

# 打込み中の視線情報に着目したコンクリート締固め判断指標の抽出

長岡工業高等専門学校 環境都市工学専攻 非会員 ○恩田樹安  
 環境都市工学専攻 学生会員 関川周吾  
 環境都市工学科 正会員 陽田修  
 環境都市工学科 正会員 村上祐貴

## 1. はじめに

コンクリート打設時に行う締固めは、コンクリートの充填及び粗大な空気の連行を促し、密実なコンクリートを形成することを目的に行われる。コンクリート標準示方書において、おおよその締固め終了目安は示されているが、季節や配合によりコンクリートの状態は異なるため、技能者は打込み時のコンクリートの状況を見て、締固め終了の判断を行う能力が求められる。

そこで、本研究では、締固めに関するインタビュー調査及び締固め技能者がコンクリート打込み中に取得する視線情報から、締固め終了に用いる判断指標の抽出を行った。

## 2. 事前インタビュー調査

### 2. 1 調査概要

コンクリート工事を施工する建設企業10社の協力のもと、コンクリート工技能者13名を対象に調査を行った。主な調査目的は、締固め終了の判断方法と締固め作業中に意識する点を明らかにすることである。

表-1に事前インタビューでの調査項目を示す。

なお、同じ企業の技能者においては、単独で調査を行い、回答内容の干渉を未然に防いだ。

表-1 調査項目 (事前インタビュー調査)

No.	調査項目
I	締固め終了(バイブレータを引き抜くとき)はどのように判断しているか
II	ポンプ車のホースと一緒に移動するバイブレータ(先行)と仕上げバイブレータ(後追い)では締固めの終了判断は異なるか
III	ポンプ車のホースと一緒に移動するバイブレータ(先行)と仕上げバイブレータ(後追い)では締固め作業は異なるか
IV	見た目以外で締固め終了を判断している要素はあるか
V	打ち込み終了後しばらくしてから再振動締固めを行っているか

表-2 調査結果 (事前インタビュー調査)

No.	調査結果	回答者(13)
I	・気泡の出方	(10)
	・骨材とモルタルのなじみ/表面の均一具合	(7)
	・ブリーディング水/光沢具合	(2)
	・振動前のコンクリート状態	(2)
	・振動中のコンクリート流動性	(1)
	・打設条件(気温/打設高さ)により異なる	(2)
II	・ケースバイケース	(1)
	・異なる	(11)
	(先行) 打設高さに合わせて平らにする	(5)
	コンクリートの流動性を上げる	(2)
	ポンプ車と並走する	(2)
	(後追い) 気泡の出具合	(3)
III	・同じである	(2)
	・異なる	(10)
	(先行) (挿入間隔) 骨材が沈んでいない箇所	(1)
	山になっている箇所	(1)
	混ぜ合わせ目の箇所	(1)
	(挿入深さ) 浅め	(1)
IV	事前打合せ時に決定	(1)
	(後追い) (挿入間隔) 50cm前後	(4)
	20~30cmと細かめに行う	(1)
	壁際をなるべく細かく行う	(1)
	(挿入深さ) 50~60cm	(4)
	下層部から+10cmのところ	(2)
V	・同じである	(3)
	・時間	5~10秒 (1) 10秒 (3)
	5~15秒 (1) 15秒 (1)	
	10~15秒 (2) 20秒以下 (1)	
	10~20秒 (1)	
	・特にない/基本は見た目判断する	(3)
VI	・行っている	(6)
	→充填不良/沈下ひび割れコールドジョイントの防止	
	→上下の層を一体化させるため	
	・稀に行う、状況による	(2)
	→締固め不足時/浮き型枠/夏場	
	・行っていない	(5)
→過度な締固めは材料分離を引き起こすため		

### 2. 2 調査結果

事前インタビュー調査の結果を表-2に示す。

回答結果から得られた知見は以下の通りである。

- (1) 締固め終了は、視線情報を基に判断される。
- (2) 主に「表面の均一具合」、「気泡」から終了判断を行う。また、「締固め時間」に関しては回答者によりばらつくことや「ケースバイケース」という回答も見られることから、基本は打ち込み中のコンクリートの状況から判断される。
- (3) 先行では打設高さを、後追いでは空気の連行を意識して作業が行われる。
- (4) 再振動締固めの実施の有無は企業による。

### 3. 打込み中の映像を用いた視線計測

前節の調査結果を受けて、技能者が締め終了と判断するまでの視線の動きを計測する。そして、言語化が困難とされる、締めによるフレッシュコンクリートの変化に応じた無意識下での視線情報及び視線の動きの変化を明らかにする。

本研究では、視線計測の精度及び同条件下での複数人の視線比較を行う観点から、ビデオカメラを用いて撮影した締め映像から締め終了を判断する。

通常、締め不十分な領域に対しては、1箇所には振動を与え続けることはなく、複数箇所に分けて締めを行う。本研究では、締め前のコンクリート状態を締め不十分な領域として、複数箇所に行われるうちの1箇所目のバイブレータを引抜くタイミングを技能者が判断する。これを締め終了と定義した。

#### 3. 1 事前準備

縦 500mm×横 500mm×高さ 300mm のスランプの異なる平板試験体を 4 体作成した。各試験体の性状を表-3 に示す。使用したバイブレータは、直径 28mm、周波数 12500~15000rpm の電棒タイプである。締めめは試験体の中心 1 点、振動時間は 60 秒以上行い、全技能者が振動中の映像から締め終了を判断できるようにした。映像は図-1 に示すように、2 台のビデオカメラを用いて、型枠全体とバイブレータ直近を映すように撮影した。また、型枠全体の映像には、0.6 倍速に編集したデータも追加し、通常倍速と視聴時間(以後、終了判断時間)の比較を行う。

表-3 各試験体の性状

スランプ (cm)	空気量 (%)	打込み温度 (°C)
12.5	4.8	18.0
8.1	6.2	17.0
7.4	3.4	20.0
1.6	5.7	19.8



(a) 型枠全体 (b) バイブレータ付近

図-1 撮影イメージ



図-2 視線計測の様子

#### 3. 2 視線計測概要

被験者は、事前インタビュー調査に回答した、4 社 10 名を対象にした。視線機器を装着した被験者はスクリーンに投影された計 12 本の締め映像を視聴し、対象者の手元に用意したキーボードを押して終了判定を行う。なお、映像は全て無音である。視線計測機器は、EMR-9(nac)の角膜反射法を用いる。視線は、0.017 秒間隔で計測する。計測の様子を図-2 に示す。

#### 3. 3 視線計測結果

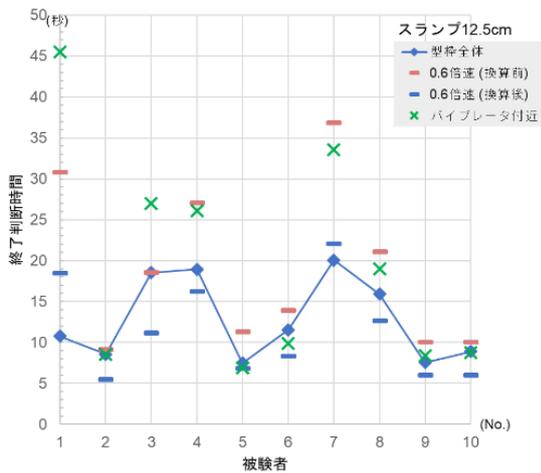
##### (1) 終了判断時間

各被験者の終了判断時間を図-3 に示す。型枠全体の映像を被験者ごとに比較すると No. 3, 4, 7, 8 は各配合で終了判断時間が比較的長く、スランプ 12.5cm では 15 秒から 20 秒、スランプ 8.1cm では 25 秒付近で締め終了と判断している結果となった。

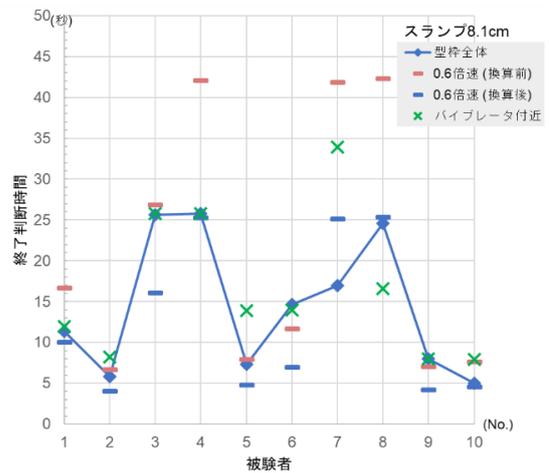
しかしながら、スランプ 7.4cm 及び 1.6cm では、先述した 4 名の被験者の終了判断時間に 5 秒以上の差が現れていることから、スランプ値が小さい映像の場合は終了タイミングにばらつきが生じた。

No. 2, 5, 9, 10 は終了判断時間が比較的短く、スランプ 1.6cm 以外の 3 配合では 5 秒から 10 秒、スランプ 1.6cm では 10 秒から 15 秒の間に終了と判断しており、スランプ値が小さい映像でも大きなばらつきは見られなかった。

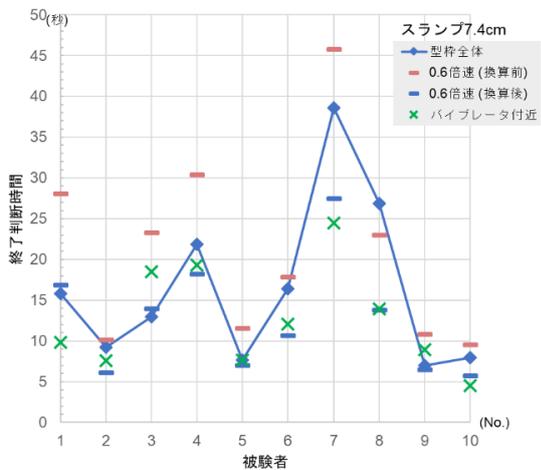
また、バイブレータ直近と型枠全体の映像を比較すると、時間差がほとんどない箇所も見受けられた。特に、型枠全体の終了判断時間が短い被験者は、バイブレータ直近の映像でも終了判断時間が短く、型枠全体の際と大きな時間差は現れない結果となった。



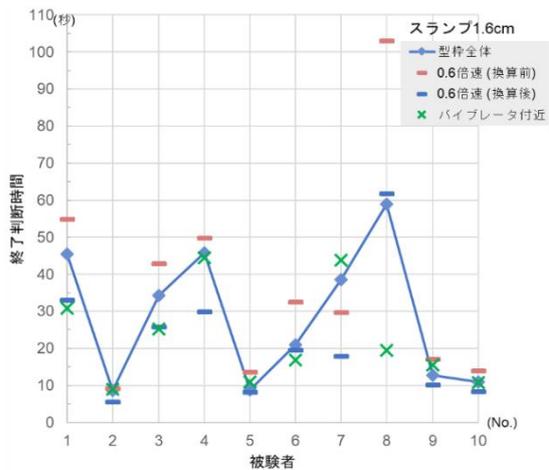
(a) スランプ 12.5cm



(b) スランプ 8.1cm



(c) スランプ 7.4cm



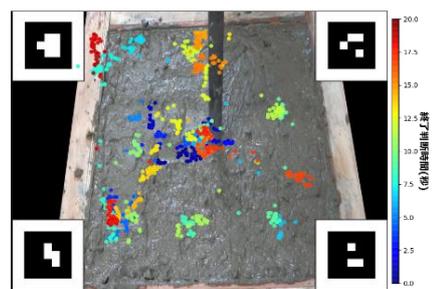
(d) スランプ 1.6cm

図-3 終了判断時間

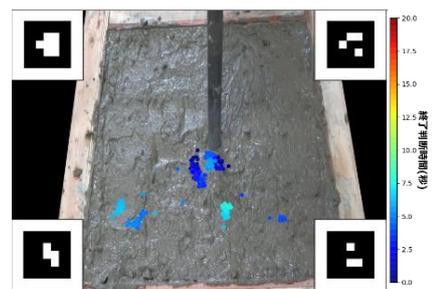
(2) 視線の比較

スランプ 12.5cm における視線計測の結果の一部を 図-4 に示す。型枠全体の映像において、終了判断時間が比較的長い被験者 No. 3, 4, 7, 8 の視線は、締め開始直後から広く分散する傾向にあり、コンクリート表面を全体的に見ながら終了を判断していることが分かった。

一方で、終了判断時間が比較的短い被験者 No. 2, 5, 9, 10 の視線は、締め開始直後から終了まで、主にバイブレータ付近に集中しており、バイブレータから離れた位置でも広範囲に視線が分散せず、局部的に集中している結果となった。また、各配合で比較すると、スランプ値が小さいほど No. 3, 4, 7, 8 は連続した視線間の移動距離が短く、No. 2, 5, 9, 10 は、バイブレータ挿入位置からの視線の移動が少ない結果となった。



(a) 広範囲に分散している様子(No.4)



(b) 局部的に集中している様子(No.5)

図-4 視線計測結果

## 4. 事後インタビュー調査

### 4. 1 調査概要

視線計測終了後、計測対象者全員に事後インタビューを行った。主な調査目的は、視線計測結果と言語化できる視線情報の比較と、締固め場所の条件が異なる際の締固め作業への影響を明らかにすることである。表-5に事後インタビューの調査項目を示す。

### 4. 2 調査結果

事後インタビュー調査の結果を表-6に示す。回答結果から得られた知見は以下の通りである。

- (1) 終了判断は広範囲な判断とバイブレータ挿入位置に関する回答で別れた。
- (2) 型枠付近は丁寧にいきバイブレータが当たらないよう注意しながら、気泡の連行を促す。
- (3) 視線情報や締固め時間以外での要素から締固め終了を判断できるとは考えにくい。

表-5 調査項目 (事後インタビュー調査)

No.	調査項目
VI	実験の映像を踏まえて、締固め終了はどのように判断しているか
VII	鉄筋付近、型枠付近等で締固めを行う際に違いはあるか
VIII	実験の映像を踏まえて、バイブレータは型枠内のどこからかけ始めるか
IX	バイブレータを引き抜き次に締固めを行う位置をどのように判断しているか
X	締固め中に手に伝わる振動や感触、振動音等で終了を判断することはあるか

表-6 調査結果 (事後インタビュー調査)

No.	調査結果	回答者(10)
VI	・全体的なコンクリート変化についての回答	
	・振動によりモルタルが行き渡る	(No.1,8)
	・モルタルと気泡が表面に浮いてくる	(No.3,7)
	・型枠周りに水分が出始める	(No.4)
VII	・骨材が大体沈む	(No.6)
	・締固め時間	(No.1,6,8)
	・バイブレータ付近についての回答	
	・水分が溜まる	(No.2,5)
VIII	・周りが下がる	(No.5,9)
	・気泡が出てくる	(No.9,10)
	・型枠付近	
	・仕上がりに影響するので丁寧に	(6名)
IX	・鉄筋付近	
	・鉄筋の配筋間隔に応じて、こまめな間隔で行う	(2名)
	・鉄筋にバイブレータが当たらないようにする	(1名)
	・鉄筋によりコンクリートの沈下速度が遅くなる	(1名)
X	・鉄筋周りに気泡がつく	(1名)
	※作成した映像の状況の場合	
	・中心→四隅の順にかける	(No.1,2,9)
	・四隅→中心の順にかける	(No.3)
IX	・中心→中心から10cm離れた場所の順にかける	(No.4,7)
	・中心→四隅→型枠沿いの順にかける	(No.5,6,10)
	・四隅のみ中心はかけない	(No.8)
	・振動が伝わる端部(境界部)	(No.1,7,8)
IX	・水分の上がり具合が足りない箇所	(No.2,5)
	・骨材が沈んでない箇所	(No.4,9)
	・手の感触	あり (1名)
	なし (9名)	
X	・手の感触	あり (3名)
	なし (7名)	
	あり (3名)	
	なし (7名)	

## 5. 考察

視線計測の結果で終了判断時間が比較的長い結果となった被験者は、視線が広く分散しており、調査項目VIにおいても、バイブレータで振動が伝わる領域全体の様子についての回答が多い。これらの結果から、締固めによる変化は広範囲で現れると捉え、締固め中のブリーディング水による表面の光沢具合や沈下具合を面的に判断していると考えられる。事後インタビュー調査の結果も踏まえると、このように面的に判断を行う技能者は、1箇所あたりの締固め時間は長く、十分に締固めを行うため、バイブレータ挿入間隔を広く取り、締固めが必要な領域あたりの挿入回数は少ないことが推測される。

終了判断時間が比較的短い結果となった被験者は、視線がバイブレータ近傍に集中し、調査項目VIにおいても、バイブレータ付近の様子についての回答が多い。締固めによる変化は、バイブレータ挿入位置とその近傍で現れると捉え、挿入位置のコンクリートの沈下に伴うブリーディング水の上昇およびバイブレータ周りに発生するペースト状の渦に連行される気泡の様子から終了判断をしていると考えられる。事後インタビュー調査の結果も踏まえると、挿入位置で判断を行う技能者は、1箇所あたりの締固め時間は短く、バイブレータの挿入間隔は細かく、締固めが必要な領域での挿入回数は多いことが推測される。

## 6. まとめ

本研究の範囲では、締固めの終了は視線情報に基づき判断され、2つの傾向に大別された。終了判断時間が比較的長い被験者は、視線が広範囲に分散しており、事後インタビューでは、表面の変化に関する回答が多く見受けられた。また、終了判断時間が比較的短い技能者は、視線がバイブレータ近傍で局部的に集中しており、事後インタビューでも、バイブレータ付近の変化に関する回答が多く見受けられた。

今後は、実際の施工における、締固め技能者の視線情報を計測し、同様の傾向が得られるのか検証していく必要がある。最終的には、配合や環境条件、各バイブレータの役割に合った判断指標の確立を目指す。

## 文献

- 1) 土木学会:2017年制定コンクリート標準示方書 [施工編], p.121-122