

UK Case Studies of Fire Engineering

Dr Charlotte Röben

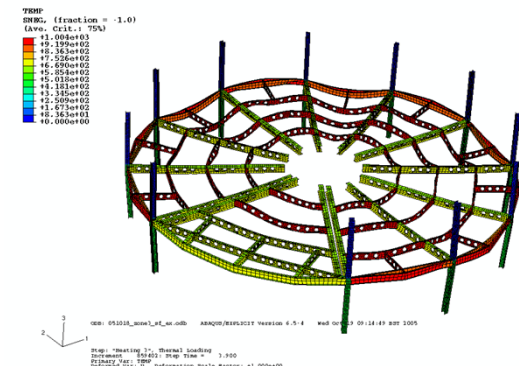
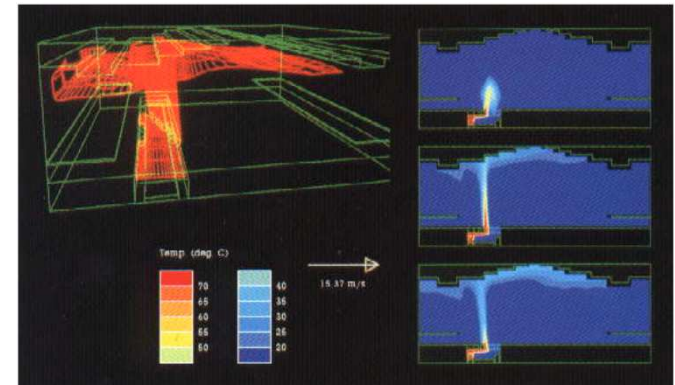
Arup

20th April 2012



Overzicht

- Constructief ontwerp bij brand - Procedure
 - Prescriptive/Performance based design
- Constructief ontwerp bij brand – Toepassing
 - Performance based design of a tall steel-concrete composite structure



Doel van constructief ontwerp bij brand

Het bouwwerk moet zo zijn ontworpen dat het bij het uitbreken van brand voor een 'redelijke' periode blijft staan



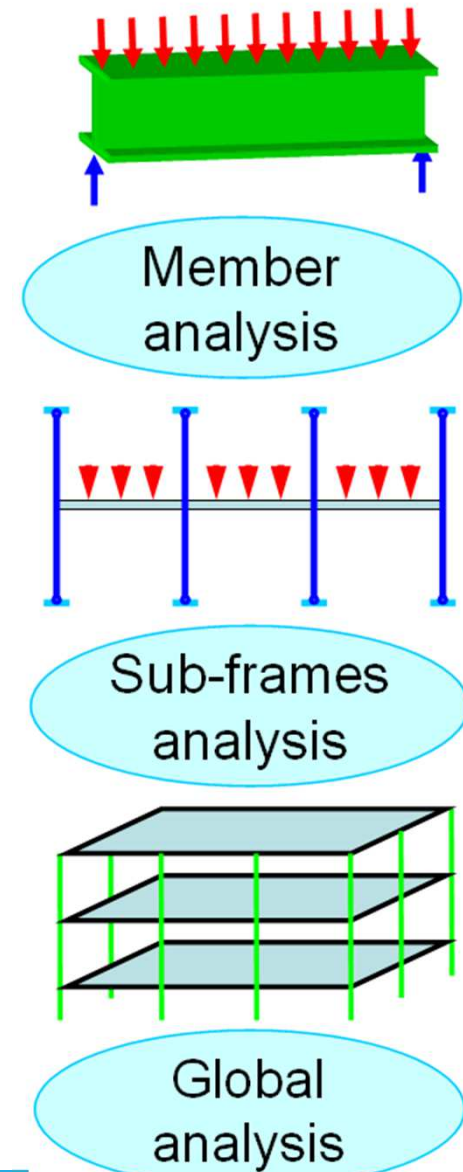
Voorgeschreven regels
'Aangenomen te voldoen'
i.e. algehele toepassing van
brandwerend materiaal

Prestatie gerelateerde analyse
'First principles through
Structural Fire Engineering'

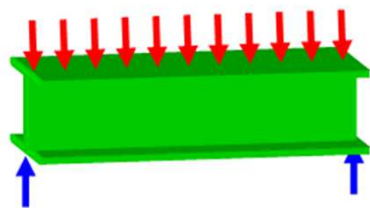
Zijn de voorgeschreven regels altijd van toepassing?

Objectieven van prestatie gerelateerde analyse

- Niveau van brandveiligheid kwantificeren;
- Een robuust constructief ontwerp;
- Het ontwerp optimaliseren;
- Het toepassen van geschikte technische methoden, in plaats van het aannemen van voorgenomen regels.



De geschikte methode kiezen....

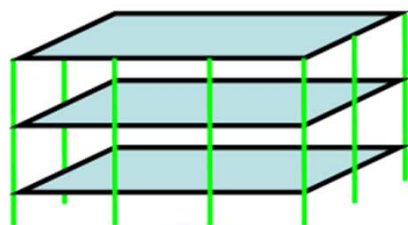


Member analysis

Berekeningen van enkele elementen negeren:

- Thermische uitzetting – effect of beam expansion for columns
- Mogelijke redistributie van belastingen

Acceptabel voor lokale thermische belastingen en waar de gehele stabiliteit kan worden aangetoond .



Global analysis

www.structuralfiresafety.com

Global analysis:

- Constructieve stabiliteit aantonen
- Redistributie van mechanische belastingen en mogelijk optimaliseren van brandwerend materiaal
- Aanbevelen voor hoge gebouwen of ongewone architectuur

Procedure

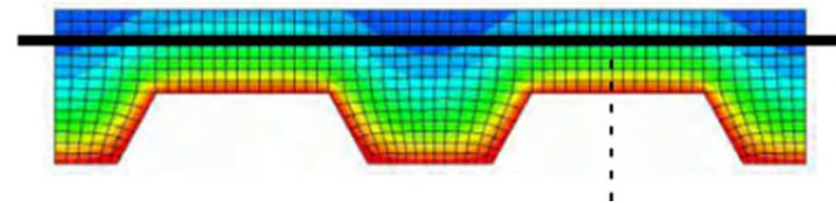
1. Temperatuur-tijdkromme

- Available fuel load and ventilation
- Compartment geometry



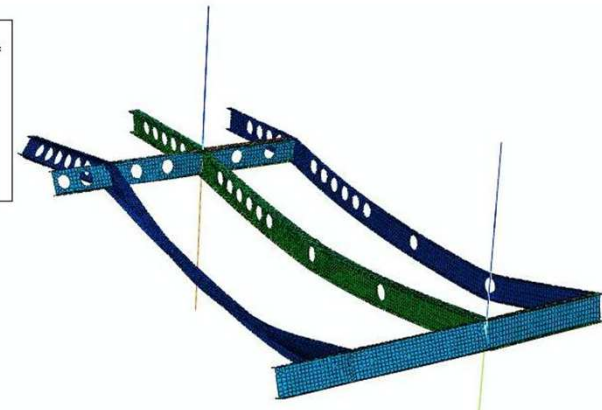
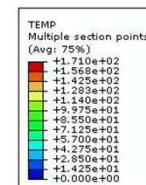
2. Thermische belasting

- Relative locations of fire and structural member(s)
- Member geometry
- Applied protection

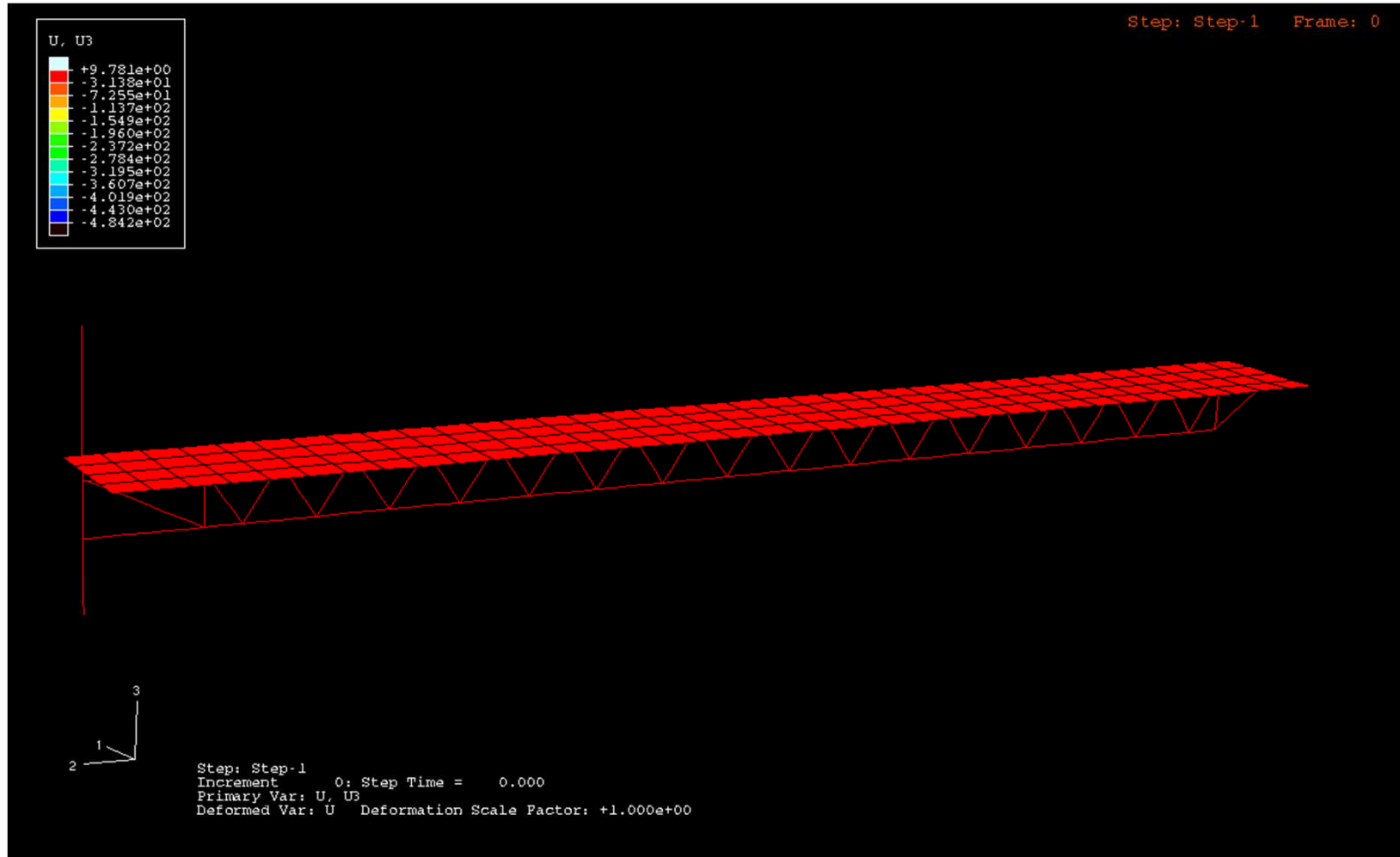


3. Mechanische belasting

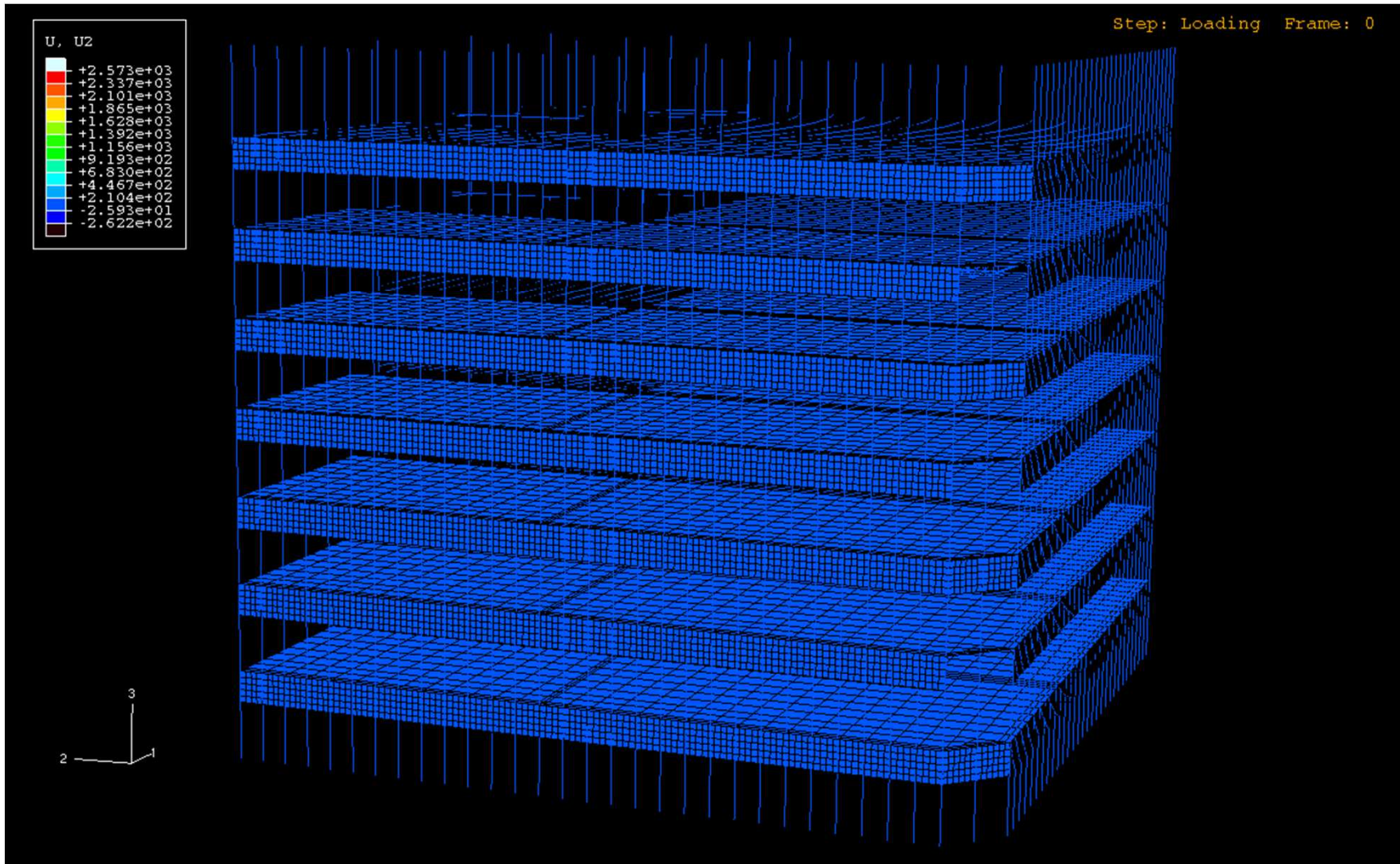
- Material properties change (strength/stiffness)
- Thermal expansion
- Level of restraint



Mechanische belasting



Mechanische belasting



Approvals Process

Essentieel dat het process vanaf het begin wordt besproken met alle betrokken partijen:

- Client
- Verzekering
- Building Control
- Brandweer

All partijen moeten instemmen met de toegepaste methode

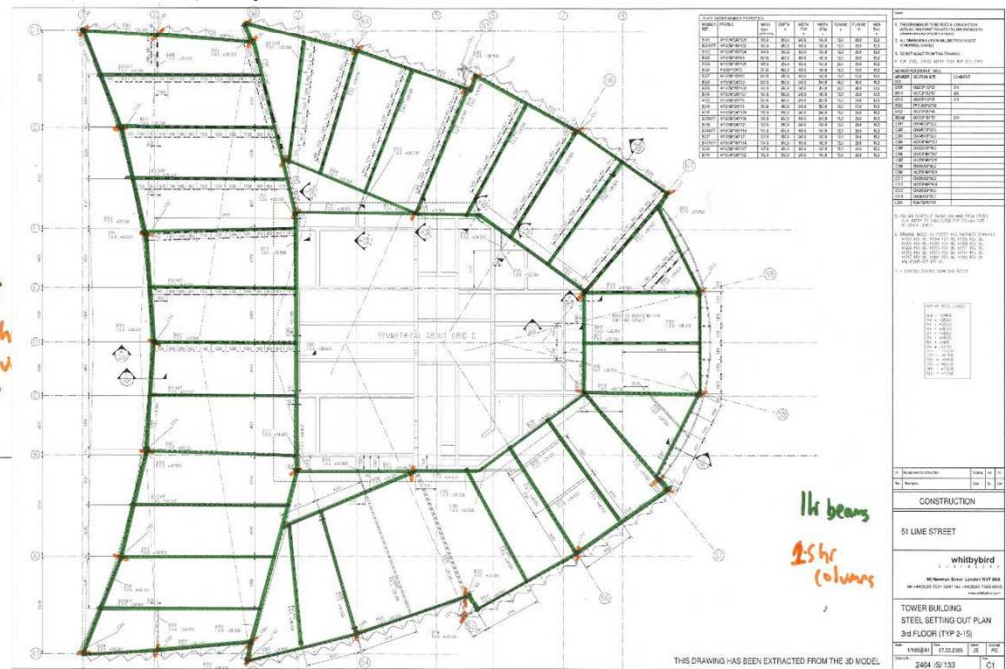
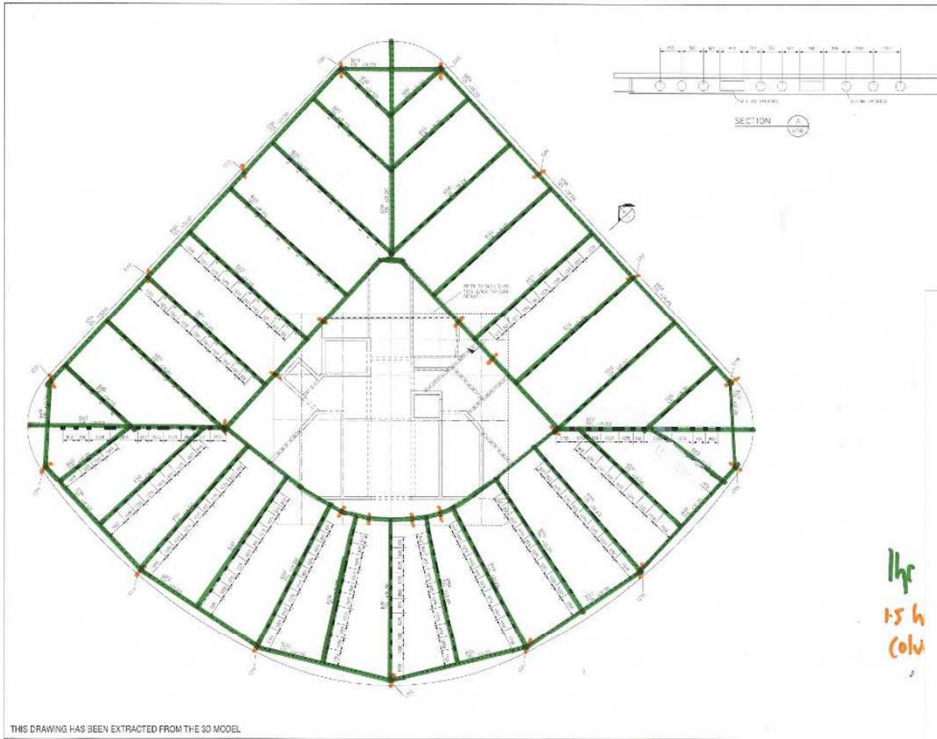
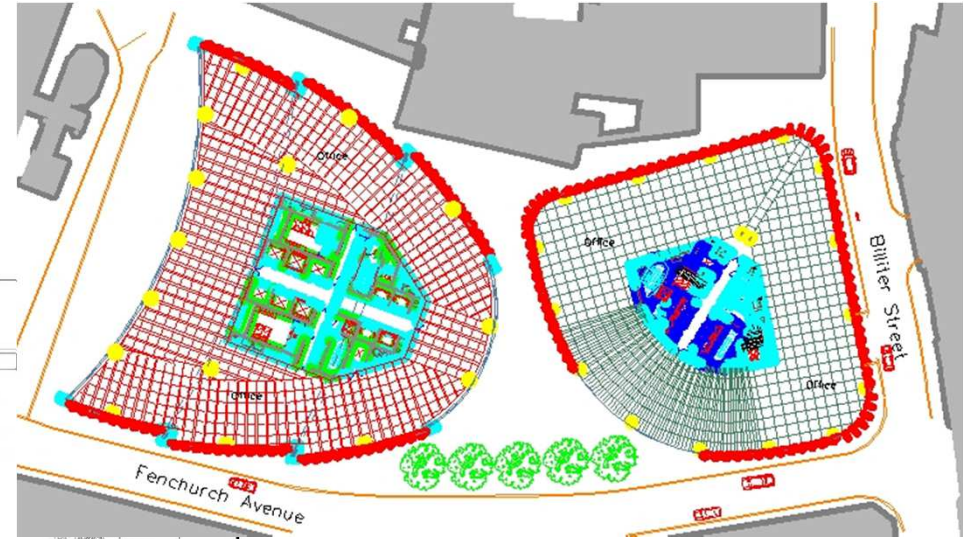
Approvals and Design Process

	Approvals Process	Design Process
1	Meet with Approving Authorities to outline proposed concept + request 3 rd party reviewer if deemed necessary	Create design fires Produce detailed note outlining modelling approach, <u>acceptance criteria</u> , <u>design fires</u> , applied loads, material models, <u>structural model</u>
2	Present modelling assumptions and input data	Proceed to carry out detailed structural fire analysis modelling Prepare report
3	Meet with Approving Authorities and 3 rd Party Reviewer to outline results and respond to queries	Issue report and drawings

Toepassing: Lime Burner Lane, Londen

Proposal

Lower building

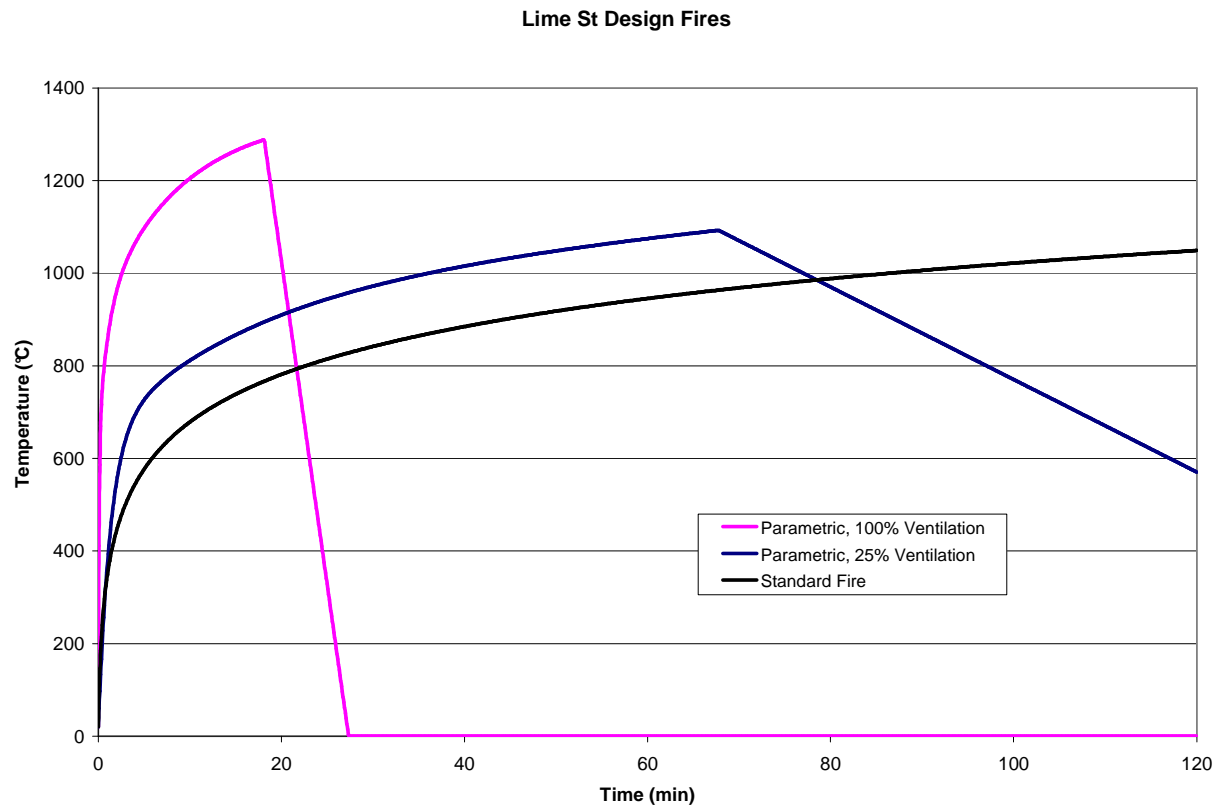


Tall building

Fire input and assumptions

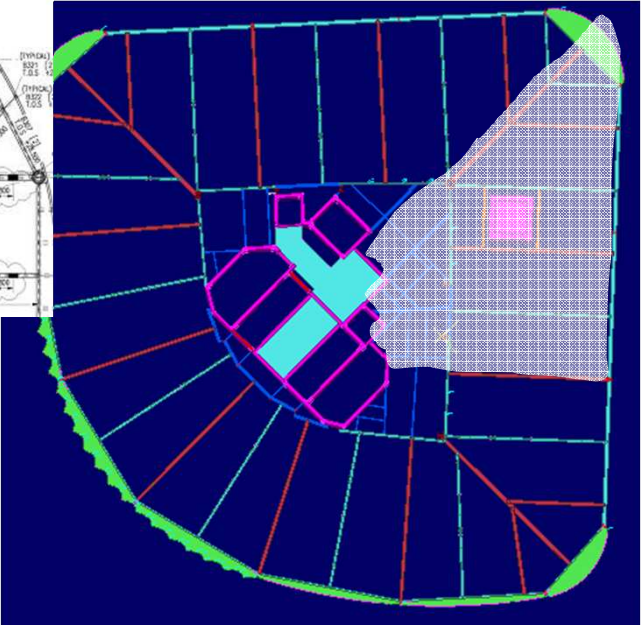
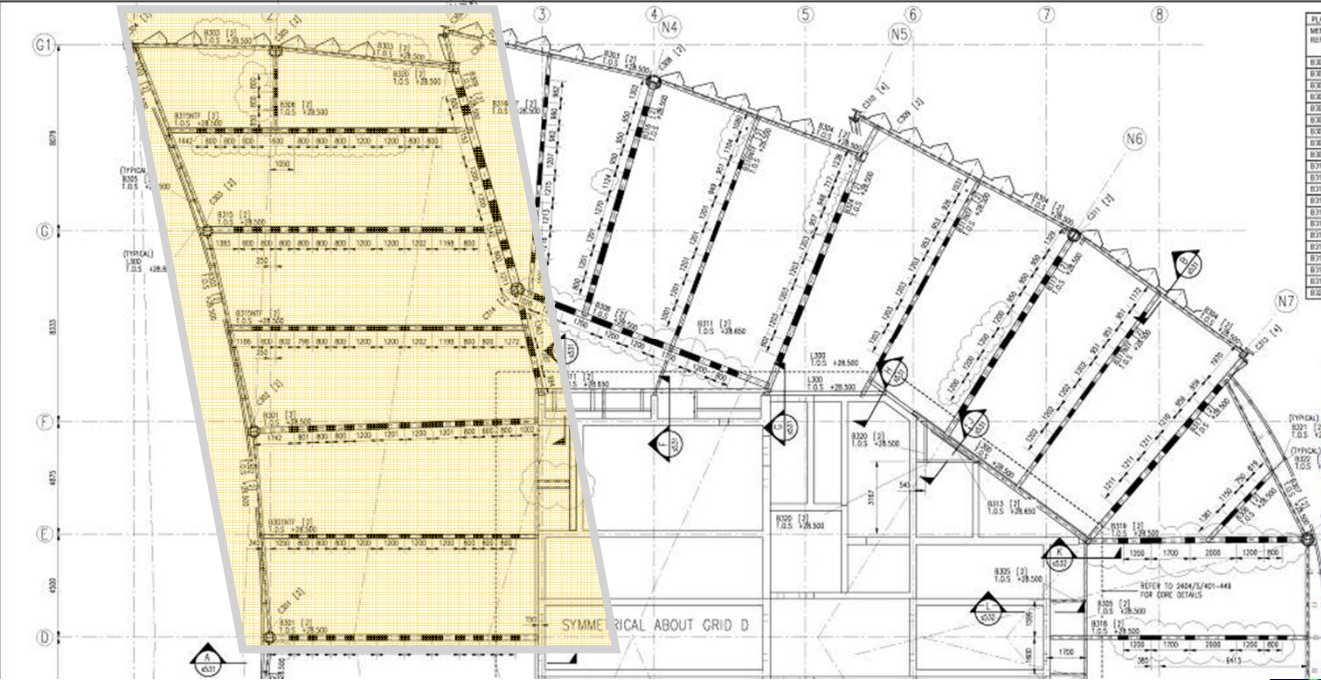
2 design fires: “Short hot”, “Long cool”

Heating and cooling investigated



Modellen

Tall building



Lower Building

Conclusies – Lime Street

- Het ontwerpen naar de voorgeschreven regels is geen garantie dat het gebouw stabiel blijft tijdens een brand
- De brandveiligheid hangt grotendeels af van het gebouw en het specifieke ontwerp en de belastingen
- Het is belangrijk dat constructief ontwerp bij brand vroeg in het proces wordt overwogen zodat veranderingen in het ontwerp kunnen worden doorgevoerd
- Standaardbrandkromme is te conservatief– een temperatuur-tijd-kromme gebaseerd op risico analyse is nodig

Toepassing: Heron Tower, Londen

Heron Tower

- 46 verdiepingen, kantoor gebouw in City of Londen
- 3-storey atriums forming ‘villages’
- Eerste project wat het constructieve gedrag bij een multi-verdieping brand onderzocht.



Heron Tower



Compartment floor

Typical Village

Atrium floors



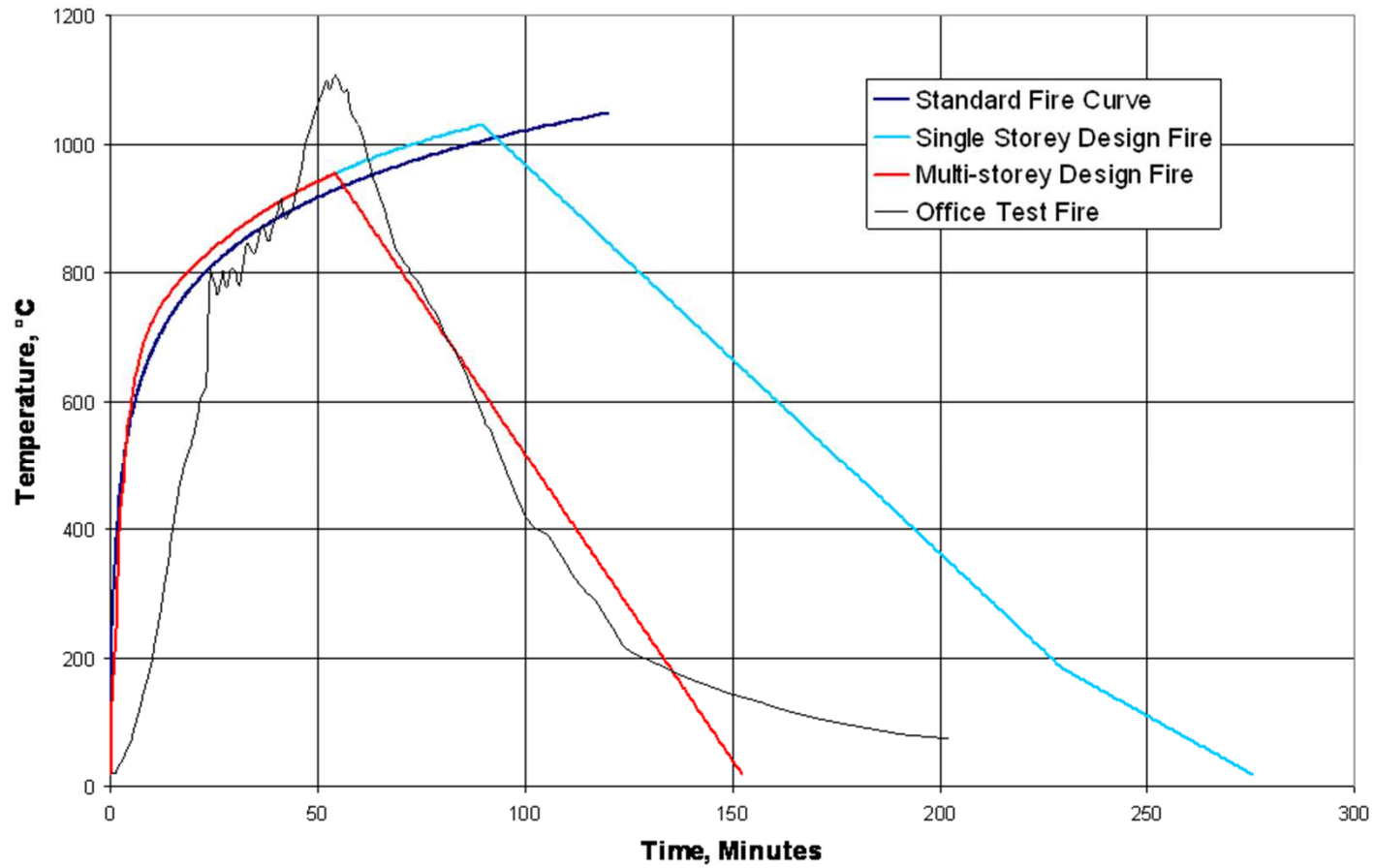
Belangrijke overwegingen

- Optimaliseren van brandwerende materialen
- Mogelijkheid van een brand op drie verdiepingen vanwege atrium
- Constructieve brandveiligheids analyse gebaseerd op brand of 3 verdiepingen tegelijk

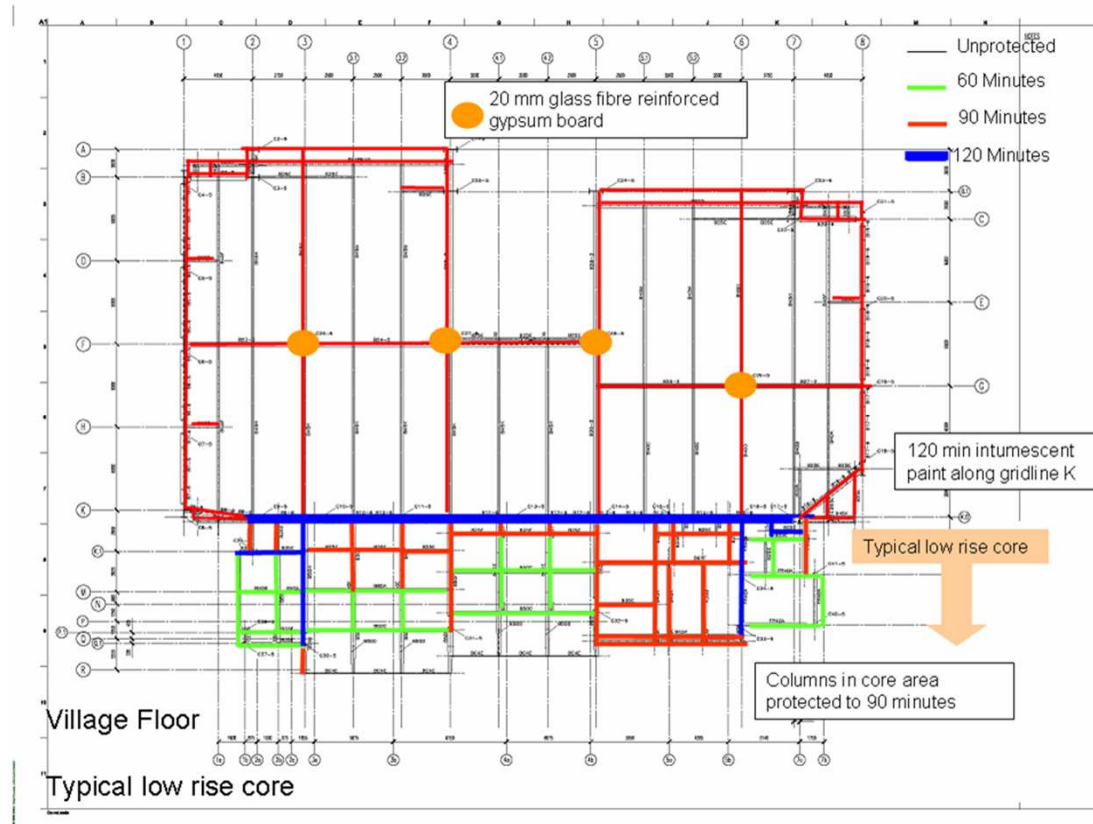
- Er waren specifieke constructieve veranderingen nodig als resultaat van de mechanische belastingen door brand
- Het constructief gedrag bij brand is verbeterd vergeleken met het gedrag van een gebouw met voorgeschreven ontwerp.



Heron Tower – Design Fires



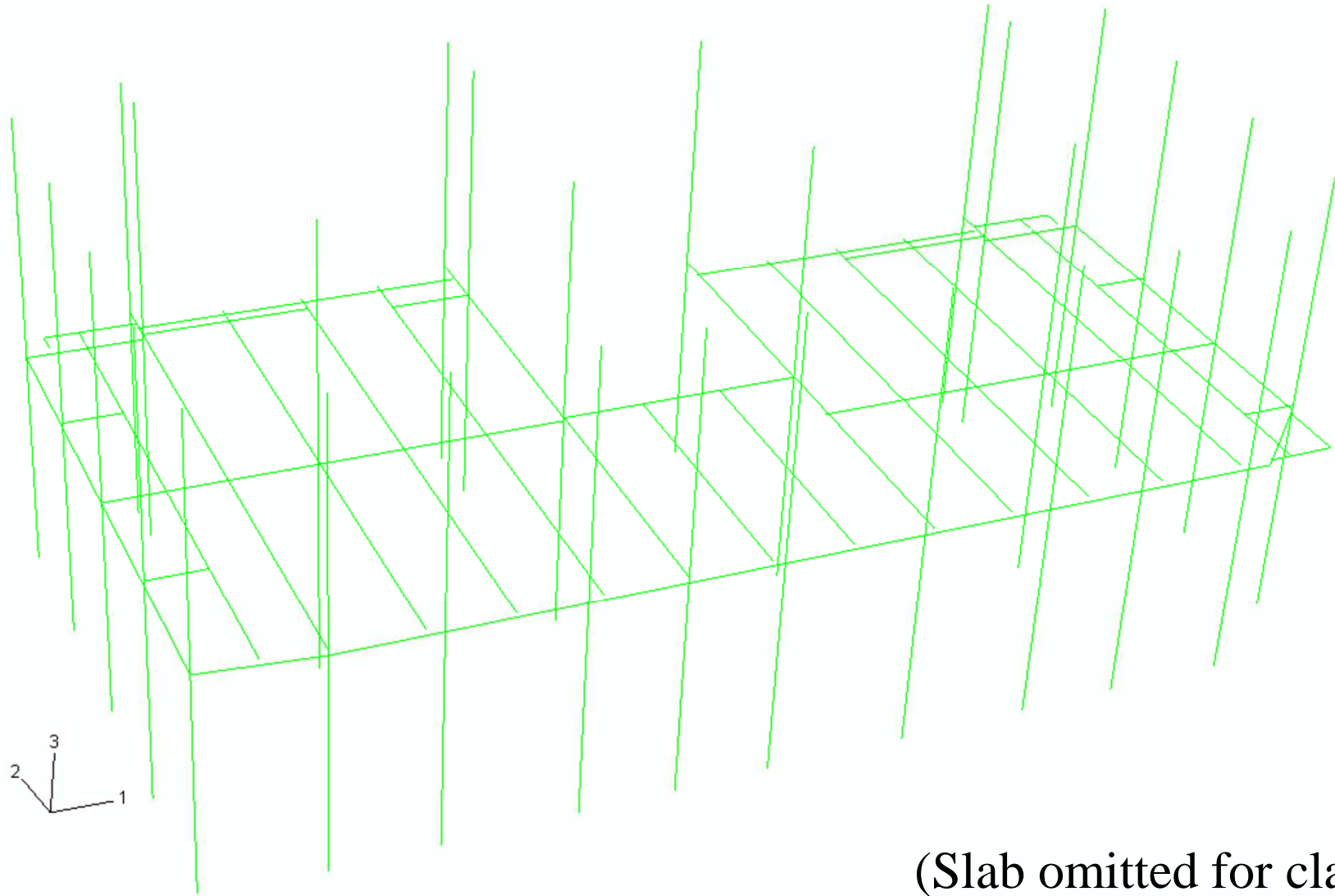
Design fire protection layout



Cost savings to project

- Reduction in the overall building fire resistance rating
- Removal of passive fire protection material from infill secondary beams.

Model Extent : Single Floor Model

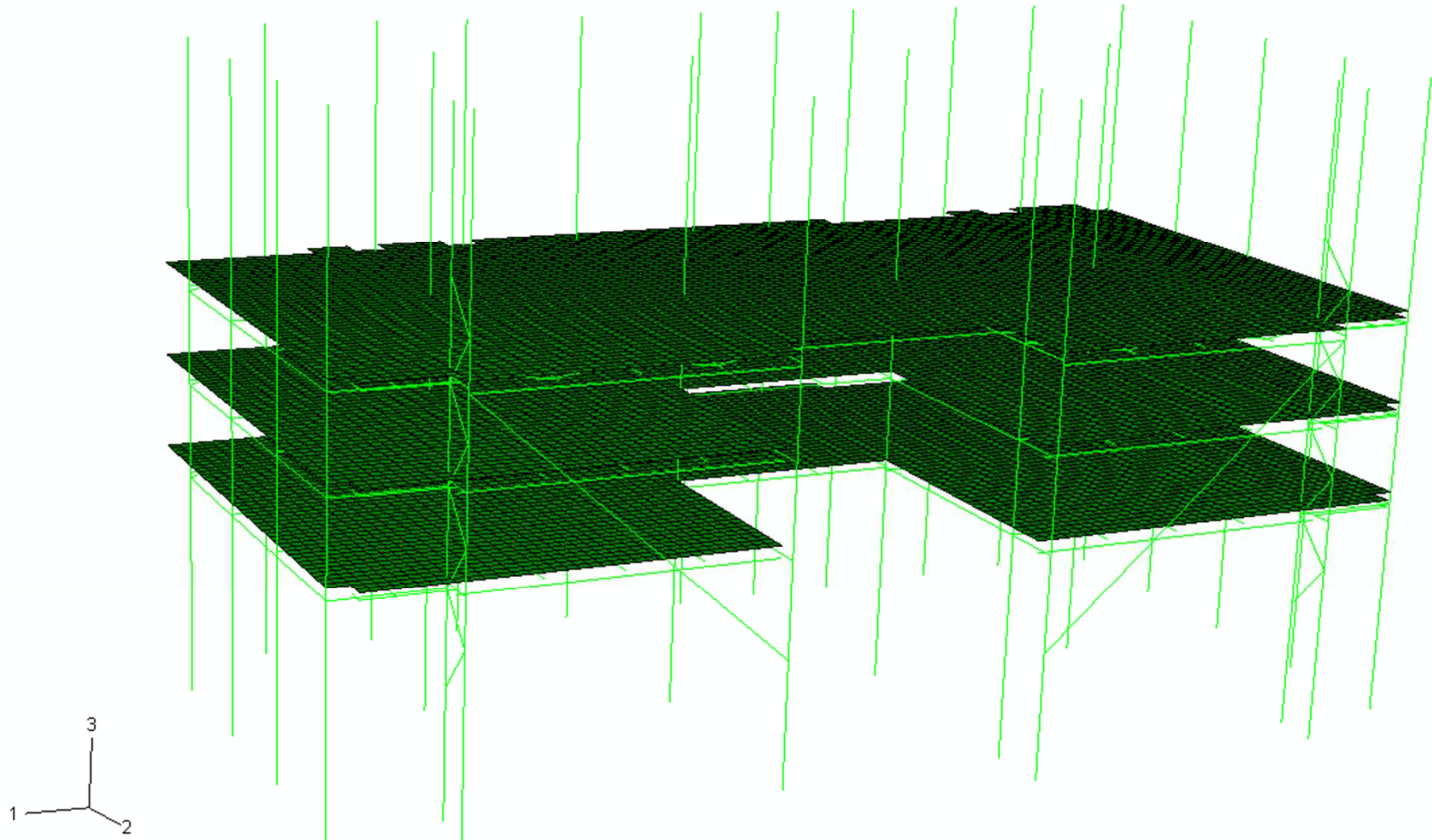


(Slab omitted for clarity)

Storey height of 4128mm

ARUP

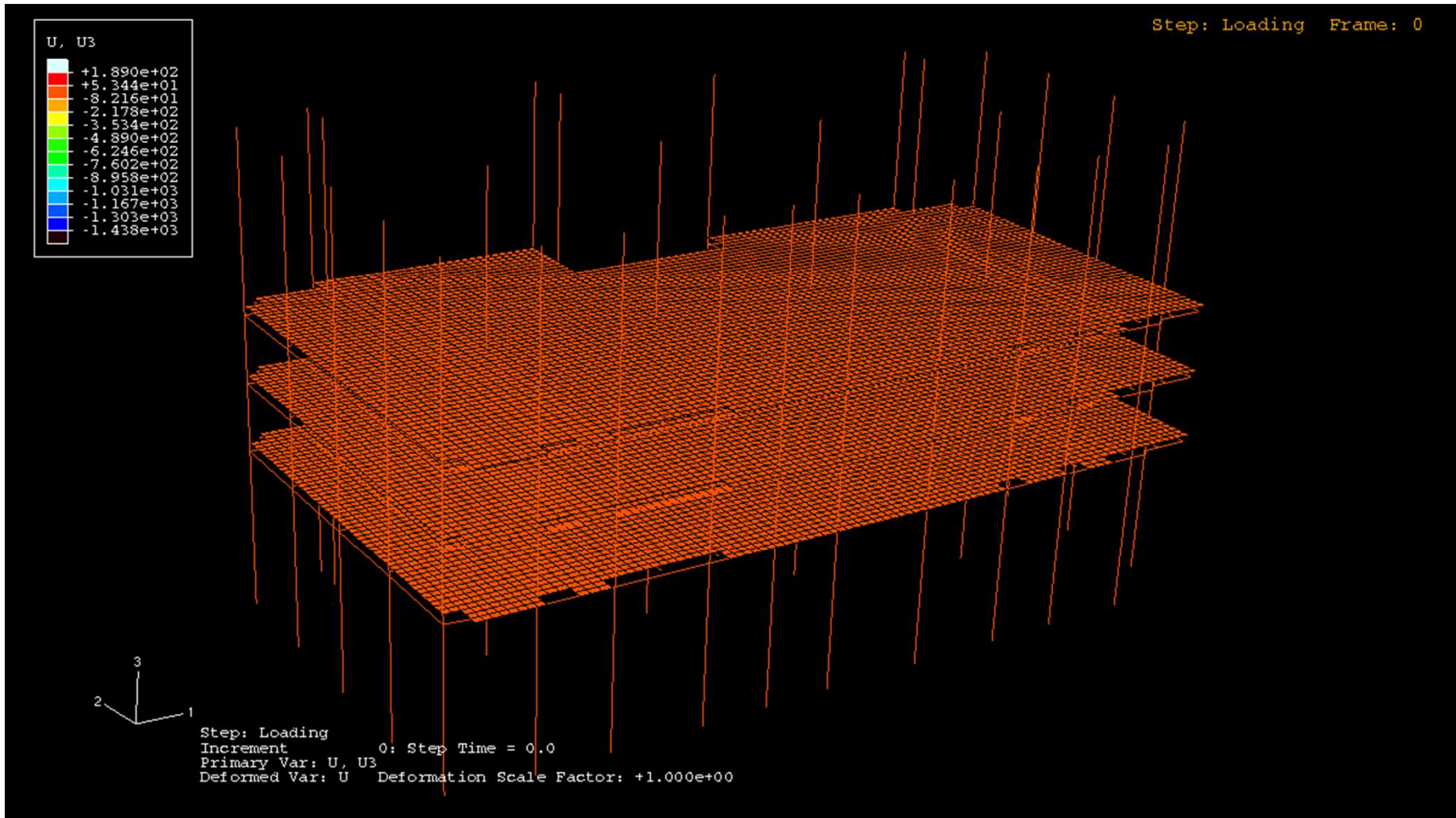
Model Extent : Village Model



Storey height of 4128mm

ARUP

Heron Tower – Multi-storey fire



Heron Tower – Belangrijkste conclusies

- Algehele stabiliteit en stabiliteit van brandcompartimenten aangetoond, gedurende de hele temperatuur-tijdcurve
- Constructief gedrag robuust
- Vergelijkbaar gedrag met bescherming via voorgenomen regels en bescherming via design
- Niveau van veiligheid is aangetoond, niet aangenomen
- Ontwerp en methodologie geaccepteerd door de City of London
- Eerste gebouw in Groot Brittannië waar voor brand op drie verdieping is ontworpen

Conclusies

- Constructief analyse bij brand:
 - Test het gebouw om stabiliteit aan te tonen, niet aan te nemen
 - Optimaliseer brandwerend materiaal
 - Voorgeschreven brandwerendheid is niet altijd veiliger
- Samenwerking met de ‘approving authorities’ is essentieel
- Is het acceptabel om thermische en mechanische belasting te negeren?

Vragen?

Observations and lessons learned

Unbalanced structural layout:

- Increased stress on primary structure
 - Forces in the MN range due to expansion
- Effects beams/columns and slab behaviour

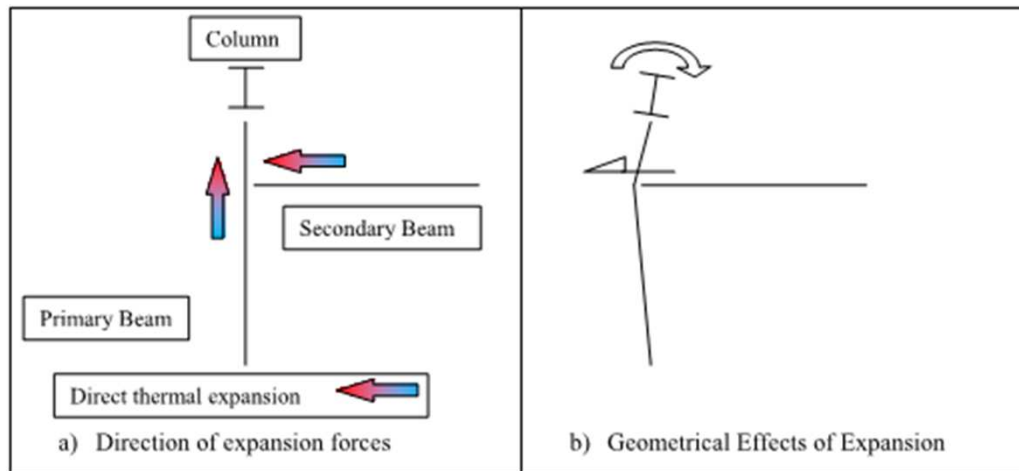
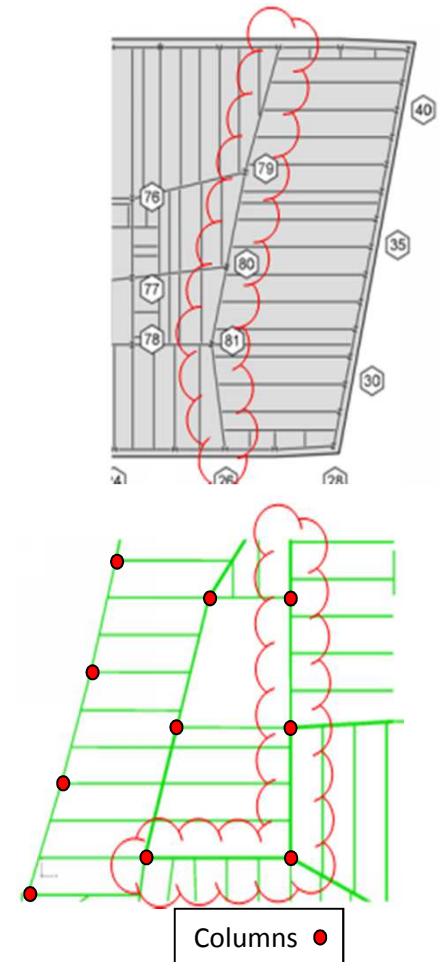


Figure 3 - Effects of Expansion in Offset Structure



Observations and lessons learned

Connections

- Large forces induced in fires
- Ductility required to allow thermally induced movements
- Double Angle Cleats found to be most ductile, followed by End Plates and then Fin Plates (least ductile).

Restraint

- Response of the structure sensitive to the restraint available
- Deformations caused largely by restrained thermal expansion
- Restraint providers:
 - Core Structures
 - Columns
 - Shear studs

