

2014年度 港湾空港総合技術センター 研究助成 報告会

栈橋下面コンクリートのかぶり品質の 非破壊評価方法の開発

2015年7月8日

香川高等専門学校 林 和彦

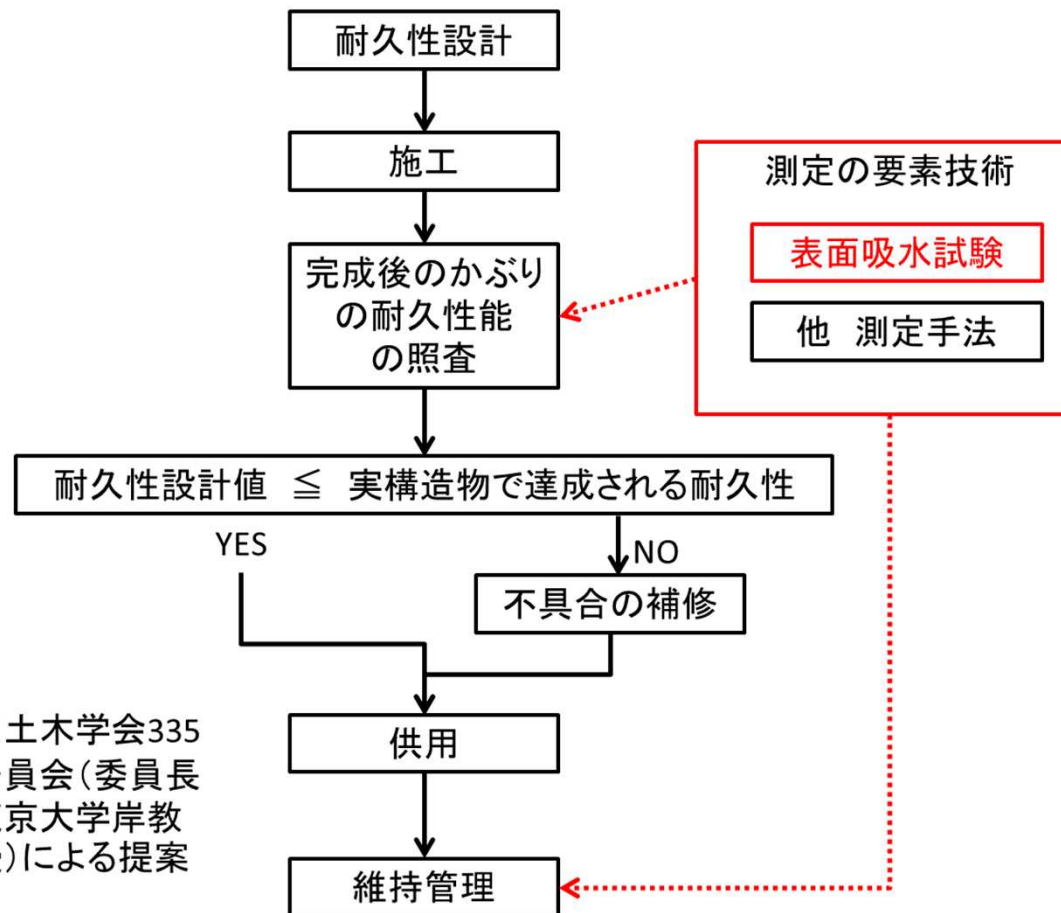
本研究の目的

- コンクリート構造物の**かぶりの品質**を**非破壊**で測定し、品質判定をする。
 - コンクリートの緻密性の評価
 - 塩化物イオン拡散係数を非破壊で把握したい
- **表面吸水試験**を、**栈橋等の構造物下面**に適用するための方法を開発する。



開発成果の反映方法

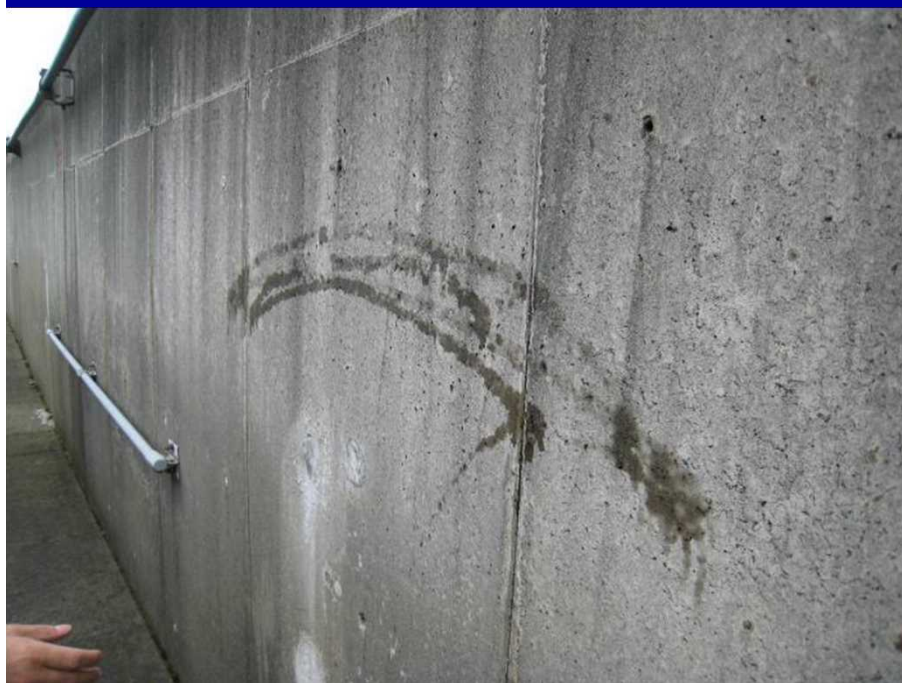
耐久性指標を基にしたコンクリート構造物のライフサイクル ※



改良前の現行の表面吸水試験

- コンクリート構造物の**かぶりの品質を非破壊**で測定する
 - 有害物質の移動しにくさ(物質移動抵抗性)
 - 気体:酸素、二酸化炭素
 - **液体:水**
 - イオン:塩化物イオン など
- その他の非破壊試験手法
 - 空気:表層透気試験(**トレント法**, シングルチャンバー法 他)
 - **水:Initial Water Absorption Test (ISAT, BS1881)→原理のみ提唱**
(製品化されているものがあるが評価方法が不十分)
 - 超音波:透過法、表面法(土研法)→物質移動との関係低
 - 微破壊手法(ドリル削孔等)は幾つかあるが、竣工検査では完全非破壊のニーズが高く、使えない

水かけ試験



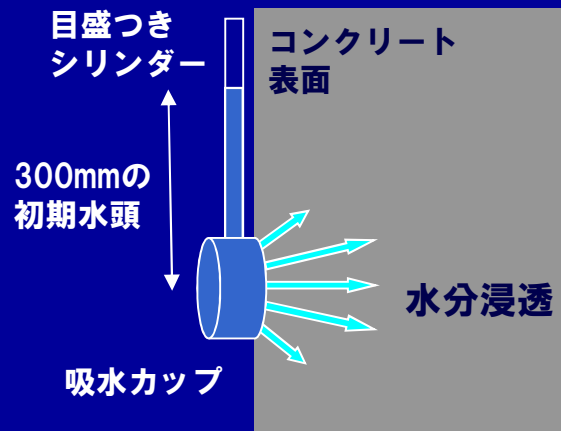
粗なコンクリート
瞬時に水を吸い、垂れない



密なコンクリート
水を吸いにくく、表面を流れる

技術者のジャッジを定量化したい

原理・優位性



離れた位置から水漏れ

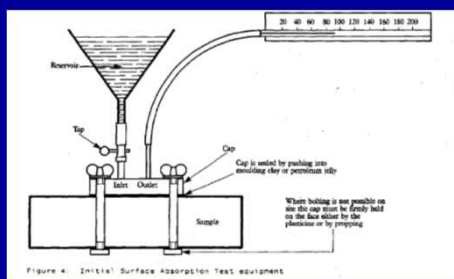
1. **水を作用**させていること。
塩害, ASR, 凍害, 中性化など, コンクリートの劣化は水の動きと関係。
2. 透水現象と吸水現象が同時に生じているが、**圧力は小さいため吸水現象が支配的**。
初期水頭300mmは、激しい降雨時にスラブに作用する圧力よりも大きい程度(ただし壁面への降雨圧力はもっと小さい)。(→組織を壊さない)
3. **目視で水漏れを確認**できる。
4. 微細ひび割れも含めた評価。
5. 10分間の測定では、水の作用する深さはコンクリートの品質にもよるが最大で10-15mm程度。鉄筋までのかぶり全体でなく、施工の影響を受けやすい表層を評価している。

コンクリート構造物の劣化と水



表面吸水試験の開発経緯

既往の手法 1960年代～ BS1881
Initial Surface Absorption Test (ISAT)



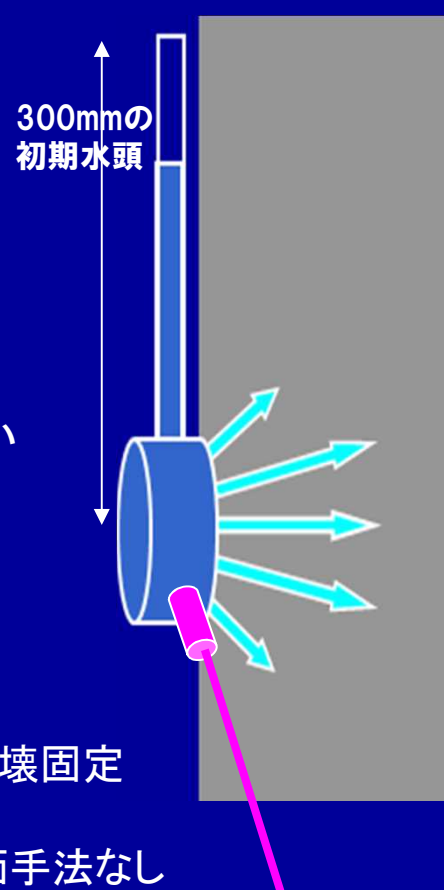
- ・水頭が一定
- ・試験室レベルの測定実績が豊富
- ・現場では非破壊の手法が確立されていない
- ・光学センサによる自動化もあるが煩雑



Porositester

- ・真空ポンプによる非破壊固定
- ・直径の影響
- ・注入時間の規定, 評価手法なし

著者ら横浜国大の方法
Surface Water Absorption Test (SWAT)



・真空パッドで反力を取り、押し付けて固定(既往技術の応用)

・水量を, 水面の変化で読み取る(既往技術の応用)

・水頭が試験中に減少する特徴がある→影響のないことを確認

・目視読取りおよび
水圧センサー自動計測
→水圧が変化することを
逆手に利用

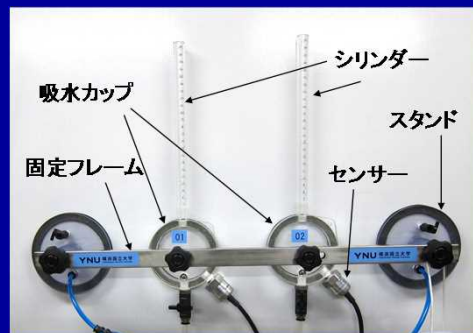
設置手法と適用部材



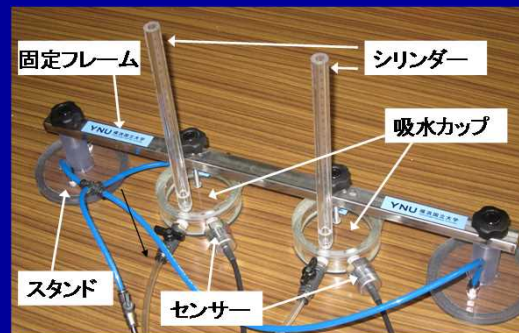
吸水カップの固定・測定時全景



カップ下面からの水の注入



鉛直面(壁面, 桁側面)

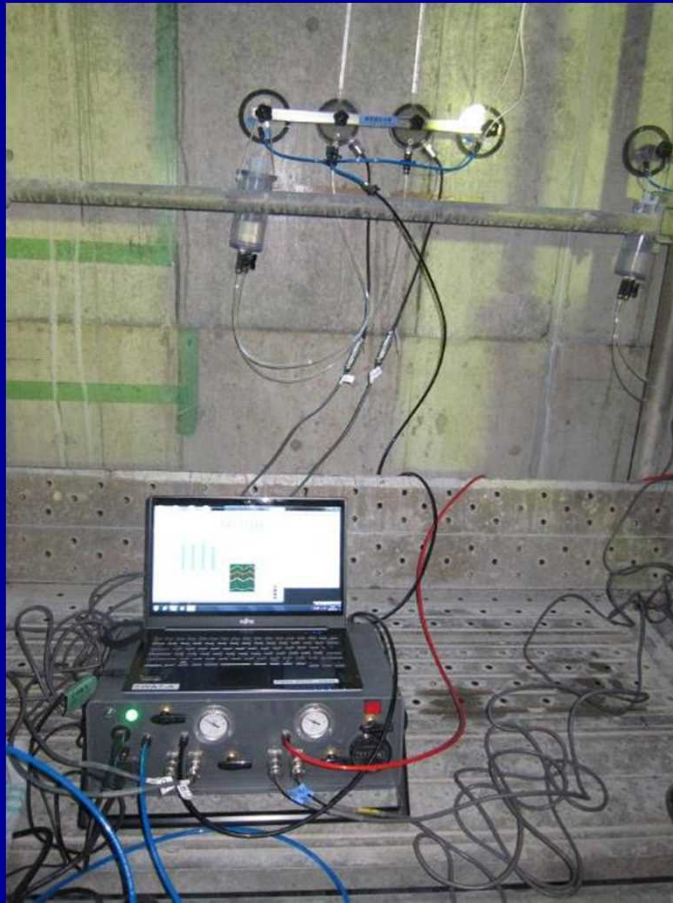


水平面上部(スラブ面)



円筒面(電柱)

現場での測定状況

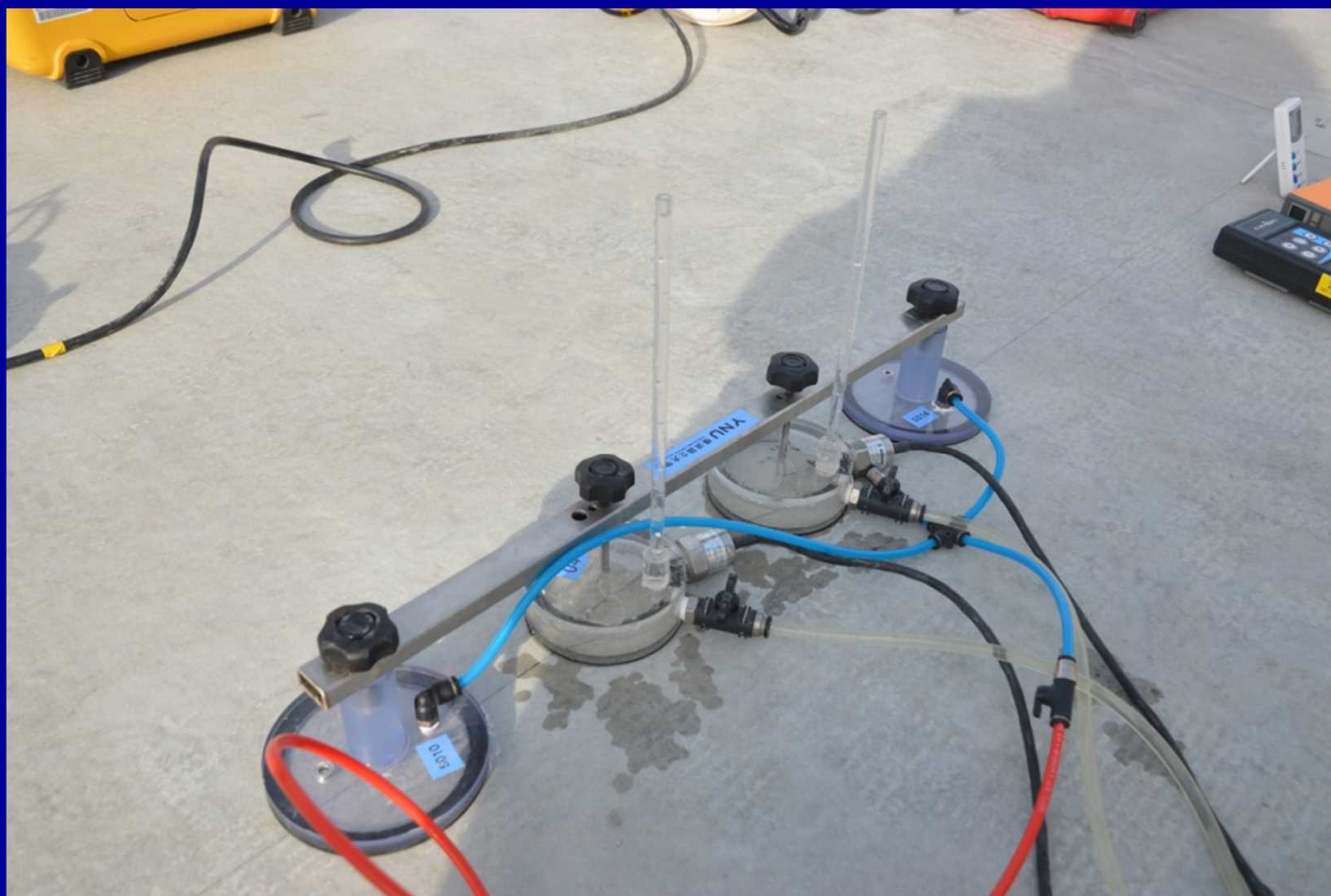


足場での測定



PC箱内部

床版上面への適用



表面の凹凸への対応



経年30年 屋外壁
モルタル溶脱(粗骨材露出)
※表面の包絡面は凸凹



貯水タンク 壁面
ペーストが溶脱(細骨材残)
※水流なしのため表面の包絡面はフラット

既存の方法でできること

1) **完全非破壊**の『表面吸水試験』を用いると、10分間の測定で、

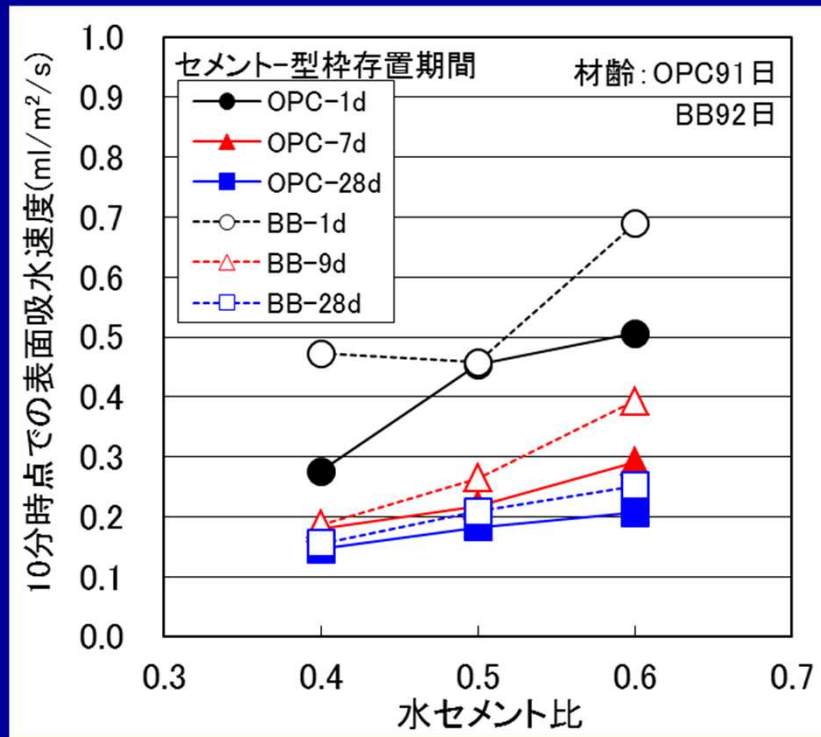
- **コンクリートの施工の良否**
- **水セメント比**
- **養生日数**
- **膨張材の効果**
- **内部拘束・外部拘束による微細損傷**
- **高炉セメントコンクリートのマスコン微細損傷**
- **表面含浸材の塗布効果**

を同定・検知できる。

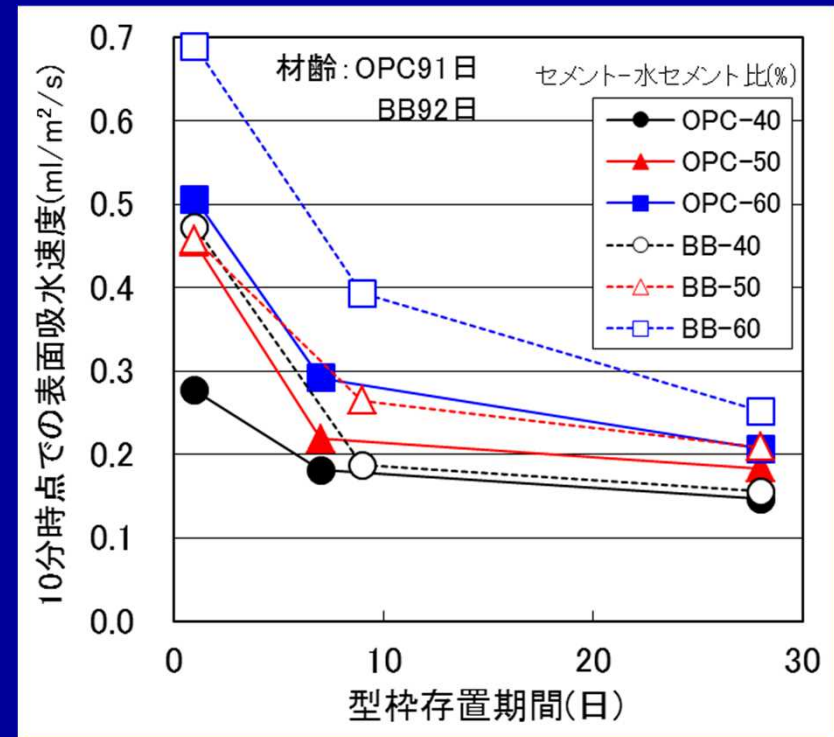
2) 表面吸水速度は正規分布に従い、統計的手法で品質の評価が可能

養生と水セメント比の感度

型枠存置期間別



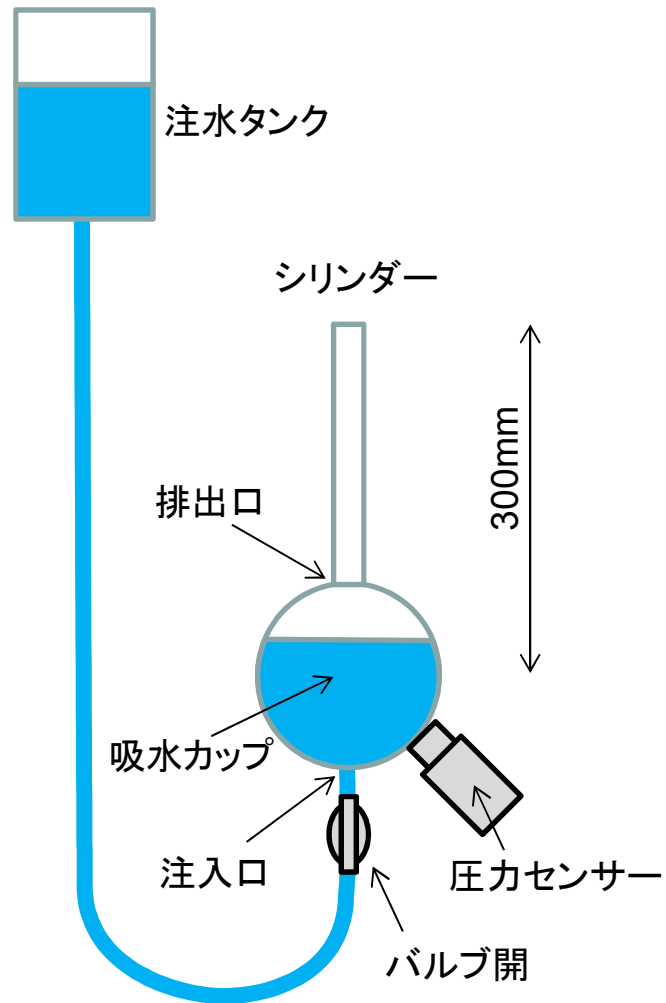
水セメント比別



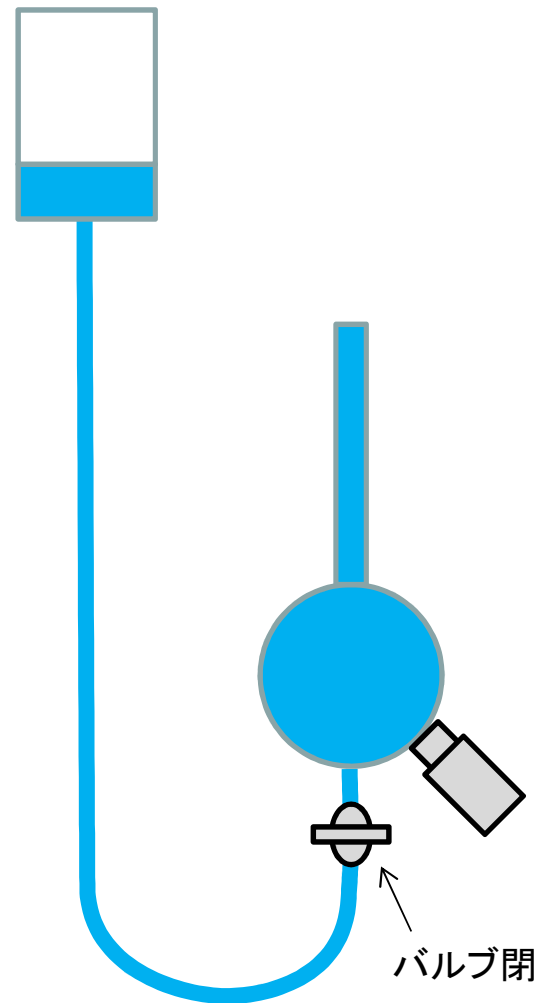
下面に適用できる方法の開発

本研究助成以前の簡易方法

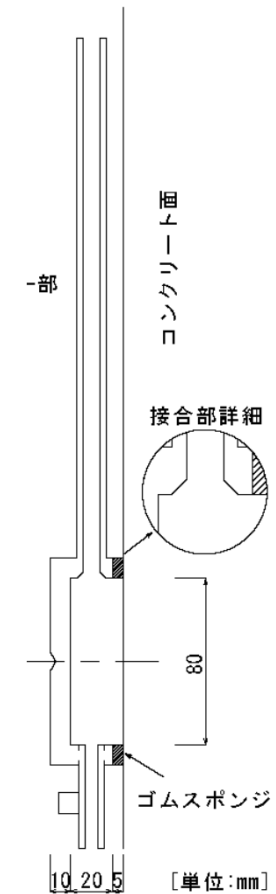
壁面方式の注水方法



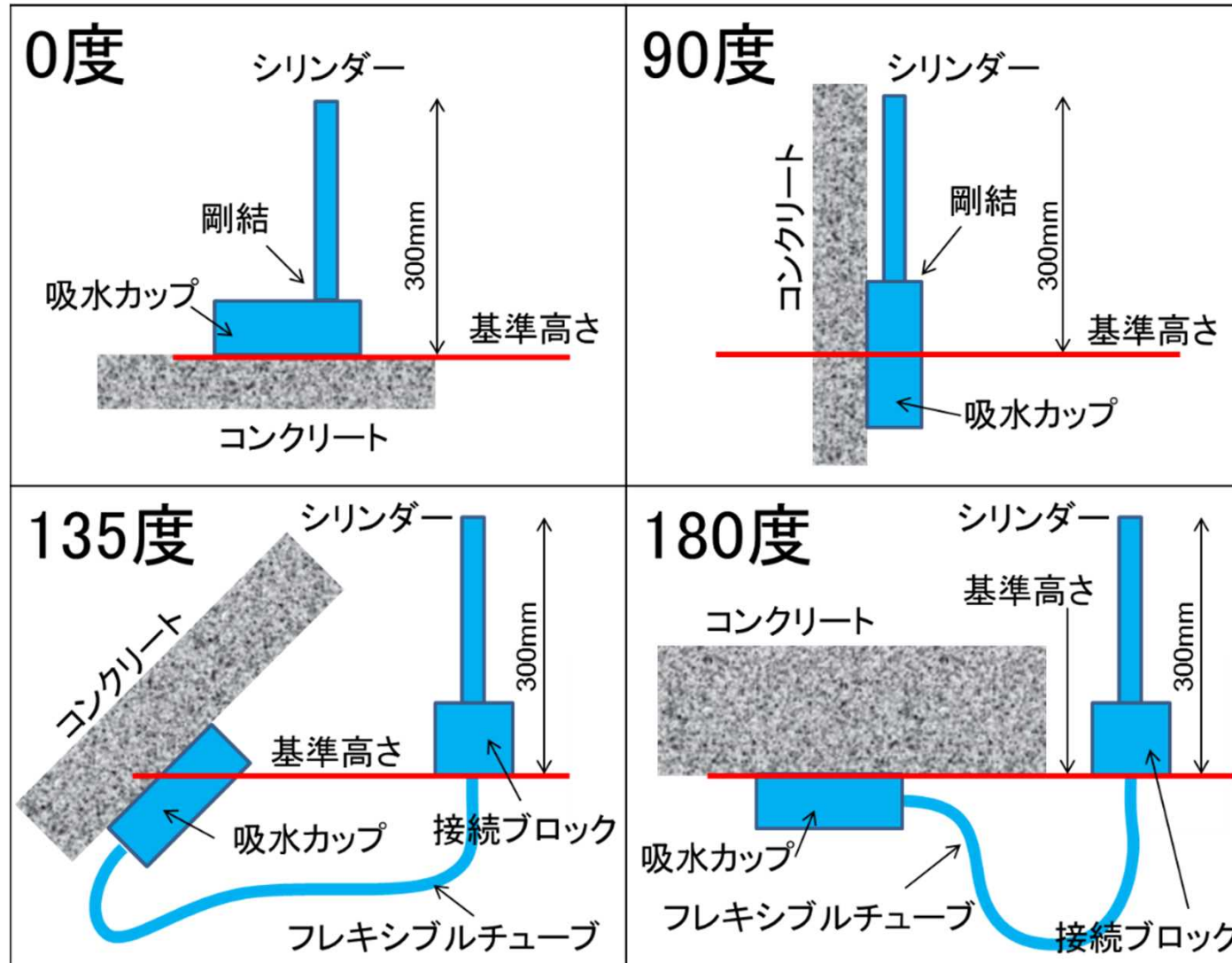
(1)注水時



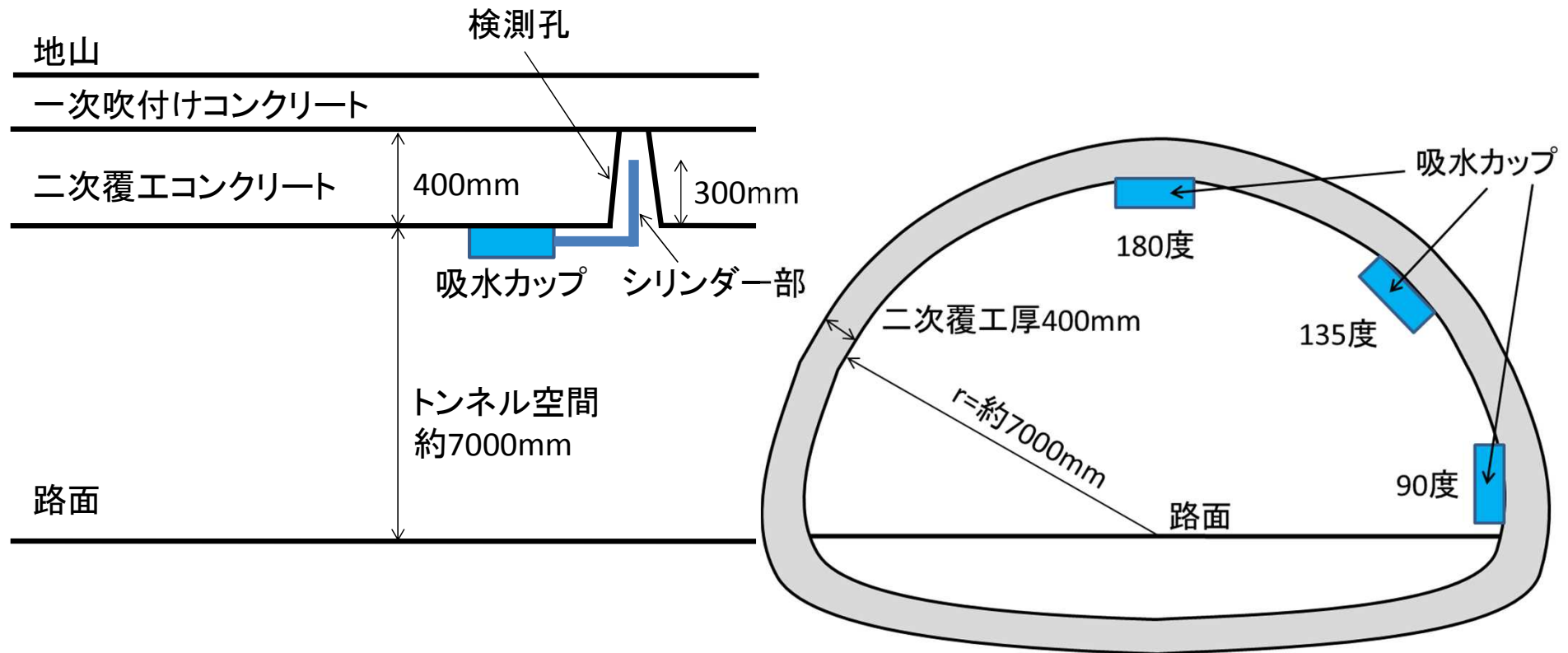
(2)注水完了・計測時



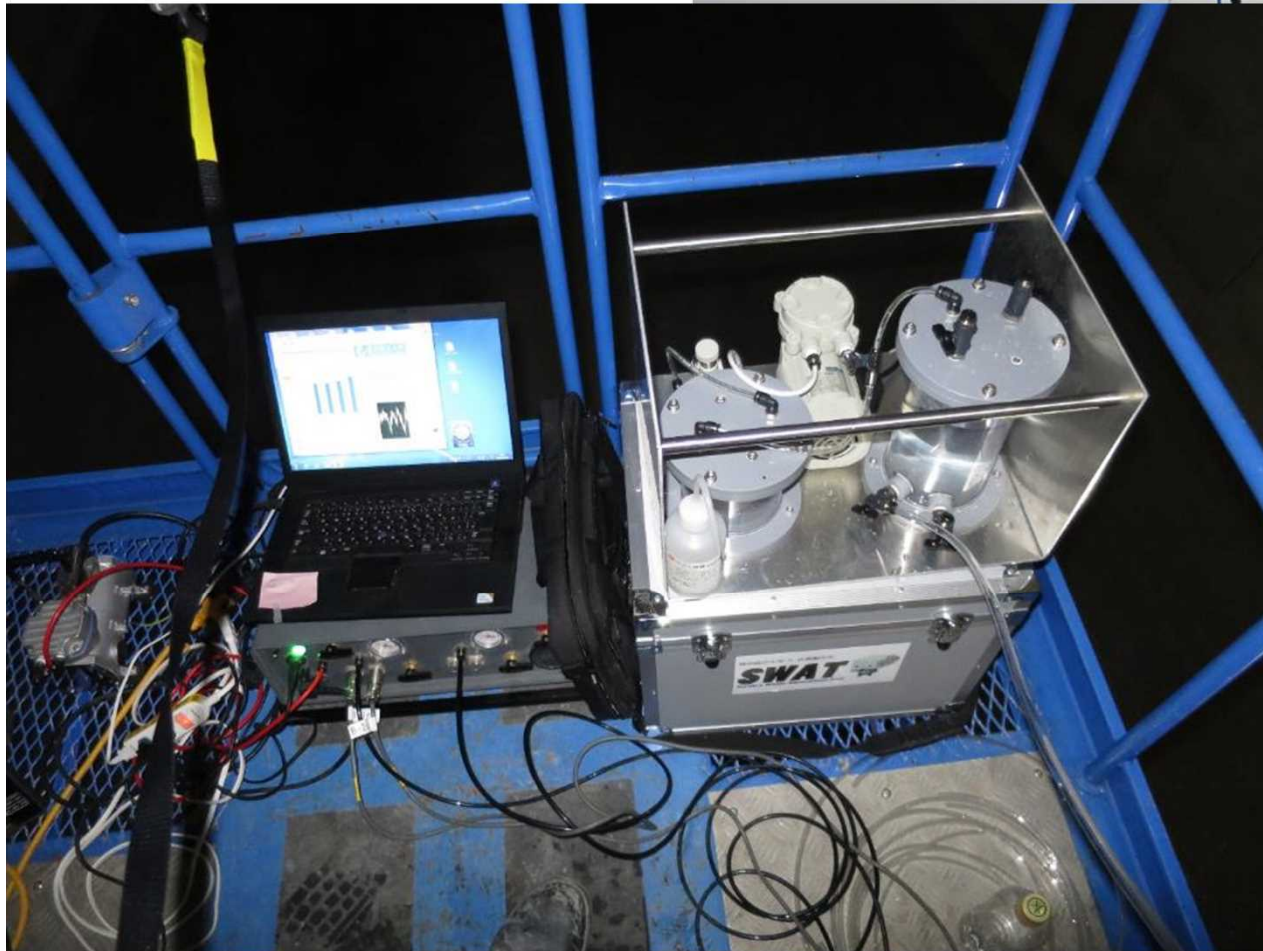
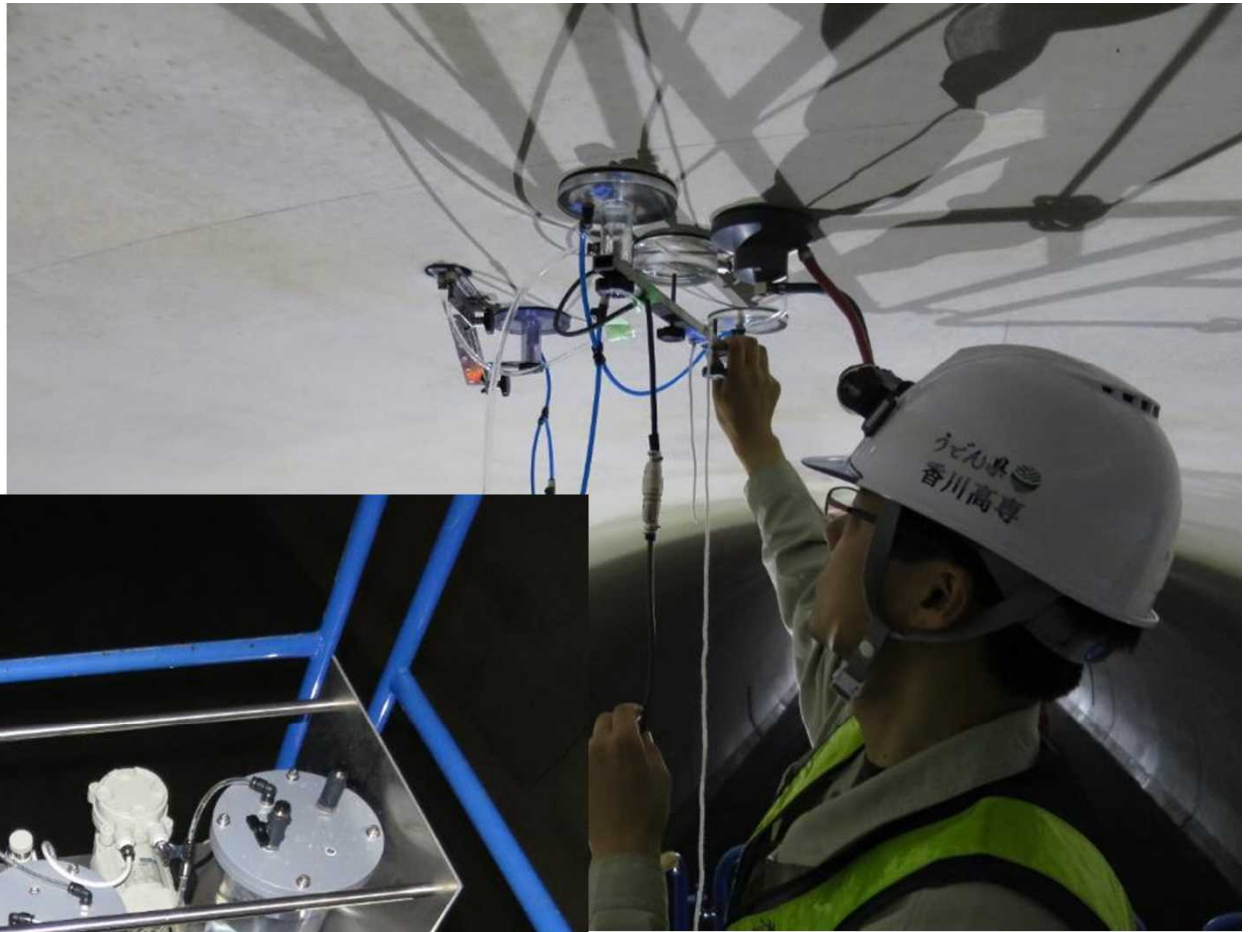
水頭の付与方法の一覧



トンネルへの適用事例







張出し床版下面への適用



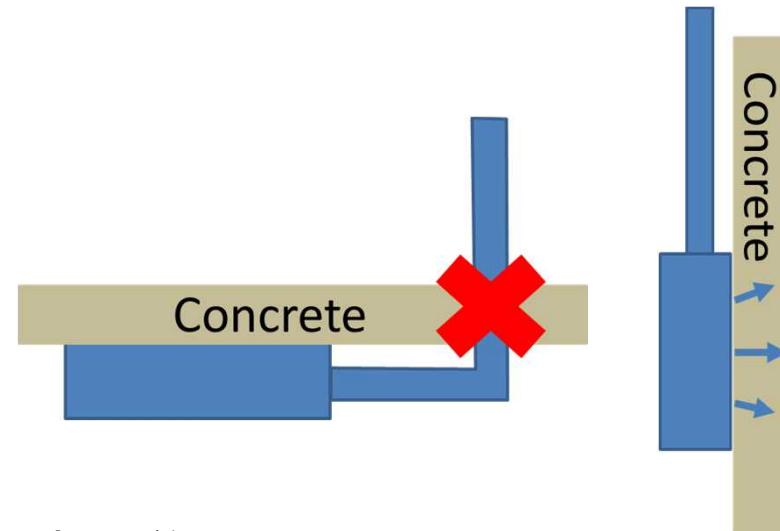
本研究助成による
下面に適用できる方法の開発

現行の表面吸水試験(SWAT)での問題点

現在のSWAT試験機は装置から鉛直に立てたチューブ内の水の時間ごとの水頭を計測することにより試験を行う。



床版裏などでは水頭を取るためのチューブを立てるスペースをとることができない。

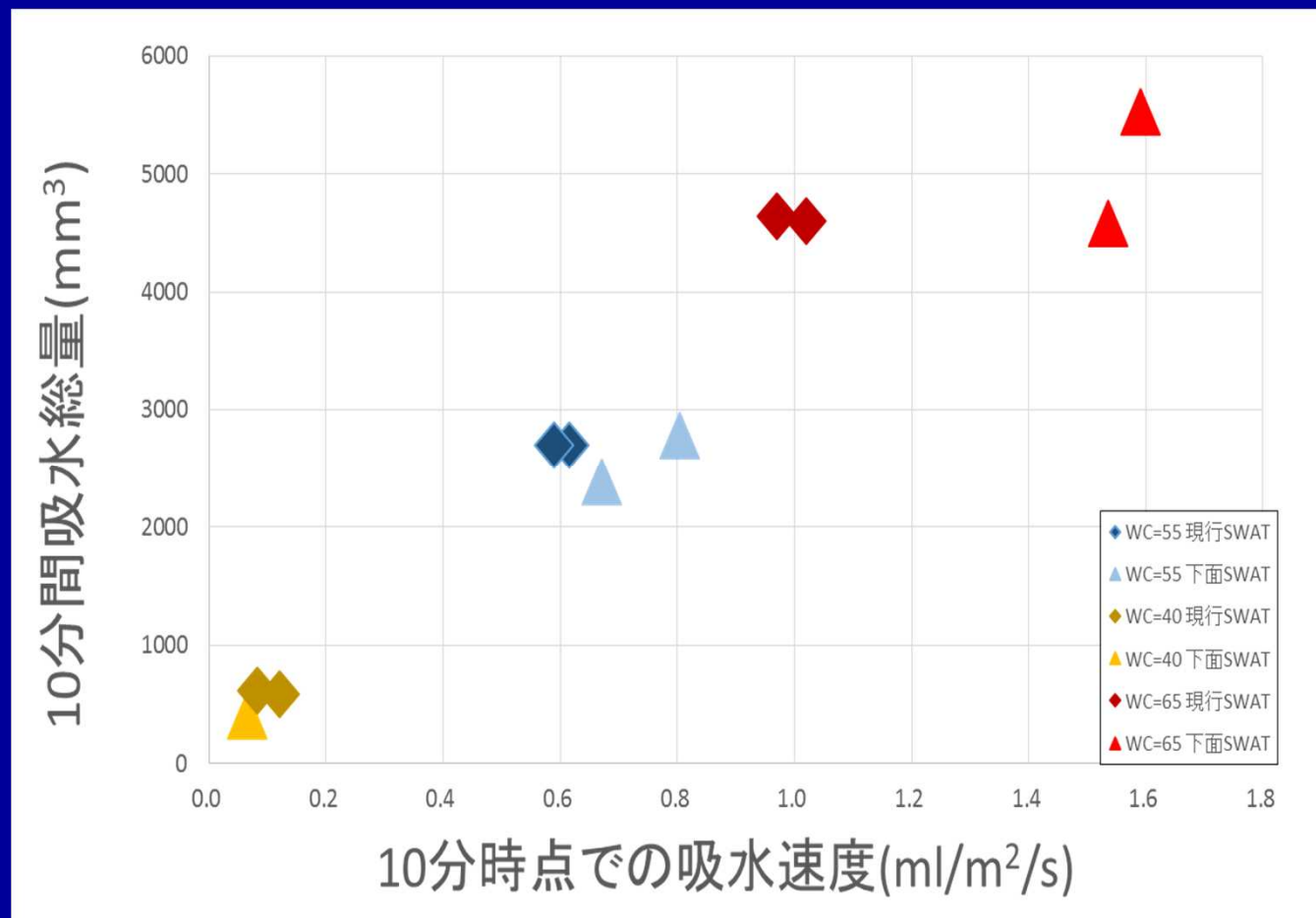


SWATでは、コンクリート表面に雨による水圧(約3kPa)と同等の圧力をかけながら吸水量を測定するので...

外部に飛び出す水頭付与のシリンダーを用いない表面吸水試験法の開発

(装置の詳細は知的財産処理が
完了していないので非公開)

現行方法と提案方法との比較



開発した方法を用いての実構造物
栈橋を用いての検証

K県 M港での検討



K県 T港 での検討



船上での測定



現地での既存方法との比較



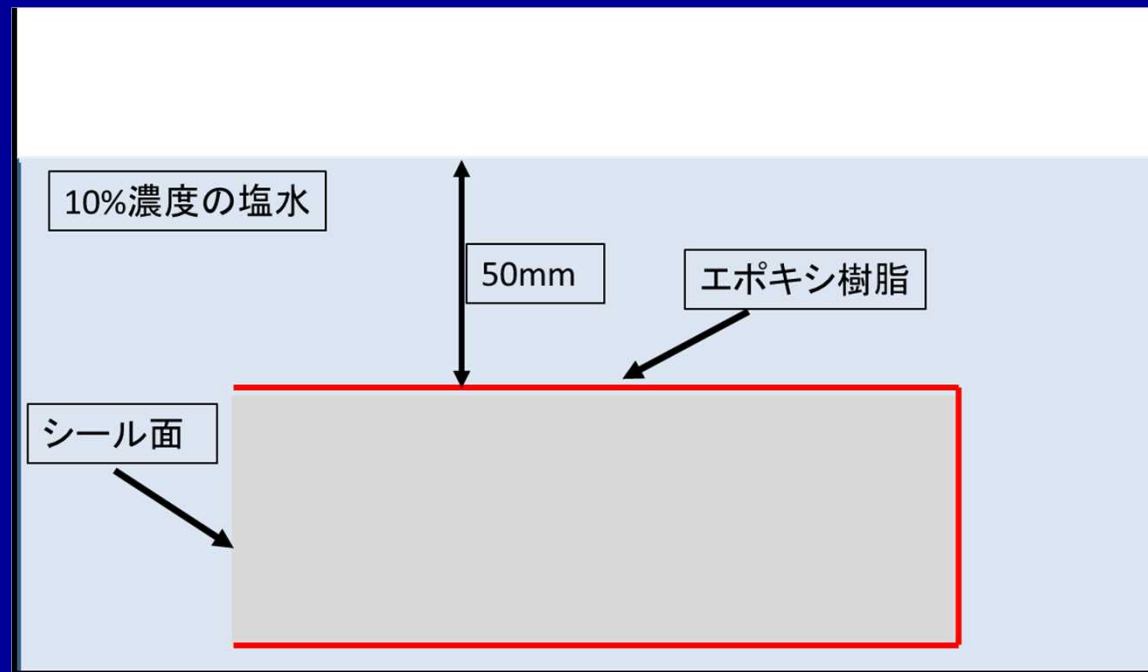
塩化物イオンの拡散係数との対応

使用した供試体

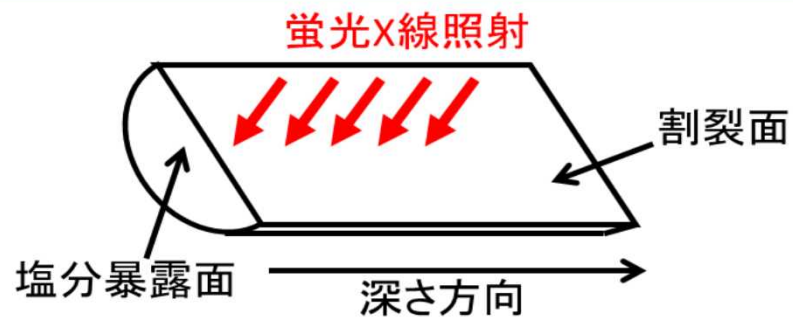
No.	供試体名	W/C (%)	セメント	脱型時の材齢 (日)	10分時点の吸水速度 (ml/m ² /s)
1	40-S	40	普通セメント	7	0.09
2	40-A	40	普通セメント	1	0.09
3	40-AD	40	普通セメント	1	0.19
4	40-W	40	普通セメント	1	0.09
5	40-SD	40	普通セメント	7	0.30
6	40-WD	40	普通セメント	1	0.18
7	60-A	60	普通セメント	1	0.37
8	60-AD	60	普通セメント	1	0.53
9	60-WD	60	普通セメント	1	0.14
10	60-SD	60	普通セメント	7	0.36
11	50A-1	50	普通セメント	1	0.34
12	50A-2	50	普通セメント	1	0.39
13	50S-2	50	普通セメント	7	0.24
14	50W-1	50	普通セメント	1	0.19
15	50AD-1	50	普通セメント	1	0.36
16	50SD-2	50	普通セメント	7	0.31
17	50WD-2	50	普通セメント	1	0.18

末尾のアルファベット	養生方法
S	材齢1日から7日まで封緘養生21日まで20℃湿度60%で気中養生
A	材齢1日から21日まで20℃湿度60%で気中養生
AD	材齢1日から7日まで20℃湿度60%で気中養生21日まで50℃湿度30%の恒温恒湿槽で乾燥
W	材齢2日から8日まで水中養生21日まで20℃湿度60%で気中養生
SD	材齢1日から7日まで封緘養生21日まで50℃湿度30%の恒温恒湿槽で乾燥
WD	材齢2日から8日まで水中養生22日まで50℃湿度30%の恒温恒湿槽で乾燥

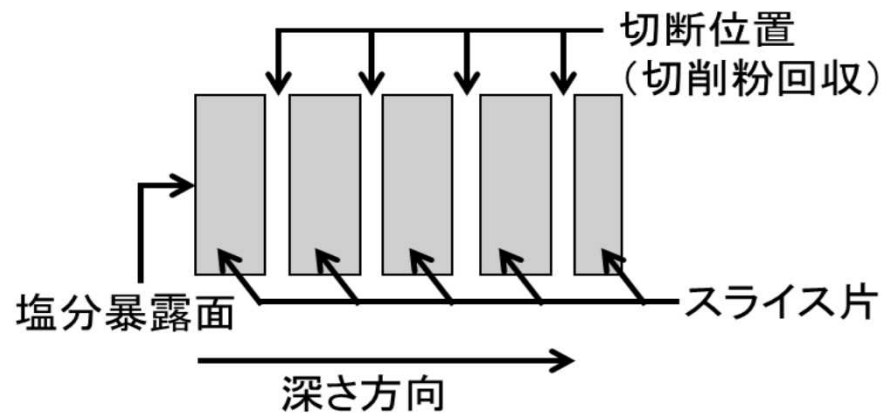
塩水浸漬試験による塩化物浸透



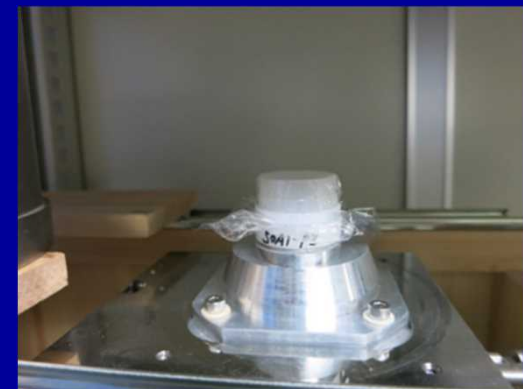
蛍光X線法による 塩化物イオン濃度測定



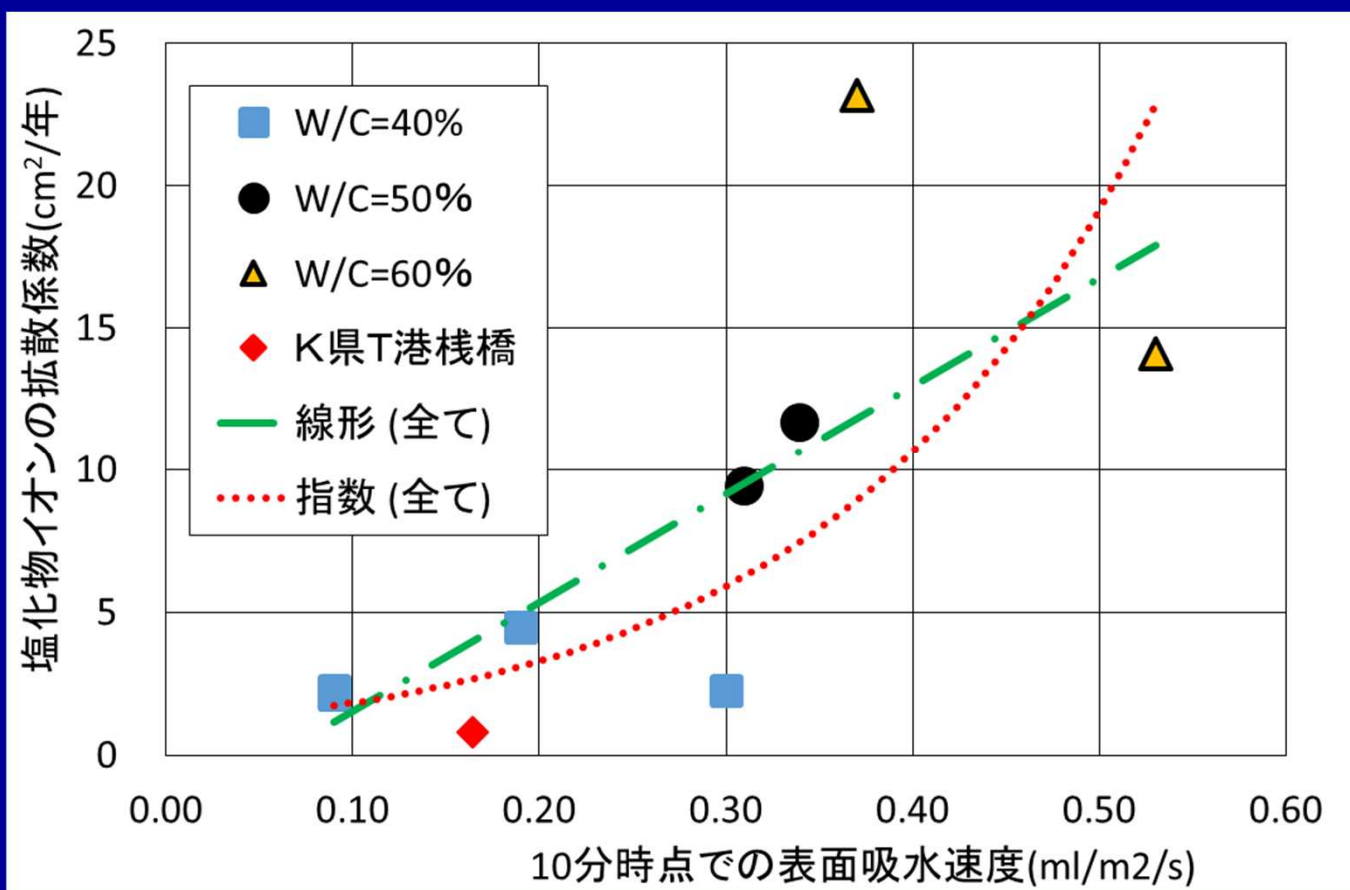
(a)面に対する直接照射測定



(b)切削粉を用いた粉末測定



塩化物イオン拡散係数と 表面吸水速度との関係



本研究助成による成果

- 鉄筋コンクリート下面に適用できる表面吸水試験方法を開発した。プロトタイプを用いて、実際に供用中の栈橋で船上から測定した。
- 限られた数の供試体による実験によって、表面吸水速度と塩化物イオン拡散係数が相関がある結果を得た。さらに供用約10年の栈橋測定結果もその範囲に位置することを確認した。

装置の小型化・自動化・高精度化への改良、供試体のパラメータを増やしての検討、を今年度実施中である。