



3. 点検②

Inspection (2)

維持管理システム工学研究室

松本 浩嗣

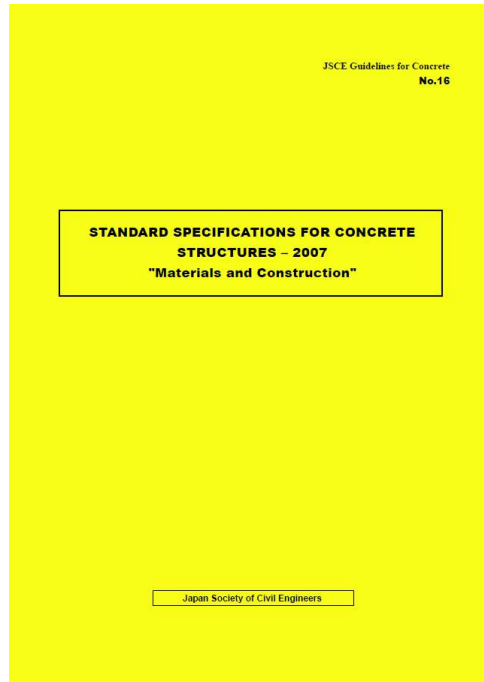
A5-09室, 内線6219

km312@eng.hokudai.ac.jp



初期品質をどのように確保するか？

How to ensure the initial quality?



土木学会コンクリート標準
示方書[施工編]
Standard Specifications
for Concrete Structures –
2007 “Materials and
Constructions”, JSCE

CHAPTER 15に記載 A part of quality control

CHAPTER 15 QUALITY CONTROL	199
15.1 General.....	199
15.2 Quality Control of Concrete Materials and Reinforcing Materials	200
15.3 Quality Control in Concrete Production	200
15.4 Quality Control of Concrete	201
15.5 Quality Control during Construction	202
15.6 Quality Control of Concrete Structures	204
CHAPTER 16 INSPECTION CONDUCTED BY CONTRACTOR	206
16.1 General.....	206
CHAPTER 17 CONSTRUCTION RECORDS	207
INSPECTION STANDARDS	
CHAPTER 1 GENERAL	209
1.1 General.....	209
1.2 Definitions of Terms.....	210
CHAPTER 2 INSPECTION PLAN	211
CHAPTER 3 INSPECTION FOR ACCEPTANCE OF CONSTITUENT MATERIALS OF CONCRETE	214
3.1 General.....	209
3.2 Cement	215

ダウンロード可 Free download is available!

<http://www.jsce.or.jp/committee/concrete/e/newsletter/std2007/top.html>

初期品質をどのように確保するか？ How to ensure the initial quality?



スランプ値と空気量
Slump and air content



打込み高さを管理
Casting height



輸送時間を管理
Transportation time



コンクリートを施工する際の点検・記録
Inspection and recording during concrete casting

初期品質をどのように確保するか？ How to ensure the initial quality?



プレストレス中空床版の施工にて
In the process of casting of PC
hollow slabs



下部鉄筋
Lower
reinforcement



上部鉄筋
Upper
reinforcement

鉄筋の組立状況の点検

Inspection of reinforcement arrangement

鉄筋と型枠との距離が「かぶり厚」となるので重要

Distance between reinforcement and formwork (=cover thickness) is important.

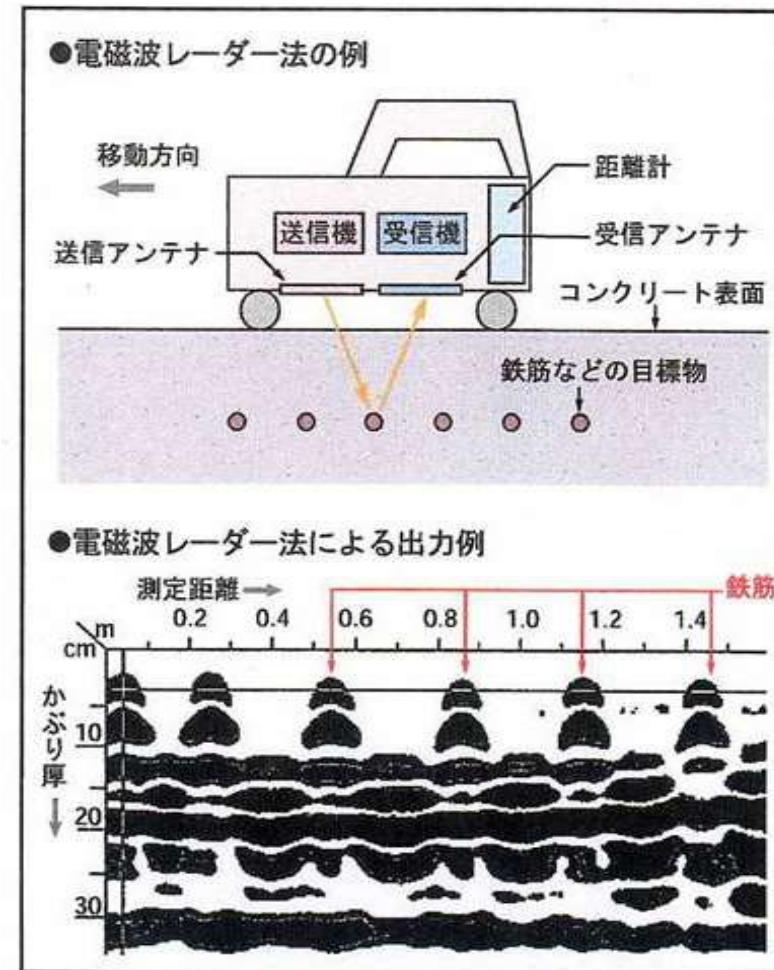
初期品質をどのように確保するか？ How to ensure the initial quality?



発注者と受注者の立会いのもとで第三者が点検

Third person conducts inspection in the presence of contractor and contractee.

初期品質をどのように確保するか？ How to ensure the initial quality?



非破壊検査(電磁波レーダー探査)による鉄筋位置の点検

Inspection of rebar by using non-destructive test by ground penetrating radar

供用中に行う点検

Inspections during service life

近接目視によるグレーディング Grading evaluation by close visual inspection



ボックスカルバートの点検
Inspection of box culvert



鋼箱桁内部の点検
Inspection of steel box girder inside



高所作業車
High-place work vehicle



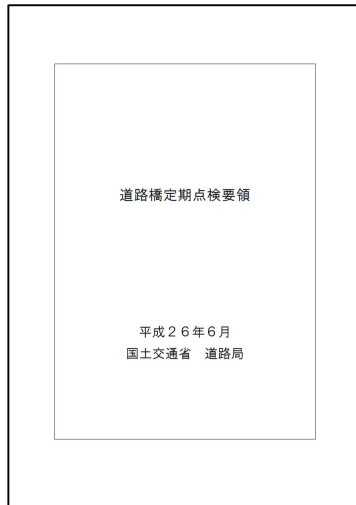
橋梁点検車
Bridge inspection vehicle

供用中に行う点検

Inspections during service life

近接目視によるグレーディング Grading evaluation by close visual inspection

床版の損傷区分 Division for evaluation of damage degree in slabs



道路橋定期点検要領
Manual for regular inspection of road bridges (MLIT, Japan)

国交省は5年に1回の点検を指示

*In case of Japan
All bridges must be inspected every 5 years.*

状態	性状	1方向ひびわれ		性状	2方向ひびわれ	
		ひびわれ	漏水・遊離石灰		ひびわれ	漏水・遊離石灰
a		損傷なし	なし	-	-	-
b		<ul style="list-style-type: none"> ひびわれは主として1方向のみ 最小ひびわれ間隔は概ね1m以上 最大ひびわれ幅は0.05mm以下 (ヘアークラック程度) 	なし	-	-	-
c		<ul style="list-style-type: none"> ひびわれは主として1方向のみ ひびわれ間隔は問わない ひびわれ幅は0.1mm以下が主 (一部には0.1mm以上も存在) 	なし		<ul style="list-style-type: none"> ひびわれは格子状 格子の大きさは0.5m程度以上 ひびわれ幅は0.1mm以下が主 (一部には0.1mm以上も存在) 	なし
d		<ul style="list-style-type: none"> ひびわれは主として1方向のみ ひびわれ間隔は問わない 最大ひびわれ幅は0.2mm以下が主 (一部には0.2mm以上も存在) 	なし		<ul style="list-style-type: none"> ひびわれは格子状 格子の大きさは0.5m~0.2m ひびわれ幅は0.2mm以下が主 (一部には0.2mm以上も存在) 	なし
e		<ul style="list-style-type: none"> ひびわれは主として1方向のみ ひびわれ間隔は問わない ひびわれ幅は0.2mm以上が目立ち、部分的な角落ちも見られる 	なし		<ul style="list-style-type: none"> ひびわれは格子状 格子の大きさは0.2m以下 ひびわれ幅は0.2mm以上が目立ち、部分的な角落ちも見られる 	なし
		<ul style="list-style-type: none"> ひびわれは主として1方向のみ ひびわれ間隔は問わない ひびわれ幅は0.2mm以上が目立ち、部分的な角落ちも見られる 	あり		<ul style="list-style-type: none"> ひびわれは格子状 格子の大きさは問わない ひびわれ幅は0.2mm以上が目立ち、部分的な角落ちも見られる 	あり

State

1 or 2 direction crack

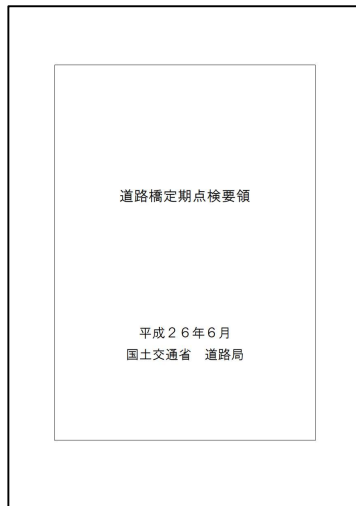
Presence of leakage

Crack pattern

供用中に行う点検

Inspections during service life

近接目視によるグレーディング Grading evaluation by close visual inspection



道路橋定期点検要領
Manual for regular
inspection of road
bridges (MLIT, Japan)

国交省は5年に1回の
点検を指示

*In case of Japan
All bridges must be
inspected every 5 years.*

表-6.1.1 対策区分の判定区分

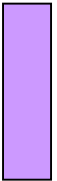
判定区分	判定の内容
A	損傷が認められないか、損傷が軽微で補修を行う必要がない。
B	状況に応じて補修を行う必要がある。
C 1	予防保全の観点から、速やかに補修等を行う必要がある。
C 2	橋梁構造の安全性の観点から、速やかに補修等を行う必要がある。
E 1	橋梁構造の安全性の観点から、緊急対応の必要がある。
E 2	その他、緊急対応の必要がある。
M	維持工事に対応する必要がある。
S 1	詳細調査の必要がある。
S 2	追跡調査の必要がある。

Table-6.1.1 Grading categories and explanation

Grade	Explanation
A	No damage or insignificant damage (repair is not necessary)
B	Repair should be done according to the condition
C1	Repair should be immediately done in terms of preventive maintenance
C2	Repair should be immediately done in terms of the safety
E1	Emergent measures should be done in terms of the safety
E2	Emergent measures should be done for other reasons
M	Measures are necessary for maintenance work
S1	Detailed investigation is necessary
S2	Follow-up investigation is necessary

供用中に行う点検

Inspections during service life



非破壊試験 Non-destructive tests

メリット Merits

1. 構造物に損傷を与えることなく、点検を行うことができる。 Inspection can be done without inducing damages.
2. 目に見えない内側の状態を知ることができる。 Inside condition, which cannot be seen by eyes, can be evaluated.

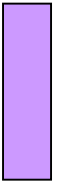
代表的な非破壊試験 Typical non-destructive tests

目的 Objective	名称 Name
コンクリート内部の鋼材の腐食状況を調査 Investigate corrosion state of rebars in concrete	自然電位法 Half-cell potential method
剥離や空洞などの欠陥を調査 Investigate defects such as delamination and voids	赤外線法 Infrared method
	超音波法 Ultrasonic wave method
	衝撃弾性波法 Impact elastic wave method
	電磁波レーダ法 Electromagnetic radar method
	放射線透過法 Radial ray penetration method



供用中に行う点検

Inspections during service life



非破壊試験 Non-destructive tests

代表的な非破壊試験(続き) Typical non-destructive tests (cont.)

目的 Objective	名称 Name
グラウト(プレストレス鋼材とシースの間に詰める材料)の充填状況を調査 Investigate grouting condition	広帯域超音波法 Wide band ultrasonic wave method
	インパクトエコー法 Impact-echo method
	放射線透過法 Radial ray penetration method
	打音振動法 Hammering vibration method
	削孔目視調査 Visual inspection of drilled holes
残存プレストレスの調査 Investigate remaining prestress	フラットジャッキ法 Flat jack method
	応力解放法 Stress release method
	鉄筋解放ひずみ法 Rebar strain release method
	アコースティックエミッション法 Acoustic emission method
ケーブル張力の調査 Investigate tensile force of cables	振動法 Vibration method
	磁歪法 Magnetostrictive method



非破壊試験 Non-destructive tests



Half-cell potential method:

Corrosion of steel reinforcement is evaluated by measuring the difference of electric potential between the reinforcement and concrete surface.

●自然電位法の測定イメージ

電位差計

照合電極

接触液をしみ込ませたスポンジなど

鉄筋の腐食箇所

鉄筋

コンクリート

[自然電位法による腐食評価基準 (ASTM, C876)]

電位測定値 E (mV vs CSE)	評価
$-200 < E$	90%以上の確率で腐食が生じていない
$-350 < E \leq -200$	腐食状態は不確定
$E \leq -350$	90%以上の確率で腐食が生じている

(注)電位測定値の単位は、飽和硫酸銅電極基準

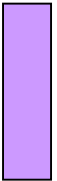


自然電位法で鉄筋の腐食状況を調べているところ (左の写真)。上は計測結果を表示する装置。装置が一式で10万円台からと安く、判定基準が示されていることから、多くの実績がある。照合電極には飽和硫酸銅や飽和塩化銀などいくつかの種類が使われている



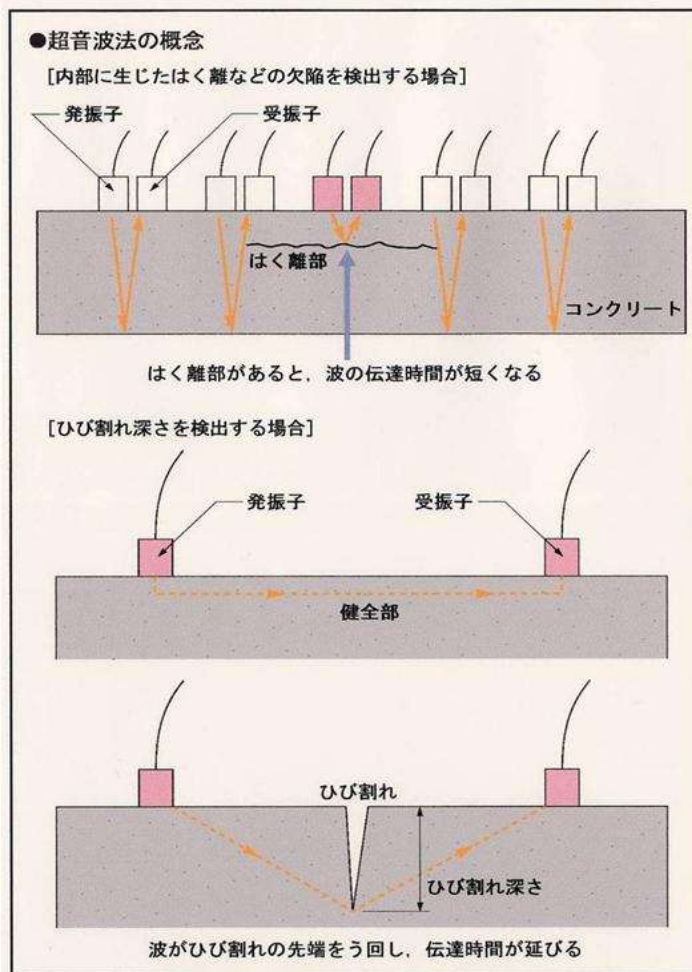
非破壊試験

Non-destructive tests

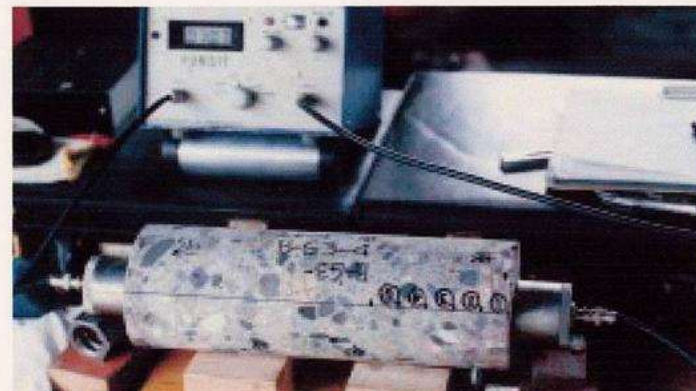


Ultrasonic wave test:

Defects in concrete is captured by passing ultrasonic wave and measuring the wave velocity and path of the wave.



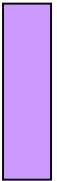
超音波法でひび割れの深さを調べている。超音波法は鉄筋の影響を受けやすいのがネックだ



採取したコンクリートコアの両端に端子を設置し、超音波を透過させてコンクリートの品質を調べる方法もある。一般に高密度で高強度のコンクリートほど波の伝達速度が早い。逆に空けきやひび割れがあるとそれを避けて伝達するので、伝達時間が長くなる

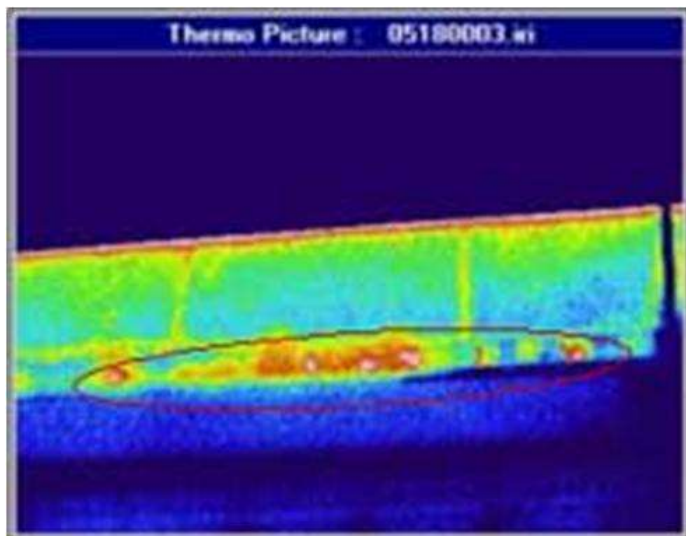
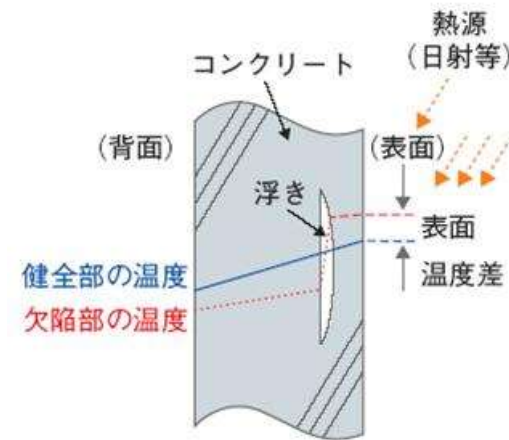
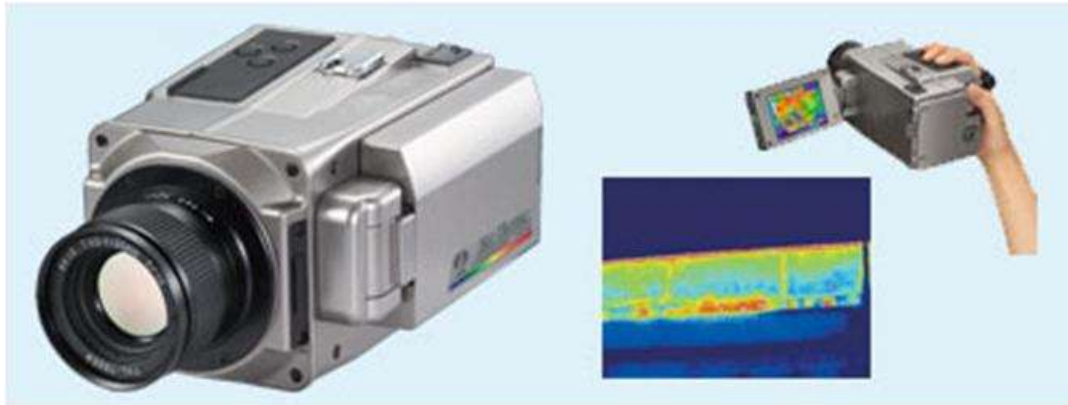


非破壊試験 Non-destructive tests



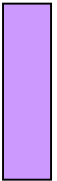
Infrared thermography:

Floating due to delamination, honeycomb, etc. can be detected by measuring the surface temperature distribution.



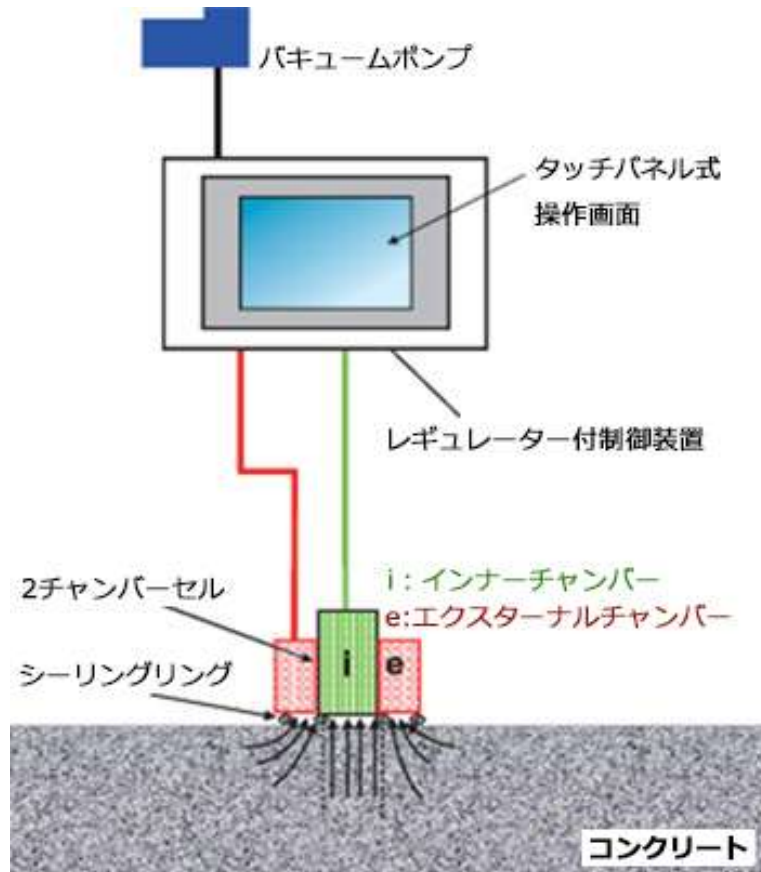
非破壊試験

Non-destructive tests



Surface air permeability test:

Quality of concrete cover can be evaluated by passing air using a double chamber set on the surface (Torrent method).



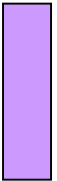
Classification of the quality of the concrete cover according to air permeability coefficient k_T

Classification		k_T at 28 days ($\times 10^{-16}$) (m^2)
1	Very good	$k_T < 0.01$
2	Good	$0.01 < k_T < 0.1$
3	Normal	$0.1 < k_T < 1.0$
4	Bad	$1.0 < k_T < 10$
5	Very bad	$k_T > 10$



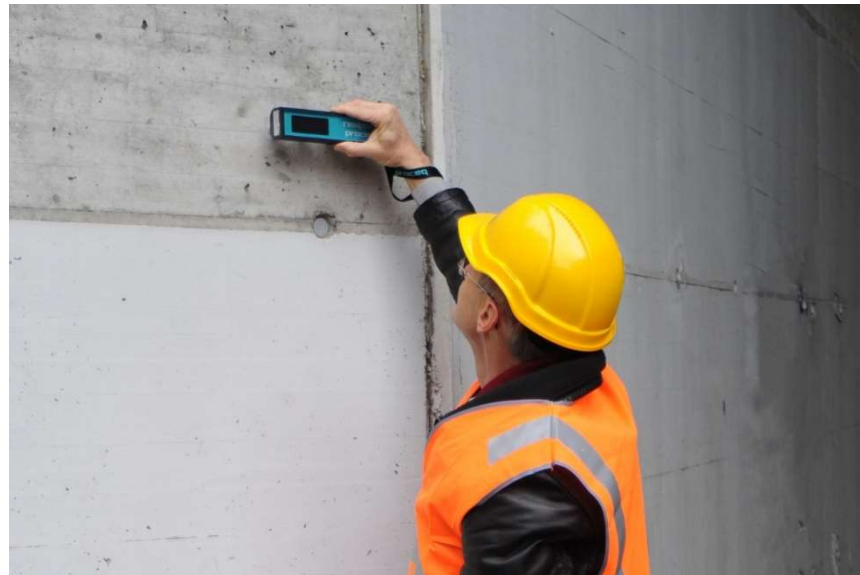
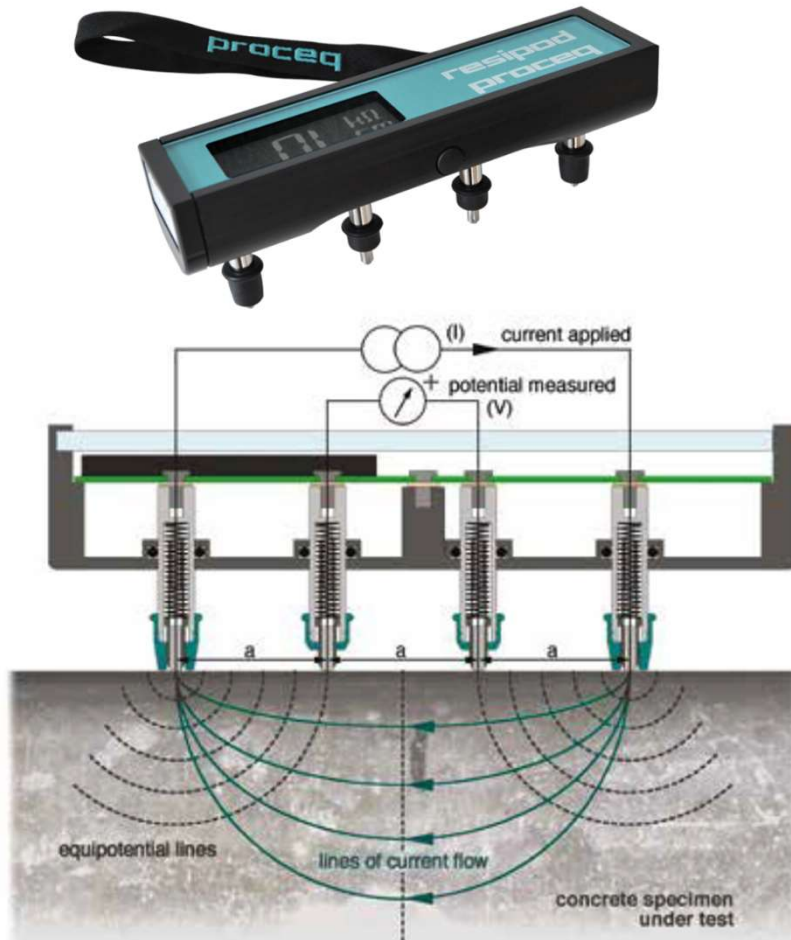
非破壞試驗

Non-destructive tests



Electric resistivity measurement:

Mass penetrability of concrete cover can be evaluated by measuring the electric resistivity.



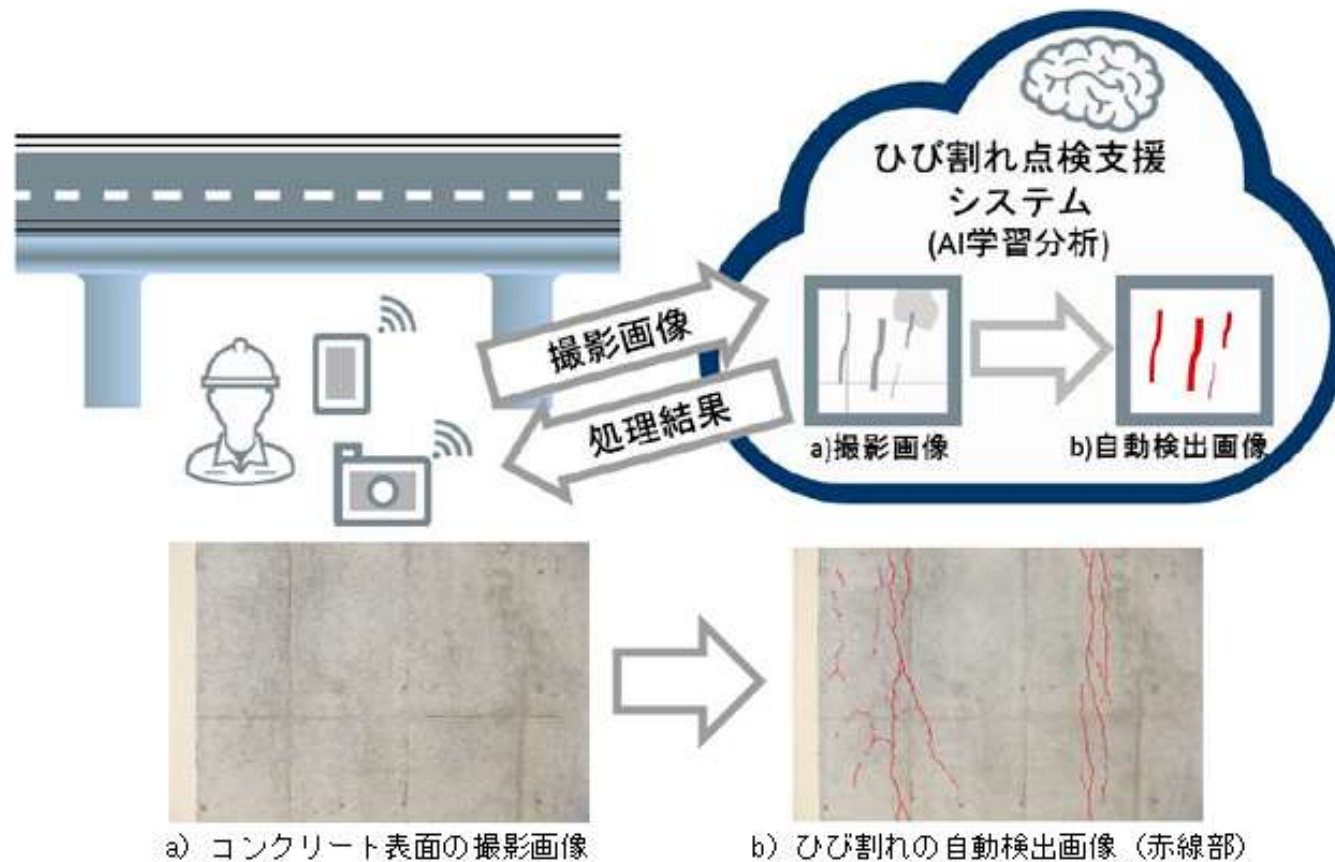
Chloride penetrability classification by AASHTO

Penetrability	Electric resistivity ($k\Omega\text{-cm}$)
High	< 12
Moderate	12-21
Low	21-37
Very low	37-254
Negligible	> 254



点検に関する最新の開発技術 Latest technologies for inspection

Crack detection system by image analysis and artificial intelligent (AI)

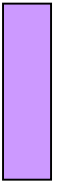


An image of the crack detection system

The pictures are automatically transferred to the server and analyzed by AI.
Then detected cracks are immediately sent back to the site.

点検に関する最新の開発技術

Latest technologies for inspection



Remote inspection by drone

下記のYouTubeで動画を見ることができる。

You can see the video from the following YouTube link.

<https://youtu.be/rMBSVTTuIQE>





レポート課題

Report Assignment

構造物の点検に用いる非破壊試験について、この授業で紹介したものでも、紹介していないものでも良いので、1つあるいは複数を選んで用途や測定方法、測定メカニズム等を調べてA4で1頁以内にまとめなさい。必要に応じて、図や写真を使うこと。

Summarize non-destructive test(s) used for inspection of infrastructures in terms of purpose, measuring method, measuring mechanism etc. within one page of A4 size. You can choose the one which is introduced and/or the one which is not introduced in this class. You may use figures and pictures if any.



提出期限： 2020年6月29日

Due date: 29th June, 2020