

開口磚牆鋼板補強

報告單位：施忠賢結構技師事務所

2023-07-14

簡報者：施忠賢 結構技師

承諾 · 熱情 · 創新

前言

既有及新建之磚造建築均可能因使用需求，或管線通過，必須進行開門或開窗等。

磚牆開口處受地震力作用，易應力集中形成弱面，裂縫易由開口處產生。

此補強工法以鋼板或槽鋼針對開口處進行補強，避免開口處產生破壞。



//台南市中西區//昭和6年//1931











警務署長前宮原佐尚

警務部長土居水

警務部長坂口主税

知事坂元貞規

評事監督 淳安郡正弘

設計監督 芝尾錦梅次郎

土木課長 池田錦太郎

檢査員 齋藤井手

上棟祭執行 昭和六年六月二十二日 齋主 宮司 松本頼光

請負人 中津雄枝

現場代人 山本達也

大工棟梁 井口留一

左官職頭 田村文太郎

鐵工頭 森政夫

土工 頭 劉過三

凍瓦職頭 黃成

為 職頭 園田岩松

防氷屋敷職頭 小笠原竹一

多々登美成 萬源

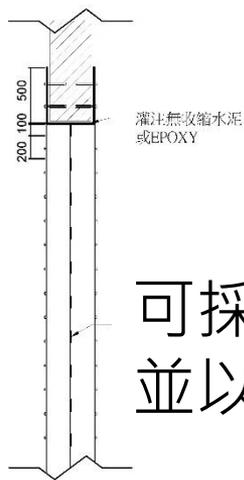
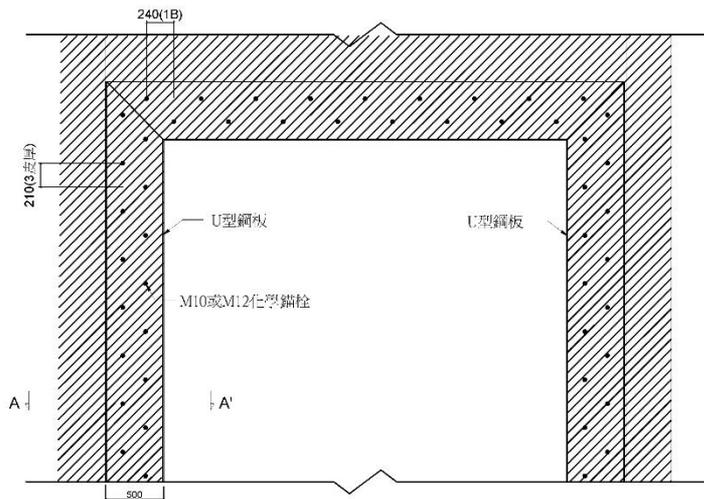
建具職頭 伊藤金助

鐵工頭 寶園寺

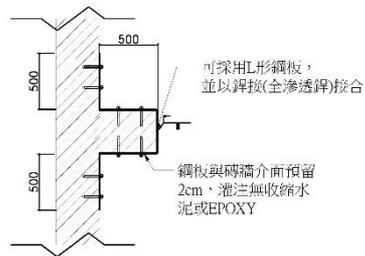
石工職頭 田代正助



補強圖說 - 開門

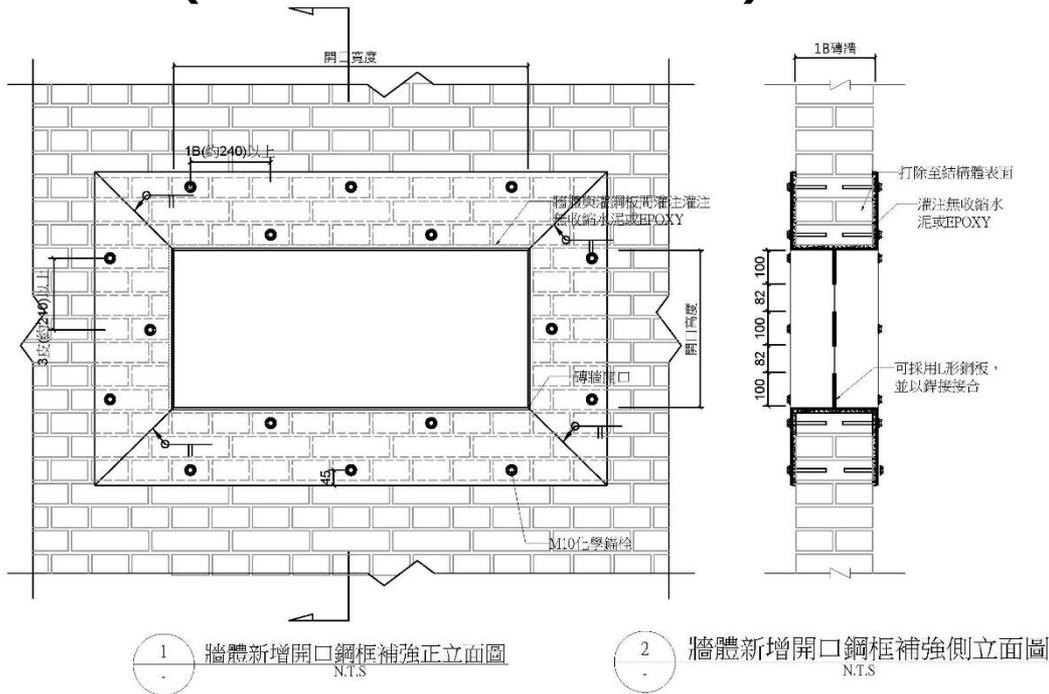


可採L形鋼板，
並以銲接接合



unit : mm

補強圖說 - 開窗(磚牆厚度1B以下)



施工步驟說明：

1. 妨礙施工之管線及設施先行遷移。
2. 灌注無收縮水泥或EPOXY修補牆體裂縫。
3. 先於現場進行量測及鑽孔，清孔，並依需求進行鋼板切割及鑽孔，以化學錨栓固定鋼板，鋼板可採U形鋼板或2片L形鋼板，若採L形鋼板，則須於鋼板交界銲接接合。
4. 以無收縮水泥或EPOXY灌注鋼板與磚牆之界面。
5. 若有移除或改道之管線或設施，須復原並恢復原有功能。

註：1.磚牆開口補強設計圖之組成應至少包含以下二部份：

- (1). 立面詳圖 (2). 施工步驟說明
- 2.鋼板可採6mm之A36或同等級以上鋼材，化學錨栓可採ISO 898 5.8級鍍鋅螺絲或同等級之鋼材，尺寸可採M10規格，設計者應考慮設計需求及施工條件並與業主充分溝通後決定。
- 3.化學錨栓之製作，應訂定產品規格，於鑽孔後應確實進行清孔，並於施工前進行拉拔試驗。
- 4.設計者應依現場條件，繪製構件對應之關係圖。
- 5.本圖所提方案，僅供參考。

本圖除供開口磚牆補強工程設計參考使用
設計者應依圖說條件及專項規範進行應用時務請
引用本圖參閱並不能免除設計者之設計責任

國家地震工程研究中心

編審：校舍結構耐震補強工程參考圖說工作小組

單位：MM

比例：N.T.S.

計畫名稱

校舍結構耐震補強工程參考圖說

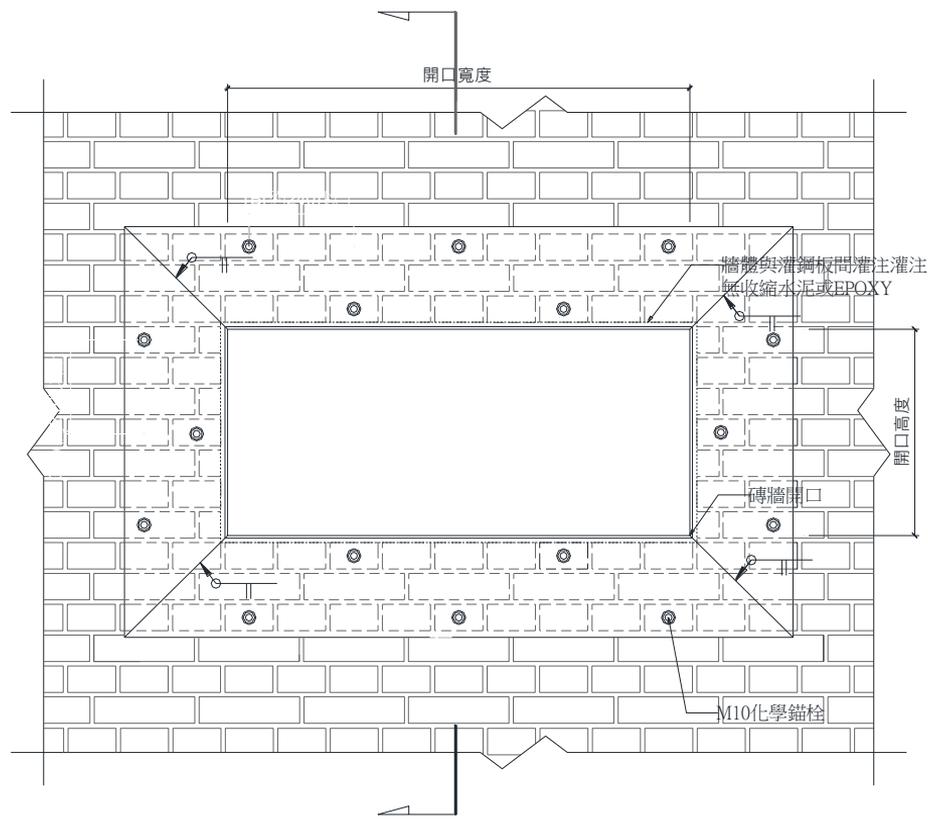
圖號

圖名

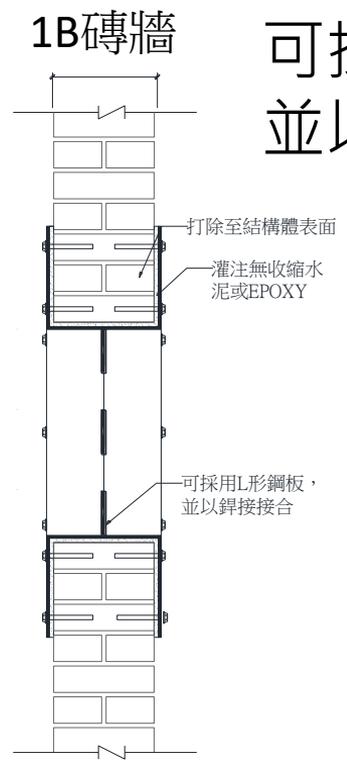
頁數

第 1 頁

補強圖說 - 開窗(磚牆厚度1B以下)



1 牆體新增開口鋼框補強正立面圖
N.T.S

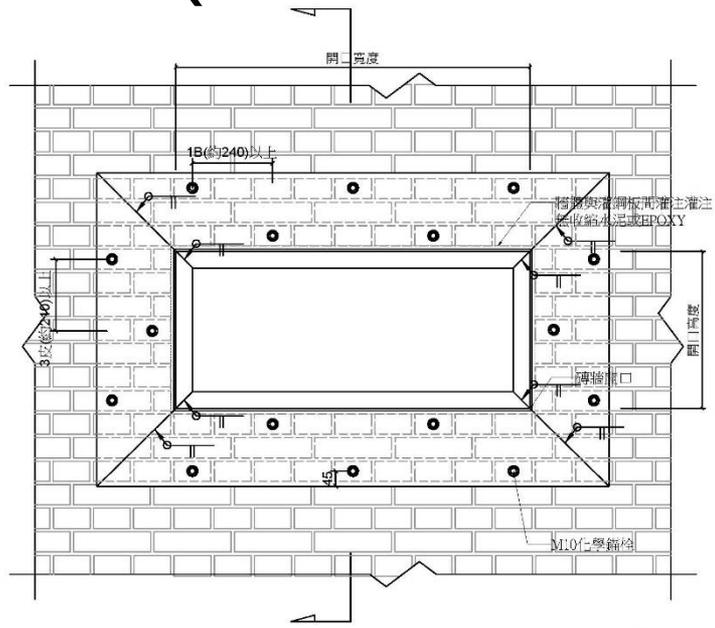


2 牆體新增開口鋼框補強側立面圖
N.T.S

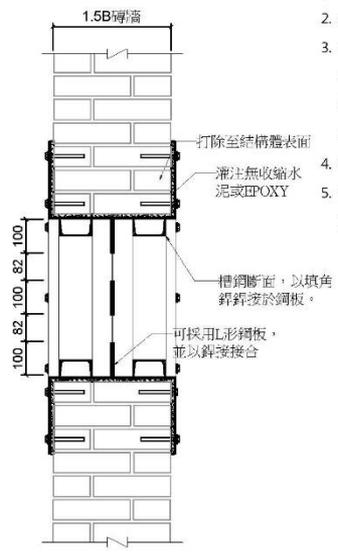
可採L形鋼板，
並以銲接接合

unit : mm

補強圖說 - 開窗(磚牆厚度1.5B以上)



1 牆體新增開口鋼框補強正立面圖
N.T.S.



2 牆體新增開口鋼框補強側立面圖
N.T.S.

施工步驟說明:

1. 妨礙施工之管線及設施先行遷移。
2. 灌注無收縮水泥或EPOXY修補牆體裂縫。
3. 先於現場進行量測及鑽孔，清孔，並依要求進行鋼板切割及鑽孔，以化學錨栓固定鋼板，鋼板可採U形鋼板或2片L形鋼板，若採L形鋼板，則須於鋼板交界線接接合。
4. 以無收縮水泥或EPOXY灌注鋼板與磚牆之界面。
5. 若有移除或改道之管線或設施，須復原並恢復原有功能。

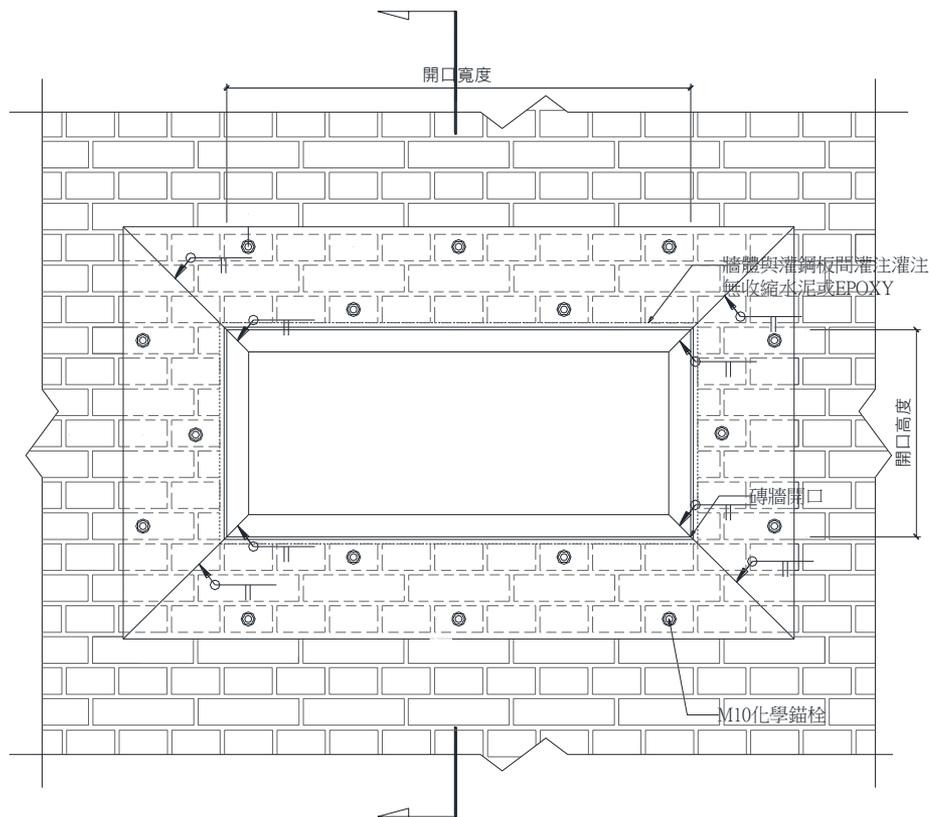
註: 1.磚牆開口補強設計圖之組成應至少包含以下二部份:

- (1). 立面詳圖 (2). 施工步驟說明
- 2.鋼板可採6mm之A36或同等級以上鋼材，化學錨栓可採ISO 898 5.8級鍍鋅螺絲或同等品之鋼材，尺寸可採M10規格，設計者應考慮設計需求及施工條件並與業主充分溝通後決定。
- 3.化學錨栓之製作，應訂定產品規格，於鑽孔後應確實進行清孔，並於施工前進行拉拔試驗。
- 4.設計者應依現場條件，繪製構件對應之關係圖。
- 5.本圖所提方案，僅供參考。

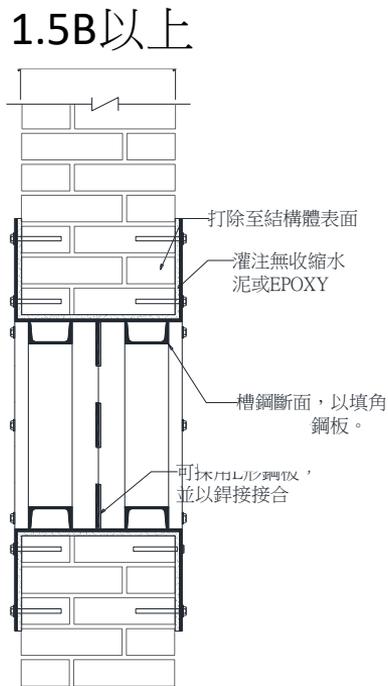
本圖除供開口鋼框補強工程設計參考使用
設計者應依現場條件及專項規範進行應用時務請
引用本圖參閱但不應免除設計者之設計責任

國家地震工程研究中心	編審: 校舍結構耐震補強工程參考圖說工作小組	單位: MM	圖名: 開口磚牆補強圖說(開窗)-2	圖號: /	圖	圖
	比例: N.T.S.	圖	圖	圖	圖	圖

補強圖說 - 開窗(磚牆厚度1.5B以上)



1 牆體新增開口鋼框補強正立面圖
N.T.S.



2 牆體新增開口鋼框補強側立面圖
N.T.S.

針對較厚之牆面，
可增設**槽鋼**，提升
鋼框剛度。

unit : mm

Material Data

General
 Material ID: Name:

Elasticity Data
 Type of Design: User Defined
 Standard:
 DB:
 Product:
 Concrete
 Standard:
 Code:
 DB:

Type of Material
 Isotropic Orthotropic

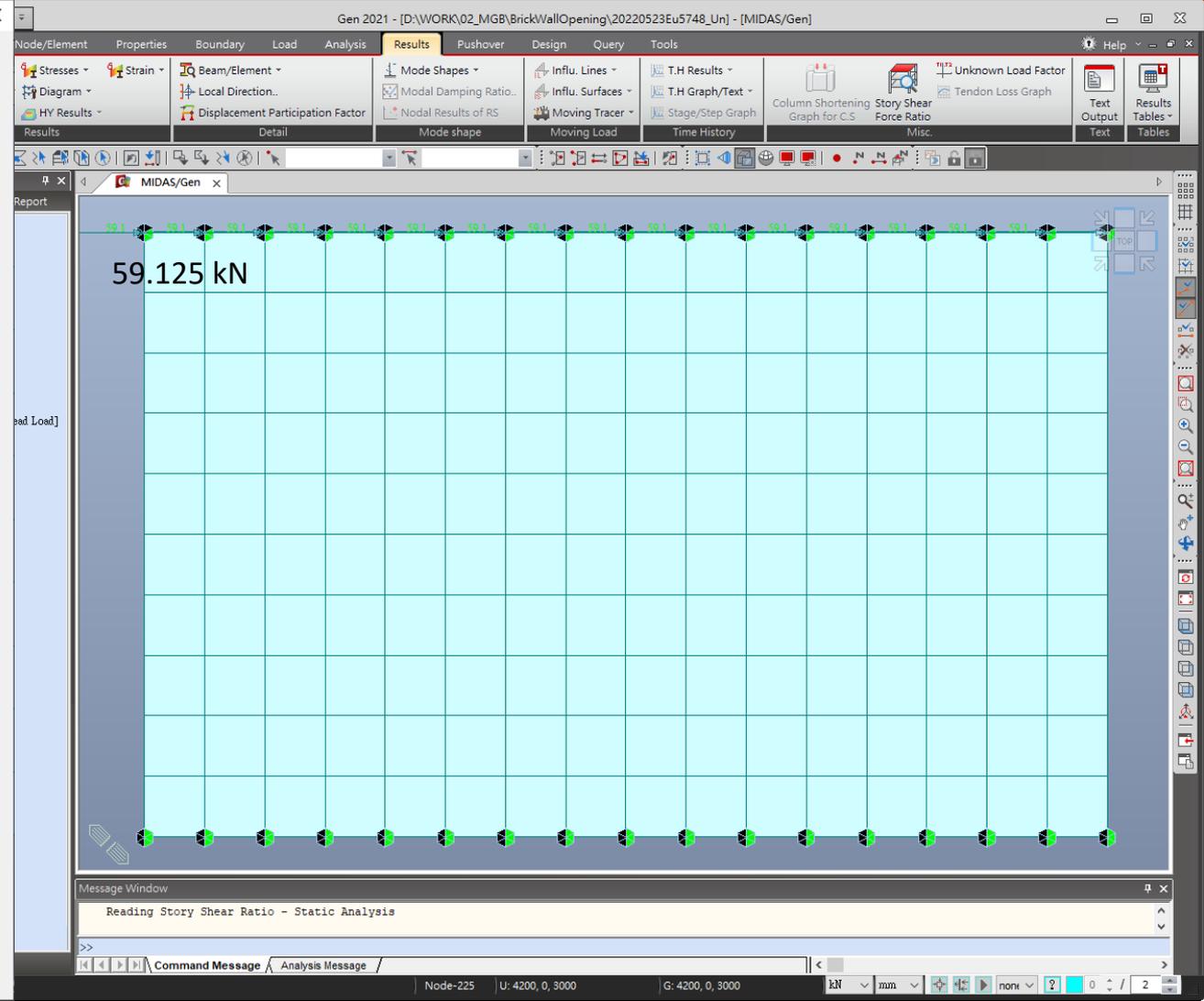
User Defined
 Modulus of Elasticity: kgf/cm²
 Poisson's Ratio:
 Thermal Coefficient: 1/[F]
 Weight Density: kgf/cm³
 Use Mass Density: kgf/cm³/g

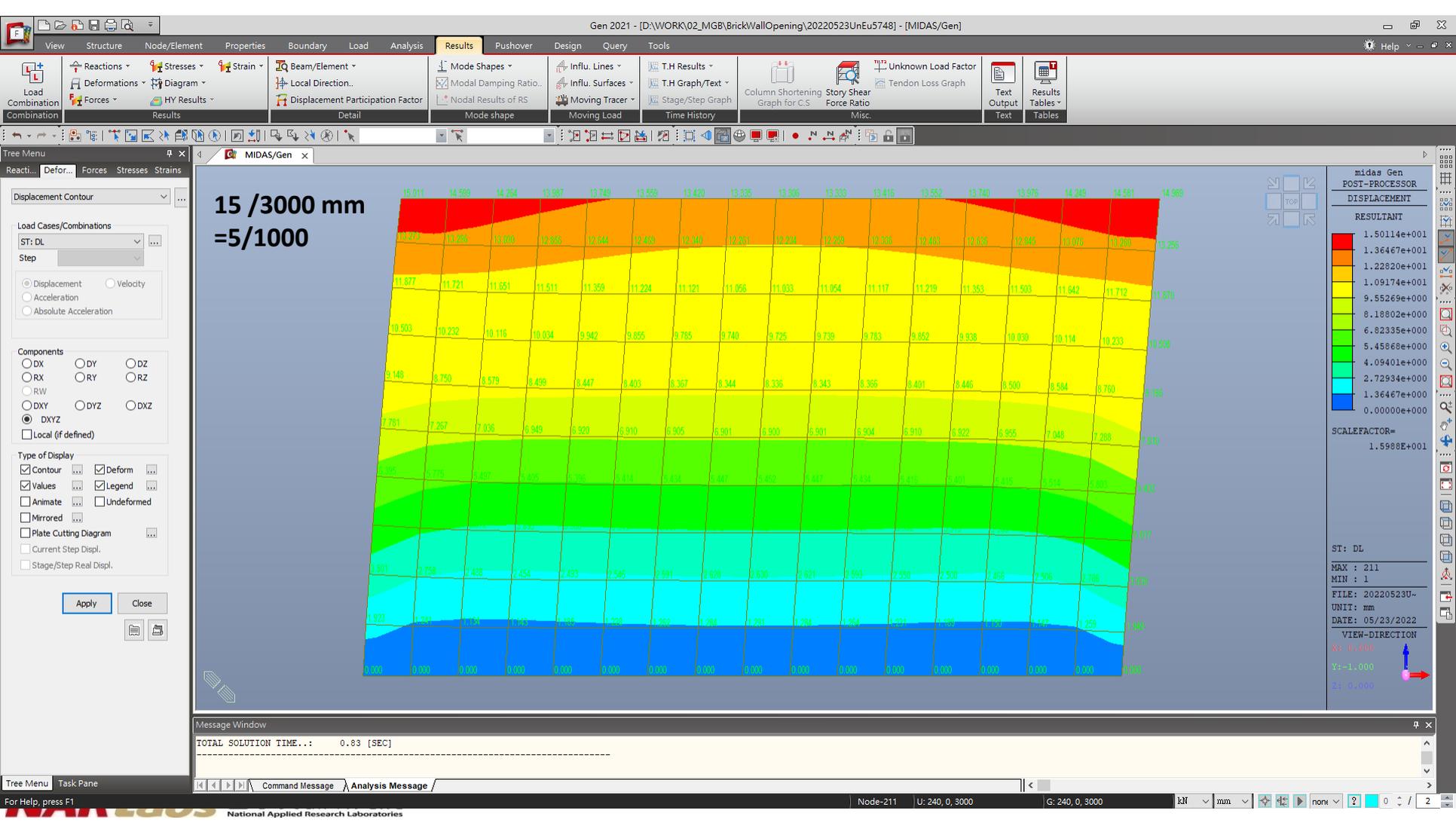
Concrete
 Modulus of Elasticity: kgf/cm²
 Poisson's Ratio:
 Thermal Coefficient: 1/[F]
 Weight Density: kgf/cm³
 Use Mass Density: kgf/cm³/g

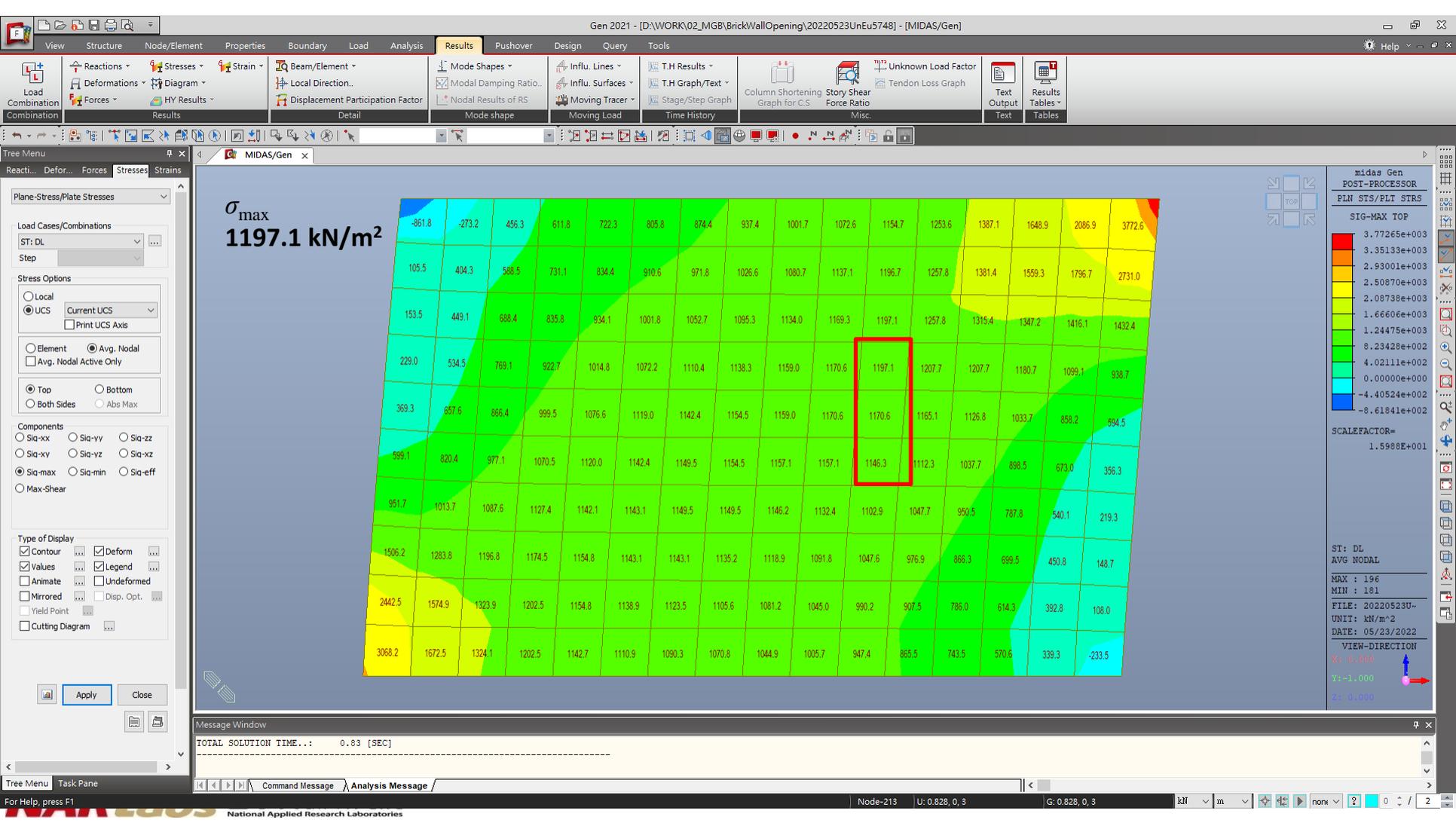
Plasticity Data
 Plastic Material Name:

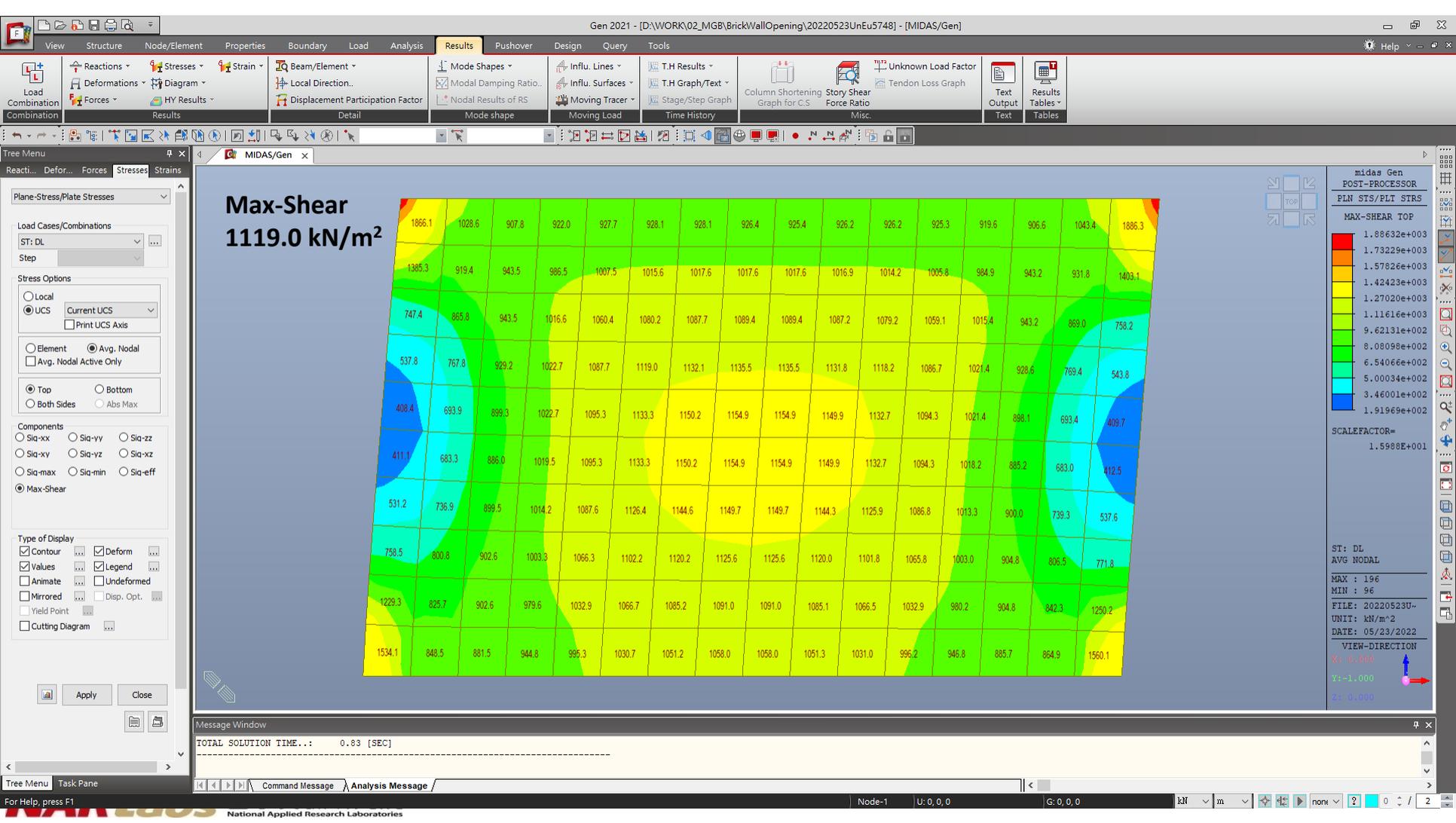
Inelastic Material Properties for Fiber Model & Non-dissipative element
 Concrete: Steel:

Thermal Transfer
 Specific Heat: Btu/kgf^o[F]
 Heat Conduction: Btu/cm²hr^o[F]
 Damping Ratio:









View Structure Node/Element Properties Boundary Load Analysis **Results** Pushover Design Query Tools

Load Combination
 Reactions
 Stresses
 Strain
 Beam/Element
 Local Direction
 Deformations
 Diagram
 HY Results
 Displacement Participation Factor

Mode Shapes
 Modal Damping Ratio
 Nodal Results of RS
 Influ. Lines
 Influ. Surfaces
 Moving Tracer
 T.H Results
 T.H Graph/Text
 Stage/Step Graph
 Time History
 Column Shortening Graph for C.S
 Story Shear Force Ratio
 Tendon Loss Graph
 Unknown Load Factor
 Text Output
 Results Tables

Tree Menu MIDAS/Gen

Reacti... Deform... Forces Stresses Strains

Displacement Contour

Load Cases/Combinations
ST: DL

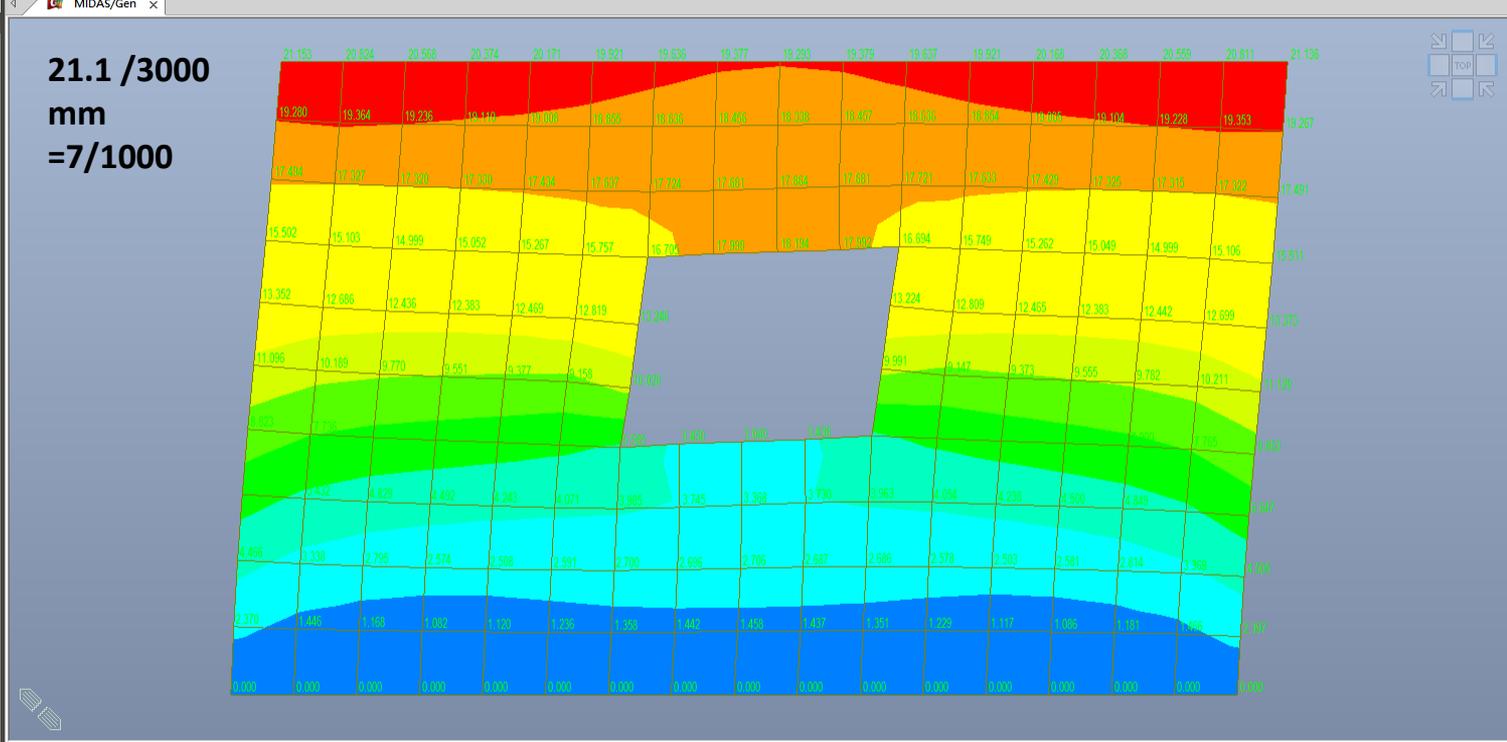
Step

Displacement
 Velocity
 Acceleration
 Absolute Acceleration

Components
 DX
 RX
 RW
 DXY
 DYZ
 Local (if defined)

Type of Display
 Contour
 Values
 Animate
 Mirrored
 Plate Cutting Diagram
 Current Step Displ.
 Stage/Step Real Displ.

Apply Close



midas Gen
POST-PROCESSOR
DISPLACEMENT

RESULTANT

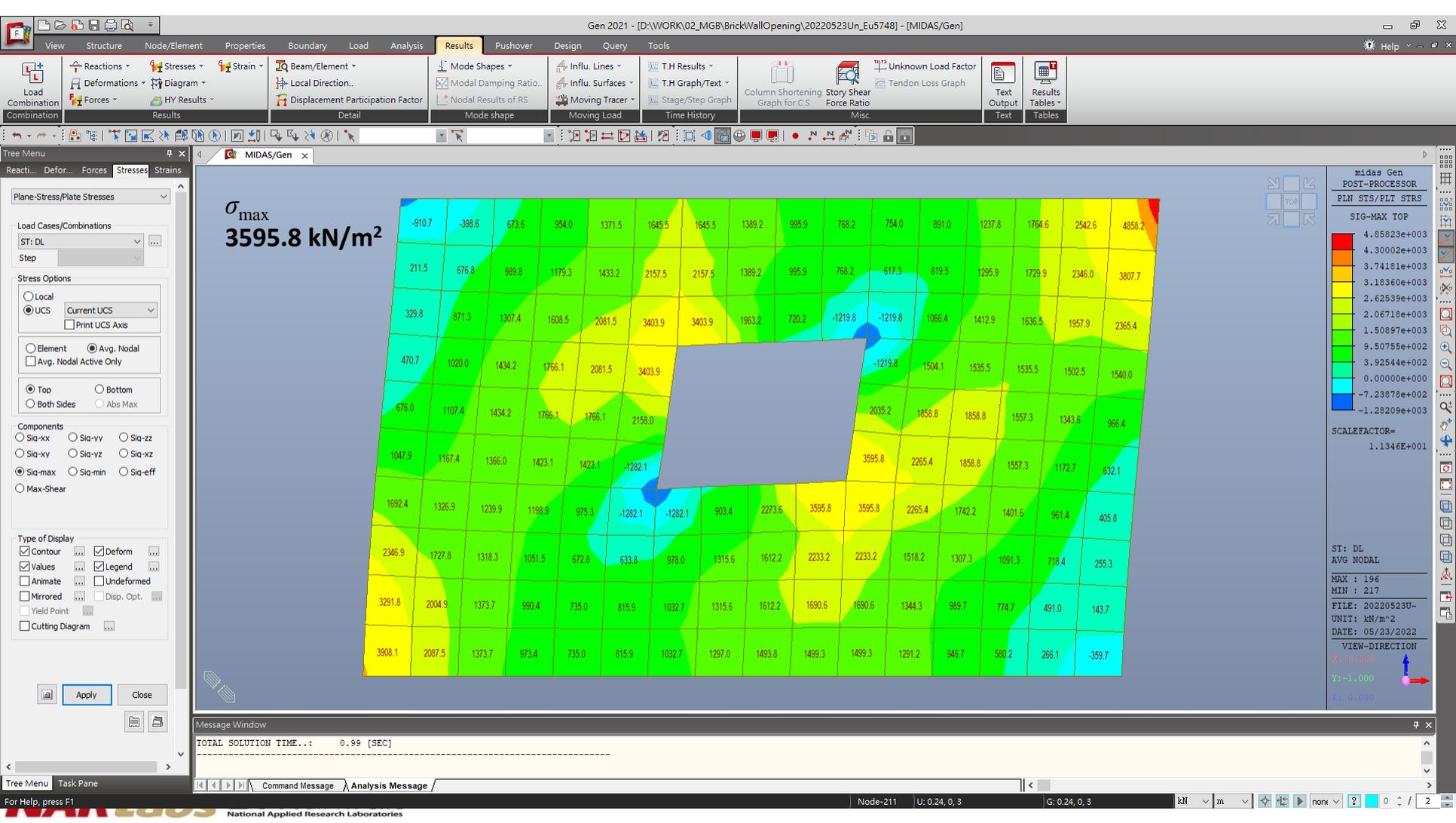
- 2.11529e+001
- 1.92259e+001
- 1.73069e+001
- 1.53839e+001
- 1.34609e+001
- 1.15379e+001
- 9.61494e+000
- 7.69195e+000
- 5.76896e+000
- 3.84598e+000
- 1.92259e+000
- 0.00000e+000

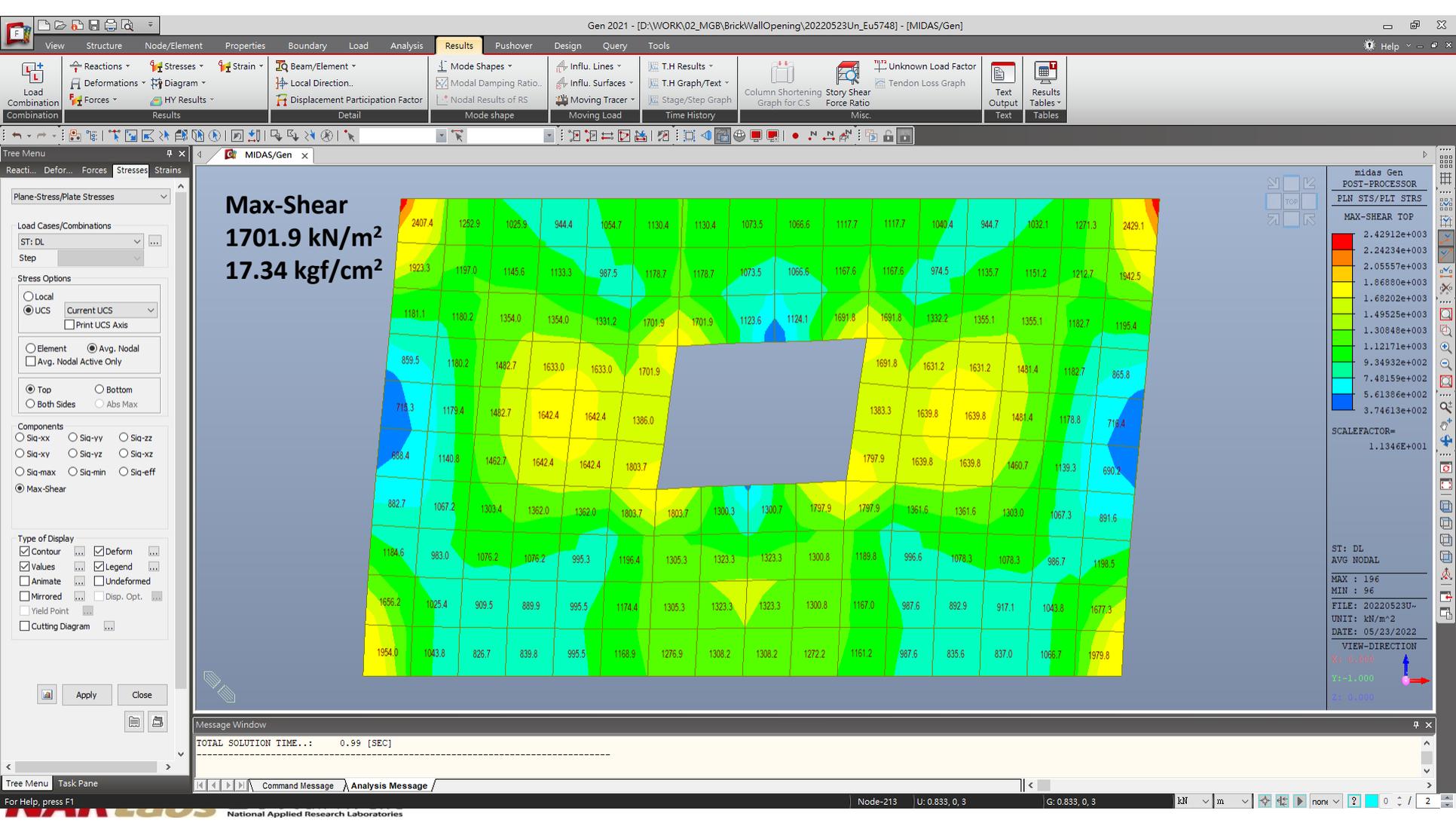
SCALEFACTOR= 1.1346E+001

ST: DL
 MAX : 211
 MIN : 1
 FILE: 20220523U-
 UNIT: mm
 DATE: 05/23/2022
 VIEW-DIRECTION
 X: 0.000
 Y: 1.000
 Z: 0.000

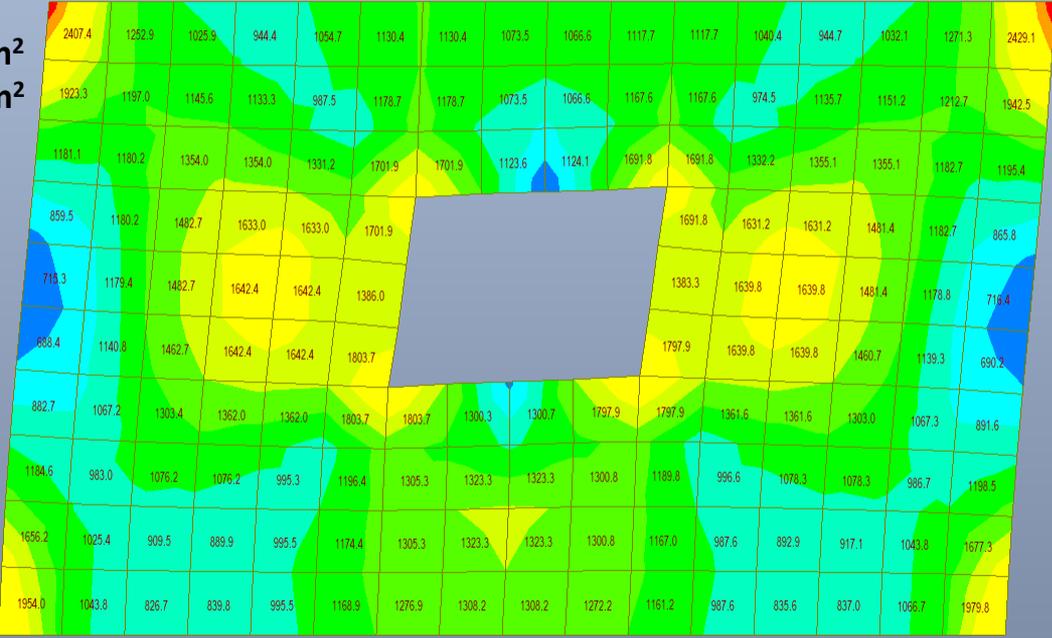
Message Window

TOTAL SOLUTION TIME... 0.99 [SEC]





Max-Shear
1701.9 kN/m²
17.34 kgf/cm²



midas Gen
 POST-PROCESSOR
 PIN STS/ELT STRS
 MAX-SHEAR TOP
 2.42912e+003
 2.24234e+003
 2.05557e+003
 1.86880e+003
 1.68202e+003
 1.49525e+003
 1.30848e+003
 1.12171e+003
 9.34932e+002
 7.48159e+002
 5.61386e+002
 3.74613e+002
 SCALEFACTOR=
 1.1346E+001
 ST: DL
 AVG NODAL
 MAX : 196
 MIN : 96
 FILE: 20220523U-
 UNIT: kN/m²
 DATE: 05/23/2022
 VIEW-DIRECTION
 X: 0.000
 Y: 1.000
 Z: 0.000

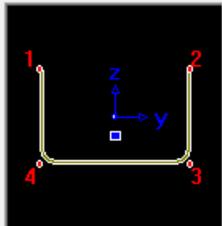
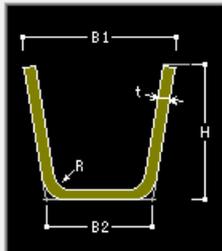
Message Window
 TOTAL SOLUTION TIME... 0.99 [SEC]

Section Data

DB/User

Section ID: U-RIB

Name: User DB



Sect. Name:

Built-Up Section

Get Data from Single Angle

DB Name:

Sect. Name:

H	150	mm
B1	240	mm
B2	240	mm
t	6	mm
R	20	mm

Consider Shear Deformation.

Consider Warping Effect(7th DOF)

Offset: Center-Center

Gen 2021 - [D:\WORK\02_MGB\BrickWallOpening\20220523Eu5748_2L_120x90] - [MIDAS/Gen]

Properties Boundary Load Analysis Results Pushover Design Query Tools

Strain Beam/Element Local Direction Displacement Participation Factor Mode Shapes Modal Damping Ratio Nodal Results of RS Mode shape Influ. Lines Influ. Surfaces Moving Tracer T.H Results T.H Graph/Text Stage/Step Graph Time History Column Shortening Graph for C.S. Story Shear Force Ratio Misc. Unknown Load Factor Tendon Loss Graph Text Output Results Tables

198to201 203to205

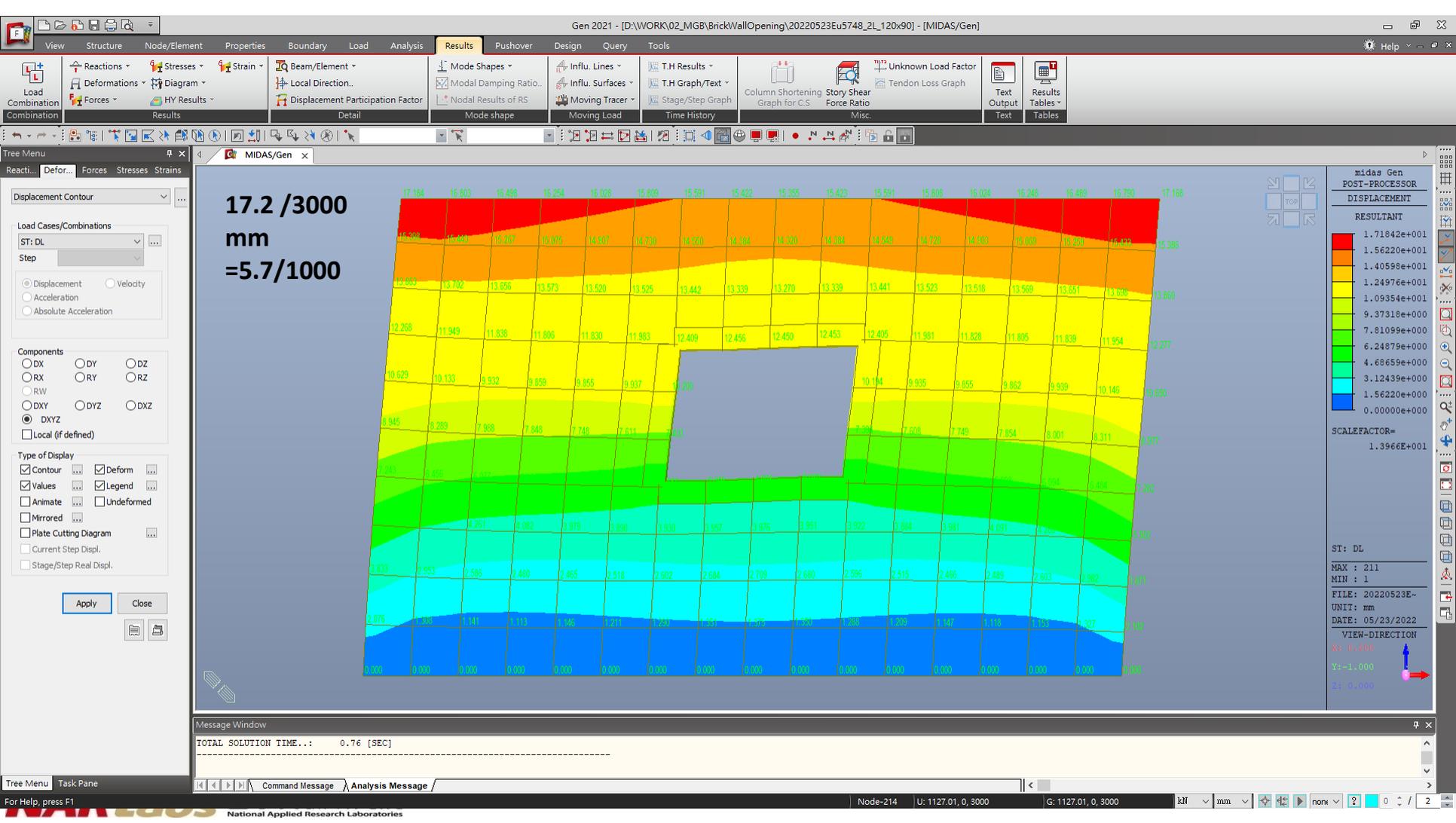
MIDAS/Gen

A 3D perspective view of a brick wall with a rectangular opening. The wall and opening are rendered in a light blue color. A red rectangular outline is drawn on the wall, indicating the location of the section data being defined in the adjacent window.

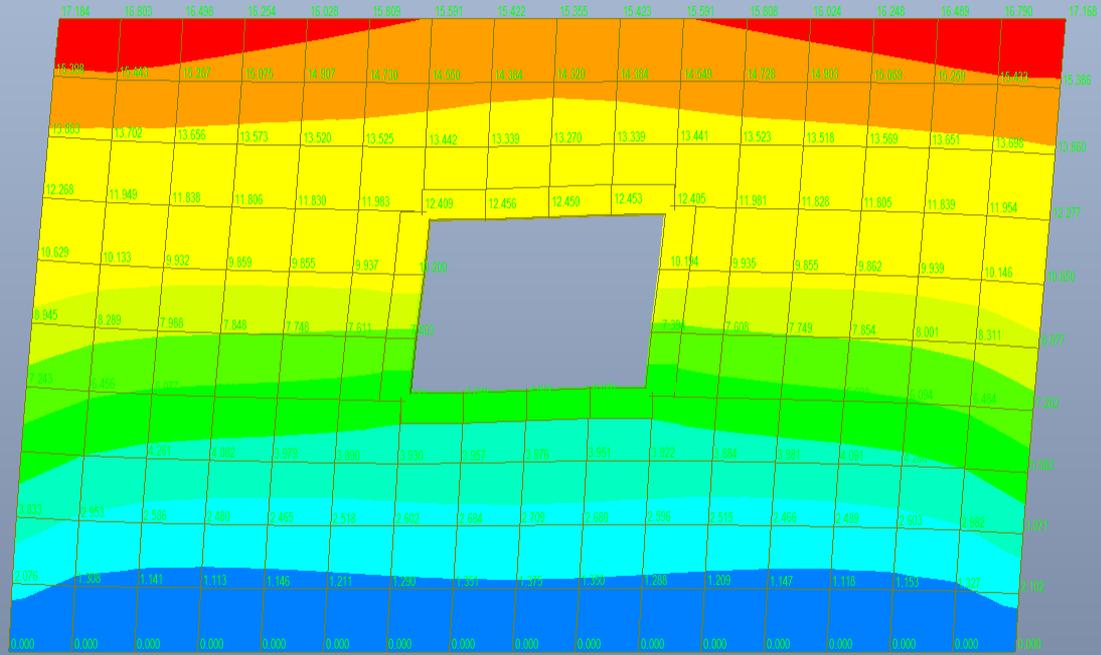
Command Message Analysis Message

SOLUTION TIME... 0.76 [SEC]

Frame-198 U: 1950, 0, 2100 G: 1950, 0, 2100 kgf mm none 1 / 2



17.2 /3000
mm
=5.7/1000



midas Gen
POST-PROCESSOR
DISPLACEMENT

RESULTANT

- 1.71842e+001
- 1.56220e+001
- 1.40598e+001
- 1.24976e+001
- 1.09354e+001
- 9.37318e+000
- 7.81099e+000
- 6.24879e+000
- 4.68659e+000
- 3.12439e+000
- 1.56220e+000
- 0.00000e+000

SCALE FACTOR=

1.3966E+001

ST: DL

MAX : 211
MIN : 1

FILE: 20220523E-
UNIT: mm
DATE: 05/23/2022

VIEW-DIRECTION

X: 0.000
Y: 1.000
Z: 0.000

Message Window

TOTAL SOLUTION TIME...: 0.76 [SEC]

View Structure Node/Element Properties Boundary Load Analysis **Results** Pushover Design Query Tools

Load Combination
 Reactions
 Stresses
 Strain
 Beam/Element
 Local Direction
 Deformations
 Diagram
 HY Results
 Displacement Participation Factor

Mode Shapes
 Modal Damping Ratio
 Nodal Results of RS
 Influ. Lines
 Influ. Surfaces
 Moving Tracer
 T.H Results
 T.H Graph/Text
 Stage/Step Graph
 Time History
 Column Shortening Graph for C.S
 Story Shear Force Ratio
 Tendon Loss Graph
 Text Output
 Results Tables

Tree Menu MIDAS/Gen

Reacti... Deform... Forces **Stresses** Strains

Plane-Stress/Plate Stresses

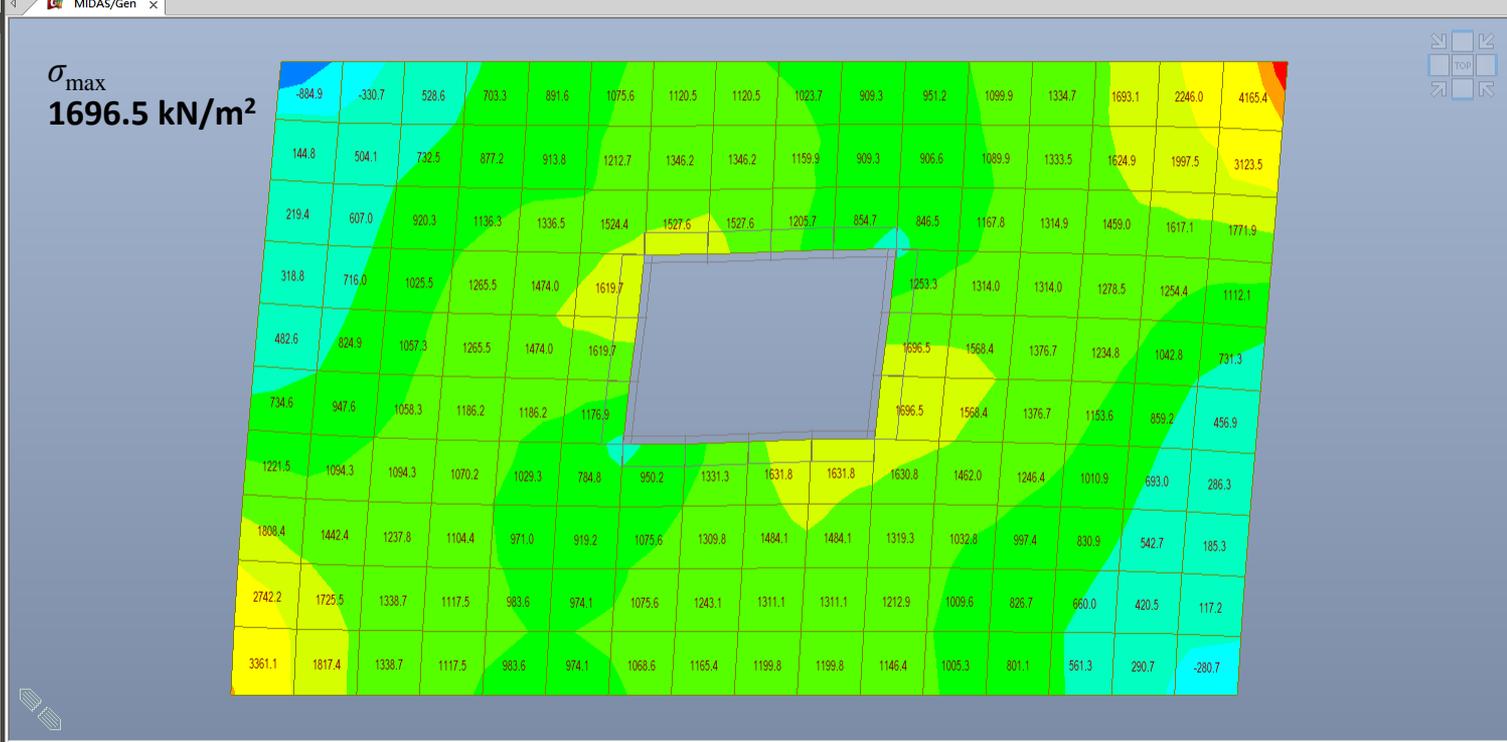
Load Cases/Combinations
ST: DL
Step

Stress Options
 Local
 UCS
 Print UCS Axis
 Element Avg. Nodal
 Avg. Nodal Active Only
 Top Bottom
 Both Sides Abs Max

Components
 Siq-xx Siq-yy Siq-zz
 Siq-xy Siq-yz Siq-xz
 Siq-max Siq-min Siq-eff
 Max-Shear

Type of Display
 Contour Deform
 Values Legend
 Animate Undeformed
 Mirrored Disp. Opt.
 Yield Point
 Cutting Diagram

Apply Close



midas Gen
POST-PROCESSOR
PIN STS/ELT STRS
SIG-MAX TOP

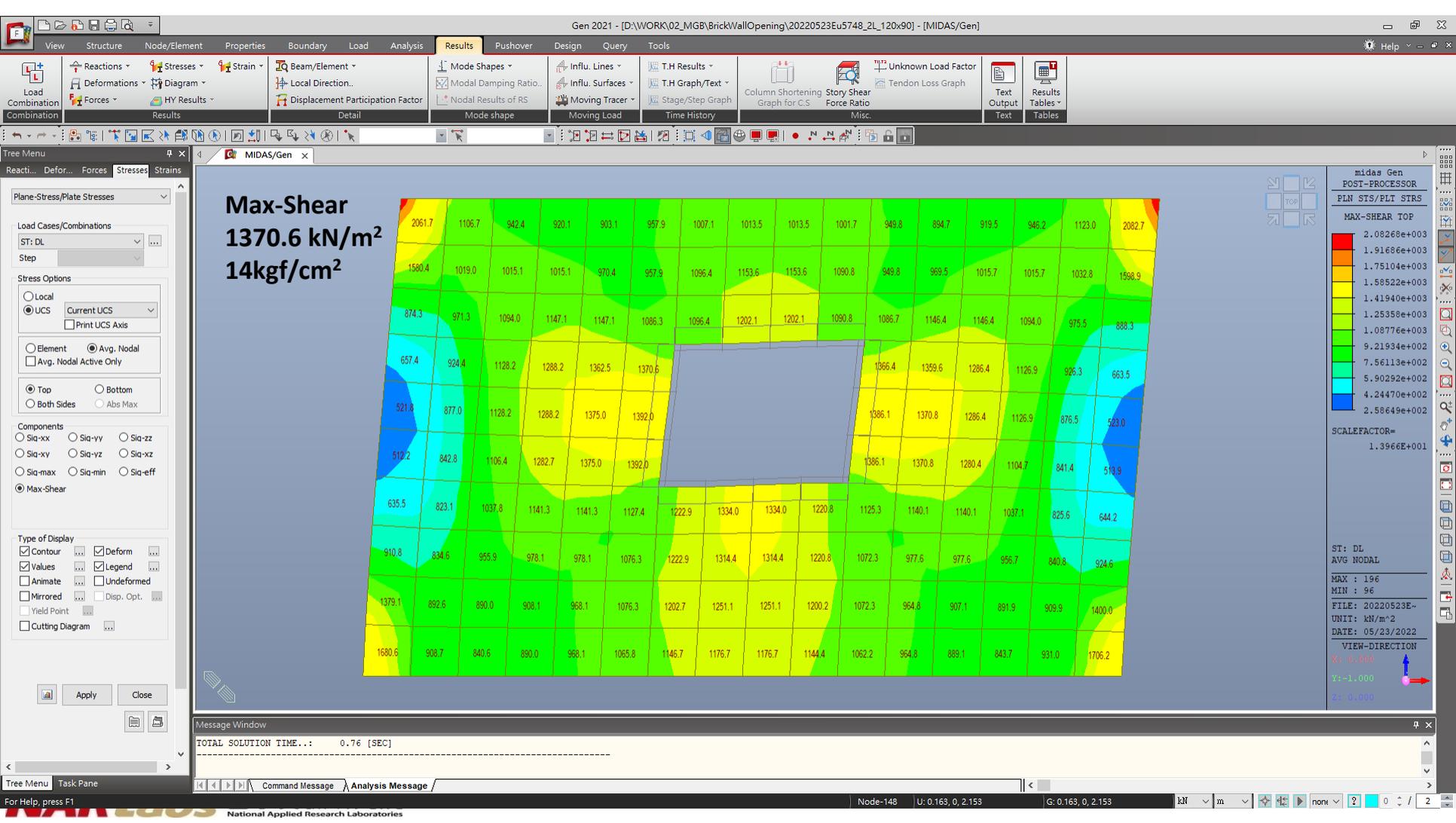
4.16537e+003
 3.70625e+003
 3.24713e+003
 2.78801e+003
 2.32889e+003
 1.86977e+003
 1.41065e+003
 9.51531e+002
 4.92412e+002
 0.00000e+000
 -4.25828e+002
 -8.84947e+002

SCALEFACTOR= 1.3966E+01

ST: DL
AVG NODAL
MAX : 196
MIN : 181
FILE: 20220523E-
UNIT: kN/m²
DATE: 05/23/2022
VIEW-DIRECTION
X: 0.000
Y: 1.000
Z: 0.000

Message Window
TOTAL SOLUTION TIME... 0.76 [SEC]

Command Message Analysis Message



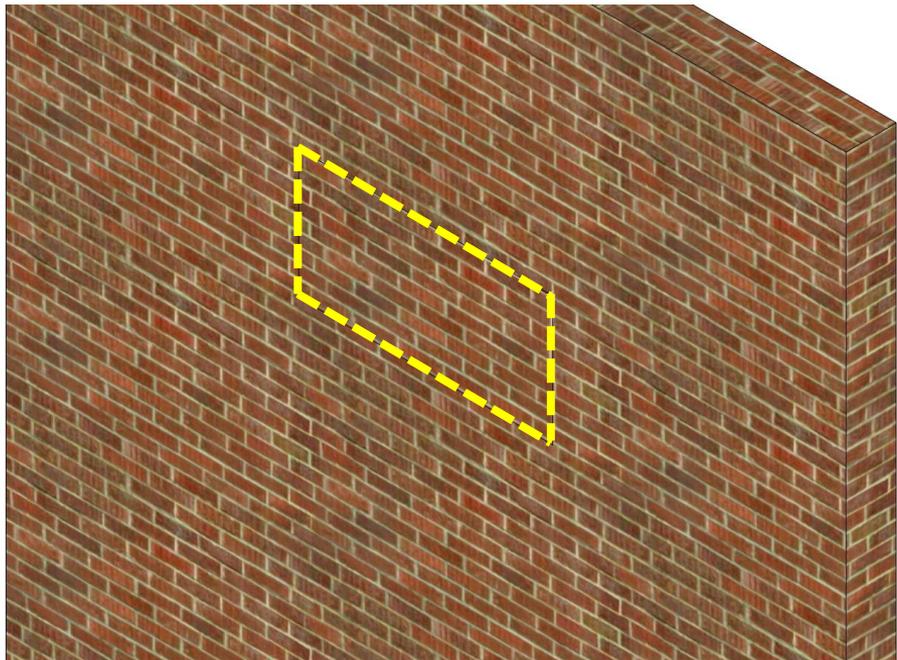
分析結果比較

	層間變位	σ_{max} (kN/m ²)	τ_{max} (kN/m ²)
無開口	0.5%	1197.1	1119.0
有開口(未補強)	0.7%	3595.8	1701.9
開口鋼板補強	0.57%	1696.5	1370.6

施工流程簡要說明

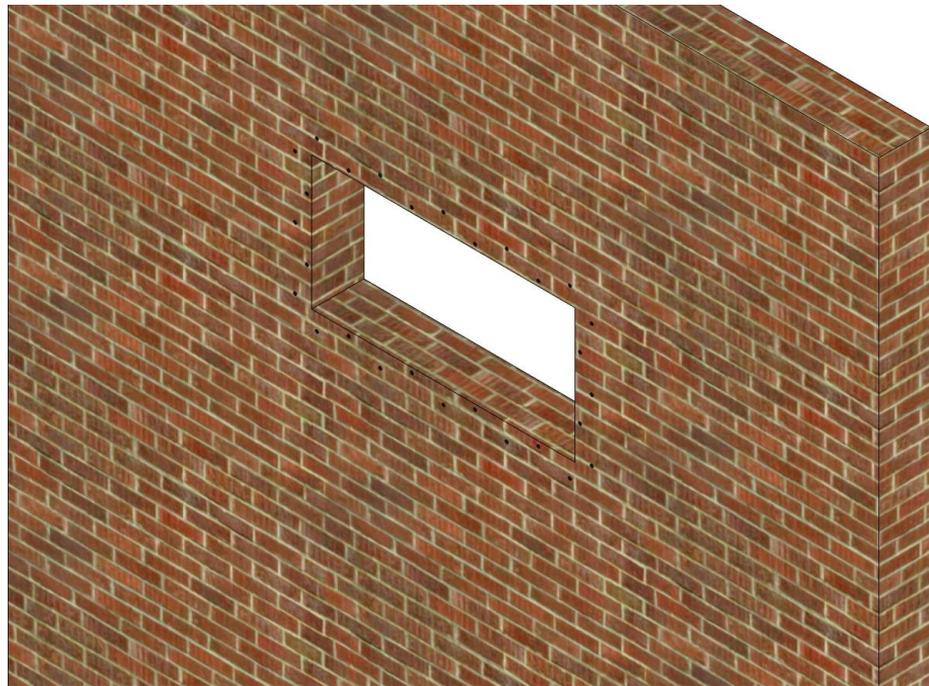
1. 如為欲開口之無開口牆體，則先針對開口位置進行放樣，並將遷移妨礙施工之管線及設施。

如為針對既存開口進行補強，則僅須遷移妨礙施工之管線、設施及清除表面粉刷層。



施工流程簡要說明

2. 針對牆面進行開口切割，
灌注無收縮水泥或EPOXY修
補牆體裂縫。再針對化學錨
栓位置進行鑽孔及清孔。



裂縫修復施作

許晉榮提供

1. 將灰縫產生裂縫的部分清除



2. 將灰縫內的砂漿碎塊清除



3. 確認灰縫清除深度



依照灰縫的寬度往內6cm，兩面分別施作，共12cm

需確認內部是否殘留碎塊

裂縫修復施作

許晉榮提供

4. 灰縫清除完成



5. 調配無收縮水泥砂漿



6. 重新填塞無收縮水泥砂漿



裂縫修復施作

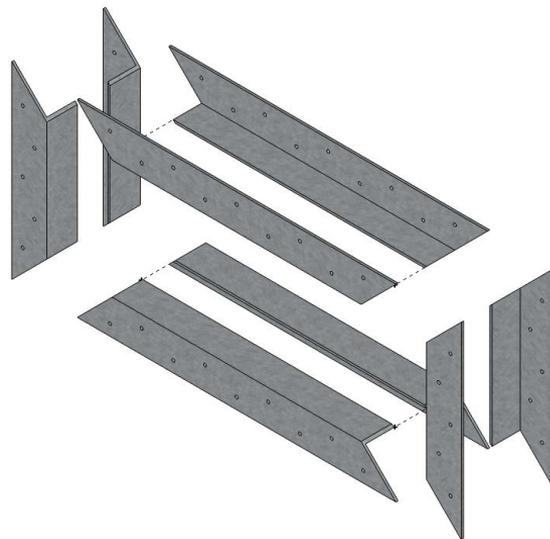
許晉榮提供

7. 裂縫修復完成



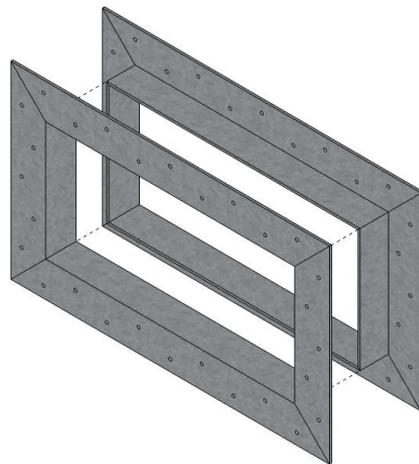
施工流程簡要說明

3. 針對開口尺寸進行L形鋼板裁切及鑽孔加工製造。



施工流程簡要說明

4. 將L形鋼板進行銲接接合為一口字型框架或門形框架。



開口磚牆鋼框補強施作

許晉榮提供

1. 鋼框補強構件



2. 鋼框移入預定位置



3. 標記預鑽孔位於磚牆牆面

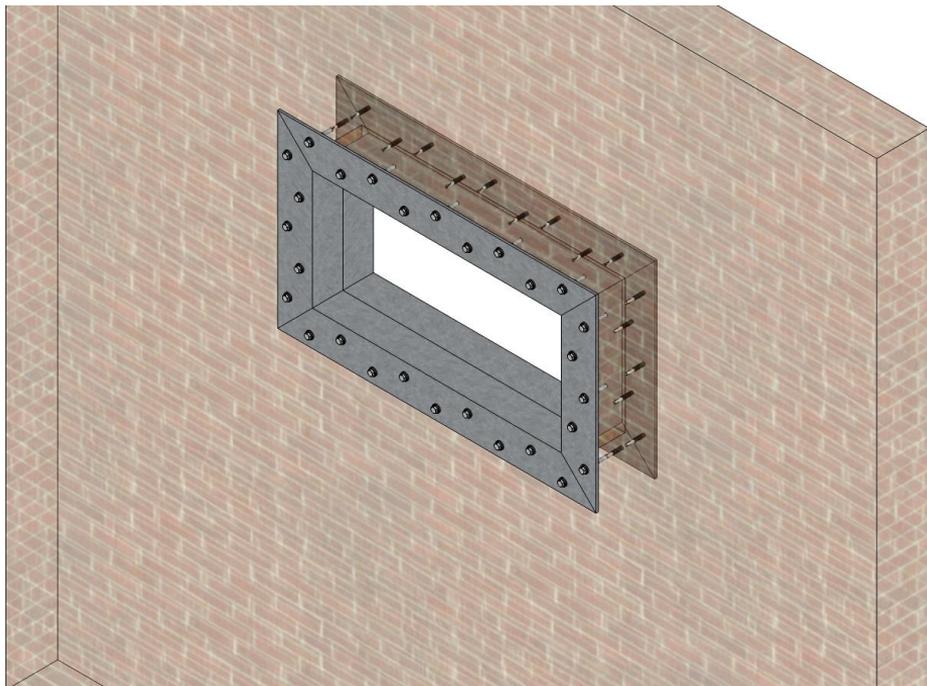


至現場時，已完成四個角隅的焊接，鋼板也使用彎折的方式形成L型

比對鋼框是否合於現場配置

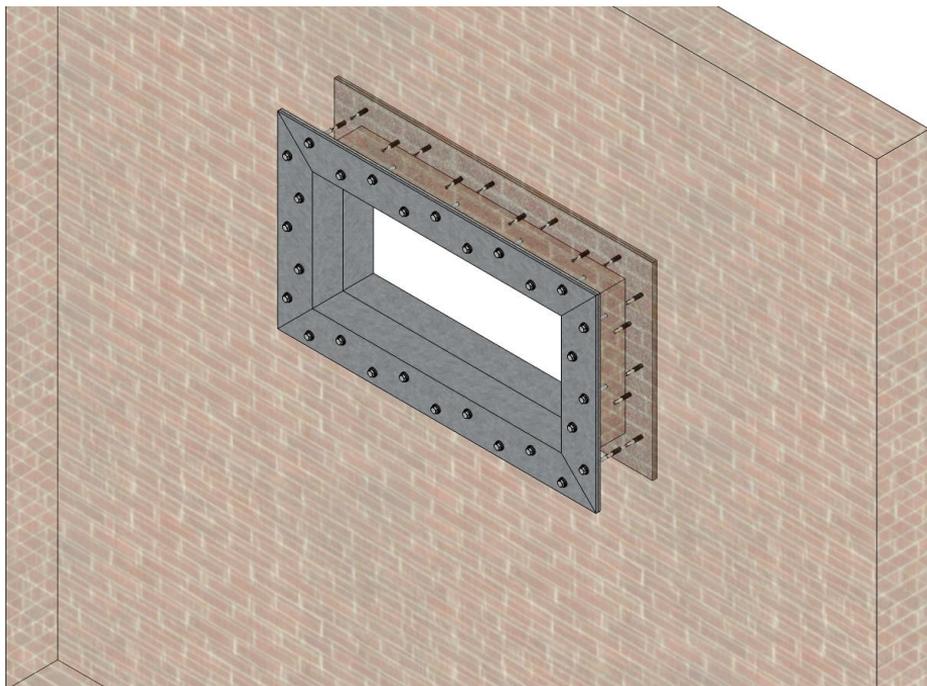
施工流程簡要說明

5. 以化學錨栓組裝L形鋼板於磚牆開口，並將兩片L形鋼板進行銲接接合。



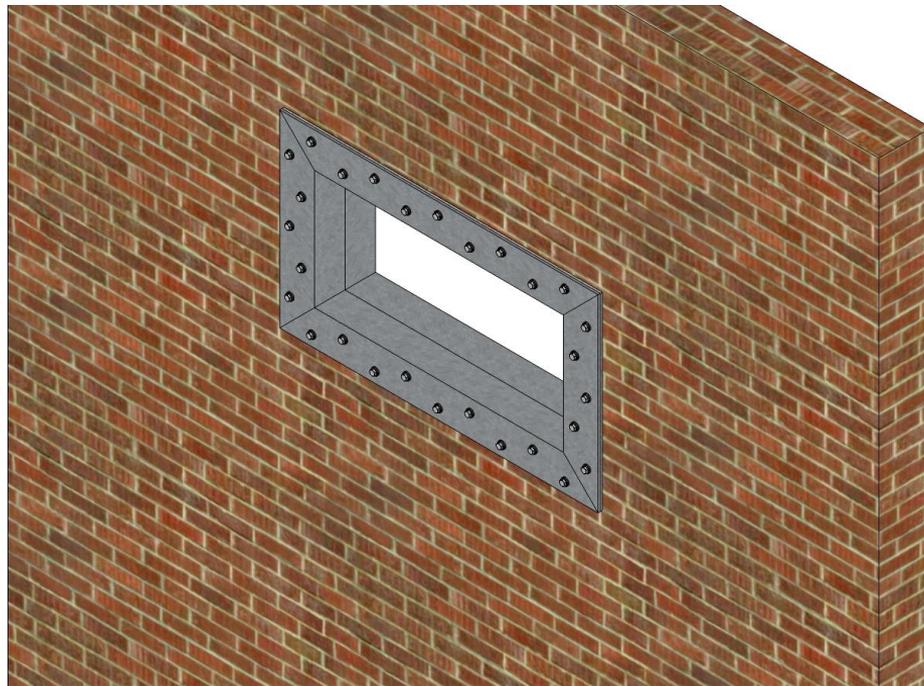
施工流程簡要說明

6. 以無收縮水泥或或EPOXY
灌注鋼板與磚牆之界面。

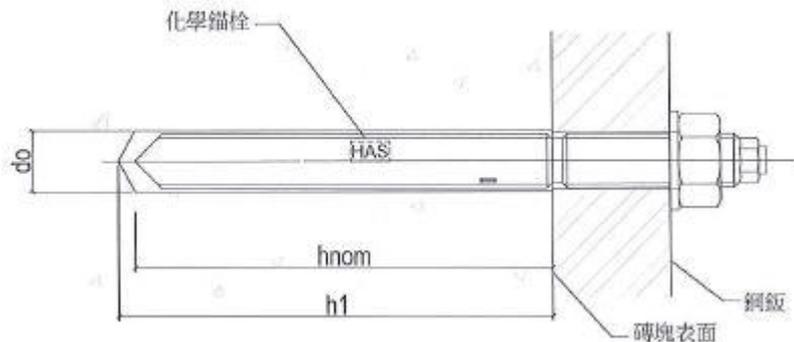


施工流程簡要說明

7. 鋼板補強完成後，須復原原有移除管道及設施，使其恢復原有功能。



化學錨栓參考規格



尺寸	M10	M12
鑽孔直徑 d_0 (mm)	12	14
鑽孔深度 h_1 (mm)	95	115
螺桿埋深 h_{nom} (mm)	90	110
特性拉力 kN	29.0	42.0
安全拉力 kN	13.8	20.0
特性拉力 kN	15.0	21.0
安全拉力 kN	8.6	12.0

施工前應進行拉拔實驗，拉力須達特性拉力或**藥劑不得破壞**。

施工後應進行拉拔實驗，拉力須達1.5倍安全拉力力或破壞位於磚塊且**藥劑不得破壞**。

灌注用EPOXY參考規格

試驗項目	試驗方法	試驗值 (kgf/cm ²)
抗曲強度	CNS 10141	306
接著強度	CNS 10141	30.6

4. 品質

4.1 外觀、儲存安定性

4.1.1 環氧樹脂應均勻，不得摻雜有害異物。

4.1.2 環氧樹脂應可灌注於裂紋、鼓起等，且硬化後須成為均勻之硬化物。

4.1.3 環氧樹脂於常溫常濕⁽¹⁾下自製造後至 6 個月期間，須符合表 3 之規定。儲存安定性經由買賣雙方協議或製造廠商提供符合規定之保證時，免除試驗。

註⁽¹⁾ 常溫常濕係指 CNS 2395 所規定之標準溫度狀況 15 級 [(20±15)℃] 以及標準濕度狀況 20 級 [(65±20) %]。

4.2 性能
須符合表 3 之規定。

表 3 環氧樹脂性能要求

品質	試驗條件	種類	低黏度型		中黏度型		高黏度型	
			一般用	冬季用	一般用	冬季用	一般用	冬季用
黏性	黏度 (mPa·s)	(20±0.5)℃	100~1000		5000~20 000		-	
	搖籃度	(20±0.5)℃	-		5±1		-	
	坡度 (mm)	(15±2)℃	-		-		5 以下	
		(30±2)℃	-		-		5 以下	
初期硬化性 (N/cm ²)[kgf/cm ²]	標準條件	200[20.4] 以上		200[20.4]	-	200[20.4]	-	
	低溫條件	-	200[20.4] 以上		200[20.4] 以上	-	200[20.4] 以上	
接著強度 (N/cm ²)[kgf/cm ²]	標準條件		600[61.2] 以上		600[61.2] 以上		600[61.2] 以上	
	特殊條件	低溫時	-	300[30.6] 以上	-	300[30.6] 以上	-	300[30.6] 以上
		濕潤時		300[30.6] 以上		300[30.6] 以上		300[30.6] 以上
		反覆乾濕時		300[30.6] 以上		300[30.6] 以上		300[30.6] 以上
硬化收縮率 (%)		-	3 以下		3 以下		3 以下	
加熱變化	質量變化率 (%)		-	5 以下		5 以下		5 以下
	體積變化率 (%)		-	5 以下		5 以下		5 以下
抗曲強度 (N/cm ²)[kgf/cm ²]		-	3000[306] 以上		3000[306] 以上		3000[306] 以上	
抗壓強度 (N/cm ²)[kgf/cm ²]		-	-		-		5000[510] 以上	
揮發性有機化合物 (VOC) 最大限量值 (g/L)		-	符合 CNS 15080 表 1 中 J 型別 SB 之規定					

補強照片



案例照片：原臺南警察署













開口磚牆鋼框補強施作

許晉榮提供

4.標記埋置深度位置



5.依標記孔位鑽孔



6.確認鑽孔深度



M10化學錨栓所需鑽孔深度為95mm

確定鑽孔深度大於等於95mm

開口磚牆鋼框補強施作

許晉榮提供

7.以空氣噴槍清除孔內粉塵



紅磚粉較難清除，需仔細清孔

8.以毛刷再次清潔孔內粉塵



若毛刷清除時發現仍有大量粉塵，
要重覆進行清除

9.化學藥劑包



規格為M10

開口磚牆鋼框補強施作

許晉榮提供

10.放入植筋藥劑包



11.將補強鋼框移入



12.確認錨栓長度



使用5.8級或以上的螺桿，長度考慮到介面無收縮及鋼板厚度，使用130mm以上

開口磚牆鋼框補強施作

許晉榮提供

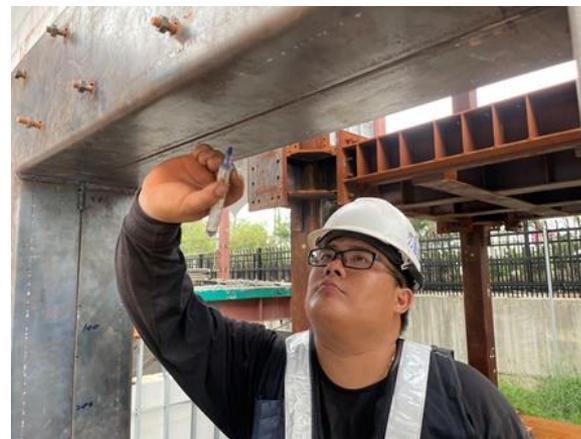
13.化學錨栓旋入孔內底部



14.等待化學錨栓硬化後假固定



15.標註焊接位置



按設計，每300mm施作100mm的焊道

開口磚牆鋼框補強施作

許晉榮提供

16. 進行焊接



氣體遮護金屬電弧銲接 (CO_2 銲接)

鋼框補強植入化學錨栓及銲接施作完成



開口磚牆鋼框補強施作

許晉榮提供

17.調配封填水泥



卜特蘭I型水泥及快乾劑

18.鋼板與磚牆牆面與開孔週邊空隙
填塞封填水泥



19.預埋無收縮水泥砂漿溢流、注入
管



開口磚牆鋼框補強施作

許晉榮提供

20.無收縮水泥砂漿



21.調配無收縮水泥砂漿



22.無收縮水泥砂漿注入器



開口磚牆鋼框補強施作

許晉榮提供

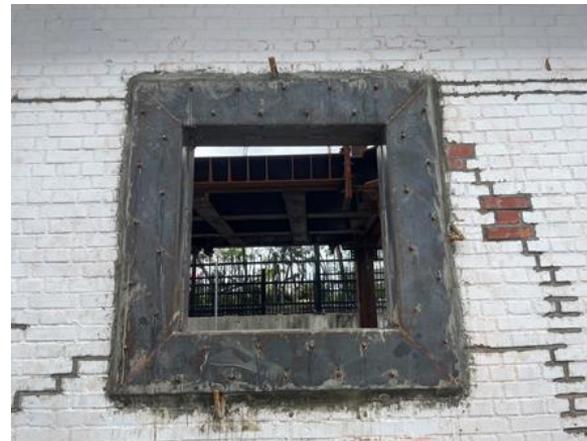
23.低壓灌注無收縮水泥砂漿



24.確認無收縮水泥砂漿由溢流管流出



25.補強施工完成->26.鎖固

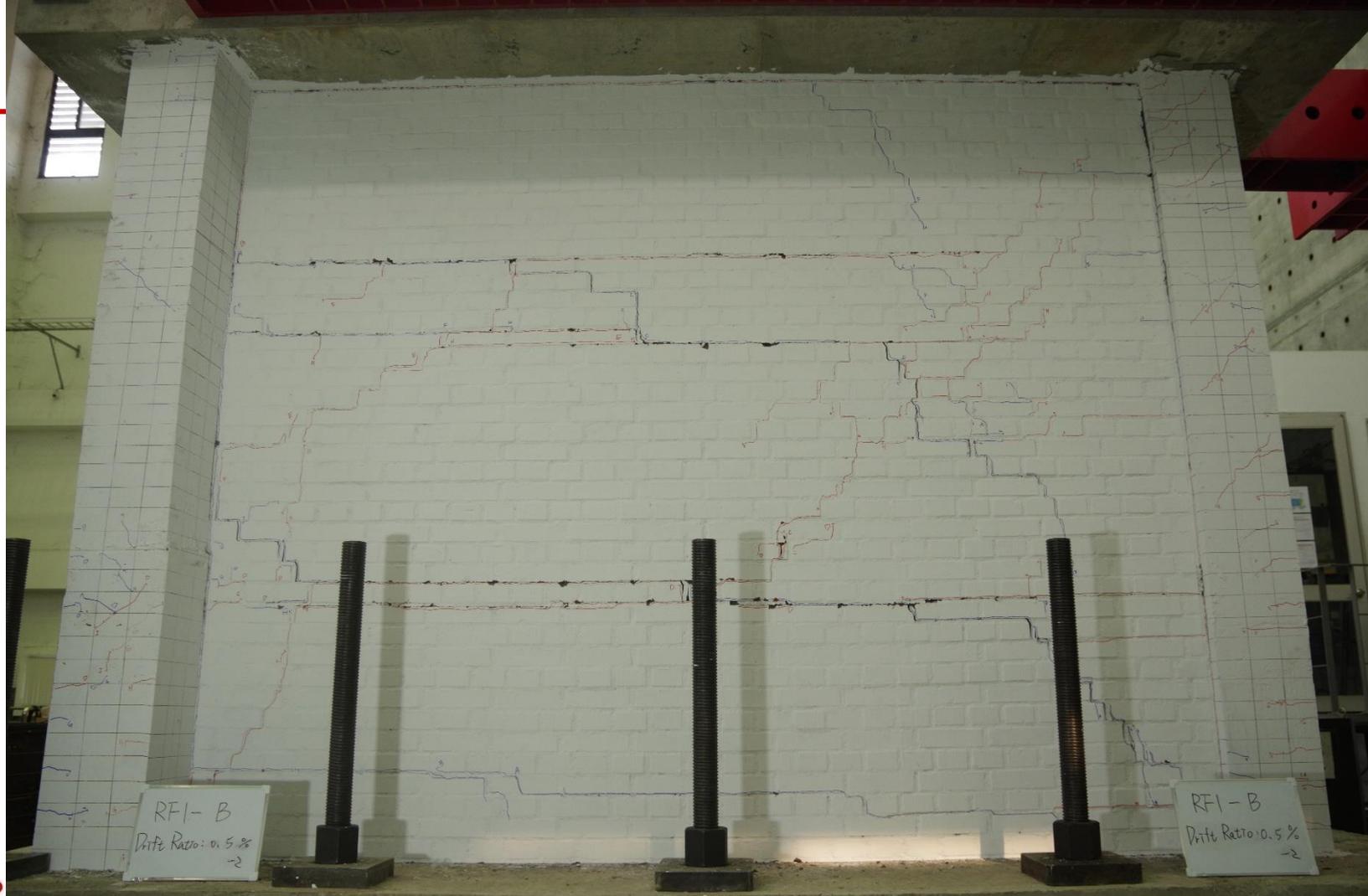


開口磚牆鋼框補強施作

許晉榮提供







RF1 - B
Drift Ratio: 0.5%
→

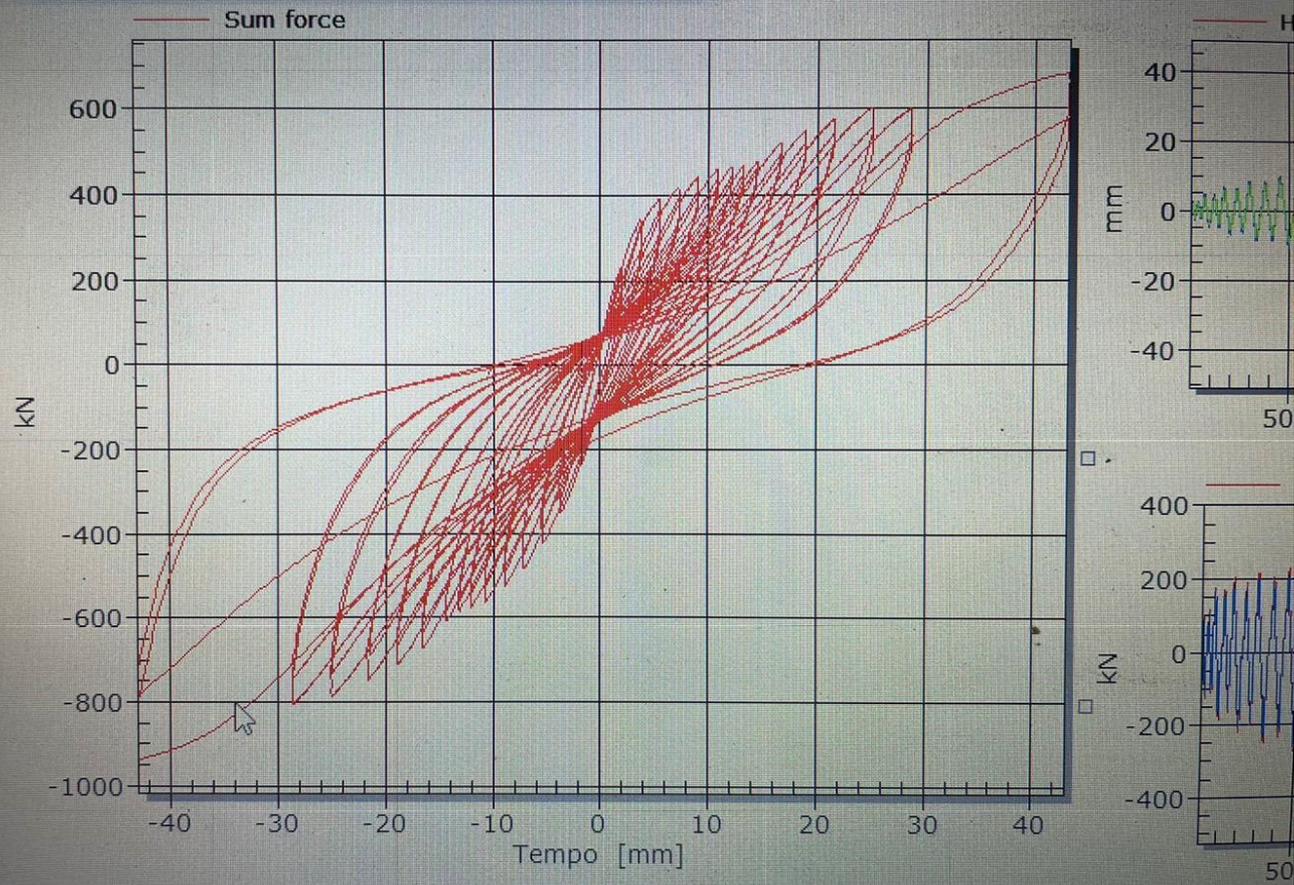
RF1 - B
Drift Ratio: 0.5%
→



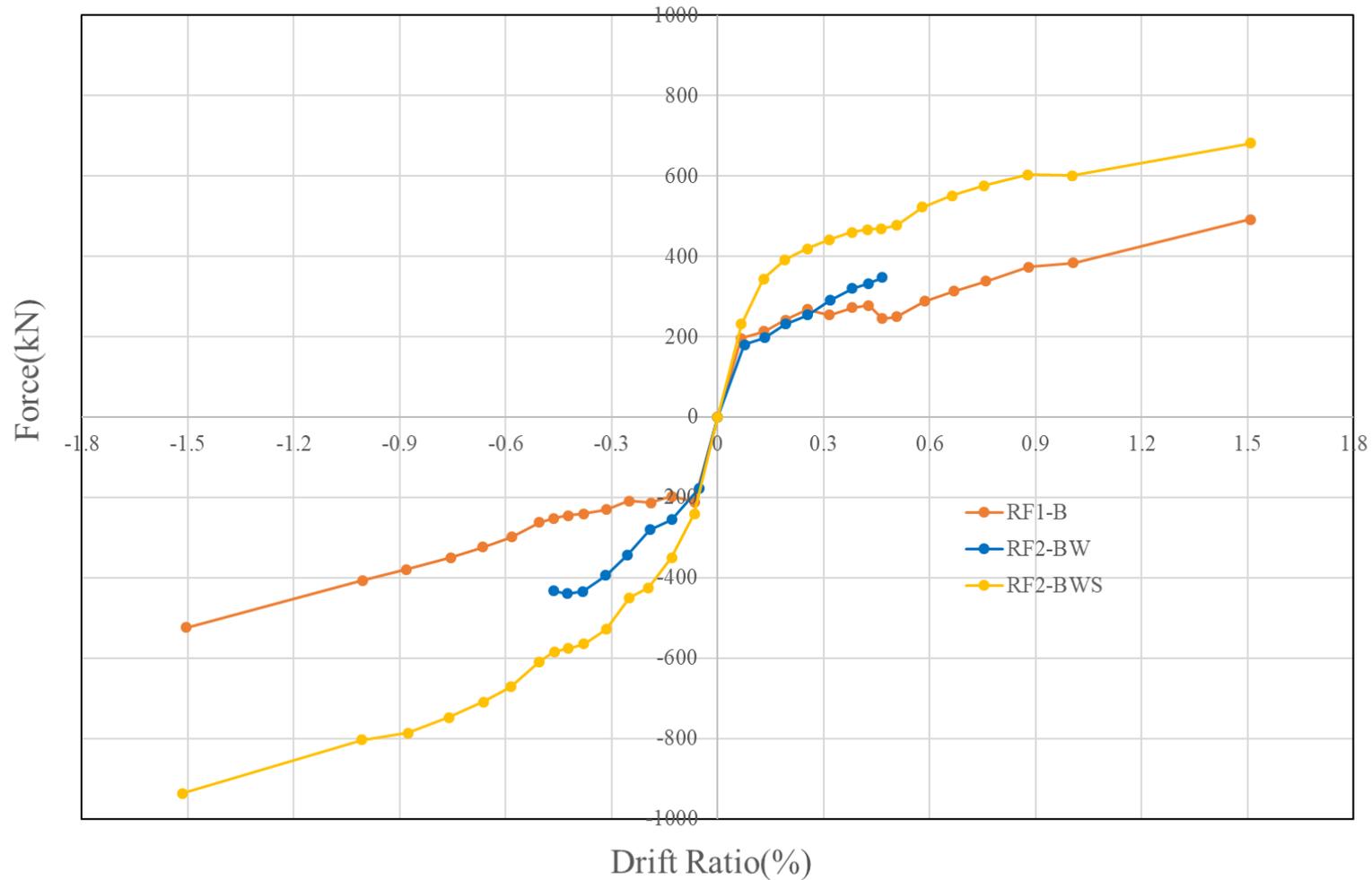
RF2 - BW
With Ratio 0
END



R12 - Bus
Date Recd 05/20
2



包絡線





RF2 - BW
With Ratio 0
END

2



RF2 - RWX
Date 2020-08-10

參考文獻

1. 陳奕信(2003)，「含磚牆RC建築結構之耐震診斷」，國立成功大學建築研究所博士論文。
2. 內政部營建署(2007)，「建築物磚構造設計及施工規範」。
3. 陳拓男(2010)，「磚砌牆體面內水平加載-位移研究與磚造歷史建築耐震評估應用」，國立成功大學建築研究所博士論文。
4. 施忠賢(2011)，「具拱形開口磚牆在水平反覆加載下之實驗研究」，國立成功大學建築研究所博士論文。
5. 國家地震工程研究中心(2013)，「校舍結構耐震評估與補強技術手冊第三版」，國震中心技術報告(NCREE-2013-023)。
6. 陳拓男、張嘉祥、林裕鈞(2014)，「磚造古蹟歷史建築耐震評估方法」，文化資產保存學刊，第28期，第7-35頁。

簡報結束
敬請指教