# スラブ部材を対象とした安価な締固め不要コンクリートの打込み方法の検討

鹿島建設(株)　正会員　○平山智章　塩見尚潔　水野浩平　六本木日菜子　松本修治　橋本　学　渡邉賢三
柳井修司　坂井吾郎

## 1．はじめに

近年，建設業界では労働人口の減少が深刻化しており，建設工事の生産性向上が求められている．コンクリート躯体工では，締固め作業が不要となる高流動コンクリートの適用が効果的であるが，単位粉体量が多く必要となることから，材料の供給やコストが課題となり，広く普及するまでに至っていない．筆者らは，一般的な RC 構造物を対象に，石灰石微粉末や増粘剤などの特殊な混和材料を用いず，単位セメント量が通常のコンクリートと同程度で，安価に締固め不要を実現するコンクリートの実用化に向けた検討を行っている[1)]．本稿では，締固め不要コンクリートをスラブ部材に適用し，硬化後の品質を分析することで打込み方法を評価した．

## 2．安価な締固め不要コンクリートの特徴とコンセプト

筆者らが開発した安価な締固め不要コンクリートは，スランプフローを 50 cm 程度とし，土木学会「高流動コンクリートの配合設計・施工指針」に示される自己充填性のランク 2 を満足するもので，その施工方法は，通常のコンクリートと同様に打込み高さを 1.5 m 以内に抑え，打込み間隔を 3 m 程度として間配るものである．また，配合の特徴は，単位セメント量が通常のコンクリートと同等の 300～350 kg/m$^3$ 程度とし，細骨材に含まれる 0.6 mm 以下の粒子の容積割合を多くすることで，材料分離抵抗性を確保しているところにある[1)]．

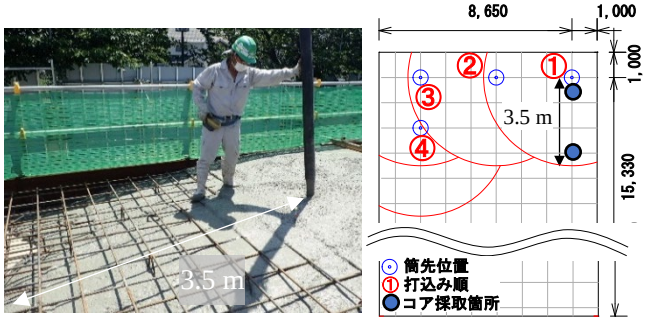
## 3．スラブ部材を対象とした打込み方法の検討

使用したコンクリートの配合を**表－1** に示す．荷卸し時のフレッシュコンクリートの試験結果も併せて示す．コンクリートはスランプフロー50 cm の締固め不要コンクリートとスランプ 8 cm の通常のコンクリート（比較用）を用いた．対象構造物は，延長 15 m，幅 8 m，高さ 0.4 m のスラブ部材とした．打込みはコンクリートポンプ車を用いて行い，平均打込み速度を 30 m$^3$/h 程度とした．締固め不要コンクリートについては，1 層 40 cm で天端まで打ち上げる方法（以下，「1 層打ち」と表記）と，1 層 20 cm の 2 層で天端まで打ち上げる方法（以下，「2 層打ち」と表記）の 2 ケースとした．なお，通常のコンクリートついては，「1 層打ち」とした．硬化後にφ100 mm×h200 mm の鉛直コアを**写真－1** および**写真－2** に示す位置より 3 本ずつ採取し，材齢 48 日にて圧縮強度および単位容積質量を測定した．単位容積質量は，コア供試体の水中重量と気中重量

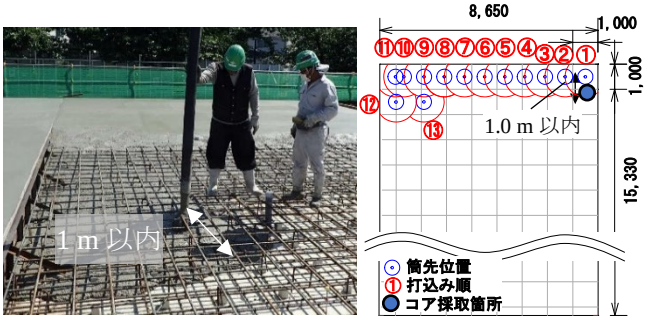
**表－1　コンクリートの配合**

| 配合 | $G_{max}$ (mm) | SF SL (cm) | Air (%) | W/C (%) | s/a (%) | $V_{0.6}/V_m$ ※(%) | Gvol (ℓ/m$^3$) | 単位量(kg/m$^3$) W | C | S | G | Ad SP | 単位容積質量 (kg/m$^3$) | 試験結果 SF SL (cm) | Air (%) | U 形充填高さ (mm) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 安価な締固め不要ｺﾝｸﾘｰﾄ | 20 | 50 | 4.5 | 54.7 | 54.3 | 46.6 | 310 | 175 | 320 | 964 | 831 | 3.52 (SP) | 2290 | 50.5 | 3.5 | 311 (ﾗﾝｸ 2) |
| 通常のｺﾝｸﾘｰﾄ | 20 | 8 | 4.5 | 60.0 | 43.7 | － | 401 | 159 | 265 | 815 | 1079 | 2.65 (Ad) | 2318 | 9.0 | 4.6 | － |

・W:上澄水　・C:普通ﾎﾟﾙﾄﾗﾝﾄﾞｾﾒﾝﾄ,密度:3.15 g/cm$^3$
・S:山砂,表乾密度:2.62 g/cm$^3$,粗粒率:2.59　・G:砕石 2005,乾密度:2.69 g/cm$^3$,実積率:61.8%
・Ad:AE 減水剤,ﾘｸﾞﾆﾝｽﾙﾎﾝ酸系,SP:高性能 AE 減水剤,ﾎﾟﾘｶﾙﾎﾞﾝ酸ｴｰﾃﾙ系
※$V_{0.6}/V_m$：モルタル中のセメントおよび細骨材に含まれる 0.6 mm 以下の粒子の容積割合(%)




写真－1 締固め不要コンクリートの 1 層打ちの状況




写真－2 締固め不要コンクリートの 2 層打ちの状況

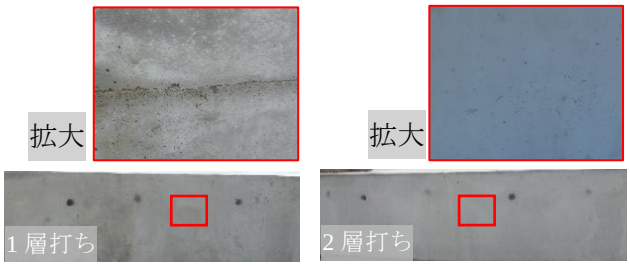
キーワード　締固め，高流動コンクリート，フレッシュコンクリート，コア，圧縮強度，単位容積質量
連絡先　〒182-0036　東京都調布市飛田給 2-19-1　鹿島建設(株)技術研究所　TEL: 042-489-8008

© Japan Society of Civil Engineers

よりアルキメデス法にて測定した．なお，締固め不要コンクリートの「1 層打ち」のケースでは**写真－1** に示すポンプの筒先位置に加え，コンクリートが筒先から 3 m 流動した位置においてもコアを採取した．

## 4．検討結果

締固め不要コンクリート「1 層打ち」では，**写真－1** に示すように筒先位置から 3.5 m 程度の流動が生じた．一方，「2 層打ち」では，**写真－2** に示すように，筒先を移動しながら連続的に打ち込むことで，筒先位置からのコンクリートの流動は 1 m 以内に制御された．脱型後のコンクリートスラブ側面を**写真－3** に示す．「1 層打ち」の場合，合流部付近に微細な気泡が多数観察された一方で，「2 層打ち」の場合においては，打重ねや合流部に気泡は観察されなかった．「1 層打ち」の場合には，ブリーディング水やペーストが気泡を巻き込んだ状態で先流れしたのに対し，「2 層打ち」では流動距離が小さく，材料分離が生じにくかったものと考えられる．

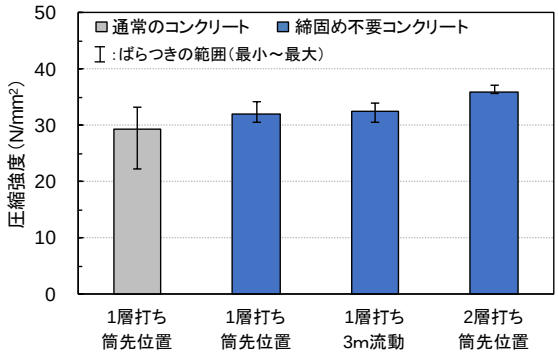



**写真－3 脱型後のスラブ側面**

**表－2　圧縮強度および単位容積質量の試験結果**

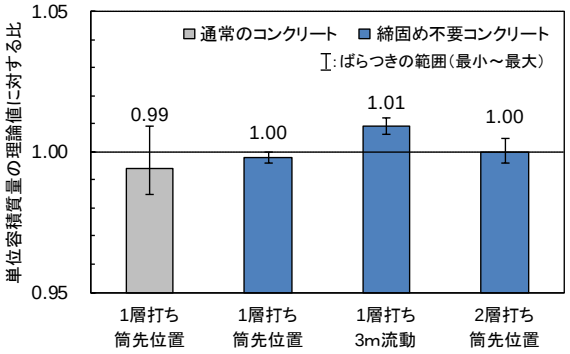
| 要因 | | | 圧縮強度(N/mm²) | | 単位容積質量(kg/m³) | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 試験値 | 標準偏差 | 試験値 | 標準偏差 |
| 通常のｺﾝｸﾘｰﾄ | | | 29.4 | 3.6 | 2304 | 18.0 |
| 安価な締固め不要ｺﾝｸﾘｰﾄ | 1 層打ち | 筒先 | 32.8 | 1.5 | 2286 | 4.3 |
| | | 3m 流動 | 32.5 | 1.5 | 2310 | 6.4 |
| | 2 層打ち | | 36.0 | 0.7 | 2293 | 9.1 |

圧縮強度および単位容積質量の試験結果を**表－2**，**図－1** および**図－2** に示す．締固め不要コンクリートの圧縮強度は，32.5～36.0 N/mm² の範囲にあり，打込み方法によらず，いずれも同程度の結果が得られた．圧縮強度の標準偏差は，締固め不要コンクリートは 1.5 N/mm² 以下であり，通常のコンクリートの 3.6 N/mm² に対して 1/2 以下にまで小さくなった．




**図－1　圧縮強度の試験結果**

単位容積質量の理論値に対する実測値の比は，0.99～1.01 の範囲にあり，配合や打込み方法によらず，いずれも理論値と同程度の結果が得られた．単位容積質量の標準偏差は，締固め不要コンクリートでは 9.1 kg/m³ 以下であり，通常のコンクリートの 18.0 kg/m³ に対して 1/2 以下程度にまで小さくなった．




**図－2　単位容積質量の試験結果**

以上から，安価な締固め不要コンクリートは通常のコンクリートと比較して，「1 層打ち」で 3 m 程度コンクリートが流動した場合でも，圧縮強度や単位容積質量の変化は小さく，品質のばらつきが抑制された．人力による振動締固めは，ばらつきが生じる可能性があるが，安価な締固め不要コンクリートは，そのばらつきが生じることなく，コンクリートの均質性を確保できるものと考えられる．

## 5．まとめ

スラブ部材を対象に，筆者らが開発した安価な締固め不要コンクリートの打込み方法について検討した．層厚を 1 層 20 cm としてコンクリートの流動を制御することで，表面気泡の発生を抑え，表層の品質を確保できた．コア供試体より，安価な締固め不要コンクリートは通常のコンクリートと比較して，品質のばらつきが抑制される傾向が認められた．流動距離を制限させる打込み方法により，安価な締固め不要コンクリートで均質なスラブ部材を構築できた．

## 参考文献

1)　松本修治ら：生産性向上に資する安価な締固め不要コンクリートの実現に向けた一実験，コンクリート工学年次論文集，Vol.41，No.1，pp.1145-1150，2019

© Japan Society of Civil Engineers