

一軸圧縮応力下の粗骨材とモルタルの付着ひずみに関する一考察

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、モデルを適用した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/cm³, 比表面積: 3380cm²/g), 細骨材には川砂(揖斐川産)(F.M.: 2.56, 密度: 2.65g/cm³), 粗骨材には砂岩(茨木産)(密度: 2.69g/cm³, 弾性係数: 63.0KN/mm²)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の超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個埋め込んで圧縮载荷試験を行った。圧縮载荷試験は、アムスラー型耐圧試験機により行い、骨材のひずみは検長1mmの埋込み型の超小型ひずみゲージにより測定し、コンクリート供試体のひずみは貼り付け型ひずみゲージで測定した。

3. 結果および考察

図-2 に応力～ひずみ曲線の一例を示す。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ひずみと粗骨材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。Goodier¹⁾は、供試体に σ_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 σ_r は式(1)で示される。

表-1 モルタルの配合

W/C (%)	単体量 (kg/m ³)			混和剤 (C×%)		圧縮強度 (N/mm ²)	静弾性係数 (kN/mm ²)
	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

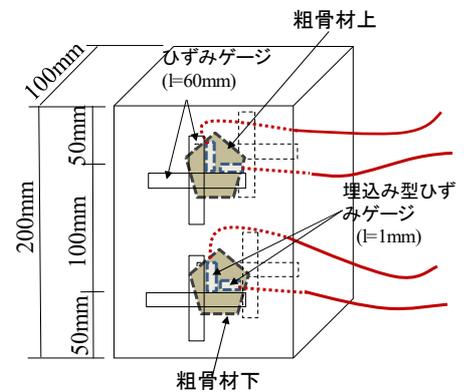


図-1 供試体の模式図

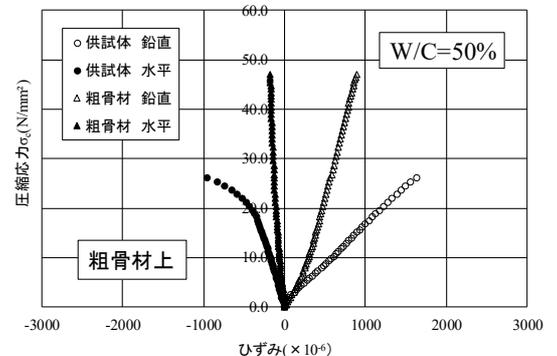


図-2 応力～ひずみ曲線

キーワード 粗骨材, モルタル, 付着応力, 付着ひずみ

連絡先 〒572-8508 大阪府寝屋川市池田中町 17-8 田中 遼 TEL 072-839-9117

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

σ_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/mm²)

ν_1 : モルタルのポアソン比(=0.25), ν_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。

圧縮応力 $\sigma_c=5(N/mm^2)$ においても $\theta=90^\circ, 270^\circ$ 付近で、水平方向の引張応力が発生していることが分かる。

この骨材周りに発生する引張応力を引張付着応力と定義する。さらに、供試体の水平ひずみ ϵ_m と粗骨材の水平ひずみ ϵ_g の差を引張付着ひずみ ϵ_f と考えた。図-4 に引張付着応力と引張付着ひずみとの関係の一例を示す。ここで、グラフの変曲点の応力を付着ひび割れ強度とした。

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²⁾が引張試験によって得た値は、いずれも 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。式(1)によって算定される半径方向応力度は、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。

表-3 に 90°方向の引張付着応力と付着ひび割れ強度を超える範囲を示す。表より供試体に作用する圧縮応力 σ_c が低い段階から 90°方向には、引張応力が発生していることが分かる。さらに、供試体に作用する圧縮応力が大きくなると付着ひび割れ強度を超える範囲が大きくなるといえる。コンクリートの応力~ひずみ関係において、概ね、圧縮強度の 1/3 の応力を超えると、比例関係が失われ、上に凸な曲線になる背景には、粗骨材の 90° 方向を起点として発生する付着ひび割れの発生も一因となっている可能性が考えられる。

4. おわりに

- (1) 応力~ひずみ曲線では、応力が小さい範囲で供試体と粗骨材の縦および横ひずみは大差なく同じように挙動しているが、応力が大きくなると供試体と粗骨材のひずみにずれが生じた。
- (2) 骨材周りでは、低い圧縮応力 σ_c において $\theta=90^\circ, 270^\circ$ 付近で、水平方向の引張応力が発生した。
- (3) 付着ひび割れ強度は、W/C が大きくなると小さくなった。
- (4) 供試体に作用する圧縮応力が大きくなると、付着ひび割れ強度を超える範囲が大きくなった。

<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

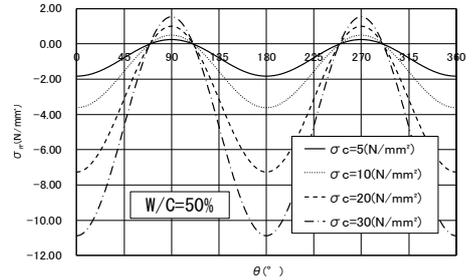


図-3 骨材周りの応力分布図

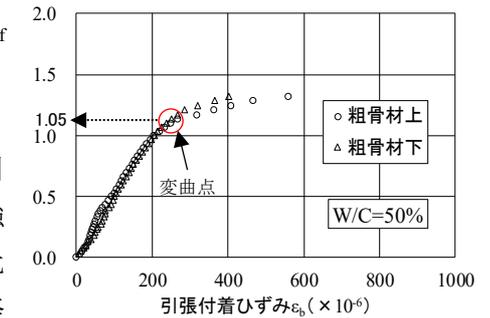


図-4 引張付着応力と引張付着ひずみとの関係

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 ²⁾	1.51	1.41	1.35

表-3 90°方向付着ひび割れ強度を超える範囲の一覧

W/C (%)	圧縮強度 (N/mm ²)	付着ひび割れ強度	供試体に作用する圧縮応力 σ_c (N/mm ²)					
			5	10	15	20	25	30
40	57.1	1.12	0.24	0.48	0.72	0.97	1.21	1.45
			±3°	±9°
50	48.8	1.05	0.25	0.51	0.76	1.02	1.27	1.53
			.	.	.	±7°	±11°	±13°
60	33.4	0.61	0.26	0.52	0.77	1.03	1.29	1.55
			.	.	±5°	±11°	±13°	±14°

■:概ね、圧縮強度の1/3となる応力 上段:90°方向の引張り応力(σ_r)
 下段:付着ひび割れ強度を超える範囲