

摂南大学大学院 学生員 ○田中 遼  
 摂南大学 正会員 熊野 知司  
 佐藤工業（株） 正会員 的場 栄次

1. はじめに

コンクリートの配合設計において強度の設計は水セメント比によって決定する体系が構築されている。一方、コンクリートの弾性係数や乾燥収縮といった変形挙動に関しては、配合設計から決定する手法が確立されておらず、現在、様々な研究が進められている。これらの研究では、粗骨材とモルタルあるいは粗骨材とセメントペーストとの付着を仮定したモデルが検討されているが、これらのモデルによる配合設計法を確立するためには、粗骨材とモルタルの界面の付着の状態を評価することが必要となる。そこで、本研究では粗骨材中に埋め込み型ひずみゲージを設置する手法を用いて粗骨材とモルタル界面の応力～ひずみ関係の観察を行った。本論文は一連の検討結果を報告するものである。

2. 実験概要

セメントに普通ポルトランドセメント（密度 3.15g/cm<sup>3</sup>, 比表面積：3380cm<sup>2</sup>/g）、細骨材には川砂（揖斐川産）

（F.M.：2.56, 密度：2.65g/cm<sup>3</sup>）、粗骨材には砂岩（茨木産）（密度：2.69g/cm<sup>3</sup>, 弾性係数：63.0KN/mm<sup>2</sup>）を使用した。表-1 にモルタルの配合を示す。W/C は、40, 50, 60% の3水準とし、消泡剤（DF）を添加して空気量を1%以下にした。図-1 に供試体の模式図を示す。検長1mmの小型ひずみゲージを埋め込んだ25mmの粗骨材を100×100×200（mm）の角柱供試体に2個設置して圧縮載荷試験を行った。圧縮載荷試験は、アムスラー型耐圧試験機により行い、コンクリート供試体のひずみは検長60mmの貼り付け型ひずみゲージで測定した。

3. 実験結果および考察

図-2 に応力～ひずみ関係の一例を示す。図より、応力が小さい範囲ではある程度供試体の鉛直および水平ひずみと粗骨材の鉛直および水平ひずみは大差なく、同じように挙動しているが、応力が大きくなるにつれて供試体のひずみと粗骨材のひずみに徐々にずれが生じる傾向があり、粗骨材ひずみは供試体ひずみより若干小さくなる挙動を示した。

ここで、粗骨材をモルタル中に存在する球状介在物と仮定する。Goodier<sup>1)</sup>は、供試体に $\sigma_c$ の応力が作用する場合の球状介在物まわりの局所的な応力の解析式を示している。半径方向応力度 $\sigma_r$ は式（1）で示される。

モルタル表-1の配合

W/C (%)	単用量 (kg/m <sup>3</sup> )			混和剤 (C×%)		圧縮強度 (N/mm <sup>2</sup> )	静弾性係数 (kN/mm <sup>2</sup> )
	W	C	S	SP	DF		
40	318	795	1140	1.0	0.04	54.6	30.7
50	318	636	1272	-		51.6	26.9
60	318	530	1360	-		35.3	26.0

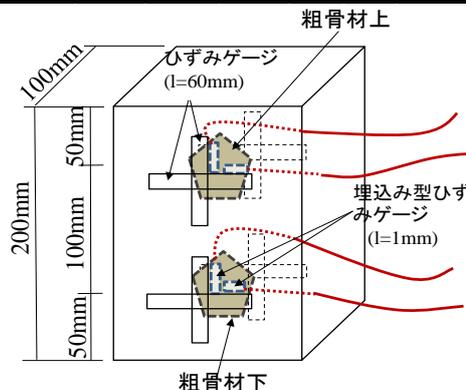


図-1 供試体の模式図

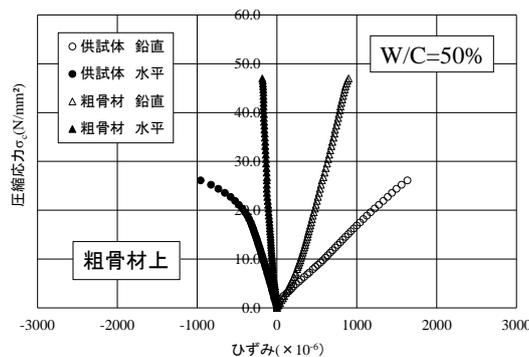


図-2 応力～ひずみ曲線

$$\sigma_{rr} = \left( \frac{0.5(k-1)}{(7-5\nu_1) + (8-10\nu_1)} \times \frac{2(1-2\nu_2)(6-5\nu_1)k + (3+19\nu_2-20\nu_1\nu_2)}{2(1-2\nu_2)k + (1+\nu_2)} - \frac{\left\{ (1-\nu_1) \frac{1+\nu_2}{1+\nu_1} - \nu_2 \right\} - (1-2\nu_2)k}{2(1-2\nu_2)k + (1+\nu_2)} + \frac{0.5(k-1)\{(-6+5\nu_1) + (7-5\nu_1)\cos 2\theta\}}{(7-5\nu_1)k + (8-10\nu_1)} \right) \times (\sigma_c) \quad (1)$$

$\sigma_c$  : 供試体に作用する圧縮応力度(引張が正)

$k$  :  $E_1/E_2$ ,

$E_1$  : モルタルの弾性係数

$E_2$  : 粗骨材の弾性係数(=63.0kN/mm<sup>2</sup>)

$\nu_1$  : モルタルのポアソン比(=0.25)

$\nu_2$  : 粗骨材のポアソン比(=0.2)

図-3 に式(1)を用いて算定した骨材周りの応力分布図の一例を示す。比較的小さな圧縮応力でも  $\theta=90^\circ \pm 20^\circ$ ,  $270^\circ \pm 20^\circ$  の範囲で、引張応力が発生し、さらに供試体に作用する圧縮応力が大きくなると引張応力も大きくなるのがわかる。

ここで、供試体の水平ひずみ  $\epsilon_m$  と粗骨材の水平ひずみ  $\epsilon_g$  の差を引張付着ひずみ  $\epsilon_b$  と定義した。図-4 に半径方向応力  $\sigma_{rr}$  と引張付着ひずみ  $\epsilon_b$  との関係を示す。図より、上側と下側の粗骨材ともに、応力が低い範囲でも、半径方向応力が大きくなるとともに引張付着ひずみ  $\epsilon_b$  は増加することがわかる。引張付着ひずみが増加するということは、モルタルと粗骨材の界面が少しずつはく離している可能性を示していると考えられる。その後、 $\sigma_{rr}$  がある値になると変曲点となり、ひずみが急激に増大する挙動を示している。変曲点では、巨視的な付着ひび割れが発生する、いわゆる見掛けの付着ひび割れ強度を示していると考えられる。

表-2 に付着ひび割れ強度の一覧を示す。本研究の実験値と Hsu ら<sup>2)</sup> が引張試験によって得た値は、W/C が大きくなると付着ひび割れ強度は小さくなるといえる。さらに、Hsu らによって報告されている値に比べ、本研究の実験値は小さい値となった。半径方向応力は、球を仮定したものであり、実際の骨材は決して球ではないことや骨材の表面の凸凹などの接着性の影響等が関係していると思われる。

<参考文献>

- 1) Goodier, J. N. : Concentration of Stress Around Spherical and Cylindrical Inclusions and Flaws, *Journal of Appl Mech*, Vol. 55, pp39-44, 1933
- 2) Hsu, T. C. and Slate, F. O. : Tensile Bond Strength Between Aggregate and Cement Paste or Mortar, *ACI Journal*, Proc. Vol. 60, pp.465-486, 1963

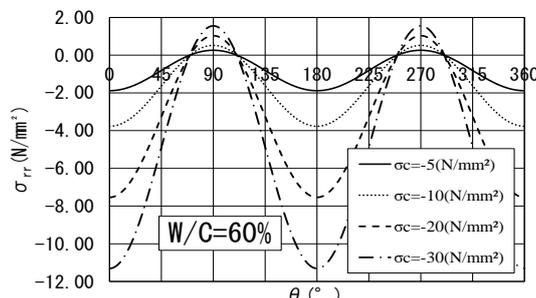


図-3 骨材周りの応力分布図

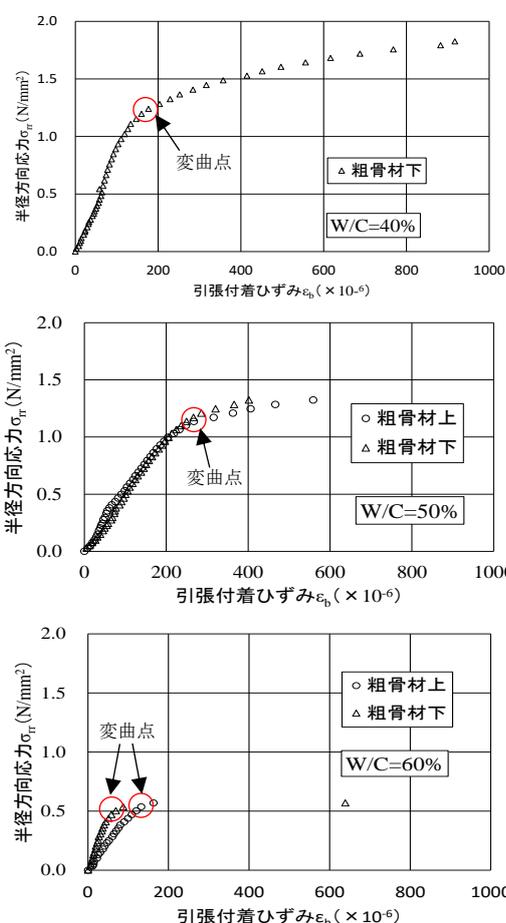


図-4 半径方向応力と引張付着ひずみとの関係 (W/C= 40, 50, 60%)

表-2 付着ひび割れ強度

W/C(%)	40	50	60
本研究	1.12	1.05	0.61
Hsuら <sup>2)</sup>	1.51	1.42	1.35