

令和5年度建築基準整備促進事業

(F25)

新たな基準に対応した耐火構造の構造方法 の告示化に係る検討

株式会社竹中工務店
株式会社ドット・コーポレーション
共同研究：国立研究開発法人建築研究所

事業の目的

目的

令和6年4月施行の法改正により、延焼を遮断する高い性能の壁、防火設備等で防火上分棟的に区画された建築物の二以上の部分を防火規定の適用上別棟として扱うことで中大規模建築物における部分的な木造化等を可能にする合理化が行われた。当該区画に用いる部材について、他の区画への延焼を防止するため、長時間の遮熱性等を有する耐火構造の壁等が求められるものの、90分の遮熱性能を有する耐火構造の仕様は限定的であり、また90分を超える長時間の遮熱性能を有する耐火構造の告示仕様は整備されていない。

また、建築物への木材利用促進の観点から、中高層木造耐火建築物の設計を一般化するため、特に木造を中心に120分以上の長時間の性能を有する耐火構造の仕様を充実化する必要がある。

⇒本事業では、長時間の非損傷性又は遮熱性等を有する耐火構造の仕様の特定のための検討・実験等を行う。

実施体制

検討委員会

委員長	河野守	東京理科大学
委員	平島岳夫	千葉大学大学院
	豊田康二	(一財)日本建築総合試験所
	金城 仁	(一財)ベターリビング
	平沼宏之	(一財)建材試験センター
	安井 昇	桜設計集団一級建築士事務所
	鍵屋浩司	東北工業大学
	成瀬友宏	建築研究所
	鈴木淳一	建築研究所
	野秋政希	建築研究所
	水上点晴	建築研究所
協力委員	出口嘉一	国土交通省国土技術政策総合研究所
オブザーバー	加來千紘	桜設計集団一級建築士事務所
行政	石井宏典	国土交通省 住宅局
	宮武哲也	国土交通省 住宅局

タスクフォース (TF)

メンバー	成瀬友宏	建築研究所
	鈴木淳一	建築研究所
オブザーバー	水島靖典	神戸大学大学院

事務局	竹中工務店	小林道和、蛇石貴宏
	ドット・コーポレーション	山崎渉、平野陽子、中村亜弥子

実施概要

本事業は令和5～6年度の2か年にわたり実施予定。

今年度実施内容

- (1) 木造耐火構造：柱・梁の載荷加熱試験
 - 柱：1.5時間、2時間耐火性能の確認
 - 梁：2時間耐火性能の確認、梁幅による性能検証の試験計画

- (2) 防火上別棟として扱うための延焼を遮断する区画部材の検討
 - 1.5時間耐火構造の仕様—ALC壁、LGS壁
 - 2時間耐火構造の仕様—ALC壁、LGS壁

- (3) 部分的な木造架構の火災時損傷・倒壊に対する安全性の評価手法
試案と解析的検討

(1) 試験の目的

木造の耐火構造に係る既往の載荷加熱試験結果等により、集成材の積層やフィンガージョイントに用いられる接着剤やフィンガージョイント位置等の弱点部分の影響に関して、1時間耐火を超える耐火構造において非損傷性能上の影響が生じない範囲を特定する必要があることが判明した。

日本農林規格に規定される集成材の製造条件において、プルーフローダ等の性能確認によって合理化されるフィンガージョイントの位置などについて、製造上の合理化規定を除外するなど、実態上弱点が少ないと考えられる集成材の構成を試験体として用いるなど、一定の条件を設定したうえで、梁の載荷加熱試験により非損傷性への影響を把握することを目的とした。また、柱にあっては、載荷加熱試験における再現性を確認するため、過去に実施した仕様と同様の条件で、1.5時間、2時間の耐火構造の試験体について載荷加熱試験を実施することとした。

これまでの知見に基づき、柱・梁の防火被覆仕様は以下の通りとした。

1.5時間耐火構造	強化せっこうボードGB-F(V)21mm 3枚張り
2時間耐火構造	強化せっこうボードGB-F(V)25mm 2枚張り +けい酸カルシウム板(0.5TK)20mm


木造耐火構造：柱・梁の載荷加熱試験

(2) 柱：1.5時間、2時間

以下の仕様についての試験を実施した。

①1.5時間

→過年度の基整促F20において、木部の隅角部に変色、集成材の接着層付近に亀裂が確認されたため再度、載荷加熱試験を実施

試験方法	断面寸法	集成材 使用環境	被覆材留付け仕様	試験結果・実施状況		試験体番号
				耐火性能	終局	
載荷	 210 角	C	上張りステープル	適合	—	No.C-R5-1-90

②2時間

試験方法	断面寸法	集成材 使用環境	被覆材留付け仕様	試験結果・実施状況		試験体番号
				耐火性能	終局	
載荷	 210 角	A	上張りステープル	適合	—	No.C-R5-2-120
	 105 角	A	上張りステープル	—	255.5 分	No.C-R5-3-120

※点線部分に示す105角は今年度実施していないが、昨年度基整促F20事業にて適合確認済み

木造耐火構造：柱・梁の載荷加熱試験

柱：No.C-R5-1-90（耐火性能確認）

仕様－柱断面210角、集成材使用環境C



加熱後 木部の変色



加熱後 昨年度（F20）



加熱後 接着部分の割れ

- 集成材の隅角部に部分的な変色が確認されたが、前回の試験体よりもその範囲は小さかった。ラミナの積層接着層近傍の亀裂が前回試験体と同様に発生しており、使用環境C（API接着剤）では、火災前と同様の集成材の健全性を確保できない可能性が高い。
- 防火被覆としては強化せっこうボード（GB-F（V））21mmを3枚張りすることで、耐火性能を確保できると考えられる。
- 出隅部分には防火被覆の開き止めなどを設置し、熱侵入を抑制する必要がある。⁶

木造耐火構造：柱・梁の載荷加熱試験

柱：No.C-R5-2-120（耐火性能確認）

仕様－柱断面210角、集成材使用環境A

- No.C-R5-2-120試験体に関して、脱炉後の観察により、木部に炭化痕は見当たらなかったことから、防火被覆としては、強化せっこうボード（GB-F（V））25mmを2枚張りにけい酸カルシウム（0.5TK）20mmを張ることで、耐火性能を確保できると考えられる。
- 集成材のラミナの積層接着層には亀裂は生じなかったが、ラミナそのもの（木部）に亀裂が発生していた。ただし、加熱中及び放冷中に荷重支持能力を喪失することはなかった。
- 軸方向の収縮に関して、使用環境Cの1.5時間耐火構造の試験体では15mm程度であったが、2時間耐火構造の使用環境Aの集成材では、5mm程度にとどまった。集成材の積層接着層での亀裂の影響が小さかったことが軸方向の収縮に影響していると考えられる。ラミナの積層接着層近傍の亀裂が発生しており、使用環境C（API接着剤）では、火災前と同様の集成材の健全性を確保できない可能性が高い。



加熱後
木部の状況



加熱後
ラミナの割れ

柱：No.C-R5-3-120（終局耐力確認）

仕様－柱断面105角、集成材使用環境A

- No.C-R5-3-120試験体では、柱断面105角での2時間耐火構造の終局性能について確認した。255分で荷重支持能力を失った。耐火時間の2倍超の荷重支持能力を有していた。
- 荷重支持部の集成材の断面寸法を大きくした場合は、この結果よりも長時間の性能を有すると考えられる。



加熱後



柱の座屈状況

(3) 梁：2時間

以下の仕様についての試験を実施した。

①2時間

過年度の基整促F20においては、フィンガージョイント（FJ）の位置を揃えず（ずらし）、FJの接着剤をレゾルシノール・フェノール樹脂接着剤として○であった。ここではFJの位置を揃える・揃えずの2仕様、FJの接着剤をメラミン樹脂接着剤として載荷加熱試験を実施

試験方法	断面 寸法	集成材 使用環境	FJの位置	FJの接着剤	被覆材留付け仕様				試験結果・実施状況		荷重条件 (自重の影響)	試験体番号
					側面	下面	開き 止め	炭カル 接着剤	耐火	終局		
載荷加熱	105×210	スギ E65-255	揃えない	メラミン	上張り ステープル	全層ビス	ステープル	あり (下面のみ)	○ 適合	—	非考慮	No.B-R5-1-120
			揃えない	メラミン					✗ 不適合	—	非考慮	No.B-R5-2-120
		A 加力位置 で揃える	メラミン	✗ 不適合					—	考慮	No.B-R5-3-120	

木造耐火構造：柱・梁の載荷加熱試験

梁：No.B-R5-1-120、No.B-R5-2-120（耐火性能確認）

仕様－梁断面105×210、集成材使用環境A

FJ位置：揃えない、FJ接着剤：メラミン



No.B-R5-1-120 試験後



No.B-R5-1-120
破壊部分の状況



No.B-R5-2-120 試験後



No.B-R5-2-120
試験後の集成材

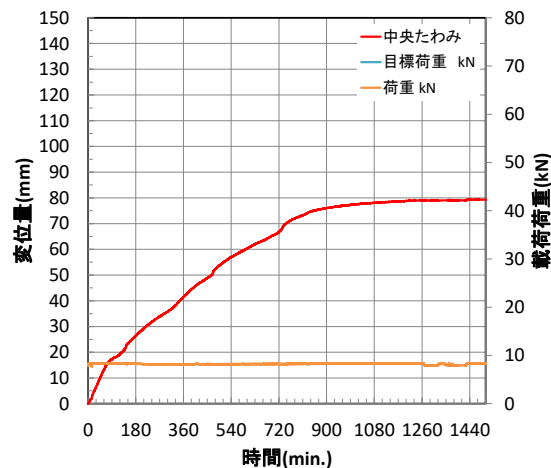
- No.B-R5-1-120、No.B-R5-2-120試験体は、同一の条件で試験を実施したが、一方は、長期間載荷荷重を保持し、もう一方は、放冷中に崩壊した。フィンガージョイント部分が破断し、547.5分で崩壊した。

木造耐火構造：柱・梁の載荷加熱試験

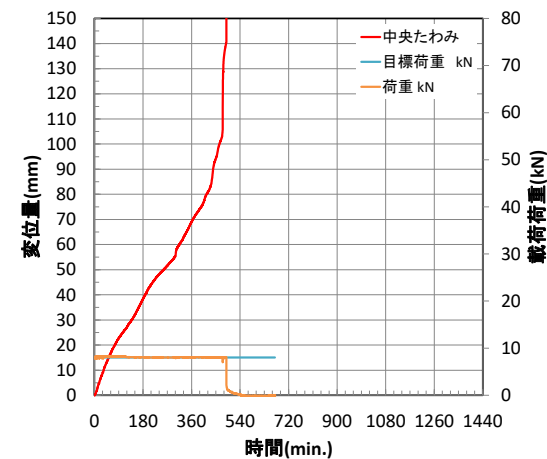
梁：No.B-R5-1-120、No.B-R5-2-120（耐火）

仕様－梁断面105×210、集成材使用環境A

FJ位置：揃えない、FJ接着剤：メラミン



No.B-R5-1-120




No.B-R5-2-120

- No.B-R5-1-120の中央たわみの推移をみると、900分程度まで漸増し、その後安定する傾向がある。変形の増加中、135、471、737分時点で、たわみの増加量が大きくなる現象が確認された。これは、集成材のラミナの亀裂等が進展したためだと考えられる。変形が安定化する時間の部材温度は、部材表面が140℃以下となっていた。
- No.B-R5-2-120では、中央たわみが180分時点でNo.B-R5-1-120に比べ1.5倍大きかった。そのため、被覆に亀裂や隙間が生じ、炉内温度も200℃超の温度域であったため、部材内部に熱侵入し、熱分解、炭化、変形の増加の悪循環を助長し、最終的に崩壊に至ったと考えられる。

(4) 梁：部材断面寸法、部材内部温度の制限等の方策

基整促F20および今年度の本事業での実験結果から、積載荷重において防火被覆等の自重を考慮したとしても、木部の破壊などが生じているため、火災後においても損傷や残留変形などを許容しない場合等については、許容荷重に対して十分な安全率を確保するか、自重の影響が相対的に小さくなるように105×105のような小断面や梁の内部温度の上昇しやすい梁幅の小さい部材寸法を適用することについては慎重な判断が必要といえる。

⇒本事業では、集成材（スギ）を対象に、梁せい210mmの試験体について、梁幅の最小寸法を制限することで耐火構造等の部材に使用可能な集成材の適用範囲を検討。来年度実験により検討することとし、本年度は試験体の製作を実施した。

試験体のバリエーションと試験体数		
梁幅 (mm)	FJ の配置	
		 FJ なし
105	1 体	—
150	1 体	3 体
180	—	3 体
210	—	3 体

防火上別棟として扱うための延焼を遮断する区画部材

(1) 検討の目的と方法

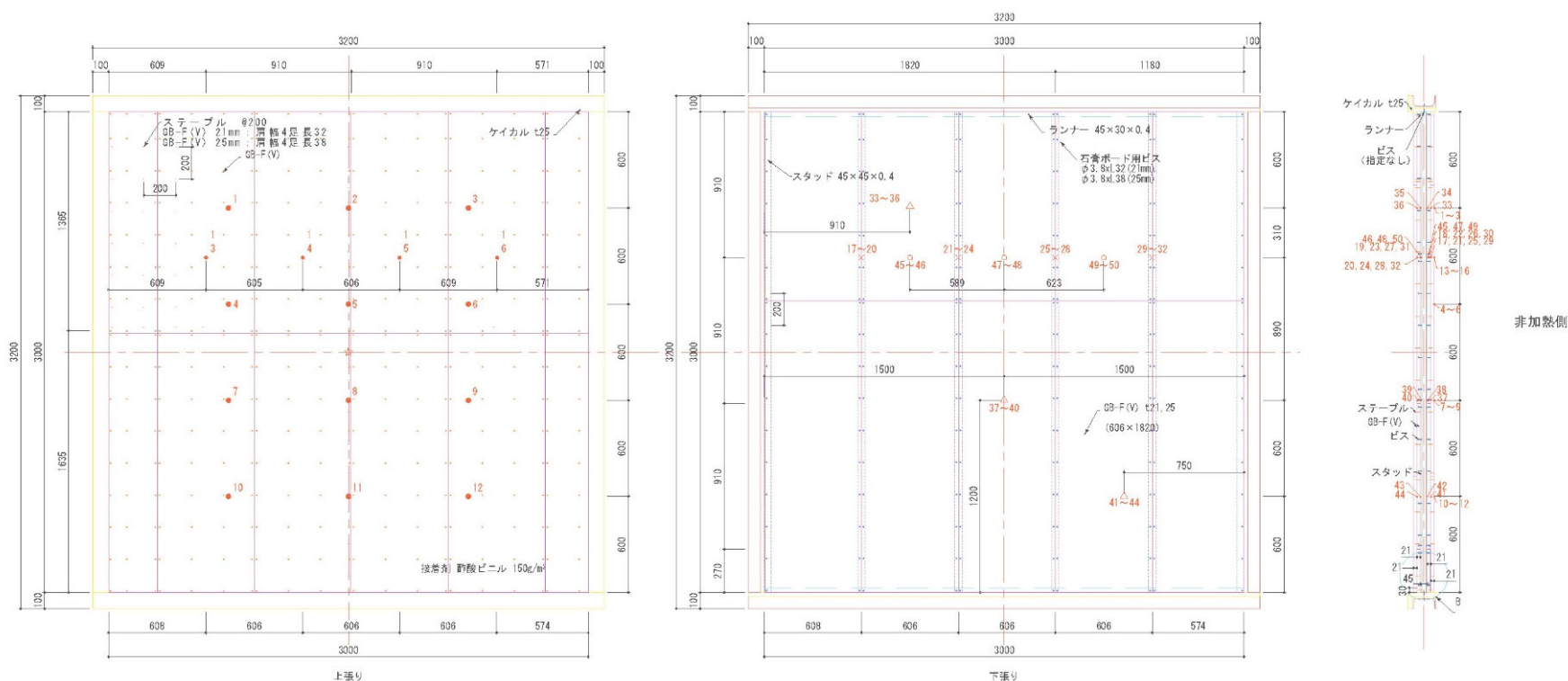
令和4年度の建築基準法改正において、防耐火上の別棟の規定を適用する際に、法第21条第2項に規定される壁等と同等の1.5時間、さらに2時間の遮熱性能を有する区画部材が必要となる。

本事業では、過去の2時間耐火構造の認定仕様や既往の研究成果を参考として、以下の仕様について検証する。実験による性能確認は来年度実施することとし、今年度は試験体の製作を行った。

耐火構造の種類	仕様
1.5時間耐火構造 (間仕切壁(非耐力))	①乾式間仕切壁GB-F(V)21mmx2両面 ②ALCパネル100mm
2時間耐火構造 (間仕切壁(非耐力))	③乾式間仕切壁GB-F(V)25mmx2両面 ④ALCパネル120mm

(2) 乾式間仕切壁GB-F(V)両面張り

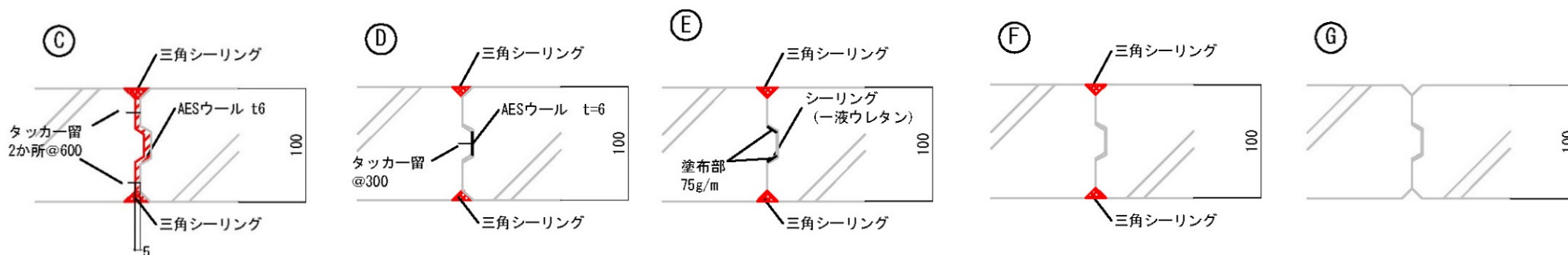
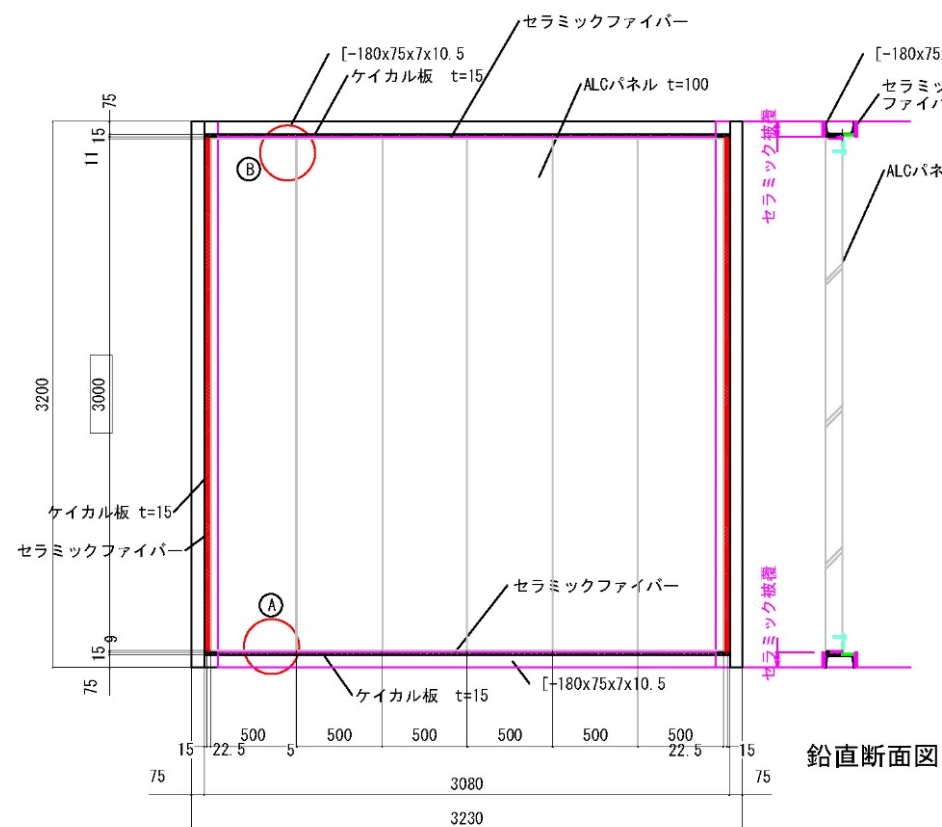
- 過去に実施された同仕様の2時間耐火性能確認試験および準耐火性能確認試験から、強化せっこうボードの性能を考慮して、仕様を設定。
- 鋼製下地については、高温加熱による酸化等の抵抗性に考慮して、JIS品厚さ0.8mm以上を想定するが、本実験では厚さ0.5mm（製作可能な最薄のもの）とした。。また、留付材は、下張りはタッピンねじ、上張りは接着剤併用ステープル@200とした。



防火上別棟として扱うための延焼を遮断する区画部材

(3) ALCパネル

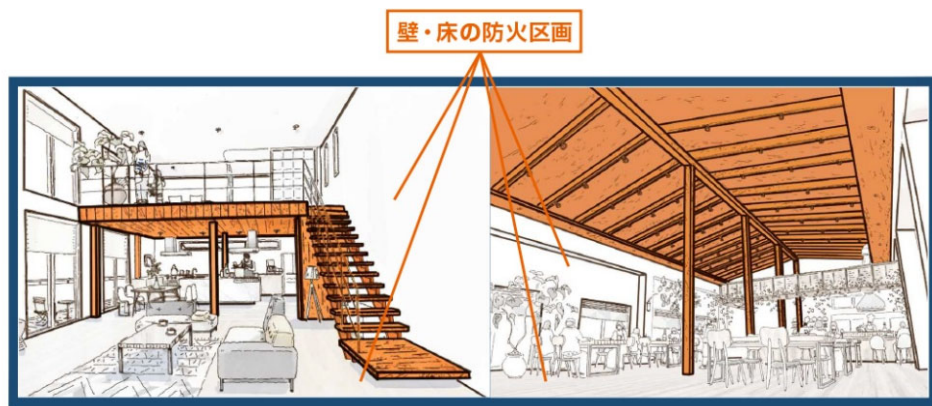
- 既往のALC100mm、120mmに対する4時間超の加熱実験結果では、含水率9.67~9.92%（規定値に対して約2倍）であるものの、2時間を超える遮熱性を有していた。含水による影響を加味した推定遮熱性喪失時間は一般部218分、目地部（処理有り）189分、目地部（処理無）162分となる。これより、所定の目地処理を実施することで、十分な耐火性能を確保できる可能性がある。
- ここでは目地処理を5仕様提案し、その性能確認を行う。



(1) 検討の目的と方法

令和6年4月施行の改正建築基準法において「防火規制の合理化」があり、大規模建築物において防火区画を活用することで部分的な木造化が可能となった。また改正法令が想定する対象事例として具体的に集合住宅が挙げられ、高い耐火性能の壁・床で区画された住戸等内に木造化された中間床等を設けることができるようになってきている。中間床等の木造化の場合、火災時の部材自体の燃焼、炭化による荷重支持能力の喪失と倒壊に対して安全性を確保しなければならず、こういった火災状態を設計対象として想定する必要がある。しかし、建築物内の構造体の一部が火災により損傷・倒壊するといった構造・防耐火の設計は一般化されていない

- 本検討では損傷許容主要構造部と、特定区画を構成する床、壁及び防火設備等に分けて取り扱い、特定区画内で中間床等が火災により落下した際の安全性を評価するための項目の整理、評価手法の試案の作成を行い、評価手法試案に基づいた試設計と、梁・床スラブの応力と変形、損傷レベルを解析的に検討した。



複数階にまたがる住戸（メゾネット）内の
中間床や壁・柱等の木造化

最上階の屋根や柱・はり等の木造化

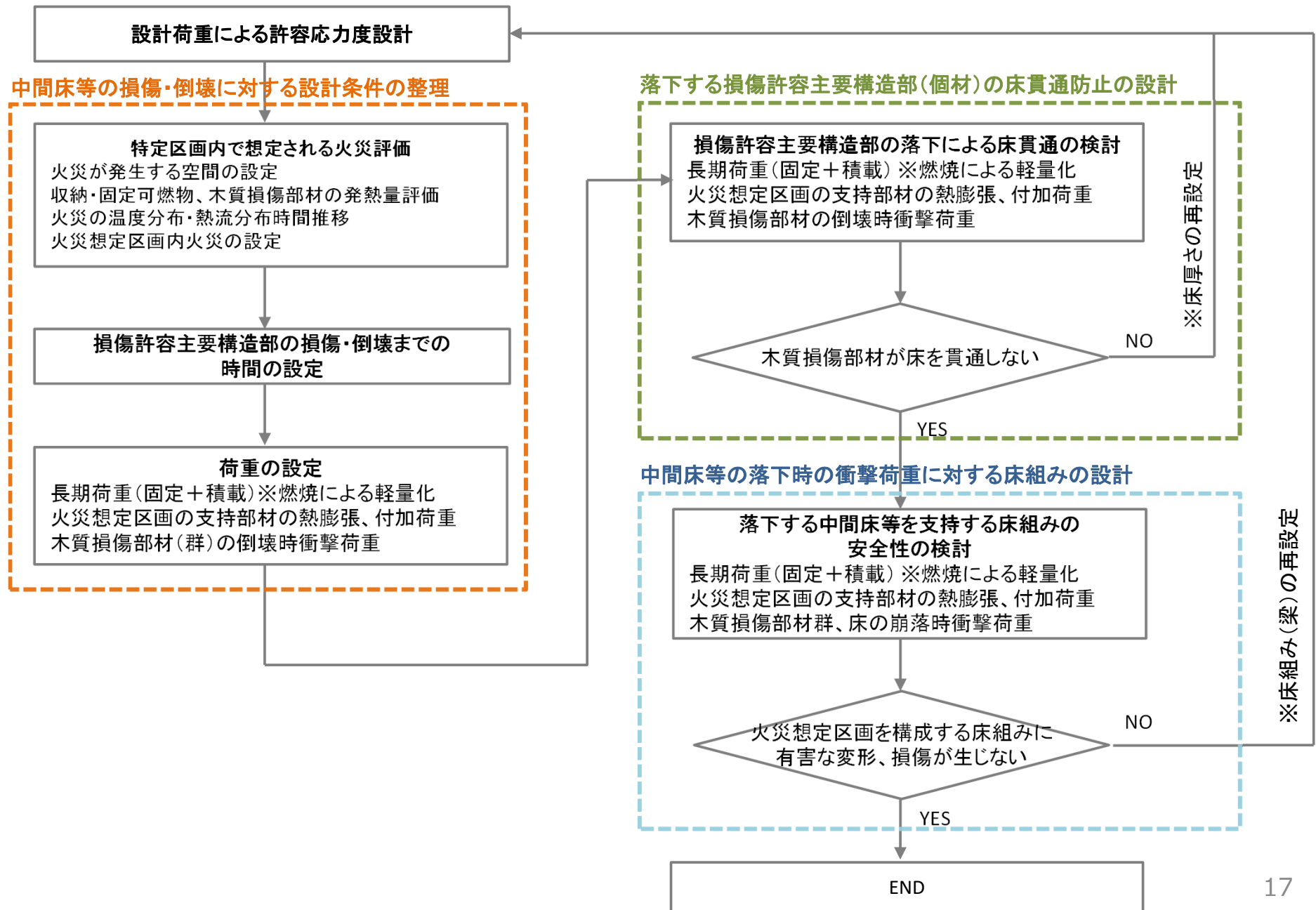
※損傷許容主要構造部：

防火上および避難上支障のない部分で火災時に損傷・倒壊が許容される主要構造部

※特定区画：

防火上および避難上支障がない部分で通常の火災が発生した場合に、建築物の他の部分又は周囲への延焼を有効に防止できる性能を有する区画

(2) 中間床等の崩壊に対する架構の設計フローチャート案



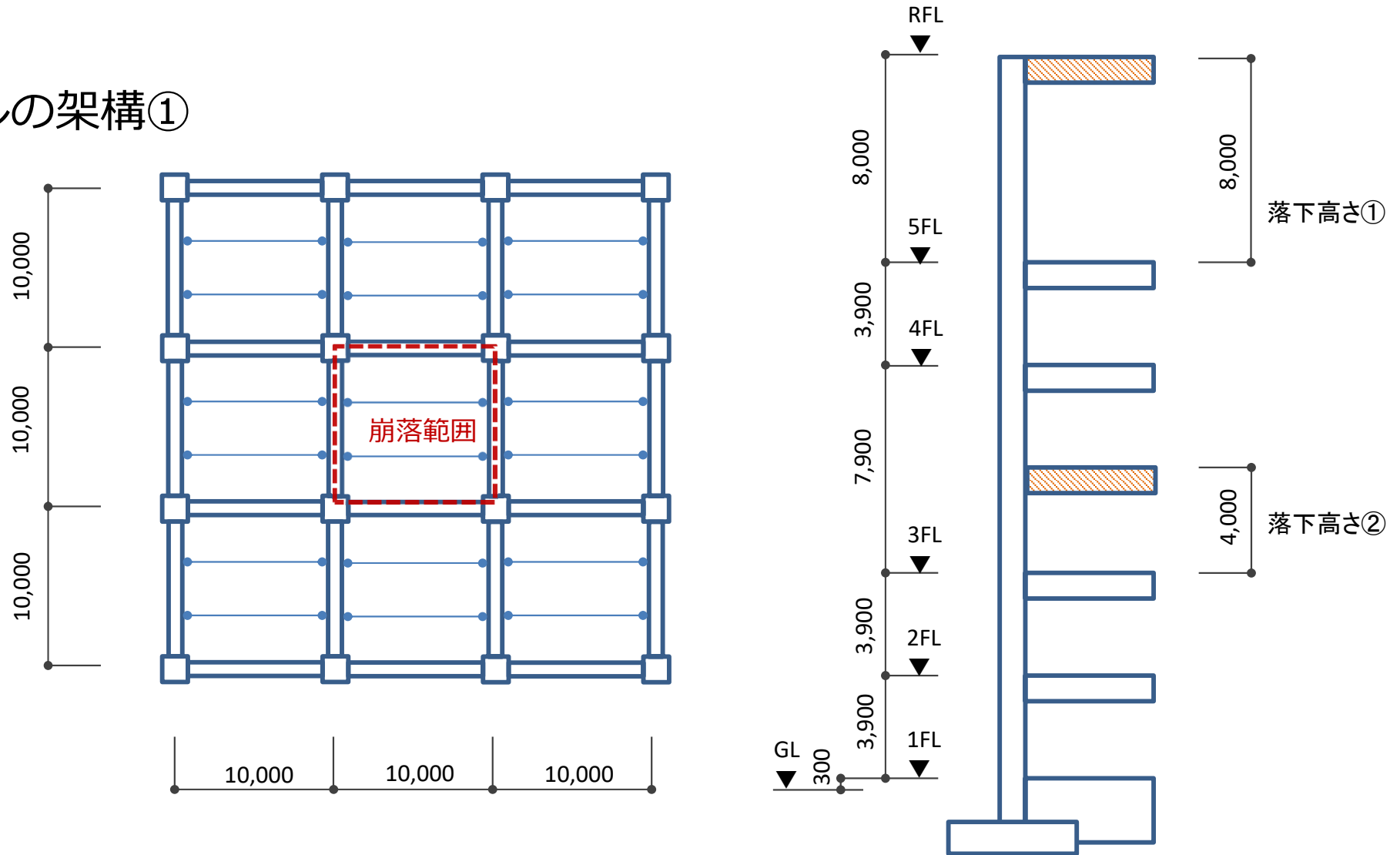
(3) 設計フローチャートに沿った試設計－建物モデル概要

以下のパラメータで試設計および解析的検討を行った。

種類	パラメータ数	パラメータ案
スラブ厚	2	180 mm、構造床150mm+ 防火被覆30mm
構造種別	2	鉄筋コンクリート造、鉄骨・鉄筋コンクリート造
柱グリッド比率	2	1 : 1 (10m×10m) 1 : 2 (7.07m×14.14m)
メゾネット・屋根 落下高さ	各1	メゾネット 4m 屋根 8m
メゾネット・屋根 設計荷重	各1	メゾネット・屋根とも 構造体 木質系床 積載荷重 事務所（屋根は低減）

(3) 設計フローチャートに沿った試設計－建物モデル概要

モデルの架構①

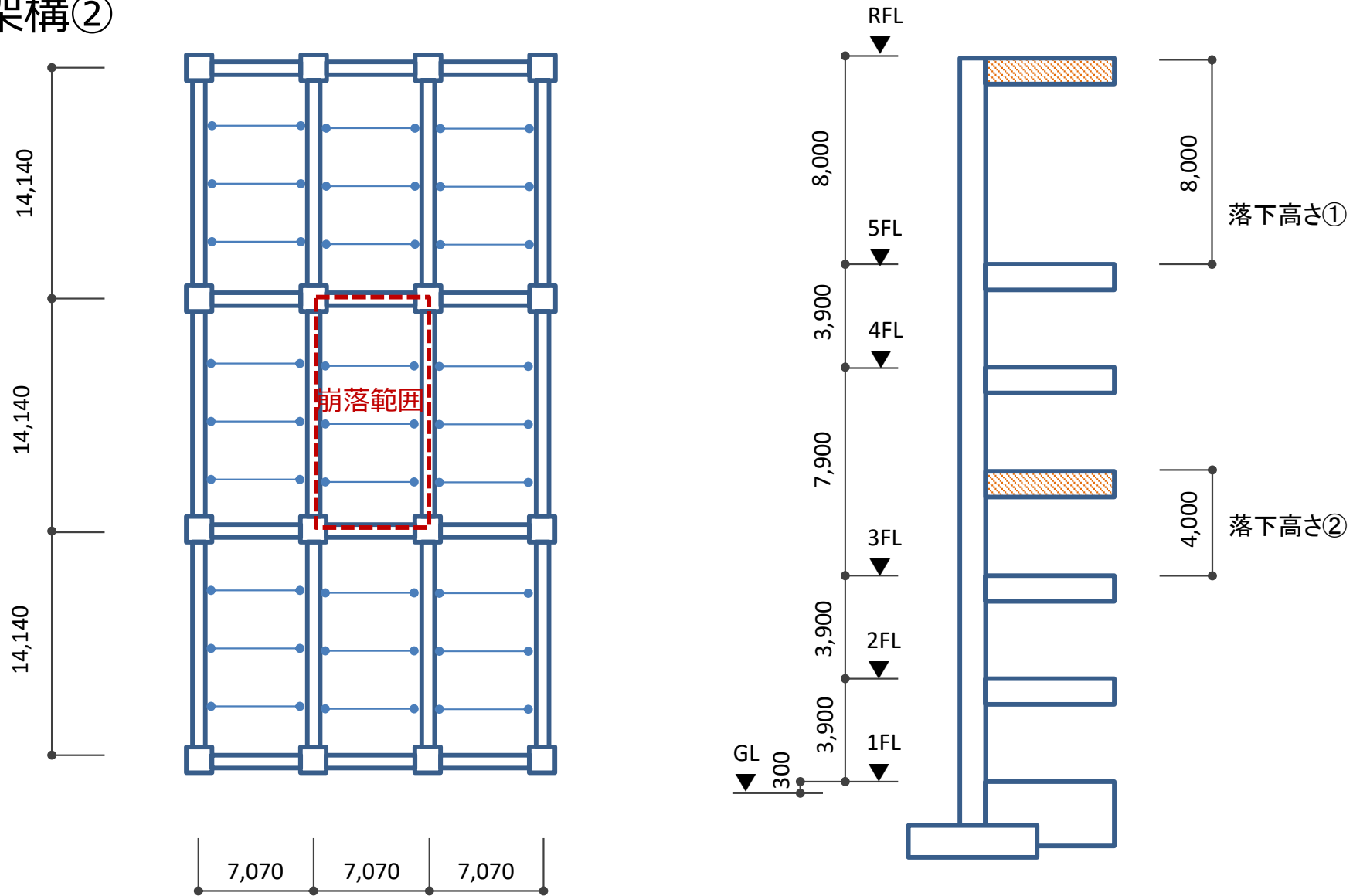


検討モデル①

1 : 1 グリッド (10m×10m)

(3) 設計フローチャートに沿った試設計 - 建物モデル概要

モデルの架構②



検討モデル②

1 : 2グリッド (7.07m×14.14m)

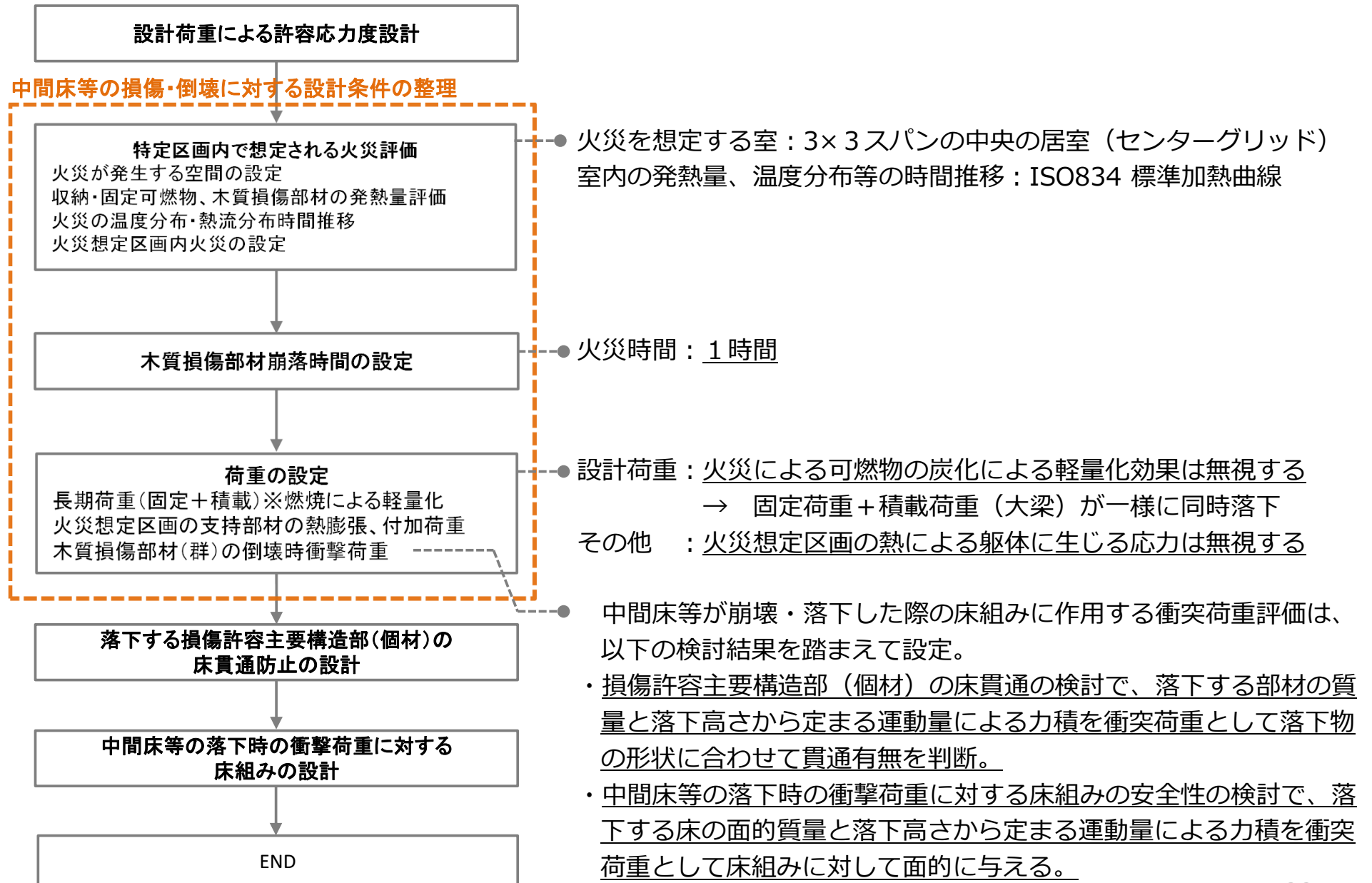
部分的な木造架構の火災時損傷・倒壊に対する安全性の評価手法

(3) 設計フローチャートに沿った試設計－建物モデル概要

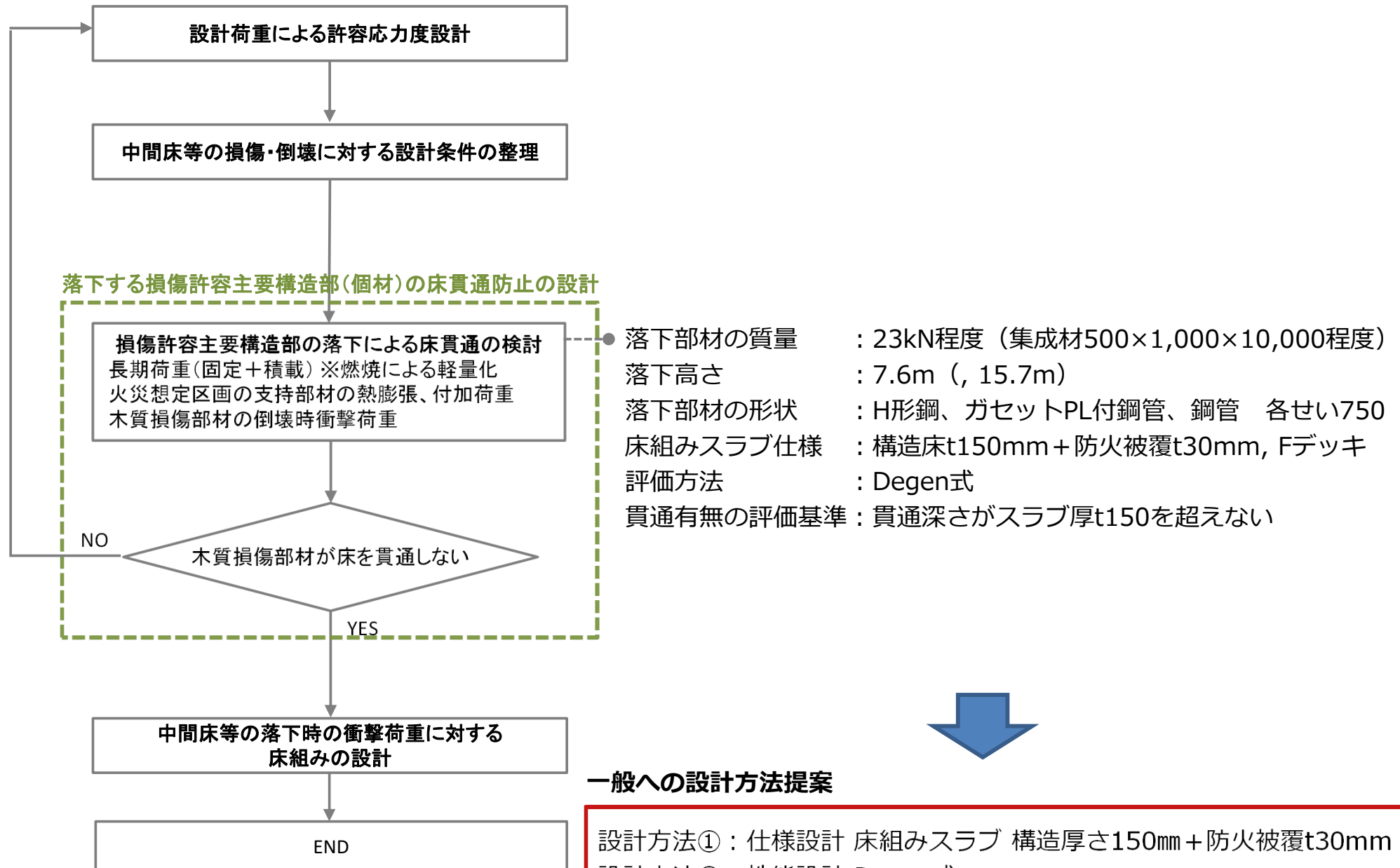
設計荷重表

架構設計用荷重						24.02.06(2/11)			
				(ρ)	(N/m ²)	床	小梁	大梁	地震
一般部	事務室	タイルカーペット			240				
	(一般部)	フリーアクセスフロア			600				
		コンクリートスラブ	t150	24.0	3,600				
		天井			200	DL			4,700
						LL	2,900	2,350	1,800
					4,640	7,600	7,050	6,500	5,500
火災室	事務室	タイルカーペット			240				
	(メゾネット下)	フリーアクセスフロア			600				
		コンクリートスラブ	t180	24.0	4,320				
		Fデッキ			150	DL			5,600
		天井			200	LL	2,900	2,350	1,800
	24.01.22				5,510	8,500	7,950	7,400	6,400
崩落床	メゾネット	CLT版	t150	5.0	750				
	(木系床)	構造用合板	t28	6.0	170				
		集成材 柱・梁	t100相当	5.0	500				
		天井			200	DL			1,700
						LL	2,900	2,350	1,800
					1,620	4,600	4,050	3,500	2,500
壁	屋根	防水シート	t2		50				
	(CLT床)	断熱材	t30		50				
		CLT版	t120	5.0	600				
		※ 木造 大梁・小梁	t100相当	5.0	500				
		天井			300	DL			1,600
					LL	1,450	1,175	900	400
	24.02.06				1,500	3,050	2,775	2,500	2,000
壁	外壁	押出し成型セメント版	t18	20.0	360				
		断熱材			10				
		軽鉄下地			100				
		木下地			100				
		せっこうボード	15mm×2	9.5	285				
					855		DL=	900	
壁	内壁	断熱材			10				
		軽鉄下地			100				
		せっこうボード	12.5×2 両	9.5	475				
		仕上げ			50				
						635		DL=	700

(3) 設計フローチャートに沿った試設計－設計条件の整理・設定

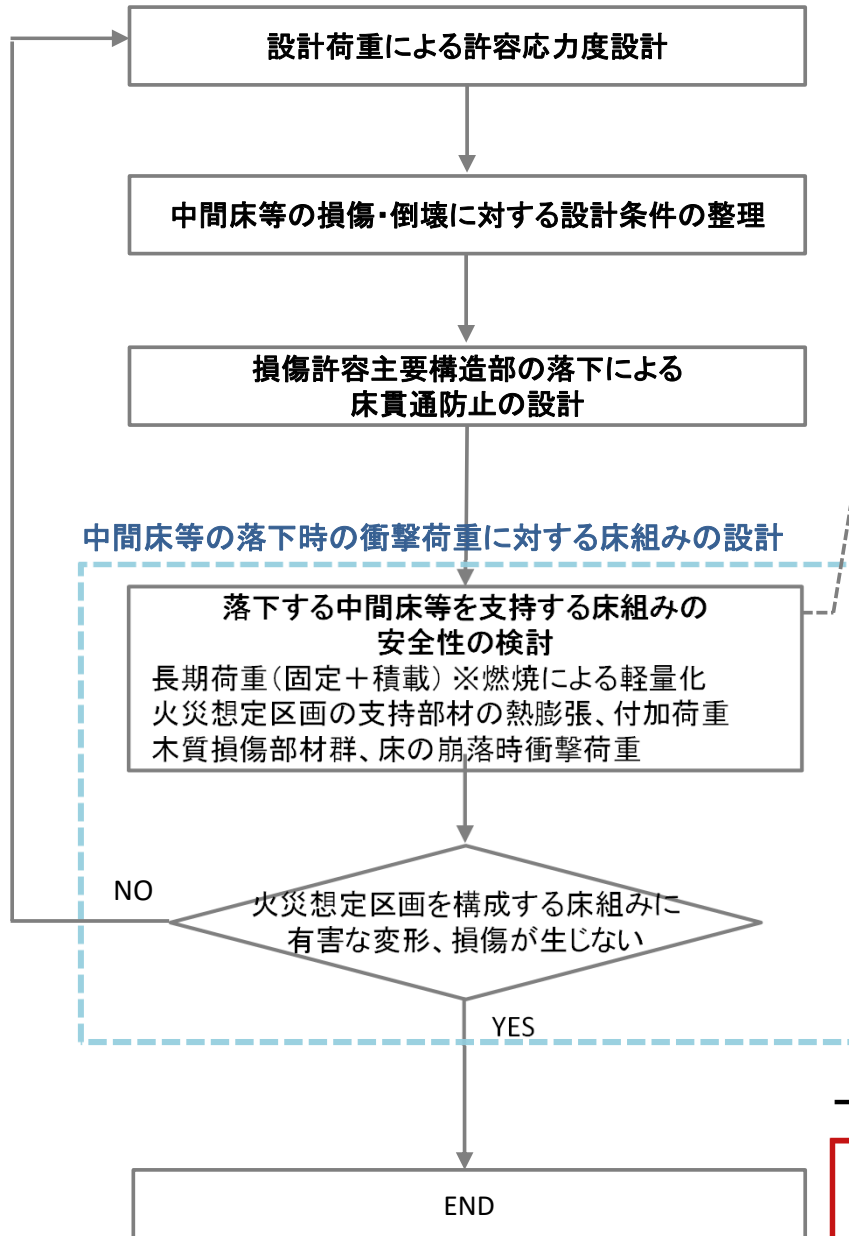


(3) 設計フローチャートに沿った試設計－床貫通防止の設計



(3) 設計フローチャートに沿った試設計

– 中間床等の落下時の衝撃荷重に対する床組みの設計



- 中間床等の荷重 : 2.5kN/m² (梁用)
中間床等の衝撃荷重 : **50倍** × 2.5kN/m²
→ 本事業の解析的検討より決定
- 中間床等の落下を受ける床組みの仕様 :
構造床 t150mm + 防火被覆 t30mm
大梁・小梁はRC造、もしくはSRC造
- 中間床等の落下時の衝撃荷重に対する断面設計 :
柱・梁等の短期許容応力度設計

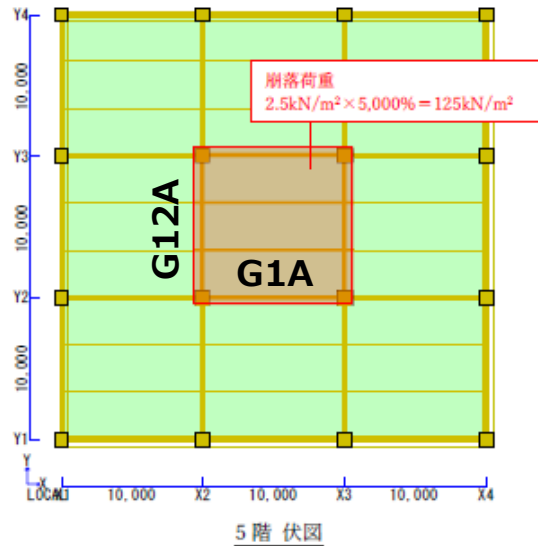


一般への設計方法提案

中間床等の落下時の床組みへの衝突荷重を静的荷重に置換
屋根の設計荷重 (固定+積載、梁) の**50倍**程度、短期許容応力で設計

(3) 設計フローチャートに沿った試設計 – 中間床等の落下を受ける床組み

検討モデル① 1 : 1 グリッド (10m×10m)

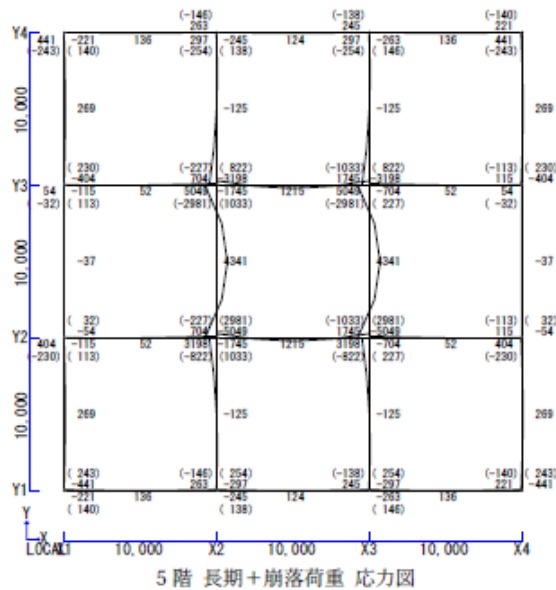


G1A	
端部	中央
700	700
FC30	
7+3-UD29	7-UD29
7-UD29	7+2-UD29
3500	—
—	—
LD16[3]@100	
4-LD10	

(X 方向大梁)

G12A	
端部	中央
900	900
FC30	
9+8-UD29	9-UD29
9-UD29	9+6-UD29
3500	—
—	—
LD16[5]@100	
8-LD13	

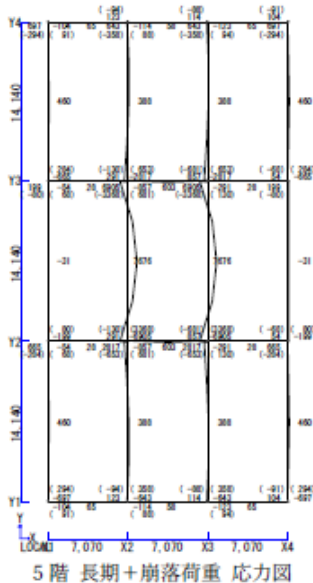
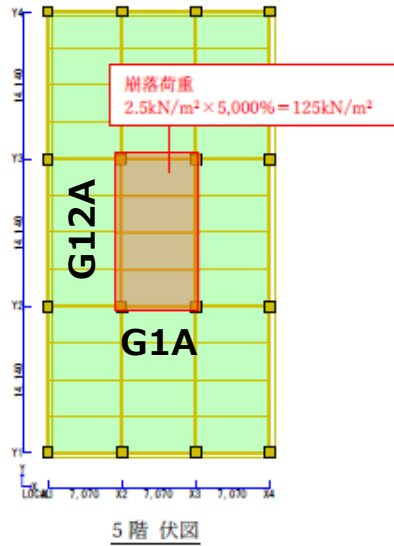
(Y 方向梁)



今回の試設計の条件においては、大梁はRC造としての設計も可能であるが、梁せいの大きさが建築計画や階高さに与える影響を鑑みて、SRC造としての設計が妥当と考えられる。

(3) 設計フローチャートに沿った試設計 - 中間床等の落下を受ける床組み

検討モデル② 1 : 2グリッド (7.07m×14.14m)



G1A	
端部	中央
250 250 500	250 250 500
SH-500	SH-500
200	200
12.0 (SN490)	12.0 (SN490)
25.0 (SN490)	25.0 (SN490)
FC30	
2+2-HD25	2-HD25
2-HD25	2-HD25
—	—
—	—
LD13[2]@200	
2-LD10	

(X方向大梁)

G12A	
端部	中央
475 475 950	475 475 950
BH-1,200	BH-1,200
400	400
19.0 (SN490)	19.0 (SN490)
40.0 (SN490)	40.0 (SN490)
FC30	
4+4-UD38	2+2-UD38
2+2-UD38	4+2-UD38
—	—
—	—
LD13[2]@200	
8-LD13	

(Y方向梁)

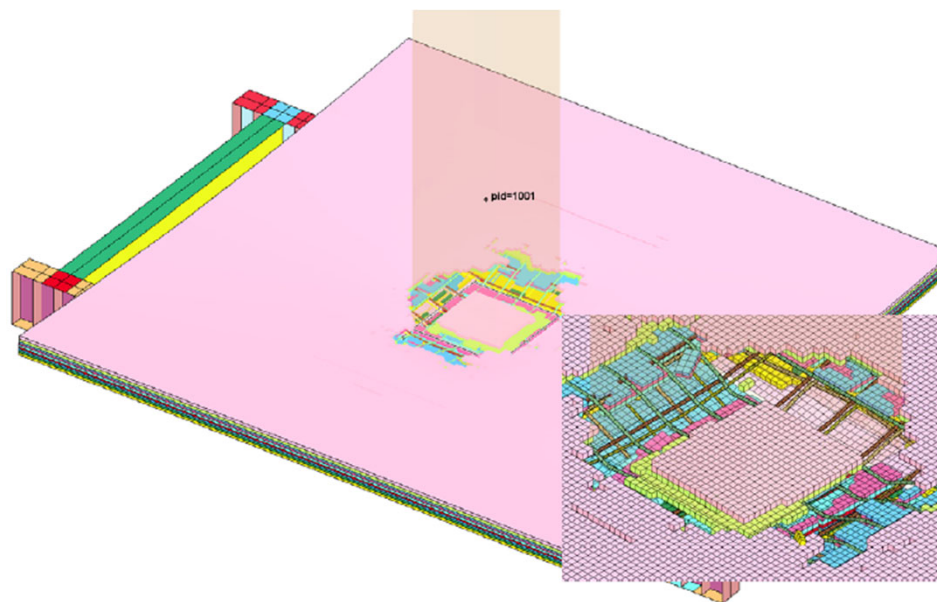
(1) 解析的検討の概要

○個別部材落下による衝突作用

部材（梁）等が落下した場合の局所破壊に関する検討を行う。

課題①：先端形状の損傷への影響

課題②：上記を考慮した火災時の損傷挙動

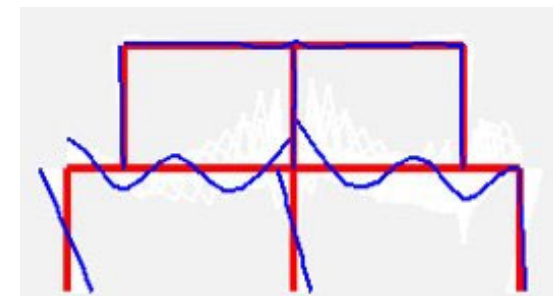
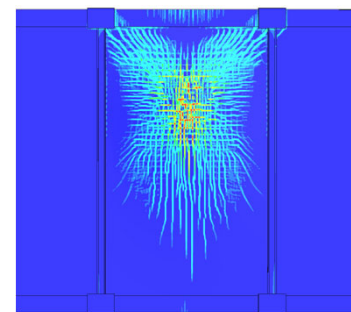


○上部架構崩落による衝撃作用

上部架構全体が崩落し、面的に下階スラブへ衝突した際の下階の損傷、周辺架構への影響を検討する。

課題①：衝撃作用を直接受ける架構の評価

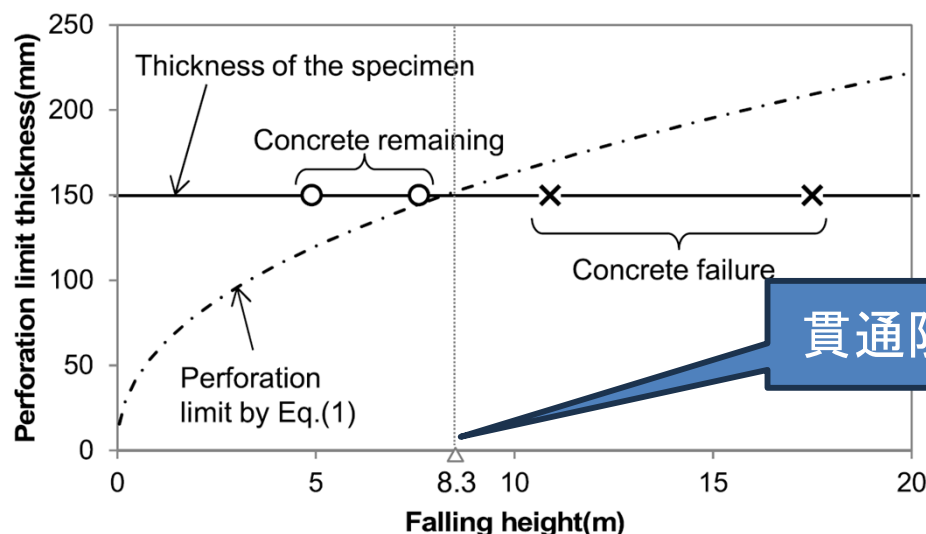
課題②：周辺架構への荷重伝達の評価



(2) 個別部材落下による衝突作用

○先行研究概要

既往研究から実大衝突実験および解析結果を整理 (常温)



Degen式の貫通限界

落下高さ	実験結果(貫入深さ)	
4.9 m	75 mm	
7.6 m	120 mm	限界高さ 8.3m
10.9 m	180 mm	
15.7 m	×	

貫入深さの最大値

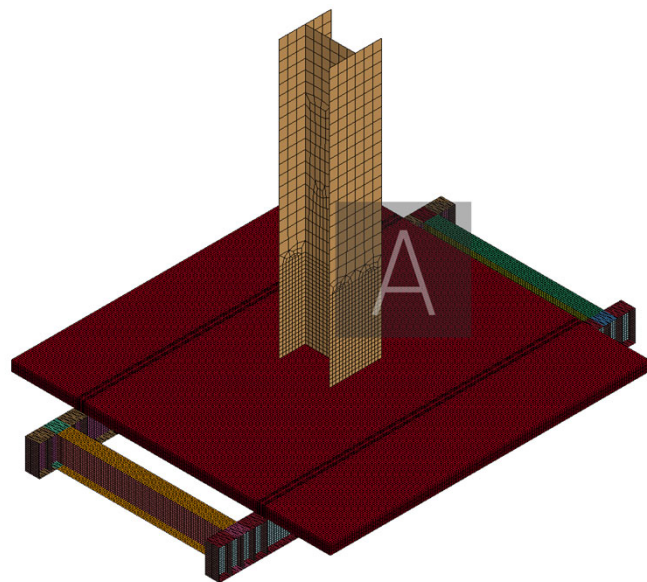
⇒ 実験では、Degen式による貫通限界落下高さよりも落下高さが高い10.9mでデッキプレートが脱落し、貫入深さもスラブの板厚の150mmを超えたことが確認できた。

(3) 個別部材落下による衝突作用 課題①先端形状の損傷への影響

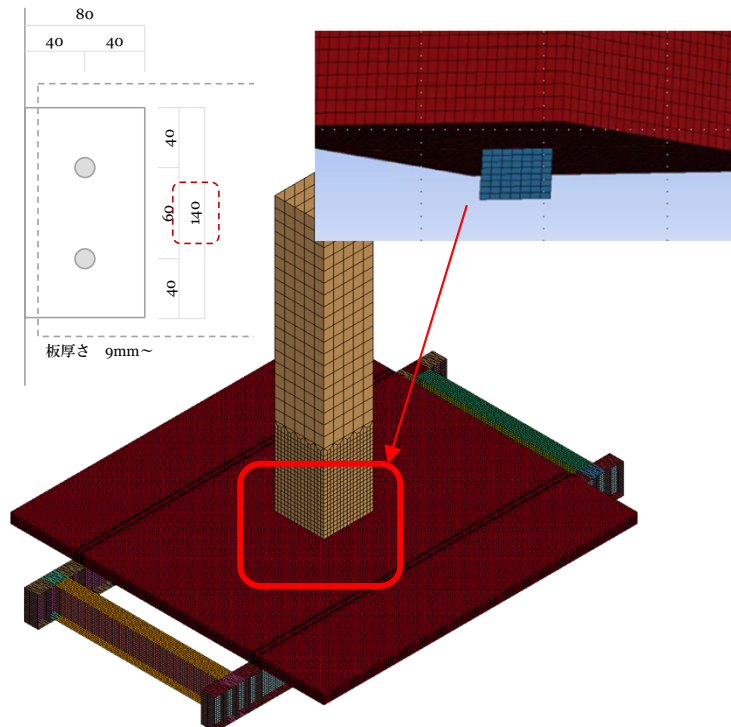
先行研究は角形鋼管を用いた検討であった。ここではそれを比較対象モデルとし、H形鋼、GPL付きとし、先端形状を変えた解析を行い、その変更による損傷への影響の有無を確認した。

⇒結果としては形状による損傷の違いは見られなかった。

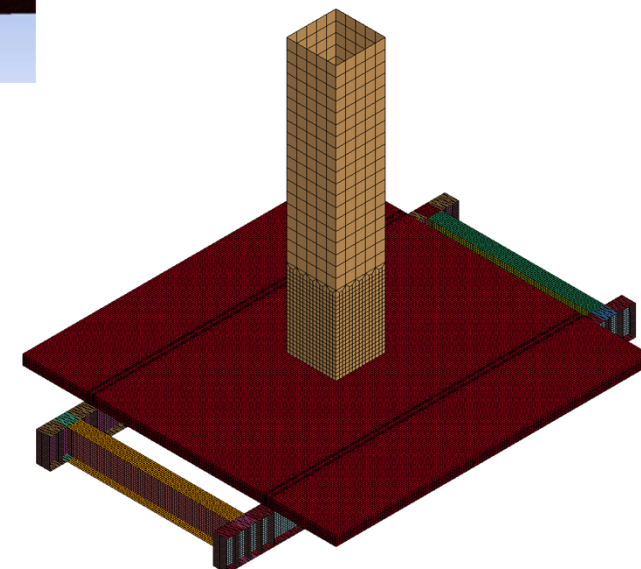
検討対象モデル
(H形鋼)



検討対象モデル
(GPL付き)

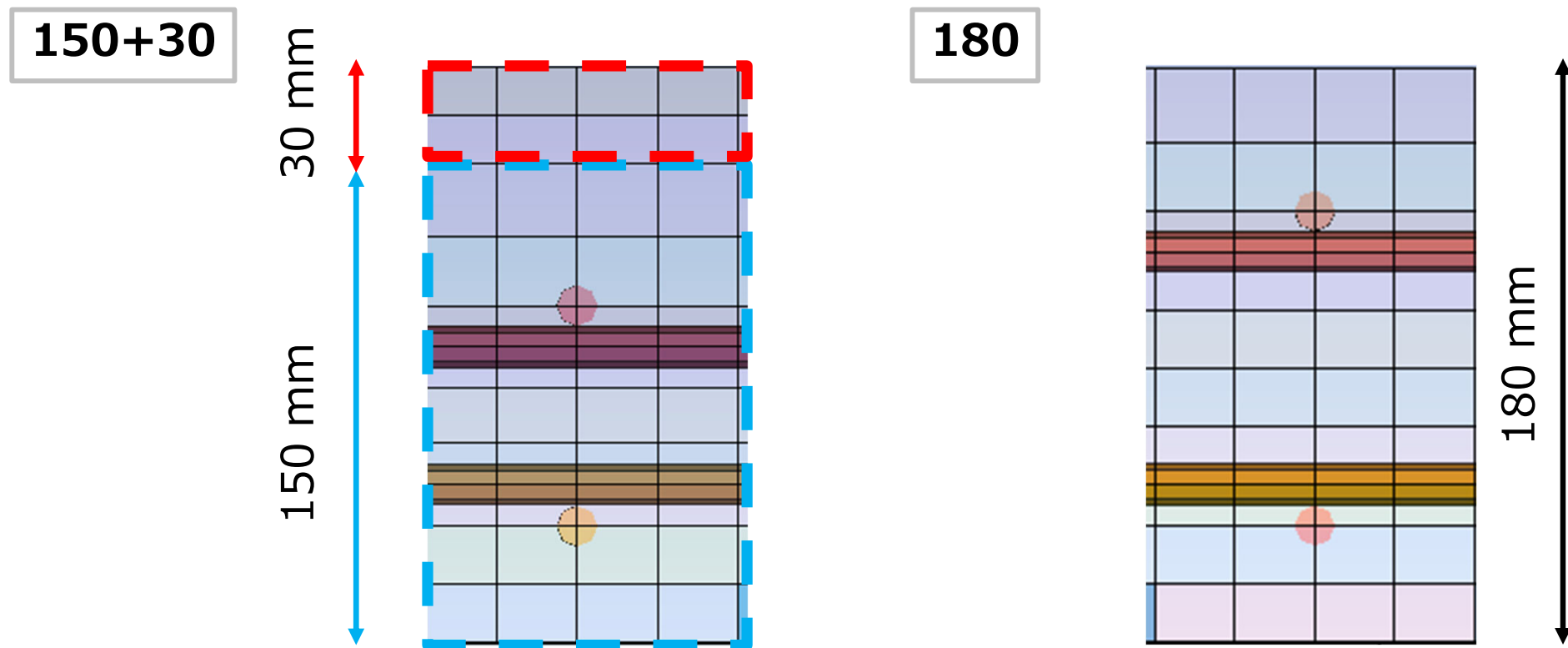


比較対象モデル
(角形鋼管)



(4) 個別部材落下による衝突作用 課題②火災時の損傷挙動

火災を想定したスラブ厚さは、150+30、180の2仕様とした。

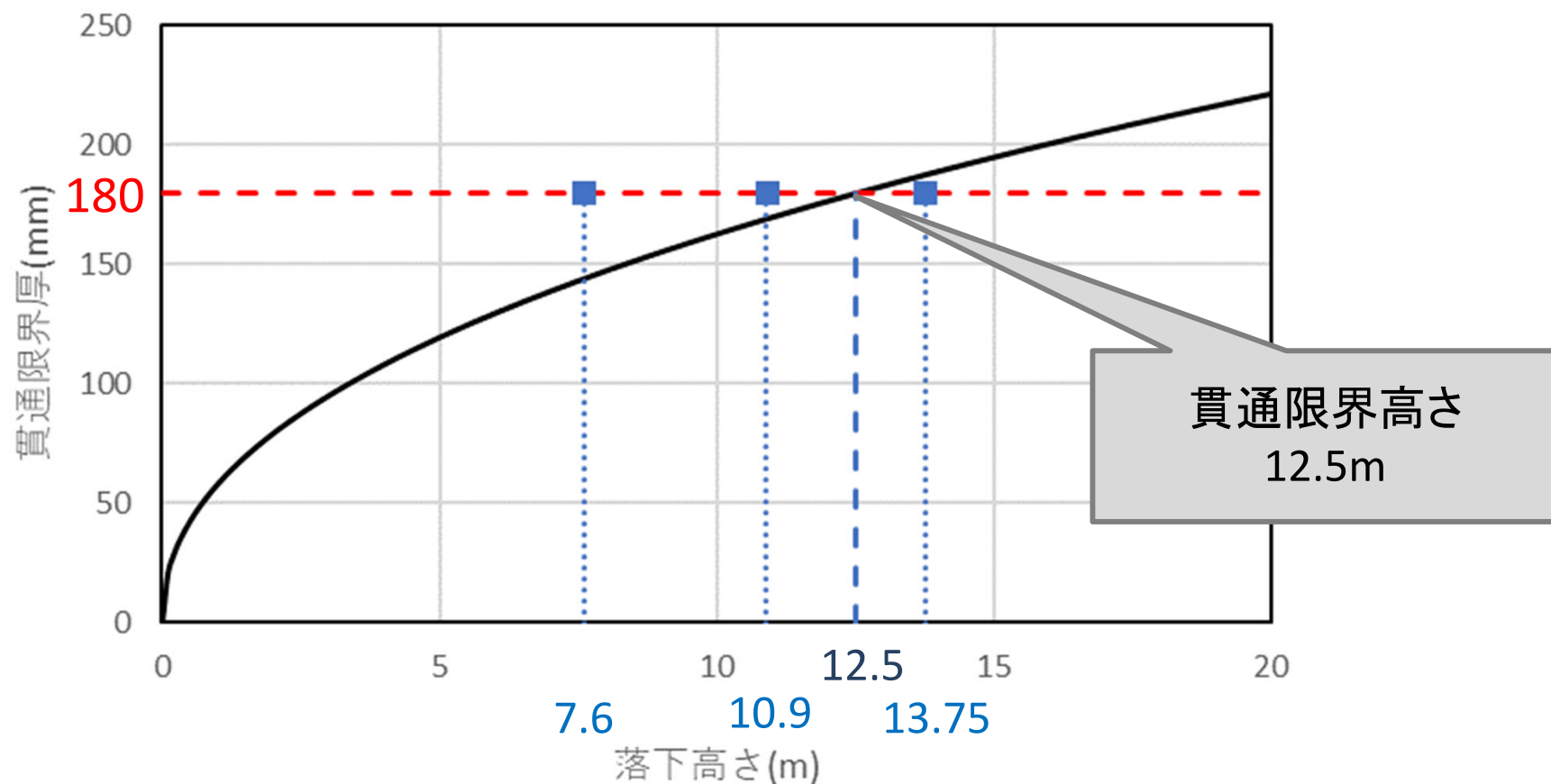


- 150 mm RCスラブに対して30 mmのコンクリート層を耐火層として設置する。
- 熱劣化したコンクリートを通過して、鉄筋への直撃を避ける。

単純にスラブ厚を180mmに拡大(被り厚さが不変)。

(4) 個別部材落下による衝突作用 課題②火災時の損傷挙動

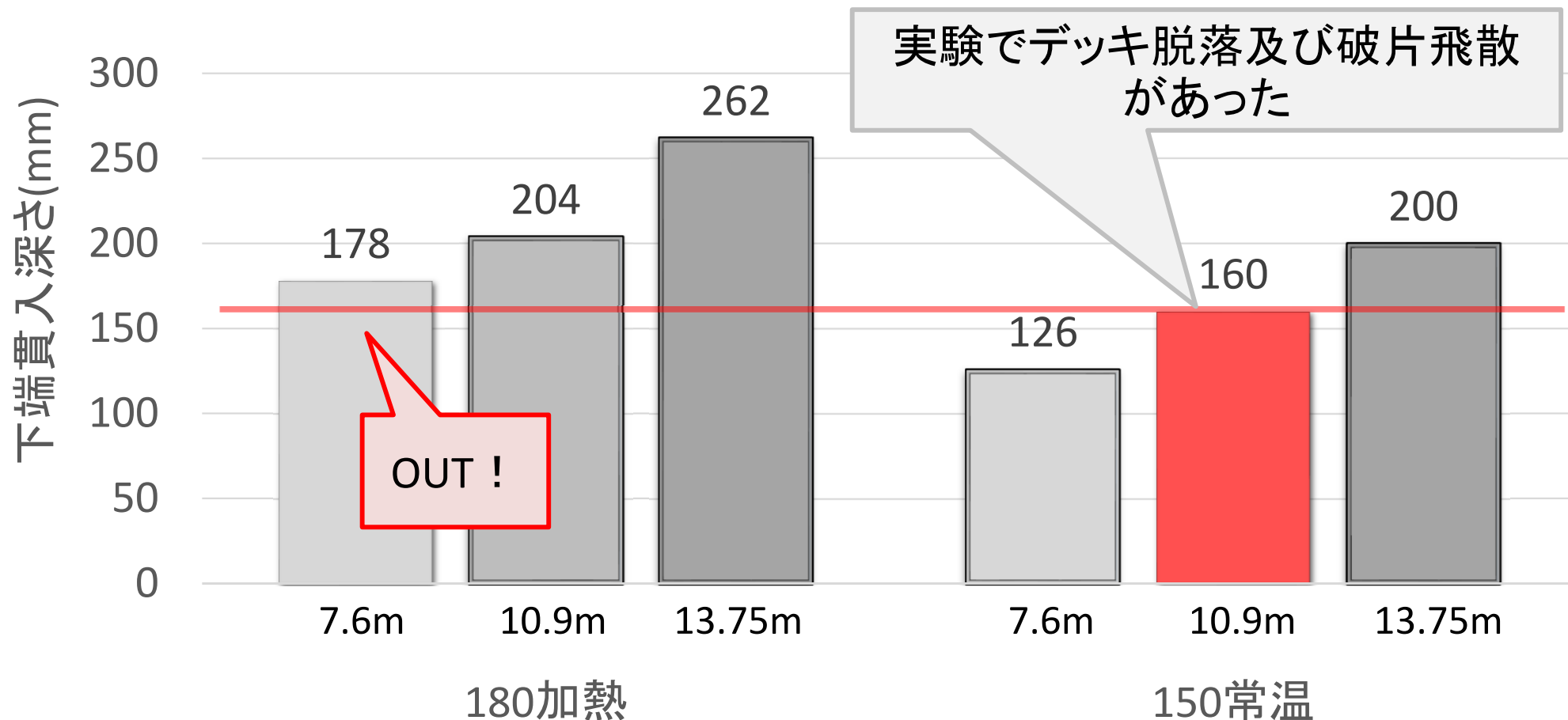
スラブ厚180mmとしたときの貫通限界高さから解析パラメータを設定 (青字)



Degen式の貫通限界

(4) 個別部材落下による衝突作用 課題②火災時の損傷挙動

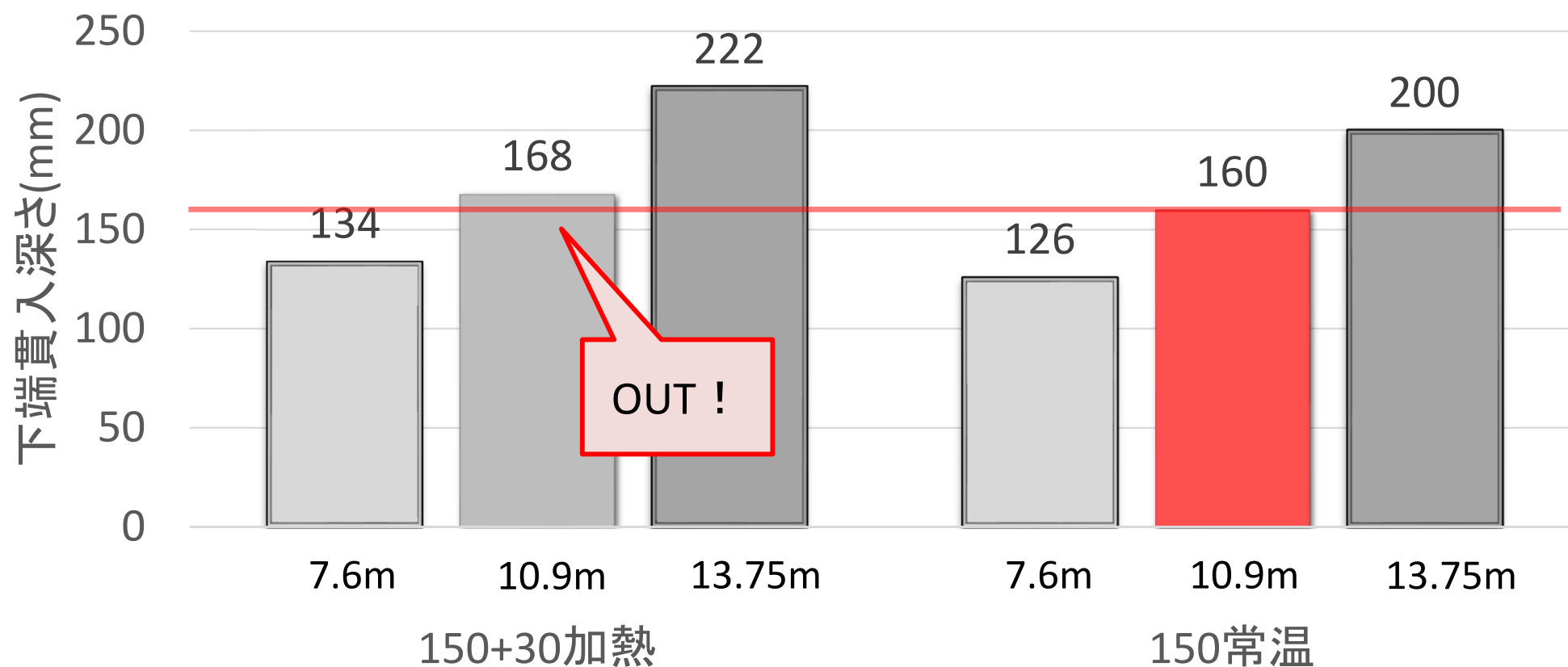
解析結果：180mmスラブ（加熱）と150mmスラブ（常温）の貫入深さ



- ⇒ 180mmスラブは、落下高さ7.6mでOUT!
- ⇒ 常温の150mmスラブより性能が低い!

(4) 個別部材落下による衝突作用 課題②火災時の損傷挙動

解析結果：150+30mmスラブ（加熱）と150mmスラブ（常温）の貫入深さ

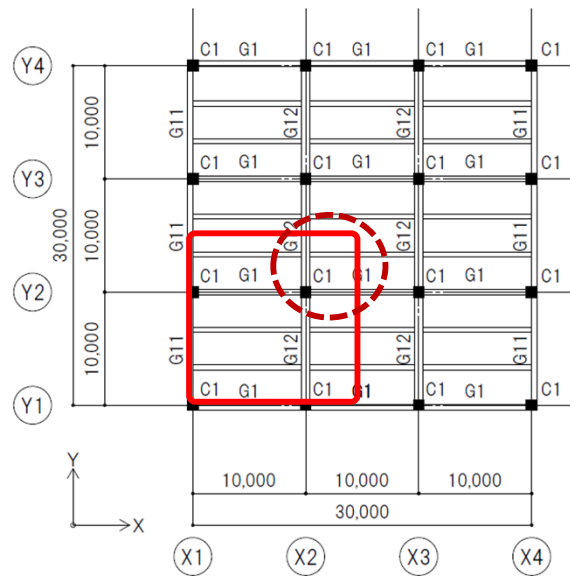


⇒ 150+30mmスラブは、落下高さ10.9mでOUT!

⇒ 常温の150mmスラブとほとんど同じ性能!

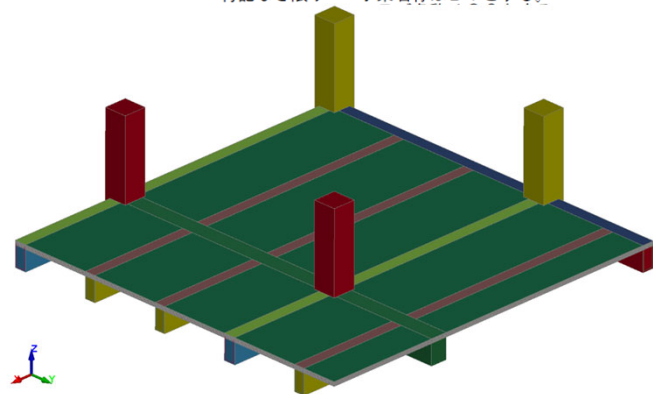
(5) 上部架構崩落による衝撃作用

モデル化範囲 (1/4モデル) とモデル図

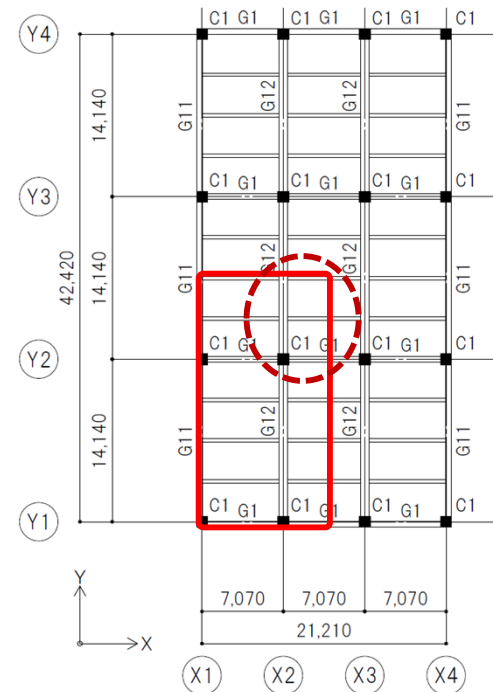


3階伏図

特記なき限り・小梁名称はB1とする。

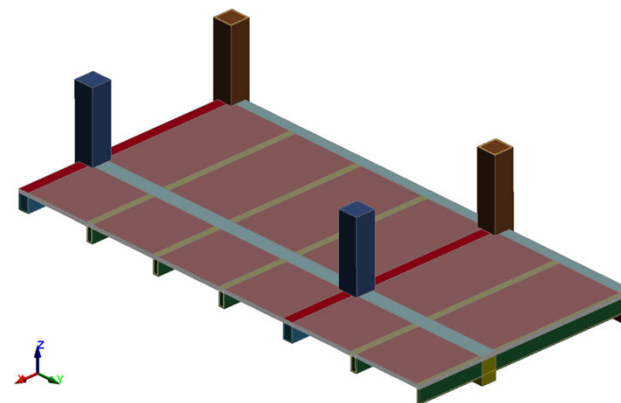


1 : 1グリッド



3階伏図

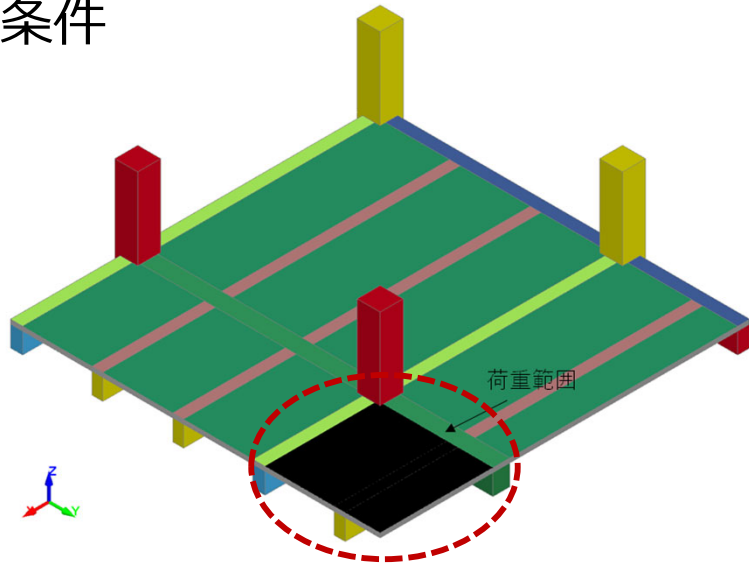
特記なき限り・小梁名称はB1とする。
・スラブ名称はS2とする



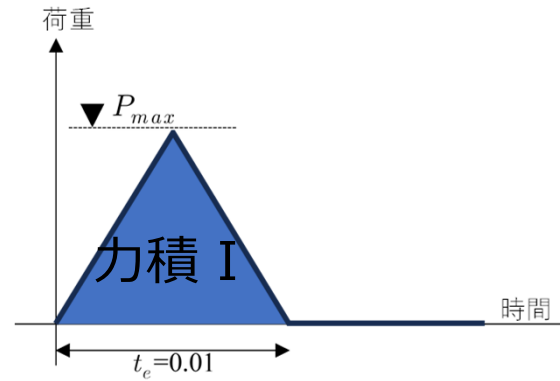
1 : 2グリッド

部分的な木造架構の火災時損傷・倒壊に関する解析的検討

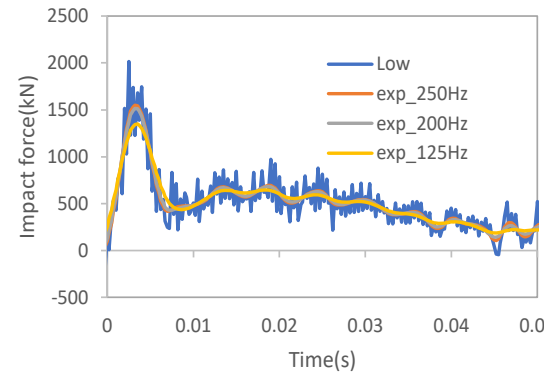
(5) 上部架構崩落による衝撃作用 荷重条件



中央グリッドに分布荷重を作用させる



F-t関係を三角形分布として与える

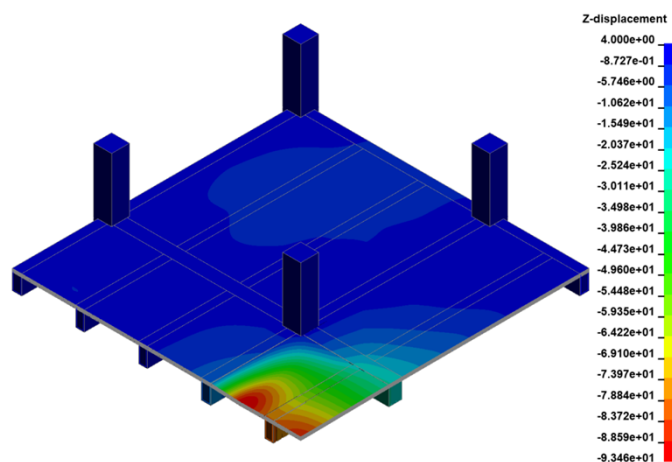


実大衝突実験から
荷重継続時間を
0.01秒とする

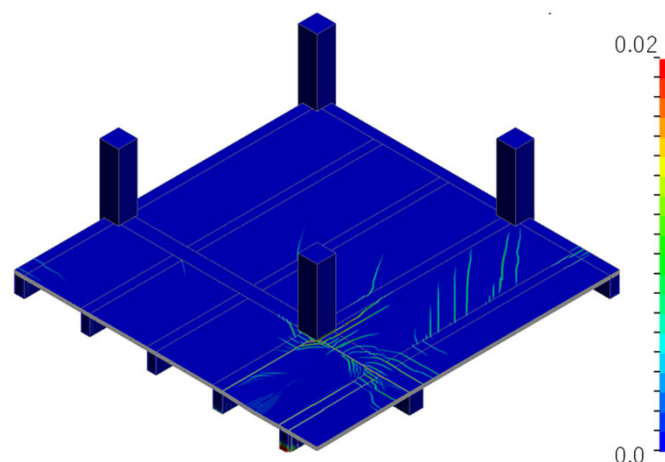
力積 ($t \cdot s/mm^2$)	最大荷重 (N/mm^2)	参考想定シナリオ	落下重量 (kN/m^2)	落下高さ (m)
(2.18×10^{-3})	—	2022 年検討	2.18	4.9
2.4×10^{-3}	0.48	基準	—	—
3.0×10^{-3}	0.60	基準 $\times 1.25$	—	—
(3.16×10^{-3})	—	メゾネット階	設計荷重表より 3.5	建築モデルより 4.0
(3.2×10^{-3})	—	最上階	設計荷重表より 2.5	建築モデルより 8.0
3.3×10^{-3}	0.66	基準 $\times 1.375$	—	—

(5) 上部架構崩落による衝撃作用 解析結果 (一例)

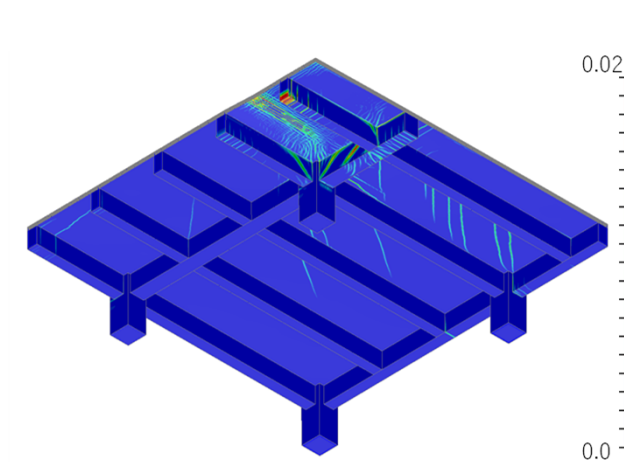
$$I=2.4 \times 10^{-3} \text{ t} \cdot \text{s/mm}^2$$



鉛直変位

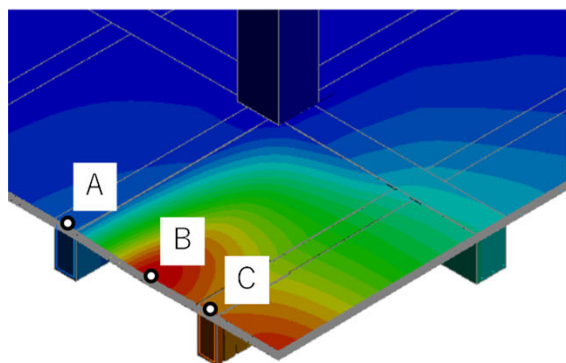


衝突面ひび割れ
(最大主ひずみ)

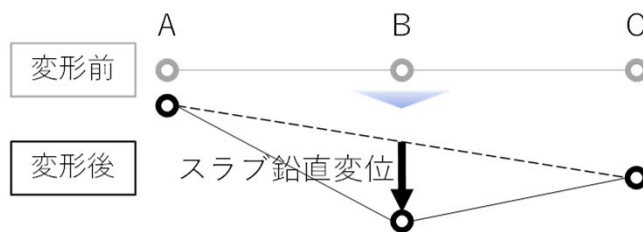


裏面ひび割れ
(最大主ひずみ)

(5) 上部架構崩落による衝撃作用 解析結果—スラブ鉛直変位



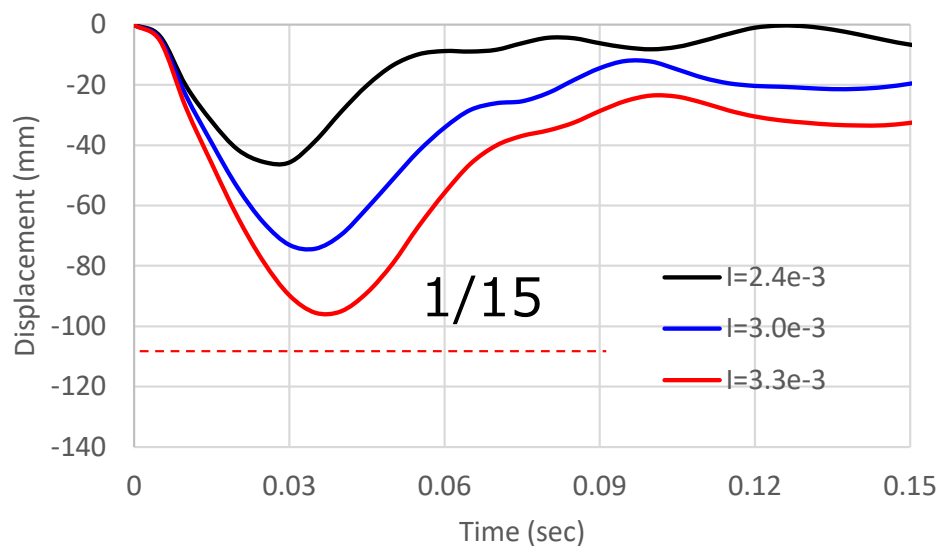
鉛直変位算出位置



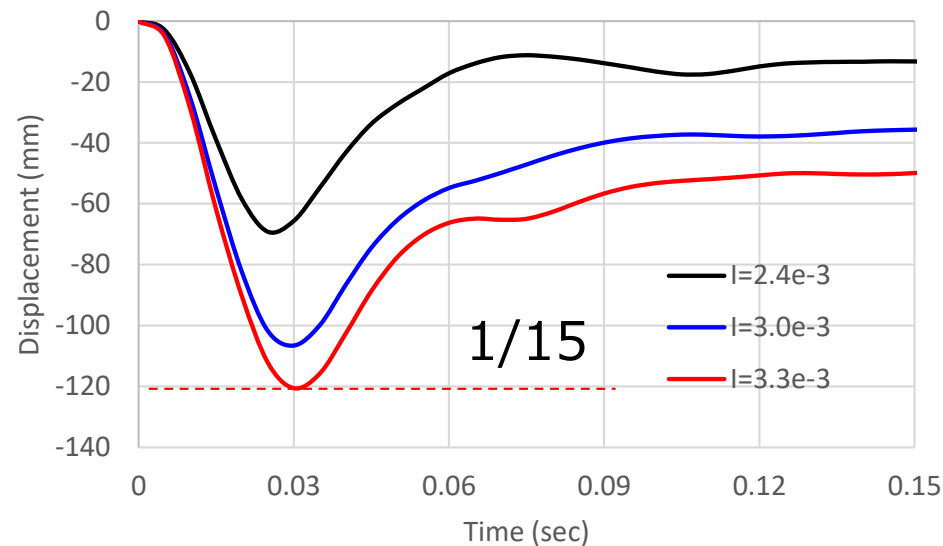
鉛直変位算出方法

- デッキの脱落・破片飛散
 - 150 mm (個材衝突と同じ)
- スラブ損傷
 - 変形角1/15
 - 日本建築学会 建築物の耐衝撃設計の考え方より

鉛直変位クライテリア



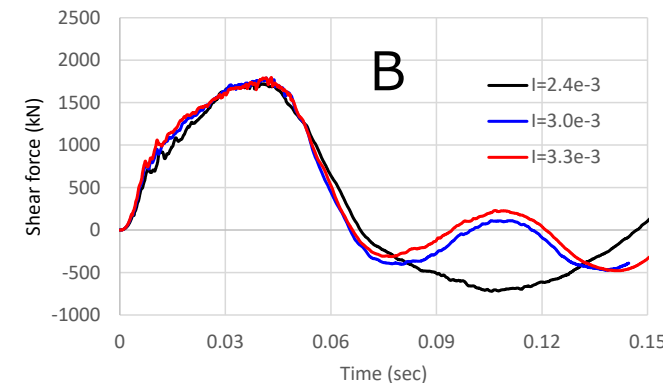
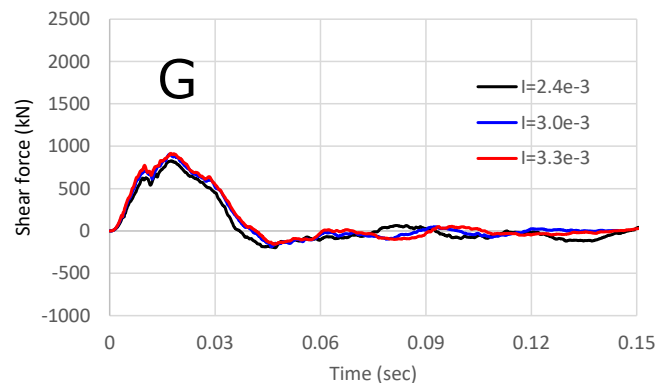
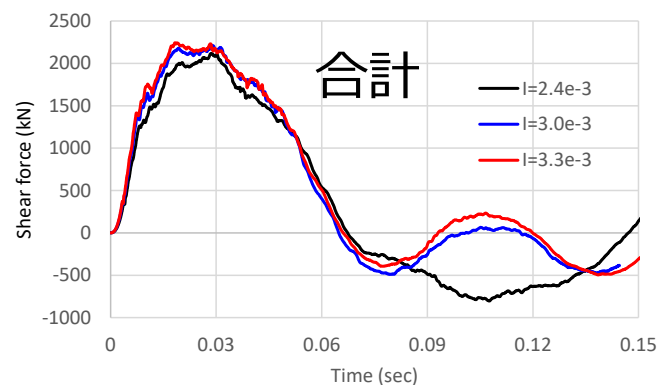
1 : 1 グリッド (10m×10m)



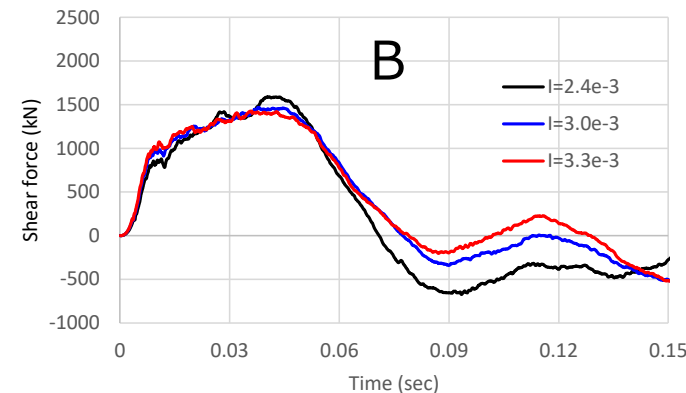
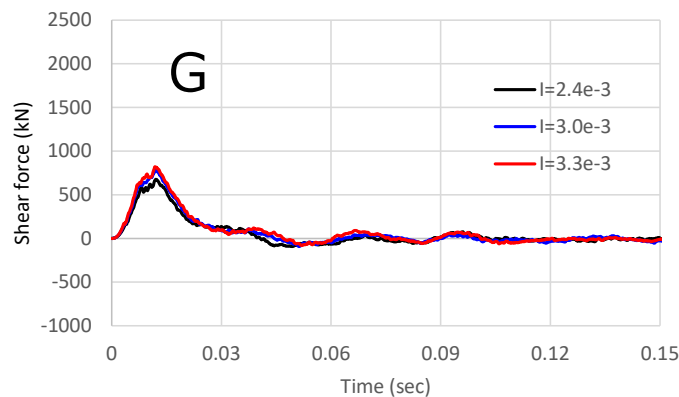
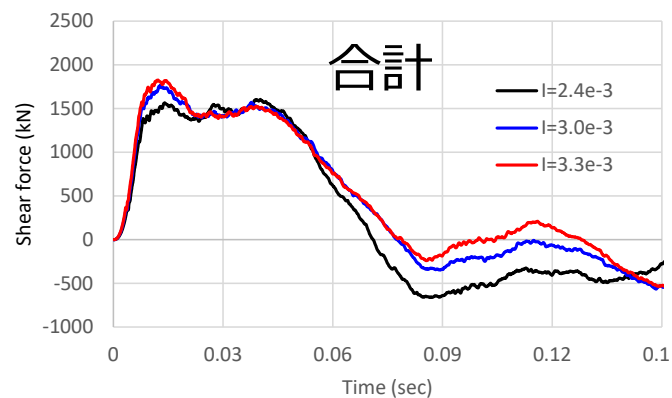
1 : 2 グリッド (7.07m×14.14m)

(5) 上部架構崩落による衝撃作用 解析結果—梁端部せん断力

1 : 1グリッド



1 : 2グリッド



G : 小梁と平行方向の大梁の端部
 B : 小梁と直交方向の大梁の端部

(5) 上部架構崩落による衝撃作用 解析結果—梁端部せん断力

梁端部せん断力とせん断力比

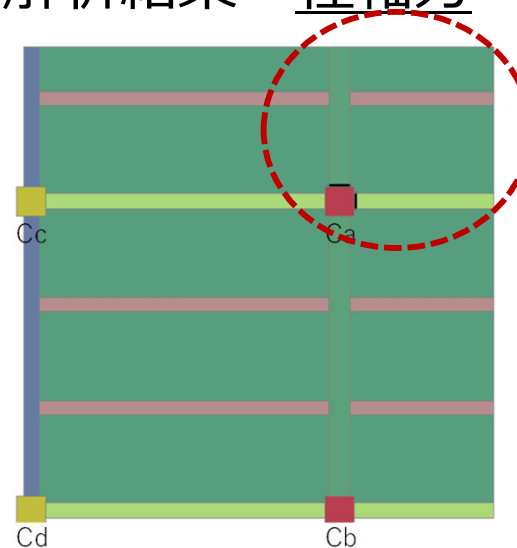
項目		1 : 1 グリッド			1 : 2 グリッド		
		G 梁	B 梁	合計	G 梁	B 梁	合計
せん断力 (kN)	一貫構造計算ソフト	53	151	204	36	169	205
	メゾネット換算値	24	69	93	16	77	93
	屋根換算値	17	49	68	12	55	62
	FEM(時刻 0 からの増分)	915	1797	2712	821	1590	1825
せん断力比	メゾネット	38	26	29	51	19	20
	屋根	53	37	40	68	27	29

部分的な木造架構の火災時損傷・倒壊に関する解析的検討

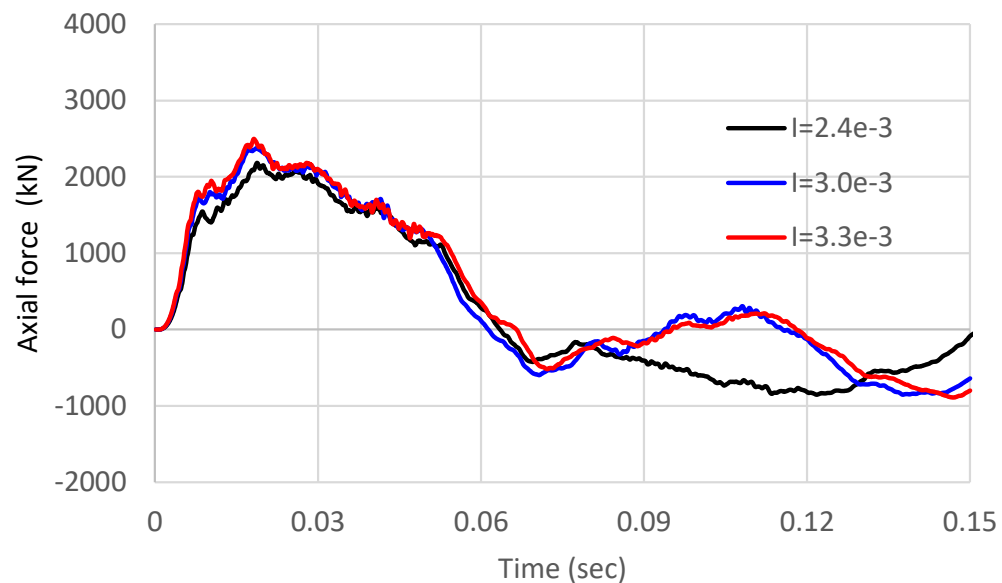
(5) 上部架構崩落による衝撃作用

上部架構崩落を受ける床を支える柱
Ca~Cdの位置の軸力を算出

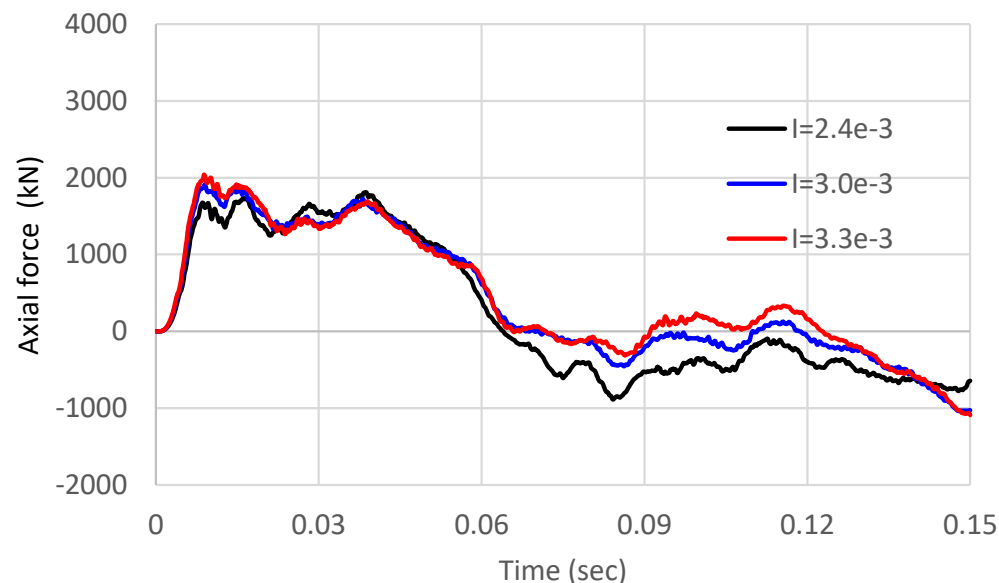
解析結果一柱軸力



柱軸力 (荷重直近Ca柱)



1 : 1 グリッド



1 : 2 グリッド^{4U}

(5) 上部架構崩落による衝撃作用 解析結果一柱軸力

柱軸力と軸力増幅比

項目		1 : 1 グリッド		1 : 2 グリッド	
		Ca 柱	合計	Ca 柱	合計
軸力 (kN)	一貫構造計算ソフト	216	193	217	193
	メゾネット換算値	98	88	99	93
	屋根換算値	70	63	70	63
	FEM(時刻 0 からの増分)	2434	2565	2040	2726
軸力増幅比	メゾネット	25	29	21	29
	屋根	35	41	29	43

(6) 解析まとめ

• 個別部材の衝突

- Degen式による貫通限界(破片飛散限界)以下では先端形状の影響は大きくない。
- 耐火層として30 mm設けた150+30mmスラブで常温150mmと同程度の耐衝突性能

• 架構崩落による衝突

- 試設計条件では、スラブの鉛直変位はデッキの脱落が疑われる150mm、スラブの崩壊に至る部材角 $1/15$ には到達しないと推測される
- 梁に作用するせん断力、柱に作用する軸力は静的載荷時(一貫構造計算ソフトで計算)の40倍程度であった。