

コンクリートの骨材界面に形成される遷移帯に関する基礎的研究

八戸工業大学 学生員 ○ 後藤 努
 八戸工業大学 正会員 庄谷 征美
 八戸工業大学 正会員 阿波 稔

1. まえがき

コンクリートは、セメント、水、そして約 7 割の骨材によって構成されており、骨材に隣接する、組織が粗で空隙に富んだ領域は他の領域とは性状が異なり遷移帯と呼ばれている¹⁾。一般に遷移帯領域は、水酸化カルシウムの結晶がカードハウス状に析出しており、それらの結晶間はセメント水和生成物によって完全には充填されていない。そのため、この遷移帯領域は、他のセメントペースト部分と比較して粗大な毛細管空隙が多量に存在している。また、遷移帯はそのような構造を有することから、コンクリート中への劣化因子の浸透を容易にし、耐久性に大きく関与すると考えられる。そこで本研究は、骨材界面に形成される遷移帯の性状を、微小硬度計によるピッカース硬さを指標値として調べることを目的とし、さらに、遷移帯の性状とコンクリートの品質との関わりについても検討を加えたものである。

2. 実験材料および試験方法

実験で用いたセメントは、普通ポルトランドセメント、高炉セメントB種、およびフライアッシュセメントB種の3種類である。骨材は、粗骨材として石灰岩砕石 ($G_{max}25mm, 20mm$) および輝緑岩砕石 ($G_{max}25mm$)、細骨材として石灰岩砕砂 (比重 2.51, F.M3. 17) および天然砂 (比重 2.61, F.M2. 38) を使用した。コンクリートは、水セメント比 45%、55%、65% の AE コンクリートとし、スランプは $8 \pm 1cm$ 、空気量は $5 \pm 0.5\%$ を目標とした。そして、それらの組合わせを変化させ計 9 種類のコンクリートを作製した。

図-1は微小硬度計による、ピッカース硬さの測定方法を示したものである。試料は、 $100 \times 100 \times 100mm$ の角柱供試体を打設方向に二分し、打設上面より 2cm、5cm、8cm の位置にある粗骨材界面を観察するため、その骨材から上下に約 1cm の部分を、精密カッターにて切断し、試料を作製した。そして、打設方向と垂直な方向に骨材界面を選定し、粗骨材端から $10 \mu m$ 間隔で $200 \mu m$ まで骨材界面と直交する線上のピッカース硬さ値を測定した。

コンクリートの圧縮試験は、 $\phi 100 \times 200mm$ の円柱供試体を作製し、水中 28 日養生終了後、JIS A 1108 に準じて試験を行った。

透水試験 (インプット法) および透気試験 (定圧法) は、 $\phi 150 \times 300mm$ の供試体を作製し、水中養生 28 日終了後供試体を長手方向に $100mm$ 間隔で輪切りにし、その後 7 日間恒温室 ($20^\circ C$) にて乾燥させた後、試験を開始した。

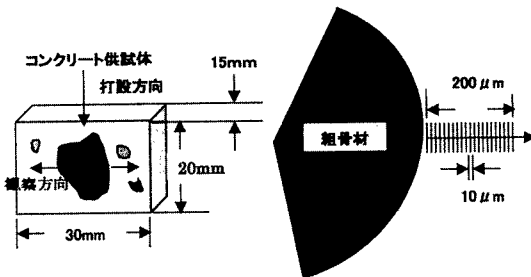


図-1 ピッカース硬さの測定方法

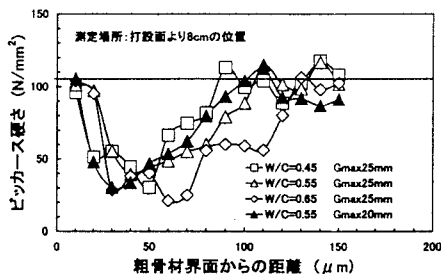


図-2 ピッカース硬さの測定結果

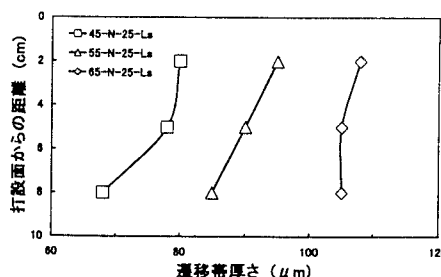


図-3 打設面からの距離と遷移帯厚さとの関係

3. 実験概要および結果

3.1 遷移帯の一般的な性状

図-2 は、ビッカース硬さの測定結果の一例として、水セメント比および粗骨材の最大寸法の異なるコンクリートのケースを示したものである。この図に見られるように、いずれの条件の場合にも、骨材界面から、数十 μm の幅でビッカース硬さが低い、脆弱な遷移体領域が存在し、さらに離れた領域には、均一なバルク部(界面の影響を受けない部分)が存在しているのが分かる。また、それぞれのケースにおいて、骨材界面近傍におけるビッカース硬さの最小値は $25\text{N}/\text{mm}^2 \sim 35\text{N}/\text{mm}^2$ 、バルク部の硬さは $100\text{N}/\text{mm}^2$ 近傍の値を示しているのが分かる。ビッカース硬さが $100\text{N}/\text{mm}^2$ 以下の部分を遷移帯厚さと定義すると、遷移帯厚さは水セメント比が増加するに伴ない大きくなる傾向が見られる。さらに、同一の水セメント比であっても粗骨材の最大寸法が大きなものほど、遷移帯厚さは大きくなる傾向が見られた。

3.2 コンクリートの品質に及ぼす遷移帯の影響

図-3 は、供試体の打設面からの距離と遷移帯厚さとの関係を示したものである。この図から見られるように、打設面からの距離が大きくなるに従って遷移帯の厚さは減少する傾向が見られた。これは、コンクリートのブリーディングなどによる組織の場所的な不均一性が反映されたものと考えられる。なお、遷移帯をコンクリート全体の平均的なものとして評価するために、上、中、下の測定箇所の平均値を求め、それを平均遷移帯厚さと定義し、以後の検討に用いた。

図-4 は、水粉体容積比 ($V_w/V_p : V_p = C + \text{細骨材 } 0.15\text{m}$ m 以下の微粒分) と平均遷移帯厚さとの関係を示したものである。

これに見られるように、セメント種類や骨材種類によらず、粉体量が多くなるほど遷移帯は薄くなる傾向が見られる。これは、粉体量によって遷移帯厚さがコントロールされることを示唆している。

図-5 は、圧縮強度と平均遷移帯厚さの関係を示したもので、平均遷移帯厚さの減少に伴ない、圧縮強度は大きくなる傾向が見られた。

図-6 は、透水・透気試験による拡散係数、透気係数と平均遷移帯厚さとの関係を示したものである。これより、同一水セメント比であっても、遷移帯厚さの増加に伴って拡散係数および透気係数は増大する傾向を示した。このことは、遷移帯の性状がコンクリートの耐久性と密接に関わることを示唆していると考えられる。

4. まとめ

1. コンクリートの骨材界面に形成される遷移帯の性状は、主として、遷移帯の厚さで評価できるものと考えられる。
2. 遷移帯厚さの抑制はコンクリートの耐久性の向上に寄与する可能性がある。

<参考文献>

小林孝一, 服部篤史, 宮川豊章, 藤井学: “微粉末混和材を用いたセメントペーストと骨材の界面性状”, 「材料」 vol. 45, No. 9, pp. 1001-1007, Sep. 1996

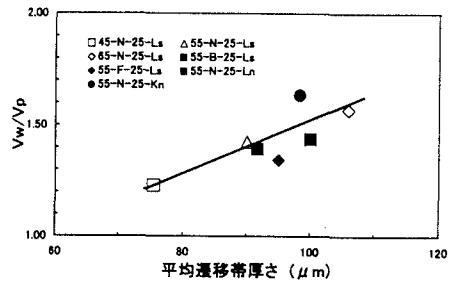


図-4 V_w/V_p と平均遷移帯厚さとの関係

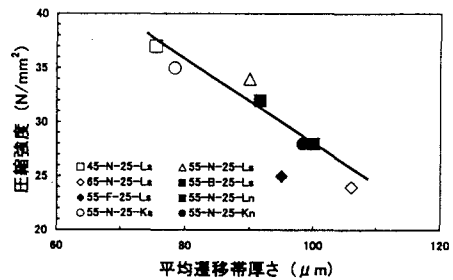


図-5 圧縮強度と平均遷移帯厚さとの関係

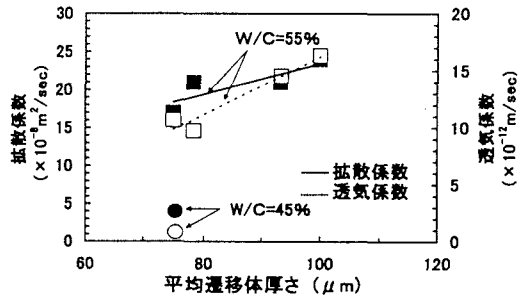


図-6 拡散係数、透気係数と平均遷移帯厚さとの関係