



TABAKALI KOMPOZİTLERDE DÜŞÜK HIZLI DARBEYE BAĞLI HASARIN SAYISAL OLARAK İNCELENMESİ

Miraç Onur Bozkurt

Orta Doğu Teknik Üniversitesi Havacılık ve Uzay Mühendisliği RÜZGEM

5. İzmir Rüzgar Sempozyumu

4 Ekim 2019 İzmir, TÜRKİYE







GİRİŞ

Düşük hızlı darbe: $V \approx 1 - 10 m/s$

- Montaj ve bakımdaki uygunsuzluklar
- Kuş çarpması
- Dolu çarpması ${\bullet}$

Görülemeyen veya zor görülebilen hasarlar:



Y. Aoki et al., 2007



GİRİŞ

Kalıntı mukavemet vs. Darbe enerjisi



Bozkurt



www.ruzgem.metu.edu.tr





AMAÇ

- FRP kompozitlerde darbeye bağlı hasarın oluşumunu anlamak
- Yüksek doğrulukta sanal test düzenekleri oluşturmak

YAKLAŞIM

- 2-B darbe deneyleri: [0/90]_s ve [90/0]_s kirişlerde
- Darbe hasarının in-situ detaylarının güvenilir bir hasar modeliyle simülasyonu



- Plakalarda standart darbe testleri ve hasarın ölçümü
 - Yüksek doğruluktaki sanal test düzeneğinin geliştirilmesi

2. KISIM PLAKALAR

1. KISIM KİRİŞLER







RÜZGEM Darbe Test Düzeneği

Impactor crosshead assembly



UHSC system



Ultra-high speed camera

Specimen fixture



Bozkurt





KİRİŞ DARBE DENEYİ HIZLI KAMERA FİLMİ

$[0_5/90_3]_s$ – Imp1 – 9.15 J – @70,000 fps













KİRİŞ DARBE - SONLU ELEMANLAR MODELİ







KOMPOZİT KATMAN İÇİ HASAR MODELİ

HASHIN HASAR BAŞLANGIÇ KRİTERİ







KOMPOZİT KATMAN İÇİ HASAR MODELİ

HASAR İLERLEYİŞİ







KOMPOZİT KATMANLAR ARASI HASAR MODELİ

HASAR BAŞLANGICI

$$\left(\frac{\langle T_I \rangle}{T_{o,I}}\right)^2 + \left(\frac{T_{II}}{T_{o,II}}\right)^2 + \left(\frac{T_{III}}{T_{o,III}}\right)^2 = 1$$

HASAR İLERLEYİŞİ

$$G_{c} = G_{Ic} + (G_{SHc} - G_{Ic}) \left(\frac{G_{SH}}{G_{T}}\right)^{\eta}$$

$$G_{SH} = G_{II} + G_{III}$$

$$G_{T} = G_{I} + G_{II} + G_{III}$$

$$G_{SHc} = G_{IIc} = G_{IIIc}$$

$$d = \frac{\delta_{eq}^{f} \left(\delta_{eq}^{max} - \delta_{eq}^{0}\right)}{\delta_{eq}^{max} \left(\delta_{eq}^{f} - \delta_{eq}^{0}\right)}$$

$$S_{Hear}M_{ode}$$





KİRİŞ DARBE DENEYİ SİMÜLASYONU







PLAKA DARBE – SANAL TEST DÜZENEĞİ

Amaç: ASTM D7136 - Standardında yapılan testlerin modellenmesi

• ABAQUS/Explicit'te 3-B sonlu eleman modeli oluşturuldu.







PLAKA DARBE – SANAL TEST DÜZENEĞİ









Hasar Oluşum Süreci









U









PLAKA DARBE – SİMÜLASYON VS. DENEY

Üst Yüzeyde Darbe İzi Alt Yüzeyde Darbe Hasarı Simülasyon Úst Yüzeyde Post-martem Darbe Ízi Alt Yüzeyde Post-mortem Darbe Hasarı Deney





SONUÇLAR

- Kiriş darbe testlerindeki hasar süreci in-situ olarak gözlemlendi.
- Kompozit katman içi ve katmanlar arası hasar modelleri kullanılarak kiriş darbe deneylerindeki hasar süreci simüle edildi.
- Doğrulanmış hasar modelleri ile sanal plaka darbe test düzeneği gelişitirildi.
- Plaka darbe deneyleri ve simülasyonları arasında iyi bir uyum elde edildi.
- Darbe sonrası basma testlerinin simülasyonları yapılarak sanal kompozit hasar tolerans aracı tamamlanmış olacak.







Bozkurt