

## Concept AIA - Adaptive Intelligent Architecture - Development of wood-carbon composite structures

Atanas Zheler - DIGITAL ARCHITECTS



Architects in search of the ultimate, light, thin, elegant floating shapes – the kind that appear to overcome gravity – are increasingly moving towards a more holistic approach that combines design, engineering and manufacturing to see their ideas come alive. One good example is the development of the wood-carbon composite concept, pioneered by Digital Architects from Austria. The combination of thin wood veneers with plies of carbon fiber means that structural materials can be easily designed to meet any particular load case. First proposed by the company for the new Varna City Library façade, the wood-carbon structural material concept has evolved into a range of panel constructions, known as the Active Grid

Monocoque (AGM), for large-span, free-form, shell structures. The AGM System is the brain child of Architects, Atanas Zhelev and Mariya Korolova who founded Digital Architects in 2016. Since then, the company has been at the forefront of composite engineering with two of their building proposals receiving international recognition and their product designs being featured in world famous exhibitions and design magazines. In 2018, Iurii Suchak joined Digital Architects as Technical and Management Partner and has already made his mark by realizing two of the company's wood-carbon composite products. Active Grid Monocoque is a roof construction concept of curved wood/carbon composite panels suitable for large-span, free-form, shell

structures. The development of this system has been achieved through series of technology demonstrators build to test different aspects of this concept.

Altair Engineering is one of the first companies to support the development of the AGM system with their HyperWorks® platform with tools for structural design, optimization, along with composite design and analysis from ESAComp™. By providing the team with such powerful analysis tools and technical education in composites, Altair has contributed significantly to the very accurate, theoretical engineering of the AGM system, technical certification of the wood-carbon composite material used in the system, the development of two well-detailed building

## Tecnologia AIA - L'architettura adattiva intelligente – Sviluppo di strutture in composito legno/carbonio

Atana Zhelev - DIGITAL ARCHITECTS



*Gli architetti alla ricerca delle forme migliori, sospese, leggere, snelle ed eleganti, che danno l'impressione di aver vinto la forza di gravità, si orientano sempre di più verso tecniche più olistiche che associano in sé principi progettuali, tecniche ingegneristiche e produttive, le quali permettono la realizzazione delle loro idee. Un valido esempio è lo sviluppo della tecnologia dei compositi legno/carbonio, ad opera dell'austriaca Digital Architects. La combinazione di sottili piallacci di legno con i ply in fibra di carbonio ha dato vita a materiali strutturali che possono essere progettati*

*facilmente per soddisfare ogni caso particolare di carico.*

*Proposto per la prima volta dalla società per la facciata della nuova Biblioteca della città di Varna, la tecnologia dei materiali strutturali legno-carbonio si è evoluta sfociando nella costruzione di una serie di pannelli, denominati Active Grid Monocoque (AGM) per strutture a guscio, ampie e plasmabili.*

*AGM System è il frutto dell'ingegno degli architetti Atanas Zhelev e Mariya Korolova che hanno fondato Digital Architects nel 2016. Da allora, la società è all'avanguardia nel campo*

*dell'ingegneria dei compositi con il riconoscimento internazionale di due delle loro proposte costruttive e la pubblicazione dei loro sviluppi di prodotto in occasione delle più note manifestazioni fieristiche e riviste di design.*

*Nel 2018, Iurii Suchak si è unito a Digital Architects nelle vesti di partner tecnico e di gestione e ha lasciato il suo segno realizzando due dei prodotti in composito legno-carbonio della società. Una di queste attività di sviluppo, l'Active Grid Monocoque è la tecnica di costruzione di un tetto realizzato con pannelli compositi curvi legno-carbonio, adatti a strutture a guscio, ampie*



design proposals and the realization of three technology demonstrators within a time frame of only 2 years. For the Varna City Library, the team used ESAComp™ to develop an organic free-form, wood-carbon composite façade capable of carrying up to 30 % of the structural load of the building. Another good example is the “Sella Chair”, which is a technology demonstrator manufactured to test the behavior of the wood-carbon composite used in the AGM System. The prototype is a 3.5m long suspended bench with a seating plate only 5mm thick which is capable of withstanding a total of 280kg of human weight.

Very significant improvement to the AGM System is the application of a balsa wood core combined with layers of carbon fiber SPRINT™ material. This material choice came to the team through technical and material support provided by Gurit, one of the best known names in the composite industry. The material solution offered by Gurit is a flexible balsa wood core material called BalsaFlex™ and a material called SPRINT™,

Fig. 1 - Front side of the finished curved wood/carbon composite



Fig. 1 - Parte anteriore del composito finito curvo in legno/carbonio

a combination of carbon fiber reinforcement with pre-cast, pre-catalyzed resin film having a very lightweight tack film on one face. The first-generation AGM Panels had a wet laminated beech veneer core covered with dry fabric and finished with extra layers of beech veneers. This solution makes the laminate easy to shape 3dimensionally and has a high strength per cross section. However, it makes the structure unnecessarily heavy. Another drawback is the wet laminating process which needs a more specialized working environment and equipment, along with being a more labor-intensive process.

### FIRST STEPS INTO PRODUCTION

In order to put the developed system to the test, Digital Architects has designed a large-scale technology demonstrator known as the “Concept AIA – Adaptive Intelligent Architecture” - 3.7m long x 1.6m wide double-curvature, mock-up structure to test the entire manufacturing process and the system’s new generation material concept. The decision to realize such a large-scale



e plasmabili. Lo sviluppo di questo sistema è stato compiuto attraverso una serie di presentazioni della tecnologia per analizzarne differenti aspetti.

Altair Engineering è una delle prime società che ha supportato lo sviluppo del sistema AGM con la piattaforma di simulazione HyperWorks® per la progettazione strutturale e l’ottimizzazione a cui si sono aggiunti l’analisi e lo sviluppo del composito di EsaComp™.

Fornendo al team questi potenti strumenti di analisi e aggiornamenti tecnici sui compositi, Altair ha contribuito in modo significativo alla progettazione teorica molto accurata del sistema AGM, alla certificazione tecnica del materiale composito legno-carbonio utilizzato nel sistema, allo sviluppo delle due idee progettuali costruttive molto dettagliate e alla realizzazione delle dimostrazioni nel lasso di tempo di soltanto due anni. Per la Biblioteca della città di Varna, il team ha utilizzato ESAComp™ per mettere a punto una facciata in composito legno-carbonio plasmabile, in grado di sopportare un carico strutturale

della struttura pari al 30%. Un altro esempio significativo è “Sella Chair”, una dimostrazione tecnica realizzata per analizzare la risposta del composito legno-carbonio utilizzato nel sistema AGM. Il prototipo è un sedile sospeso lungo 3,5 m con base di appoggio dallo spessore di 5 mm, in grado di sopportare il peso di una persona di 280 kg.

Questa innovazione di un materiale intelligente e le notevoli migliorie apportate al sistema AGM si sono concretizzate nell’applicazione di un’anima di legno di balsa combinato con strati del materiale in fibra di carbonio SPRINT™. La scelta di questo materiale è stata compiuta dal team grazie al supporto tecnico fornito da Gurit, uno dei nomi più conosciuti nell’industria dei compositi.

La soluzione offerta da Gurit è un materiale d’anima di legno di balsa flessibile denominato BalsaFlex™ insieme al prodotto denominato SPRINT™, che è il risultato della combinazione di un rinforzo in fibra di carbonio con un film di resina pre-fuso e pre-catalizzato che dà un film

di basso peso e adesivante su un lato. I pannelli AGM di prima generazione avevano un’anima di piallaccio di betulla laminato coperto con tessuto essiccato e finita con ulteriori strati di piallaccio di betulla. Questa soluzione fa sì che il laminato possa essere facilmente plasmato a 3 dimensioni e dotato di una elevata tenacità per sezione trasversale.

Tuttavia, essa appesantisce la struttura. Un altro svantaggio è rappresentato dal processo di laminazione su bagnato che richiede un ambiente ed un’attrezzatura speciale, oltre ad essere un processo più laborioso.

### LE FASI CHE PRECEDONO LA PRODUZIONE

Per analizzare il sistema messo a punto, Digital Architects ha progettato un tester su larga scala noto con il nome di “Concept AIA” – Architettura adattiva Intelligente”, una struttura mock up lunga 3,7 m e larga 1,6 m a curvatura doppia per analizzare tutto il processo costruttivo e la nuova tecnologia del materiale di nuova generazione del sistema.

 mock-up was taken in response to the team receiving an invitation from the American Composites Manufacturers Association (ACMA) and Composites World Magazine to exhibit a demonstrator of the AGM System at the prestigious American Institute of Architects Conference on Architecture 2018 (The AIA Show) in New York City.

To realize this project, Digital Architects joined hands with Architects Markus Malin and Eva López and their company ma.lo architectural office. The company has extensive experience in architectural planning, and project management, ranging from single housing projects to large-scale, urban planning.

Digital Architects and ma.lo decided to join as Development and Project Management Partners combining their strengths in order to realize architectural projects using the system in a very near future.

Whilst being a 1:1 scale demonstrator of a single AGM Panel, the "Concept AIA" also represents a 1:20 scale mock-up of a roof design for an office

building in the Tyrol, Austria. UAV Learning Center, designed by Atanas Zhelev and Mariya Korolova, is located in the beautiful hills of Upper Austria. It features one of the largest, non-symmetrical roof structures. This structure has gone through 18 stages of structural and aesthetic optimization.

The office has redesigned and refined the shape to ensure it has the smoothest tangential transition of its ISO curves and exhibits an extremely pure surface curvature having perfect load distribution. This enabled a non-symmetrical, double-curvature roof shape to be achieved having a roof span of 80m+ and unified roof thickness of 10cm. The pursuit of this concept of intelligent buildings with composite structures is part of the PhD research topic of architect Mariya Korolova

at the University of Innsbruck, Institute of Experimental Architecture - Hochbau under the supervision of Prof. Rames Najjar.

The development of the AGM System and the realization of the "Concept AIA" is the highlight of this research. The University of Innsbruck has

Fig. 2 - UAV Learning Center - Designed by Atanas Zhelev and Mariya Korolova within Studio Kazuyo Sejima, Institute of Architecture, University of Applied Arts Vienna

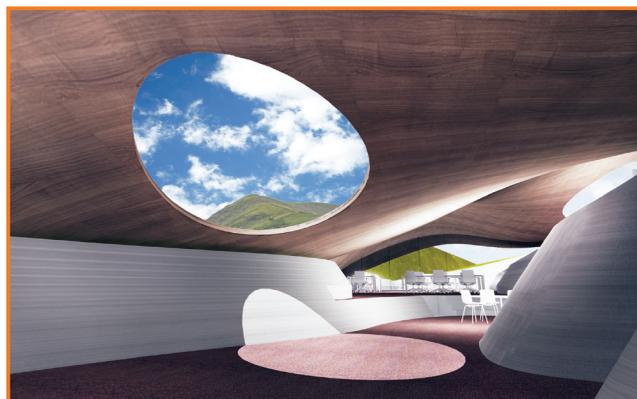


Fig. 2 - UAV Learning Center - Progettato da Atanas Zhelev e Mariya Korolova nello Studio Kazuyo Sejima, Institute of Architecture, University of Applied Arts Vienna

 La decisione di realizzare questo grande prototipo su larga scala è stata presa in risposta all'invito ricevuto dal team dall'Associazione di Produttori di Compositi (ACMA) e dalla Rivista Composite World di presentare il Sistema AGM in occasione del prestigioso evento American Institute of Architects Conference on Architecture 2018 (The AIA Show) a New York City. Per creare questo progetto, Digital Architects ha collaborato con gli architetti Markus Malin ed Eva López e il loro studio design ma.lo.

La società possiede una considerevole esperienza nel campo della progettazione di costruzioni e gestione lavori, a partire da singole soluzioni abitative fino a progetti di urbanistica su larga scala.

Digital Architects e ma.lo hanno quindi deciso di collaborare come Partner di Gestione del Progetto e Sviluppo unendo le loro forze nella creazione di progetti edili con l'ausilio di questo sistema.

Oltre ad essere un prototipo su scala 1:1 di un singolo Pannello AGM, "Concept AIA" rappresenta

anche la simulazione di un progetto di tetto su scala 1:20 per l'edificio che ospita uffici nel Tirolo, Austria. L'UAV Learning Center, progettato da Atanas Zhelev e Mariya Korolova è ubicato nelle meravigliose colline dell'Austria settentrionale. Esso è dotato di una delle strutture asimmetriche di tetto più grandi in tutto il mondo. Questa struttura è stata sottoposta a 18 fasi di ottimizzazione strutturale ed estetica. L'ufficio ha poi riprogettato e rifinito la forma per garantire che essa presentasse una transizione tangenziale quanto più lineare possibile delle curve ISO e che fosse caratterizzata da una curvatura superficiale estremamente definita con una perfetta distribuzione del carico.

Tutto questo ha reso possibile la costruzione di un tetto asimmetrico, a curvatura doppia con un'ampiezza di 80 m+ e uno spessore del tetto globale di 10 cm. Questo tetto asimmetrico, a curvatura doppia è una parte molto importante del progetto della struttura e si adatta perfettamente al programma caratterizzato da

un'articolazione dello spazio secondo le modalità desiderate.

Lo sviluppo della tecnologia delle strutture edili intelligenti con l'ausilio di componenti in composito è parte integrante del lavoro di ricerca PhD dell'architetto Mariya Korolova dell'Università di Innsbruck, Istituto di Architettura Sperimentale - Hochbau con la supervisione del Prof. Rames Najjar. Lo sviluppo del Sistema AGM e la realizzazione di "Concept AIA" rappresenta il punto di forza del lavoro di ricerca. L'Università di Innsbruck ha deciso di sostenere alacremente questo progetto con l'Istituto di Architettura Sperimentale - Hochbau, la Facoltà e l'Organizzazione che promuove il finanziamento Förderkreis 1669, Wissenschaft Gesellschaft, tutti sponsor di questa attività di sviluppo.

Il prototipo "Concept AIA" ha preso forma nel lavoro laboratoriale compiuto dai partner Curve Works a Zoetermeer, Paesi Bassi. La società è stata fondata da Francois Geuskens e Tahira Ahmed nel 2014 e dall'inizio ha promosso una



decided to strongly support this project with the Institute of Experimental Architecture - Hochbau, the Faculty and Förderkreis 1669 - Wissenschaft Gesellschaft all supporting this development. The "Concept AIA" took shape in the workshop of technical partners Curve Works in Zoetermeer,

Netherlands. The company was founded by Francois Geuskens and Tahira Ahmed in 2014 and has since pioneered a unique production technique using a multipoint bending mold, or adaptive mold, to thermoform and process large, free-form plastic and composite structures.

Curve Works has extensive expertise working with variety of materials and this experience has been of great help to the team especially in a project like the "Concept AIA" where there are more than 3 materials in a complex combination.

"Looking back at the manufacturing of the Concept AIA Prototype, we can say it all went very smooth despite of the difficulties in each stage. After the first trial production, we had one

big issue with our manufacturing method. We had a tension build-up inside the composite that resulted in a spring-back effect meaning that the curvature of the panel did not match the designed curvature but became rather flatter. This makes our structure less dynamic. We have overcome this issues by simple but very effective solutions. We simply calculated the amount of spring back and cured the panel with an increase of the curvature in vertical direction. After the panel is cured it springs back just the right amount so it matches the desired curvature. The wide expertise of Curve Works in composite manufacturing came in very handy in producing a truly quality product" (Iurii Suchak CTO - Digital Architects).

"We believe that with more and more composites coming to architecture, over the next 5-10 years the price of large-span composite structures will get lower compared to steel structures of the same size, especially if such structures have challenging and unusual shapes" (Atanas Zhelev CEO - Digital Architects).

Fig. 3 - Overall dimensions of the AMG panel, 2x stronger and 7x lighter than steel

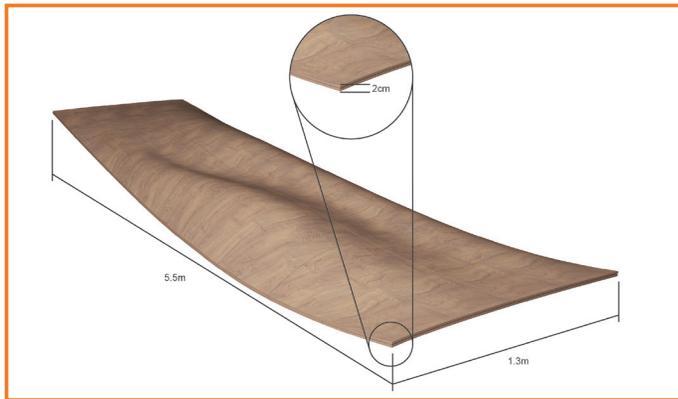


Fig. 3 - Dimensioni generali del pannello AGM, due volte più resistente e sette volte più leggero dell'acciaio



tecnica costruttiva all'avanguardia grazie ad uno stampo con flessione multipunto o stampo adattivo per strutture in plastica e composito termoformate plasmabili di grandi dimensioni.

Curve Works vanta una notevole esperienza di lavoro con una varietà di materiali che ha agevolato il team, specialmente per la realizzazione di un progetto quale "Concept AIA", in cui sono utilizzati più di tre materiali in una combinazione complessa.

Oltre a questo, ogni pannello di questo mock-up doveva essere riscaldato a certe temperature per attivare la resina all'interno del materiale SPRINT, rendendo l'intero processo costruttivo ancora più difficile.

"Se ripensiamo alla costruzione del Prototipo Concept AIA, possiamo affermare che l'attività è proseguita agevolmente nonostante le difficoltà incontrate in ogni fase del lavoro. Dopo la prima prova costruttiva, abbiamo avuto solo un grande problema con la nostra tecnica produttiva:

abbiamo avuto un accumulo di tensione all'interno del composito che ha provocato un effetto rimbalzo, il che significa che la curvatura del pannello non corrispondeva alla curvatura progettata, ma diveniva più piatta. Tutto questo riduceva la dinamicità della struttura. Abbiamo risolto questo problema con soluzioni semplici ma molto efficaci. Abbiamo semplicemente calcolato la quantità di rimbalzo e reticolato il pannello con un aumento della curvatura in direzione verticale. Per quanto riguarda l'effetto "rimbalzo", abbiamo calcolato la quantità e adattato il pannello aumentando la curvatura in direzione verticale. La notevole esperienza di Curve Works nel campo della produzione dei compositi ha dato i suoi frutti realizzando un prodotto di massima qualità" (Atanas Zhelev, CEO

- Digital Architects).

"Crediamo che con il sempre più cospicuo utilizzo di compositi nell'architettura, nei prossimi 5-10 anni il prezzo delle strutture di grandi dimensioni in composito si ridurrà rispetto alle strutture in acciaio delle stesse dimensioni, specialmente se tali strutture presentano forme impegnative e inusuali" (Atanas Zhelev CEO - Digital Architects).

Fig. 4 - Optimization of structural performance in Altair HyperWorks

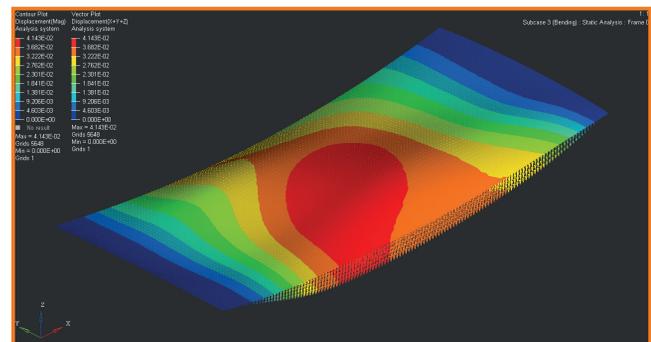


Fig. 4 - Ottimizzazione della prestazione strutturale in Altair HyperWorks