

骨材・モルタル界面及び補修材界面の強度に関する実験的検討

徳山工業高等専門学校 学生会員 ○高木尚伸
 徳山工業高等専門学校 正会員 橋本堅一
 徳山工業高等専門学校 正会員 島袋 淳

1. はじめに

材料の破壊き裂の発生は応力やひずみの不連続面で発生することが多く、材料の破壊の進行は一般に応力やひずみの集中によって支配される。材料内の応力やひずみの集中の主な原因としては材料に対する載荷や支持などの外的境界条件のほか材料内に存在するき裂や空隙等の材料欠陥や異種材料界面等が挙げられる。この異種材料界面はひとたび応力履歴を受けると、応力集中により界面上にき裂が生じる場合が多く、実質上、界面を有するほとんどの材料は、界面にき裂を有しているといえる。そのため、この界面き裂を任意の荷重レベルで安全であるか否かを検討することが重要である。

そこで本研究では、コンクリート内に存在する骨材とモルタルの界面に着目した。モルタルと花崗岩の界面材の3点曲げ試験により、界面材、界面き裂材の双方から強度評価を行った。また、骨材とモルタルの界面は必ず弱面になるため、コンクリート等の補修材であるエポキシ樹脂系接着剤で強度の高い界面を加工し、その界面により材料挙動がどう変化するかについて検討した。

2. 骨材モルタル界面の強度評価

異種材料界面の強度評価を考えると、応力特異性が消失しても応力集中は存在するので応力集中を表現するパラメータや特異性を有するなら応力拡大係数のように応力特性を表現するようなパラメータを用いる必要がある。しかしこれらを統一的に表現するパラメータは存在しない。また、界面き裂の場合は荷重的にモードⅠであっても変形はモードⅠとモードⅡの混合モードになるため標準試験法で求めることができる K_{Ic} の概念は当てはまらない。しかし本研究ではきわめて簡便的に破壊荷重あるいは均質材に対する強度、破壊靱性で界面強度を比較した。

3. 実験概要

3. 1 供試体

骨材のモデル材料には比較的強硬で良質とされている花崗岩を用いた。この花崗岩は愛媛県伊予大島産の比較細粒（平均結晶粒径2m程度）で大島花崗岩と呼ばれる花崗岩で

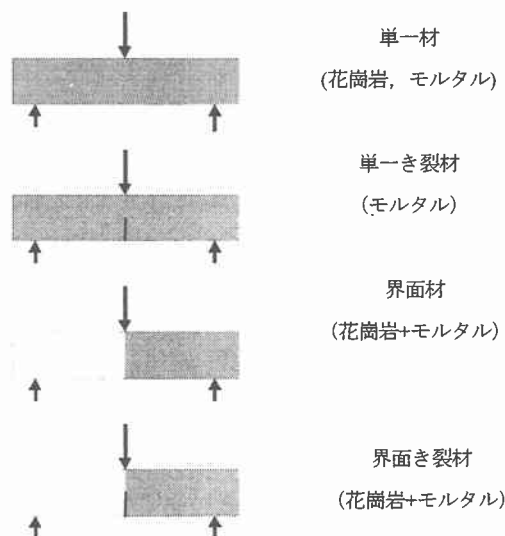


図-1 供試体の概要

ある。花崗岩の圧縮強度は180MPa～220MPa¹⁾、引張強度は8MPa～12MPa程度である²⁾。

供試体の寸法はすべて4cm×4cm×18cmとし、界面評価のための界面供試体と界面き裂供試体を各々4本ずつ、また比較のため花崗岩供試体、モルタル供試体、モルタルき裂供試体も各々4本準備した。さらに、これらの供試体で実験を行った後に花崗岩の自然破壊断面にモルタルを打設した自然界面供試体を4本、それぞれの供試体の破壊断面を接着剤で接着した接着界面供試体、接着界面き裂供試体、接着モルタル供試体、接着モルタルき裂供試体を各々4本ずつ作成した。供試体の概要を図-1に示す。

モルタルの砂には乾燥した豊浦標準砂を用い、セメントと砂の比は1:2とし、水セメント比を58%とした。界面材は、花崗岩を切断し、そこにモルタルを打ち込んだ。界面き裂材では、ビニールテープをき裂とみなしき裂長さが2cmとなるようにビニールテープを花崗岩に貼りモルタルを打ち込んだ。また、モルタルのき裂材では、モルタルを打ち込んだ後プラスチック板を差し込み半硬化後に抜き取りき裂とした。

モルタル打設後、2日目に脱型、その後28日間水中養生した。また、接着供試体に用いた接着剤はショーボンド化学のエポキシ樹脂系を使用し、24時間以上の気中養生をし

表-1 接着剤の性能

試験項目	試験方法	単位	社内規格値
曲げ強さ	JIS K 7203	N/mm ²	40 以上
圧縮降伏強さ	JIS K 7208	N/mm ²	60 以上
圧縮弾性率	JIS K 7208	N/mm ²	(4.0~8.0)×10 ³
引張強さ	JIS K 7113	N/mm ²	20 以上

た。表-1 に接着剤の性能を示す。

3. 2 実験方法

試験方法は3点曲げ試験とした。実験は静的容量15 k N の油圧サーボ式材料試験機（島津サーボパルサ EHF-FD II 型）を用いて行い、0.05mm/min の载荷点変位制御で载荷した。モルタルの圧縮、引張試験を行った結果、圧縮強度は36.2MPa、引張強度は1.87MPaであった。

4. 実験結果と考察

破壊靱性は最大荷重を用いて次式で評価した。

$$K = \frac{PS}{BW^{3/2}} f\left(\frac{a}{W}\right) \tag{12}$$

$$f(a/W) \tag{13}$$

$$= \frac{3(a/W)^{1/2} \left[1.99 - (a/W)(1-a/W)(2.15 - 3.93a/W + 2.7a^2/W^2) \right]}{2(1+2a/W)(1-a/W)^{3/2}}$$

P: 荷重, B: 板厚, S: スパン, W: 板幅, a: き裂長さ

図-2 のき裂なし部材の比較では、界面材の平均曲げ強度はモルタルの平均曲げ強度に対し約 26%で最も小さくなった。自然界面材の曲げ強度においては、モルタルの平均曲げ強度に対し約 69%で界面材と比較すると強度は大きくなっているが、やはりモルタルの強度に比べ小さくなった。また、図-3 のき裂材の比較では、界面材の平均破壊靱性値はモルタルの平均破壊靱性値に対して約 26%とやはり界面材の値が小さくなっている。このことから部材は、界面を有することで強度が低下するといえる。すなわちモルタルと骨材の界面は必ず弱面になるといえる。

一方、本来界面き裂材のき裂の進展を考える上では、2つの材料の破壊靱性と界面の破壊靱性の3つの材料特性を考える必要がある。しかしこの場合、破壊靱性値においても界面を有することでその値が低下することから、界面にき裂が存在するとそのき裂は界面方向に進展しやすくなることが考えられる。

また接着供試体に注目すると、き裂なしの接着モルタル、接着界面材共に均質材で最大曲げモーメントの作用する位置では破壊せずそこから少しずれた位置で破壊した。すなわち、まず接着剤を使用したことによりこれらの部材は連続ではなくなり曲げ理論が使用できなくなる。また接着剤の大きな変形性により、モルタル部材では载荷点付近で曲げモーメントが最大にならず、少し支点側で最大になるた

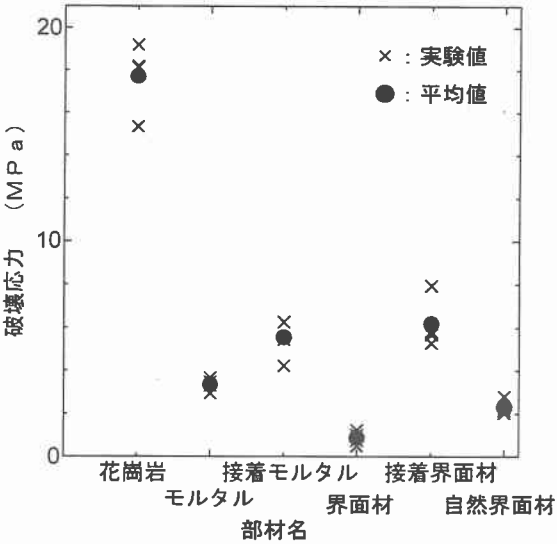


図-2 き裂なしの各部材での破壊応力

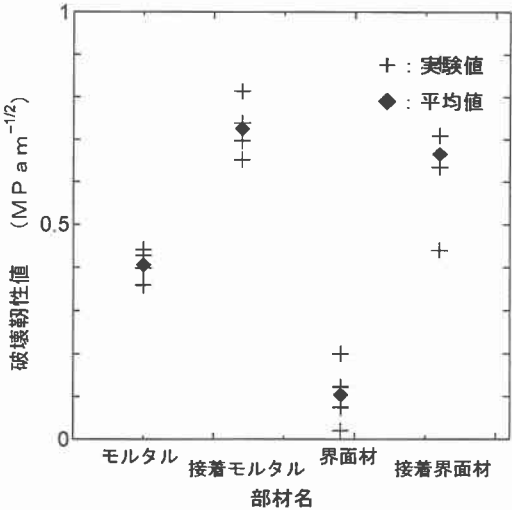


図-3 き裂材の各部材の破壊靱性値

め、つなぎ目から少し離れた位置から破壊したと考えられる。また、接着モルタルがモルタルの破壊強度を約 66%上回ったことについても、接着剤による大きい変形性のために曲げモーメントの分布が複雑になり部材全体としての耐力が大きくなり、モルタルの単一材の破壊強度より大きくなったと考えられる。

以上のことにより、骨材とモルタルの材料界面は著しい弱面になることがわかった。しかし本研究のような広い面が骨材界面に存在しているわけではなく、界面の応力分布は複雑であると考えられる。また骨材とモルタルの相互干渉や拘束等も関係してくる。しかしながら、ひとたび荷重が加われば微小な部分には、き裂が生じるものと推測される。