

인터넷 기반 복합재 보수

추원식 · 안성훈*

The Internet-based Composite Repair

Won-Shik Chu, Sung-Hoon Ahn*

Key Words : Internet-based, Automation, Composite Repair

ABSTRACT

As composite materials are gaining wide acceptance in aircraft structure, repair of damaged composite is becoming an important issue. The issues in composite repair include high cost, material interchangeability, water ingression, and structural integrity. To address these problems, researchers have studied on the composite repair in various aspects.

In this paper, an Internet-based advisory service (called Repair Advisory Service, RAS) for composite repair is proposed to increase efficiency for repair process. In the RAS system the web browser is used as its user interface, which provides easy access to the service. The RAS server provides web-based tools for failure prediction, Structural Repair Manual (SRM), automated prepreg cutting process, material properties, inventory and knowledge base.

The computer codes implemented for repair design estimate the tensile failure and shear failure of repaired structures. The prediction of failure is based on the maximum strain criterion for tensile failure while elastic-perfect plastic shear failure model is applied for interfacial failure. The OEM's SRM is provided in the PDF format for viewing and searching by web browsers instead of looking up paper version SRM. The knowledge base in this site offers a room to share and distribute ideas, memos, publications, or suggestions from the repair engineers. The fabrication tool of RAS reads repair geometry from engineers then generates a CNC toolpath to cut prepreg patches.

The RAS service is open to public and available at <http://nano.gsnu.ac.kr/>. Broad feedback from field technicians and engineers is welcome to improve the usefulness of RAS.

1. 서론

복합재가 항공기 구조물에 널리 이용됨에 따라 복합재 구조물의 보수기술의 개발이 중요시되고 있다. 보수를 하는데 있어서 높은 비용, 재료의 호환성, 표준화의 부재 등이 문제이다[1,2]. 이러한 문제점을 다루기 위해서 복합재 보수의 표준을 개발하기 위한 목적으로 Commercial Aircraft Composite Repair Committee (CACRC)라는 국제 위원회가 1991년 발족 되었다[3].

일반적인 보수 방법은 파손된 부분을 검사하는 것으로 시작한다. 파손된 재료의 종류와 파손의

크기가 확인되면, 현장 보수 기사는 보수 과정을 수행하기 위해 보수 엔지니어와 상의한다.

그림 1은 복합재 보수의 일반적인 방법인 스카프 보수와 겹치기 보수 기술을 보여준다. 미세한 파손의 경우에는 보수지시서(Structural Repair Manual) [4, 5]의 순서를 따라 보수한다. 보다 넓은 범위의 파손에 대해서는 엔지니어의 판단이 필요하다. 만약 파손이 심하거나 면적이 너무 넓어 항공사(airliner)에서 다루기 어려운 경우에는, 보수를 위해 파손된 부분을 기체제작사(OEM)로 보낸다.

본 연구에서는 항공 회사의 보수 기술자들에게 도움을 줄 수 있는 인터넷 제안 서비스를 시도하였고, 실제 보수를 할 수 있는 자동화 시스템의 구축도 시도하였다.

* 경상대학교 기계항공공학부

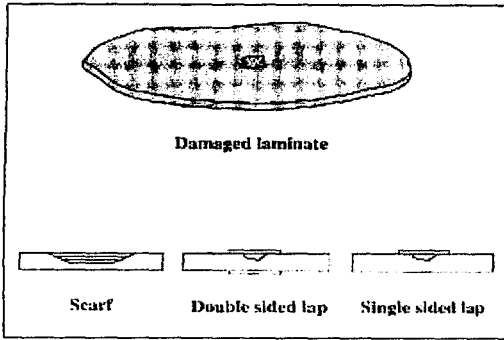


Fig. 1 Scarf repair and lap repair .

2. 보수 제안 서비스

인터넷의 장점인 무소부재성과 정보공유 능력을 이용하여 항공기 복합재 보수 제안 서비스(Repair Advisory Service, RAS)가 개발되었고 그 특징은 다음과 같다.

2.1 RAS의 통신구조

RAS에서는 그림 2에 보이는 3단계 클라이언트-서버(3-tier client-server)의 통신구조를 사용하였다.

유저 인터페이스(1st tier)로서 웹브라우저는 RAS 서비스로의 접근성(accessibility)을 극대화 시킨다. 따라서 다른 지역에 위치한 보수 공장에 있는 엔지니어와 기사들은 웹 브라우저를 통해 RAS 서버(2nd tier)를 접속하여 여러 가지 모듈(3rd tier)로부터 복합재 보수에 대한 정보를 얻을 수 있다.

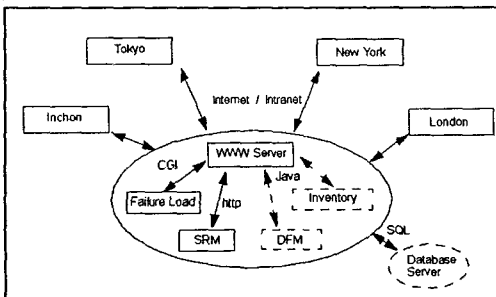


Fig. 2 Communication Model of RAS.

2.2 RAS의 구성

RAS의 구성요소를 살펴 보면 다음과 같다.

- 파괴 하중 계산(Failure Load Calculation)

스카프 보수와 겹치기 보수의 파괴하중이 계산된다. 컴퓨터 코드는 보수 된 구조의 인장 파손과 전단 파손을 예측한다. 인장

파손의 예측은 인장 파손에 대해 maximum strain 조건으로 결정하였고, 전단 파손 모델은 각각의 복합재 층의 물성치를 적용하기 위해 Hart-Smith 모델[6]을 수정하였다[7].

스카프 보수에서는 스카프 각도, 기초 복합재 층의 각도, 보수 복합재 층의 각도, 외부 복합재 층의 각도, 각 장당 겹치기 길이를 변화시킨다. 겹치기 보수에서는 겹치기 길이, 기초 복합재 층의 각도, 보수 복합재 층의 각도, 환경 조건을 변화시켜 파손하중을 계산할 수 있다(Fig. 3). 그림 4는 실제 계산된 겹치기 보수 파손하중의 예를 보여준다.

The screenshot shows the 'UNIFORM LAP REPAIR' program interface. It includes a title bar, a description of the program's purpose, and several input fields. The inputs are: Length of lap (l) to be calculated (10 cm), Laminate Ply angle in degree (10, 45, 0, 0, 45, 45, 0), Repair Ply angle in degree (0, 45, 0), and Environmental condition after repair (dry/21 °C, wet/82 °C). A 'Submit' button is visible at the bottom right.

Fig. 3 Input variables for failure prediction in RAS – lap Repair.

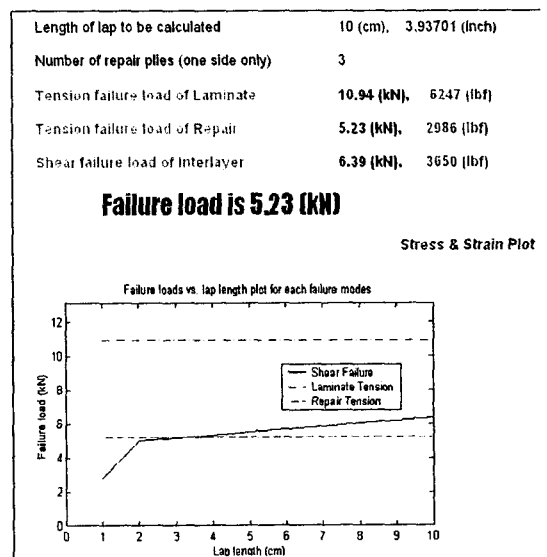


Fig. 4 Results of failure prediction – lap repair.

- 웹기반 보수지시서(Web-based SRM)
RAS는 웹레이아웃 보수 지시서를 PDF 형식으로 제공 한다.
- 보수 성형(Fabrication)
보수 형상의 치수, 보수 레이업 정보, 보수물의 구조, 보수물의 재료 등을 입력하면 보수재를 직접 제작할 수 있게 가공 코드를 제공해주며, 실제로 보수물을 제작해 줄 수도 있다. 현재 원형 형상에 대해서만 서비스가 가능하지만 차후 자유로운 형상(arbitrary profile)에도 적용할 수 있도록 기능을 추가 할 예정이다.
- 재료 물성(Material Data)
기초 복합재 재료와 보수 재료의 물성치가 제공되어 진다. 현재 3k70 평직으로 강화된 Hexcel F593 과 Dexter Hysol EA9396의 시험 데이터를 HTML형식으로 제공된다.

있는 파괴 하중이 RAS에서 수 초 내에 계산된다 (Fig. 5c). RAS를 이용한 복합재 보수 설계는 보수를 신속하고 효율적으로 하는데 도움을 주며 (Fig. 5d, e), 결과적으로 보수 시간을 단축하고 항공기의 운항 비용을 절감하게 한다.

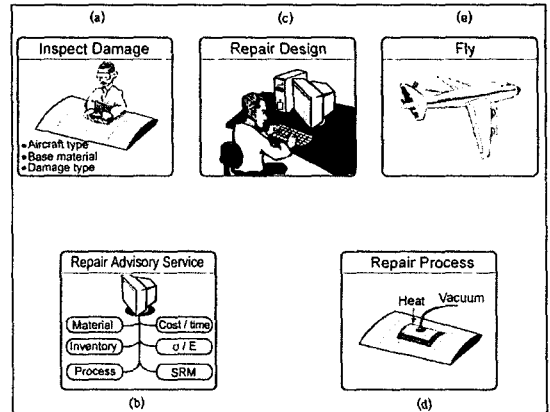


Fig. 5 Expedited repair process using the RAS service.

- 재고 관리(Inventory)
보수용 수지(resin)는 대부분 제한된 유효기간(6~12개월)을 가진 에폭시이며, 유효기간 내에 보수에 사용되지 않을 경우 재료는 폐기 처리된다. 웹 기반 재고관리는 엔지니어들이 보수 재료의 양을 추정할 수 있고 관리 할 수 있게 해 준다.
- 지식 기반(Knowledge Base)
표준 보수 방법은 잘 문서화 되어있지만, 현장 기사나 엔지니어들로부터의 실제적인 지식도 중요하다. 이 사이트의 지식 기반은 현장 엔지니어로부터 경험, 의견, 제안 등을 나누는 장을 제공한다.

4. SRM 제공과 보수물 제작

그림 6은 파괴된 복합재 구조물을 보수하기 위한 보수물을 제작하기 위한 여러 가지 기본 인자들(형상 정보, 보수 레이업, 보수물의 구조, 보수물의 재료)에 대한 정보를 입력 하는 폼을 보여준다.

- 검색 엔진(Search Engine)
Google 검색 엔진[8]이 첨가되어 키워드를 입력하면 RAS 웹사이트 내의 필요한 정보를 검색할 수 있다.

3. RAS를 사용한 보수 시나리오

작업자가 파손 정도에 대한 검사를 마치면(Fig. 5a) RAS 웹사이트로 접속한다(Fig. 5b). RAS를 이용하여 적합한 보수 기술을 검색하고, 필요한 경우 특정한 부분의 보수에 대한 적절한 문서를 열람 할 수 있다. 보수 된 복합재가 감당할 수

Fig. 6 Input form for fabrication.

이러한 정보들을 이용하여 실제 가공에 필요한 SRM(Fig. 7)을 제공하며, 직접 보수물의 제작이 가능하도록 컴퓨터 코드를 작성해 준다.

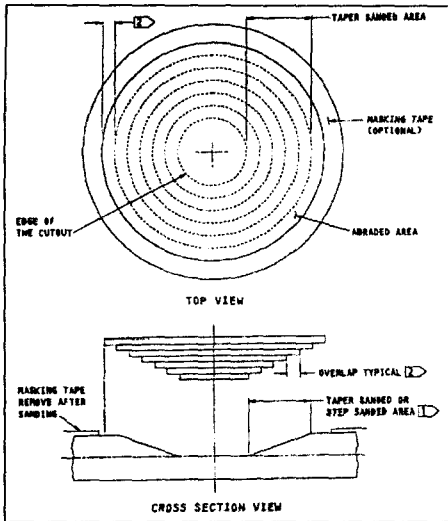


Fig. 7 An example of Boeing SRM.

현재 RAS는 G&M 코드를 사용하는데 사용자가 원하는 코드가 다른 기계제어 언어일 경우 적절한 언어로 변환 될 수 있다. 이렇게 작성된 컴퓨터 코드를 RAS에서 다운 받아서 가공에 사용할 수 있으며 그림 8은 작성된 컴퓨터 코드를 이용하여 CNC로 가공되는 공구 경로를 보여준다.

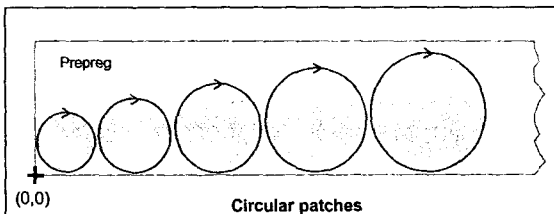


Fig. 8 An example of toolpath generated by RAS.

5. 결론

웹기반 RAS는 복합재 보수에 있어서 유용한 기능들을 제공하기 위해 개발되었다. 웹을 유지 인터페이스로 사용하여 보수에 관련된 정보들을 어디서나 쉽게 사용하도록 도와준다. RAS는 이러한 개념을 시험하기 위해 일반에게 공개되며 <http://nano.gsnu.ac.kr>로 접속하여 이용할 수 있다. 현재의 강도 예측은 Dexter Hysol의 EA9396과 3K70 평직의 보수재로 Hexcel의 F593 기초

복합재를 보수하는 경우에만 가능하지만, 기타 재료의 물성치가 입수된다면 여러 종류의 복합재에 적용될 수 있다.

후기

본 연구는 2001년도 학술진흥재단 신진교수 연구과제 지원사업과(KRF, 2001003E00075) 두뇌 한국 21사업에 의하여 지원되었으며 이에 감사드립니다.

참고문헌

- (1) P. Shyprykevich, G. S. Springer, and S. H. Ahn, "Standardization of Composite Repairs for Commercial Transport Aircraft," Composite Repair of Aircraft Structures Symposium, pp. 1-24, 1995.
- (2) 안성훈, "항공기 보수용 복합재의 호환성," 한국항공우주학회지, Vol. 29, No. 6, pp. 119-125, 2001.
- (3) L. O. Bardygula, "CACRC: Progress and Plans," Composites'96 Manufacturing and Tooling Conference, Society of Manufacturing Engineers, pp. 229-239, 1996.
- (4) Boeing 777 Structural Repair Manual. Boeing Commercial Aircraft Co., 1995.
- (5) Boeing 737 Structural Repair Manual. Boeing Commercial Aircraft Co., 1991.
- (6) L. J. Hart-Smith, Adhesive-Bonded Double-Lap Joints. NASA Contract Report, CR 112235, 1973.
- (7) S. H. Ahn, "Repair of Composite Laminates," Ph.D. Thesis, Stanford University, 1997.
- (8) Google website; <http://www.google.com>