

利用者からの報告

セメント系接着界面剥離の力学的特性

森井 万葉 (もりい かずは)

所属：生活科学研究科 居住環境学専攻

前期博士課程 1 回生

専門分野：建築材料学

趣味：つくること，読書



鉄筋コンクリート構造の建築物には、外観を美しく見せるために、外壁には一般に仕上げが施されている。近年こそ、「打放し」と呼ばれるコンクリートの素材をそのまま仕上げとした外観がよく見られるようになったが、一般には本学の建物のように何らかの仕上げが施されている。その代表的なものとしてタイル仕上げやセメントモルタル仕上げがある(写真1・2)。これらの施工方法は、コンクリート表面に左官職人がセメントモルタルを塗って下地とするか、接着材としてタイルを張る工事が一般的である。このセメントモルタルは、水・セメント・砂を練り混ぜたものである。これらの外壁仕上げは、古くからこの接着界面で剥離する事故が多発し、建物の維持・保全に問題となっている(写真3・4)。

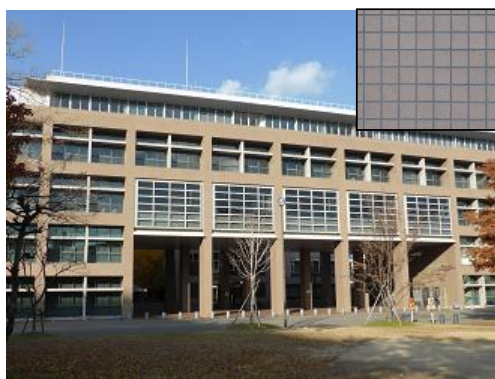


写真1 タイル仕上げ外観

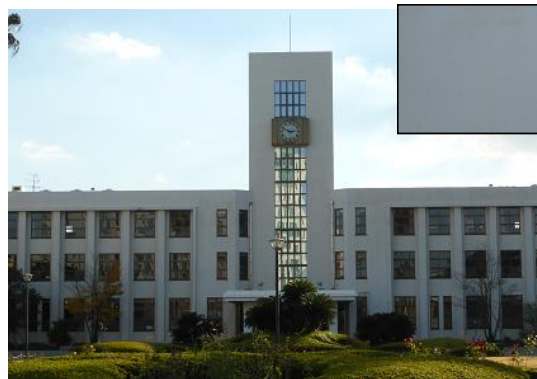


写真2 セメントモルタル下地吹付け仕上げ



写真3 タイルの剥離



写真4 セメントモルタルの剥離

そこで、私は前期博士課程に進学し、この問題の最も重要な、セメント界面の接着特性について基礎的な研究を進めている。研究の進め方としては、界面剥離を力学的な破壊現象として捉えており、その方法として界面破壊力学を適用している。

破壊力学に基づいた破壊形態の概要を図1に示す。本研究では、開口型のモードⅠ型とせん断型のモードⅡ型の破壊モードを基本とし、これらの混合型モードで検討されている。そこで、モードⅠ型破壊を目的とした加力方法1と、モードⅡ型破壊を目的とした加力方法4のほか、これらの中間的な混合モード型となるようにした加力方法2および3、さらにモードⅡ型で圧縮応力を加えた加力方法5の5種類を加力形態について実験を実施することとした。

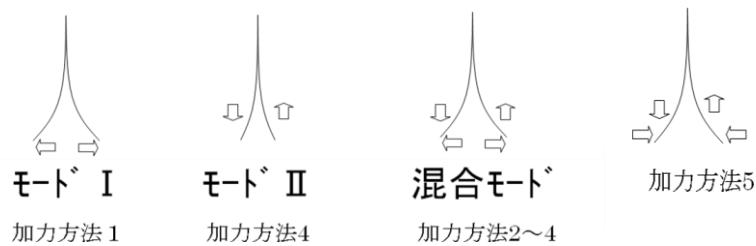


図1 破壊モードと加力形態

試験体は、コンクリート表面にセメントモルタルを塗りつけて、コンクリート/セメントモルタル間に接着界面を成形した。加力方法1（モードⅠ型）の状況を図2および写真5に示す。コンクリートはコの字型の鋼製ジグに固定され、モルタル面に鋼製の加力ジグを接着して、加力ジグに載荷することによって界面の破壊を生じさせた。その時に、載荷重およびコンクリート/セメントモルタル間の相対変位を測定した。加力ジグの加力方法2および3の試験状況を図3および図4に示す。これらは、コの字型ジグを鋼製台に乗せて、傾きを持たせ、引張応力とせん断応力とを作用させて、混合モード型の破壊応力が生じるような加力方法とした。

一方、加力方法4（モードⅡ型）の状況を図5および写真6に示す。この試験では、L型の鋼製ジグにコンクリートを固定し、接着界面にせん断力を作用させた。加力方法5では、この試験方法に対して、-15度傾くように、L字型の鋼製ジグを鋼製台に載せた。

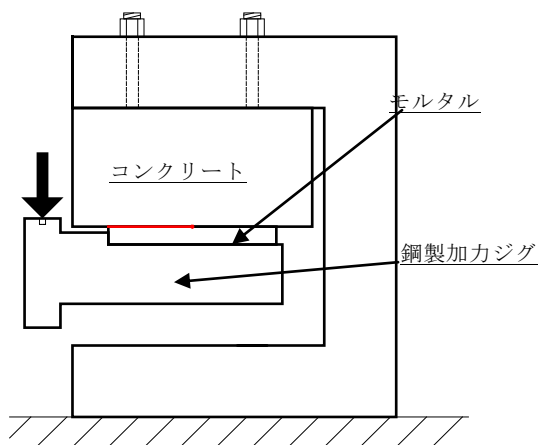


図2 加力方法1

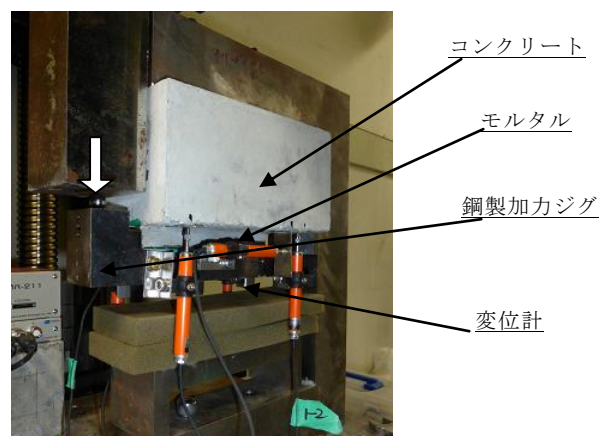


写真5 加力方法1

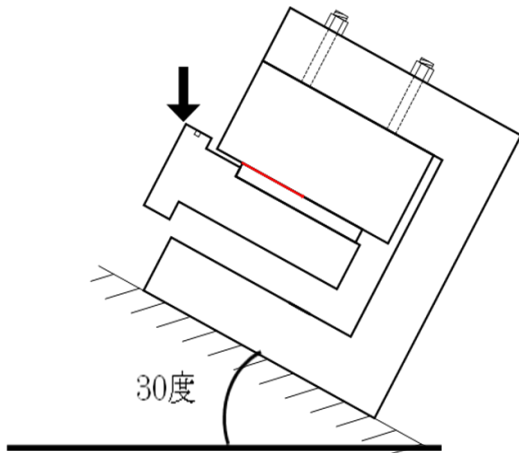


図3 加力方法2

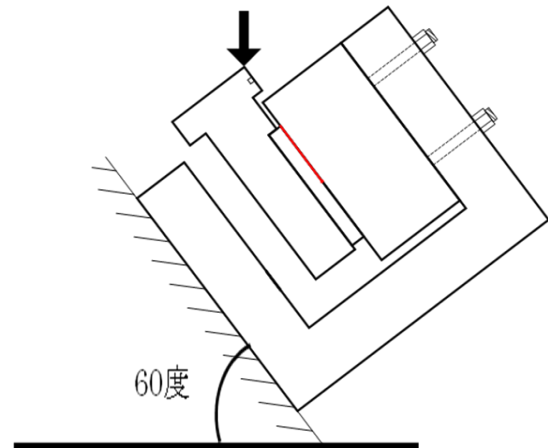


図4 加力方法3

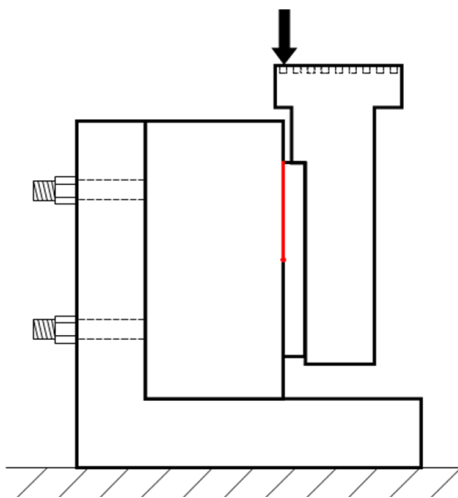


図5 加力方法4



写真6 加力方法4

加力方法1の場合の実験結果例を図6に示す。コンクリート/セメントモルタル間の相対変位は、面外方向4点（CH2～CH5）とせん断方向2点（CH6・CH7）を測定し、これと荷重との関係を示している。この結果を基に算定した載荷点の変位と荷重との関係を図7に示す。この荷重-変位関係における面積が接着界面の界面エネルギーとなる。現在、試験結果をまとめているところであり、モード比（混合モードにおけるモードIとIIの応力比に相当する値）との関係进行评估する予定である。

一方、図8に示すような材料1および2の異種材間の界面に存在するき裂先端近傍の応力場を考える場合、界面き裂先端から内部に至る界面上（ $\theta = 0^\circ$ ）すなわちx軸上の複素表示された応力度 σ_y および τ_{xy} は、(1)式のようにrの関数として表され、異種材料間の界面き裂先端は、モードI型とモードII型の混合モード型の破壊靱性値による強度特性を持つことが知られている。ここで、 K_I および K_{II} はモードIおよびモードIIの異種材間界面き裂に対する応力拡大係数、 i は複素定数、 L は無時限化するための任意の代表長さである。また、 ε はバイマテリアル定数と呼ばれるもので、(2)式で定義される。なお、 μ はせん断弾性係数であり、縦弾性係数 E 、ポアソン比 ν により、(4)式によって求められる。この K_I および K_{II} を数値解析で求めることによって、モード比を算定することができる。

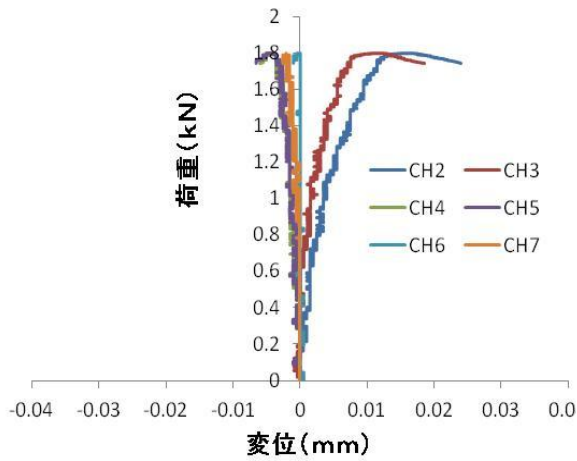


図6 加力方法4

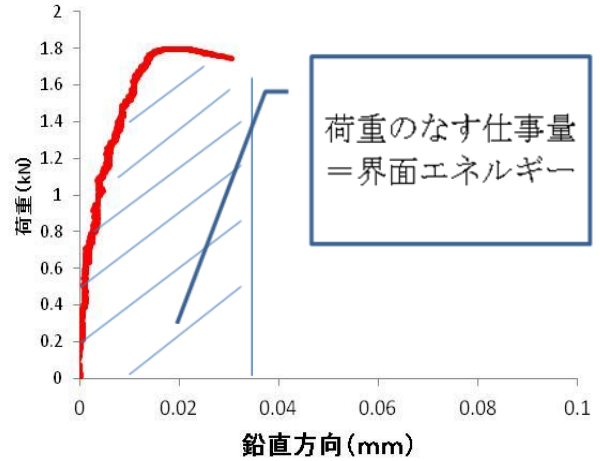


図7 加力方法4

$$\sigma_y + i \tau_{xy} = \frac{K_1 + iK_2}{\sqrt{2\pi r}} \left(\frac{r}{L} \right)^{i\varepsilon} = \frac{K_1 + iK_2}{\sqrt{2\pi r}} \left\{ \cos(\varepsilon \ln(r/L)) + i \sin(\varepsilon \ln(r/L)) \right\} \quad (1)$$

$$\varepsilon = \frac{1}{2\pi} \ln \left[\left(\frac{\kappa_1 + 1}{\mu_1} + \frac{1}{\mu_2} \right) / \left(\frac{\kappa_2 + 1}{\mu_2} + \frac{1}{\mu_1} \right) \right] \quad (2)$$

$$\kappa_j = \begin{cases} 3 - 4\nu_j & (\text{平面ひずみ}) \\ (3 - \nu_j) / (1 + \nu_j) & (\text{平面応力}) \end{cases} \quad (3)$$

(セメントモルタル 1 の場合は $j=1$, セメントモルタル 2 の場合は $j=2$)

$$\mu_j = \frac{E_j}{2(1 + \nu_j)} \quad (j=1,2) \quad (4)$$

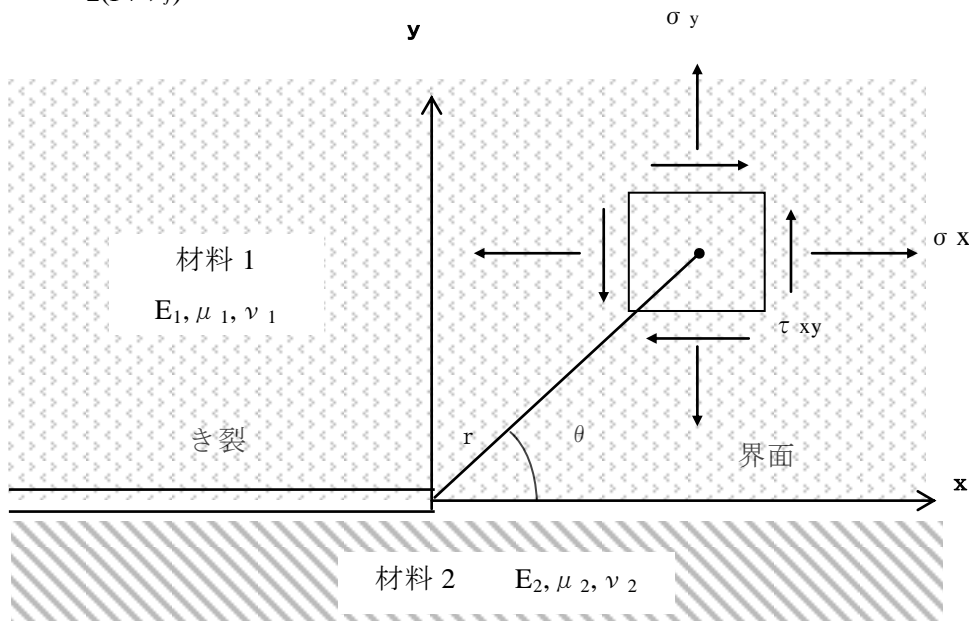


図8 界面き裂先端の座標系と応力度

これらの試験に使用した鋼製ジグは、すべて工作技術センターに依頼して作製していただいたものである。ここに感謝の意を表す。