

# 墜撃式コンクリート填充法による鉄筋コンクリート柱の實驗成績 (第2報)

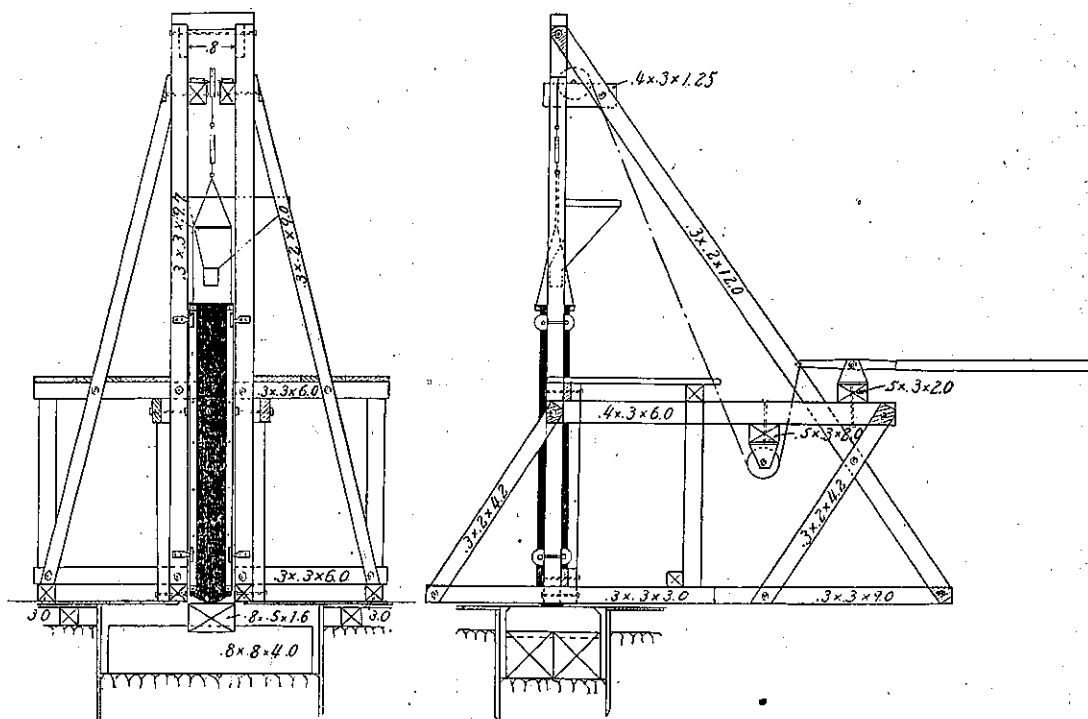
(昭和13年7月16日土木学会第3回年次學術講演會に於て)

會員 眞井耕象\*

## 1. 緒言

著者は曩に第1回年次學術講演會に於て墜撃式(Percussion process)コンクリート填充法の目的、工法及其の效果に就て第1報<sup>(1)</sup>として本法を応用せる鉄筋コンクリート柱の實驗成績を報告した。此の墜撃式填充法は前回説述する如く鉄筋コンクリート杭の改良を目的とし、其の第一着手として製作法の新様式として提唱せるもので、従來の手搦法による代りに一部機械的操作によつて製作能率を上げ、又コンクリートの強度を高めやうと企圖したものである。其の原理を概言すれば図-1に示す如き槽を利用して型枠内にコンクリートを流込みながら其の型枠を或る高さから堅固な臺の上に反覆墜撃せしめ、その惰力を利用してコンクリートを密實に且つ簡易に填充せんとするのであつて、振動機を使用するものとは其の填充機構を異にしてゐる。此の方法を適用せる實驗の結果は従來の手搦法による横詰及之よりは合理的なる縦詰に比して工法容易確實にして且つ強度を増進すること

図-1. 墜撃式コンクリート填充用槽



\* 工学士 北海道帝國大学助教授

(1) 土木学会第1回年次學術講演會講演集 p. 285

を確め、特に此の種物体の製作に適當したる工法であることを實證し得たのである。

然し、墜撃法の效果に就ては尙解析的検討の餘地があるので引き続き實驗を行ひ、今回は主として各種コンクリートと墜撃條件との力学的關係を究明したのである。

2. 試験体の製作及實驗成績

墜撃效果はコンクリートの種類即ち組成及軟度によつて變化し、又墜撃の條件によつて相違するものであることが考察されるから、先づコンクリートの組成には骨材の粒径を區別して 8 分砂利 (A)、6 分砂利 (B)、及 3 分砂利 (C) の 3 種を使用した (表-1)。

表-1. コンクリートの組成及軟度  
配合 (重量) 比 1:2:4

| コンクリート<br>種別 | 骨 材   |                             |      |              | 水セメント比<br>( $\omega/c$ ) |      |      | ス ラ ン プ<br>(cm) |      |      |
|--------------|-------|-----------------------------|------|--------------|--------------------------|------|------|-----------------|------|------|
|              | 種 別   | 單位重量<br>( $\text{kg/m}^3$ ) | 細 率  | 吸 水 率<br>(%) |                          |      |      |                 |      |      |
|              | 砂     | 1540                        | 3.29 | 3.4          |                          |      |      |                 |      |      |
| (A)          | 8 分砂利 | 1600                        | 8.28 | 1.5          | 0.55                     | 0.60 | 0.65 | 8.8             | 14.0 | 17.2 |
| (B)          | 6 分砂利 | 1620                        | 7.00 | 2.4          | 0.60                     | 0.65 | 0.70 | 7.7             | 14.3 | 18.5 |
| (C)          | 3 分砂利 | 1600                        | 5.79 | 2.7          | 0.60                     | 0.65 | 0.70 | 1.4             | 6.8  | 16.3 |

水セメント比は 8 分砂利コンクリートには 0.55, 0.60 及 0.65, 6 分砂利コンクリート及 3 分砂利コンクリートには 0.60, 0.65 及 0.70 を用ひた。次に填充條件としては手搦による縦詰の 1 種 (I) と墜撃法は表-2 に示す (II)~(V) の 4 種である。

試験体は前回と同一寸法の直径 15 cm, 高さ 150 cm, 軸鉄筋及螺旋鉄筋を併用する鉄筋コンクリート柱である (図-2)。此の種試験体は相當大なる寸法のものでなければ充分信頼し得る結果が得られないことを考へ、2 人にて辛うじて動かし得る程度の大きさである。斯くして作製したる試験体 (之を本試験体と假稱する) の種類は 45 種、總數 135 本に及ぶ。

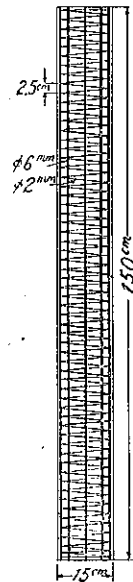
表-2. コンクリート填充法

| 手 搦 | 墜 撃 式  |                     |                   |                   |                   |
|-----|--|---------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
|     | (I) <sup>(1)</sup>                             | (II) <sup>(2)</sup> | (III)             | (IV)              | (V)               |
| 縦 詰 | 墜撃高 $h=5\text{cm}$<br>墜撃回数 $n=8@20$<br>墜撃量の比 1 | 10<br>8 @ 10<br>1   | 10<br>8 @ 20<br>2 | 10<br>8 @ 20<br>2 | 20<br>8 @ 10<br>2 |

- 註 (1) 手搦による縦詰は前回と同様に 2 種の突棒 (一つは尖端を有するもの重量 1.09 kg, 他は撥形となれるもの重量 1.16 kg) を以て各々 20 宛鉄筋内部を突固め 8 回詰めとする。  
 (2) 墜撃式 (I) は墜撃高 5 cm, 毎回 20 の墜撃を與へて 8 回詰めとする。他の場合も之に準ず。墜撃の速さは約 1.5 sec に 1 回の割合である。  
 (3) コンクリートの投入には計量バケツ (径 15 cm, 深 20 cm) を用ふ。



図-2. 試験体鉄筋配置図



$D_o = 15\text{cm}$   
 $D_c = 14\text{cm}$   
 $A_o = 176.6\text{cm}^2$   
 $A_c = 158.9\text{cm}^2$   
 軸鉄筋  
 $8\phi 6\text{mm}$   
 $A_s = 1.92\text{cm}^2$   
 $p = \frac{A_s}{A_o} = 1.087\%$   
 螺旋鉄筋  
 $\phi = 2\text{mm}, t = 2.5\text{cm}$   
 $\frac{D}{t} = 2.8$   
 $A_a = 0.55\text{cm}^2$   
 $p_a = 0.313\%$

表-3. 重量表

| コンクリート種別 | 水セメント比 | 手 搦                       | 際 撃 式           |                 |                 |                 |        | 補助試験体 (kg) |
|----------|--------|---------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|--------|------------|
|          |        |                           | I (kg)          | II (kg)         | III (kg)        | IV (kg)         | V (kg) |            |
| (A)      | 0.55   | 61.75                     | 65.02           | 64.32           | 66.18           | 64.82           | 12.34  |            |
|          | 0.60   | 62.58                     | 64.80           | 64.20           | 64.82           | 64.65           | 12.30  |            |
|          | 0.65   | 62.93                     | 64.50           | 64.05           | 64.92           | 64.97           | 12.30  |            |
| (B)      | 0.60   | 61.80                     | 64.13           | 63.35           | 64.37           | 63.95           | 12.17  |            |
|          | 0.65   | 62.07                     | 64.27           | 63.45           | 64.42           | 63.88           | 12.20  |            |
|          | 0.70   | 62.82                     | 64.05           | 63.48           | 64.27           | 63.68           | 12.14  |            |
| (C)      | 0.60   | 59.63                     | 61.70           | 60.35           | 61.85           | 63.05           | 11.94  |            |
|          | 0.65   | 60.63                     | 63.50           | 61.40           | 62.90           | 62.98           | 12.04  |            |
|          | 0.70   | 60.93                     | 63.18           | 62.83           | 63.43           | 63.28           | 12.01  |            |
| 表面の填充状態  |        | 良好 3本<br>稍不良 15〃<br>不良 9〃 | 25本<br>0〃<br>2〃 | 20本<br>4〃<br>3〃 | 25本<br>0〃<br>2〃 | 24本<br>3〃<br>0〃 |        |            |

註 表面の填充状態「良好」とは試験体表面にコンクリートがよく行互つてゐるもの。「稍不良」とは部分的に有孔状となれるもの。「不良」とは其の儘にては費用に供し得られない程度に表面粗鬆性を呈し、鉄筋を露出せる所があるもの。

表-4. 圧縮強度表

| コンクリート種別     | 水セメント比 | 手 搦                            | 際 撃 式                 |                       |                       |                       |        | 補助試験体 (kg) |
|--------------|--------|--------------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|--------|------------|
|              |        |                                | I (kg)                | II (kg)               | III (kg)              | IV (kg)               | V (kg) |            |
| (A)          | 0.55   | 28900                          | 27020                 | 27980                 | 28760                 | 30550                 | 35950  |            |
|              | 0.60   | 26790                          | 25320                 | 25650                 | 24750                 | 26670                 | 31050  |            |
|              | 0.65   | 22950                          | 22340                 | 21370                 | 22540                 | 26510                 | 30440  |            |
| (B)          | 0.60   | 25620                          | 26420                 | 23170                 | 25040                 | 26300                 | 31450  |            |
|              | 0.65   | 23870                          | 21390                 | 22610                 | 23400                 | 24790                 | 23710  |            |
|              | 0.70   | 20560                          | 18320                 | 23440                 | 21690                 | 19970                 | 16120  |            |
| (C)          | 0.60   | 24990                          | 22910                 | 19980                 | 21290                 | 23590                 | 25350  |            |
|              | 0.65   | 21730                          | 19960                 | 19540                 | 21830                 | 23930                 | 21740  |            |
|              | 0.70   | 18230                          | 20480                 | 17810                 | 16370                 | 19690                 | 17700  |            |
| 圧縮試験に於ける破壊位置 |        | 上部 1.5本<br>中部 8.5〃<br>下部 17.0〃 | 3.0本<br>20.5〃<br>2.5〃 | 5.0本<br>17.5〃<br>4.5〃 | 6.0本<br>12.5〃<br>8.5〃 | 6.5本<br>16.0〃<br>4.5〃 |        |            |

註 破壊位置が中間にあるものは両方へ 0.5本として加算した。

又之と平行して補助試験体としてコンクリート練毎に標準応圧強度試験体を製作し、其の数 9 種 45 箇である。製作日の相違に依り、温度其の他の条件の影響を出来る丈少くする様に製作順序を適當に按配した。図-3 は試験期間 (昭. 12. 6. 18. ~9. 22.) 中の温度変化を示す。斯くして材齢 4 週の試験体に就て (1) コンクリートの填充状態及重量, (2) 圧縮強度及破壊状態, (3) 弾性的性質等に就て試験調査したのである。尙試験体の製

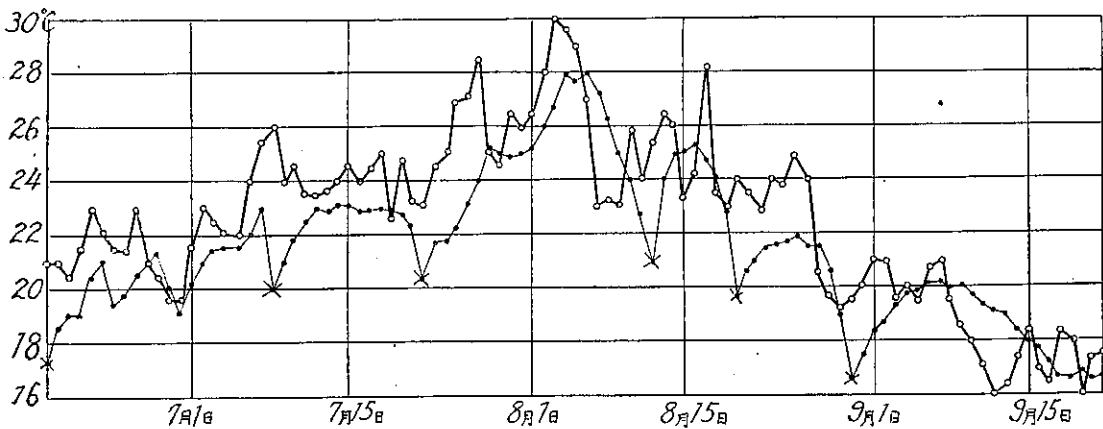
表-5. 弾性係数表 ( $\text{kg/cm}^2$ )

| コンクリート種別 | 水セメント比 | 手 搦     | 墜 撃 式   |         |         |         |     |
|----------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|-----|
|          |        |         | (I)     | (II)    | (III)   | (IV)    | (V) |
| (A)      | 0.55   | 98 000  | 103 900 | 107 900 | 90 900  | 104 400 |     |
|          | 0.60   | 119 400 | 113 800 | 108 200 | 95 900  | 104 900 |     |
|          | 0.65   | 81 300  | 99 000  | 93 700  | 75 300  | 103 300 |     |
| (B)      | 0.60   | 104 800 | 92 300  | 92 200  | 138 500 | 97 700  |     |
|          | 0.65   | 109 800 | 91 300  | 86 500  | 85 200  | 111 500 |     |
|          | 0.70   | 71 100  | 68 000  | 78 500  | 77 000  | 75 100  |     |
| (C)      | 0.60   | 89 600  | 90 300  | 89 100  | 93 600  | 111 400 |     |
|          | 0.65   | 75 300  | 92 400  | 73 500  | 113 400 | 94 500  |     |
|          | 0.70   | 68 400  | 84 600  | 69 900  | 67 900  | 76 500  |     |

(註) 弾性係数は最大強度の 2/3 点における secant modulus を示す。

図-3. 試験体養生温度表

—○— 試験室内一日平均温度  
—●— 水槽内温度, × は水更へ日を示す



作法並に圧縮強度試験装置の詳細に就ては第1報を参照せられたし。表-3~5 は各種試験体の重量, 強度及弾性係数を示す。是等は何れも 3 箇の平均を求めたものである。図-4 は圧縮試験に於ける破壊状態の 1 例を示す。

### 3. 實驗結果の要約

以上の實驗成績に就て綜合すれば次の如し。

(1) 手搦は縦詰にして螺旋鉄筋内の有效部分を2種の搦棒で充分搦固めたから、強度も發揮されて墜撃法と匹敵する値を示してゐる。併し、周囲の鉄筋に妨げられて試験体表面が多孔状のものが多く、その數60%に達し、其の中には鉄筋が露出して、其の儘では實用に供し難きものが少くない。之に對して墜撃式ではかゝる状態のもの極めて少なく、其の數10%以内でかゝる缺點は殆ど除かれて、比較的硬練コンクリートにも適用することが出来る。之は墜撃によつてコンクリートが鉄筋の隅にまでよく行直ることを示すもので、鉄筋配置が複雑にして突棒使用困難な場合に有利なものである。

(2) 補助の標準試験体は無筋コンクリートで、水セメント比を大きくすれば強度は著しく低下するのであるが本試験体では何れも其の影響が少い。之は一つには本試験体は鉄筋が全荷重の略30~40%を分擔してゐるのでコンクリート自体の変化の影響が軽減されるのは當然である。

コンクリートの骨材粒径に就ては一般に8分砂利と6分砂利のコンクリートの強度は相伯仲してゐるが、8分砂利コンクリートは獨り著しく劣つてゐる。此の關係は補助試験体に於ても本試験体に於ても同様の傾向である。

(3) 水セメント比を増すと共に強度を低下するが、之に對して密度に於ては其の傾向が少なく、却つて増大するものもある。8分砂利コンクリートは水セメント比を増すと共に重量を多少減少するが、6分砂利コンクリートの場合は殆ど変化がなく、8分砂利コンクリートの場合は却つて増大してゐる。即ち細粒砂利コンクリートは或る程度軟くなつた方が密に填充され易いことを示してゐる。

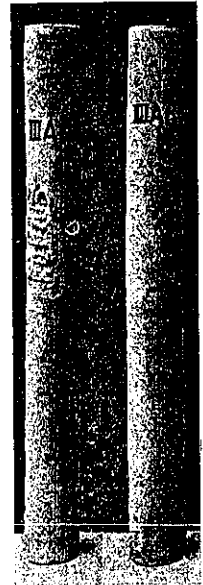
尙、8分砂利と6分砂利のコンクリートは強度において相伯仲し、6分砂利コンクリートの方が寧ろ大なる場合もあるが密度に對しては歴然と6分砂利コンクリートの方が劣つてゐる。是等の結果より綜合する時は強度と密接とは必ずしも常に平行しないことが認められる。

(4) 墜撃効果はコンクリートの組成及軟度に對して特別なる影響を齎さないものゝ如し。即ち硬練コンクリートであるから、又は粗粒或は細粒骨材であるから特に墜撃効果が發揮されて比較的大なる強度のものが得られると云ふ譯には行かない。只比較的硬練のコンクリートでも尙墜撃填充により、水が容易に浮き出して來て鉄筋の隅々の目までコンクリートが行直るので手搦の場合より適用範圍が擴大されるのである。

(5) 墜撃條件の影響に就ては、墜撃高さ又は墜撃回數を増すほど漸次強度並に密度を増大する。然し前回の實驗により、強度に對しては限度があつて過度の墜撃量はたとひ重量を増大しても、材料の分離を來して却つて強度を低下することになる。之に就て尙仔細に吟味すれば

- (a) 同じ墜撃回數ならば高さを増した方が密度及強度共に大となる。
- (b) 同じ高さならば墜撃回數を増した方が密度及強度共に大となる。
- (c) 同じ墜撃量に於ては密度は高さを増すより回數を増した方が大となり、たとひ墜撃量はその半分でも尙高さより回數を増した方が大となることもある。之に對して強度は必ずしも之と一致しない。同じ墜撃量に於て(II)と(III)の場合は回數を多くした方が稍大になつてゐるが、(IV)と(V)の場合はむしろ

図-4.



其の反對に高さを増した方が大となつてゐる。然し墜撃量を増せば何れも強度を増してゐる。

是等の中、注目されることは (II) は重量大なる割合に強度小さく、(V) は重量小なる割合に強度は大となつてゐることである。

(6) 圧縮試験に於ける破壊點は墜撃式では概ね中央附近にあつて挫屈するものが多いのに對し、手搦のものでは寧ろ下部に偏する場合が多い。尙墜撃式のものでは曲げ作用を誘發して破壊する場合にコンクリートの鉄筋附着力に弱點がある様に認められる。それは試験体の上下兩端の球面座 (spherical seating) の下に加圧版として硬質ゴムベルトのバックキングを挿入してゐる爲、試験体が彎曲する時抗圧側の鉄筋がバックキングの中に押出され、抗張側では反對に引込まれてゐるものがあるを見るのである。之は墜撃填充の際鉄筋とコンクリートとが一体となつて運動しない爲と思はれる。

(7) 彈性的性質に就ても仔細に觀察したが墜撃填充法の特異性を見出すには至らなかつた。

附記： 本稿を終るに臨み、本試験に就て常に指導された墜撃式填充法の創案者元北大教授古藤猛哉先生に深甚の謝意を表すると共に、本試験に終始盡力された助手松田昌治君の勞を感謝するものである。