

利用者からの報告

セメント系接着界面の破壊エネルギー

評価実験

仲嶋 裕亮 (なかじま ゆうすけ)



所属：生活科学研究科 居住環境学コース

専門分野：建築材料工学

趣味：マラソン、自転車、モトクロス

はじめに

私は現在、鉄筋コンクリート構造における外壁仕上げのひとつであるタイル後張り仕上げやセメントモルタル仕上げに関する研究をおこなっています。このような仕上げはコンクリートとモルタルとの接着強度に依存して構築されていますが、代表的な劣化症状としてセメントモルタルとコンクリートとの接着界面における剥離現象があります。これは乾燥湿潤や温度変化に伴う構成材料間の長さ変化の違いから、接着界面に大きなせん断力が生じることが原因として考えられていますがその接着界面の破壊メカニズムは十分に解決されていません。

これまで行われてきた、亀裂問題における線形破壊力学の研究では剥離開始時点での安全設計に用いることはできるものの、それ以降の破壊過程の推定には剥離時の最大強度も含めた、非線形破壊力学による方法を確認しなければなりません。

そのため本研究では鉄筋コンクリート造建築物における外壁仕上げ部材の維持保全に用いる設計方法および安全性判断基準を確立するための基礎的研究を行いました。ここでは代表的な仕上構法の一つであるセラミックタイル仕上構法についてその剥離防止設計に用いる接着性能評価に対して、界面破壊力学を用い、実験的研究により提案された評価方法の適性を検討することを主な目的としています。

【実験1】

・試験体

セメントモルタル1 (4×4×16cm) にセメントモルタル2 (3×1.5×16cm) を接着させた複合試験体です。接着界面上の亀裂進展における破壊エネルギーを求めるため、非接着面 (10cm) と接着面 (6cm) を設け非接着面の先端を界面亀裂先端となるように工夫しました。使用したセメントモルタル1はプレーンモルタルとし、セメントモルタル2には左官材料などに用いられるポリマーを5%、15%、25%の割合で混入しました。

・試験方法

破壊力学に基づいた破壊形態を得るため、以下の加力試験を行いました。本実験ではモード I 型（開口型）の加力方法 1 とモード II 型（せん断型）の加力方法 2～4 の 4 種類を加力形態とします。これには、工作センターで作成して頂いた鋼板を両側に接着剤で張り付け、さらに加力用鋼製治具で曲げ・せん断の外力を作用させました。この治具の設計では、亀裂先端の応力場を評価するために境界要素法弾性解析プログラムによって加力試験モデルを作製し 2 次元弾性解析を行い、モード比が 0～60 度までの範囲にわたるよう工夫をしました。

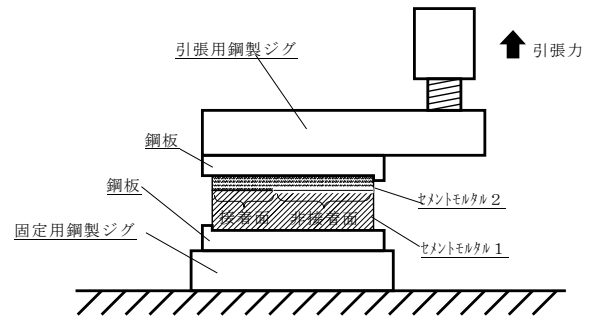


図 1 加力方法 1 モード I 型

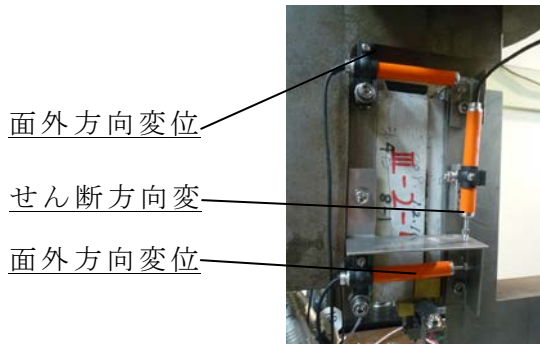


写真.1 混合モード型加力試験

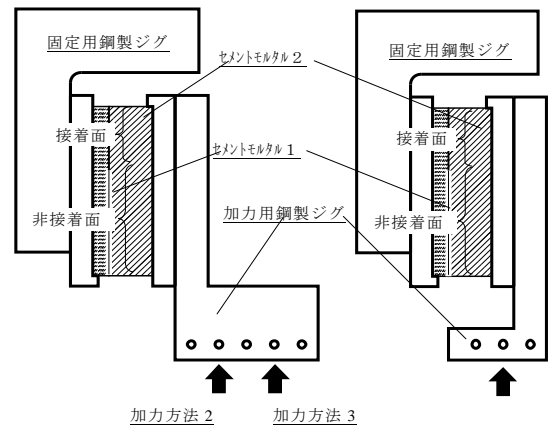


図 2 加力方法 2～4 混合モード型

・結果

载荷点変位と荷重との関係図から加力による仕事量が得られ、その値を界面エネルギーとします。いずれの試験体の種類ともモード比が大きくなる傾向を示したが、モード I の場合は破壊過程の全領域を対象としたのに対し、モード比 15 度以上になると不安定破壊のため一部領域を対象としています。そのため、実際の界面エネルギーの差はさらに大きいものと推測されます。一方、セメントモルタル 2 のポリマー含有量の違いについては、ポリマー量 5% と 15% はほぼ同じ界面エネルギーの値を示したものの、ポリマー量 25% の場合にはモード比が 10 度以上になると 3 倍程度の値を示し、界面の破壊靱性が大きく増大することが確認されました。

モード I 型の試験についてはおおむね全破壊過程において安定的な破壊性情を得たものの、モード II 型の破壊形態を含む混合モード型の試験では安定的な破壊性状を得た過程は一部のみという結果になりました（図 3.a）。また荷重の中には、剥離後の加力治具の重さも含まれているため、次回の試験では荷重のみが計測できるのが望ましいと考えられます（図 3.b）。以上の反省点から試験方法と治具の改良を行い、新たな実験を行いました。

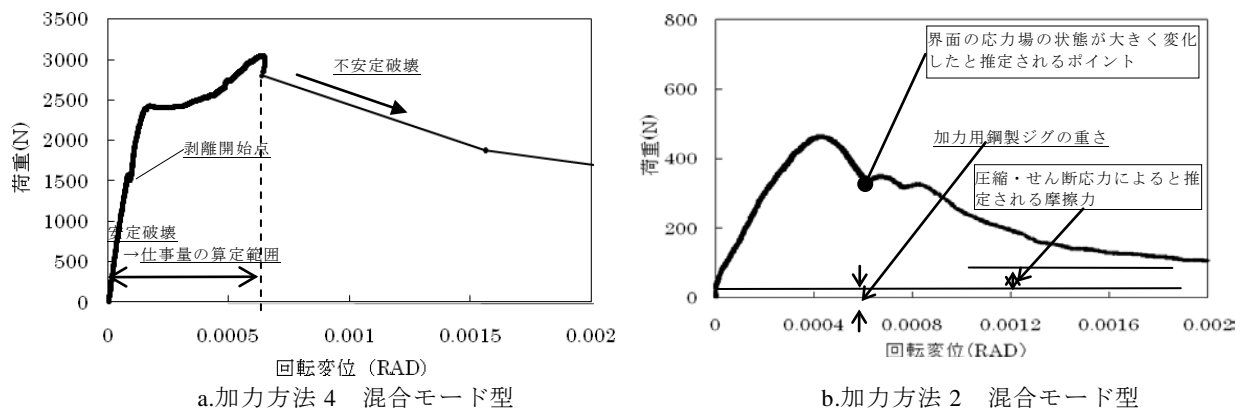


図 3 回転変位と荷重との関係

【実験 2】

・試験体

試験体は、コンクリート（200mm×100mm×100mm）にセメントモルタル（140mm×40mm×14mm）を張り付けた複合試験体で、コンクリートには加力試験用治具に固定するため背面にφ10のアンカーボルトを2本埋め込みました。

コンクリートは呼び強度 24N/mm²で作成し、張付け用セメントモルタルには、プレーンモルタルと、左官工事などに一般的に用いられるポリマーを3種類（5%、15%、25%）の計4種類に調合し、工作センターで作成して頂いた鋼製型枠によりコンクリートに張り付けを行い、28日間の封かん養生を施しました。

・試験方法

本実験では前回同様の破壊性状とするため、加力方法1のモードⅠ型（開口型）から加力方法2～5のモードⅡ型（せん断型）に至るまでの混合モード型となるよう、5種類の加力形態としています（写真2）。

試験体にはセメントモルタル側に加力用治具を接着剤で張り付け曲げ・あるいは曲げせん断の外力を作用させるよう設計を行いました。加力用鋼製治具には前回の反省点から、加力試験後に治具の重量が残らないよう試験方法を考案し、設計を行いました。

また、本加力方法による場合の亀裂先端の応力状態の評価にも前回同様に境界要素法プログラムによって界面に作用する応力度を求めました。この解析に当たって、新しく設計した試験体と鋼製治具のモデル化を行い、2次元弾性解析を実施し、それにより求めたモード比が0～90度の範囲に渡るよう鋼製治具の設計を行いました。



a.加力方法1 モードI型



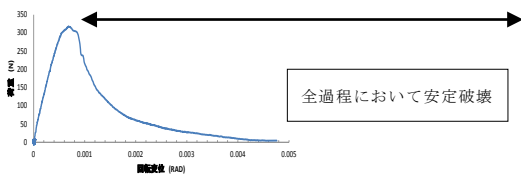
b.加力方法2~5 モードII型および混合モード型

写真2 加力試験

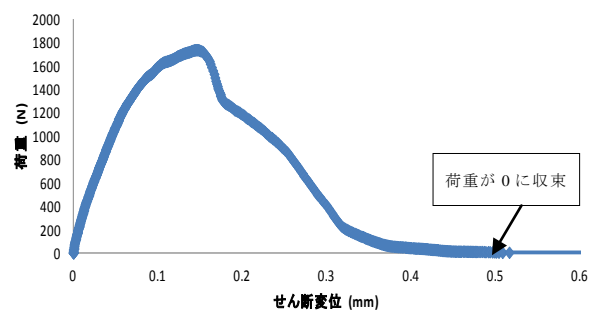
・結果

図4は本実験で行ったモードI型（加力方法1）回転変位と混合モード型（加力方法4）のせん断変位の例です。共に全領域において安定的な破壊性状を示しています。また、今回の加力用治具は試験体が剥離した時点で自由落下するように設計しているため、治具の重さが残らないよう改善することができました。

今後この5種類の加力方法で試験を行い、載荷点変位と荷重との関係からコンクリートとモルタル界面近傍のエネルギー量を捉える事がこの研究の目的です。



a.加力方法1 モードI型



b.加力方法4 混合モード型

図4 回転変位と荷重、またはせん断変位と荷重との関係

・最後に

工作センターでは本実験で使用した鋼製型枠および加力用実験器具などの製作、また設計段階での数々の御助言、御指導頂きました。また、一人で対処できないような急なトラブルでも迅速に対処して頂きました。この場をお借りして深くお礼申し上げます。