

打撃試験によるコンクリートの 新しい非破壊試験技術の概要と 適用事例

富山県立大学 工学部
環境・社会基盤工学科
内田慎哉

衝撃弾性波法

③ 弾性波の記録



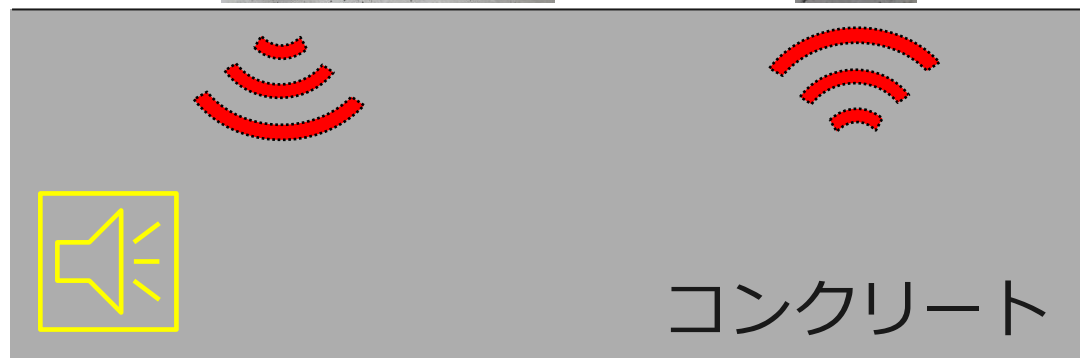
① 弾性波の入力



② 弾性波の受信

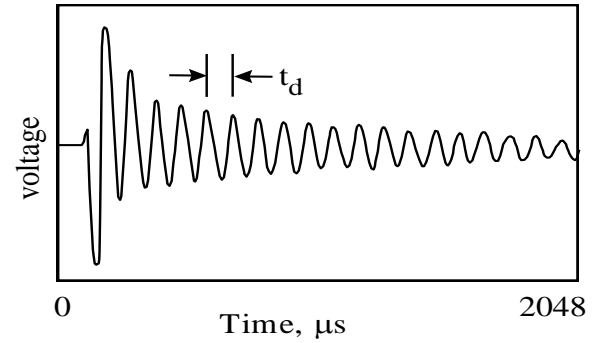
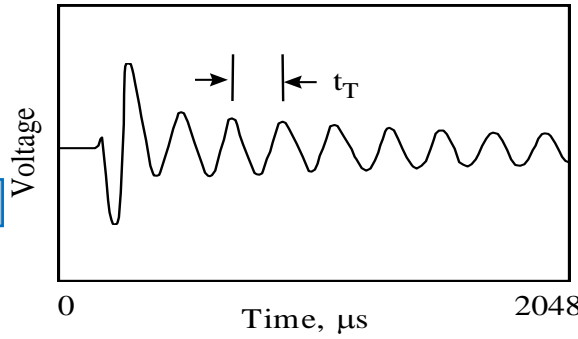


加速度
センサ

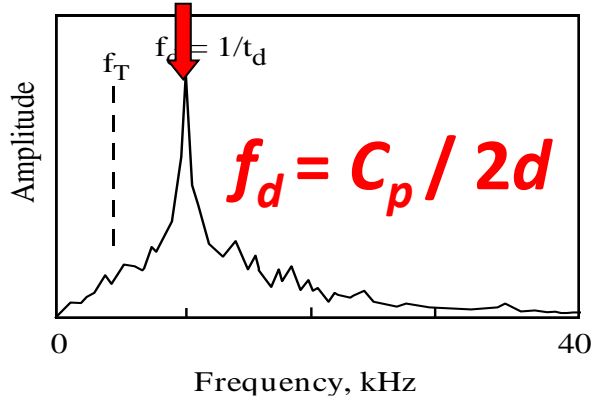
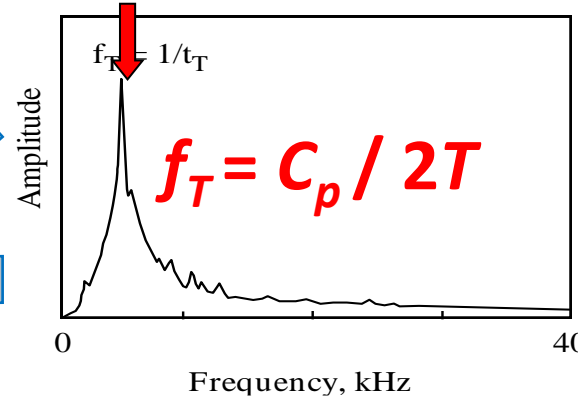


衝撃弾性波法による欠陥検出の原理

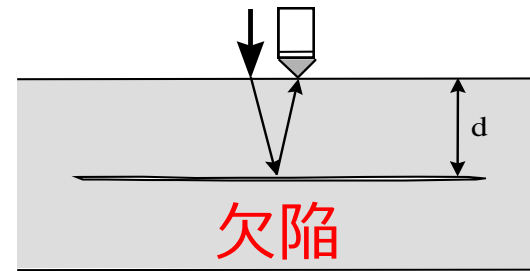
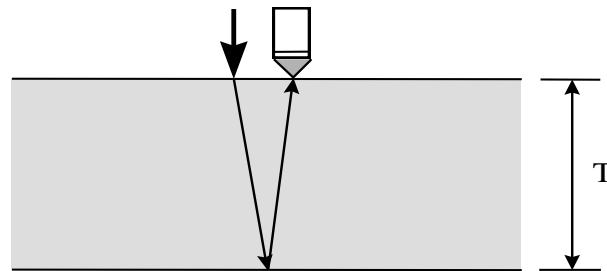
記録



分析



評価



<欠陥の有無>

板厚： T ，欠陥深さ： d ，縦波伝搬速度： C_p

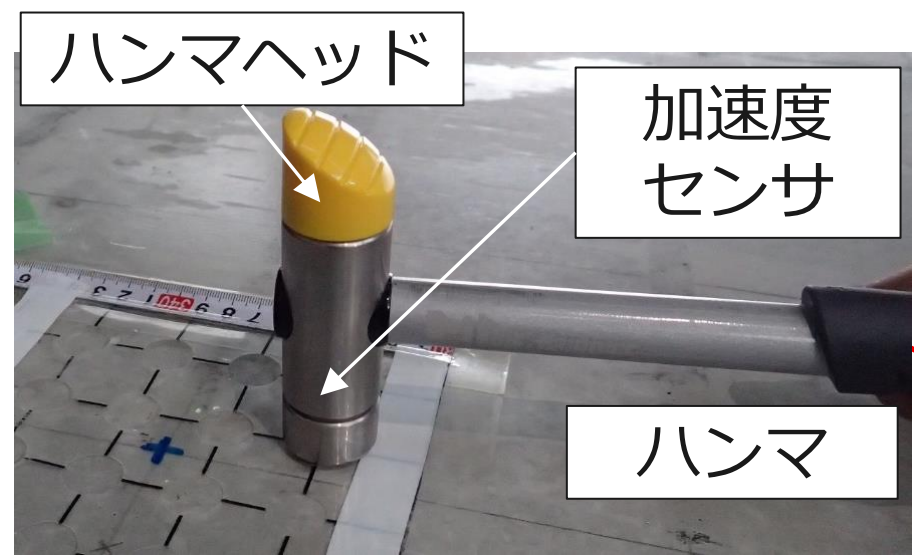
打撃試験方法

① 打撃・受信



点検ハンマ

日東建設(株)久保元樹氏提供



ハンマヘッド

加速度
センサ

ハンマ

② 記録



日本非破壊検査協会

NDIS3434:2017 : コンクリートの非破壊試験

－打撃試験方法－

打撃試験方法の位置付け



精度・情報

高い
多い

精密検査

可視化

コスト
手間

高い
遅い

低い
早い

スクリーニング

効率化

低い
少ない

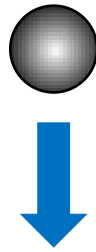


打撃試験方法のポイント

打撃により，弾性変形が生じ，
弾性変形の復元によって反発

作用・反作用

鋼球落下
(作用)



コンクリート

反作用：大

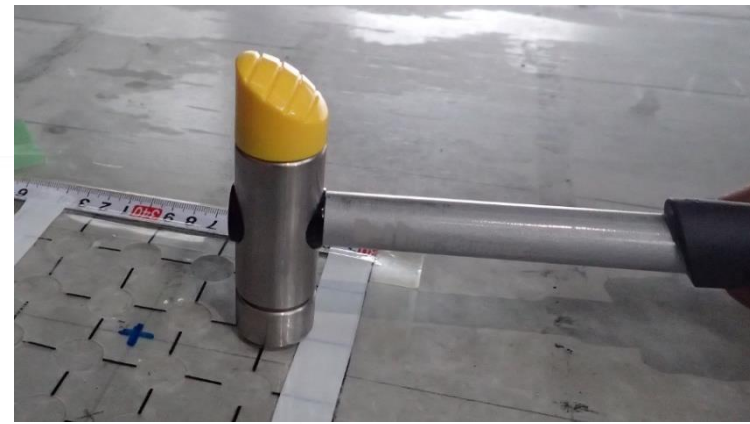
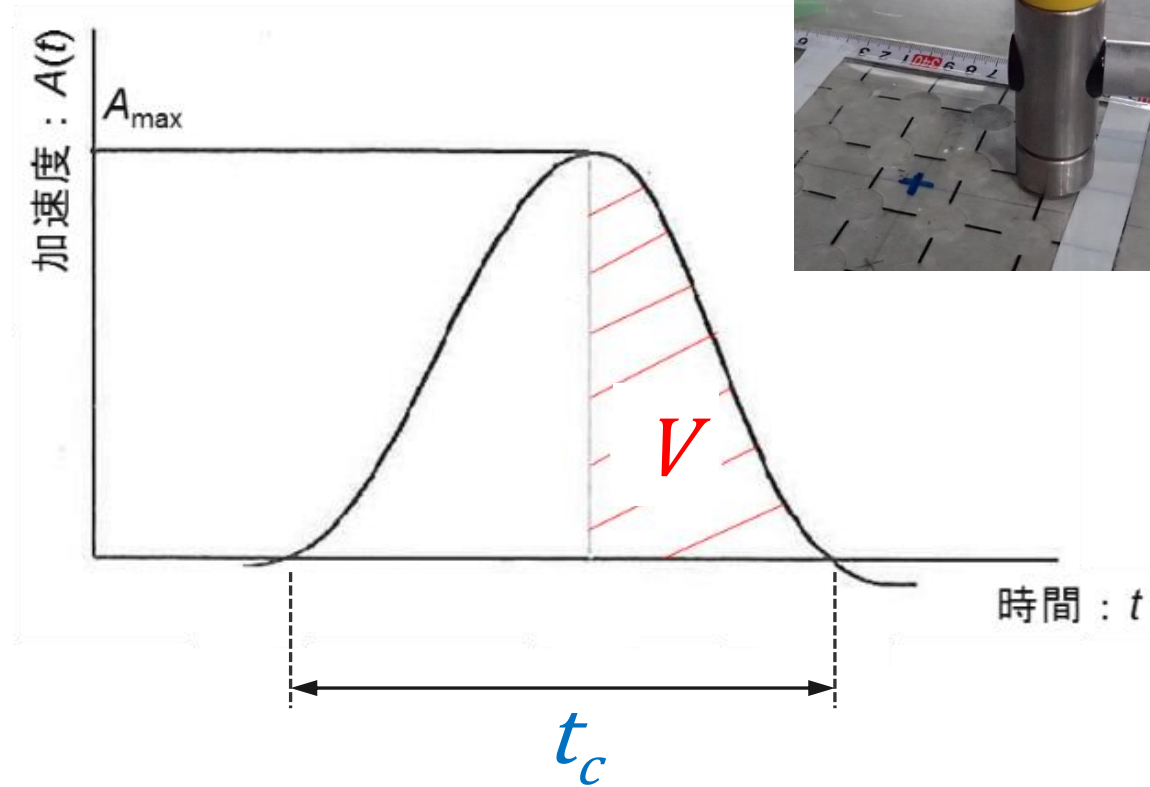


スポンジ

反作用：小

相手の状態（硬さ・弾性係数）を反映

打撃波形



接触時間 : t_c

機械インピーダンス : Z

$$Z = \frac{F}{V} \text{ (Ns/m)}$$

F : 打撃力, V : 速度

試験方法の選択

試験方法	接触時間	機械インピーダンス
原理	衝突による弾性体の接触理論	
打撃体 (ヘッド+センサ)	8~18g	190~380g
評価対象	表層品質	強度・弾性係数
規格	NDIS3434-2	NDIS3434-3

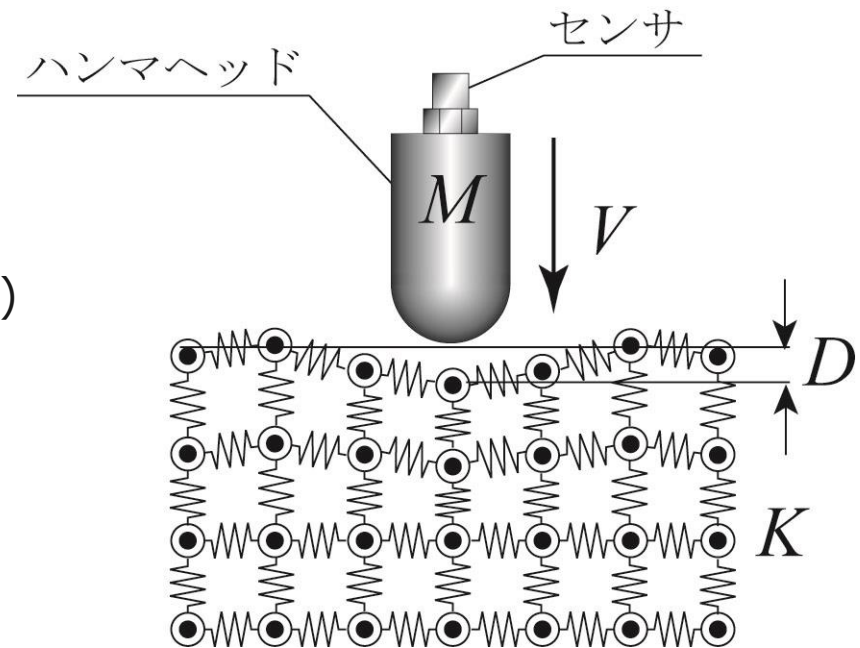
機械インピーダンスの物理的意味

機械インピーダンス： Z

$$Z = \frac{F}{V} = \sqrt{MK} \text{ (Ns/m)}$$

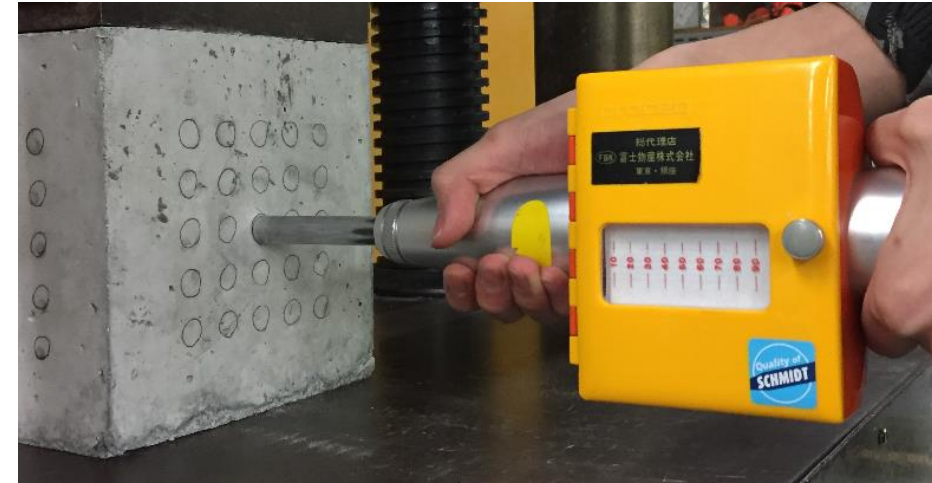
M : 打撃体の質量 (ハンマヘッド+センサ)

K : バネ定数

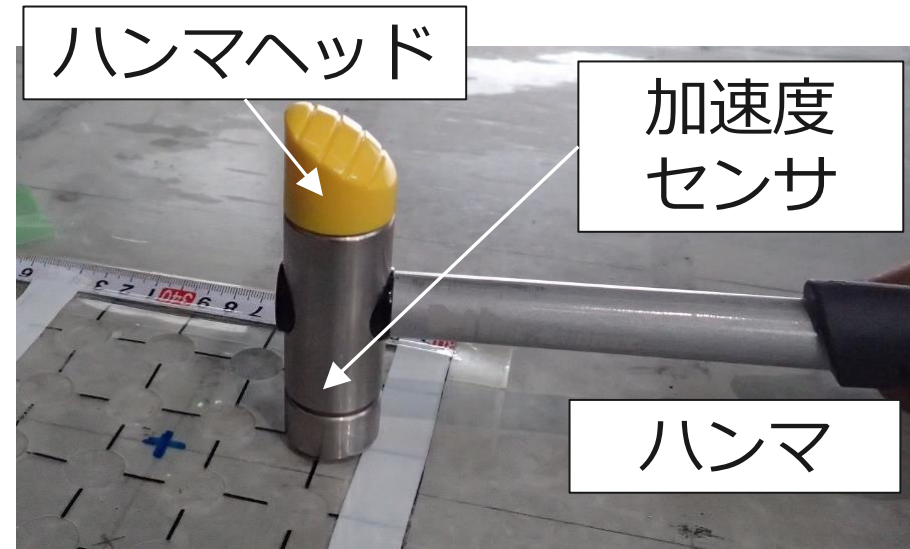


物体の機械的な動きにくさを示す指標

簡易な試験方法



① 反発度に基づく方法



② 機械インピーダンス試験方法

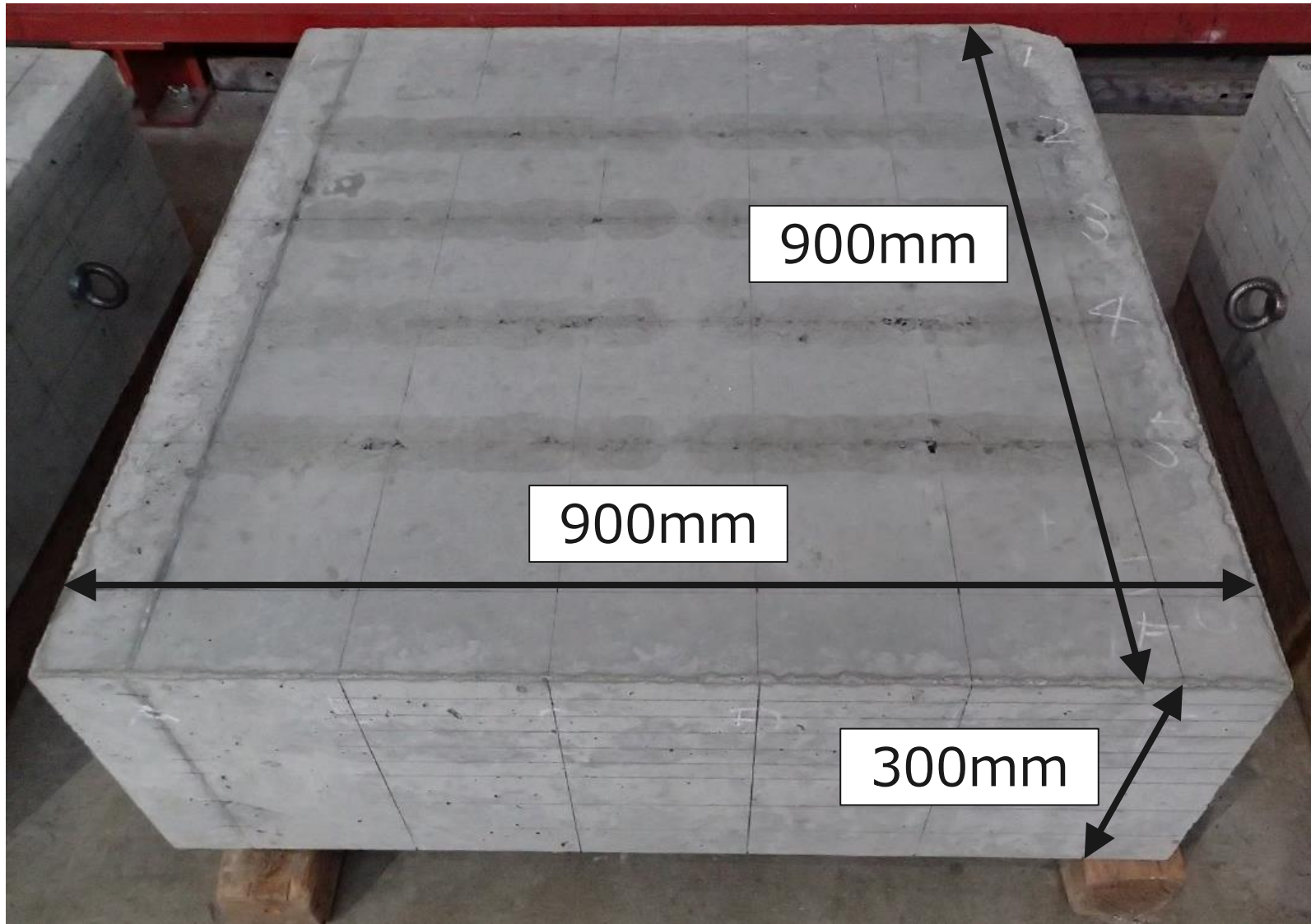
機械インピーダンスの優位性

柔らかい ←————→ 硬い

	MCナイロン	コンクリート	御影石
弾性係数 E	4GPa	40GPa	120GPa
反発度 R	55	45	55
機械インピーダンス Z	0.84	1.25	1.95

MCナイロン, 黒御影石 : 完全弾性体 (塑性変形しない)
: 反発係数1

供試体概要



内田慎哉, 春畑仁一, 小松由弥, 池田憲一: 反発度および機械インピーダンスによる火害を受けたコンクリートの劣化評価手法に関する基礎的研究, コンクリート工学年次論文集, Vol.39, No.1, pp.1903-1908, 2017.

ガス加熱炉による供試体の加熱



(一財)日本建築総合試験所
春畑仁一氏提供

加熱条件

昇温：ISO834 標準加熱曲線（炉内温度）

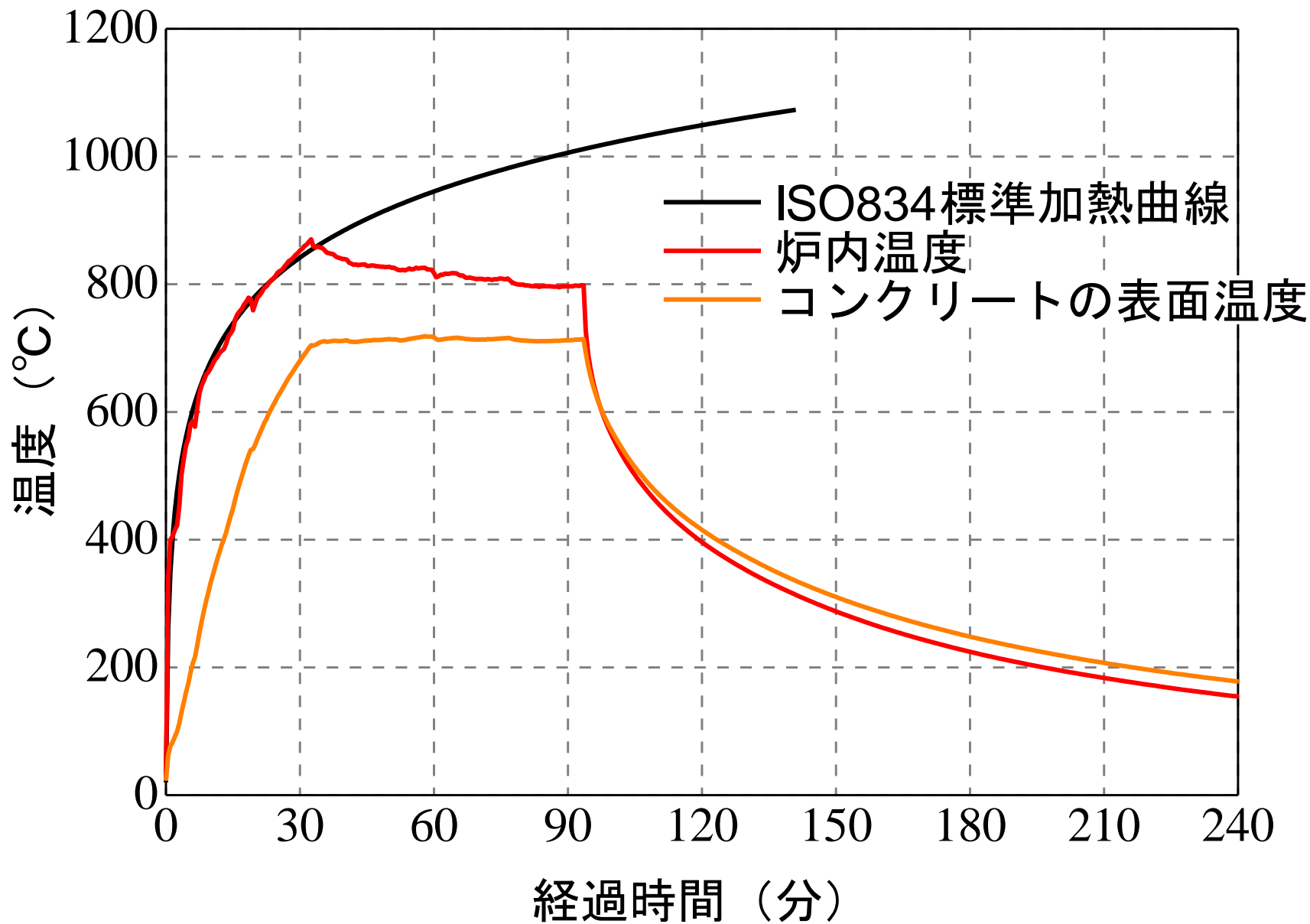
最高温度：コンクリートの表面温度

未加熱, 110°C, 300°C, 500°C, 700°C

加熱継続時間：1時間

冷却：加熱炉上で自然除冷

加熱試験の結果 (700°C)



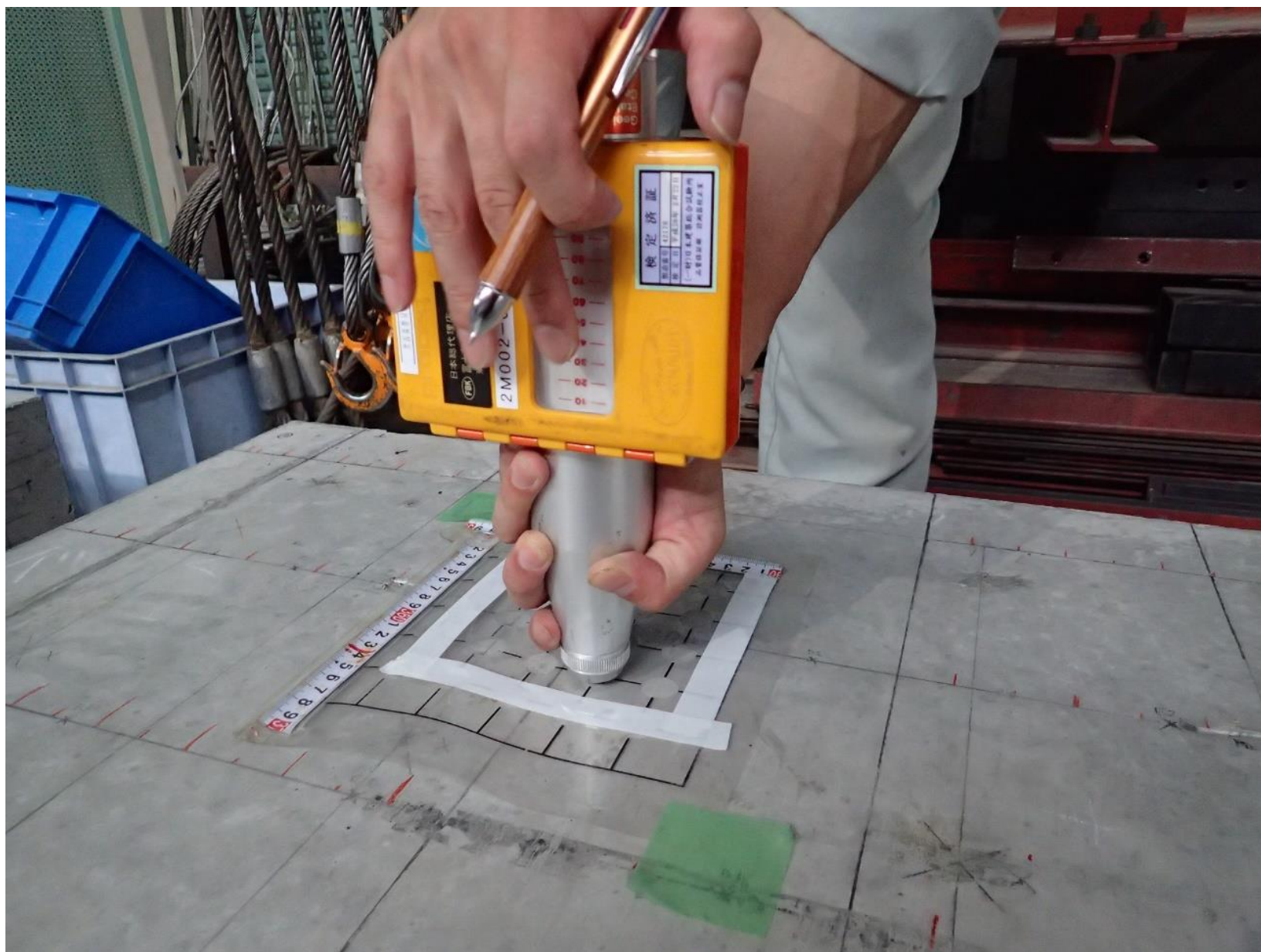
反発度・打撃試験方法

化学的変化の評価	粉末X線回折 (XRD)
	示差熱天秤分析 (TG-DTA)
	走査型電子顕微鏡 (SEM)
	偏光顕微鏡
	中性化深さ
	水分分布 (相対含水率)

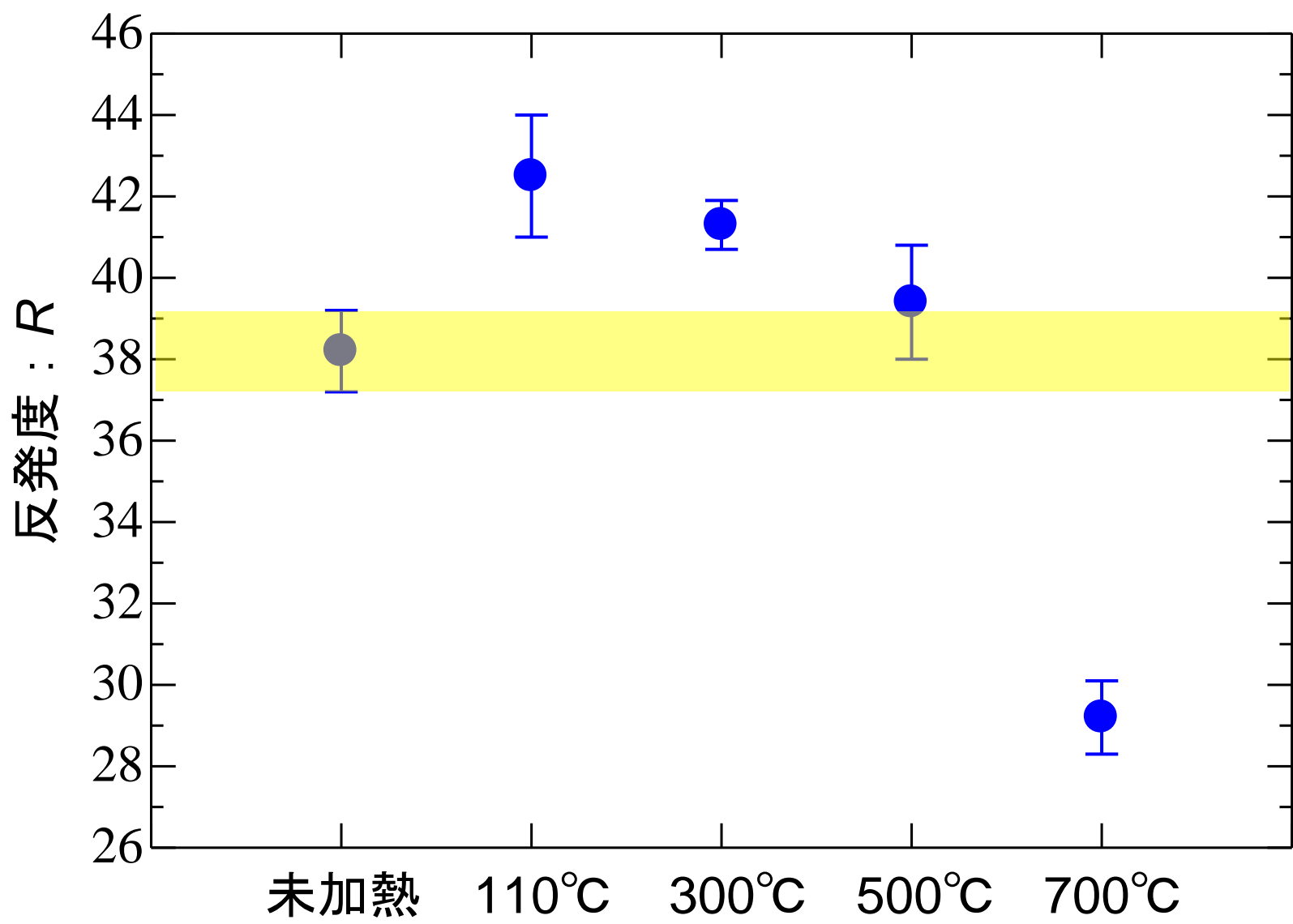
力学的性質の評価	圧縮強度
	静弾性係数

スクリーニング	ひび割れ観察
	色彩測定法
	表層透気試験
	接触時間試験
	反発度に基づく方法
	機械インピーダンスに基づく方法
	音響伝達関数に基づく方法
	表面波速度に基づく方法
	弾性波トモグラフィ法
	深さの評価
衝撃弾性波法による表面走査法	
超音波法による表面走査法	
孔内局部載荷試験	

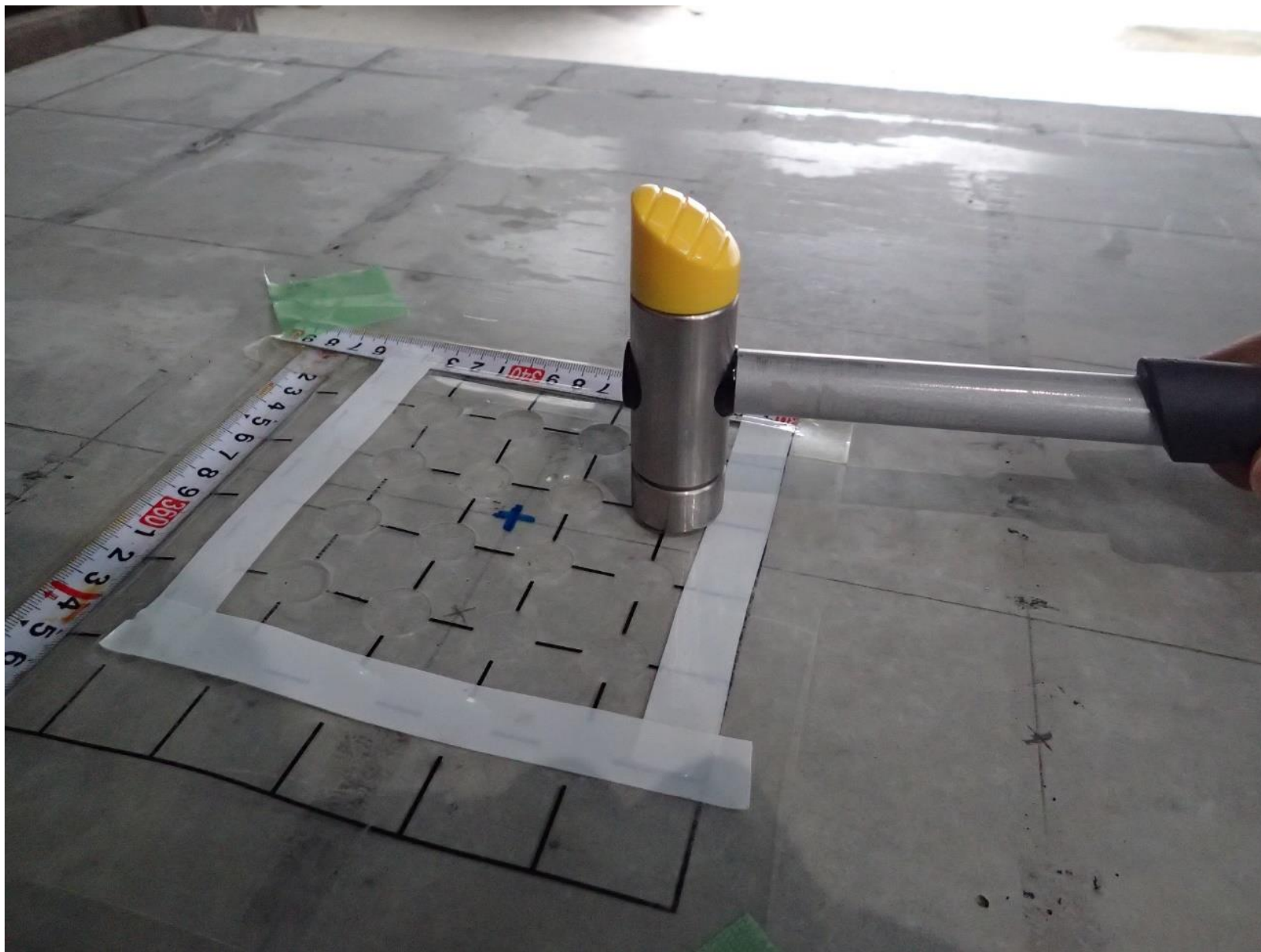
反発度 : R



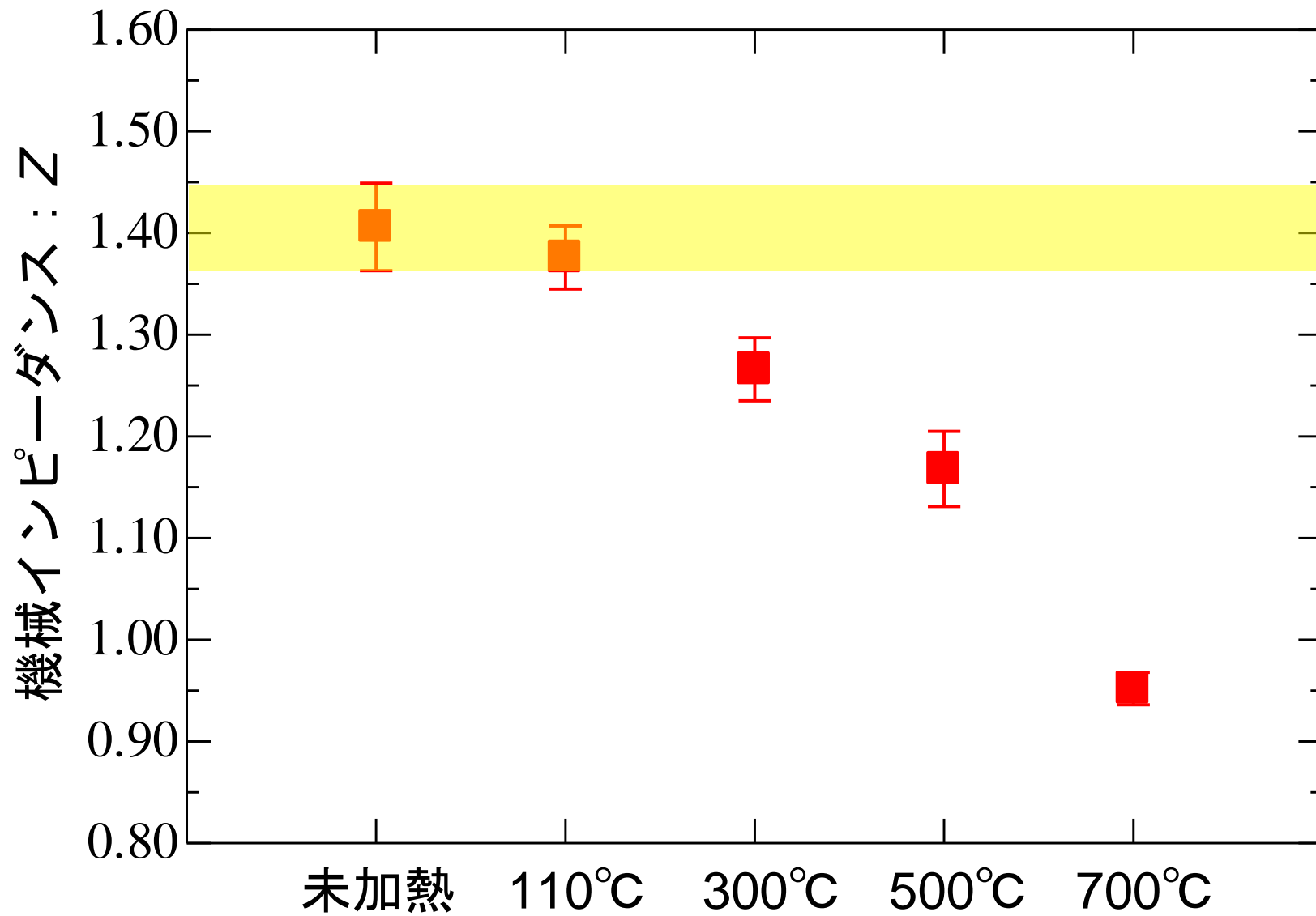
反発度： R



機械インピーダンス : Z



機械インピーダンス：Z

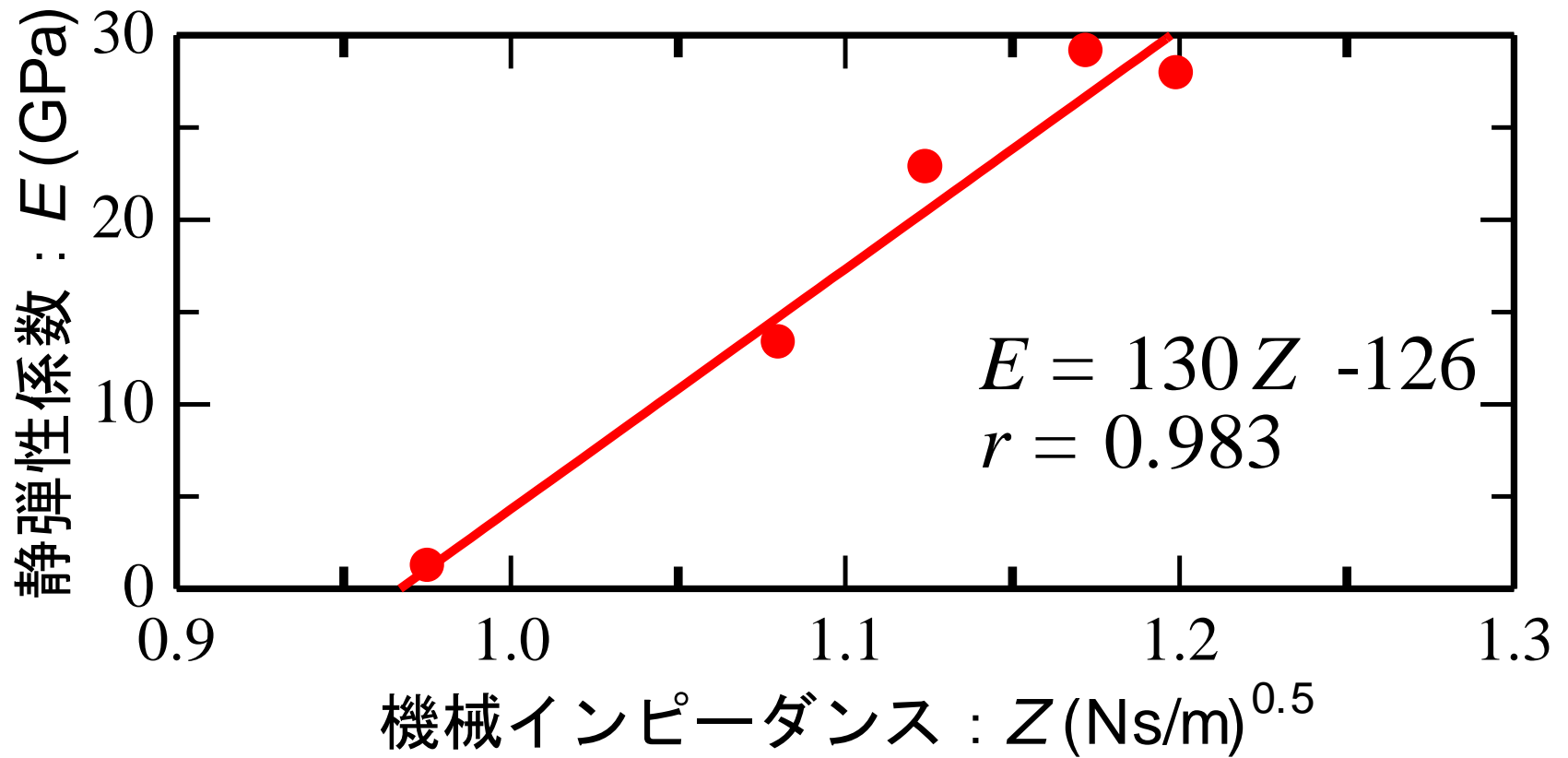


圧縮強度・静弾性係数

加熱温度 (°C)	圧縮強度 (MPa)	静弾性係数 (GPa)
未加熱	35.7	27.8
110	37.3	29.0
300	28.2	22.7
500	25.9	13.2
700	29.4*	20.3*

* : 加熱面～80mm部分の劣化が著しいため、
80mm以深からコアを採取

機械インピーダンス vs. 静弾性係数



精度・情報

高い
多い

精密検査

可視化

コスト
手間

高い
遅い

低い
早い

スクリーニング

効率化

低い
少ない



ご清聴ありがとうございました。