

ウレタン樹脂系表面被覆材の剥離抵抗強さの寸法効果と破壊靱性による評価

独立行政法人土木研究所寒地土木研究所 正会員 ○田頭 秀和
中村 和正

1. 背景と目的

コンクリート構造物の表面被覆補修工法における施工後の不具合の中で、表面被覆材の剥離（膨れを含む）現象は最も深刻なもののひとつである。一般に、剥離に対する抵抗性は、土木学会規準 JSCE-K531-1999「表面被覆材の付着強さ試験方法」に準じた方法や建研式付着力試験器を用いた試験などで得た付着強さで評価されている。しかしながら、実際の構造物における表面被覆材の剥離はほとんどが被覆材とコンクリートの境界面で発生しているのに対して、これらの試験で被覆材と基板の界面破断が発生する割合は少なく、多くの場合は基板破壊が測定される付着強さの支配因子となっている。この乖離の主原因は、現行の試験方法が表面被覆材を垂直に引き剥がす場合のある一定面積の抵抗力を平均的に評価している（図-1）のに対して、実際の剥離現象は、付着力が最も弱い部分が閾となって微小領域で剥離が発生した後に剥離部分の先端が進展する（図-2）ものと考えられ、評価対象となる現象が異なっているためと推察できる。

このような状況を踏まえて、筆者らは、表面被覆材の剥離現象を再現するための試験装置を製作し¹⁾、剥離に対する抵抗力に与える初期の剥離領域の大きさの影響と、抵抗力の評価への破壊靱性の適用性に関する検討を行った。

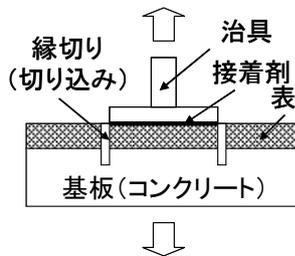


図-1 現行の付着力試験

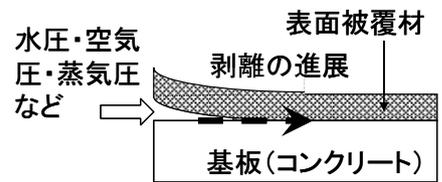


図-2 実際の剥離進展現象の概念図

2. 試験方法

図-3 に試験装置の概要を示す。供試体の中央部に空けた小孔を介して、あらかじめ設けた表面被覆材と基板コンクリートの隙間に水圧を作用させる構造となっている。図-4 に試験の概要を示す。

2.1 供試体作製

(1) 基板作製 JSCE-K511-1999 の 4.1(試験用基板)に準拠した。仕上がりサイズは、70×70×40mm である。中央に直径 3mm の孔を設けるためにモルタルを型枠に流し込む前にステンレス製ピンを設置し、硬化後に取り外した。

(2) 初期剥離領域の設定

基板の表面被覆材塗布面の中央に、孔に重ねて円形状の剥離紙を貼り付けることで表面被覆材と基板の境界部分に初期剥離領域を作製

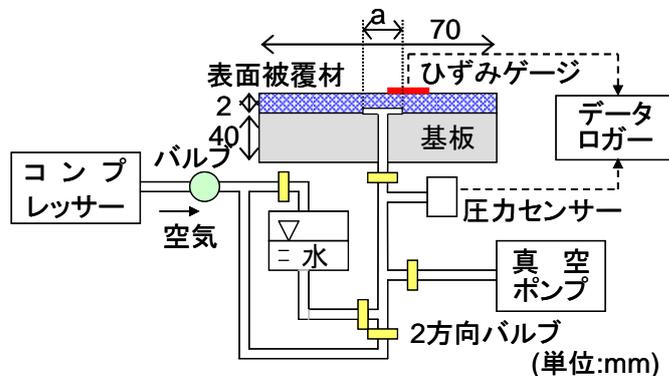


図-3 剥離試験装置の概要

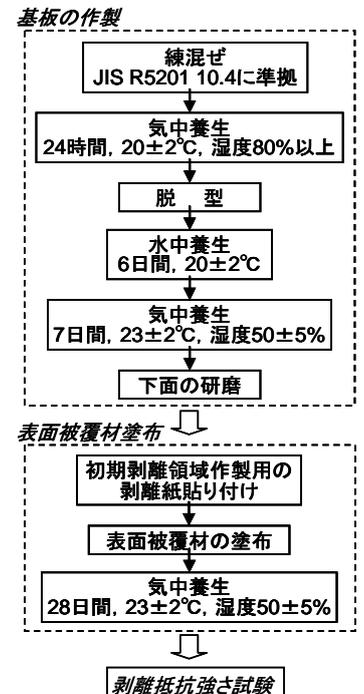


図-4 試験の手順

キーワード ウレタン樹脂系表面被覆材, 剥離抵抗, 付着強さ, 寸法効果, 破壊靱性

連絡先 〒062-8602 北海道札幌市豊平区平岸1条3丁目1-34 TEL: 011-841-1764 FAX: 011-842-9173

した。その直径（図-3中の“a”）は5, 7, 9, 11, 14(mm)の5種類を設定し、それぞれ3個の供試体を試験した。

(3) 表面被覆材塗布 JSCE-K511-1999の4.3（試験体の作製）に準拠した。使用したのは表-1に示す基本物性

引張り強度 (N/mm ²)	伸び率 (%)	硬度 (HDD)	熱膨張係数 (1/°C)	密度 (g/cm ³)
20.6	4.5	72	1×10 ⁻⁴	1.30

を持つウレタン樹脂系表面被覆材で、噴霧器による吹付けで塗膜厚2mmに仕上げた。

2.2 剥離抵抗強さ試験

図-3に示す装置を用いて、5分ごとに20N/mm²間隔で段階的に上昇する方式で初期剥離領域に水圧を作用させた。表面被覆材の表面に初期剥離領域の先端部を跨ぐように2枚のひずみゲージを直交方向に貼り付け、ひずみの変化を調べた。

3. 試験結果と考察

3.1 寸法効果

図-5に試験結果の一例を示す。ある水圧（図中の矢印を付した水圧）に達すると表面被覆材のひずみが急増することが判る。この時点で表面被覆材と基板の境界面での剥離に伴う噴水が認められたことから、以後、この圧力を“剥離抵抗強さ”と称する。図-6に剥離抵抗強さ（3個の供試体の平均値）と、初期剥離領域の大きさと供試体長さ（=70mm）の比との関係を示す。比の増大に伴って剥離抵抗強さが減少しており、明らかな寸法効果が認められる。

3.2 破壊靱性による検討

この結果に関する破壊靱性による評価を試みた。亀裂進展開始時の応力拡大係数である破壊靱性は亀裂長さや部材の形状・寸法に影響されない物質固有の強度特性値であり、一般に次式で表される。

$$K_{Ic} = F\sigma\sqrt{\pi a} \quad (1)$$

K_{Ic} : 破壊靱性 F : 補正係数 σ : 亀裂先端近傍の応力 a : 亀裂の半分長さ

図-7に初期剥離領域の大きさと供試体長さの比ごとの破壊靱性を示す。 a が部材長さの2~3割程までの場合は F を実用上無視し得るために省略して σ に剥離抵抗強さを代入して K_{Ic} を算出した結果、若干のバラツキはあるものの、ほぼ一定値が得られた。今回の試験で発生した表面被覆材の剥離は表面被覆材と基板が接着剤で結合されている境界面の破壊現象であり、破壊靱性の適用に際しては、固有値として扱えるかどうか、また、小規模降伏条件が成立するかどうかなどの問題が考えられるが、適用は十分に可能であると判断できる。

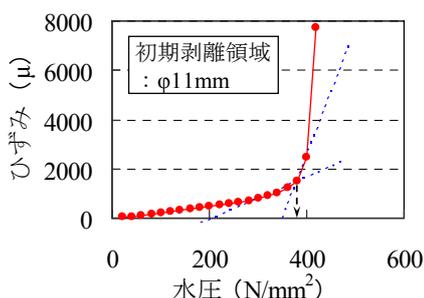


図-5 ひずみと水圧の関係の例

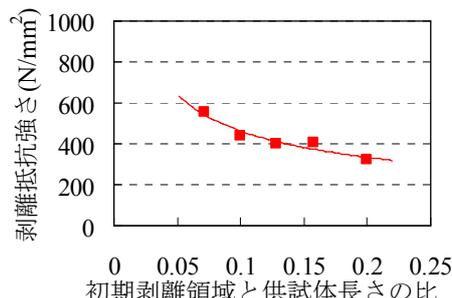


図-6 剥離抵抗強さの寸法効果

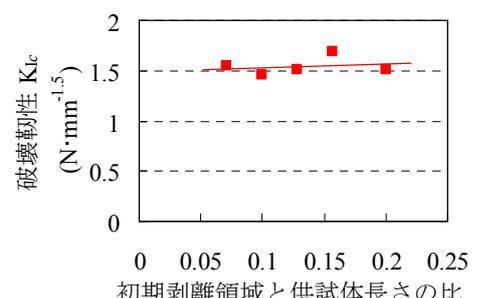


図-7 破壊靱性の寸法効果

4. 今後の課題

水圧の保持時間を長くした場合、剥離抵抗強さが減少するだけでなく、剥離先端での塑性変形領域が増大して小規模降伏条件が成立しなくなる可能性があり、検証が必要である。

参考文献

- 1) 田頭秀和, 秀島好昭: 剥離進展への抵抗力に着目した表面被覆材の付着強さ試験, 第60回土木学会年次学術講演会概要集5-052, 2005年9月