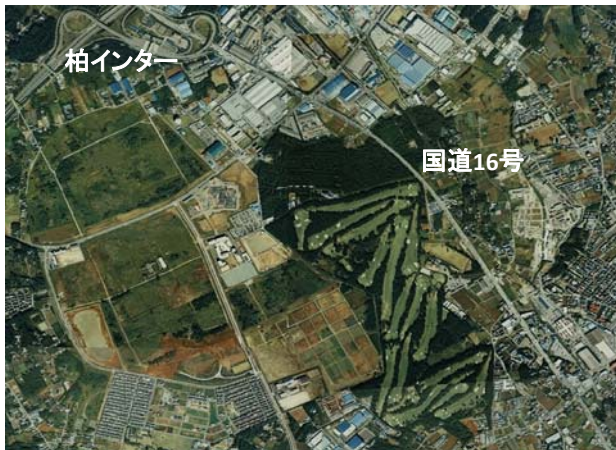
花こう岩への吹き付けのり面が背後地山の風化で崩落

○風化性の地山や特殊土の立地条件では、人工材料劣化よりも地盤側の風化が老朽化の決定要因となる場合もある。



## 4.1 老朽化を決定づけている要因について

### (3) 立地条件ないし周辺環境, 建設当時からのその変化



国土画像情報(カラー  
空中写真)国土交通省

1984年(左)と2013年(右)の柏の葉周辺の立地環境の変化

Google Earth

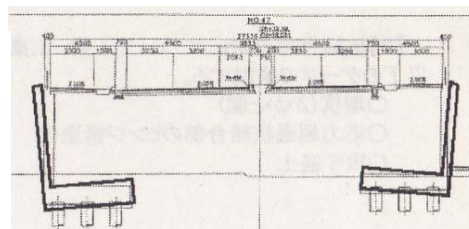
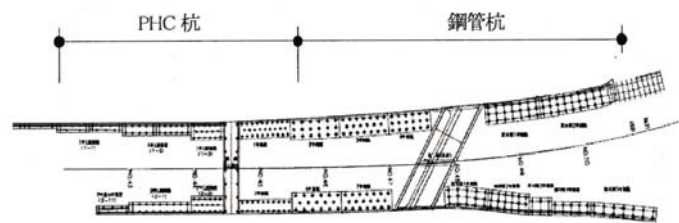
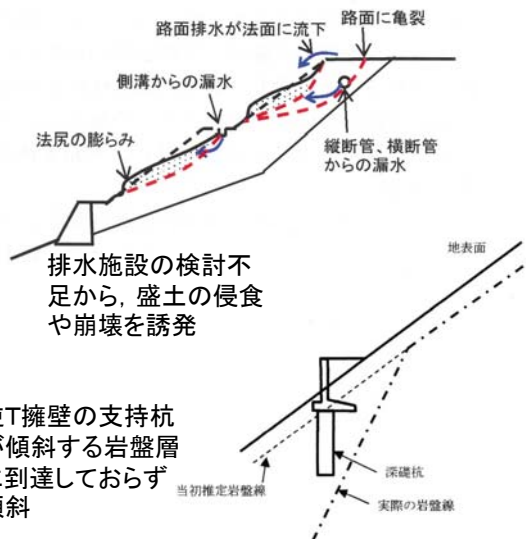
○表面水や地下水との接触が構造物の材料劣化に大きく影響している。

○地上部では集水地形や低湿地, 開発行為による表面流出の変化, 新たな流出経路や滞水箇所 の出現などである。

○地中部では地下水位の上昇, 海域や感潮河川からの塩水の侵入等の地下水理条件が, 漏水・塩害・中性化・腐食の促進要因となる。

## 4.1 老朽化を決定づけている要因について

### (4) 初期不良



軟弱地盤層の側方流動の検討不足から、杭支持のL型擁壁が傾斜

建設当時の調査・設計・施工に関わる品質の問題である。

- ①基礎地盤対策の問題：軟弱層の見落とし, 改良不足, 杭の支持層への着底不良。
- ②造成盛土や埋め戻しの問題：不良土の使用, 締め固め不足や過転圧, 支持力不足
- ③斜面对策工の問題：流れ盤・不安定土層・風化層・湧水の認識不足による対策不良
- ④排水対策の問題：排水系統どおり水が流れない, 排水施設のオーバーフローなど

## 4.2 点検及び診断の効率化について

○老朽化の点検及び診断では、

- ・ 管理対象全数を見る網羅性
- ・ 危ない対象物にたどりつく特定力      とが求められる。

○効率化のポイントとして、

- ・ 点検や診断技術そのもののレベルアップ  
（スピードアップと精度向上の研究開発）
- ・ 危ない対象物の未着手期間を短縮する工夫      とがある。



○後者のポイントは、

- ・ 短期的網羅が技術的に困難なケース
- ・ ネットワーク全体の中での相対的弱点が問題となるケース  
で重要である。

ここでは後者のポイントと地質・地盤リスクとの関わりに触れる。

## 4.2 点検及び診断の効率化について

### (1) サービス提供型の場合

国土交通省 郡山国道事務所の資料



○使用負荷（大型車両の交通量，下水管の汚濁負荷や流量など），運行・運用上のトラブルの箇所の分布状況の**情報活用**が中心になる。

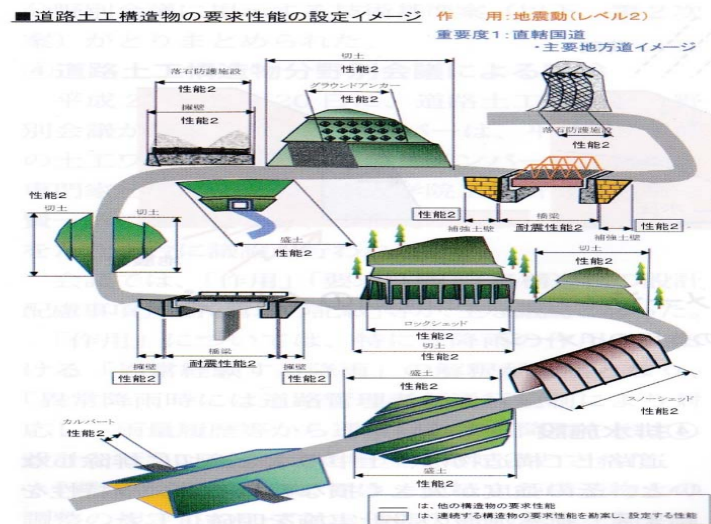
○現在の使用負荷の分布を知ることとともに，**建設当初計画したとおりの分布状況**かどうか，当時検討された施設や構造物の規格ないし規模に対して，**過負荷がどこで発生しているか**，過去と対比する**時間軸の視点**が必要である。

○建設時の整備計画や工事誌等から，**構造物や施設の当時の考え方**を知る必要がある。



## 4.2 点検及び診断の効率化について

### (1) サービス提供型の場合



地質・地盤リスクに関して言うと、以下の日常的に変状が出易い土工構造物や基礎地盤の構造的な弱点の分布情報と、使用負荷が高い箇所の情報とを突合わせる工夫である。

- ① 軟弱地盤上の盛土分布，地盤改良区間の分布，危険斜面の対策箇所の分布
- ② 盛土部と切土部の分布域と境界線，構造物と盛土部の境界箇所の分布
- ③ 冠水したり，排水施設が閉塞したりオーバーフローする箇所の分布

## 4.2 点検及び診断の効率化について

### (2) 防災保全型の場合

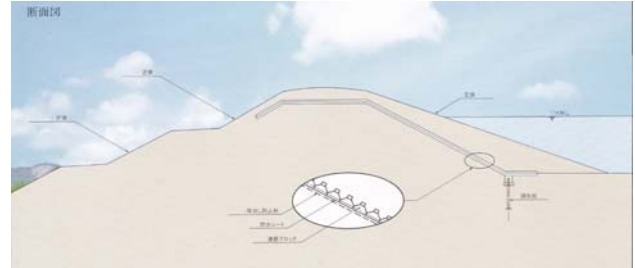
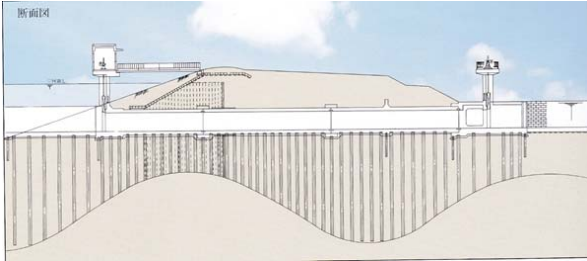


昭和61年8月小貝川洪水の記録  
(国土交通省 下館河川事務所)

- 防災保全型の場合は、健全に機能している対策工の機能低下が問題となる。
- 過去の大災害をきっかけに対策され、その後の豪雨や地震で沈静化している構造物や施設に注視の必要がある。
- 地質・地盤リスクが対策工の効果で抑え込まれているため、健全な状態レベル（余裕度）の可視化と、災害記憶の継承がポイントである。

## 4.2 点検及び診断の効率化について

### (2) 防災保全型の場合



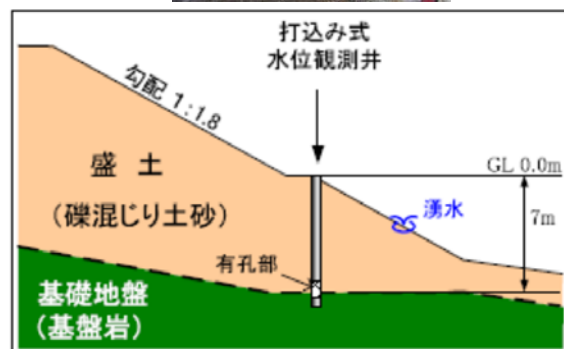
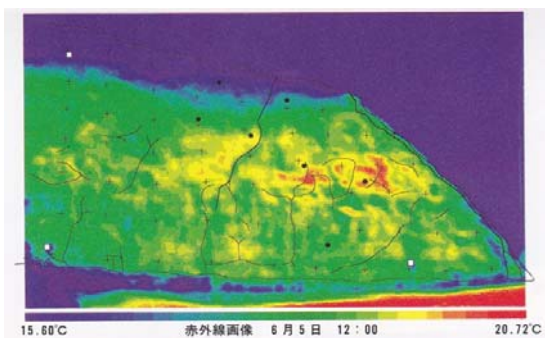
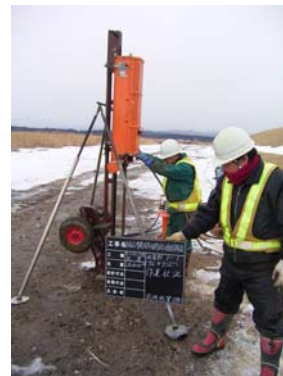
昭和61年8月小貝川洪水の記録  
(国土交通省 下館河川事務所)

#### ① 災害誌や復旧工事の記録：

- 現在の対策構造物や施設の老朽化がもたらす地盤災害の想起
- 対策当時に把握されていた地質・地盤リスクの再認識
- 対策当時と現在との周辺環境の違いの把握（土地利用状況など）

## 4.2 点検及び診断の効率化について

### (2) 防災保全型の場合



#### ② モニタリング技術，非破壊検査技術

- 対策機能の経時変化の把握（背後斜面の風化状況，堤体内水位観測ほか）
- 竣工直後は内部状況が明らか。そこを起点にした状態変化の把握。
- 顕在化しない地質・地盤リスクを如何に可視化するか。



## 5. 措置と地質・地盤リスク

### 5.1 措置選択における地質・地盤リスクについて

老朽化に対する措置は、以下の①～⑤の選択肢に分類でき、老朽化の決定要因に応じた選択肢を検討し、措置を実施しなければならない。

- ① 予防的補修による長寿命化（予防保全措置）
- ② 事後保全，経過観察
- ③ 使用制限や使用負荷の軽減措置
- ④ 規模や規格の向上策，補強対策
- ⑤ リニューアル（更新，再構築），除却

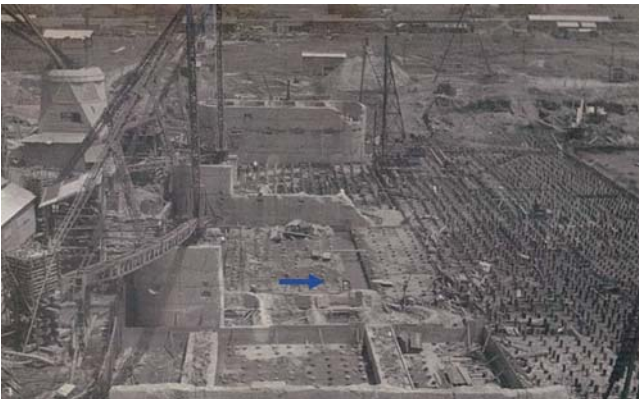
措置選択において、

- 経過年数だけの問題であれば、①と②の選択肢で十分だが、
- 使用条件の問題があれば、③を、
- 立地条件や初期不良の問題が大きければ④と⑤の選択肢も検討対象とする必要。

選択が不適切であれば再劣化を繰り返し、④と⑤の箇所が増えれば、地盤対策や土工事などが伴う大きな措置が必要となる。いずれにしても管理主体のメンテナンスサイクルが回らなくなるリスクとなる。

### 5.2 対策工事に伴う地質・地盤リスク

#### (1) 既設構造物や施設の地中情報の喪失



昭和30年前後に建設された行徳可動堰の当時の施工写真(国土交通省 江戸川河川事務所:H25年1月24日の記者発表資料「行徳可動堰リニューアル工事が本格化」より) 設計図書における堰本体の構造、地中の杭打設状況のみならず、施工時の写真により図面上にない最終的な姿の確認ができる。

- 既設構造物の設計や施工図書が喪失していることで、対策の選択肢が狭まったり、設計や施工の再調査の手間が増える。

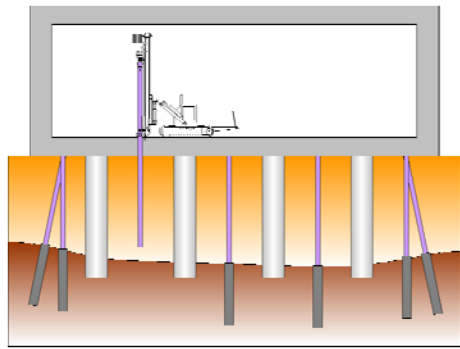
- ・ 既設の基礎構造物を生かした地上構造物の補強対策、
  - ・ 基礎地盤対策の追加など
- が難しくなる場合も。

- 建設サイトの地表付近の地盤は、搬入土で嵩上げされたり、切り下げられたり、掘削後埋め戻されるなどの複雑な改変を受けている。このため、施工中の山留めの設置、重機やプラントの設置などの判断にも支障が出る場合がある。

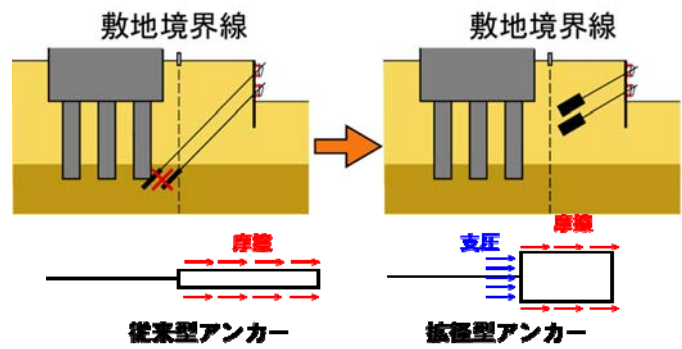


## 5.2 対策工事に伴う地質・地盤リスク

### (2) 空間的に制約の大きな工事



低空頭な空間での基礎補強工事



構造物近傍で土留めを伴う掘削工事

- 近接構造物の存在，狭隘な施工空間，工事用道路，土の仮置きスペース，プラント用地が確保できないなど，**施工計画上の難題**が生じやすい。
- 新設の大型工事が前提だった掘削工法，地盤改良工法，締固めや土質改良工法などの機動性の向上など，**技術的にも新設とは異なる要素が多い**。

## 5.2 対策工事に伴う地質・地盤リスク

### (3) 労働安全の問題に対する配慮が必要な工事



斜面对策工の補強更新や切り直しなどでの**高所作業**，基礎や地中構造物の補強更新における**締切り**や**土留め工**，地中埋設物の**溝開削**による**埋め戻し**，重機の転倒など，**崩落・転落・出水**など**労働災害の危険**を伴う作業がかかわる。

## 5.2 対策工事に伴う地質・地盤リスク

### (4) 汚染土壌，廃棄物，地中障害物が埋まった土地



前の土地利用者の地中構造物が地中障害物として出現。



水門の更新，遊水池工事で廃棄物混じりの汚染土が出現



- 地中を掘削した際に**汚染土壌や廃棄物（ないし地中障害物）**に遭遇するケース。
- 自然由来の重金属含有土の問題も**，山地と平地を問わず，切土やトンネルの掘削工事，都市再開発や地下工事，維持浚渫で遭遇しうる。
- 建設当時なかった法規制により，掘削物の処理に行き詰ったり**，また，掘削可能範囲や**構造物の形式選定などの大きな制約条件にもなる。**

## 5.2 対策工事に伴う地質・地盤リスク

### (5) 杭等の既設基礎の処理対応



軟弱地盤に立地する堰の改修工事で，擁壁周辺及び前面に打設されていた松杭を引き抜いたところ，擁壁が川側へ変位。

- 杭等の基礎を有する地上構造物のリニューアルでは，既設杭の撤去か残置かの判断が必要となる。**既設杭を撤去し**周囲に新たな杭を打つ場合には，埋め戻しによる**地盤強度低下や傾斜地においては不安定化の問題**が生じる。
- 残置し**周囲に新たな杭を打つ場合にも，**新たに打つ杭の傾斜や偏心**，残置した杭が**新設杭の地盤の水平抵抗に与える影響**などの問題が生じる。
- 杭等の既設基礎の処理対応は，**リニューアルされる地上部の施設や構造物の仕様を大きく左右するリスク**となる。

## 6. おわりに

○地上部の改修であっても、地質・地盤リスクがメンテナンスサイクルに与える影響を軽視してはいけない。

○地震や洪水との遭遇も、交通荷重や管内流量などと同様の、使用負荷の一種であると捉える内部化の発想が必要。

○社会資本の計画・調査・設計・施工・サービスのどこと結びつけて結果を出すのか、総合的な着眼力、洞察力、問題解決能力が問われている。

○地質・地盤リスクのトラブル事例、解決発想事例を整備し、これと触れることによって、怖さを感じるセンスを養ったり、研究及び検討課題を発掘することが必要である。

維持管理サイクルにおける地質・地盤リスクの関わり方について、サイクルが回らなくなる状況を考えて展開してみた。未だ断片的で持論に過ぎない部分をご容赦頂きたい。今後、地質・地盤リスクへの取組みの議論のきっかけになればと考える。

ご静聴ありがとうございました。