

東京大学 大学院新領域創成科学研究科  
基盤科学研究系 先端エネルギー工学専攻  
2011年3月修了 修士論文要旨

# 構造健全性診断技術における損傷領域推定の不確定性を 考慮したパッチ補修技術の基礎研究

学生証番号 47-096075 氏名 高井 元  
(指導教員 武田 展雄 教授)

Key Words: CFRP, Patch Repair, Structural Health Monitoring, Single Strap Joint

本研究では航空機複合材構造の軽量化のために、構造健全性診断(Structural Health Monitoring, SHM)技術の活用を前提とした新しい状態基準の航空機の運用形態と実現のために必要な急速補修法を提案した。本研究の提案する急速補修法では航空機整備という飛行前点検の時間内に補修を終わらせることが求められるので、短時間かつ容易に行えることが求められる。これに適した補修法としてパッチ補修が挙げられる。SHM技術で検知した損傷をパッチする際に問題となるのが損傷推定領域の不確定性である。SHM技術では、ある領域内に損傷があることを推定できても、損傷の正確な位置と大きさを特定することはできない。そこで損傷領域の推定がある程度“曖昧”であっても、強度を回復させなければいけない。そこで、SHM技術の持つ損傷領域推定の不確定性がパッチ補修部の構造の挙動にどのような影響を与えるかを知る必要がある。それらを踏まえたうえで適切なパッチ形状の設計指針を構築することが必要である。また、航空機の運用で問題となる衝撃損傷は複数の損傷形態を持っており、SHM技術によってどの損傷形態を検知しなければいけないかを明らかにすることも補修を行う上では重要である。

以上の背景のもと、本研究では貫通衝撃損傷を与えた後にパッチ補修を与えた構造を模擬したシングルストラップジョイント(Single Strap Joint, SSJ)、層間剥離が生じた構造を模擬したPTFEシートを挿入したパッチ試験片、より実際の貫通衝撃損傷に近づけた層間剥離入りのSSJの引張試験を行った。実験結果より模擬損傷をパッチ端部に近づけていくと接着強度が低下していくこと、またSSJの場合は同じ接着層の長さで比較すると、模擬損傷がパッチ端部にあるほうが高い強度を示すことがわかった。これらのことから、パッチ補修に損傷推定領域の不確定性を考慮に入れる必要があること、また実損傷が推定領域の端部にある場合でも補修部の強度保証が可能であることがわかった。次に損傷形態別に接着強度を見ていくと、接着強度の大小関係は層間剥離を挿入したパッチ試験片>SSJ>層間剥離を挿入したSSJの順になった。層間剥離を挿入することによって強度が低下した要因は破壊機構の違いである。SSJは接着層端部のフィレットからの亀裂進展により破壊に至るが、層間剥離を挿入することにより剥離部先端からの亀裂進展により破壊に至るようになる。CFRPの層間強度は接着層の強度に劣るので結果的に強度が低下したと考えられる。

実験によって得られた結果を有限要素解析により検証した。解析には商用コードABAQUS6.10を用いた。解析の結果から、損傷位置の違いによる強度の違いは被着体とパッチの中立軸の偏心による変形が大きな影響を与えることがわかった。また層間剥離部先端で高い応力集中が生じ、その応力集中の度合いは接着層端部の応力と同じ傾向を示すことがわかった。

以上より、損傷推定領域の不確定性を考慮したパッチの設計指針を提示した。パッチのオーバーラップ長さと損傷推定領域は分けて設計することが出来、損傷検知制度を向上させれば、パッチの重量負担を減少させることが出来ることを示した。また補修の観点からSHM技術によって検知しなければいけないのは層間剥離の大きさであることを示した。