

## かぶり部コンクリートの充填性と配合変動に与える配筋の影響

九州大学大学院 学生会員 尾上幸造  
九州大学大学院 正会員 鶴田浩章  
九州大学大学院 学生会員 山上裕也

九州大学大学院 フェロー 松下博通  
大成建設株式会社 正会員 亀澤靖

## 1. 背景および目的

土木学会コンクリート標準示方書は、2002年3月に全面的に性能照査型へと移行している。性能照査とは、構造物が供用期間中、その設置環境において要求性能を全て満足することを設計段階で確認する行為であり、そのために様々な予測式が提案されているが、それらは打設時にコンクリートが型枠の隅々まで充填され、かつコンクリートが分離することなく均質であることを前提としている。しかしながら、実際にはコンクリートが鉄筋間を通過する際にモルタルと粗骨材が分離することで配合変動が生じ、設計段階における品質を満足できないこともあると考えられる。これまでに鉄筋を通過して形成されたかぶり部コンクリートの配合変動について定量的に示した例はない。本研究ではかぶり部コンクリートの充填性と配合変動に与える配筋の影響について検討した。

## 2. 実験概要

使用材料を表-1に、コンクリートの配合を表-2に示す。配合は、目標スランプ8cm、目標空気量4.5%を満足するよう試験練りによって求めた。本実験では、コンクリートの配合および締固め条件を一定とし、配筋条件のみを変化させた。配筋条件を表-3に示す。

型枠の形状寸法を図-1に示す。中央部にコンクリート投入口を有し、型枠内部は鋼製の仕切り板によって区切られている。流動末端部の型枠壁面は透明のアクリル製とし、かぶり部におけるコンクリートの充填状況を観察できるようにした。なお、かぶり厚さは一律に50mmとした。

実験ではまず、投入口よりコンクリートを45リットル投入し、続いて仕切り板を2つ同時に引き上げた。この際、コンクリートの自重によるスランプ現象が見られたが、鉄筋間を通過したケースはなかった。次に、棒状内部振動機（出力180W、回転数10000～11000rpm）を型枠の中央部に挿入し、締固めを行った。この際、コンクリートがかぶり部を充填する様子をデジタルビデオカメラにて撮影した。締固めが完了した後、直ちに型枠を取り外し、かぶり部よりまだ固まらないコンクリートを2リットル採取して配合分析を行った。

かぶり部より採取したコンクリートの配合分析は以下の手順で行った。まず、コンクリートを0.15mmふるいにあけ、水洗いしてセメント分をカットした。次に、ふるい上に残った細骨材および粗骨材を110乾燥炉で24時間乾燥させた後、細骨材(0.15～5mm)、粗骨材(5～10mmおよび10～20mm)にふるい分け、絶乾状態におけるそれらの質量を測定した上で、細骨材および粗骨材の絶乾質量を密度で除して体積に換算し、単位体積からそれらの合計を引いた分をペーストおよび空気体積の和とした。

表-1 使用材料の物理性質一覧

セメント	普通ポルトランドセメント	密度 3.15g/cm <sup>3</sup> ブレン値 3270cm <sup>2</sup> /g
細骨材	海砂	表乾密度 2.58g/cm <sup>3</sup> 吸水率 1.60% F.M. 2.68
粗骨材	碎石	表乾密度 2.91g/cm <sup>3</sup> 吸水率 1.00% F.M. 6.60
化学混和剤	AE減水剤 空気運行者	リゲニスルホン酸系 アルキルアリルスルホン酸系

表-2 配合条件および単位

G <sub>max</sub> (mm)	W/C (%)	s/a (%)	単位量(kg/m <sup>3</sup> )				
			W	C	S	G1	G2
20	55	45.5	167	304	812	658	439

G1: 10～20mm, G2: 5～10mm

表-3 配筋条件

配置方向	鉄筋径 (mm)	鉄筋純間隔(mm)					
		20	27	35	50	65	80
水平	19	○	○	○	○	○	○
	32	○		○	○		○
鉛直	19	○	○	○	○	○	○
	32	○		○	○		○

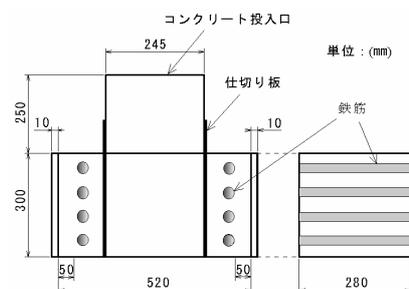


図-1 型枠の形状寸法

キーワード：かぶり部コンクリート、充填性、配合変動、単位粗骨材量

〒812-8581 福岡市東区箱崎 6-10-1 TEL 092-641-3131(内線 8654) FAX 092-642-3271

3. 実験結果および考察

図 - 2 にかぶり部コンクリートの充填高さの経時変化の一例を示す。鉄筋純間隔が狭くなるほど同一締め固め時間における充填高さは低くなった。

図 - 3 にかぶり部より採取したまだ固まらないコンクリートの配合分析結果の一例を示す。鉄筋純間隔が狭くなるにつれて 10~20mm の粗骨材の容積が減少し、その分セメントペーストと空気の合計体積が増加している。細骨材については鉄筋間隔が狭くなるにつれて若干増大したが、10~20mm の粗骨材の変動と比較するとその量は小さい。5~10mm の粗骨材についても、鉄筋純間隔に関係なくほぼ一定となった。以上より、かぶり部コンクリートの配合の変動を 10~20mm の粗骨材の変動量で表現することを考える。

かぶり部コンクリートにおける 10~20mm の粗骨材量の示方配合に対する差を式 (1) により定義する。なお、式 (1) は JISA 1119-1998 「ミキサで練混ぜたコンクリート中のモルタルの差および粗骨材量の差の試験方法」中の単位粗骨材量差の算出式を参考にした。

$$G_{10-20} = \frac{G_1 - G_2}{G_1 + G_2} \times 100 \dots\dots\dots (1)$$

ここに、 $G_{10-20}$ ：配合変動の指標（%）

$G_1$ ：粗骨材の単位容積質量（配合）(kg/m<sup>3</sup>)

$G_2$ ：粗骨材の単位容積質量（かぶり部）(kg/m<sup>3</sup>)

図 - 4 に鉄筋純間隔と  $G_{10-20}$  の関係を示す。鉄筋純間隔が狭くなるにつれ、 $G_{10-20}$  は大きくなっており、鉄筋純間隔 20mm 程度では約 25~30% 程度変動したが、鉄筋純間隔が 35mm を超えると、 $G_{10-20}$  はほぼ一定値となった。これは、鉄筋純間隔が 35mm 以下では粗骨材同士の干渉が急激に大きくなること、また鉄筋純間隔がある程度広い場合でも、コンクリートが鉄筋間を通過する際の粗骨材とモルタルの分離は皆無でないことを示している。

ここで、充填高さに及ぼす配筋の影響を定量化するため、図 - 2 に示した締め固め時間と充填高さの関係における締め固め初期の接線勾配を求めた。両者の関係は、締め固め開始後しばらくの間は下に凸であり、その後直線部が現れ、やがて上に凸となる(図 - 5)が、接線は直線部で引いた。この接線勾配は、コンクリートがかぶり部を打ち上げる速度を示しており、これが小さいほど鉄筋による抵抗が大きいと考えられる。本研究では、この接線勾配を充填速度と定義する。

図 - 6 に充填速度と  $G_{10-20}$  の関係を示す。充填速度が大きい領域では  $G_{10-20}$  は小さく、充填速度が小さい領域では  $G_{10-20}$  は大きくなっている。これは、鉄筋純間隔が狭く粗骨材同士の干渉が大きい場合にモルタルと粗骨材の分離が大きくなり、結果として充填速度が小さくなることを示していると考えられる。

4. まとめ

- (1)かぶり部コンクリートの配合変動は純間隔 35mm 以下で急激に増大する
- (2)充填速度が小さいとかぶり部コンクリートの配合変動が大きくなる
- (3)それらの原因として、鉄筋間での粗骨材同士の干渉が考えられる

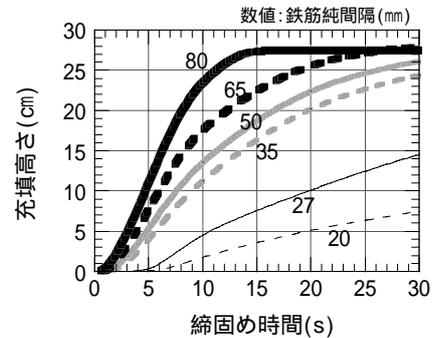


図 - 2 充填高さの変化 (D19 水平)

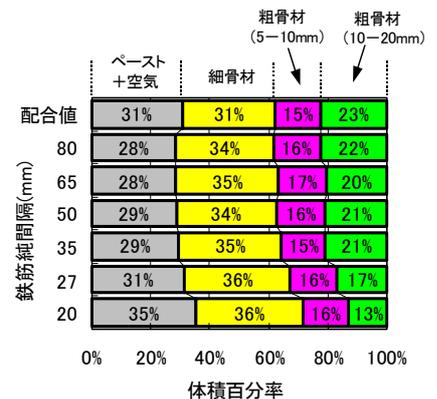


図 - 3 配合分析結果 (D19 水平)

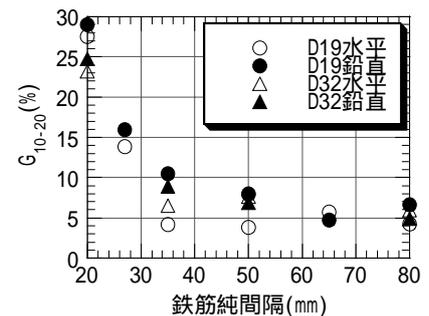


図 - 4 鉄筋純間隔と  $G_{10-20}$  の関係

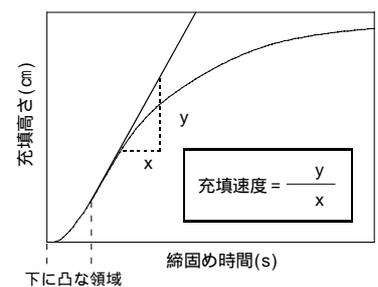


図 - 5 充填速度の算出方法

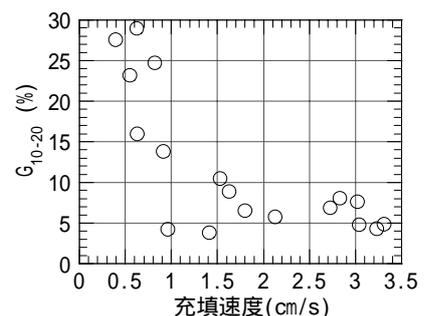


図 - 6 充填速度と  $G_{10-20}$  の関係