

## ポリマーモルタル/コンクリート間界面剥離の実験と解析

○東京大学 学生員 磐田 吾郎  
東京大学 正員 松本 高志

### 1. はじめに

現在、我が国の道路橋 RC 床版の損傷が著しく、効果的な補修・補強が必要となっている。現在提案されている補修・補強工法の多くは既設構造物への補修・補強材の接合であるため、材料間界面の形成は不可避である。補修・補強後の延命効果を調べるために床版の輪荷重走行試験が行われているが、既設部分と補修・補強材の間で一部もしくは全体に剥離が生じた後に、破壊に至ることがわかっている。したがって、耐久的な補修・補強を行うためには、耐久的界面の形成が必要である。本研究では、材料間界面の性状と補修・補強後の強度の関係を調べ、耐久的界面に求められる界面性状について検討した。

### 2. ポリマーモルタル/普通コンクリート間界面破壊靱性試験

本研究では材料間界面の性状として、破壊エネルギーの計測を行った。

図 1 に示すような 2 材料を横に接合した梁の 4 点曲げ試験により、破壊エネルギーの測定を行った。 $\phi = 0^\circ$  については左図の対称載荷試験、 $0^\circ < \phi < 90^\circ$  については右図の非対称載荷試験を行った。試験はポリマーモルタル/普通コンクリート間界面について行った。その結果、図 2 に示すような結果が得られた。図 3 に示すのが既往の研究で行われた普通コンクリート/普通コンクリート間界面についての試験結果である\*。右下がりとならぬと右上がりの正反対の結果が得られた。

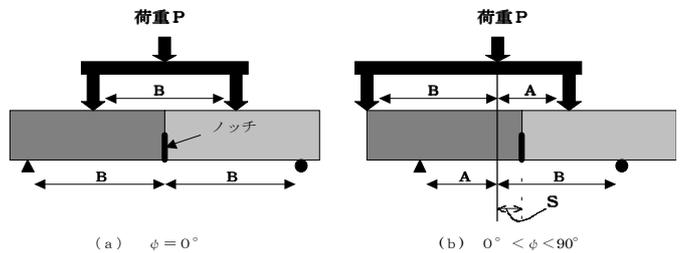


図 1 試験方法

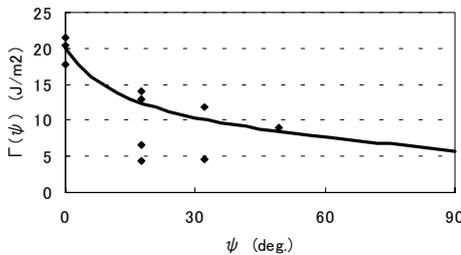


図 2 試験結果(ポリマーモルタル/普通コンクリート)

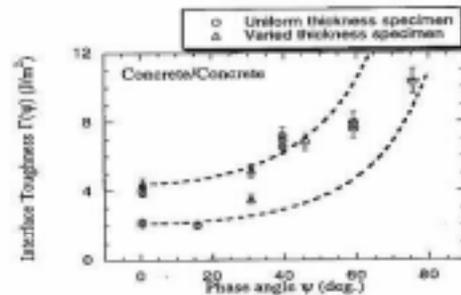


図 3 試験結果(普通コンクリート/普通コンクリート)

### 3. 増厚補修された RC 床版の FEM 解析

図 4 のような増厚補修された RC 床版の静的載荷試験の解析を行った。材料間界面のモデルを図 5 に示す。直応力・せん断応力が Mohr-Coulomb の破壊包絡線[式 1]に達するとクラックが発生すると仮定した。

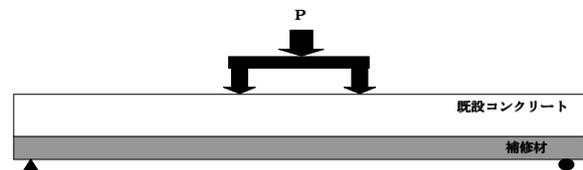


図 4 解析対象

$$\frac{\sigma}{\sigma_0} + \frac{\tau}{\tau_0} = 1 \quad (\sigma_0: \text{引張り強度}, \tau_0: \text{せん断強度}) \quad [\text{式 1}]$$

その後、引張時は開口変位  $\delta_n$  (せん断変位  $\delta_t$ ) の増加とともに線形的に直応力  $\sigma$  (せん断応力  $\tau$ ) が減少し、圧縮時はせん断応力はせん断変位に比例して減少しある変位を超えると一定となると仮定した(圧縮変位は無い)。応力が 0 に達する時の変位  $\delta_{n0}$ ,  $\delta_{t0}$  はクラック発生時の応力に限らず一定とした。このとき、破壊エ

キーワード：界面剥離，モード混合度，破壊エネルギー，

〒113-8656 東京都文京区本郷 7-3-1 TEL:03-5841-7455 FAX:03-5841-7496

エネルギーは三角形で囲まれた部分の面積の和に相当する(引張時)。 $\sigma_0$  と  $\delta_{n0}$  は試験より求まるため、 $\tau_0$ 、 $\delta_{t0}$  をパラメータとして破壊エネルギーを試験結果に適合させた。

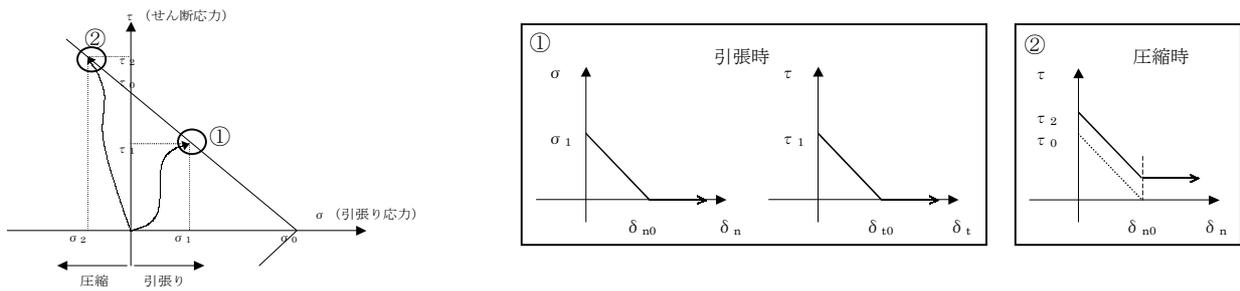


図5 材料間界面のモデル

4. 解析結果・考察

解析は補修材にポリマーモルタルと普通コンクリートを用いた場合の二通りについて行った。パラメータが  $\tau_0$ 、 $\delta_{t0}$  の二つであり一意に定まらないため、様々な  $\tau_0$ 、 $\delta_{t0}$  の組合せについて解析を行った。その結果、RC 床版には次の三つの破壊形態があった。①鉄筋降伏前に材料間界面に圧縮応力状態でクラックが発生し、このクラックが界面全体に進展して破壊に至る、②鉄筋降伏後に発生したクラックの影響で材料間界面が引張り応力状態になり、弱いせん断応力でクラックが生じ、このクラックが界面全体に進展して破壊に至る、③鉄筋降伏後に発生したクラックが界面のクラックが界面全体に進展する前に床版の上面まで達して破壊に至る。補修材にポリマーモルタルを用いた場合は全て破壊形態①であった。材料間界面のせん断強度が高くなるにつれて、破壊形態は①→②→③と変化した。三つの破壊形態についての荷重-載荷点変位のグラフを図6に示す。

つぎに、 $\delta_{t0}$  の影響を調べるために、 $\delta_{t0}$  のみを大きくした場合について解析を行った(図7)。クラック発生後破壊に至るまでが遅くなっており、 $\delta_{t0}$  はクラックの発生後の進展度合に影響を与えることがわかる。さらに、界面のクラックの影響を調べるために、破壊形態③について、界面にクラックが発生する場合と、界面が強くクラックが発生しない場合について解析を行った(図8)。挙動にほとんど差がないことから、界面のクラックは界面全体に進展しない限り、床版全体の挙動には影響を与えないことがわかる。以上より道路橋床版の補修・補強には、破壊形態の③で壊れるだけの強度を持った材料間界面が望ましい。つまり、 $\tau_0$ 、 $\delta_{t0}$  の値が大きいモード混合度と破壊エネルギーの関係が右上がりになる材料間界面が求められる。

4. まとめ

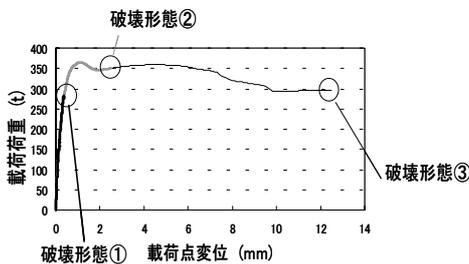


図6 破壊形態と荷重変位曲線

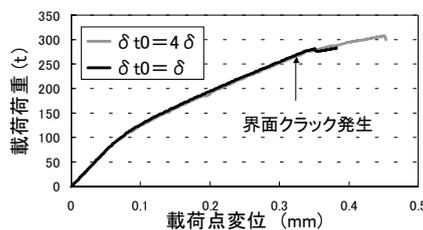


図7  $\delta_{t0}$  の影響

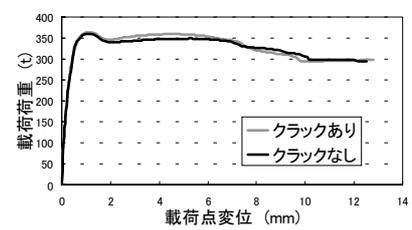


図8 界面クラックの影響

本研究では、静的荷重解析によって RC 床版の効果的な増厚補修に材料間界面性状について検討した。今後の課題としては、実際の道路橋 RC 床版では交通による繰り返し荷重がかかるため、疲労解析を行う必要がある。

参考文献

Lim, Y. M. :Interface Fracture Behavior of Rehabilitated Concrete Infrastructures using Engineered Cementitious Composites, Department of Civil and Environmental Engineering, The University of Michigan College of Engineering.