

# 打球探査法の吹付けコンクリート 強度推定への適用性の検討



一打入魂!

東海環状自動車道 養老トンネル南工事

鹿島建設(株) 非会員 ○栗山和之  
鹿島建設(株) 非会員 松本修治  
(株)セントラル技研 正会員 池尻 健

1

## 山岳トンネル（NATM工法）における支保部材



吹付けコンクリート

鋼製支保工

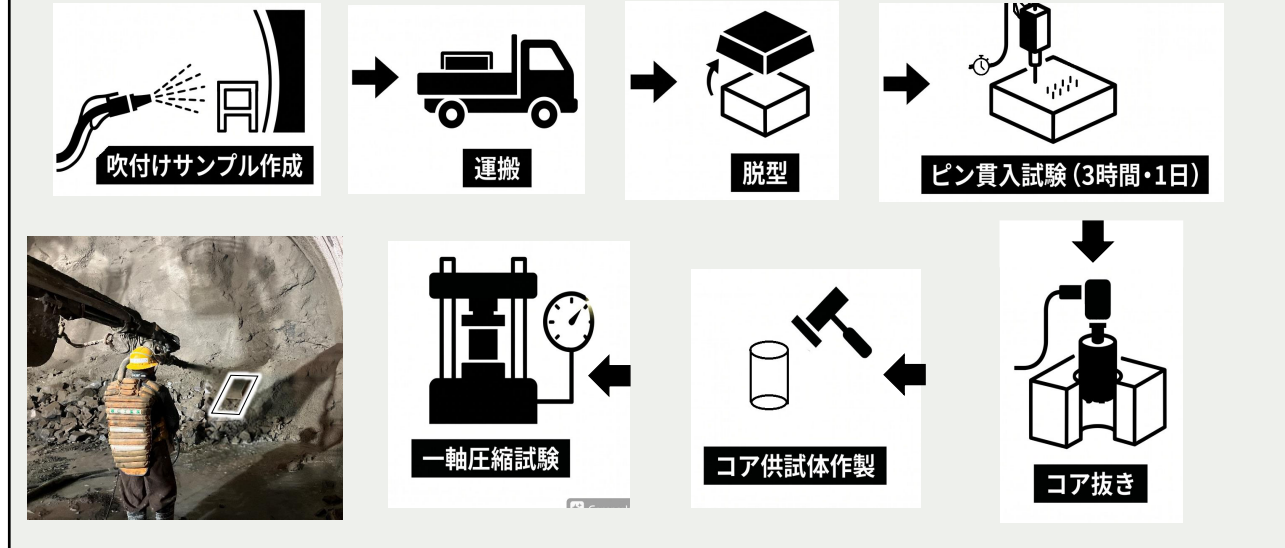
ロックボルト

### 従来の強度管理方法

若材令強度 → ピン貫入試験  
長期強度 → 一軸圧縮試験

2

## トンネルの吹付けコンクリートの品質管理の流れ

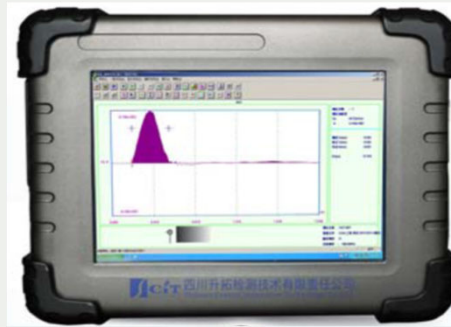


3

## 打球探査法の適用



球形ハンマー



解析用タブレットPC

$$T = a \left[ \frac{\left( \frac{1-\nu_H^2}{E_H} + \frac{1-\nu_R^2}{E_R} \right) \cdot m}{\sqrt{r \cdot V_0}} \right]^{0.4}$$

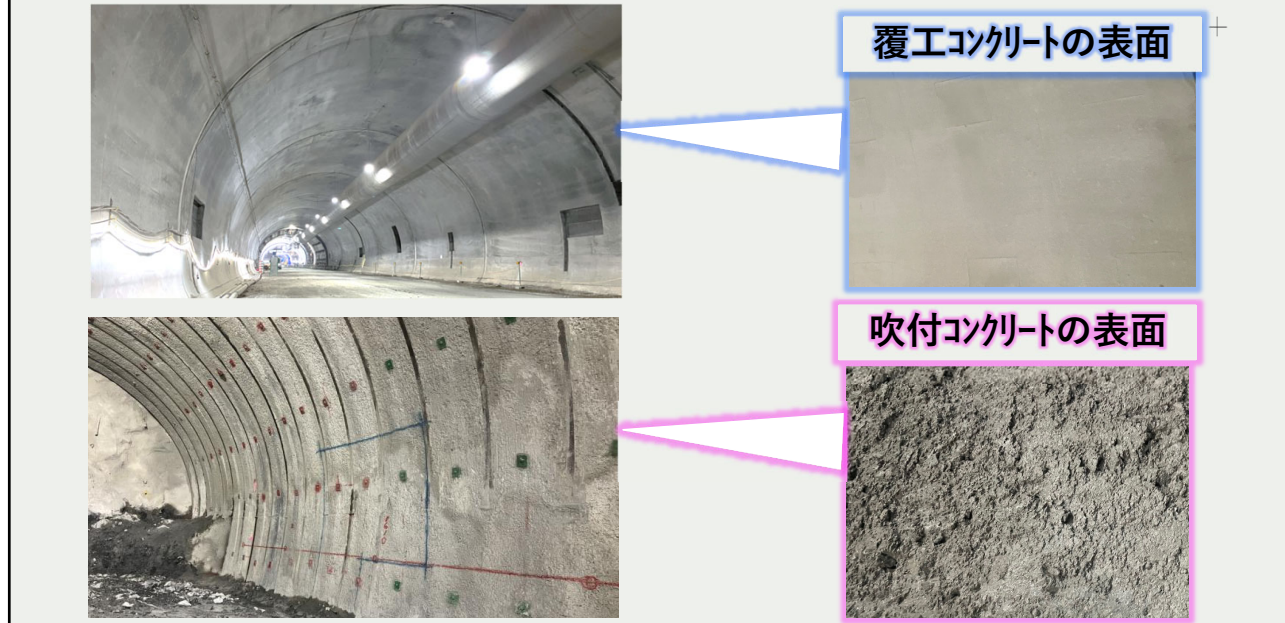
T: 接触時間 a: 無次元係数  
 ν: ポアソン比  
 E: 弾性係数  
 (添字 H: ハンマー, 添字 R: 岩)  
 m: ハンマー質量 r: ハンマー半径  
 V<sub>0</sub>: 打撃速度

- ・ 理論的なアプローチのため幅広い強度の材料に適用可能  
 (地盤や岩盤、コンクリート強度の推定実績あり)
- ・ 持ち運びが容易、瞬時に結果が得られる
- ・ 打球角度や打球速度による差が生じない

+

4

## 打球探査法を吹付けコンクリートに適用する際の課題



5

## 打球探査法の吹付けコンクリート強度推定への適用性の検討

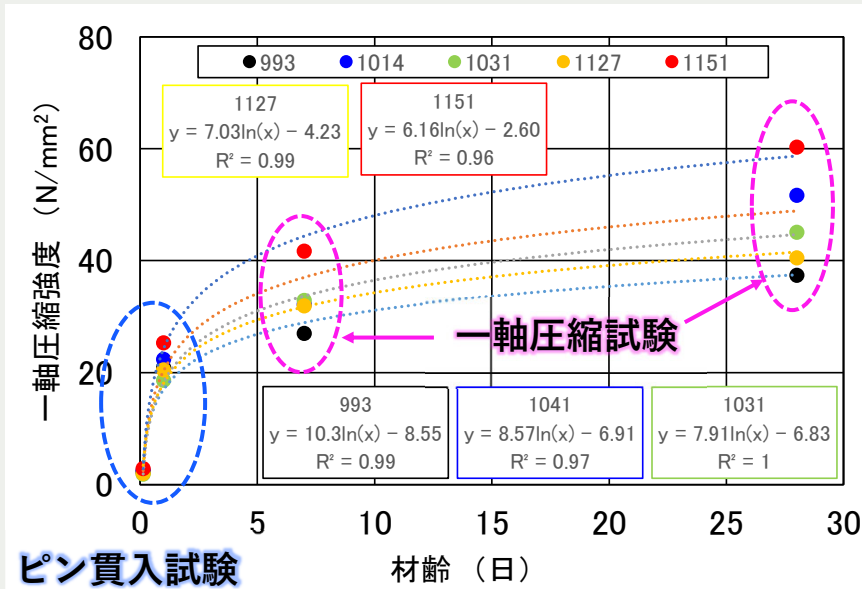
吹付サンプル採取位置 (支保工No.)		No.993、1014、1031、1127 <sup>※</sup> 、1151 <sup>※</sup>			
試験名	対象	3時間	1日	7日	28日
ピン貫入試験	吹付けサンプル	○	○	---	---
圧縮強度試験	コア供試体	---	---	○	○
打球探査試験	原位置吹付面	○	○ <sup>※</sup>	○ <sup>※</sup>	○ <sup>※</sup>
	吹付けサンプル	○	○	○	○

※支保No.1127、1151の原位置での打撃は1D取得時に吹付面を平滑に研磨

対象現場：東海環状自動車道 養老トンネル南工事

6

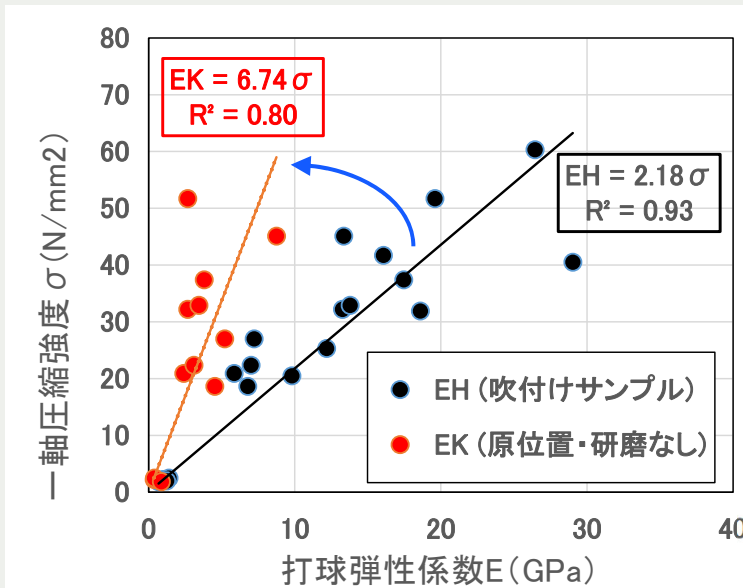
試験実施断面別のコンクリート強度曲線



配合は同じだが  
 諸条件の違いに  
 より試験回ごと  
 に強度のばらつき

7

強度試験結果と打球弾性係数の関係



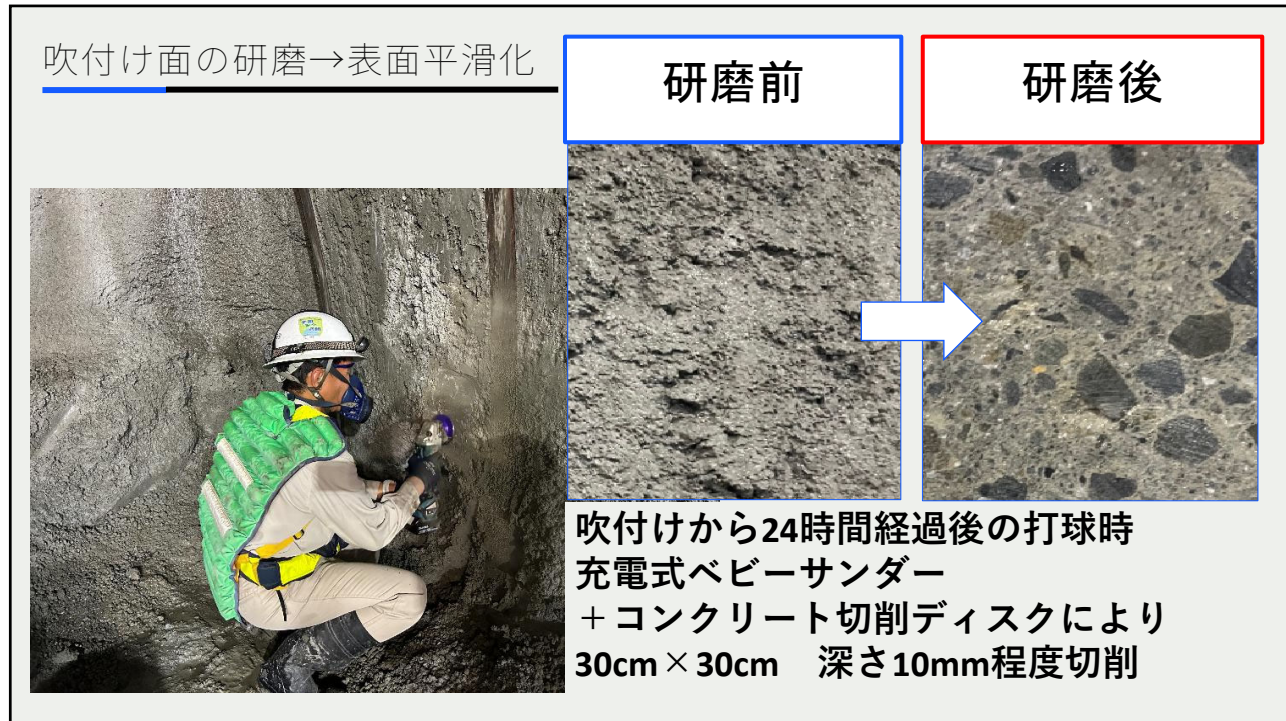
吹付けサンプルへの打撃  
 $R^2 = 0.93$

原位置での打撃  
 打球弾性係数の低下  
 +ばらつきも大

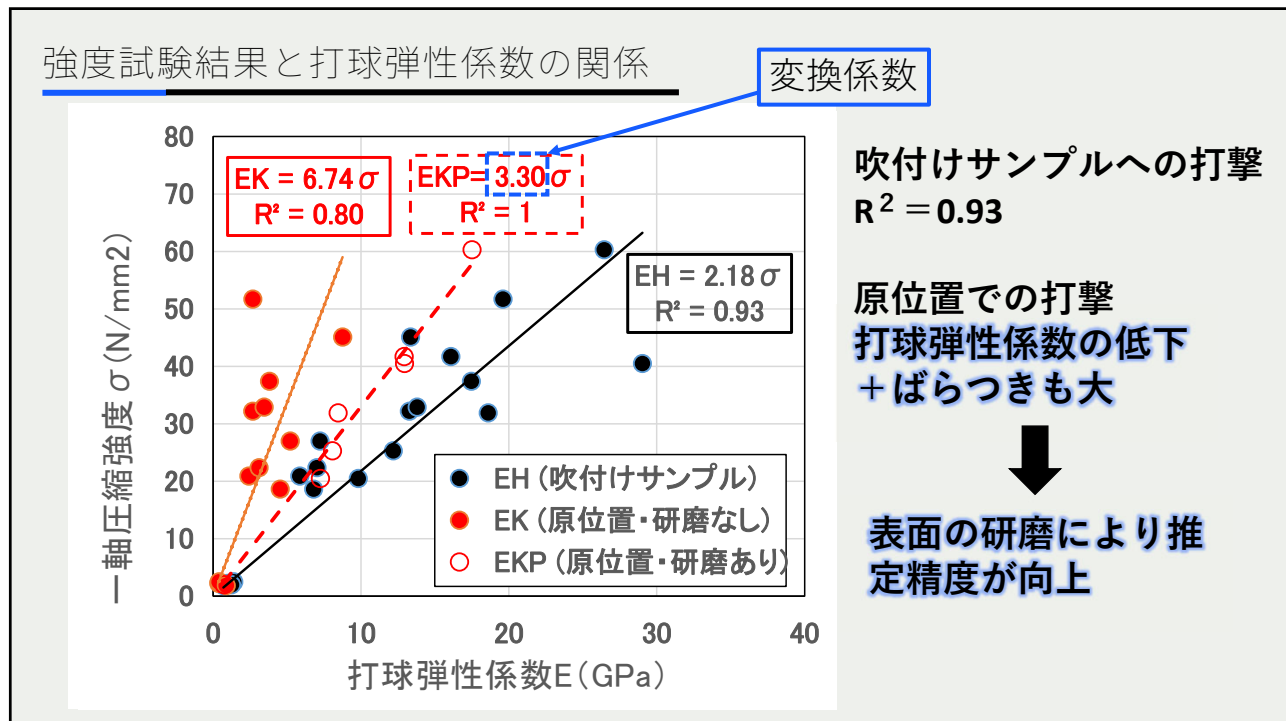


平滑ではない吹付け面を  
 打撃しても推定精度が確保  
 できない

8



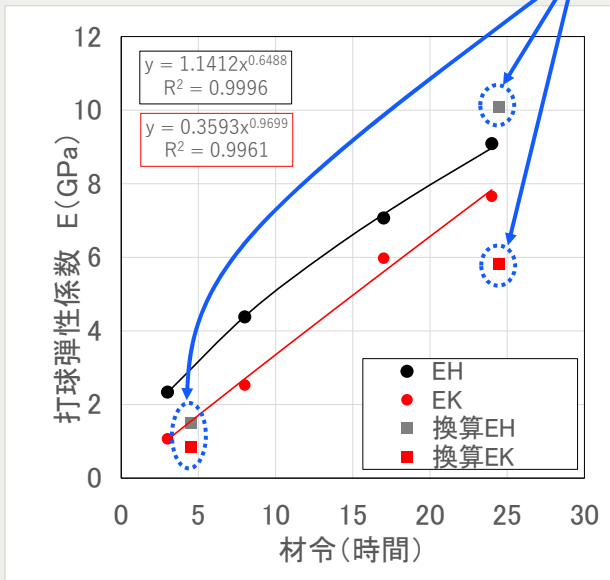
9



10

## 打球探査の初期強度への適用

## ピン貫入試験結果をEに換算



初期 (3H,8H,17H,24H)  
の打球弾性係数

強度は吹付けサンプル、  
原位置ともに直線に近い  
状態で強度が発現してい  
ることが測定できている

ピン貫入試験との整合を  
評価するにはさらなるサ  
ンプルの取得が必要

11

## 結果のまとめ

- ・ 一軸圧縮強度と吹付けサンプルでの打球弾性係数には高い正の相関
  - ・ 一軸圧縮強度と原位置での打球弾性係数は吹付け面の凹凸による影響により相関が低下する。
  - ・ 原位置の吹付け面を研磨し平滑にすることにより高い相関
- 打球探査法により原位置での一軸圧縮強度の推定が可能である
- ・ 初期強度についても強度の発現状況を打球弾性係数により確認することができ、ピン貫入試験に代替できる可能性が示された。

12

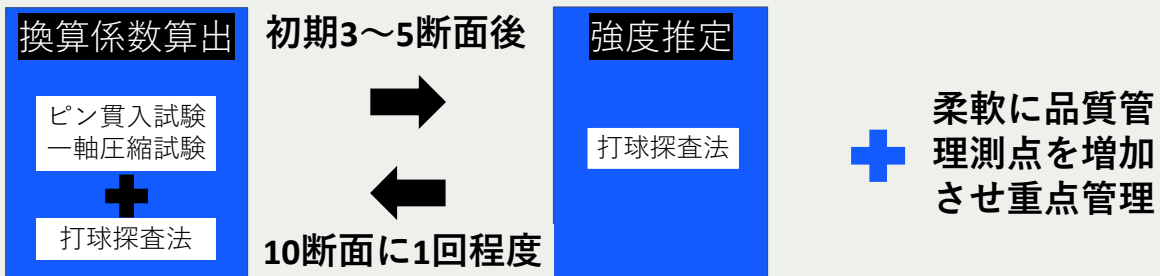
## 打球探査法適用への課題

### 【課題】

- ・ 高強度吹付けの実績増加 ～ 3時間強度推定精度向上
- ピン貫入試験（特に3時間強度）との相関性の検証が課題
- ピン貫入試験と一軸圧縮試験の両守備範囲をカバー
- 若材令の段階で28日強度が推定できる可能性も
- ・ 他配合での適用性検証

13

## 打球探査法を用いた品質管理法の提案



14