

# 非破壊試験を用いた土木コンクリート構造物の 診断と健全度評価 —健全度診断マニュアルの特徴と利用法—

独立行政法人土木研究所  
構造物マネジメント技術チーム




## 発表の概要

1. 検討の背景
2. 健全度診断マニュアルの構成と特徴
3. マニュアルを用いた診断の流れ





### 背景(1)

- コンクリート構造物の劣化原因
  - 塩害
  - 中性化(かぶり不足の構造物)
  - アルカリ骨材反応
  - 凍害

鉄筋の腐食  
による耐久性低下

特に塩害による劣化  
コンクリート表面に腐食に伴うひび割れや錆汁が  
見られた後では、補修が困難な場合も...





### 背景(2)

- 構造物の著しい劣化を避けるには...
  - 定期点検の高度化
    - 目視調査 + 非破壊試験(局部破壊試験)
  - 構造物の劣化進行の予測
  - 予防的な補修




### 背景<なぜ、非破壊試験か>

目視点検	非破壊試験 局部破壊試験
<ul style="list-style-type: none"> <li>○安価に多数の調査ができる</li> <li>○特別な道具が不要</li> <li>×劣化が明らかになった時点で、“手遅れ”のおそれもある</li> <li>×調査者によって評価のばらつきが大きい</li> <li>×調査結果の比較が難しい</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○変状が発生する前にその兆候を明らかにできる</li> <li>○調査結果を定量化しやすい</li> <li>○調査結果の比較が容易</li> </ul>




### 背景<非破壊試験の運用上の課題>

- 様々な試験方法
  - どれを実施すればよいかわからない
- 測定結果の精度が不明
  - 測定結果が評価につながらない

非破壊試験を活用した  
点検・調査・診断手法が必要




### 共同研究の概要

- これまでの検討
  - 1994年:コンクリート構造物の非破壊検査マニュアル
  - 1998年:コンクリート構造物の健全度診断マニュアル(案)
- 現状の技術に即した, 改訂を中心に検討
  - 土木研究所・日本構造物診断技術協会
  - 期間:2000年~2003年3月
  - 参加者:47名(委員等)+ $\alpha$ (計測のみの協力者多数)



### 検討項目・主な成果

- 実構造物の調査(4例)
- 診断マニュアルWG
  - 各種試験の組み合わせや測定結果の評価方法を検討
- 鉄筋腐食WG
- リバウンドハンマー(強度推定)WG
- 鉄筋位置・かぶり測定WG





### 健全度診断マニュアル

- 一般書籍として 2003年10月刊行

マニュアル(案), 1998年  
A4:124ページ





B5:216ページ





### 発表の概要

1. 検討の背景
2. 健全度診断マニュアルの構成と特徴
3. マニュアルを用いた診断の流れ





### 健全度診断マニュアルの構成

<p><b>【人の健康管理】</b>  <b>&lt;毎年の健康診断&gt;</b>          ・問診          ・血圧測定          ・血液検査</p> <p>↓ 異常の発見</p> <p><b>&lt;再検査&gt;</b>          ・精密検査</p> <p>↓ 病状の把握 治療方針の決定</p> <p><b>&lt;入院・手術&gt;</b></p>	<p><b>【構造物の維持管理】</b>  <b>&lt;定期点検&gt;</b>          ・目視主体の外観調査          ・非破壊試験</p> <p>↓ 異常の発見</p> <p><b>&lt;詳細調査&gt;</b>          ・破壊試験(も含む)</p> <p>↓ 劣化原因の推定 補修の要否の判定</p> <p><b>&lt;補修・補強&gt;</b></p>	<p>第I編:総則 維持管理の流れ、用語の説明など</p> <p>第II編: 定期点検</p> <p>第III編: 詳細調査</p>
--	---	--



### 健全度診断マニュアルの特徴

- ① 一般的な調査方法に限定
- ② 評価方法や精度, 調査の留意点を記載
- ③ 構造物への影響が少なくなるよう配慮
- ④ 総合評価の指標を明確化

非破壊試験に関する既存の資料

- ✓ 個々の試験方法に関する解説は充実している
- ✓ 各種調査の組み合わせによる活用や調査のコストを考慮した資料は少ない



## 1. 一般的な調査方法に限定

- 調査方法の選定は簡単ではない
  - コンクリート構造物に関する調査方法は、非常に数が多い
  - 全ての調査方法について、特徴を理解して用いるのは難しい



- 鉄筋腐食による劣化を中心に、調査項目・方法を紹介



## 例えば・・・, 定期点検の調査項目

- 実施する調査項目の例を示した
  - 調査方法も一般的な非破壊試験を主体とした
    - 腐食状態: 自然電位法
    - 鉄筋位置: 電磁誘導法, 電磁波反射(レーダー)法

表 定期点検での調査項目

調査項目	予防保全	事後維持管理	事後維持管理
	塩害環境	塩害環境	普通環境
コンクリート表面の変状	○	○	○
鉄筋の腐食状態	○	△	△
塩化物イオン	○	○	△
中性化深さ	○	○	○
鉄筋位置・かぶり	○	○	○
コンクリートの品質	△	△	△



## 2. 評価方法, 精度, 留意点

- 非破壊試験: 測定原理・測定方法に関する情報は多いが・・・
  - 測定結果の**評価方法**が不明
  - 短所・弱点に関する情報は十分ではない



- 現時点で妥当と思われる評価方法を提示
- **調査時の留意点**や調査結果の**精度**についても記述



## 例えば・・・,

- 自然電位法による鉄筋腐食推定
- 反発度法(リバウンドハンマー)による強度推定
- 電磁誘導法・電磁波反射法(レーダー法)による鉄筋位置・かぶり測定
  - 付属資料-2 ~ 付属資料-5として紹介



## 例えば・・・,

- 塩化物イオンの試験
  - 測定者による測定結果の違い
  - 試料量と測定結果の変動係数



種々の調査方法の精度については、今後も検討が必要



## 3. 構造物への影響を考慮

- 本来は、定期点検・詳細調査についても**コストと効果のバランス**が議論されるべき
  - 現時点では難しい



- 定期点検・詳細調査の場面を想定し、**構造物への影響が小さい調査方法を推奨**



### 例えば・・・

- 小径コアの利用
  - 圧縮強度試験
  - 塩化物イオンの試験
  - 中性化深さの測定
- ドリル削孔粉の利用
  - 塩化物イオンの試験
  - 中性化深さの測定




### 例えば・・・

- 調査に要した時間(付属資料-7)
  - 純粋な調査そのものにかかる時間
- 試料の採取が限られた場合の調査方法(付属資料-8)
  - 一本のコアを分割して、複数の試験を行う方法など
  - 定期点検と詳細調査の中間的な点検のイメージ



### 4. 健全度評価指標 -定期点検-

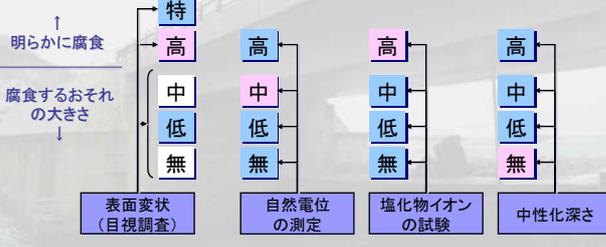
診断マニュアルにおける劣化度





### 4. 健全度評価指標 -定期点検-

- 最も劣化が進んでいるとの評価で評価結果を代表させる




### 4. 健全度評価指標 -詳細点検-

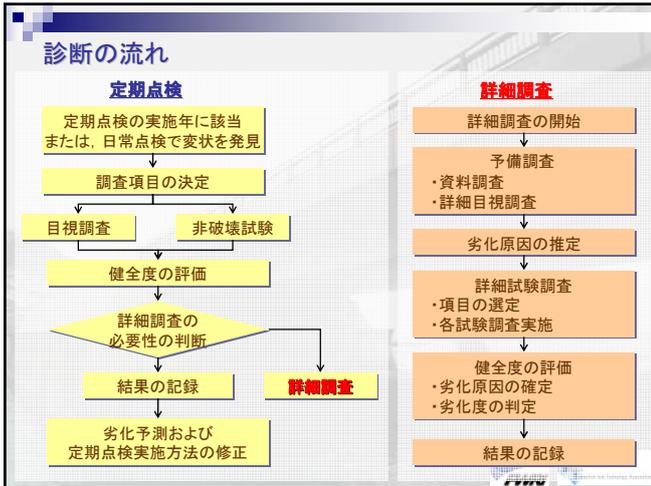
- 構造物の現状
  - 詳細目視、はつりだし
- 劣化原因と影響程度
  - 劣化の進行可能性の有無




### 発表の概要

1. 検討の背景
2. 健全度診断マニュアルの構成と特徴
3. マニュアルを用いた診断の流れ



### 診断の流れ: 定期点検 ～塩害地域の構造物の場合～

1. 調査該当構造物の選定
2. 調査項目と調査方法の選定 (p19, 表解-2.1)
  - コンクリート表面の変状 → **目視点検**
  - 鉄筋の腐食状態 → **実施しない**
  - 塩化物イオン } → **小径コア試料などで実施**
  - 中性化深さ } → **小径コア試料などで実施**
  - 鉄筋位置・かぶり → **非破壊試験**
  - コンクリートの品質 → **実施しない**
3. 調査の実施



### 診断の流れ: 定期点検 ～塩害地域の構造物の場合～

4. 健全度の評価 (p29, 図解-3.3など)
5. 詳細調査の要否の判定
6. 調査結果の記録

START

表面変状

塩化物イオン

中性化残り

記録のみ

高or中    特

詳細調査    すぐに補修



### 診断の流れ: 詳細調査 ～塩害地域の構造物の場合～

1. 詳細調査の開始
2. 予備調査
  - 書類調査
  - 詳細目視調査
3. 劣化原因の推定
  - 塩害, 中性化, アルカリ骨材反応, 凍害, その他から推定




### 診断の流れ: 詳細調査 ～塩害地域の構造物の場合～

4. 詳細試験調査項目と方法の選定
  - はつり調査
  - 鋼材腐食状況の調査(自然電位)
  - 塩化物イオン
  - 中性化深さ
  - 鉄筋位置・かぶり
  - 圧縮強度



### 診断の流れ: 詳細調査 ～塩害地域の構造物の場合～

5. 健全度の総合評価

鉄筋が腐食しているか

塩害    中性化

詳細目視調査    塩化物イオン    中性化残り

はつり調査

現状の程度    劣化の程度

総合評価



## おわりに

- 調査を依頼する方へ
  - 点検・調査の目的にあった方法を選定
- 調査を実施する方へ
  - 各調査項目・調査方法の留意点

### 診断マニュアルの特徴

1. 一般的な調査方法に限定
2. 評価方法や精度、調査の留意点を記載
3. 構造物への影響が少なくなるよう配慮

