



陳俊杉

計算模擬 / 人工智慧 / 設計思考

- 臺大土木系電腦輔助工程組 特聘教授、臺大材料系 合聘
- 國震中心與臺大土木 AI 中心 創辦人、主任
- 臺大智活中心 創辦人、副主任

We go All-IN on AI.



AI Frontier



Active Learning

Graph

RNN

LSTM

Transformer

Language Transformer

LLM Optimization

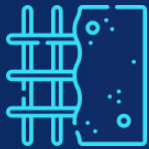
Large Vision Model

Vision Transformer

LVM Enhancement

Physical Informed Model

UAV

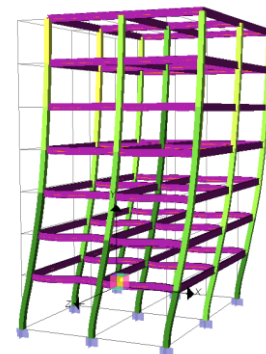
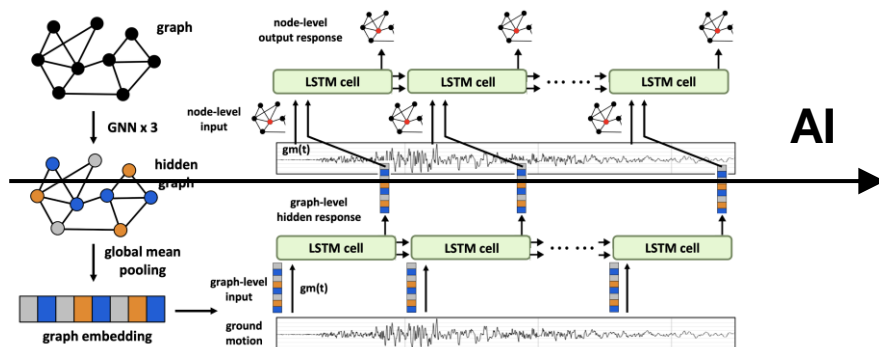


Speakers: Wei-Che Chang, I-Hsiang Chang, Ting-Ju Wei, Hung-Yi Chen, Wen-Ning Wan, Cheng-Yen Chan

主軸一：人工智慧 + 計算模擬

用 AI 模型替代複雜的計算模擬，克服單純用計算模擬無法或很難達到的工作

AI in Nonlinear Time-History Analysis Prediction

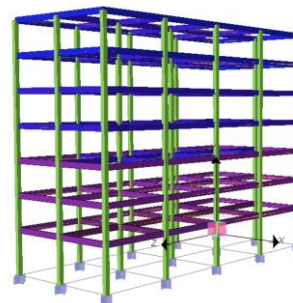


預測歷時分析

- 加速度
- 速度
- 位移
- 彎矩
- 剪力
- 塑鉸

R^2	加速度	速度	位移	彎矩	剪力
歷時預測	0.93	0.98	0.74	0.89	0.91
峰值預測	0.87	0.98	0.97	0.98	0.98

塑鉸預測 Precision: 93%, Recall: 90%



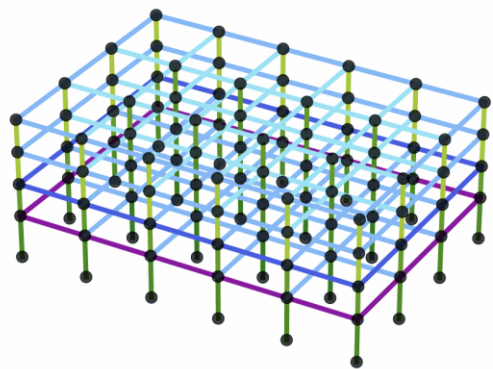
新結構歷時分析預測

約 0.3 sec

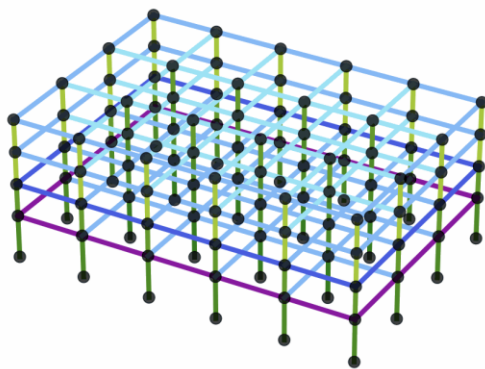
AI in Dynamic Analysis Prediction

scale factor: 5.0
Time = 0.00 (s)

Ground Truth



AI Prediction

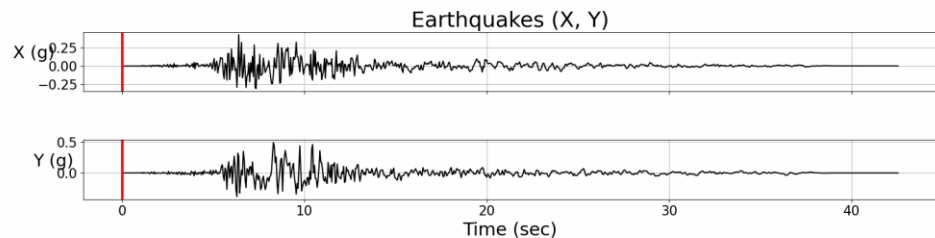


預測歷時反應:

- 加速度
- 速度
- 位移
- 彎矩
- 剪力
- 塑鉸

在testing set中，

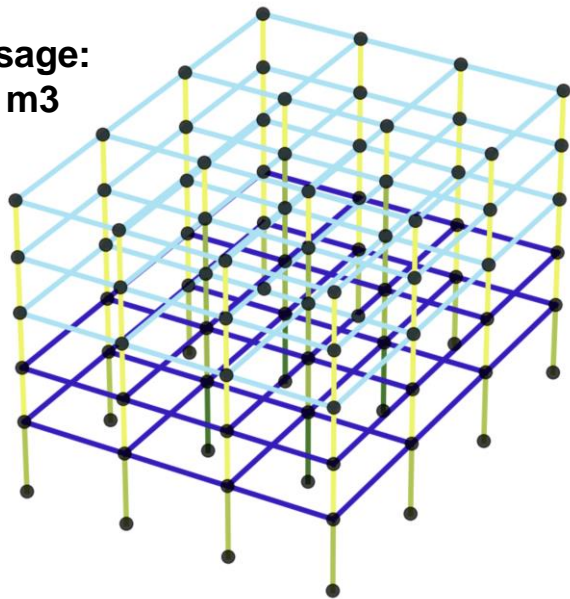
- 歷時預測R2可達0.93个
- 峰值預測R2可達0.98个



RL in Section Design Optimization

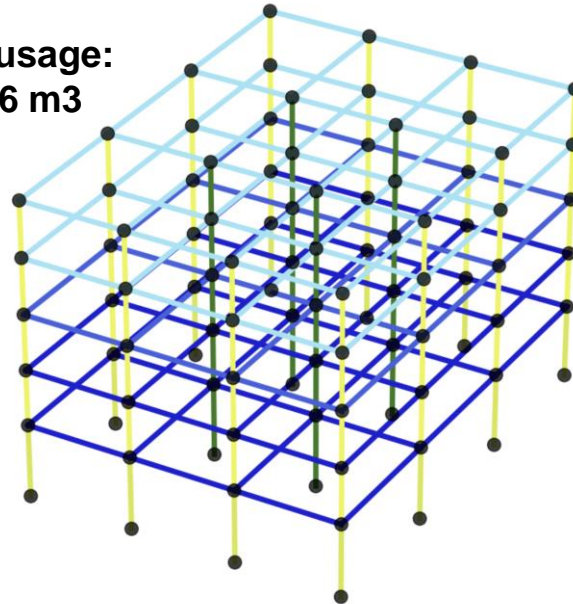
AI預測歷時分析 + AI斷面最佳化？

Steel usage:
19.20 m³



僅考慮規範靜力分析下之最佳斷面

Steel usage:
19.86 m³



靜力分析+動力分析塑鉸、drift檢核下之最佳斷面



LST Major Academic Contacts for ICME & CMM

Northwestern University (Prof. W.K. Liu; Prof. Wei Chen; Prof. G. Wagner) *Microstructure reconstruction, AI, 3D printing*

- A Ph.D. student from Wei's group was our summer intern last year working on microstructure reconstruction for short-fiber polymers.
- Graduate: Zeliang Liu (mechanistic machine learning)

University of Bonn, Fraunhofer (Prof. A. Schweitzer) *Iterative solver, HPC, multiscale*

- SAMG solver was modified and interfaced with LS-DYNA for RVE analysis.

UCSD (Prof. J.S. Chen) *Reduced order modeling, meshfree/particle methods*

- Haoyan Wei was our summer intern last year working on solder thermal fatigue and joined LST last November
- Graduate: Wei Hu (two-scale co-simulation), Haoyan Wei (mechanistic machine learning)

National Taiwan University (NTU) (Prof. David Chen) *AI, biomaterials, phase-field*

- Close relationship with Moldex3D.
- We plan to create a summer internship for a NTU Ph.D. student working on mechanistic machine learning. Unlikely to happen in this year.

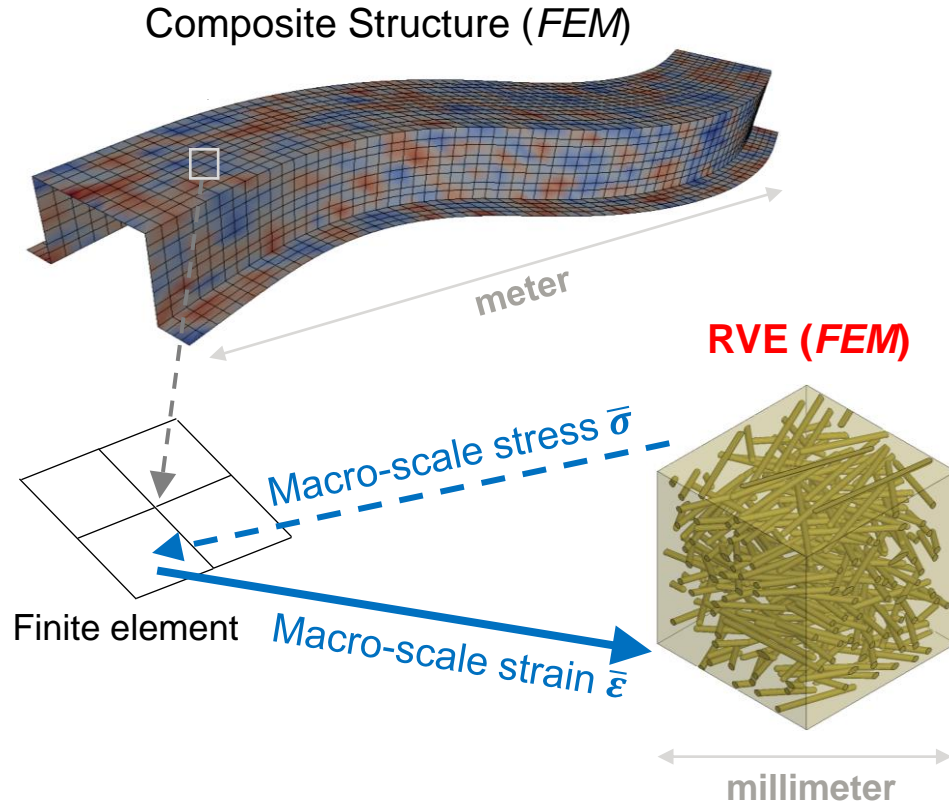
UC Berkeley (Prof. S.F. Li) *Micromechanics*

- A Fall intern will come to study polycrystal plasticity.
- Graduate: Bo Ren (two-scale co-simulation) and Dandan Lyu (micromechanics).

Columbia University (Prof. Steve W.C. Sun) *Multiscale, geological materials, AI*

- Joint work on graph theory, deep reinforcement learning (actor-critic framework) for MCR.

A long-standing challenge in multiscale simulation



Pros

- No macro-constitutive approximation
- High-fidelity multiscale simulation

Cons

- Too expensive for large-scale structures

• Macroscale S-rail Model:

2340 shell elements, 4 integration points per element

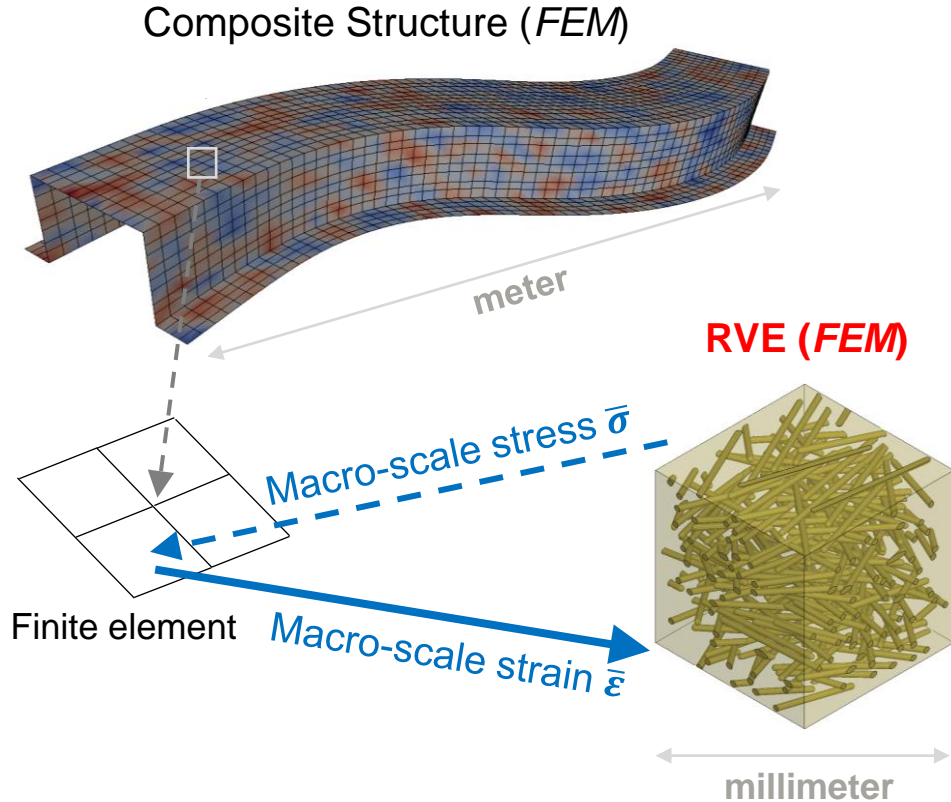
• Microscale RVE Model:

~360K solid elements

• Total number of Degrees of Freedom (DOF):

$$N_{DOF} = 2340 \times 4 \times 360,000 = 3.4B$$

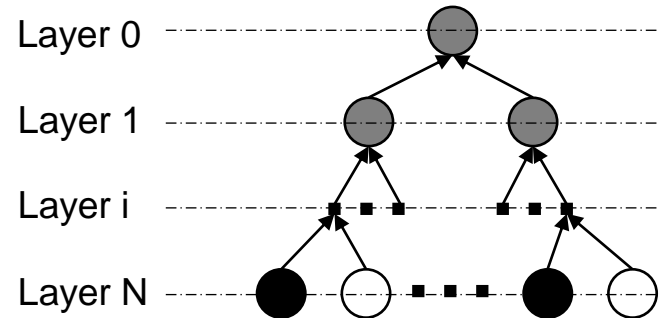
AI for multiscale simulation



Pros

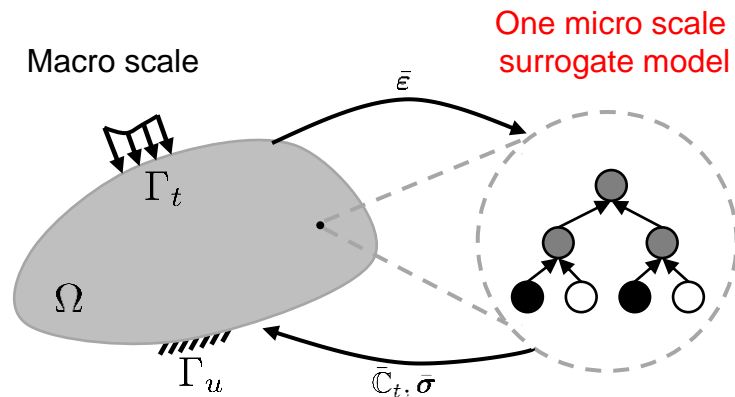
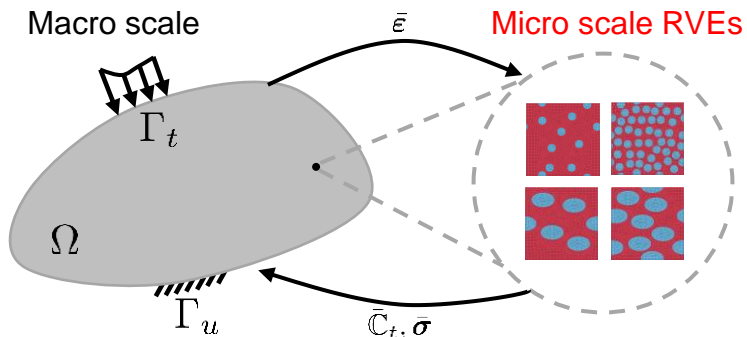
- No macro-constitutive approximation
- High-fidelity multiscale simulation

Mechanistic building block as a neuron in a network architecture





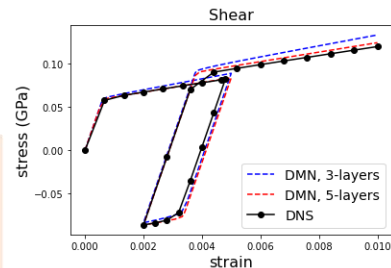
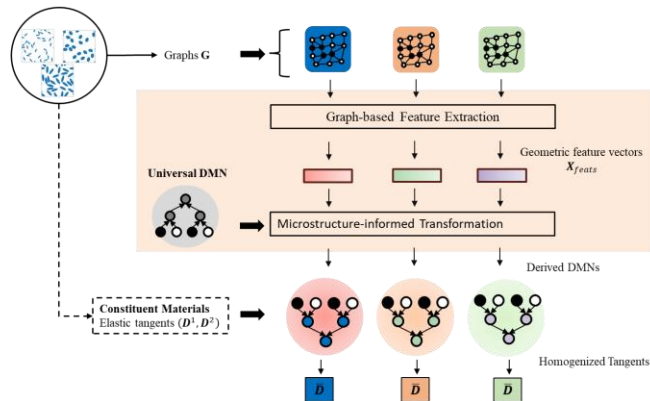
A General Deep Material Network (DMN) for Two-Scale Modeling of Composites, Porous Materials and Metals



Notable Benefits of DMN

1. Micromechanics-informed NN
2. Encode microstructural informatics
3. Training on **linear** elastic data
4. Inference for **nonlinear** behavior
5. Fast (1000X speedup)

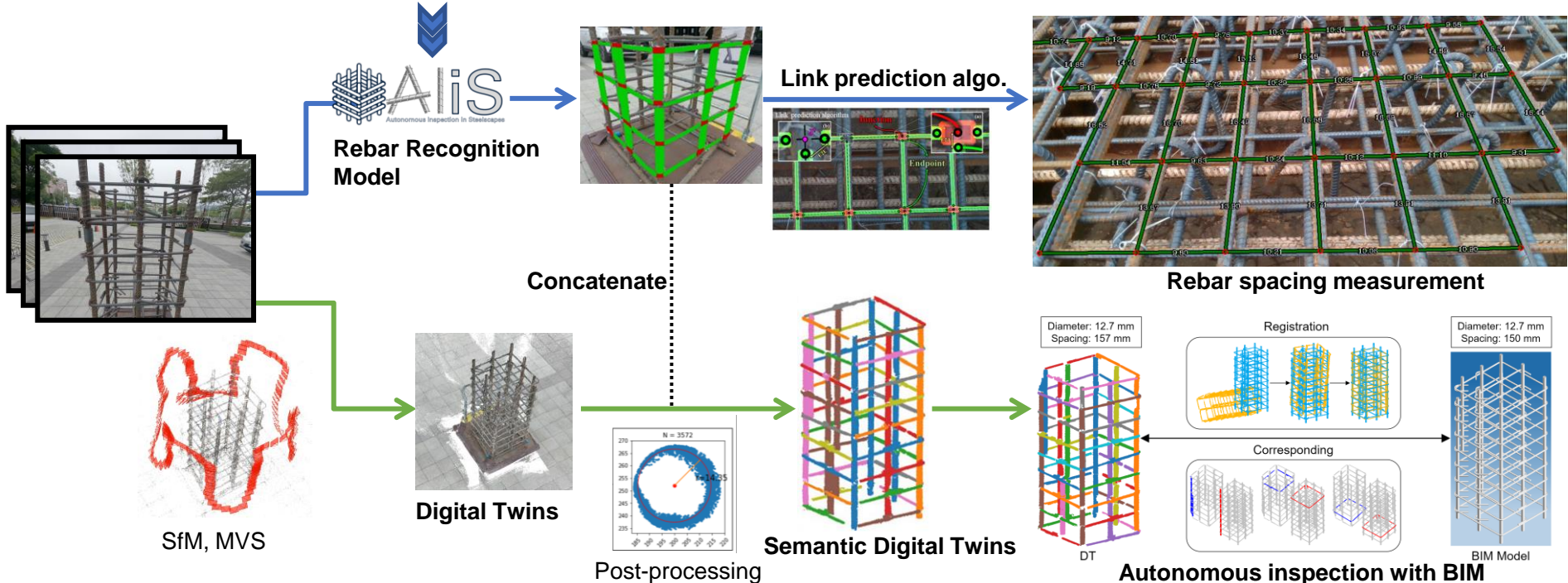
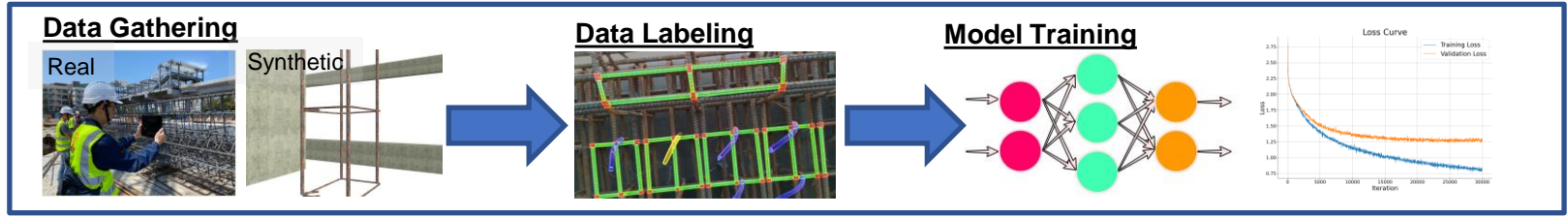
Sample descriptors of microstructures



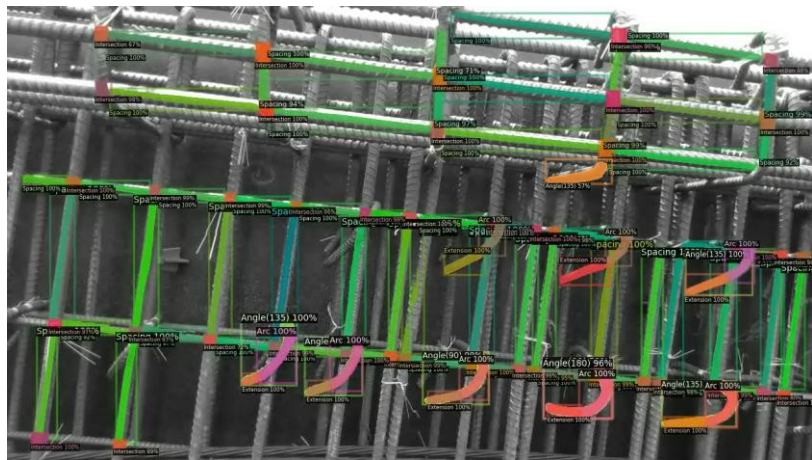
主軸二：人工智慧 + 電腦視覺 + UAV

用 AI 模型視覺辨識能力，克服人工很難完成的工作，
強化工程師的判斷能力

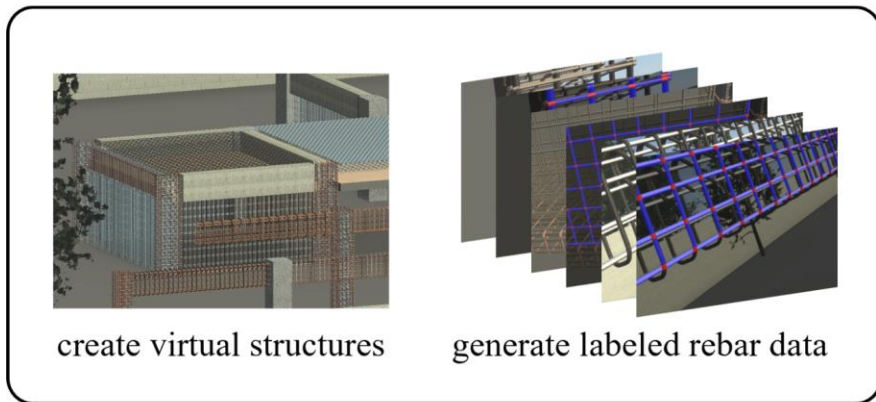
Rebar Inspection with Deep Learning and Digital Twins



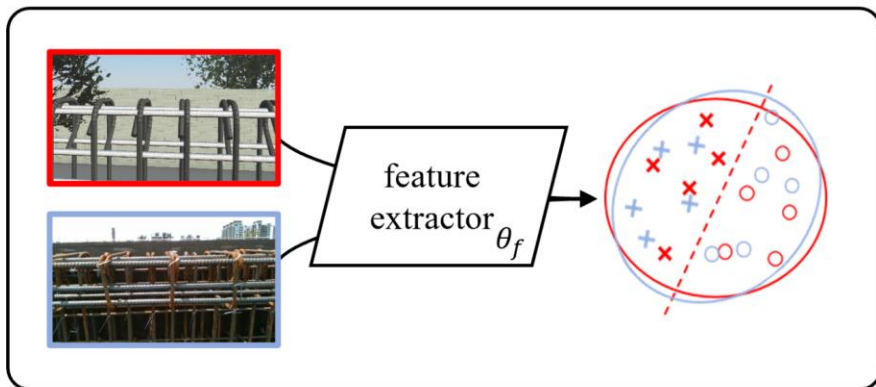
Rebar Inspection with Deep Learning and Digital Twins



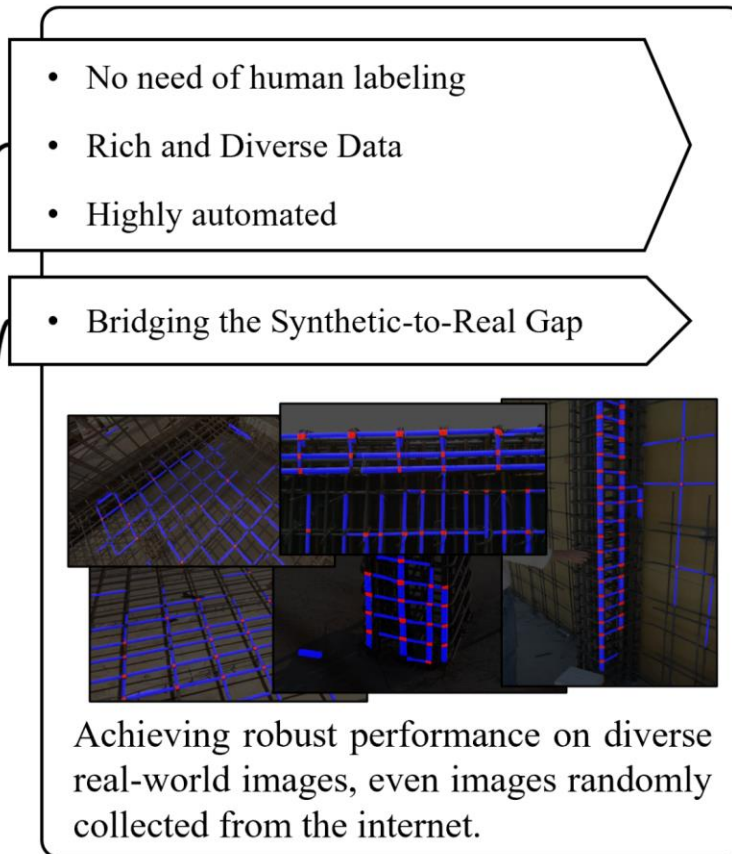
BIM Synthetic Data and Domain Transfer



(a) Synthetic data generation



(b) Domain adaptation



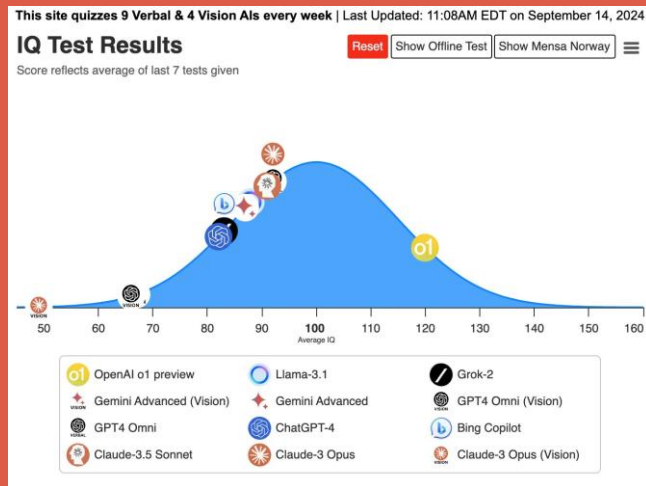
(c) Results



主軸三：大型 (語言) 模型 + 領域知識

~~訓練 AI 成為土木工程師~~

訓練 AI 成為土木工程師的好幫手



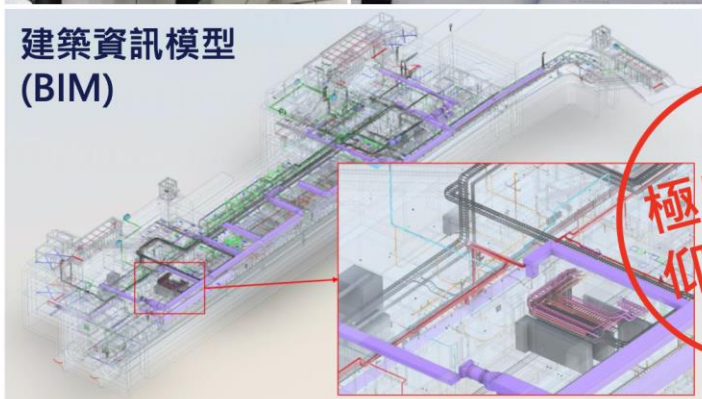
工程監造品質提升標準流程

施工規範

設計圖說



建築資訊模型 (BIM)



極度耗時
仰賴經驗

中興工程顧問股份有限公司
SINOTECH ENGINEERING CONSULTANTS, LTD

全套管基樁施工抽查紀錄表

編號：

工程名稱	淡江大橋及其連絡道路 5K+000-7K+035 新建工程		
分項工程名稱			
檢查位置		檢查日期	
抽查時機	<input checked="" type="checkbox"/> 檢驗停留點 <input type="checkbox"/> 不定期抽查		
施工流程	<input checked="" type="checkbox"/> 施工前 <input type="checkbox"/> 施工中檢查 <input type="checkbox"/> 施工完成檢查		
檢查結果	<input type="checkbox"/> 檢查合格 <input checked="" type="checkbox"/> 有缺失需改正 / 無此檢查項目		
管理項目	抽查標準 (定量定性)	實際抽查情形 (敘述抽查值)	抽查結果
★鋼筋籠加工組合-主筋直徑、長度	依設計圖 ϕ ___mm、L ___m		
★鋼筋籠加工組合-箍筋直徑、間距	依設計圖 ϕ ___mm、@ ___cm		
★鋼筋籠加工組合-搭接長度	依設計圖主筋搭接長度 ≥ 180 cm，三點電焊之總長度不得小於主筋直徑之5倍		
★鋼筋籠加工組合-箍筋焊接長度	二點電焊(各10cm)		
★鋼筋籠加工組合-預埋PVC測管	PVC 測管 4 支，內徑 ≥ 50 mm，長度 = L ___cm+20cm		
★鋼筋籠加工組合-鋼筋籠	每斷面至少 ___個、間距 ___m		
抽查結果不合格者:填至「不合格追蹤管制表第 ___項」進行追蹤改善 複查日期: 年 ___月 ___日 複查人員職稱: _____ 簽名: _____			



中興無償提供PMIS公版

施工規範

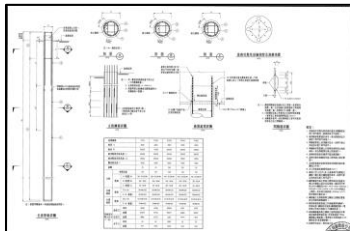
工程圖說

溯源檢核

工程基本資訊

全套管基樁施工抽查紀錄表

工程名稱	淡江大橋及其連絡道路5K+000~7K+035新建工程		
分項工程名稱			
檢查位置		檢查日期	
抽查時機	<input checked="" type="checkbox"/> 檢驗停留點	<input type="checkbox"/> 不定期抽查	
施工流程	<input type="checkbox"/> 施工前	<input checked="" type="checkbox"/> 施工中檢查	<input type="checkbox"/> 施工完成檢查
檢查結果	<input type="radio"/> 檢查合格 <input checked="" type="checkbox"/> 有缺失需改正 <input type="checkbox"/> 無此檢查項目		



- LLM
- Prompt Engineering
- RAG
- Agentic Reasoning
- Knowledge Graphs

溯源檢核與設計生成
施工查驗表單
的生成式AI

AIaaS

	管理項目	抽查標準	規範/圖說溯源	推論結果
源於規範	★ 鑽掘作業- 套管全部 壓入時最 大偏心	≤10cm	[02469.3] 3.3.4 第一節及第二節鋼套管壓入時最大偏心不得大於2cm,套管全部壓入時,最大偏心不得大於10cm,超過此限應拔除重作	Reasoning: 根據提供的規範內容,當套管尚未完全壓入時,最大偏心應控制在2cm內;而當套管全部壓入時,最大偏心不得超過10cm。抽查標準設定為10cm,符合規範中對全部壓入時的要求。因此,只要在檢查過程中,套管全部壓入時的最大偏心小於或等於10cm,即符合規範要求。 Code Compliance: True
源於圖說	★ 鋼筋籠加工組合- 搭接長度	依設計圖主筋 搭接長度≥ 160cm三點電 焊之總長度不 得小於主筋直 徑之5倍	[S863] 基礎底面 註:1. 同一斷面搭接鋼筋量不得大於1/2的總鋼筋量。 2. 主筋搭接長度 Ls ≥ 180cm。 3. 相鄰兩根主筋續接位置應錯開 25 倍鋼筋直徑距離。 主筋搭接處至少點焊 3 點, 3 點電焊之總長度不得小於直徑之 5 倍	Reasoning: 1. 搭接長度 : 圖說要求主筋搭接長度應至少180公分,但您提供的查驗標準要求為160公分,這低於圖說中的規範,因此在此項目上不符合圖說要求。 2. 電焊總長度 : 查驗標準要求的三點電焊總長度不少於主筋直徑的5倍,這符合圖說要求,因此在此項目上符合規範。 Code Compliance: 搭接長度: False 電焊總長度: True

人設計完成的管理項目與查驗標準

生成式AI (RAG) 溯源與檢核成果

大專生參與專題研究

- 對 AI 有興趣、有熱誠的同學
 - 人工智慧 + 結構分析與設計
 - 人工智慧 + 多尺度計算
 - 人工智慧 + 電腦視覺 + UAV
 - 大型 (語言) 模型 + 領域知識
 - ...
- 請直接跟我聯絡，email:
dchen@ntu.edu.tw

