

Introduction.

· <https://github.com/mokonut/CNUPropeller>

· CNUPropeller는 프로펠러의 분석을 위해 Blade Element-Momentum Theory(BEMT)를 이용한 분석을 진행하는 GUI입니다.

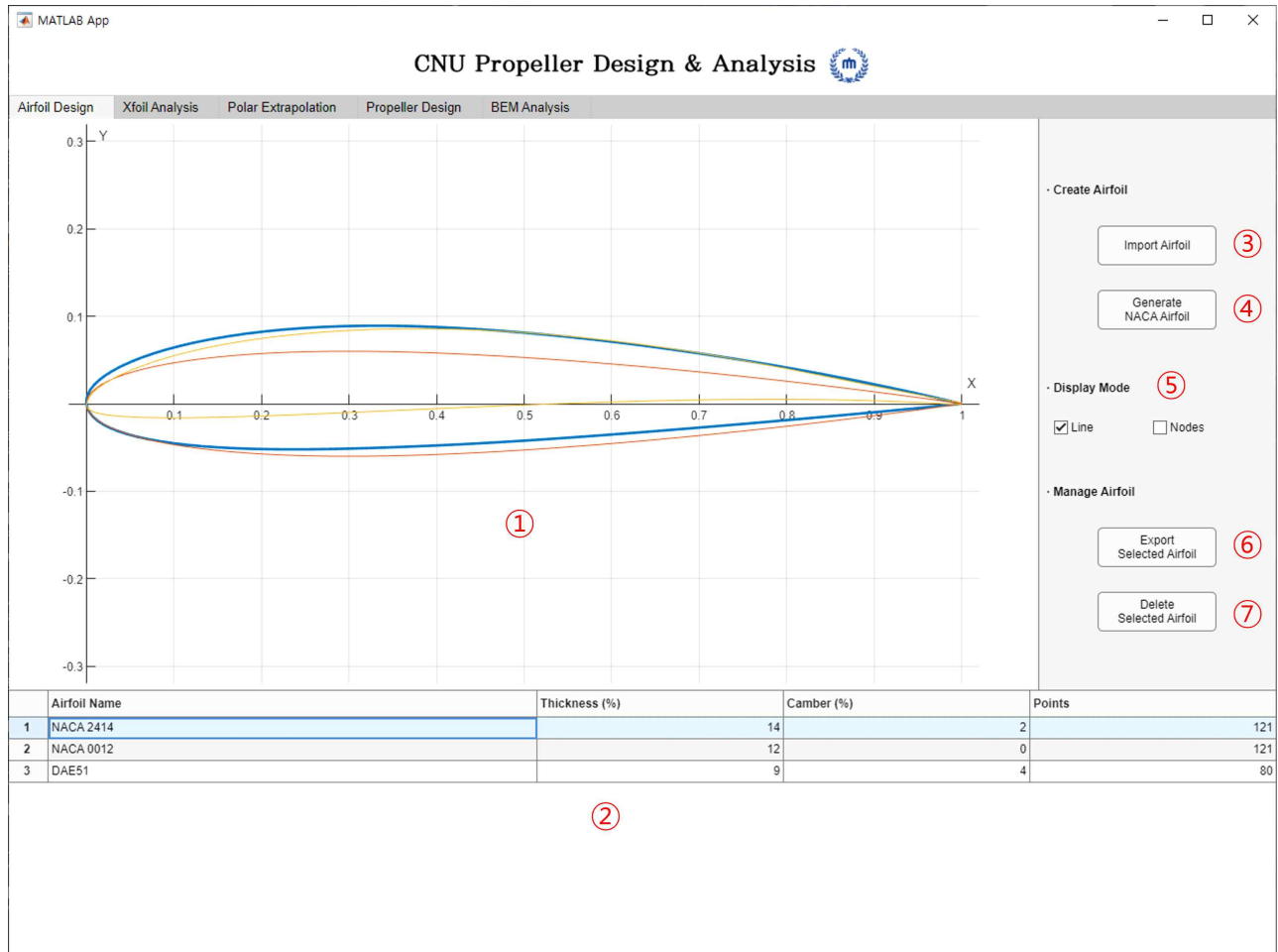
· MATLAB 2022a 이상의 버전에서 최적화되어 있습니다.



- ① Airfoil Design: 에어포일을 관리하는 탭.
- ② Xfoil Analysis: xfoil로 에어포일을 분석하는 탭.
- ③ Polar Extrapolation: 360도에 걸쳐 양력과 항력계수를 정의하는 탭.
- ④ Propeller Design: 프로펠러를 직접 디자인하는 탭.
- ⑤ BEM Analysis: BEMT로 프로펠러를 분석하는 탭.
- ⑥ Open Project: .mat 형식의 프로젝트 파일 열기.
- ⑦ Save Project: .mat 형식으로 현재까지의 진행 상황을 저장.

· 탭의 순서를 따라가며 진행하는 것을 권장합니다.

Tab 1 - Airfoil Design.



The 'NACA Airfoil Generator' dialog box contains the following fields and options:

- NACA 4 or 5 Digits:** Input field with value '2414' (a).
- Number of nodes (≤ 151):** Input field with value '120' (b).
- Nodes Spacing Method:** Radio buttons for 'Half-Cosine' (selected) and 'Uniform-Spacing' (c).
- Close TE:** Radio buttons for 'Yes' (selected) and 'No' (d).
- Generate:** A button at the bottom.

- ① Airfoil Axis: 불러오거나 생성한 에어포일의 형상을 확인 가능한 UI.
- ② Airfoil Table: 불러오거나 생성한 에어포일의 리스트와 두께, 캠버, 노드 수를 확인 가능한 UI. 선택한 에어포일은 Airfoil Axis 상에서 하이라이트 됨.
- ③ Import Airfoil: .dat 또는 .txt 확장자의 에어포일 데이터 파일 불러오기.
- ④ Generate NACA Airfoil: 4자리 또는 5자리의 NACA 에어포일을 생성하기 위한 NACA Airfoil Generator 창 열기.
 - ⓐ NACA Digits: NACA 에어포일 생성을 위한 4자리 또는 5자리의 숫자열.
 - ⓑ Number of nodes: 원하는 노드의 개수.
 - ⓒ Nodes Spacing Method: 노드의 분포 방식.
 - ⓓ Close TE: TE의 닫힘 여부.

- ⑤ Display Mode: Airfoil Axis의 라인 또는 노드를 on/off.
- ⑥ Export Selected Airfoil: 선택한 에어포일의 노드 데이터 내보내기.
- ⑦ Delete Selected Airfoil: 선택한 에어포일과 관련된 저장된 데이터 삭제하기.

* Tab 1 주의사항

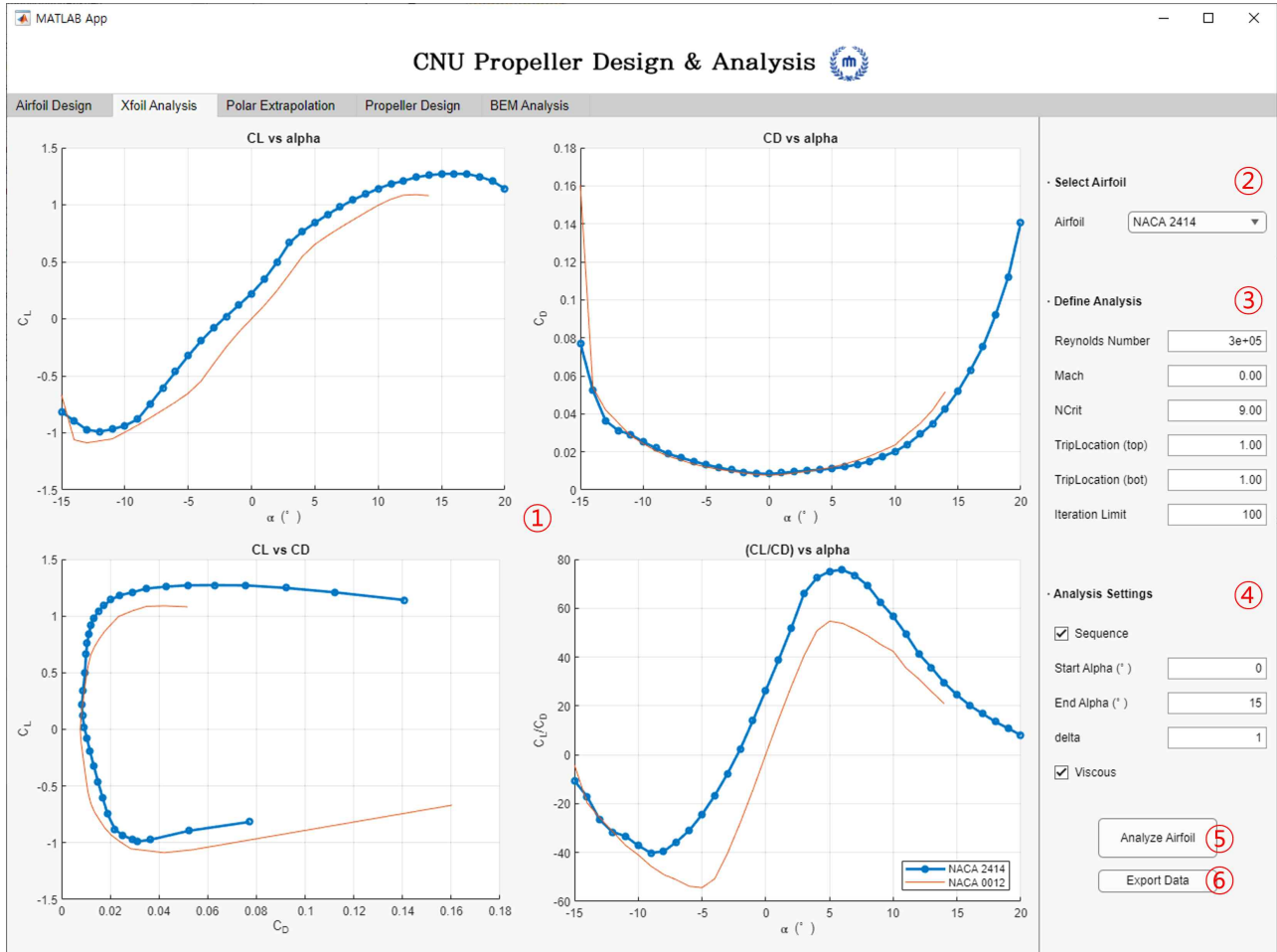
0.997666	0.001587	0.005247	0.012501
0.999416	0.001342	0.002334	0.008429
1.000000	0.001260	0.000584	0.004260
0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
0.000584	-0.004260	0.000584	-0.004260
0.002334	-0.008429	0.002334	-0.008429
0.005247	-0.012501	0.005247	-0.012501

Lednicer 타입

Selig 타입

- Import Airfoil 기능의 경우 Selig(연속적으로 이어지는 데이터) 타입의 데이터 파일을 불러와야 합니다. LE 및 TE에서 끊어지는 Lednicer 타입의 데이터 파일은 분석이 불가능합니다.
- 불러온 파일의 노드점 수가 너무 적거나 너무 많으면 xfoil 분석이 어렵거나 부정확할 수 있습니다. (대략 60~150개 권장)
- .txt 및 .dat 확장자로만 불러오기 및 내보내기가 가능합니다.
- Delete Selected Airfoil로 지운 에어포일은 다른 탭의 데이터 또한 모두 삭제됩니다.

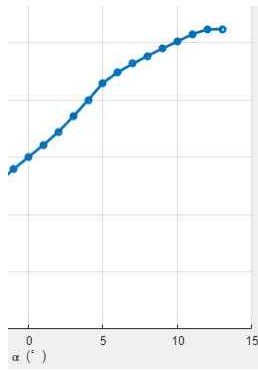
Tab 2 - Xfoil Analysis.



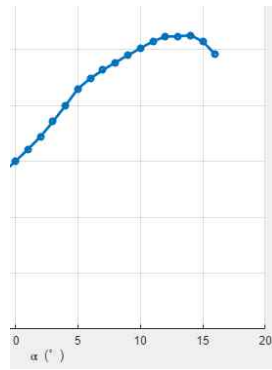
- ① Xfoil Data Axes: xfoil로 분석하고 나온 데이터들을 그래프로 확인 가능한 UI.
- ② Select Airfoil: xfoil로 분석을 진행할 에어포일을 선택하는 드롭다운. 이미 분석이 되어있다면 해당하는 에어포일의 데이터를 하이라이트.
- ③ Define Analysis: xfoil 분석을 위한 입력값 모음.
 - Reynolds Number: 레이놀즈수.
 - Mach: 마하수.
 - NCrit: 천이 현상과 관련된 수. (낮을수록 천이가 빠르게 일어남)
 - TripLocation(top): 에어포일 위쪽 면에서 공기 흐름을 강제로 천이시키는 위치 지정.
 - TripLocation(bot): 에어포일 아래쪽 면에서 공기 흐름을 강제로 천이시키는 위치 지정.
 - Iteration Limit: xfoil 계산 과정의 최대 반복 횟수.
- ④ Analysis Settings: 받음각 및 점성 설정.
 - Sequence: 여러 받음각 분석 여부 선택. (off: Start Alpha의 받음각 하나만 분석)
 - Start Alpha: 분석을 시작할 받음각.
 - End Alpha: 분석을 끝낼 받음각.
 - delta: Start Alpha와 End Alpha 사이의 받음각 간격.
 - Viscous: 점성 고려 여부 선택.
- ⑤ Analyze Airfoil: xfoil 분석 시작하기.
- ⑥ Export Data: xfoil 분석 결과값을 txt 파일로 내보내기.

* Tab 2 주의사항

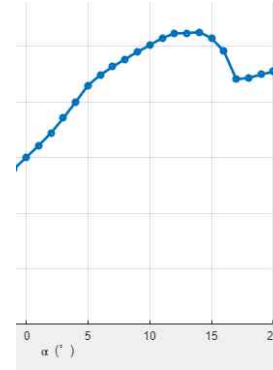
- (+)와 (-) 방향 받음각을 모두 분석해야 다음 탭에서 문제가 발생하지 않습니다.
- Reynolds Number는 설계할 Blade의 루트 쪽 레이놀즈수를 계산하여 넣는 것을 권장합니다.
- Define Analysis의 입력값이 바뀌지 않았다면 여러 번 분석해도 자동으로 데이터가 이어집니다. 하지만 입력값 중 하나라도 바뀌면 데이터가 새로 쓰여집니다.



△



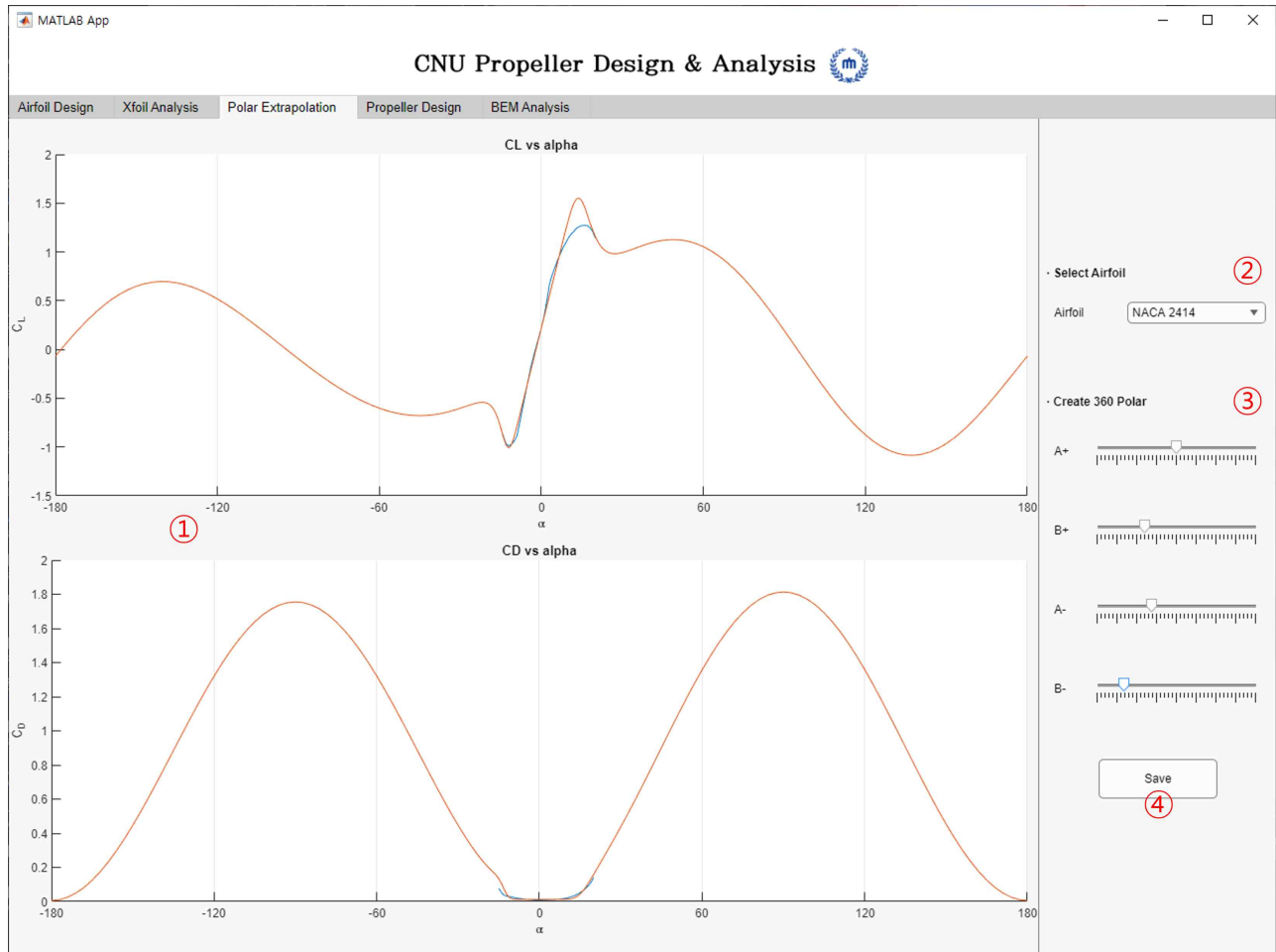
○



△

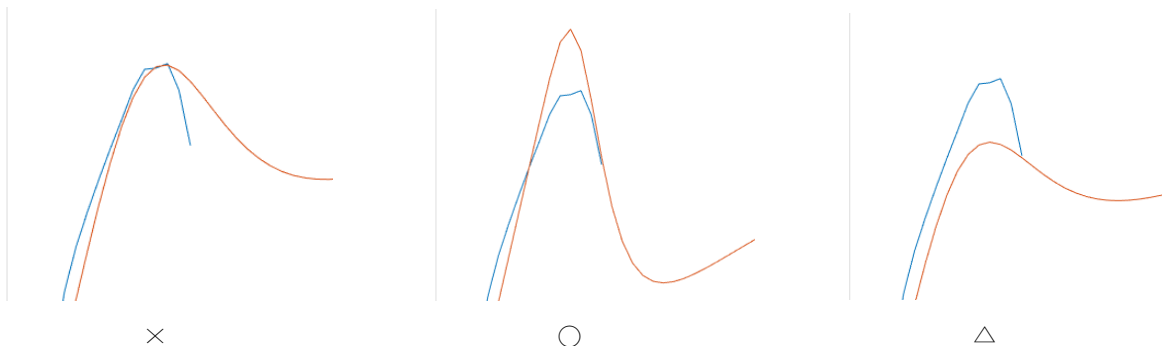
- 실속으로 C_L 의 감소가 일어나는 구간까지만 분석하는 것을 권장합니다.

Tab 3 - Polar Extrapolation.



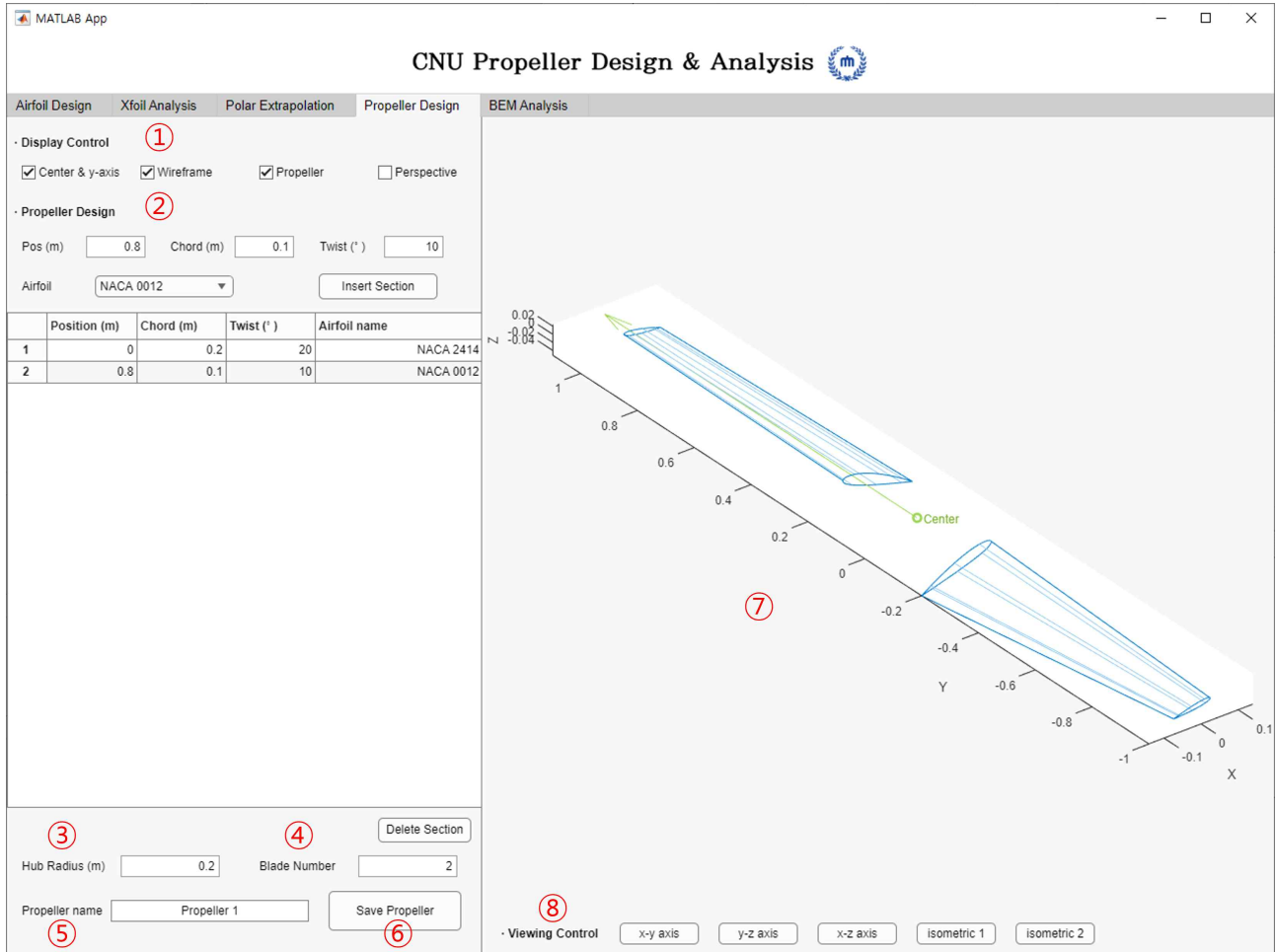
- ① Polar Extrapolation Axes: 기존의 C_L , C_D 및 외삽된 C_L , C_D 그래프를 확인 가능한 UI.
- ② Selected Airfoil: 극 외삽을 진행할 에어포일을 선택하는 드롭다운. Tab 2에서 분석된 에어포일만 표시.
- ③ Create 360 Polar: 극 외삽 그래프를 조절하기 위한 슬라이드. (A+와 B+는 양의 받음각 쪽, A-와 B-는 음의 받음각 쪽의 극 외삽 그래프에 관여)
- ④ Save: 현재의 극 외삽 그래프를 확정하고 저장하기.

* Tab 3 주의사항



- 극 외삽 그래프가 xfoil 분석 그래프와 자연스럽게 이어지도록 슬라이드를 조절하면 됩니다.
- Save 버튼을 누르면 최종적으로 적용될 그래프가 하나로 합쳐져서 표시됩니다. xfoil 분석 데이터가 극 외삽 데이터보다 우선됩니다.

Tab 4 - Propeller Design.



① Display Control: Propeller Design Axis의 표현 방식을 조작하는 체크박스 모음.

- Center & y-axis: 프로펠러의 중심 및 y축 on/off.
- Wireframe: 블레이드의 와이어 프레임 on/off.
- Propeller: 프로펠러 전체형상 on/off. (Blade Number만큼 표현)
- Perspective: 원근법 on/off.

② Propeller Design: 원하는 Position, Chord, Twist, 에어포일을 입력하고 Section을 추가함으로써 프로펠러를 설계하는 곳. Delete Section 버튼으로 선택한 Section 삭제.

③ Hub Radius: Blade가 없는 프로펠러 중심부의 반지름.

④ Blade Number: Blade의 개수.

⑤ Propeller name: 프로펠러의 이름을 입력하는 칸.

⑥ Save Propeller: 설계한 프로펠러의 정보를 저장하기.

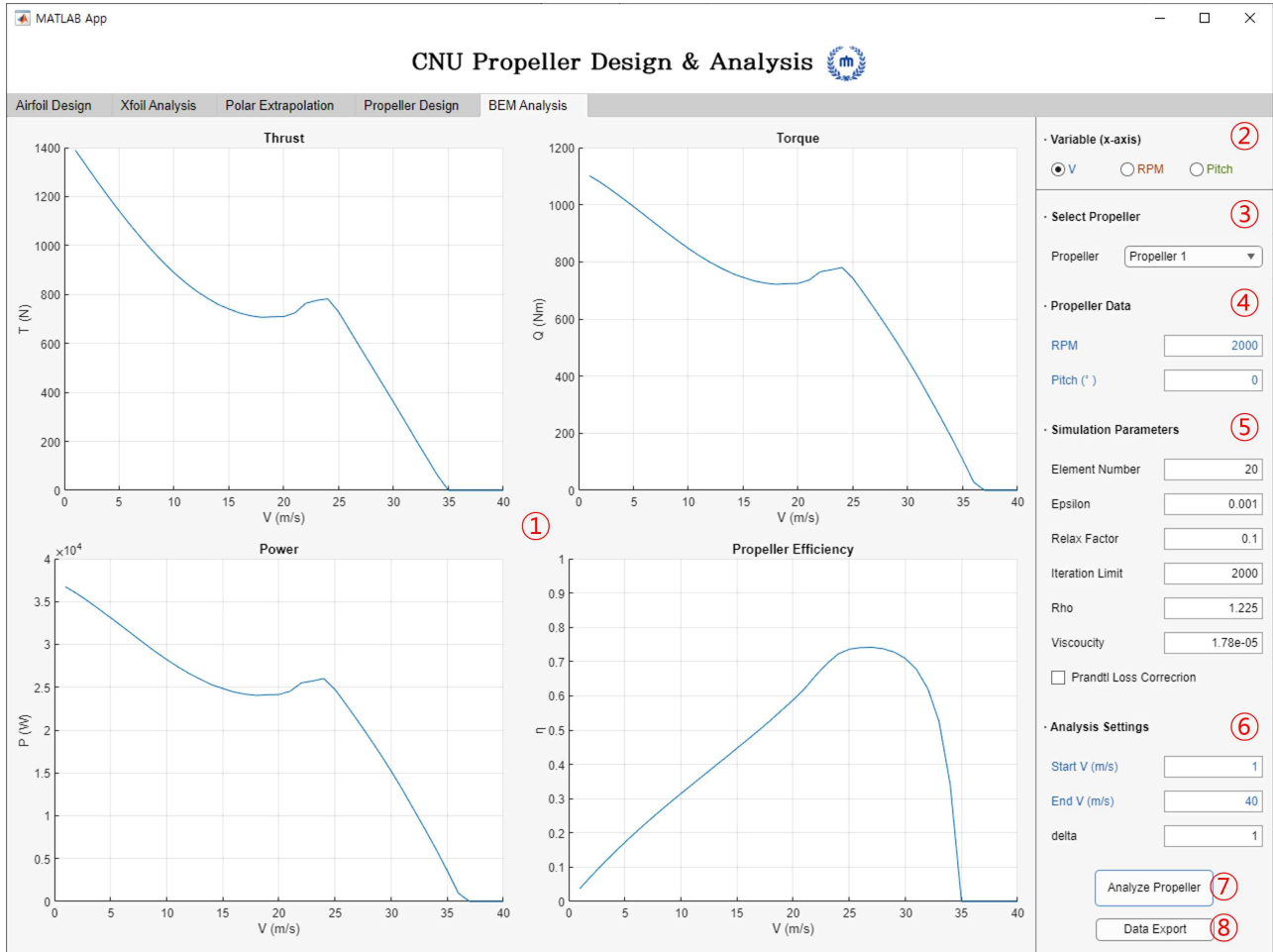
⑦ Propeller Design Axis: 설계한 프로펠러의 형상을 확인할 수 있는 UI.

⑧ Viewing Control: Propeller Design Axis의 시점을 조작할 수 있는 버튼 모음.

* Tab 4 주의사항

- 넣은 Section들은 Position 별로 자동 정렬됩니다. 만약 Position이 겹친다면 덮어쓰기 됩니다.
- Table 상에서 Section을 선택하면 Propeller Design Axis에도 하이라이트 처리되어 표시됩니다.
- 프로펠러당 Section은 최소 두 개 이상 입력해야 합니다.

Tab 5 - BEM Analysis.



- ① BEM Analysis Axes: BEM 분석으로 나온 데이터들을 그래프로 확인 가능한 UI.
- ② Variable (x-axis): BEM 분석에서 변수로 놓을 값을 선택하여 Analysis Settings의 변수를 변경.
- ③ Select Propeller: Tap 4에서 설계한 프로펠러 중 하나를 선택하는 드롭다운.
- ④ Propeller Data: V(Windspeed), RPM, Pitch 중 변수로 설정한 값을 제외한 두 값.
- ⑤ Simulation Parameters: BEM 분석을 위한 설정값 모음.
 - Element Number: Section과 Section 사이를 나누는 요소의 개수.
 - Epsilon: BEM 분석의 수렴 기준값.
 - Relax Factor: 새로 계산된 값을 이전 값에 반영하는 비율.
 - Iteration Limit: 수렴 계산의 최대 반복 횟수.
 - Rho: 유체의 밀도.
 - Viscosity: 유체의 동 점성.
 - Prandtl Loss Correction: Blade의 Tip 과 Root 쪽의 추력손실 보정 on/off.
- ⑥ Analysis Settings: 변수의 범위 및 간격 설정.
 - Start Variable: 분석을 시작할 변수의 값.
 - End Variable: 분석을 끝낼 변수의 값.
 - delta: Start Variable과 End Variable 사이의 간격.
- ⑦ Analyze Propeller: BEM 분석 시작하기.
- ⑧ Export Data: BEM 분석 결과값을 txt 파일로 내보내기.

* Tab 5 주의사항

- Element Number는 20 이상으로 설정하는 것을 권장합니다.
- Relax Factor는 작아질수록 계산이 오래 걸리지만 정확한 결과가 도출됩니다.
- 프로펠러에 포함된 에어포일이 Tab 1에서 삭제된 상태라면 경고가 뜹니다.
- 프로펠러의 형상에 따라 분석이 불가능하거나 결과값이 틀 수 있습니다.