

2. 5 (株)吉秀トラフィック／ライフデザイン・カバヤ(株)

2. 5. 1 建築物の仕様一覧

事業名		八幡市CLT倉庫建築プロジェクト		
実施者（担当者）		株式会社吉秀トラフィック（ライフデザイン・カバヤ株式会社）		
建築物の概要	用途	I類倉庫		
	建設地	京都府八幡市		
	構造・工法	CLTパネル工法＋大断面集成梁架構		
	階数	1		
	高さ（m）	12.5		
	軒高（m）	7.56		
	敷地面積（㎡）	4,499.24		
	建築面積（㎡）	1,319.18		
	延べ面積（㎡）	1,277.52		
	階別面積	1階	1,277.52	
	2階	-		
	3階	-		
CLTの仕様	CLT採用部位	壁		
	CLT使用量（㎡）	加工前製品量161.90㎡、建築物使用量122.87㎡		
	壁パネル	寸法	210mm厚	
		ラミナ構成	5層7プライ	
		強度区分	S60A	
	床パネル	樹種	スギ	
		寸法	-	
		ラミナ構成	-	
	屋根パネル	強度区分	-	
		樹種	-	
寸法		-		
木材	主な使用部位（CLT以外の構造材）	梁：欧州アカマツ集成材		
	木材使用量（㎡）※構造材、羽柄材、下地材、仕上材等とし、CLT以外とする	191.45㎡		
仕上	主な外部仕上	屋根	ガルバリウム鋼板（t=0.4）テヒラ葺き	
		外壁	木質系セメントケイ酸カルシウム板（厚16mm）	
		開口部	樹脂サッシ防火戸＋二層複層ガラス	
	主な内部仕上	界壁	-	
		間仕切り壁	-	
床	土間コンクリート下地塗装仕上げ			
天井	木質系セメントケイ酸カルシウム板（厚16mm）			
構造	構造計算ルート	ルート2		
	接合方法	基礎-CLT耐力壁：引張金物＋せん断金物（オジナル金物） CLT耐力壁-大断面集成梁：せん断金物＋引きボルト 大断面集成梁中間部：プレート金物＋ドリフトピン接合		
	最大スパン	17.7m		
	問題点・課題とその解決策	構造計画CLT壁柱（210mm）をダブル壁としてスパン方向に設置、奥行方向はCLTパネルを耐力壁として直交方向に接合する構成としたが梅雨時期の施工ということもありCLTの厚み方向に1～2mmの膨らみが出てしまい、遊びの無い部分でかなり無理をして設置することとなった。 設計段階で厚み方向の製品誤差を考慮する必要あり。		
防火	防火上の地域区分	その他地域		
	耐火建築物等の要件	使用用途がI類倉庫となるため準耐火建築物の規定あり		
	本建築物の防耐火仕様	45分準耐火構造		
問題点・課題とその解決策	建築主は木質感を現したいという要望があったが被覆をせざるを得なくなった。 壁天井をケイ酸カルシウム板で被覆したが、一部がガラス張りにして構造躯体が見えるように配慮した。			
温熱	建築物省エネ法の該当有無	該当なし		
	温熱環境確保に関する課題と解決策	特に無し		
	主な断熱仕様（断熱材の種類・厚さ）	屋根（又は天井）	-	
		外壁	-	
床		-		
遮音性確保に関する課題と解決策	特に無し			
施工	建て方における課題と解決策	CLTパネルサイズが6.24m×1～2.71mと大型でかつ1辺が33m×42mと大規模のため施工上の数mmの誤差が吸収し難い。 設計段階からどこかに遊びを設ける考慮が必要。		
	給排水・電気配線設置上の工夫	特に無し		
	劣化対策	住宅と同様に外装材には通気層を設置した。		
工程	設計期間	2023年4月～5月（2カ月）		
	施工期間	2023年5月～2023年9月（4.5カ月）		
		CLT躯体施工期間	2023年7月1日～21日（3週間）	
竣工（予定）年月日	2023年9月12日			
体制	発注者	株式会社 吉秀トラフィック		
	設計者（複数の場合はそれぞれ役割を記載）	基本設計、実施設計：クミ建設株式会社		
	構造設計者	ライフデザイン・カバヤ株式会社		
	施工者	クミ建設株式会社		
	CLT供給者	銘建工業株式会社		
ラミナ供給者	銘建工業株式会社			

2. 5. 2 実証事業の概要

実証事業名：八幡市 CLT 倉庫建築プロジェクト

建築主等／協議会運営者：株式会社 吉秀トラフィック／ライフデザイン・カバヤ株式会社

1. 実証した建築物の概要

用途	倉庫			
建設地	京都府八幡市			
構造・工法	CLT 工法＋大断面集成材架構			
階数	1			
高さ (m)	12.5	軒高 (m)	7.56	
敷地面積 (m ²)	4,499	建築面積 (m ²)	1,319	
階別面積	1階	1,278	延べ面積 (m ²)	1,278
	2階	—		
	3階	—		
CLT 採用部位	壁			
CLT 使用量 (m ³)	加工前製品量 161.90 m ³ 、加工後建築物使用量 122.87 m ³			
CLT を除く木材使用量 (m ³)	191.44 m ³			
CLT の仕様	(部位)	(寸法 / ラミナ構成 / 強度区分 / 樹種)		
	壁	210mm 厚/5 層 7 プライ/S60A /スギ		
	床	—		
	屋根	—		
設計期間	2023 年 4 月～5 月 (2 カ月)			
施工期間	2023 年 5 月～2023 年 9 月 (4.5 ヶ月)			
CLT 躯体施工期間	2023 年 7 月 1 日～21 日 (3 週間)			
竣工年月日	2023 年 9 月 12 日			

2. 実証事業の目的と設定した課題

倉庫建築では従来当たり前に選ばれていた鉄骨造との競合に勝ち建築の機会がえられ、建築実証ができることは今後の展開にも非常に価値がある。具体的には、CLT と大断面集成材を組合せた大スパンラーメンフレームは倉庫建築を問わず大規模木造建築に応用可能なアイテムとして設計及び建築実証の価値が高い。加えて鉄骨造を超える短工期化を目指し、事業主へのメリットを実証できることも価値が高い。課題は以下のとおり。

- ・ CLT と大断面集成材を組合せた大スパンラーメンフレームの構造設計と施工手順
- ・ 分割した大断面集成材の接合方法と改善点
- ・ CLT 壁柱と CLT 耐力壁の施工方法と改善点
- ・ 鉄骨造と比較した建て方工期の短縮

3. 協議会構成員

(設計) タクミ建設株式会社：山口洋子

(計画全般及び構造設計、BIM) ライフデザイン・カバヤ株式会社：市村直也、小宮秀則、
平田大祐、藤本和典（協議会運営者）

(施工) タクミ建設株式会社：山口龍史、

ライフデザイン・カバヤ株式会社：守谷和弘、竹内幸生

(材料) 銘建工業株式会社：西本将晴、ホリモク株式会社：堀井誠二

(金物) BX カネシン株式会社：中村益久

(監修) 京都大学：辻拓也

4. 課題解決の方法と実施工程

設計段階においてラーメンフレーム工法で検討していたが準耐火建築物の倉庫とする必要があり被覆前提となったこと、部材搬入の制限でスパンを分割する必要があったことにより、CLT の片持ち壁柱上に大断面集成梁を設置する方針に変更して接合方法を簡素化した。

木工事段階では、竣工日をずらせないこと、大断面集成材を含む梁の量が膨大であること等より、建て方日程、大断面集成材の加工日程、搬入日程の調整に重点を置き検討した。結果、現場作業をフル稼働させ、構造金物は現場取付とし全構造部材の早期納品が実現できた。建て方手順は BIM の施工シミュレーションを参考に、17.7m+15.5m を 3 分割一体集成梁を支保工を利用して上空で接合する方法を取った。また奥のラーメンフレームから架構を堅め、手前へとフレームを形成していく手順とした。同じフレームを 7 工区施工することで後半はスピードアップし実質 20 日間で終えることができた。

<協議会の開催>

令和 5 年 5 月 27 日：第 1 回開催、スケジュール確認、建て方に向けての課題検討

6 月 20 日：第 2 回開催、建て方、施工手順検討

8 月 1 日：第 3 回開催、木工事の検証、改善事項の抽出

<設計>

令和 5 年～5 月：実施設計

～5 月：構造設計

5 月：建築確認申請

<施工>

令和 5 年 4 月 12 日：工事契約

5 月 22 日：着工、基礎工事

7 月 1 日：木工事

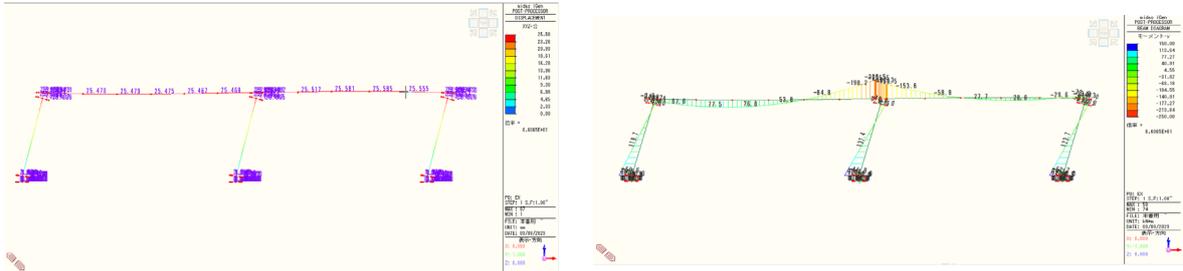
8 月 8 日：外装工事、内装工事、その他工事

9 月 12 日：竣工

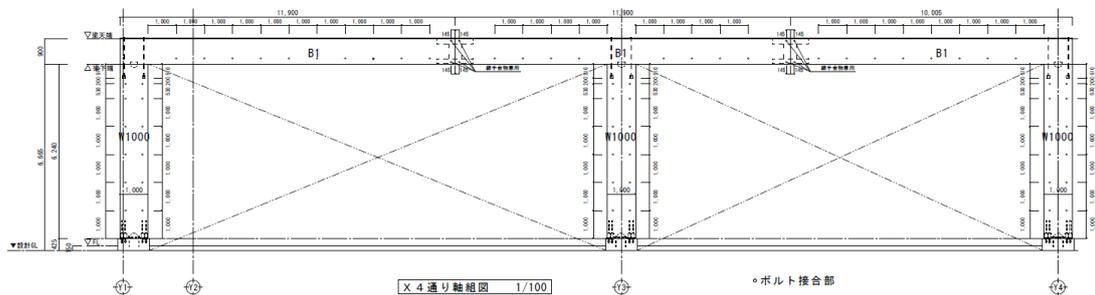
5. 得られた実証データ等の詳細

設定した課題において次の結果が得られた。

(1) 変形と応力解析結果 <ピン接合>

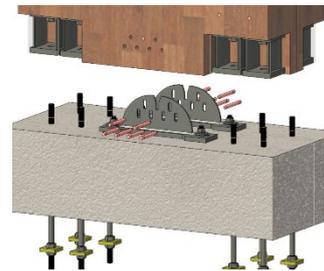
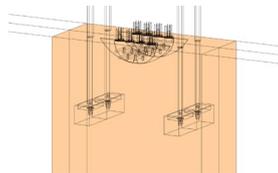
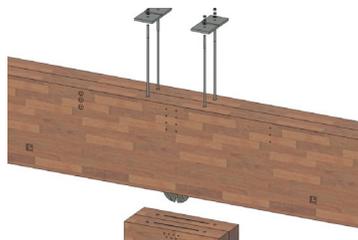


(2) CLT 壁柱+大断面集成材で構成される大スパン架構

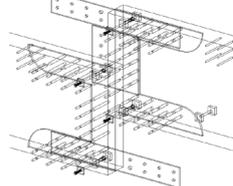
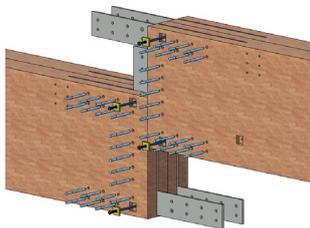


(3) CLT 脚部接合【右図】

(4) CLT 壁柱と大断面集成材接合



(5) 大断面集成材の中間接合



(2) CLT 工法+大断面集成材架構の鉄骨造との工期比較

当実証事業：基礎工事 6week、躯体工事 3week、内外装工事 5week、合計 14week

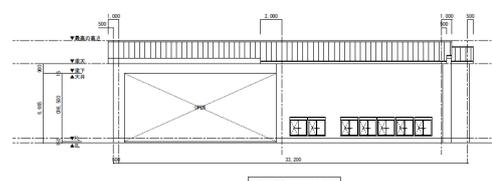
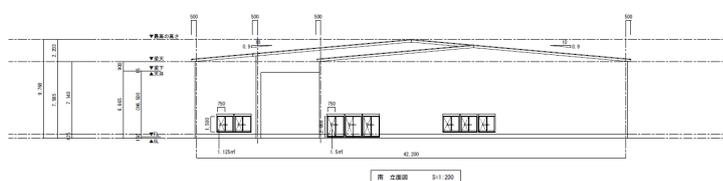
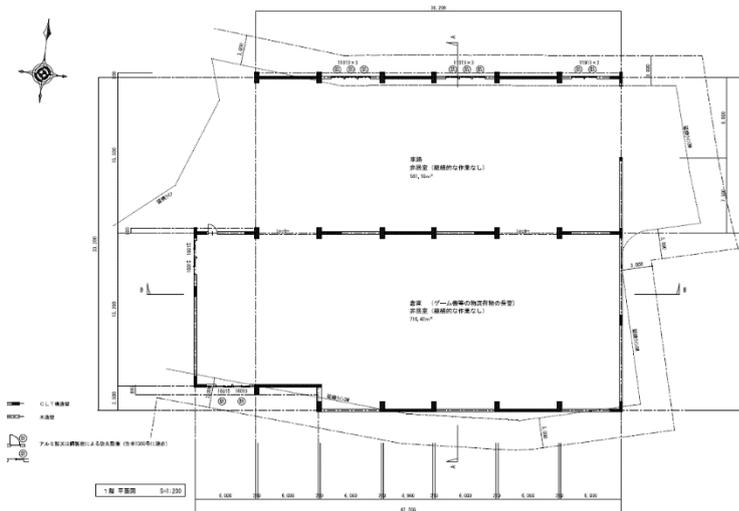
同等鉄骨造：基礎工事 11week、躯体工事 24week、内外装工事 17week、合計 52week

●CLT 工法にすることで 7 割程度の工期短縮に結びついた

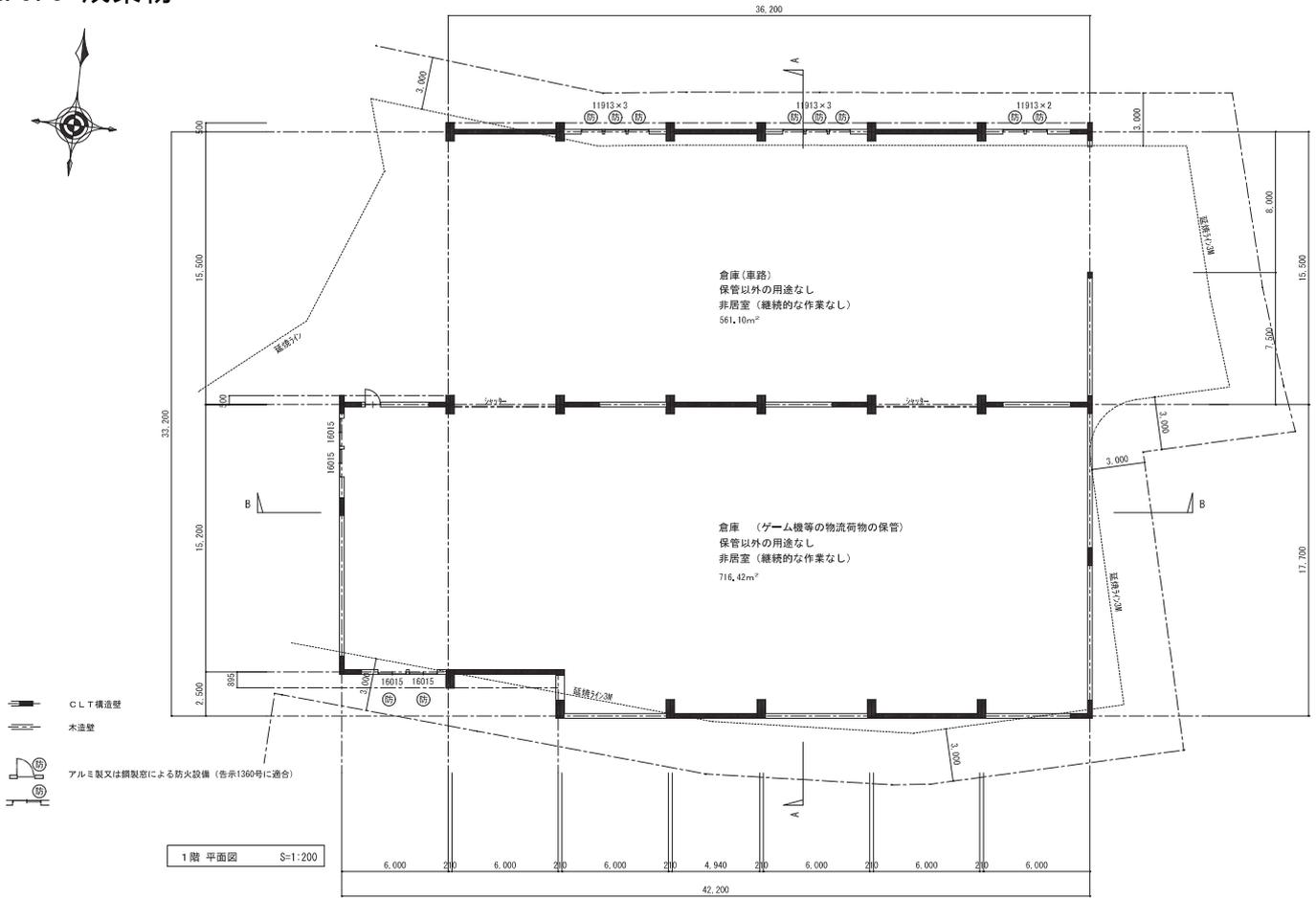
6. 本実証により得られた成果

CLT+大断面集成材を組合せることで桁高さ 7.5m、最大スパン 17.7m の大空間の建築実証をすることができた。当初ラーメンフレーム工法で検討していたが準耐火建築物の倉庫とする必要があり被覆前提となったこと、部材搬入の制限でスパンを分割する必要があったことにより、CLT の片持ち壁柱上に大断面集成梁を分割で設置する方針に変更して設計を行った。結果分割梁の接合及び CLT 壁柱と梁の接合を非常に簡易なものとしることができ、鉄骨造と同等コストで建設することができた。また実働 20 日間での建て方工期は鉄骨造を上回る短工期化が工期短縮の課題が見えることになる。大型倉庫或いは大スパン構造を必要とする次の建築に活かせるノウハウを得ることができ、資材高騰や品薄感のある鉄骨造への対抗馬としての道が拓ける。

7. 建築物の平面図・立面図・写真等



2.5.3 成果物



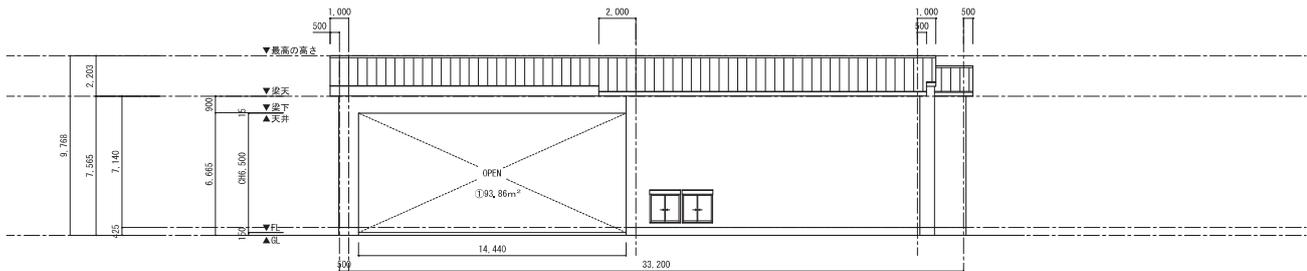
TSarchitects

一級建築士事務所 株式会社 TSアーキテクト

Project 株式会社吉秀トラフィック様CLT倉庫新築計画

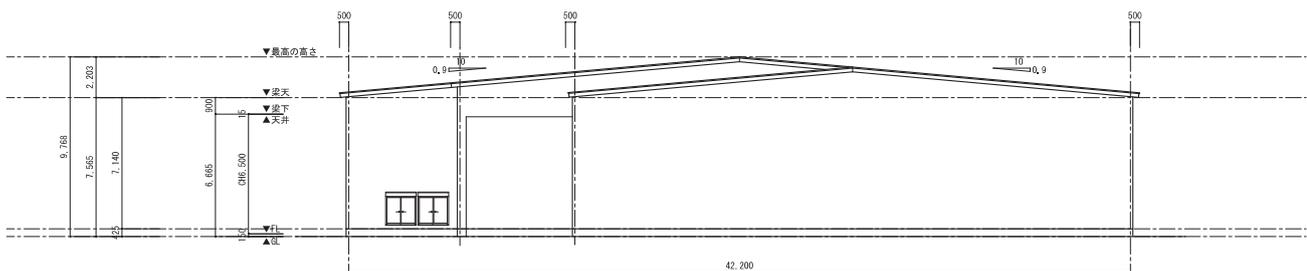
一級建築士事務所 京都府知事 (05A) 第01802号 一級建築士登録 第270636号 高田 卓哉

Drawing 平面図 SCALE 1:200



* 消防無償の様計

1階 1277.52/30=42.584
開口面積 93.88+46.28=140.14m²
140.14 > 42.584 ...普通層
内装は全て難燃以上



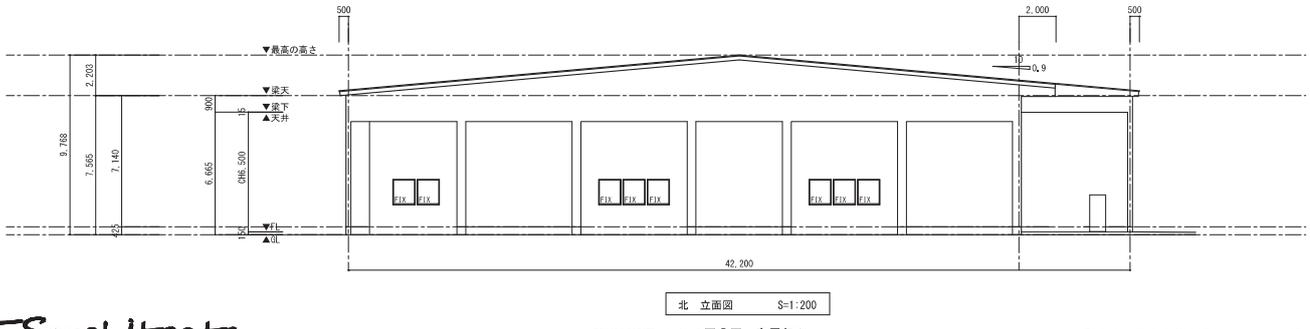
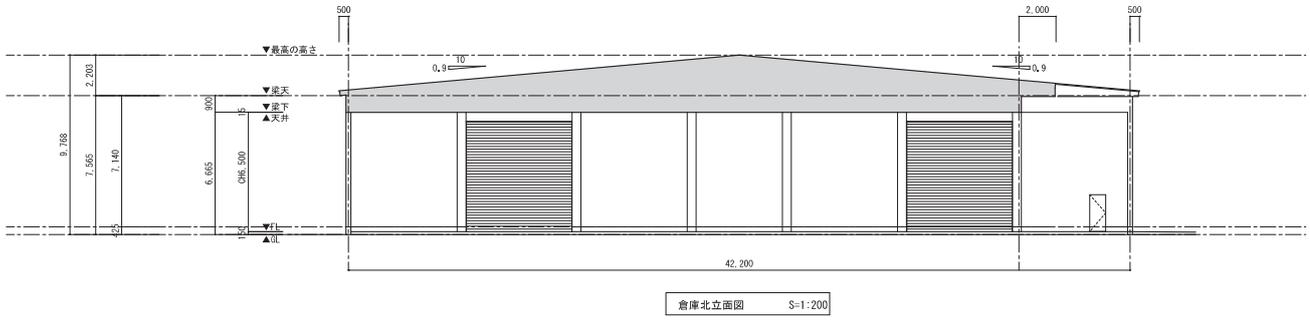
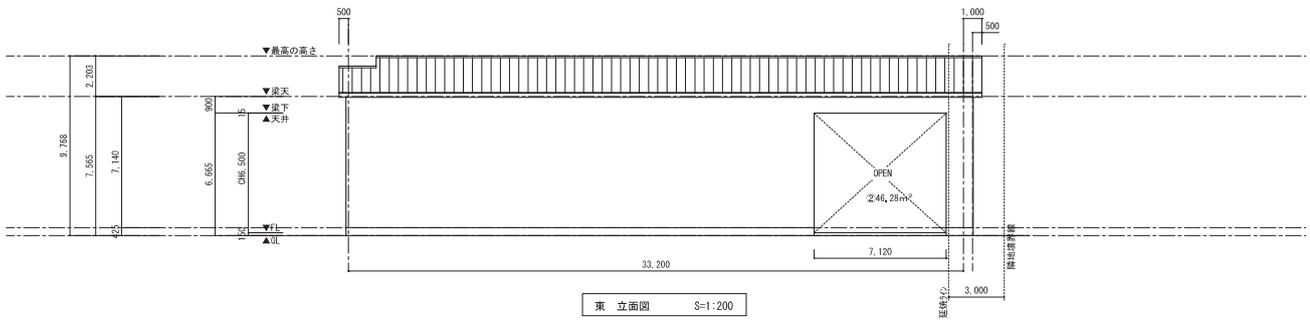
TSarchitects

一級建築士事務所 株式会社 TSアーキテクト

Project 株式会社吉秀トラフィック様CLT倉庫新築計画

一級建築士事務所 京都府知事 (05A) 第01802号 一級建築士登録 第270636号 高田 卓哉

Drawing 立面図 (1) SCALE 1:200



TSarchitects

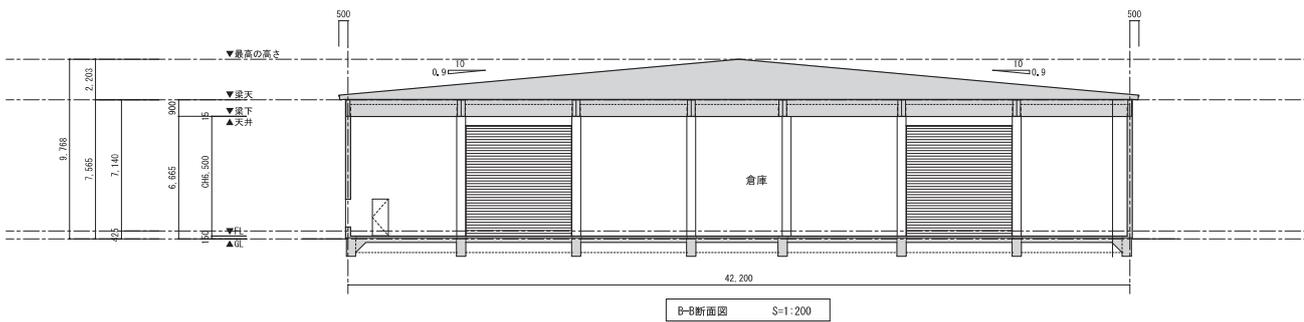
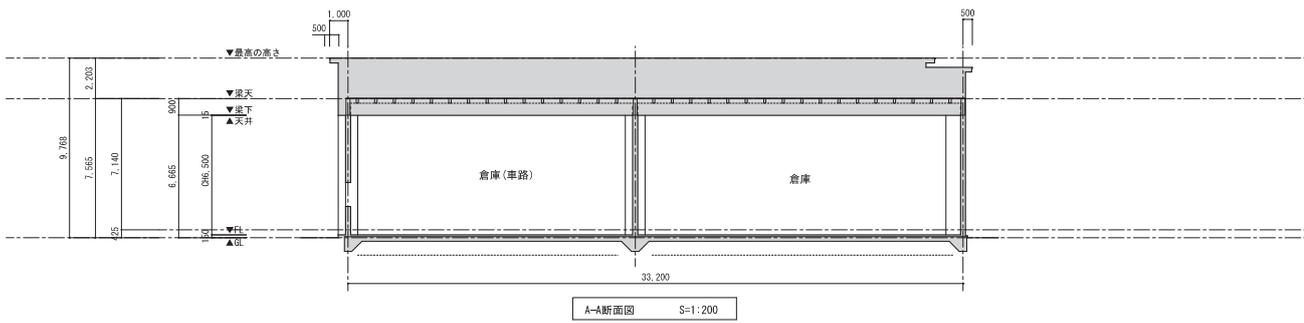
一級建築士事務所 株式会社 **TSアーキテツ**

Project 株式会社吉秀トラフィック様CLT倉庫新築計画

一級建築士事務所 京都府知事 (05A) 第01802号 一級建築士登録 第270636号 高田 卓哉

Drawing 立面図 (2)

SCALE 1:200



TSarchitects

一級建築士事務所 株式会社 **TSアーキテツ**

Project 株式会社吉秀トラフィック様CLT倉庫新築計画

一級建築士事務所 京都府知事 (05A) 第01802号 一級建築士登録 第270636号 高田 卓哉

Drawing 断面図

SCALE 1:200

○概算壁量の算出 (地震力)

層	床面積A m ²	単位荷重 kN/m ²	層荷重W kN	負担荷重Σwi kN	ai	Ai	Ci	Qi kN	Pi kN
1	1277.52	3	3832.545	3832.545	1	1.00	0.20	766.51	766.51

$$Q_i = C_i \cdot \Sigma W_i$$

$$C_i = Z \cdot R_t \cdot A_i \cdot C_0$$

Qi : 地震層せん断力 (地震荷重)

ΣWi : 地震力算定用重量

Rt : 振動特性係数 = 1

C₀ : 標準せん断力係数 (= 0.2)

※建築基準法施行令第88条より

Ci : 地震層せん断力係数

Z : 地震地域係数 (= 1.0)

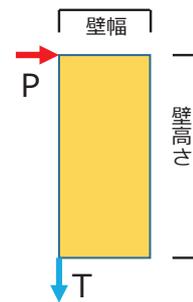
Ai : 層せん断力係数の分布係数

(概算用)

想定壁倍率	10倍
必要壁長さ (1階)	39.11m

(想定壁倍率概算用)

金物 短期許容引張耐力T	79.6 kN
金物個数	2個
壁幅	1m
負担M	159.2 kNm
壁高さ	6.5m
P	24.49 kN
壁倍率	12.50倍



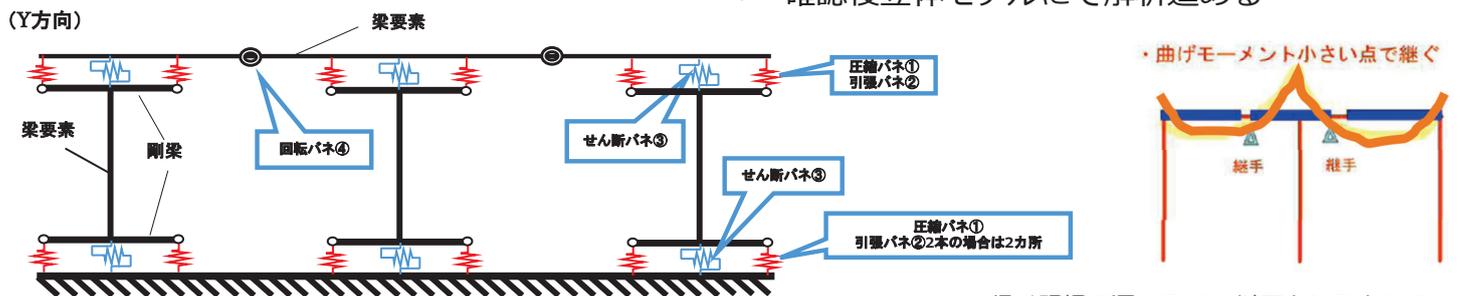
1

○フレーム検討

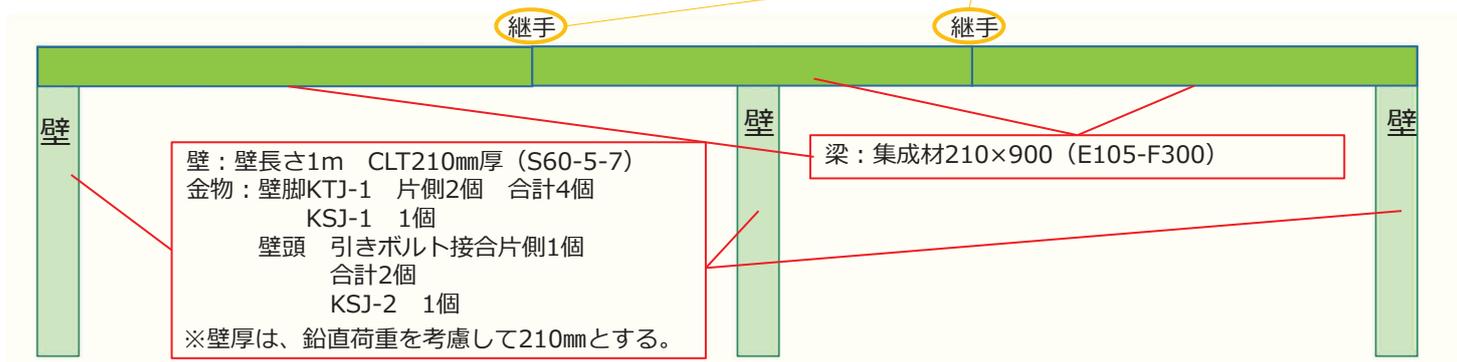
・Y方向は、CLT、大断面集成材を用いたラーメンフレームを検討

1フレームを解析により、負担幅、変形確認。→ 計算ルートは、CLTパネル工法ルート2を想定。

→ 確認後立体モデルにて解析進める

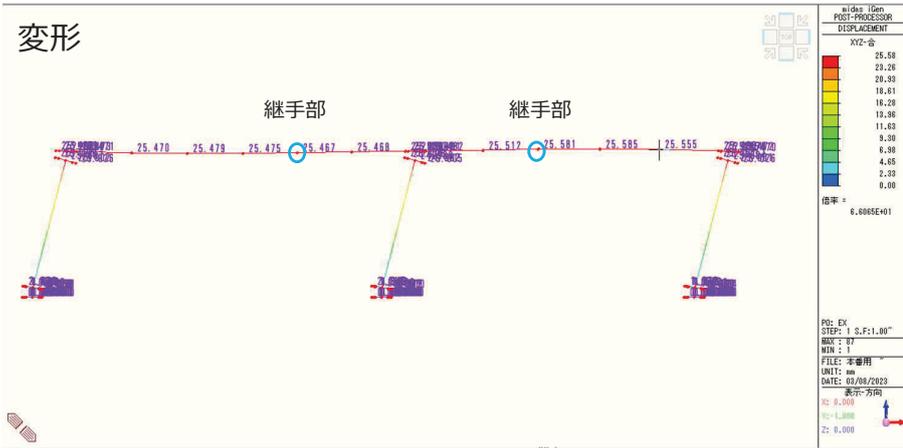


梁は現場に運べる12m以下となるように継手位置を検討



2

○解析結果 Y方向 (水平力負担幅3m時) 継手部分 ピン

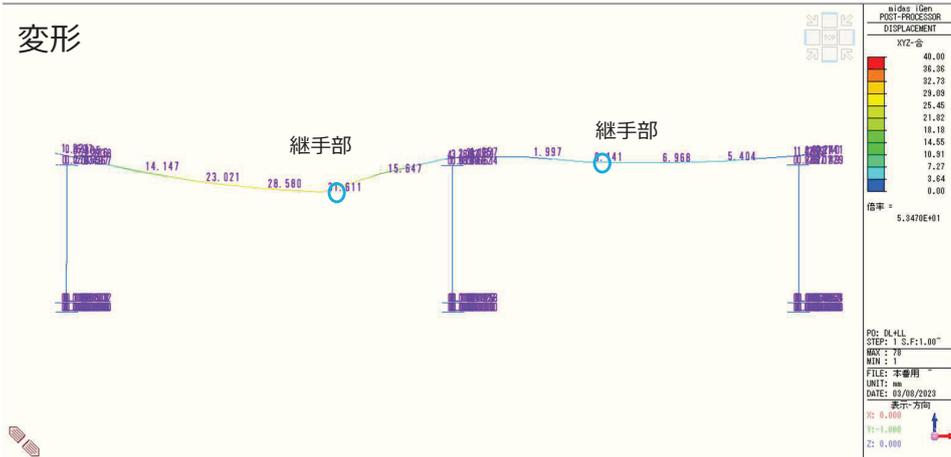


水平変位
25.58mm (1/361rad)
⇒負担幅3mにてOK

断面応力



○解析結果 Y方向 (鉛直力負担幅3m時) 継手部分 ピン



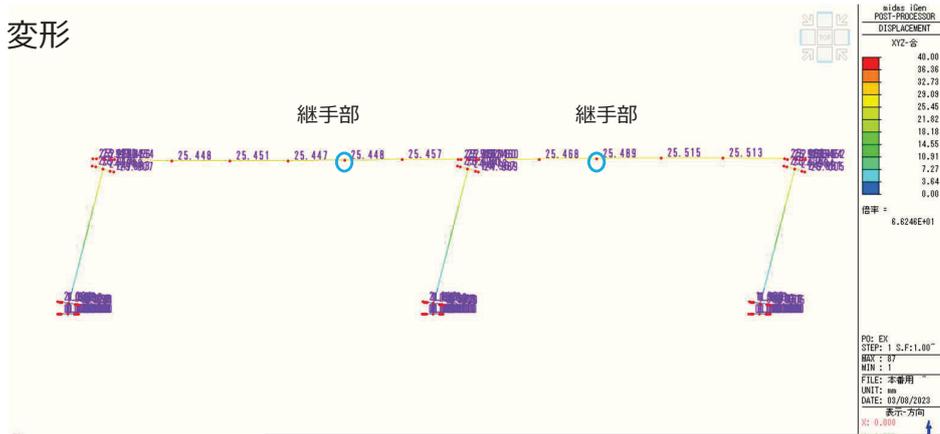
鉛直変位
31.611mm (1/531rad)
⇒負担幅3mにてOK

断面応力

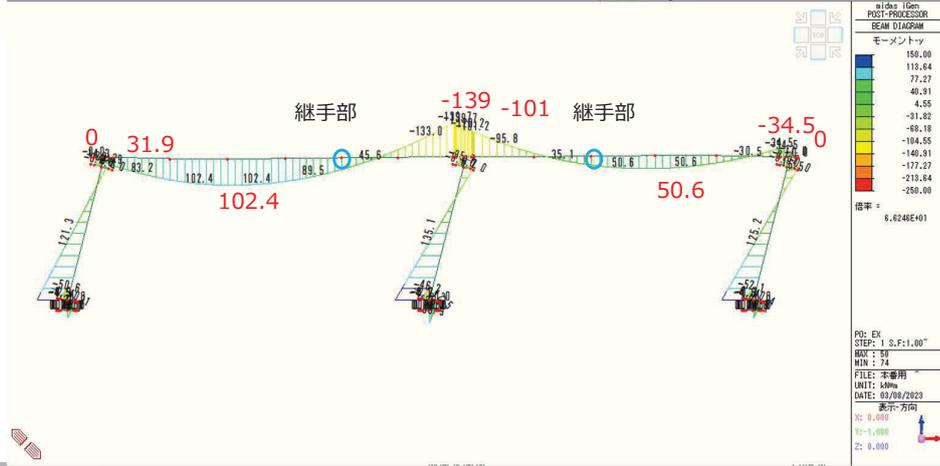


○解析結果 Y方向 (水平力負担幅3m時) 継手部分 ピンなし

変形

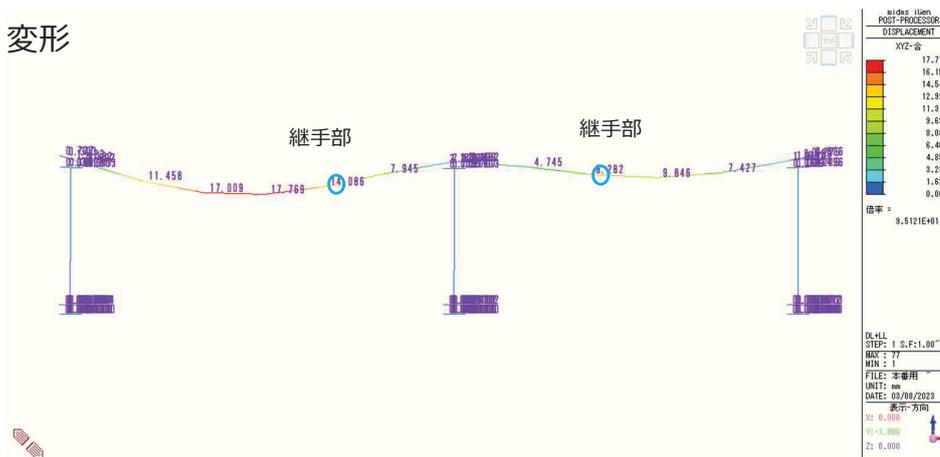


水平変位
25.51mm (1/361rad)
⇒負担幅3mにてOK



○解析結果 Y方向 (鉛直力負担幅3m時) 継手部分 ピンなし

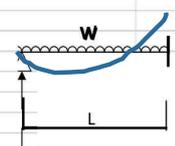
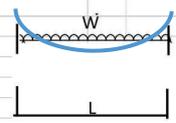
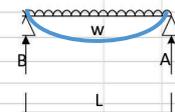
変形



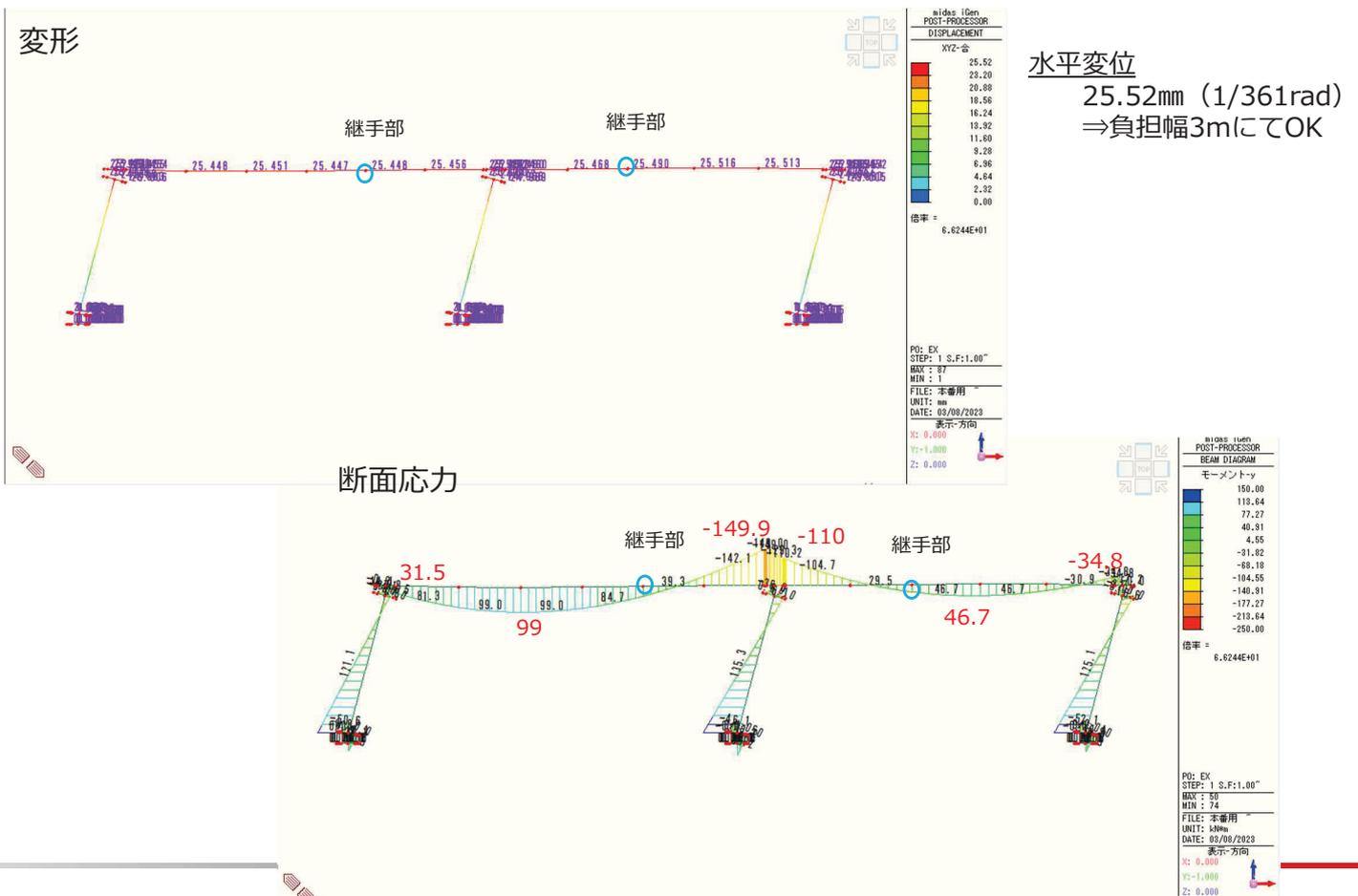
鉛直変位
17.77mm (1/956rad)
⇒負担幅3mにてOK



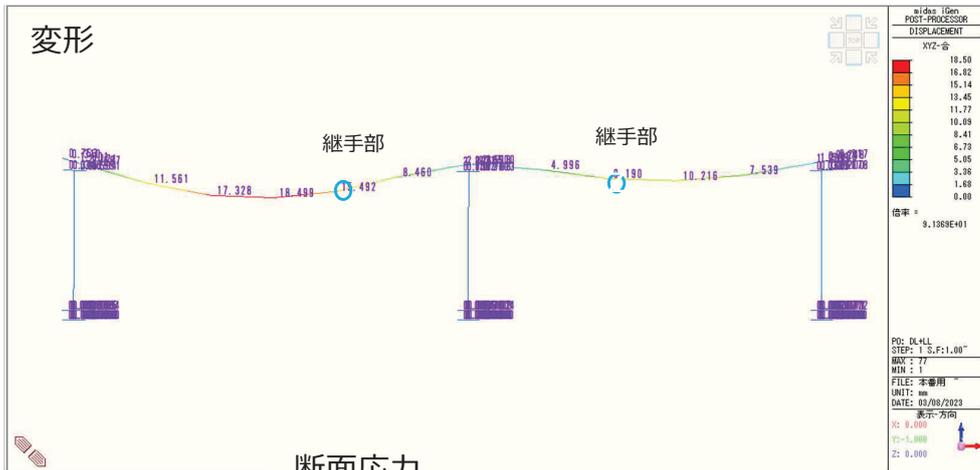
●室内側検討(単純梁)							
・G+P(長期)							
$Q=WL/2$	=		37170.0	=	37170.00	[N]	
$M=WL^2/8$	=		164477250.0	=	164477250.00	[N・mm]	
$\delta=5WL^4/384EI$	=		40.1	=	40.07	[mm]	
(検定)							
$\sigma/f_b=M/(Z*fb)$	=	0.54	<1	∴OK			
たわみ(1/400)	=	44.25	[mm]				
$\delta/たわみ(1/400)$	=	0.91	<1	∴OK			
$\tau/f_s=1.5*Q/(A*L*f_s)$	=	0.27	<1	∴OK			
・G+P+S(積雪短期)							
$Q=WL/2$	=		53100.00	=	53100.00	[N]	
$M=WL^2/8$	=		234967500.00	=	234967500.00	[N・mm]	
$\delta=5WL^4/384EI$	=		57.24	=	57.24	[mm]	
(検定)							
$\sigma/f_b=M/(Z*fb)$	=	0.53	<1	∴OK			
たわみ(1/150)	=	118.00	[mm]				
$\delta/たわみ(1/150)$	=	0.49	<1	∴OK			
$\tau/f_s=1.5*Q/(A*L*f_s)$	=	0.26	<1	∴OK			
○単純張り固定端							
固定 中央	$M=wl^2/24$		54825750.0	[N・mm]			
固定 端部	$M=wl^2/12$		-109651500.0	[N・mm]			
			164477250.0	[N・mm]			
たわみ	$\delta=WL^4/384EI$		8.0	[mm]			
○片側ピン片側固定							
反力	ピン 3/8WL		27877.5	[N]			
	固定 5/8WL		46462.5	[N]			
モーメント							
固定端	$wL^2/8$		164477250.0	[N・mm]			
最大	$9wL^2/128$		92518453.1	[N・mm]			
x地点	$wLx/8(3-4x/l)$		32130000.0	[N・mm]	x	12000	
たわみ	$wl^4/185EI$		16.6	[mm]			



○解析結果 Y方向(水平力負担幅3m時) 継手部分 接合部:回転剛性

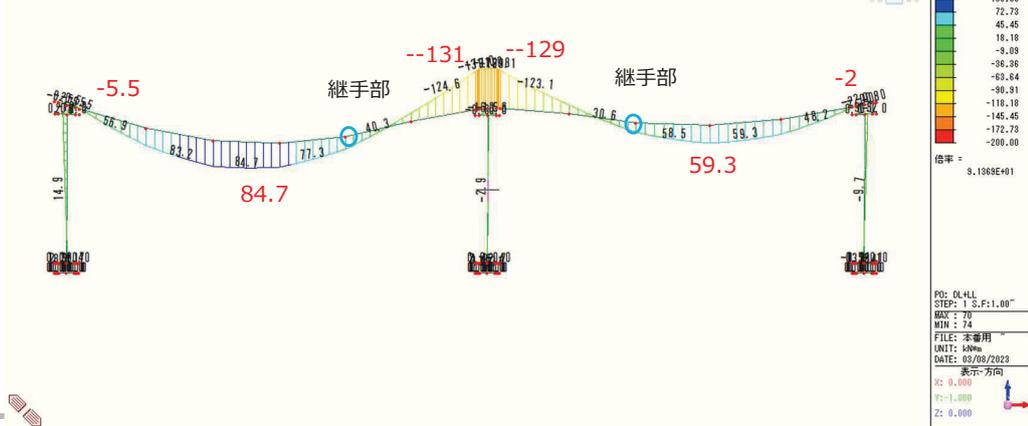


○解析結果 Y方向 (鉛直力負担幅3m時) 継手部分 ピンなし



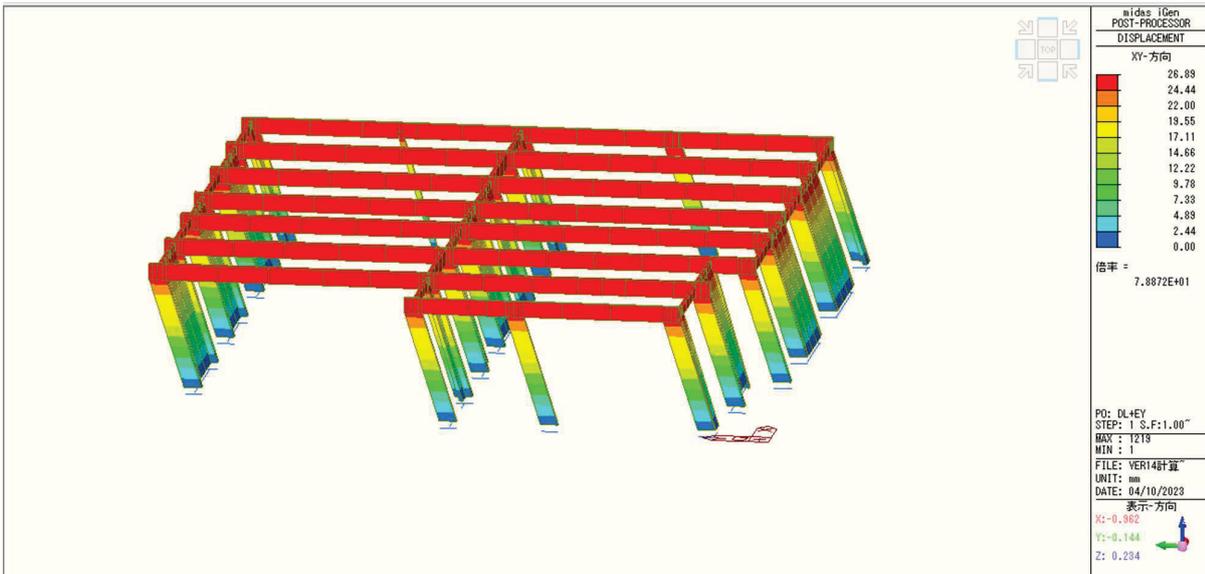
鉛直変位
18.499mm (1/918rad)
⇒負担幅3mにてOK

断面応力



○層間変形確認

DL+EY時



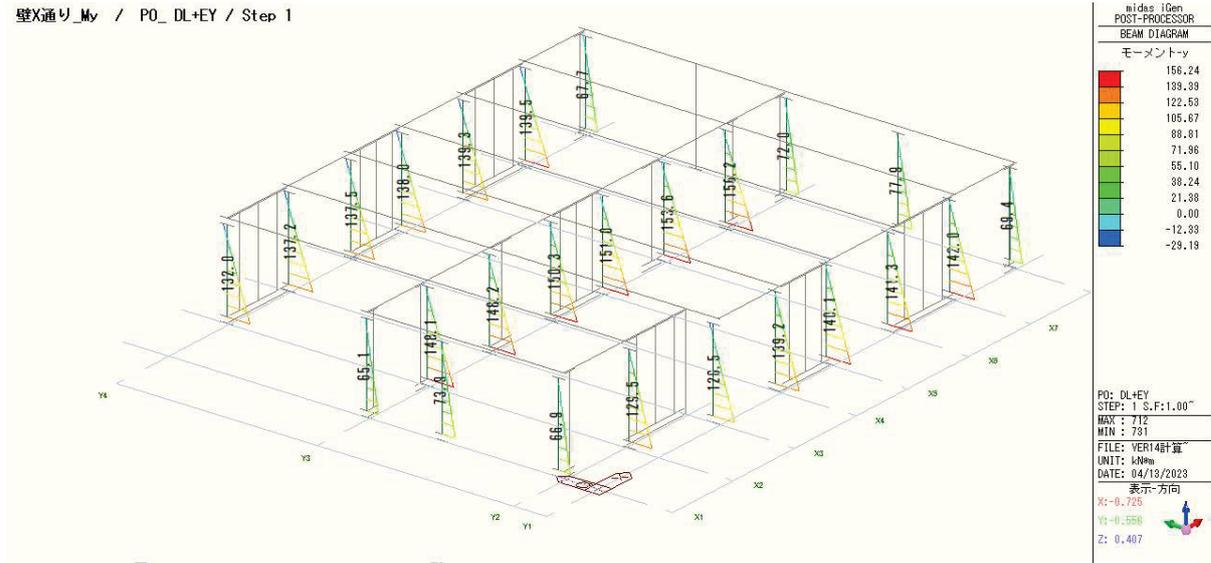
階	方向	変位 (mm)	変形角 (rad)	判定 (<1/200)	
1	X	+	11.19	1/636	OK
		-	11.29	1/630	OK
	Y	+	26.89	1/265	OK
		-	26.93	1/264	OK
構造階高 (m) :		7.115			

○壁負担応力

DL+EY時

M図

壁X通り_My / PO_DL+EY / Step 1



短期
X通り DL+EY時

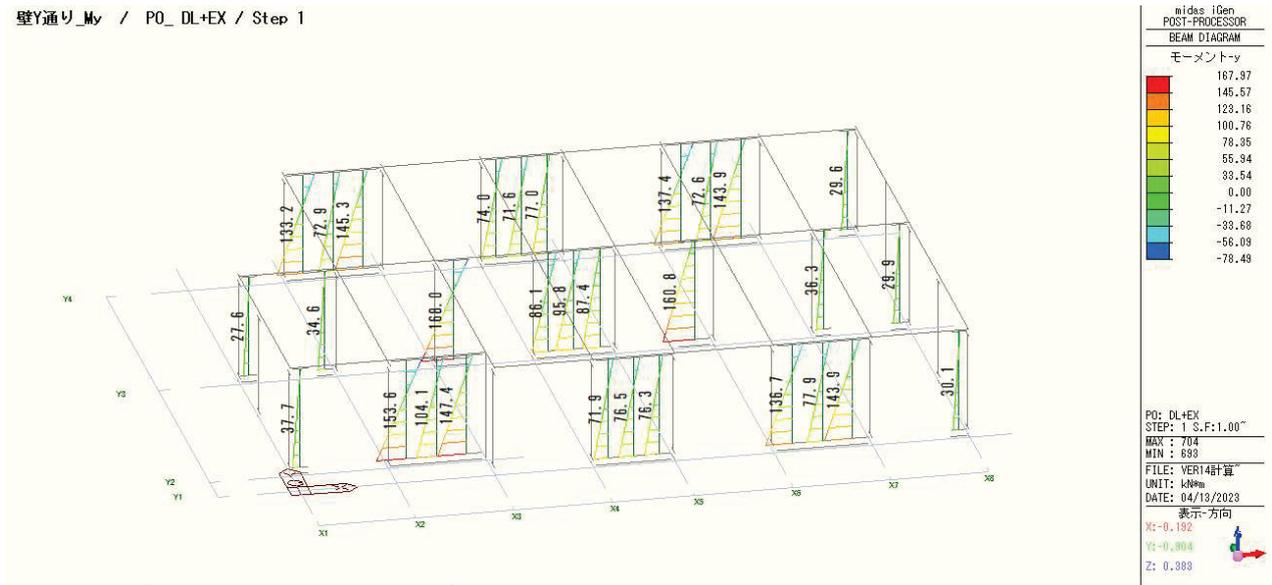
壁要素番号	通り	壁仕様	A	Z	N	M	σ_c	σ_t	σ_b	sfc	sft	sfb	検定比					
			mm ²	mm ³	kN	kN·m	N/mm ²	圧縮	引張	曲げ	合計	判定						
712	X7	W1000×2	420000	70000000	-152.70	156.20	0.73	-	4.46	7.71	5.71	7.71	0.09	-	0.58	0.67	<1.0	OK

○壁負担応力

DL+EX時

M図

壁Y通り_My / PO_DL+EX / Step 1



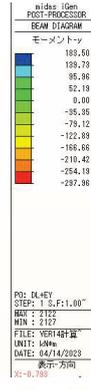
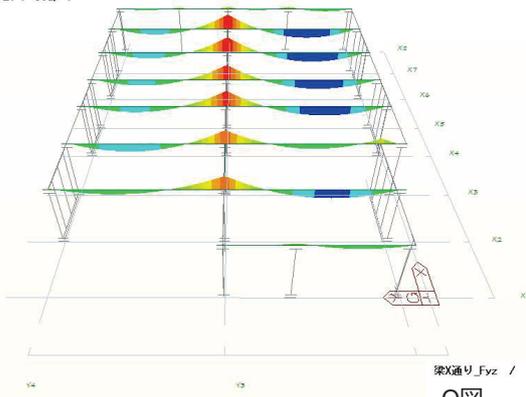
壁要素番号	通り	壁仕様	A	Z	N	M	σ_c	σ_t	σ_b	Lfc	Lft	Lfb	検定比					
			mm ²	mm ³	kN	kN·m	N/mm ²	圧縮	引張	曲げ	合計	判定						
704	Y3	W2000	420000	140000000	-98.56	168.10	0.47	-	4.80	7.71	5.71	7.71	0.06	-	0.62	0.68	<1.0	OK

○負担応力

DL時

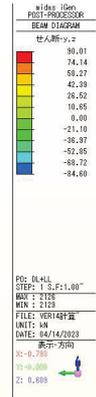
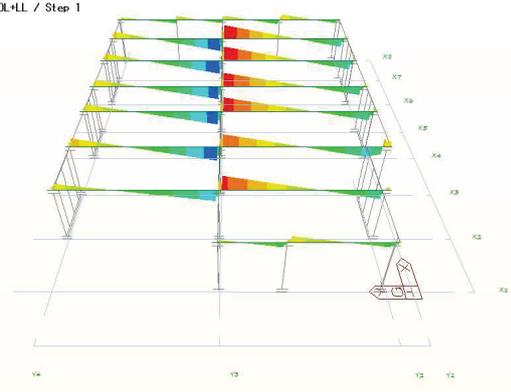
梁次通り M_y / PO_DL+EY / Step 1

M図



梁次通り F_{yz} / PO_DL+LL / Step 1

Q図

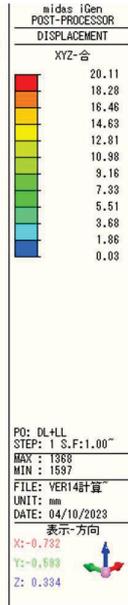
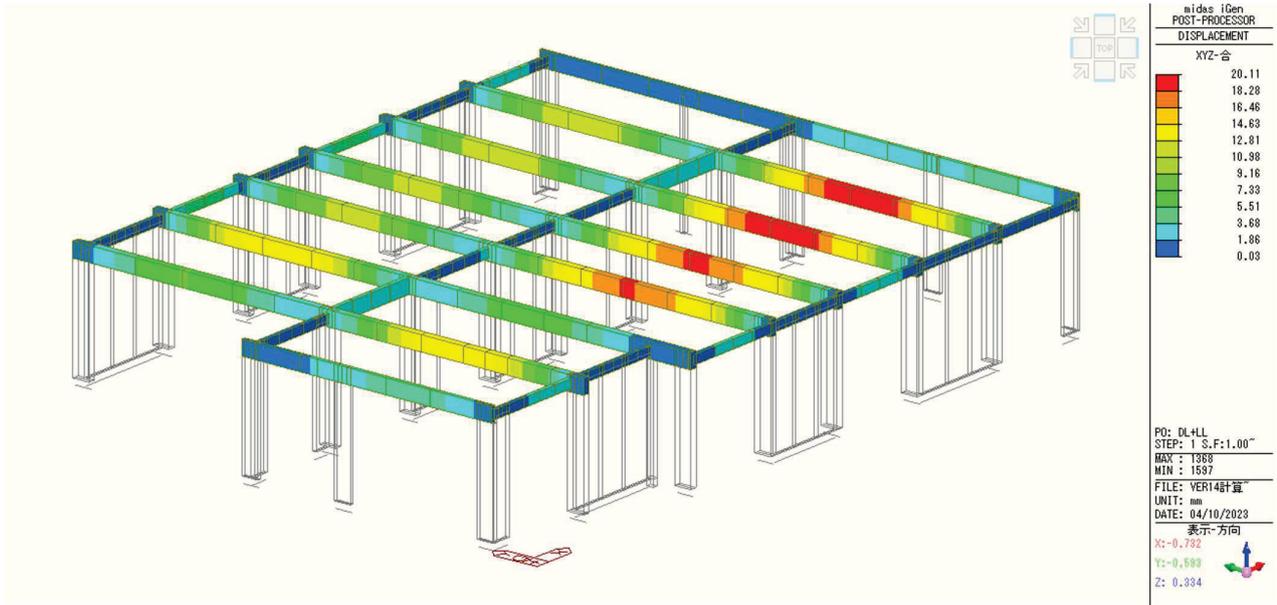


通り		部材	長期			
X	Y		Q [kN]	M [kN]	検定	
					Q [kN]	M [kN]
X 7	Y 1~継手	B210×900×2	55.43	175.90	0.13 < 1.00	0.29 < 1.00
	継手~Y3	B210×900×2	89.29	297.60	0.21 < 1.00	0.49 < 1.00
	Y3~継手	B210×900×2	83.85	297.30	0.20 < 1.00	0.49 < 1.00
	継手~Y4	B210×900×2	45.23	121.00	0.11 < 1.00	0.20 < 1.00

○たわみ

DL時

たわみ



最大
たわみ20.11mm (1/880rad)

○地震力

(地震力)

層	層荷重W	負担荷重Σwi	αi	Ai	Ci	Qi
	kN	kN				kN
1	2701.18	2701.18	1.00	1.00	0.20	540.24

$$a_i = \Sigma W_i / \Sigma W$$

$$A_i = 1 + (1/\sqrt{a_i} - a_i) \times (2T / (1 + 3T))$$

$$C_i = Z \times R_t \times A_i \times C_o$$

$$Q_i = C_i \times \Sigma W$$

(風圧力)

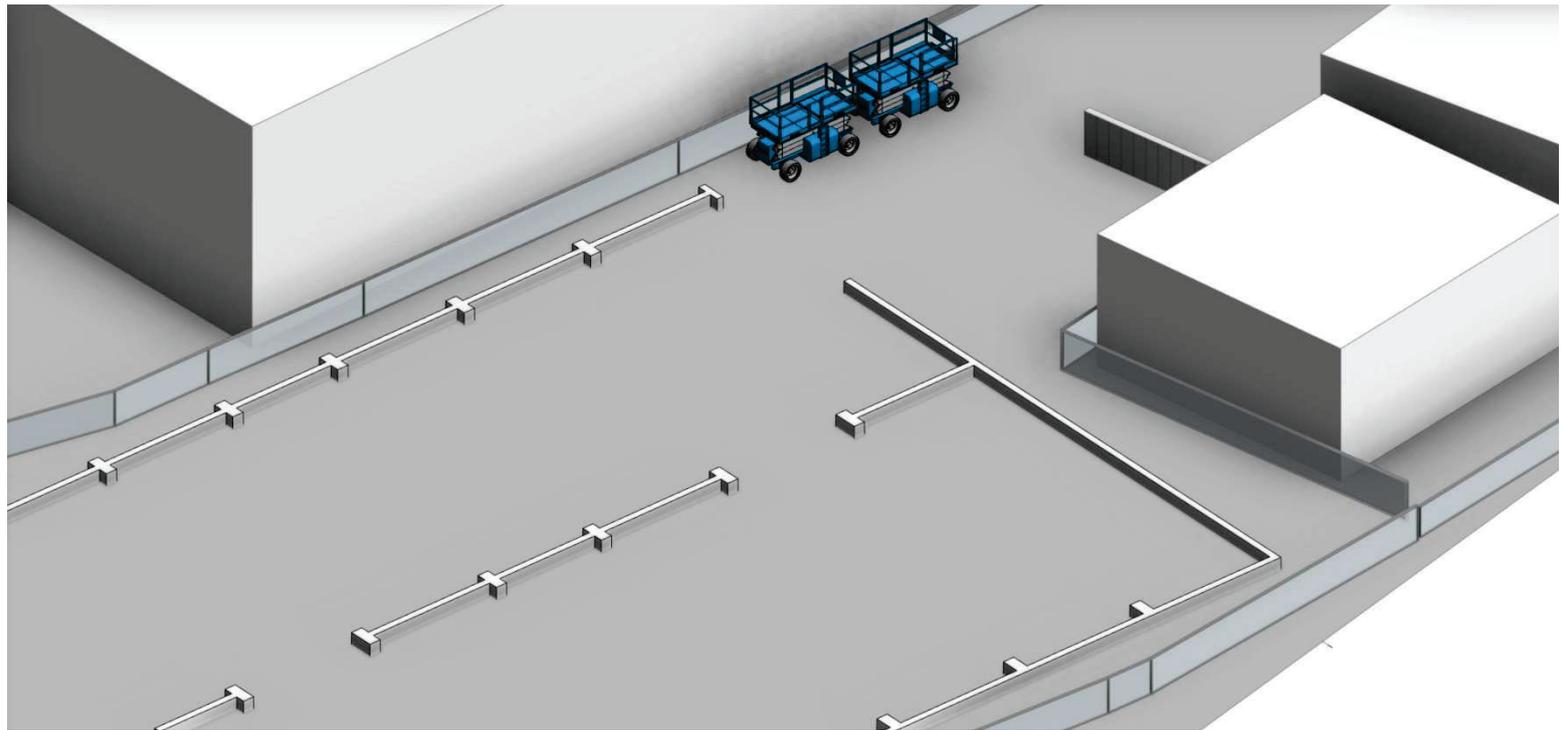
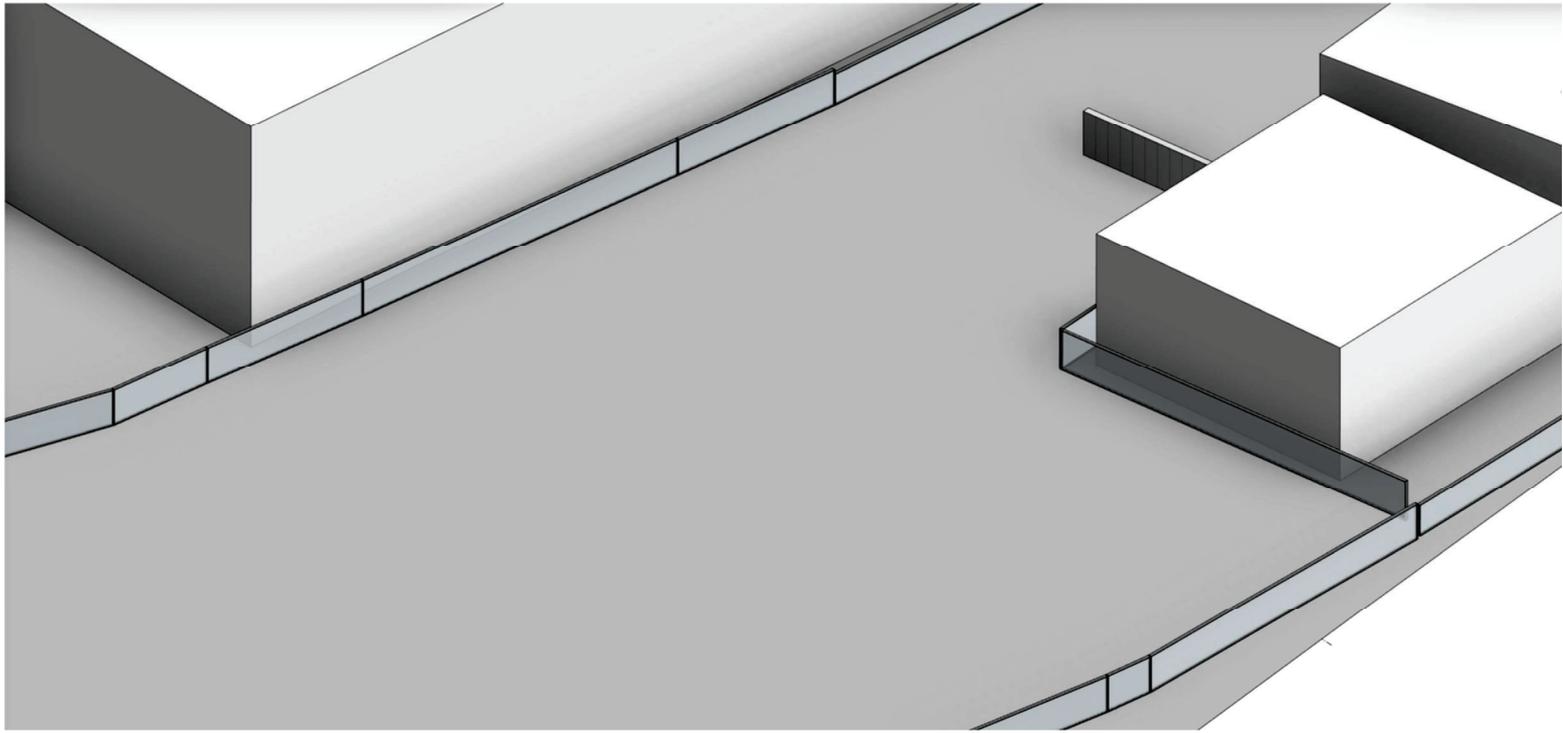
・ X方向

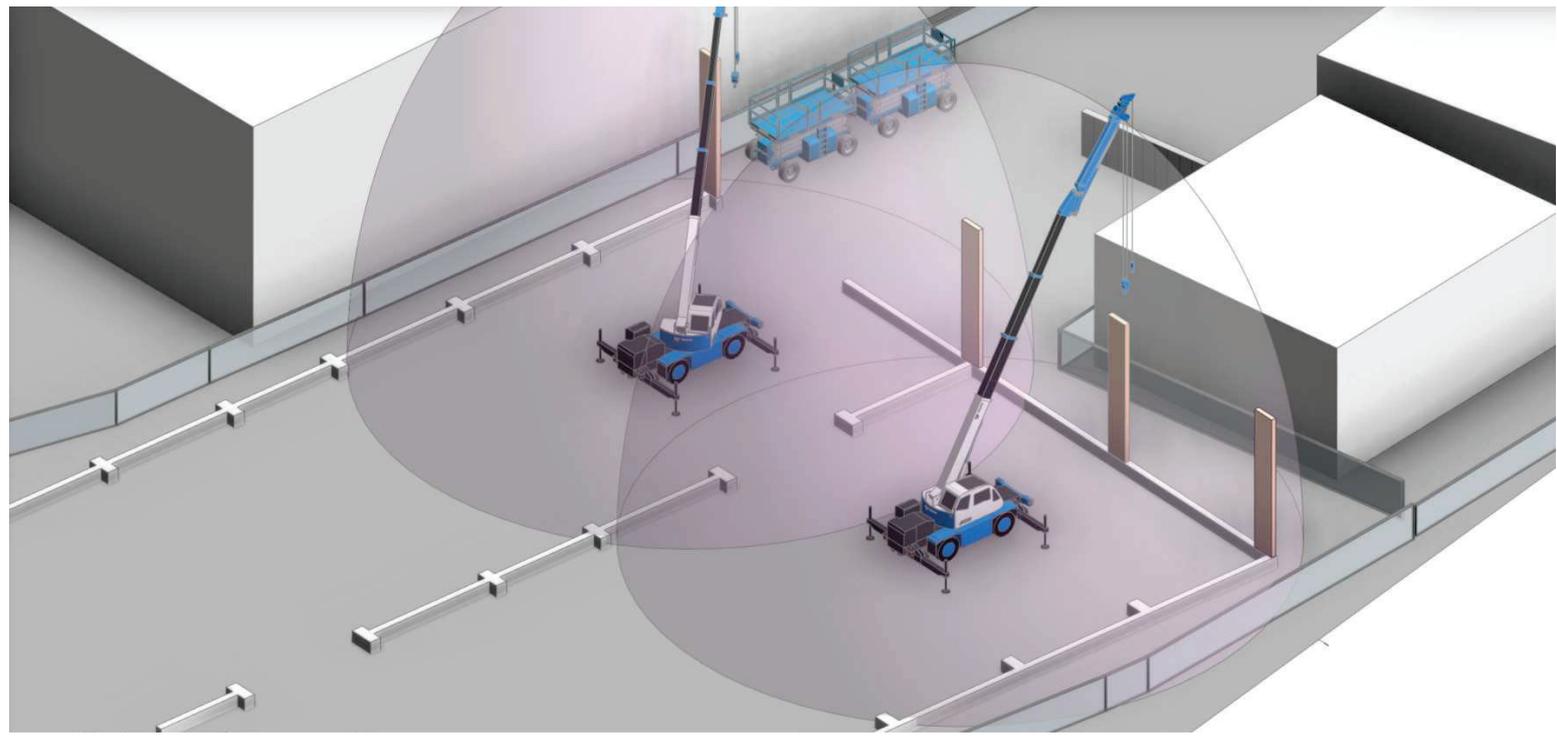
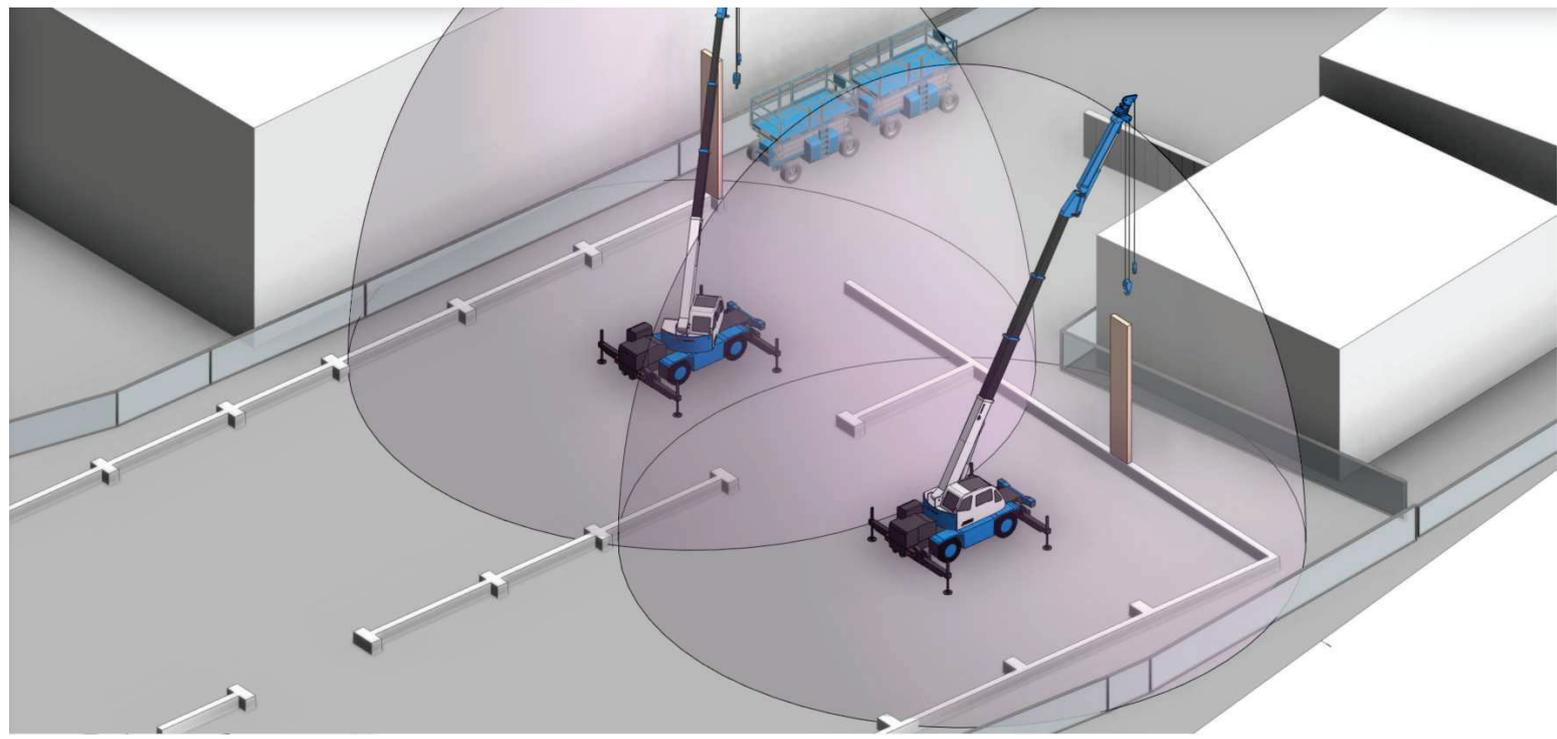
階	q	Cf	A			Pwi	Σ qwi
	N/m ²		m ²				
屋根	914.41	0.50	34.910 ×	2.203 =	76.907	35.16	35.16
1階	914.41	1.2	33.410 ×	7.565 =	252.747	277.34	312.50

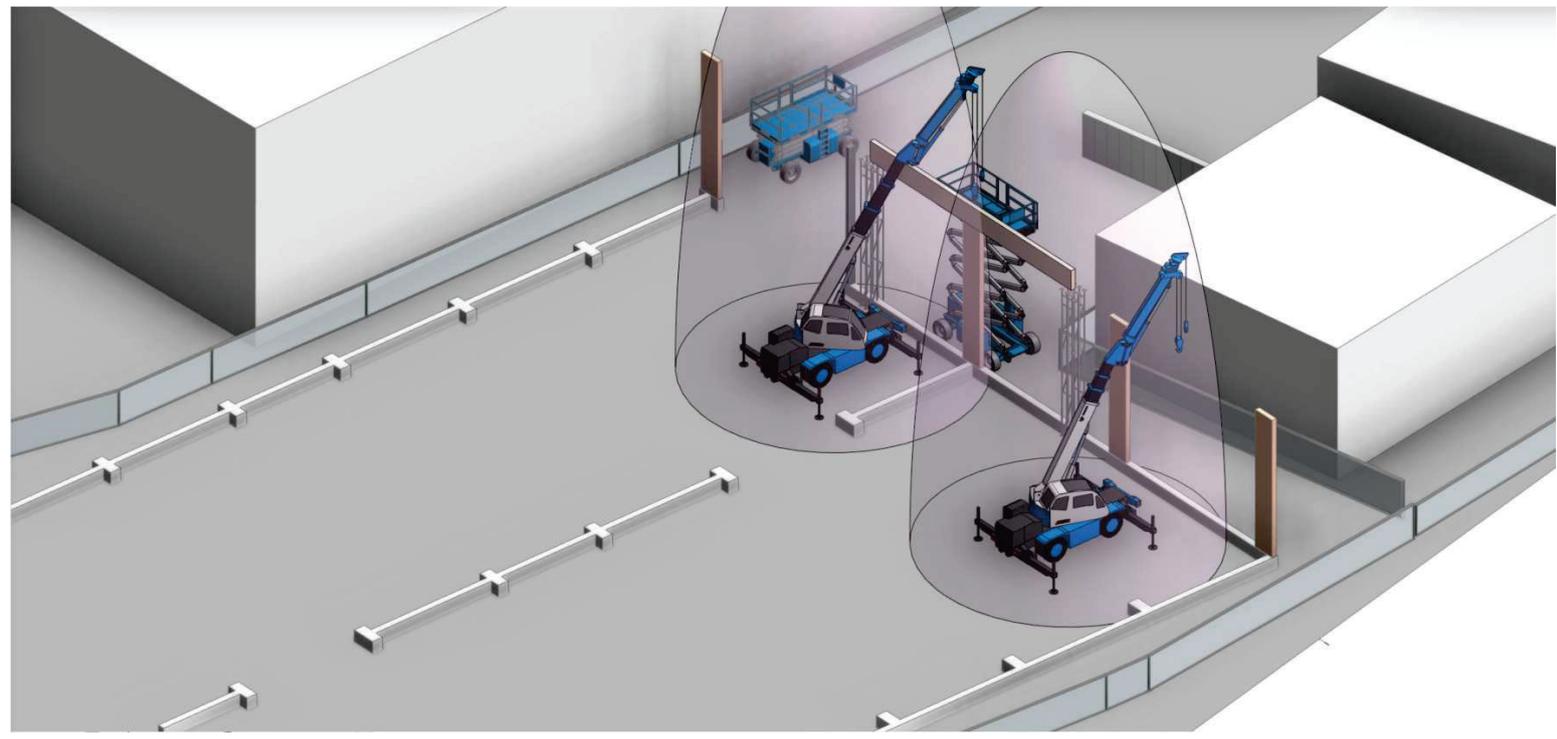
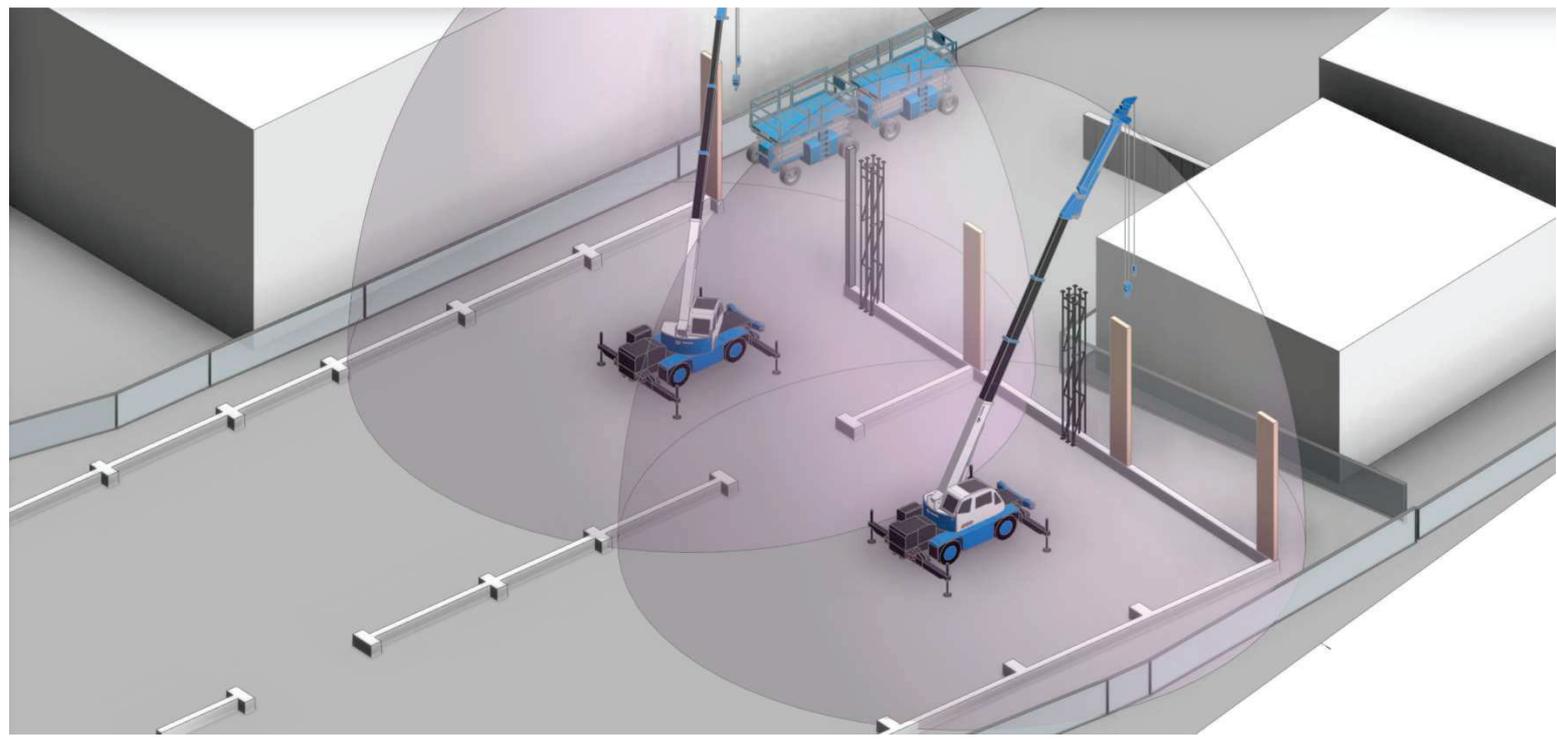
・ Y方向

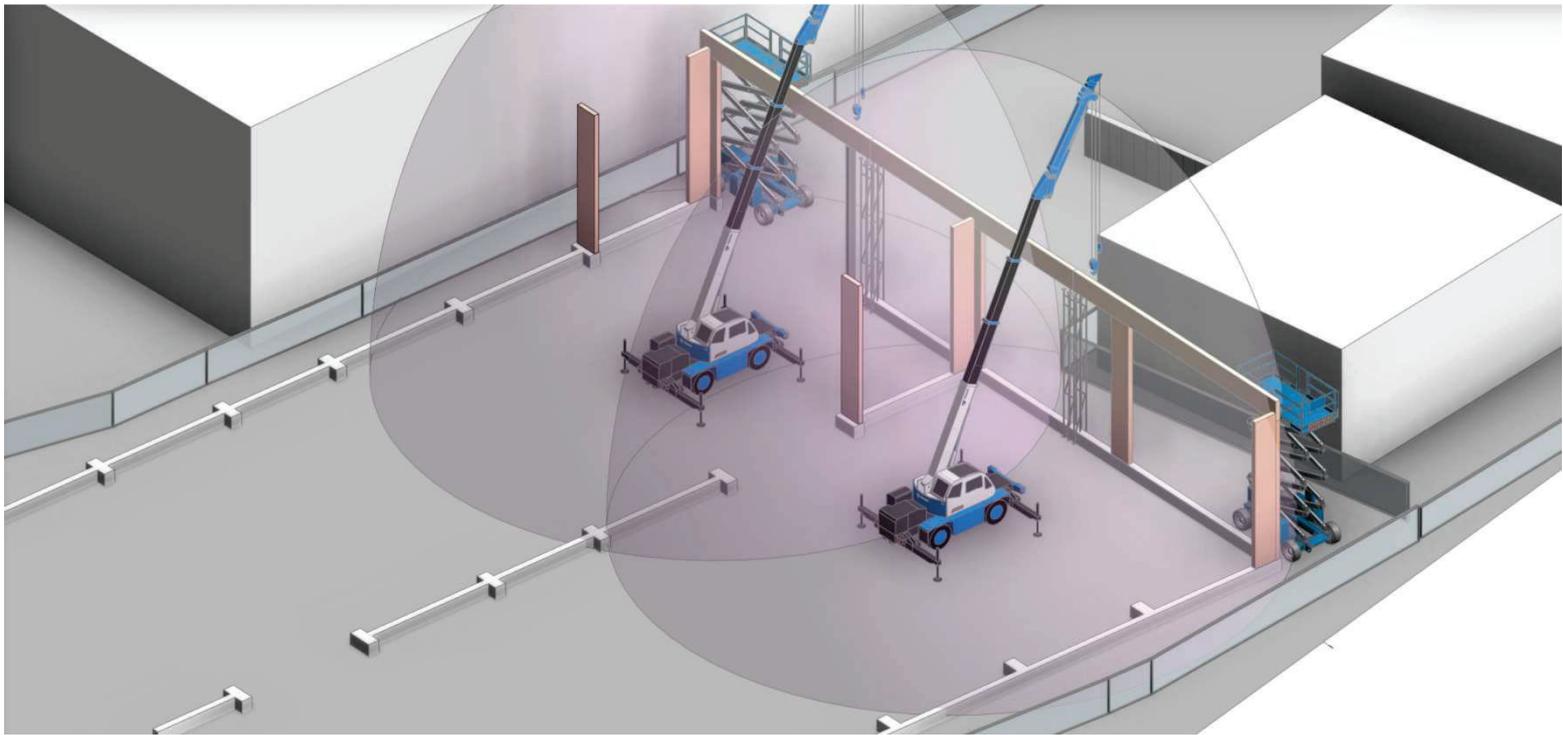
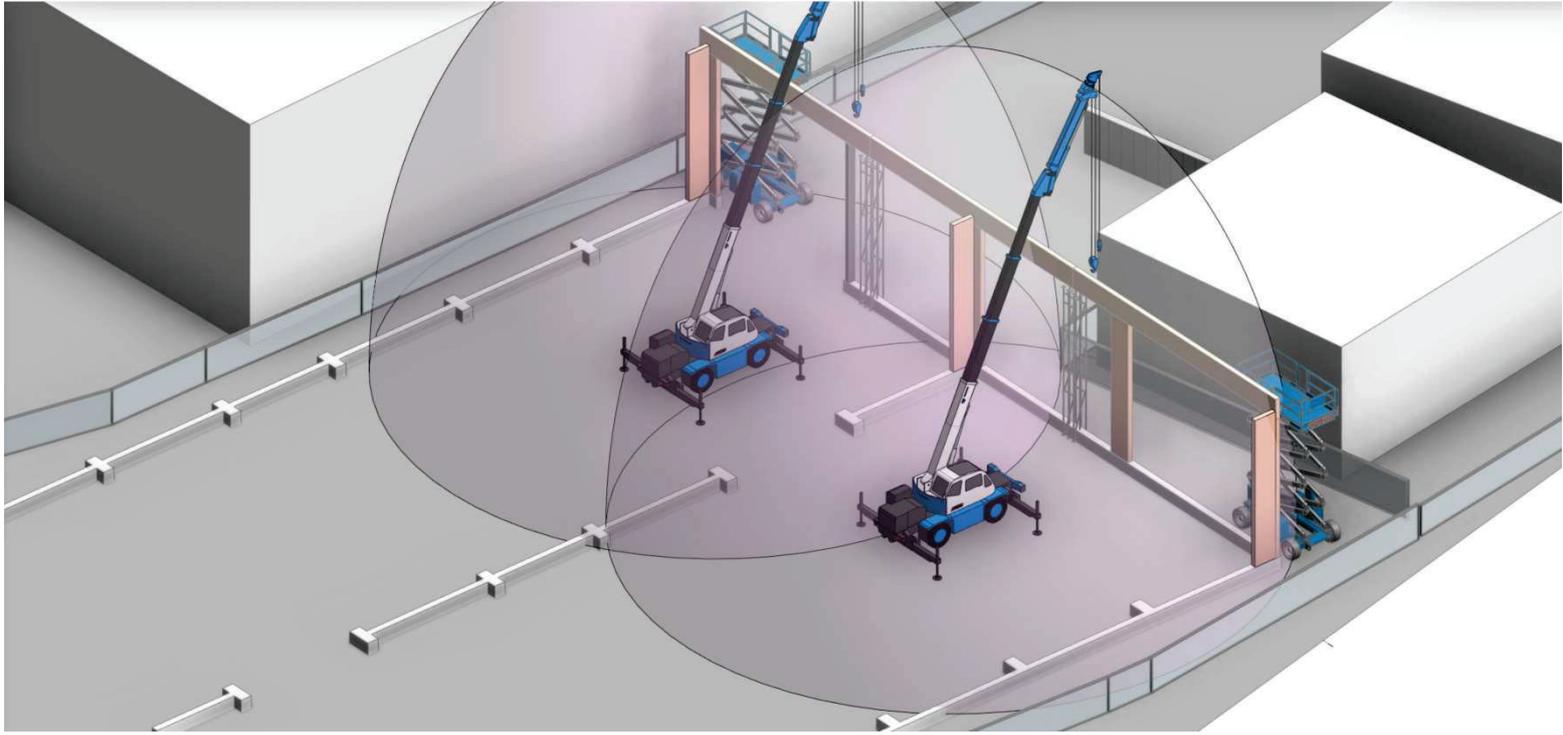
階	q	Cf	A			Pwi	Σ qwi
	N/m ²		m ²				
屋根	914.41	1.24	43.410 ×	2.203/2 =	47.816	54.18	54.18
1階	914.41	1.2	42.410 ×	7.565 =	320.832	352.05	406.23

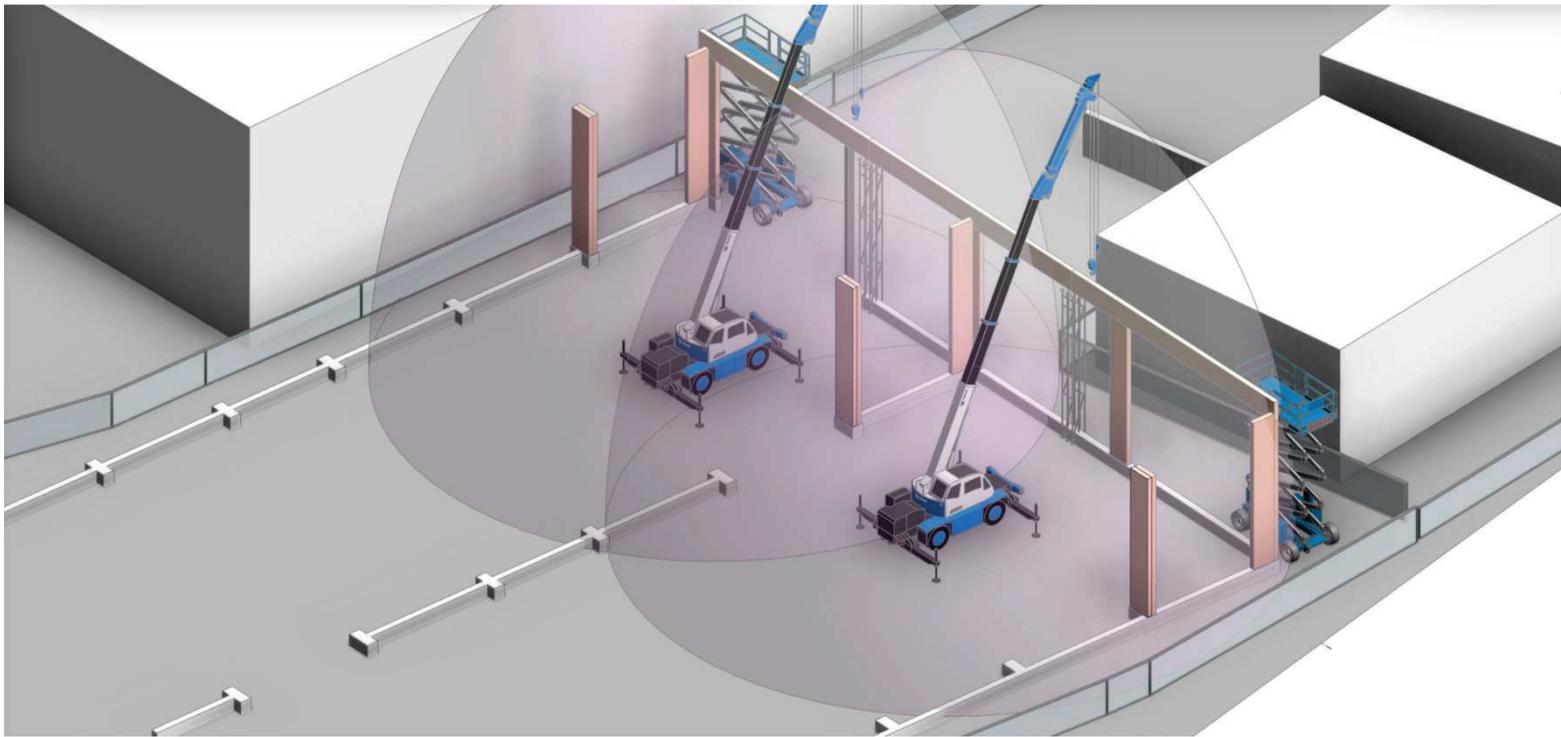
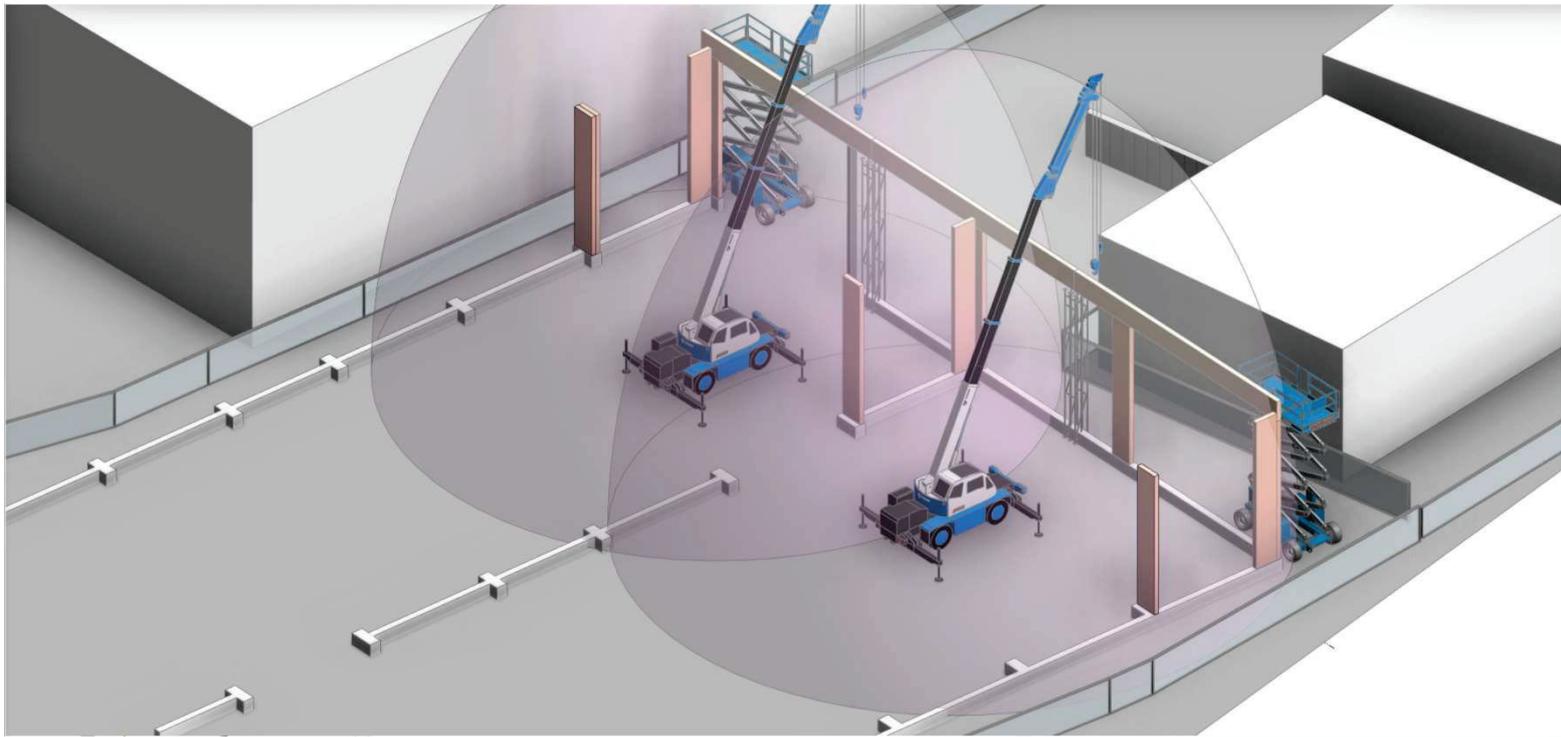
※地震力の方が大きいため、地震力にて検討する。

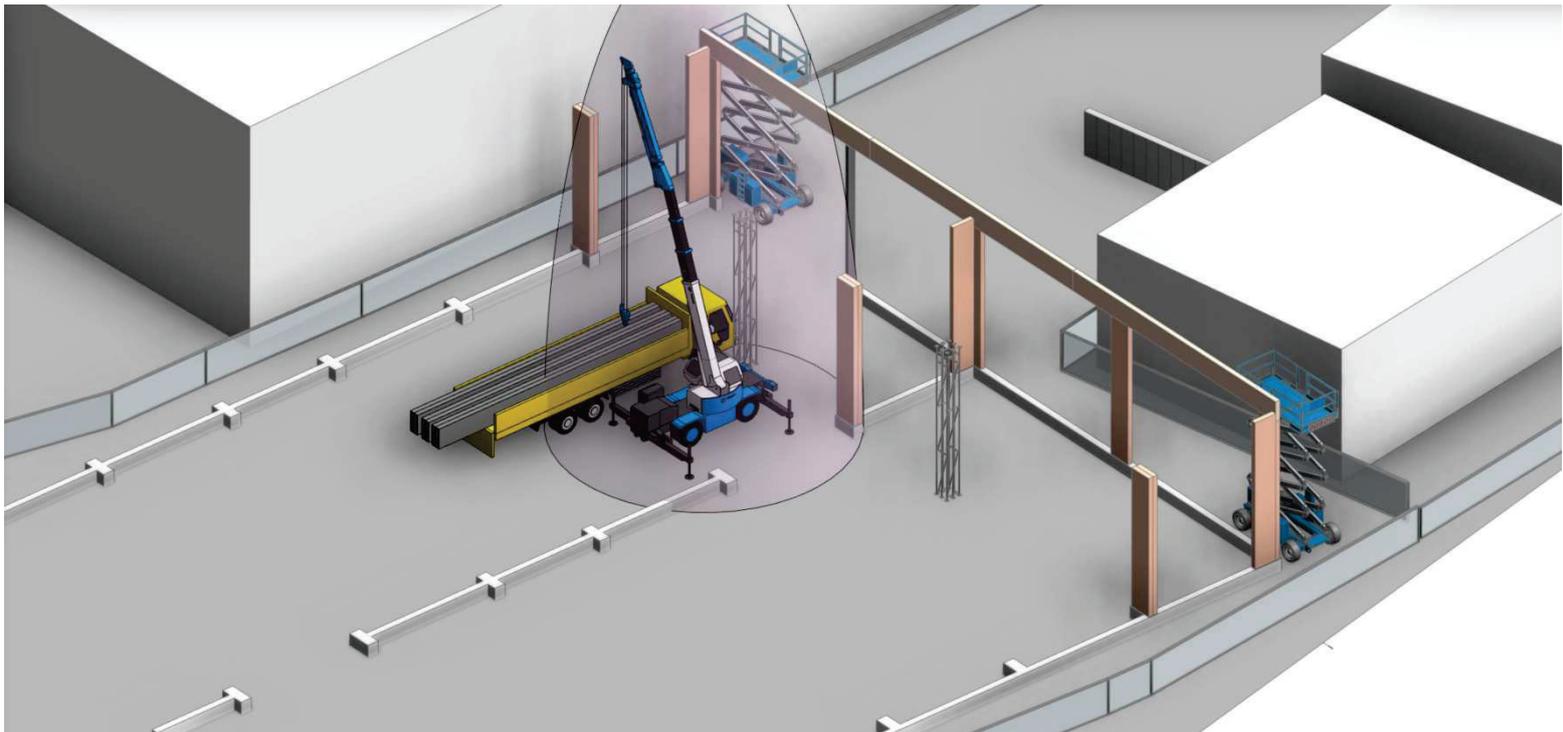
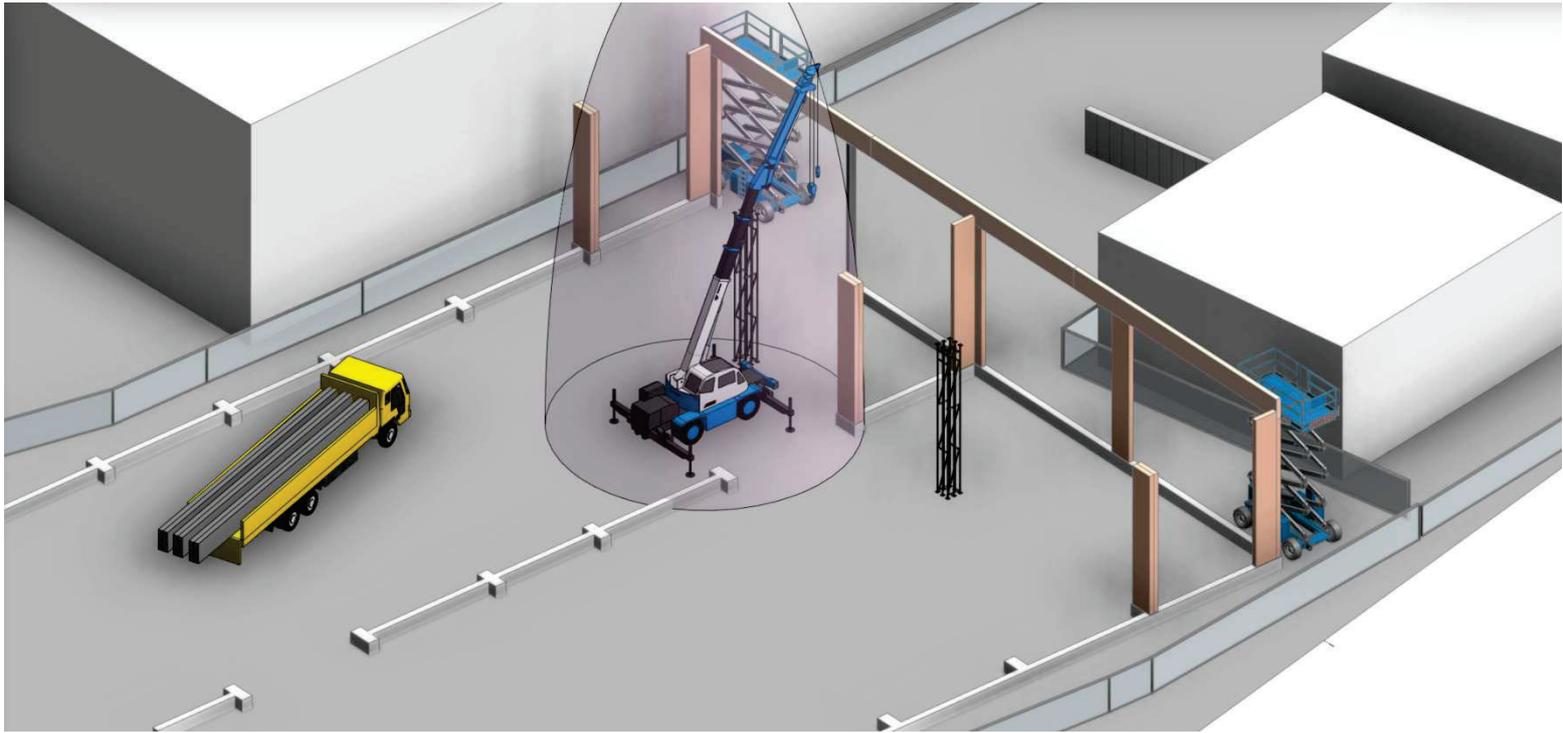


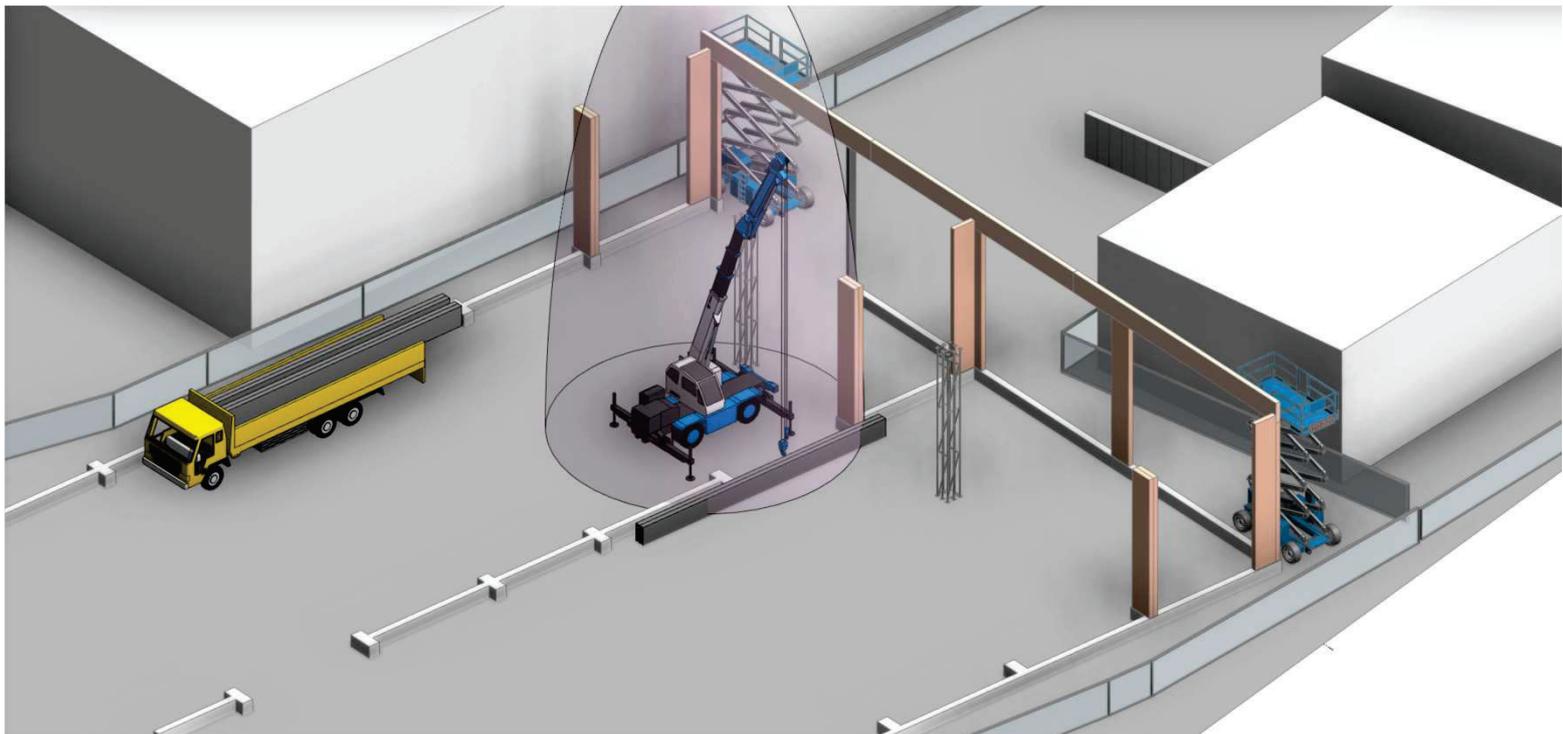
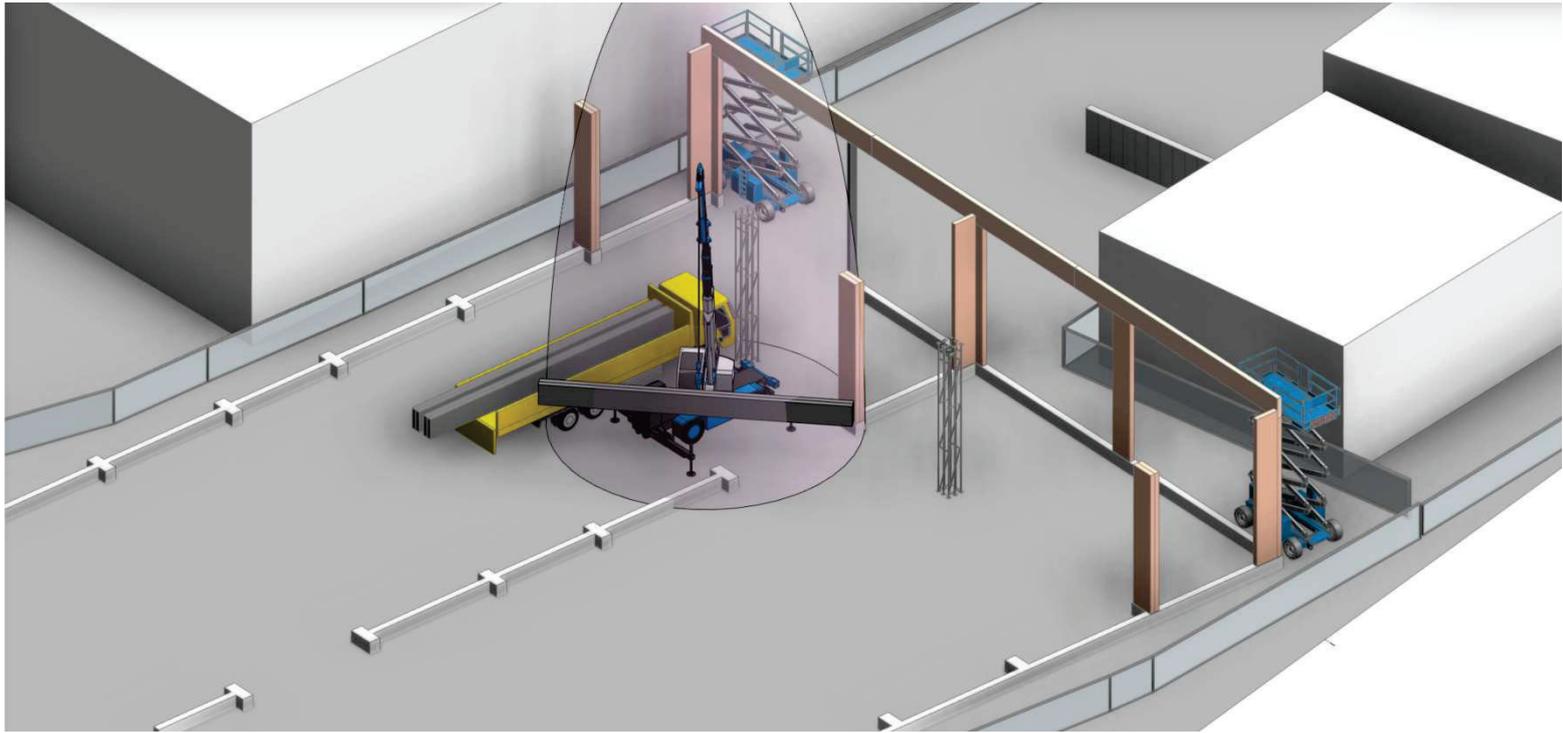


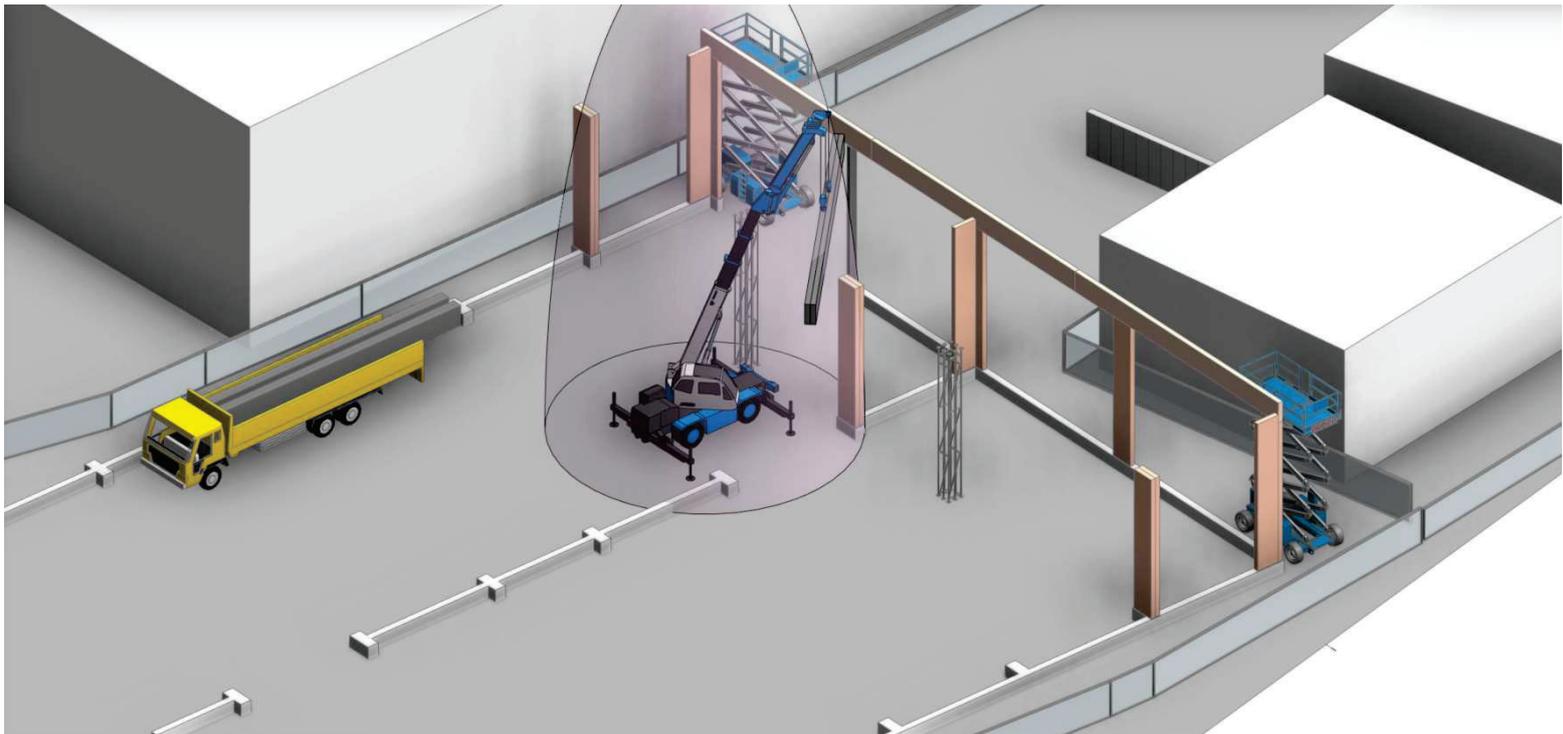
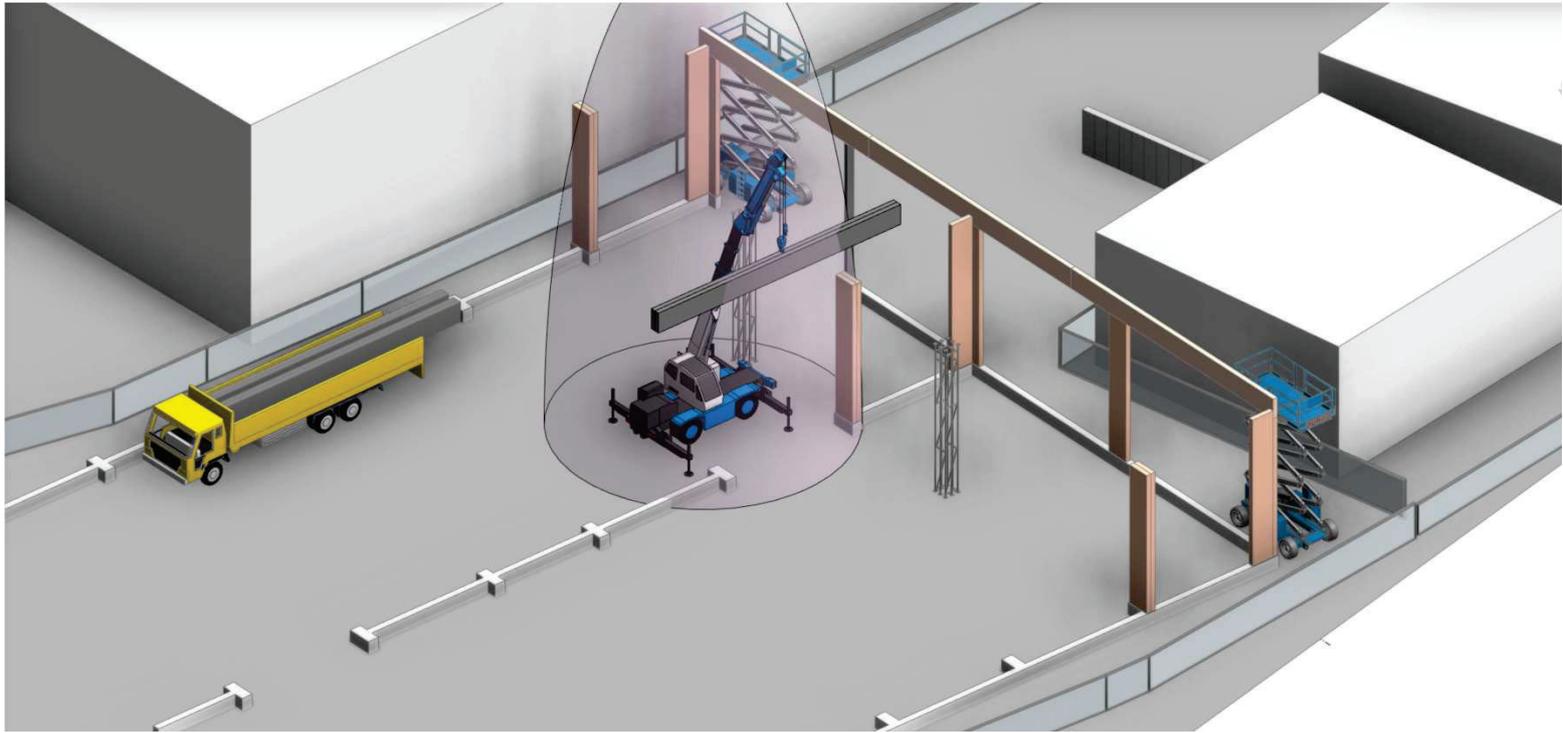


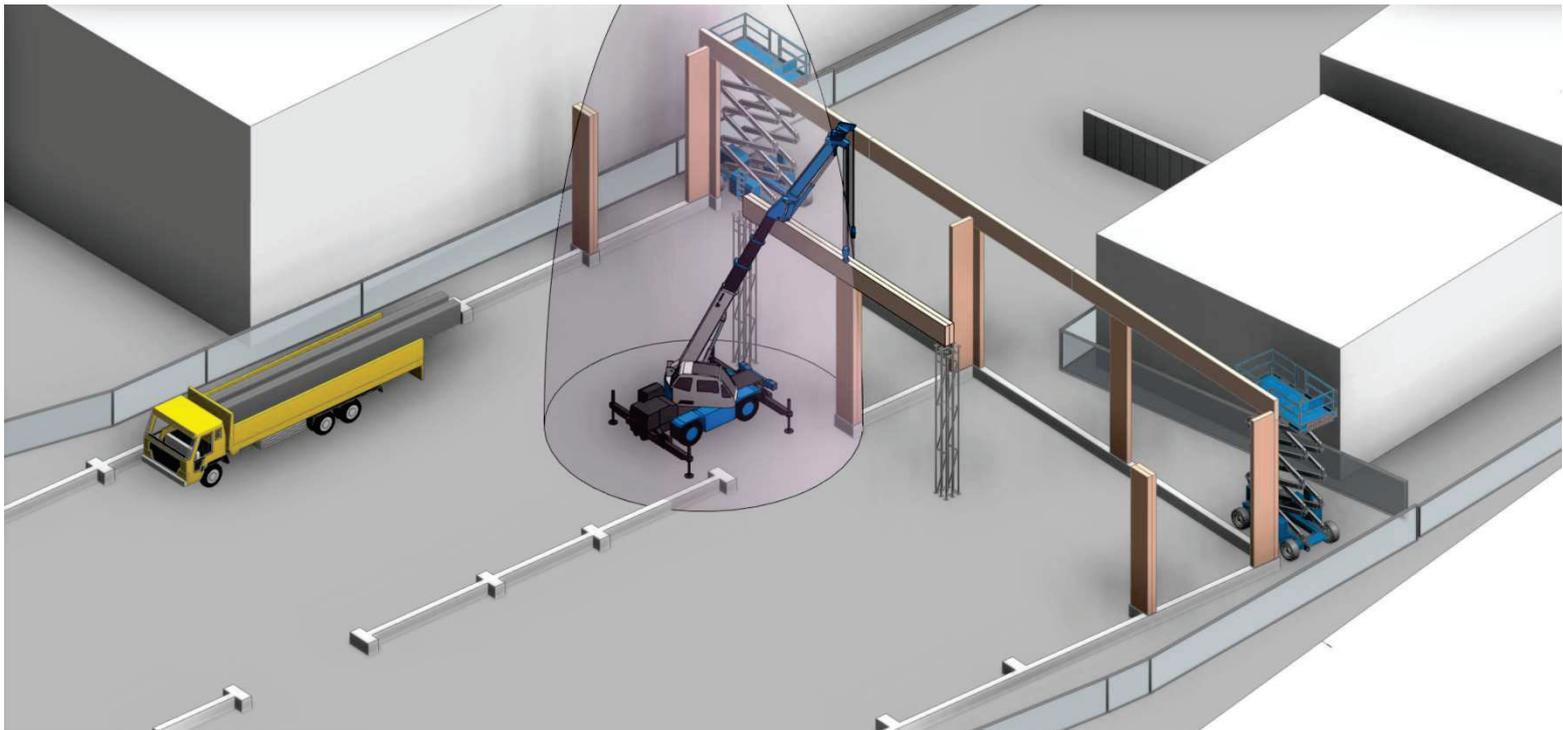
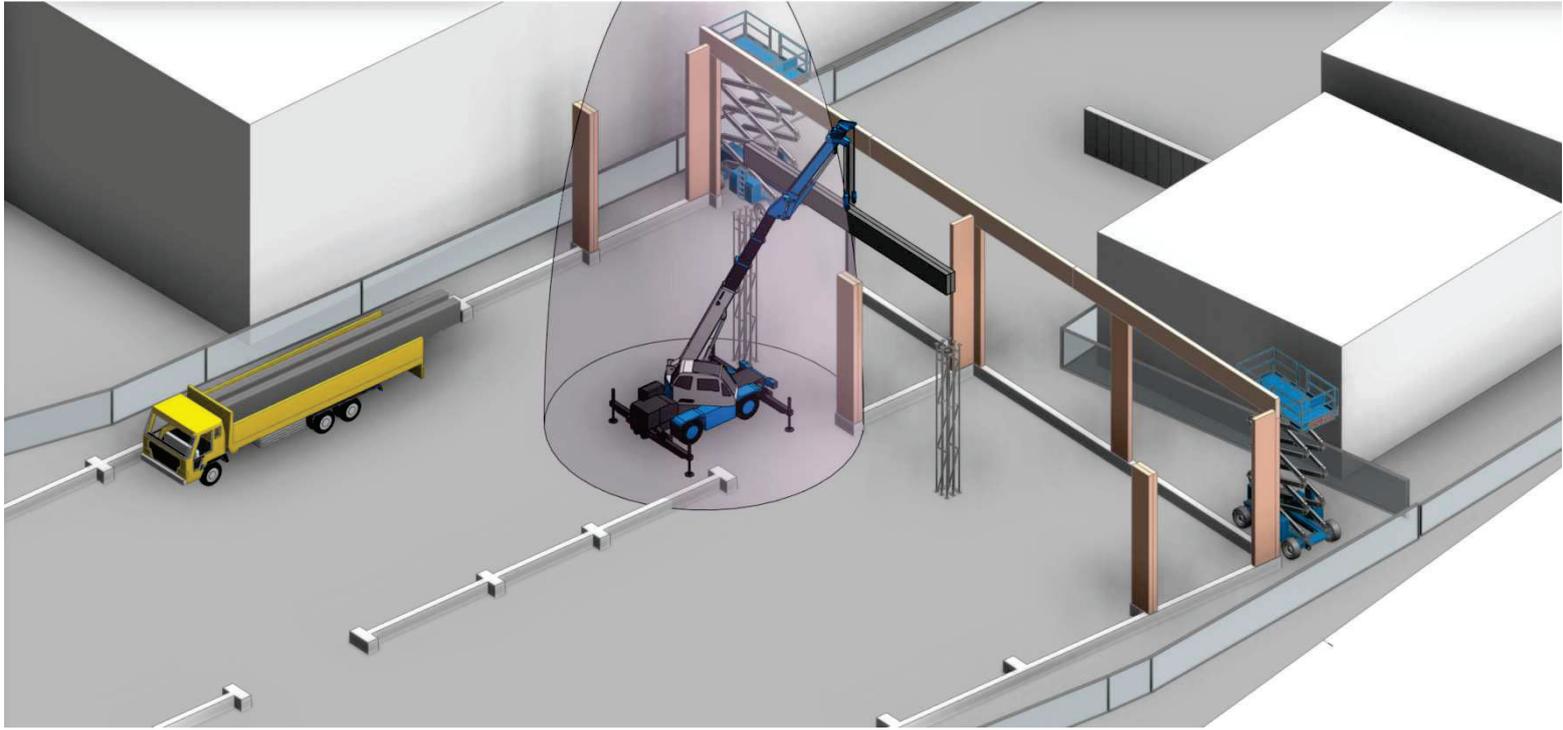


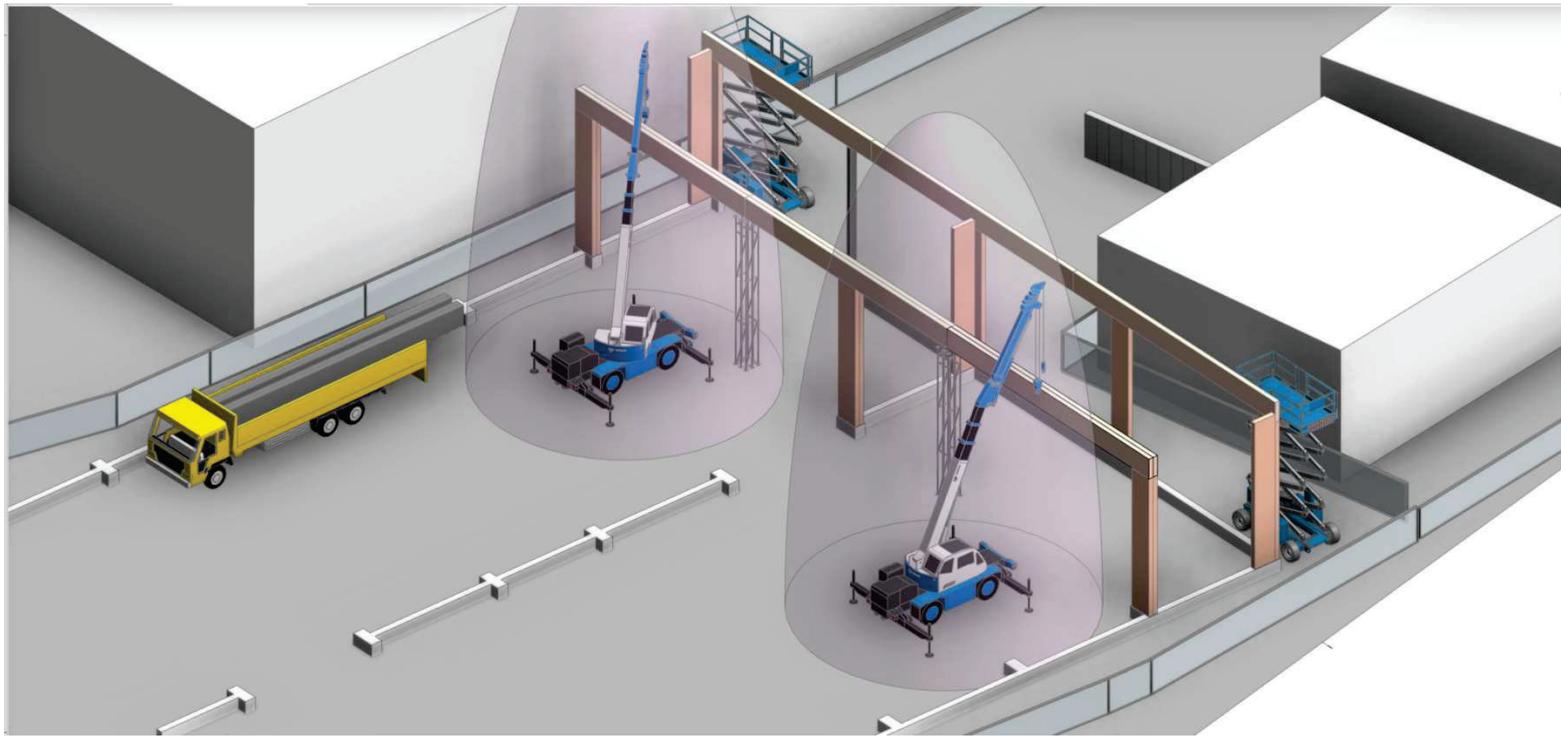
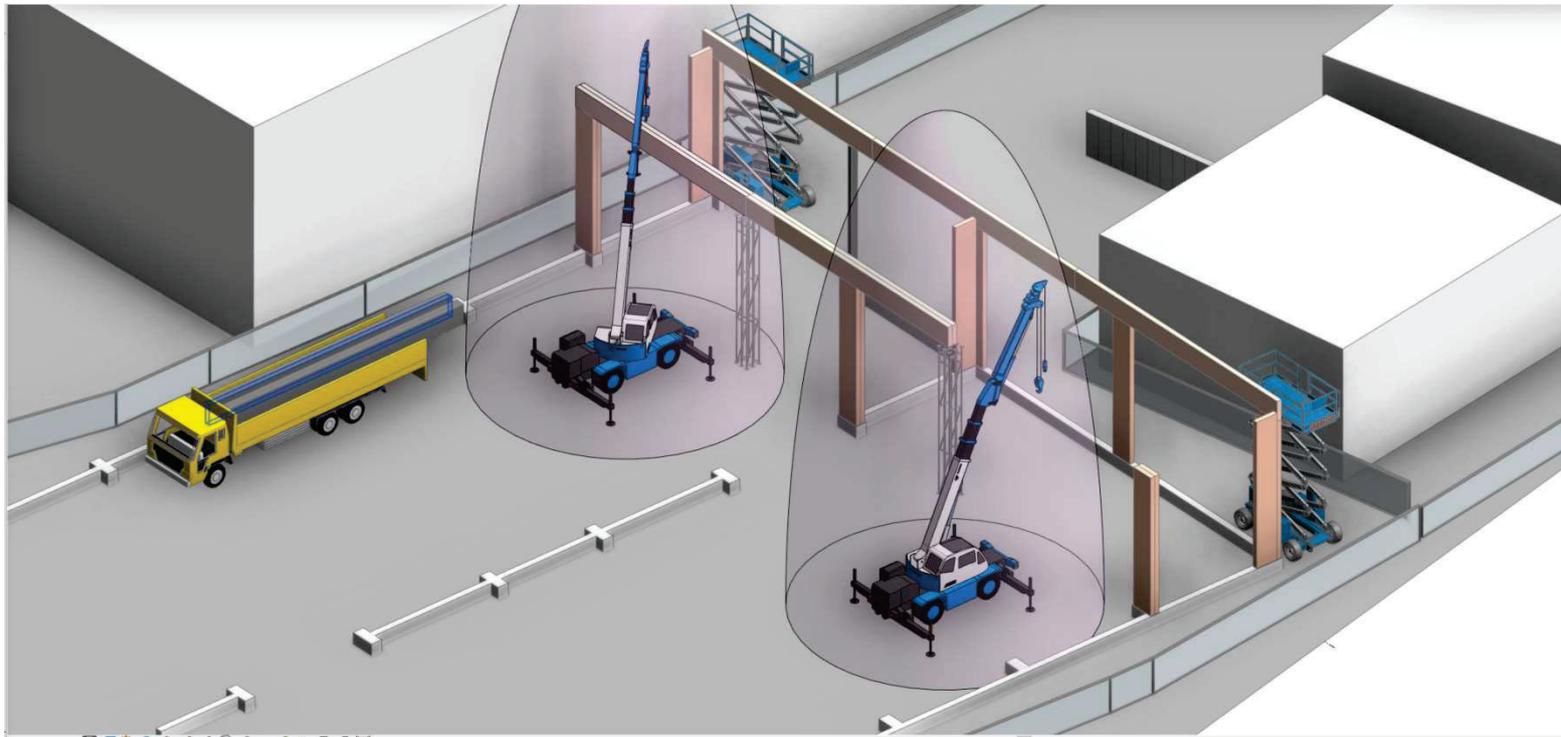


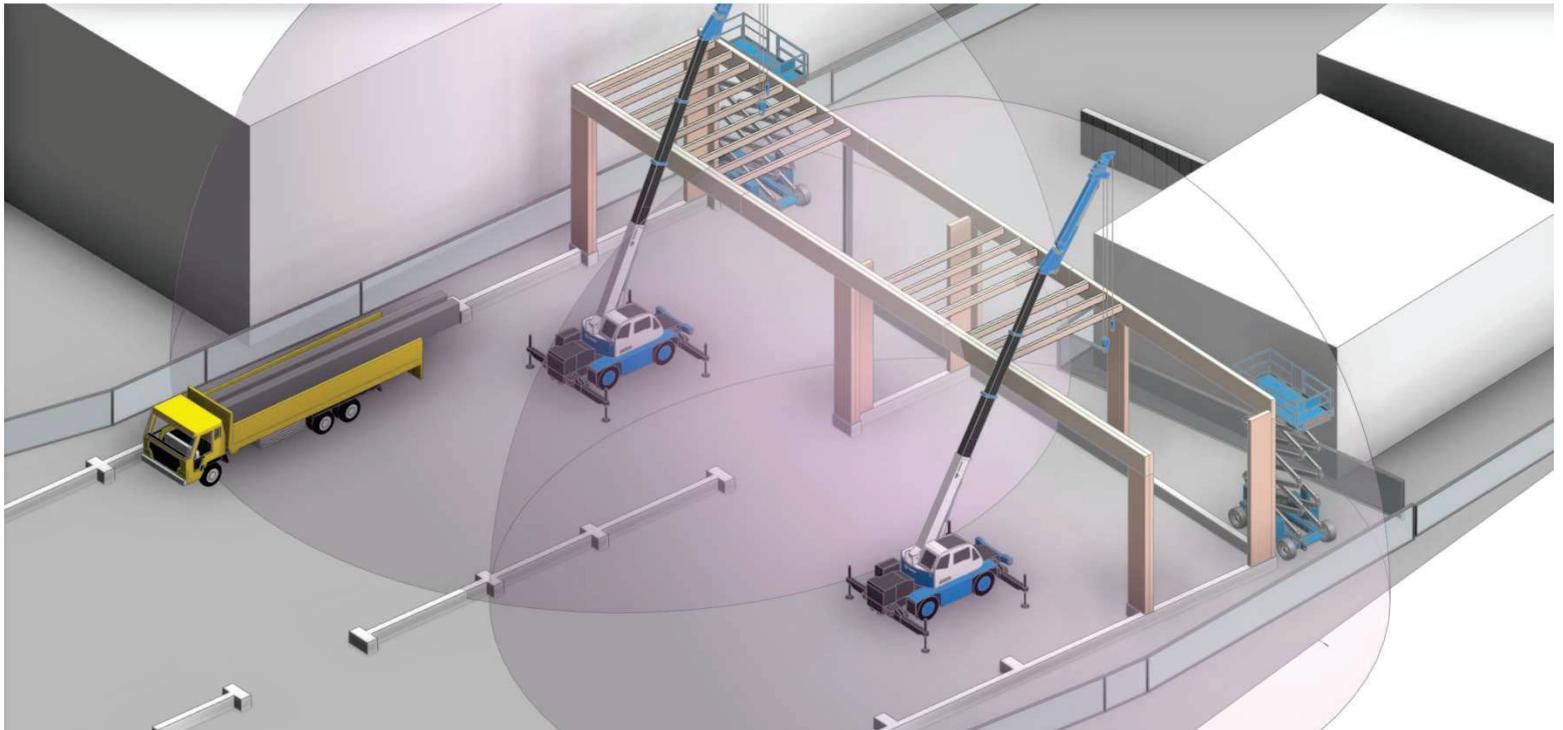
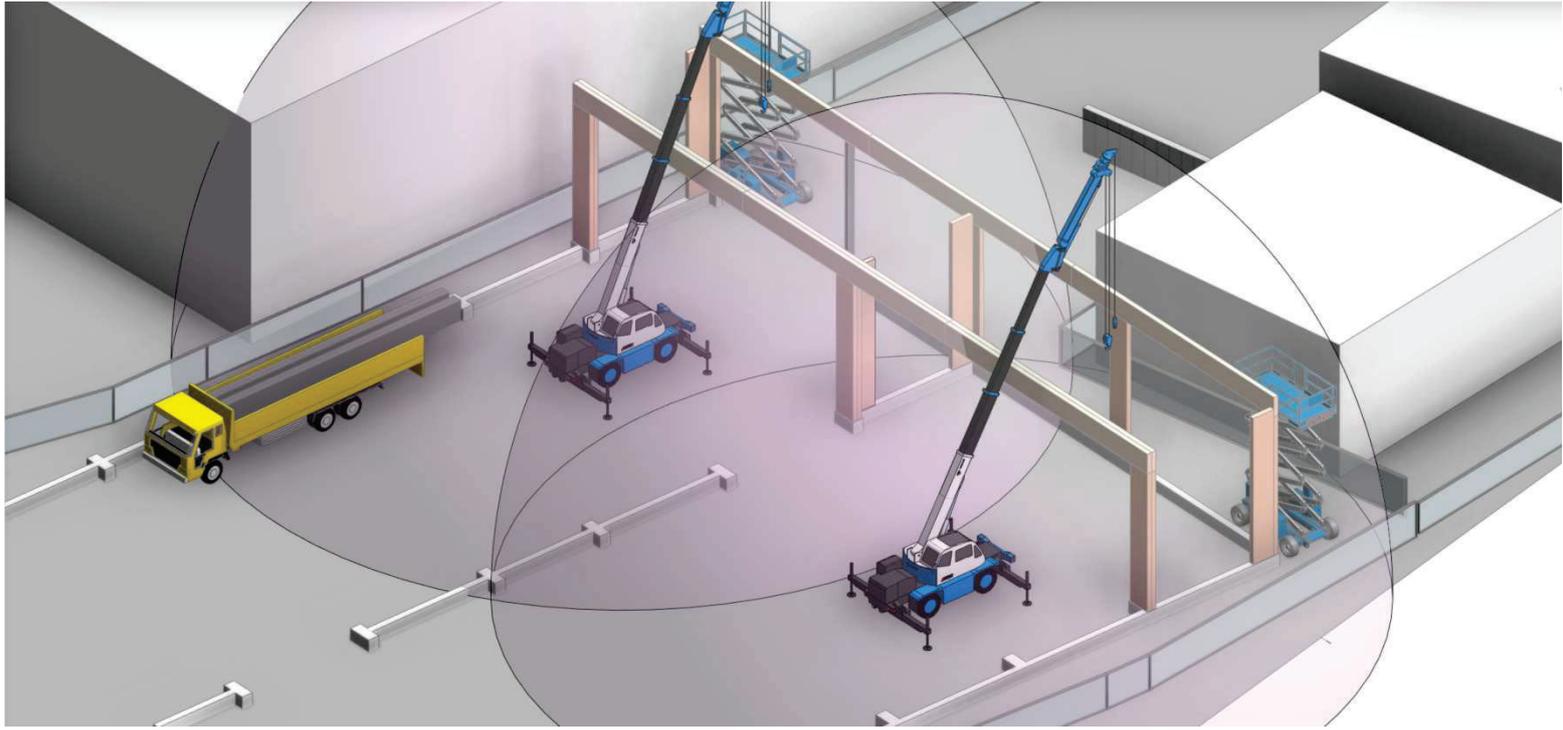


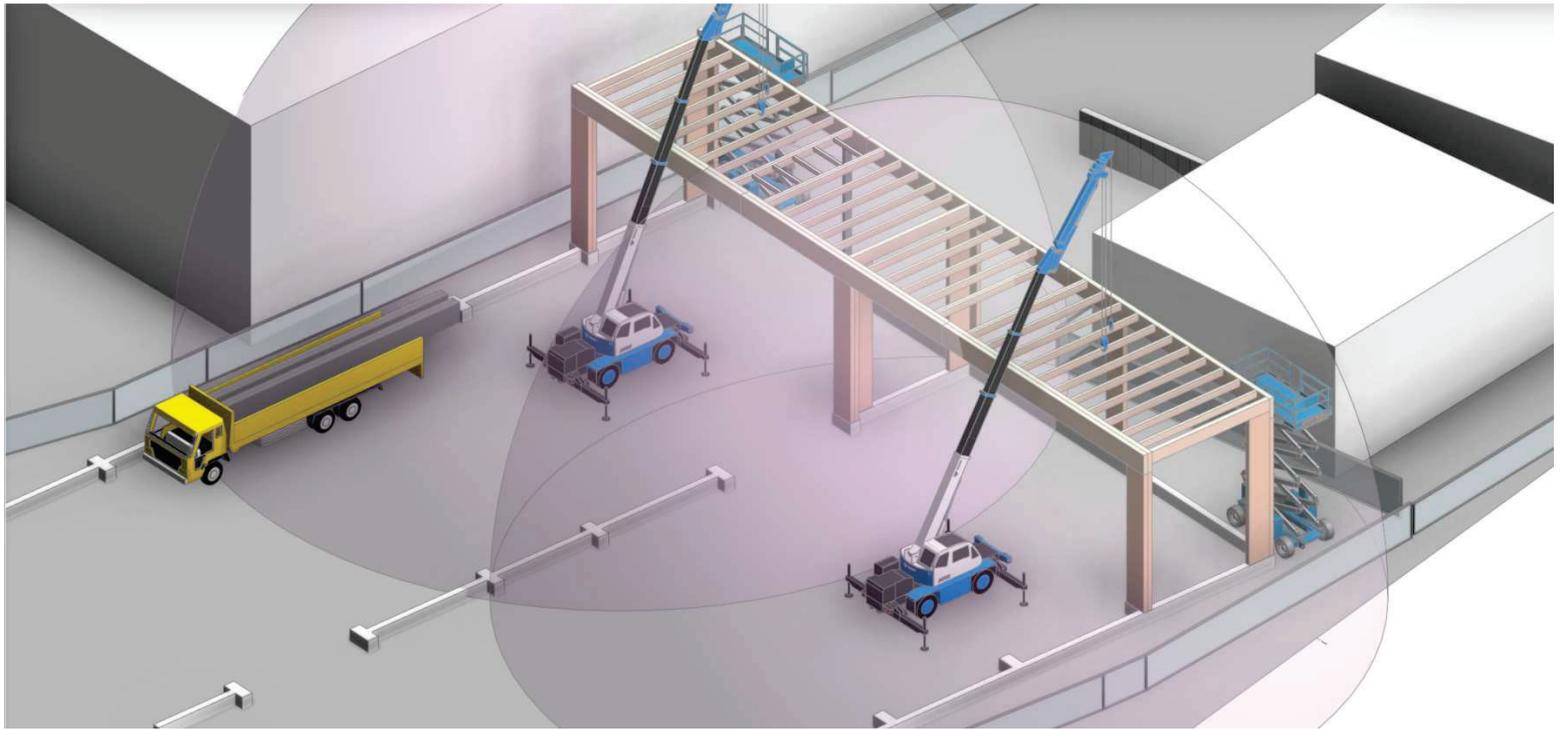
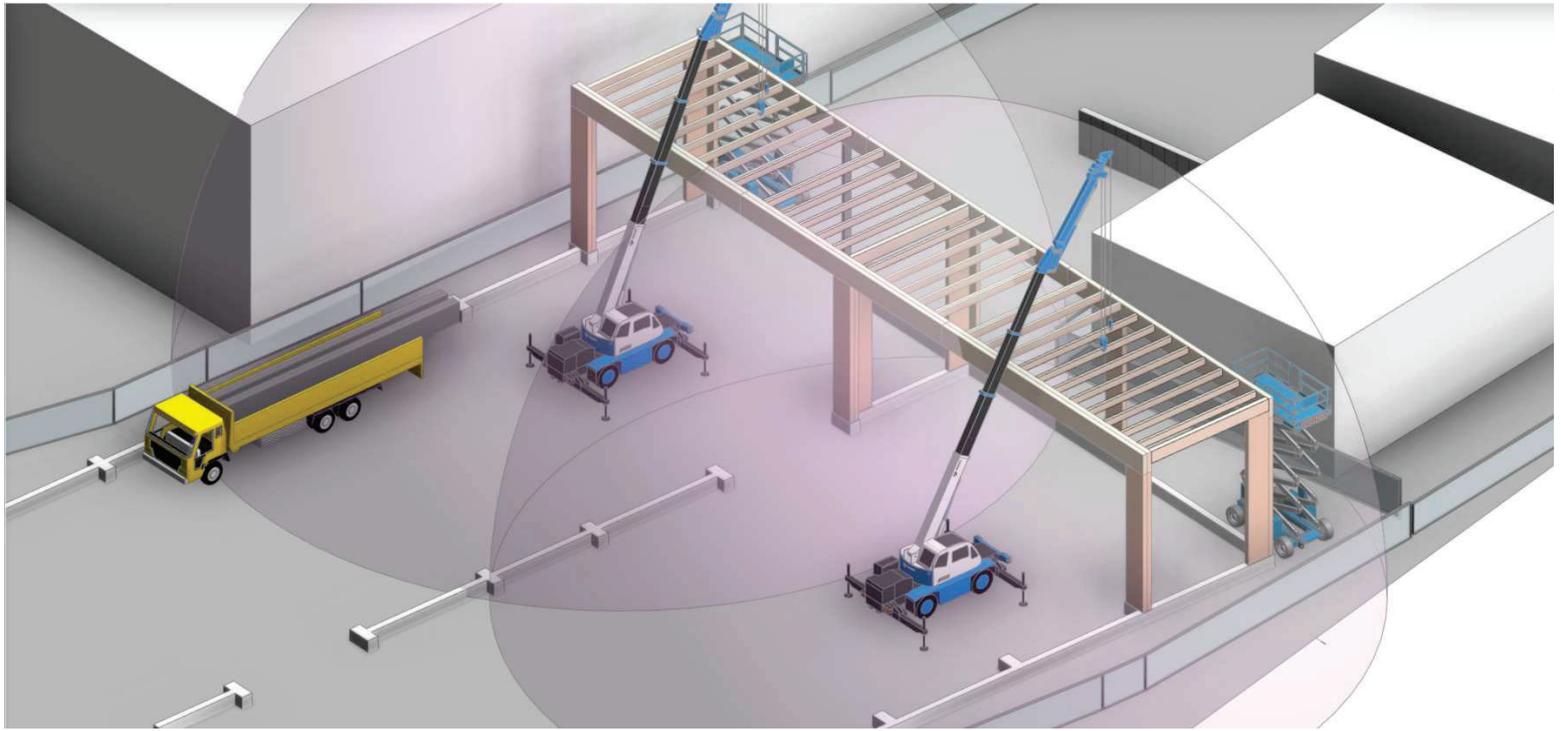


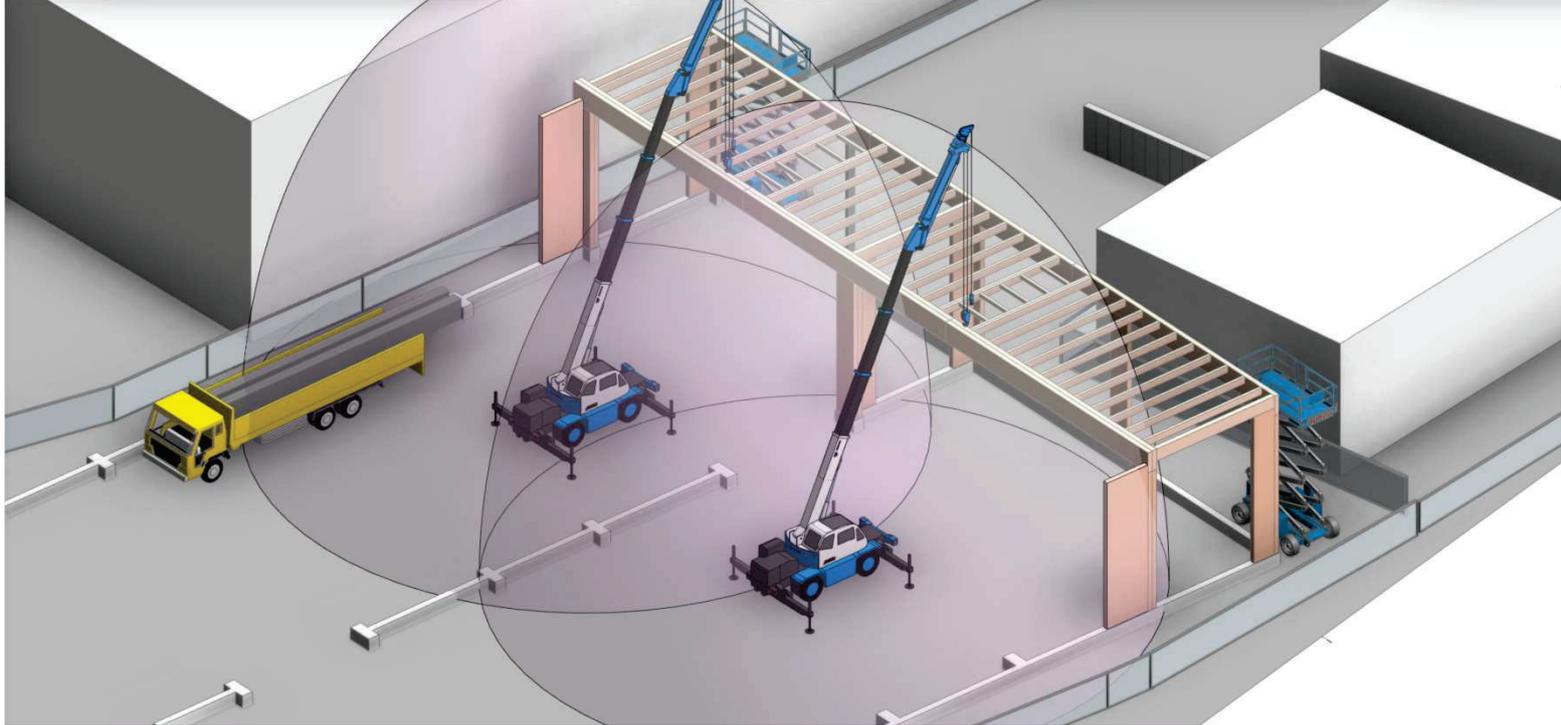
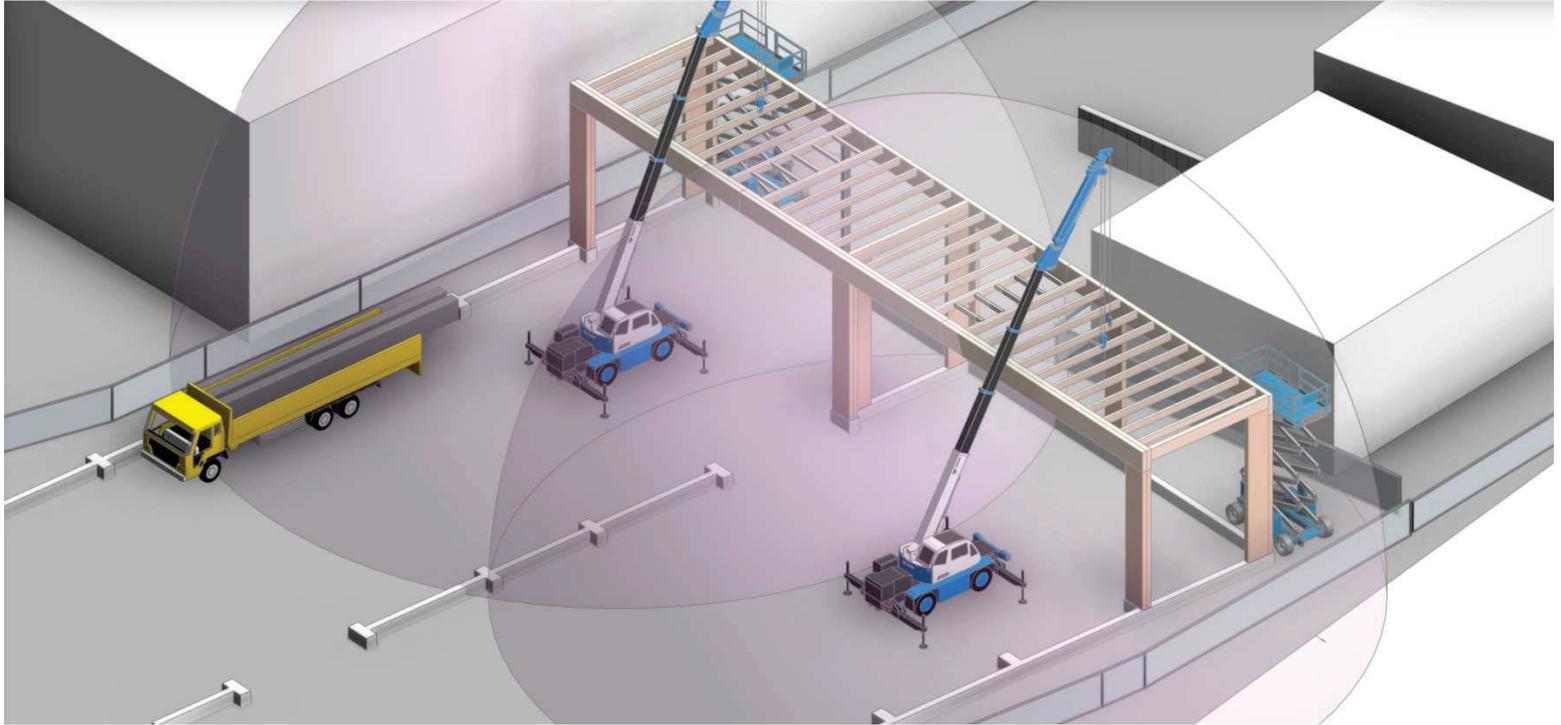


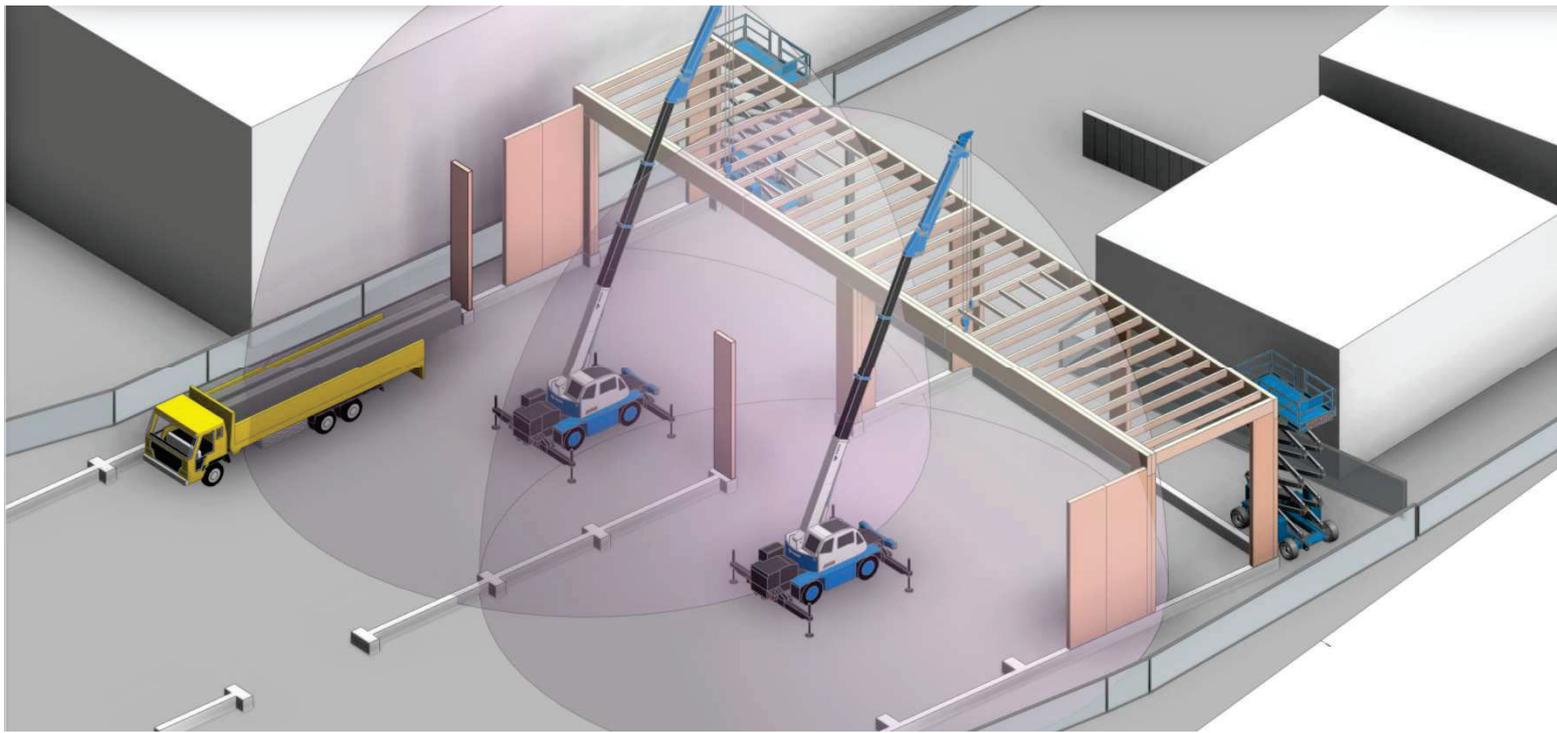
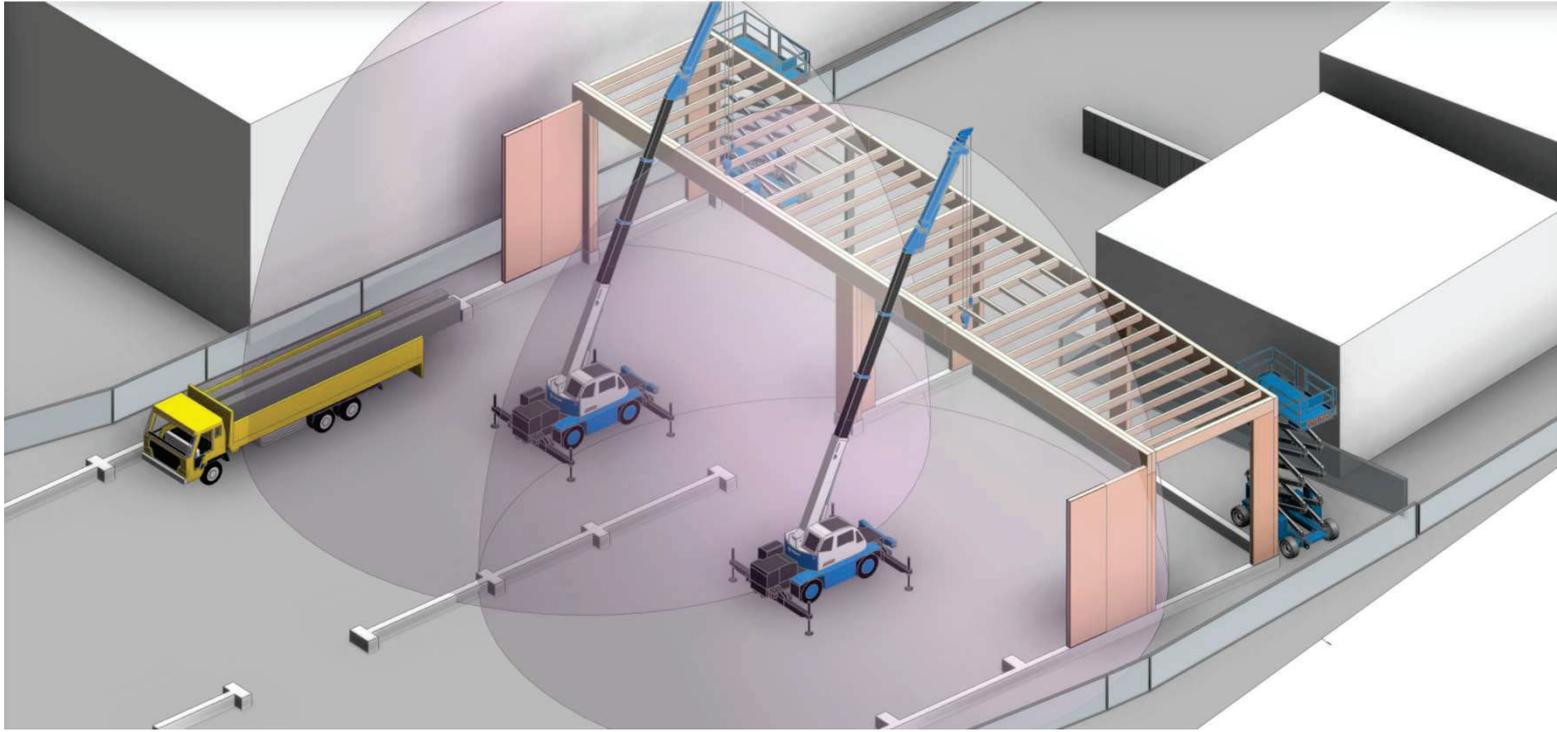


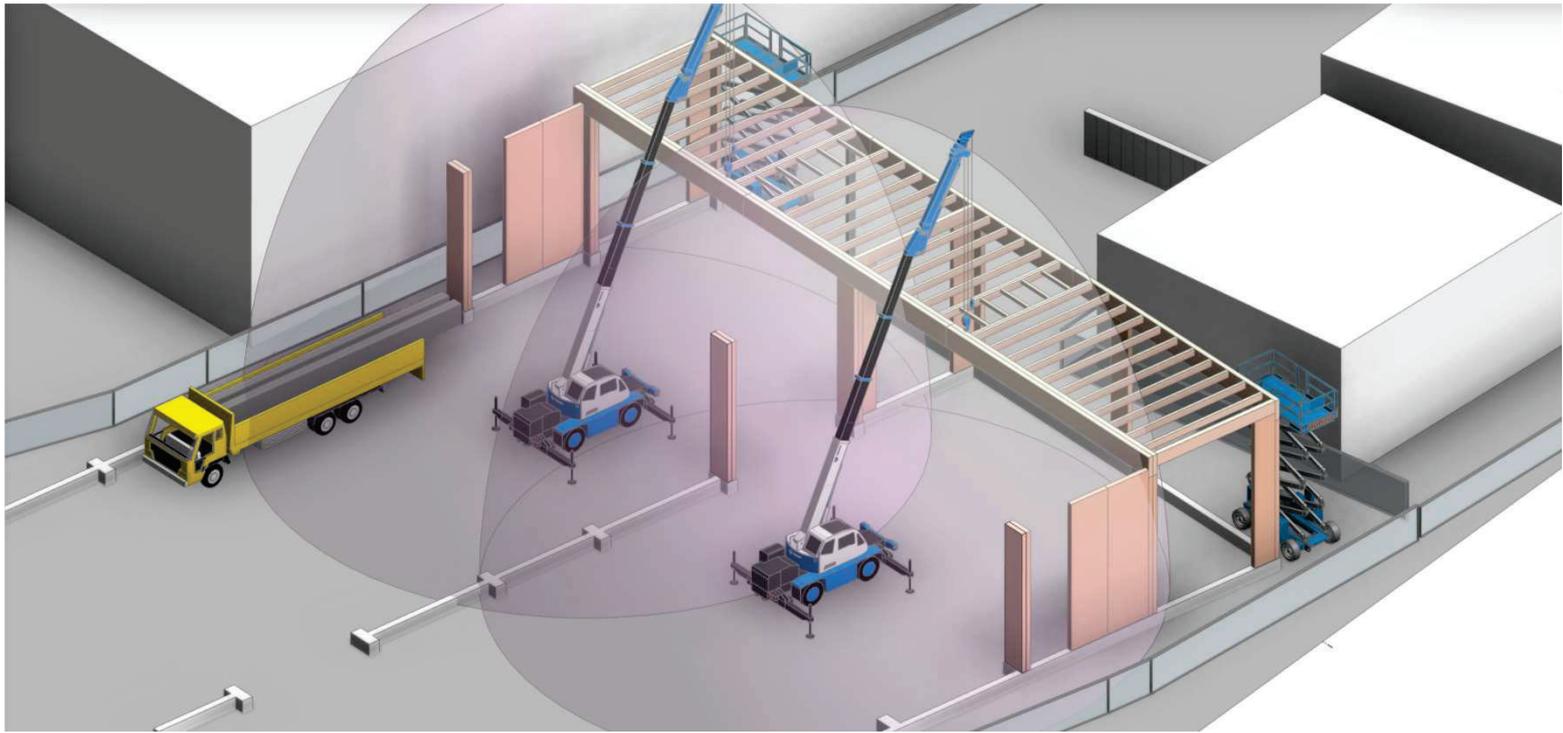
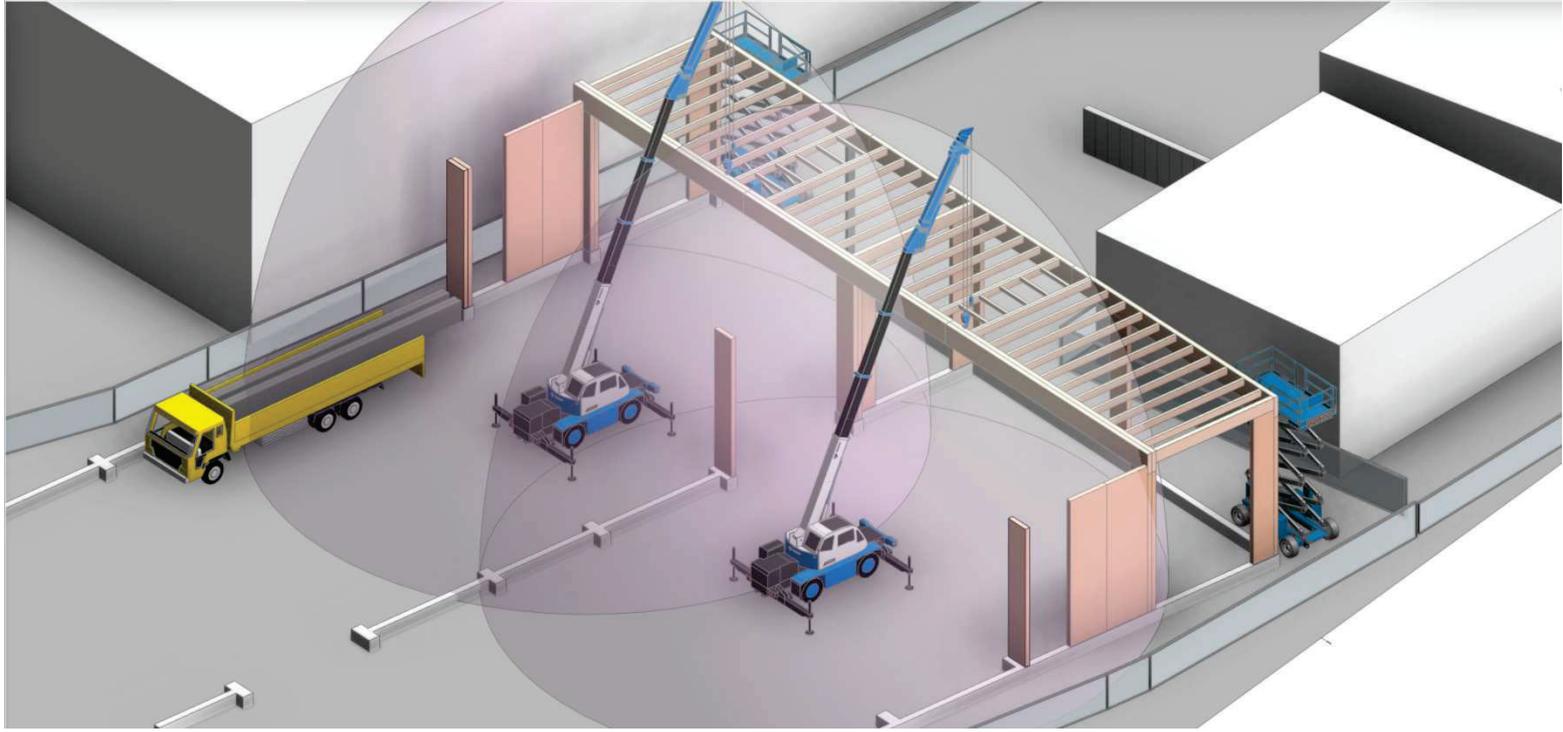


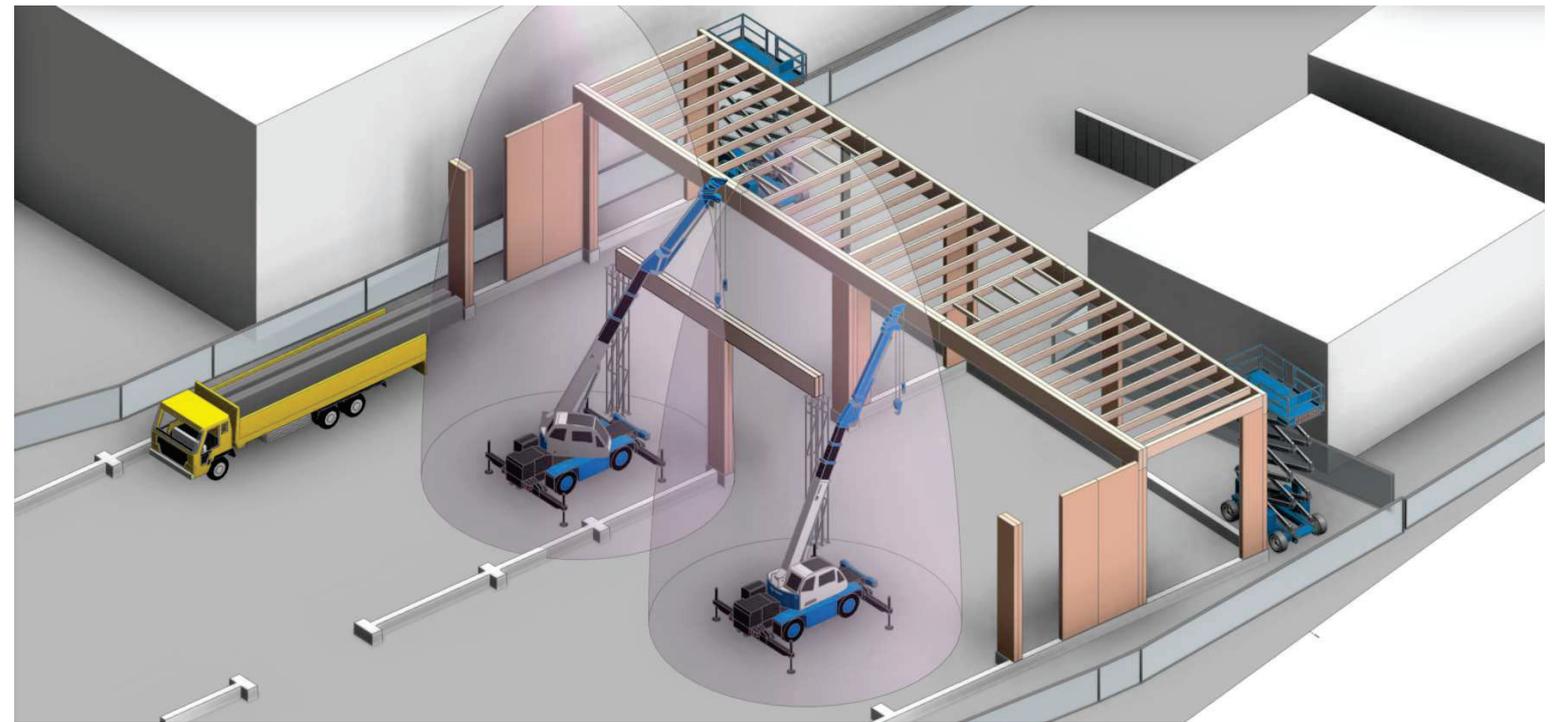
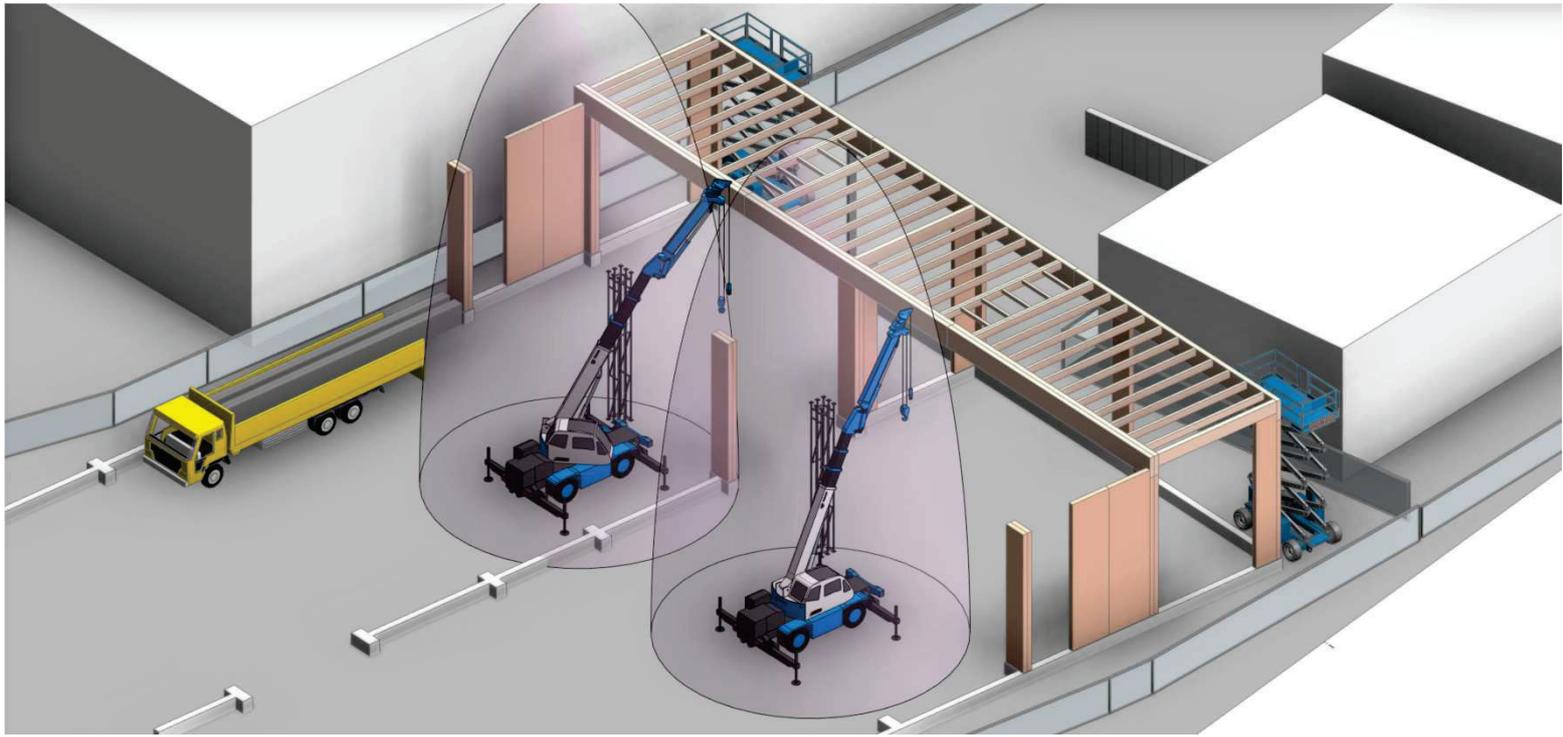


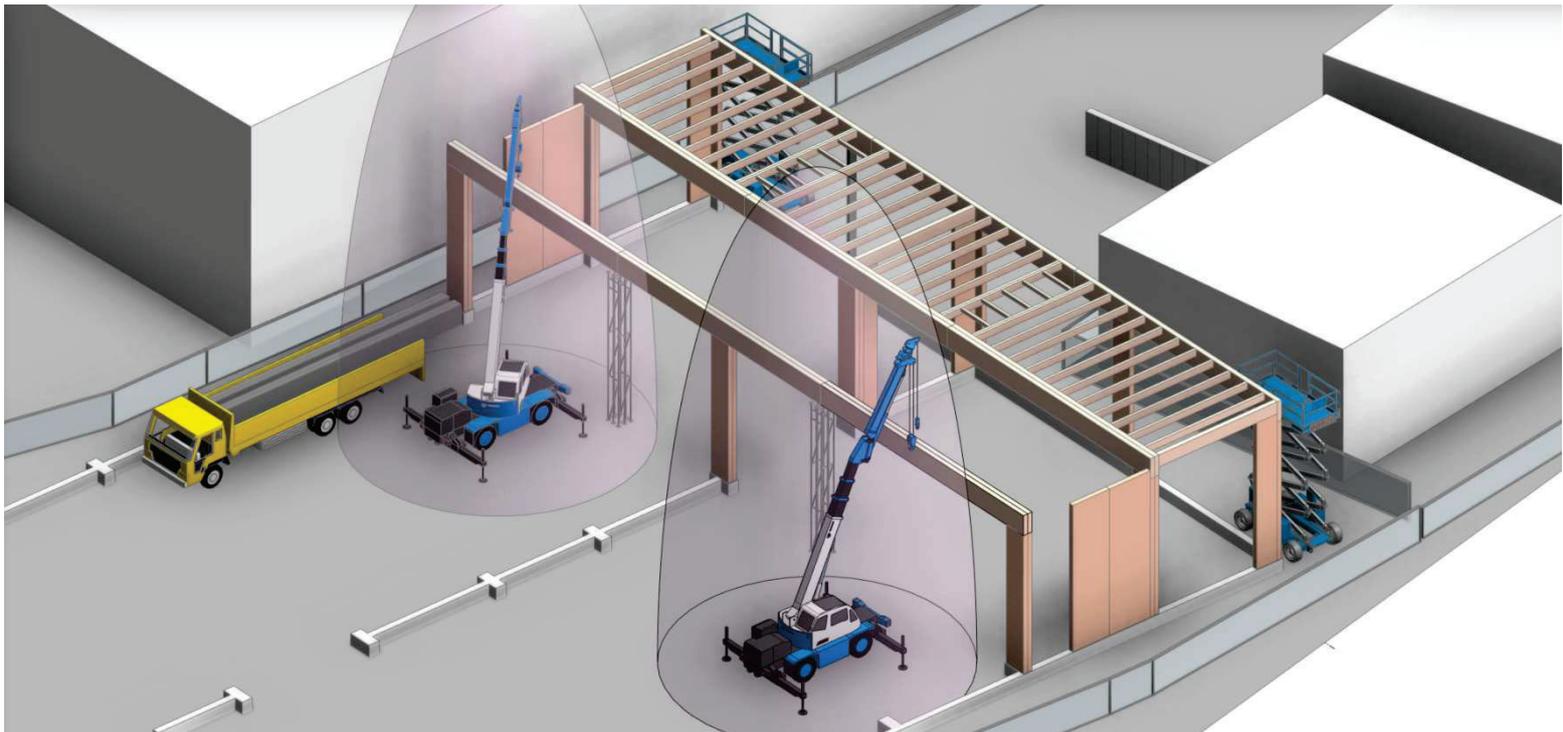
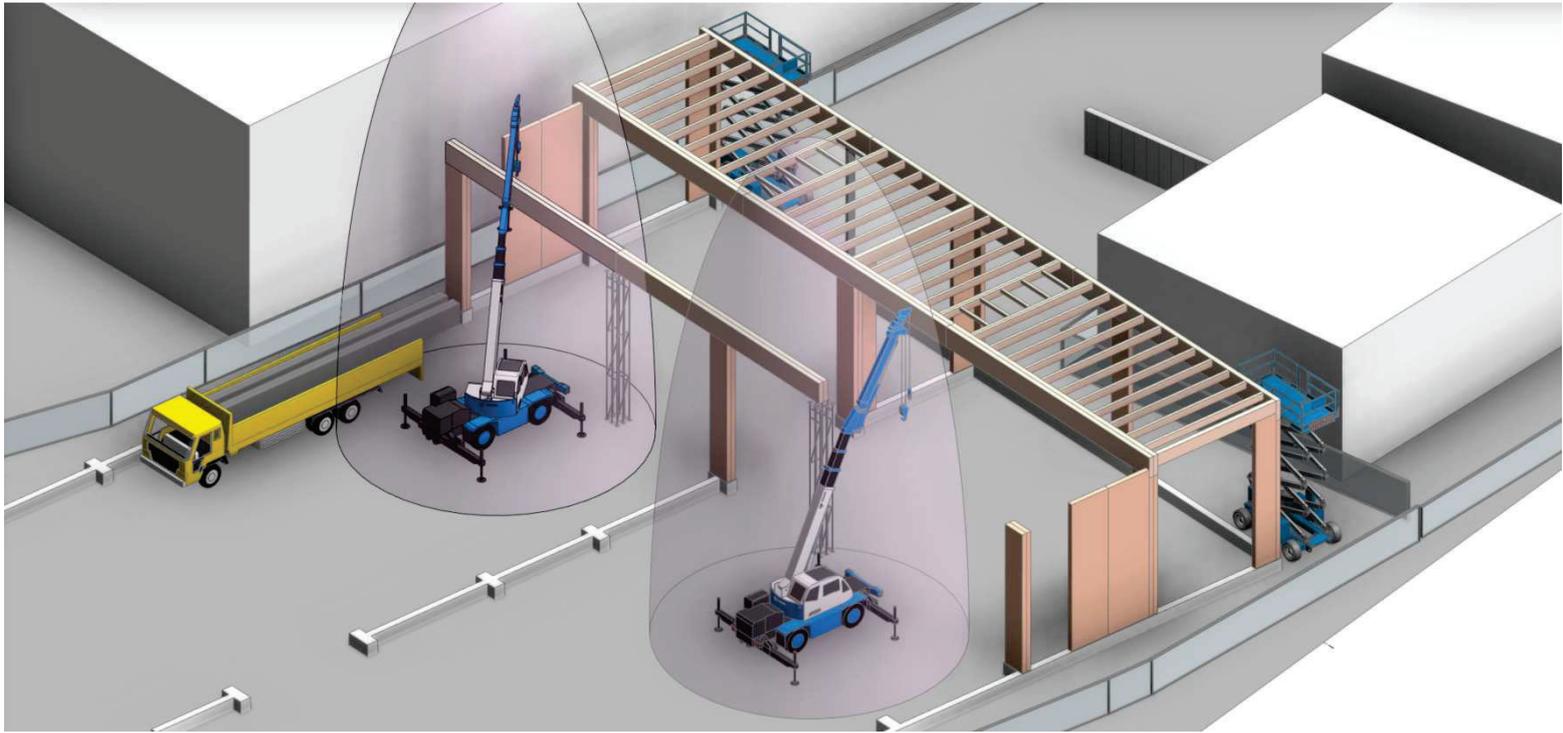


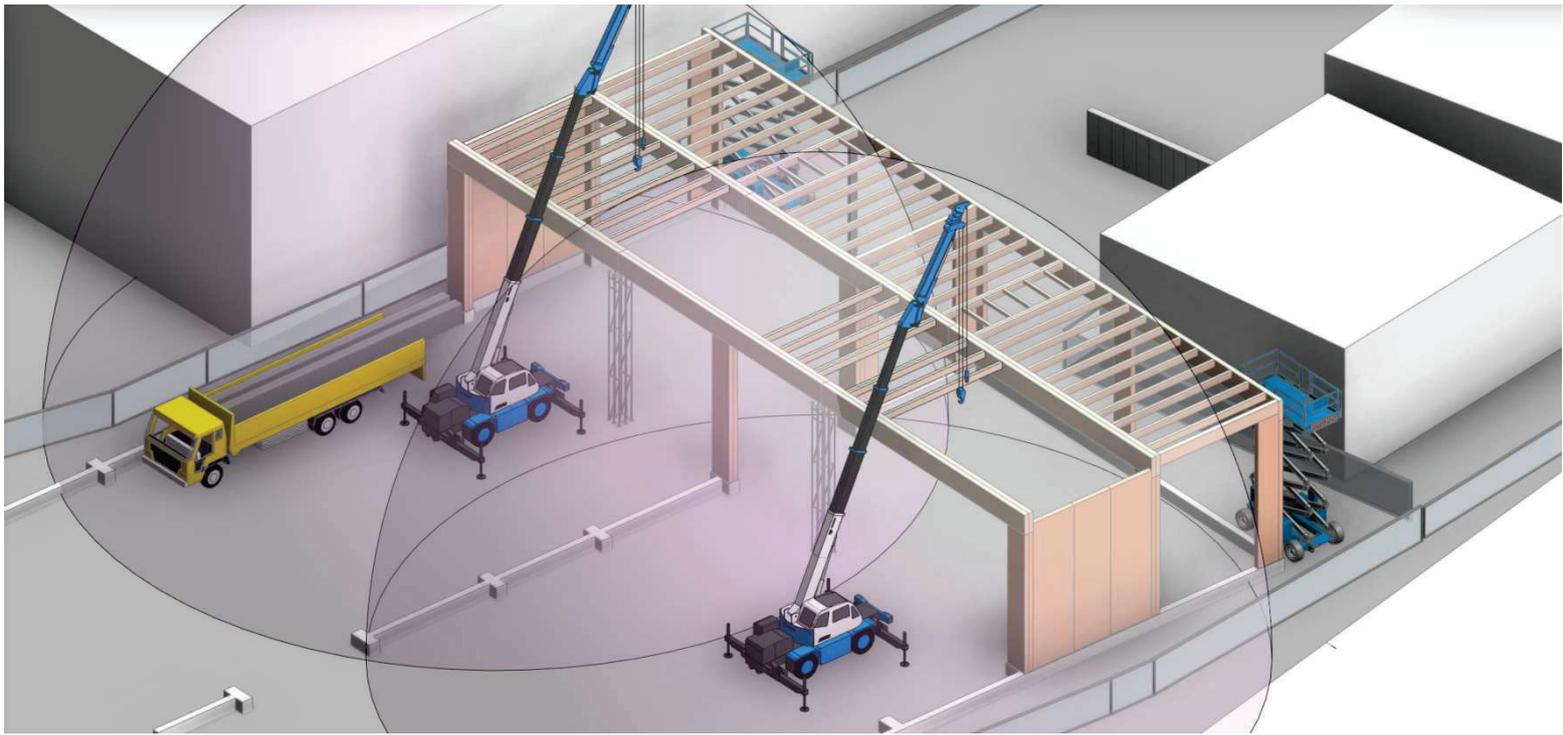
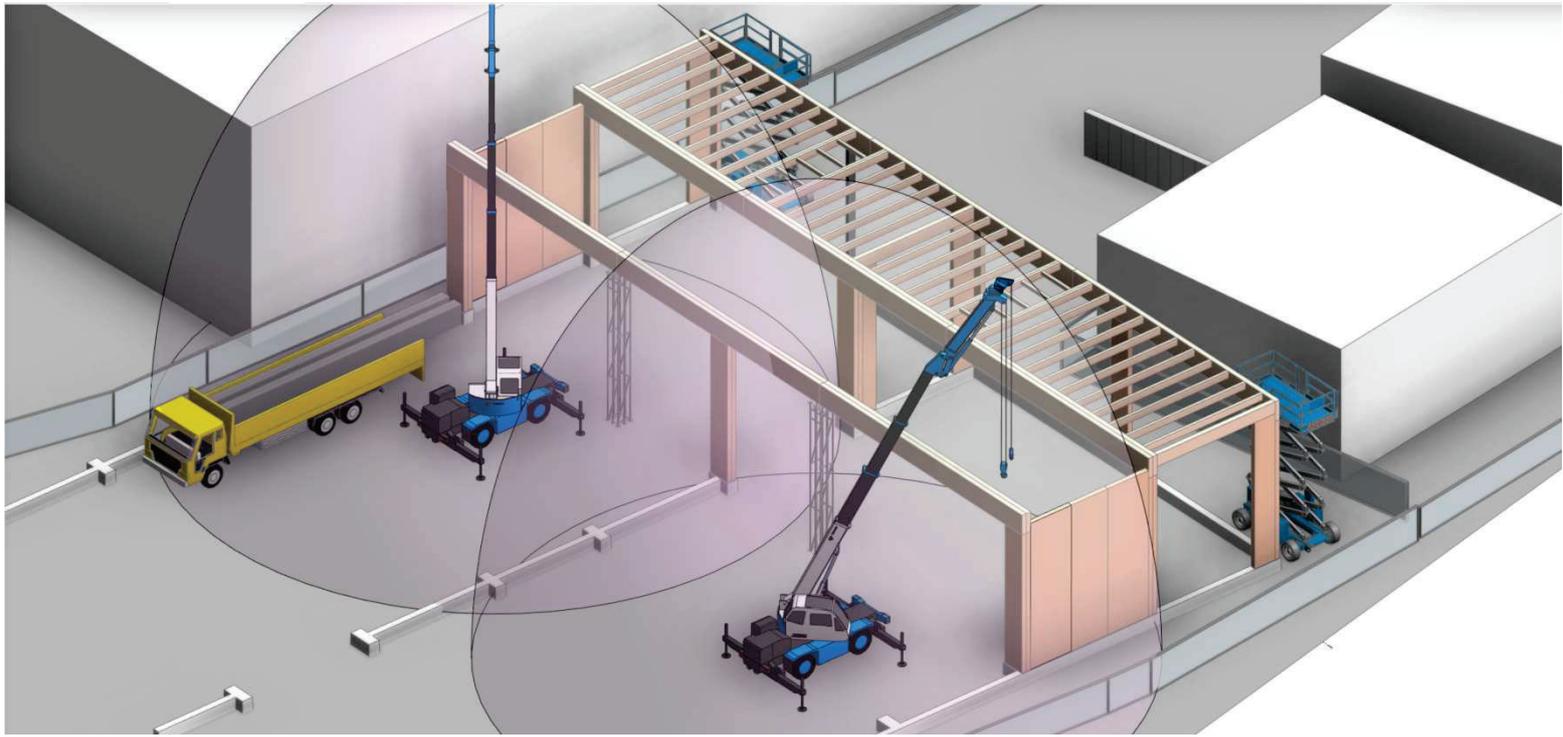


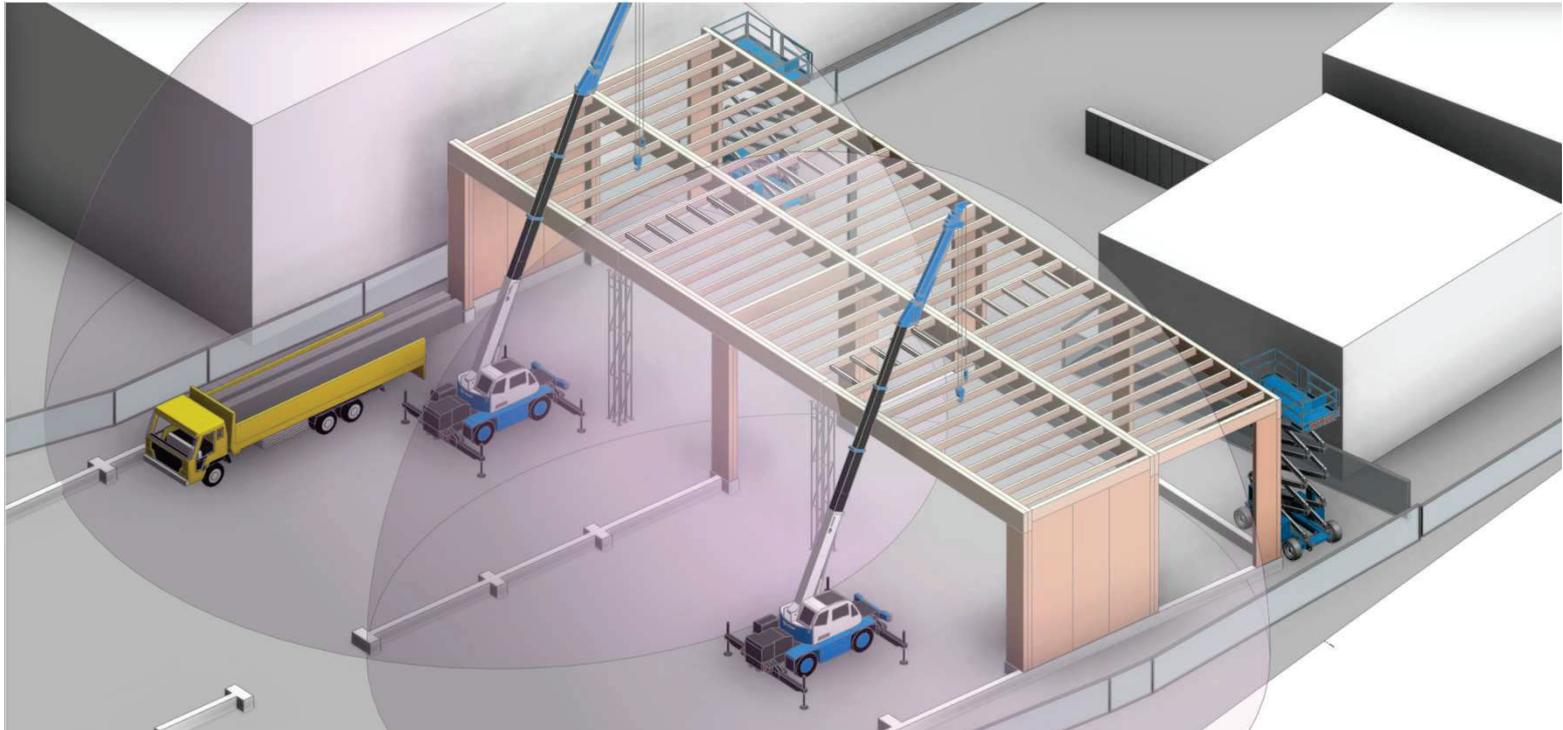
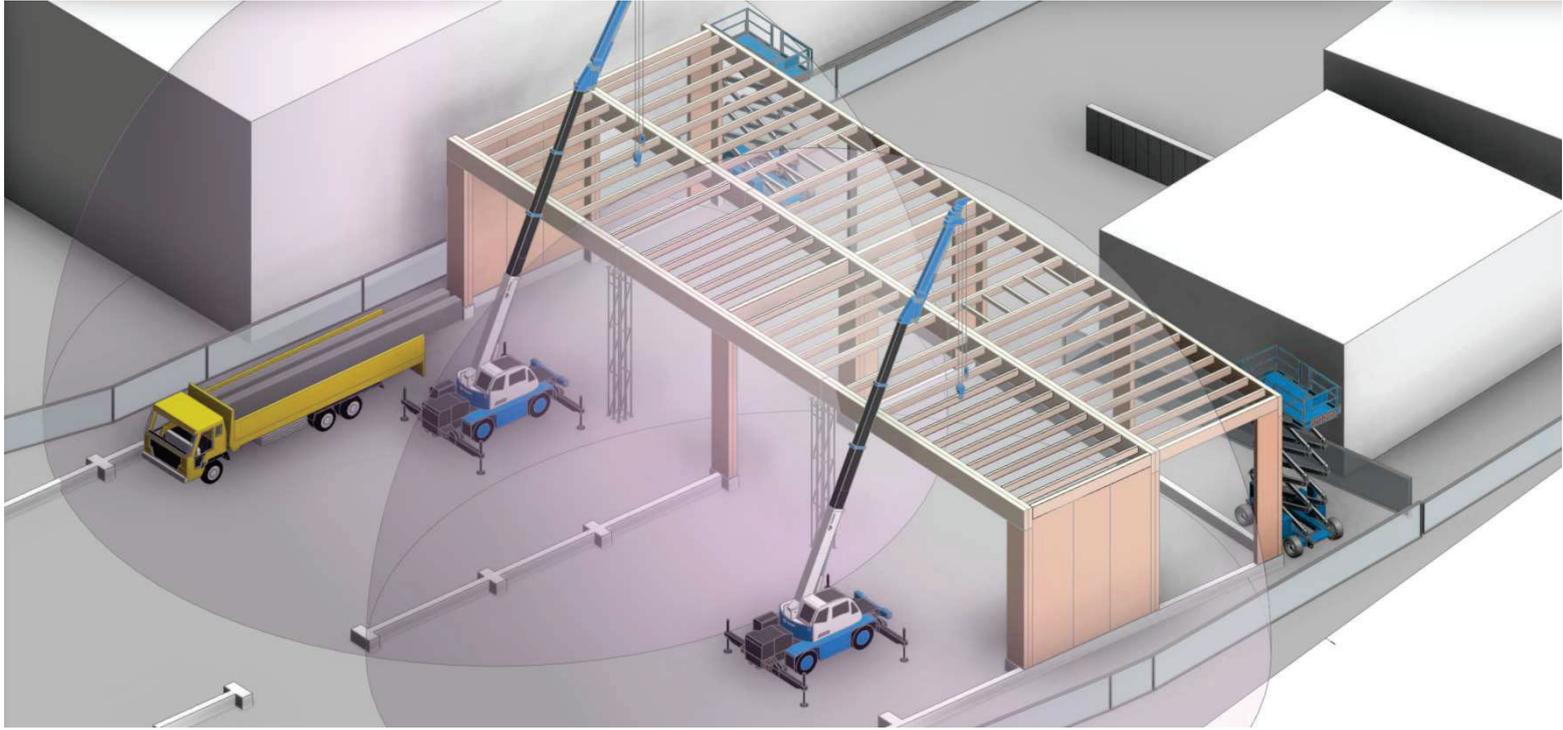


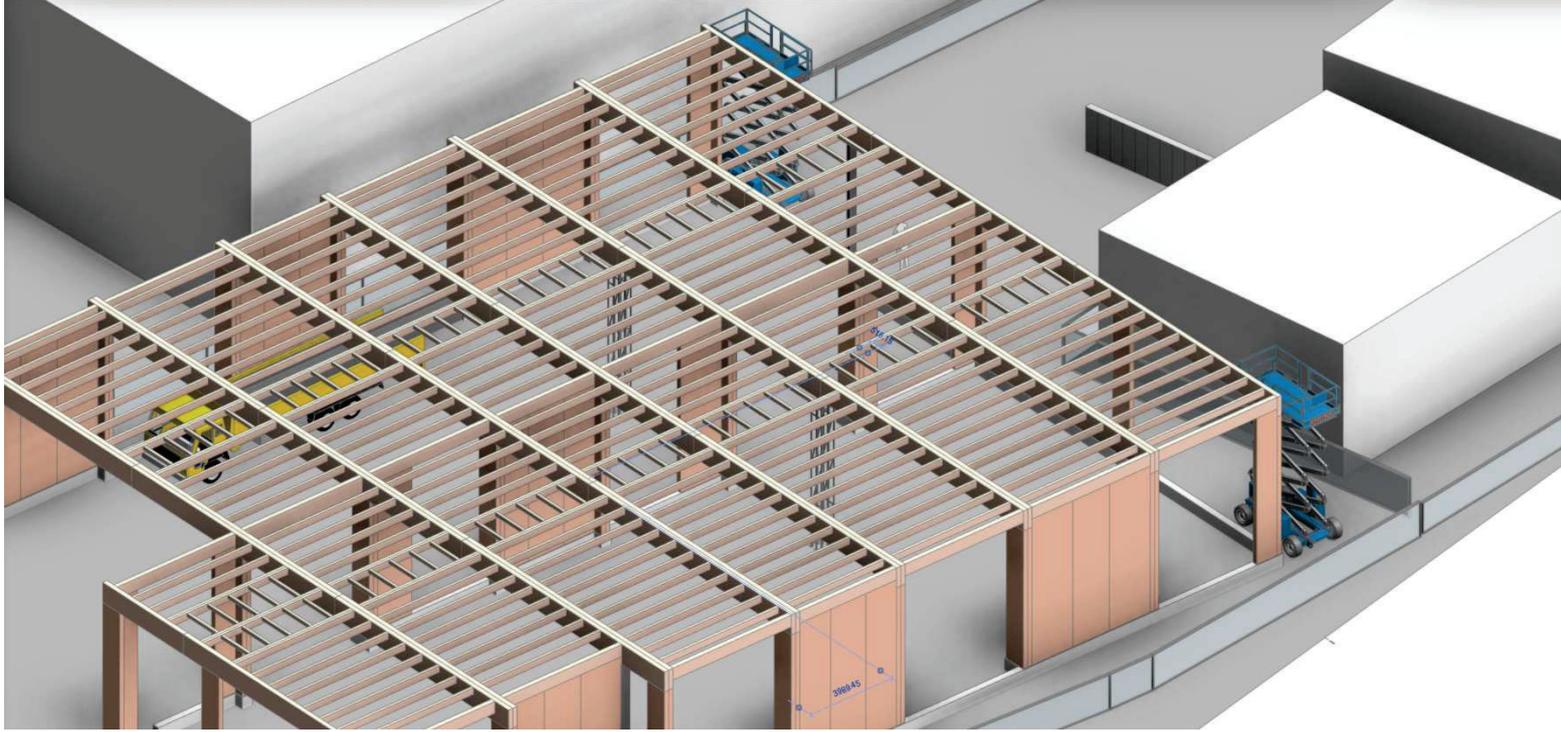












■ 工法別コスト比較表

2023/9/19

(税抜き)

	CLT工法 CLTパネル工法 +	鉄骨造 鉄骨ラーメン構法	摘要 ※鉄骨造は規模調整した概算価格
基礎工事	68,216 千円	88,700 千円	
躯体工事	194,763 千円	155,000 千円	※準耐火構造の仕様含む
内外装工事	42,467 千円	55,200 千円	
その他	22,014 千円	23,000 千円	仮設工事、開口部工事 ※設備工事、付帯工事等対象工事外は除く
合計	327,460 千円	321,900 千円	

■ 工法別工期比較表

	CLT工法 CLTパネル工法 +	鉄骨造 鉄骨ラーメン構法	摘要(理由など) ※鉄骨造は規模調整をした概算数値
基礎工事	6 week	11 week	・掘削深さの違いと構造計画の工夫で基礎通りが少なかった ・木造なのでアンカーセット等自社職人でできた
躯体工事	3 week	24 week	・軽量のためレッカーが小型化でき作業がスムーズになった ・鉄骨造より接合部が簡素化されている
内外装工事	5 week	17 week	・水平垂直の精度が良く躯体への内外装工事が捗った
その他	4 week	4 week	
合計	18 week	56 week	★約1/3の工期で竣工迄持ってこれた