都市の高レジリエンスの実現に向けて　～現状把握から具体的方策まで～

2018年7月12日
建築学科　伊藤拓海

1．建築サイクル（建物の一生）の整理と現状把握→高レジリエンスのための工程の最適化

2．3Dデータの画像解析による損傷（変形、劣化）評価法

3．3Dデータに基づくデジタルファブリケーションによる復旧工法の開発

建築の一生	建築		維持管理			被災度診断			復旧・復興				
	設計	建設	診断	管理	震災	調査	診断	判定	設計	発注	工事	監理	管理
工程	計画 意匠 設備 構造 ：	図面 資材 加工 運搬 ：	調査 判定 ：	修繕 補強 ：	発見 救助 支援 ：	応急 悉皆 ：	被災度 ：	再使用 建替え 取壊し ：	補修 耐震性 工法 計画 ：	資材 人材 車両 重機 ：	建設 廃棄 3R ：	工程 予算 ：	進捗 ：
レジリエンス	震災に備えて情報整理 （図面、資材、重機、業者など）					震災～復旧・復興までの時間　＝　レジリエンス							

時間

1

1-1. 損傷した建物の状況





被災した建築物









- 熊本城の石垣（左上）
- 木造建築物　（右上）
- 鉄骨造建築物（左下）
- 鉄骨造建築物（右下）

熊本地震における建築物の被災事例













鋼部材の被災事例（兵庫県南部地震）







鋼部材の被災事例（東北地方太平洋沖地震）

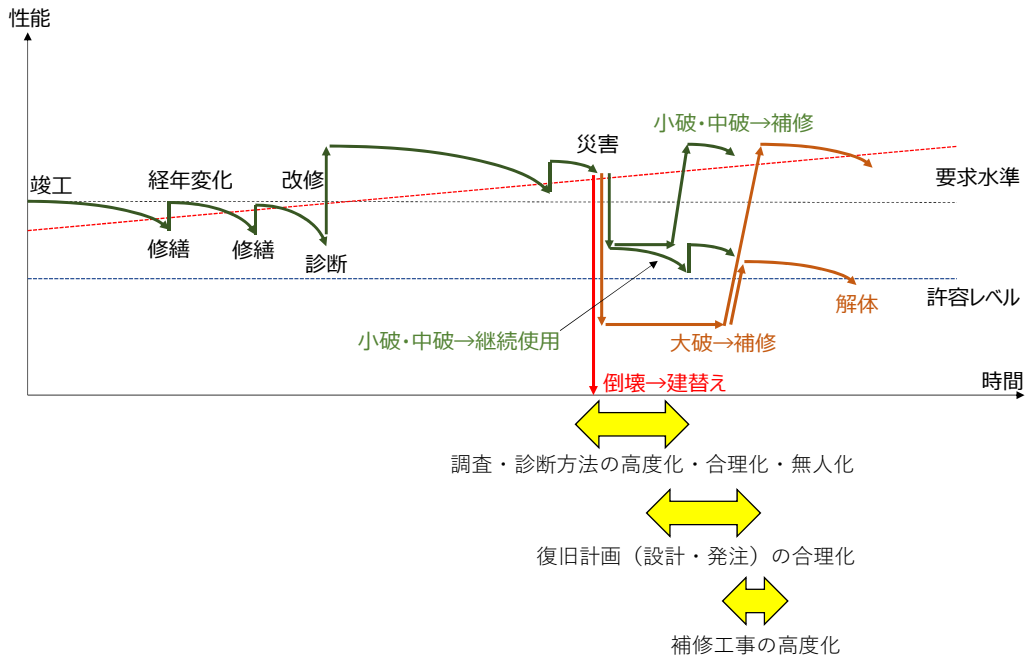






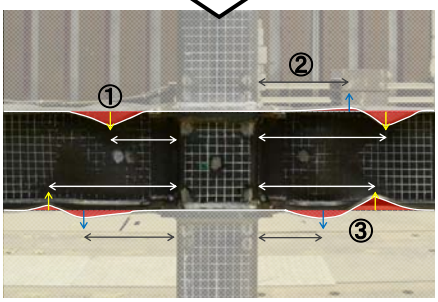
鋼部材の被災事例（熊本地震）

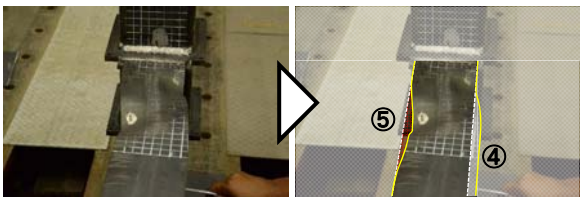
2



1-2. 局部座屈による複雑な損傷形状





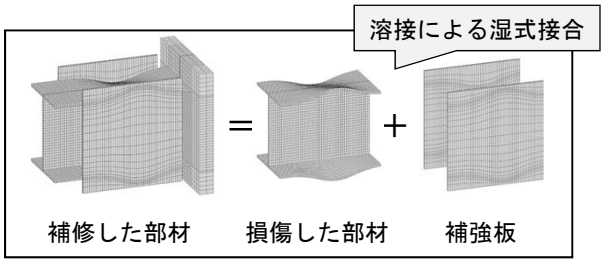


＜変形性状の特徴＞

① 凹凸方向に大小さまざまな変形
② 座屈波形の最大波形点までの距離が不明瞭
③ 二次の複雑な波形
④ 面外方向の変形
⑤ 凹凸により生じるへこみ

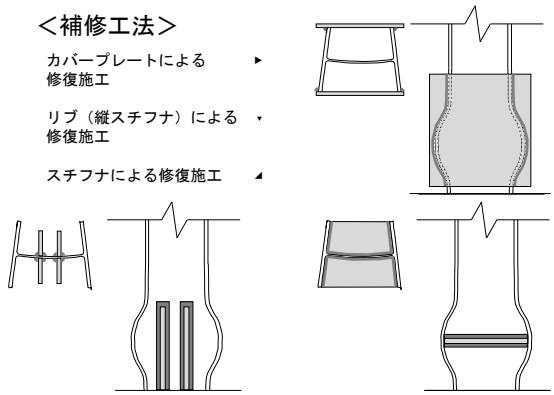
局部座屈により複雑な変形が生じる

2－1. 補修工法の現状と課題

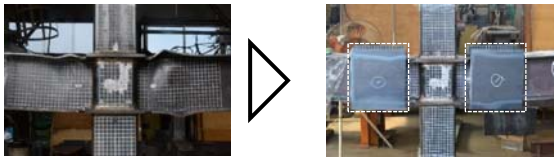


＜補修工法＞

- カバープレートによる修復施工
- リブ（縦スチフナ）による修復施工
- スチフナによる修復施工



修復施工 （カバープレートの場合）



補修前　　補修後

課題
① 変形量の計測および補強板寸法の決定
▼
課題
② 損傷部（突出部）の研削・開先加工
課題
▼
③ 補強板の溶接





1．建築サイクルの整理と現状把握、→高レジリエンスのための工程の最適化

2．3Dデータの画像解析による損傷（変形、劣化）評価法

3．3Dデータに基づくデジタルファブリケーションによる復旧工法の開発

6

都市の高レジリエンスの実現に向けて　～アンケート・ﾋｱﾘﾝｸﾞによる実態調査と工程・ネットワークの最適化～

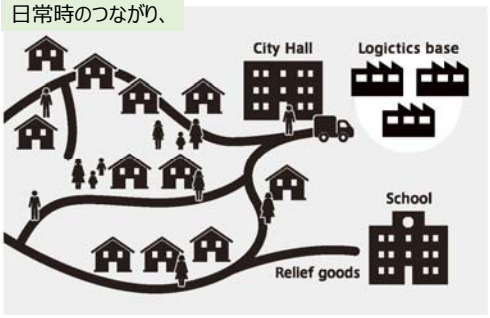
建築の一生	建築		維持管理			被災度診断			復旧・復興				
	設計	建設	診断	管理	震災	調査	診断	判定	**設計**	**発注**	**工事**	**監理**	管理

時間

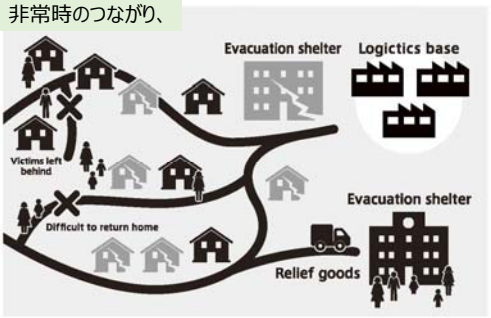
震災に備えて情報整理
（図面、資材、重機、業者など）

震災～復旧・復興までの時間　＝　レジリエンス

日常時のつながり、



非常時のつながり、



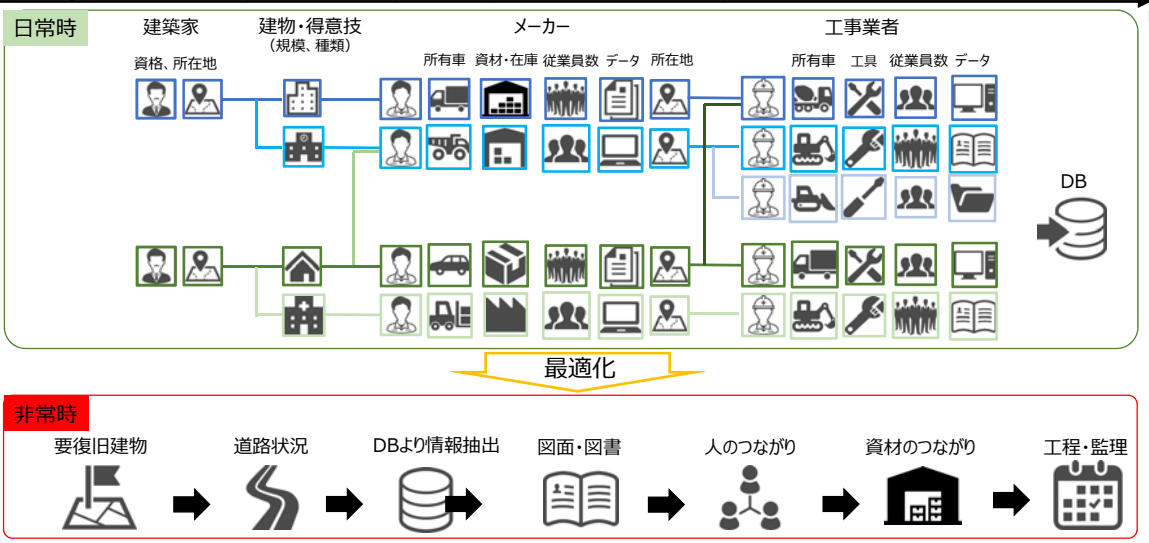
人・資材・車両・重機のネットワークの最適化（分解と結合）

7

都市の高レジリエンスの実現に向けて　～アンケート・ﾋｱﾘﾝｸﾞによる実態調査と工程・ネットワークの最適化～

建築の一生	建築		維持管理			被災度診断			復旧・復興				
	設計	建設	診断	管理	震災	調査	診断	判定	**設計**	**発注**	**工事**	**監理**	管理

時間



8

１．建築サイクルの整理と現状把握、→高レジリエンスのための工程の最適化

２．3Dデータの画像解析による損傷（変形、劣化）評価法

３．3Dデータに基づくデジタルファブリケーションによる復旧工法の開発

9

都市の高レジリエンスの実現に向けて　～ドローン・レーザーによるデータソートと画像解析による発見・データ化・診断～

建築の一生	建築		維持管理			被災度診断			復旧・復興				
	設計	建設	診断	管理	震災	**調査**	**診断**	**判定**	設計	発注	工事	監理	管理
工程	計画 意匠 設備 構造 ：	図面 資材 加工 運搬 ：	調査 判定 ：	修繕 補強 ：	発見 救助 支援 ：	応急 悉皆 ：	被災度 ：	再使用 建替え 取壊し ：	補修 耐震性 工法 計画 ：	資材 人材 車両 重機 ：	建設 廃棄 3R ：	工程 予算 ：	進捗 ：

時間



復旧の迅速化・高度化？
→調査・診断・判定の
方法の革命





	対象	データソース	診断	判定
現状	震災建物、道路、地盤、ほか	人海戦術による調査、 図面、耐震診断データ、	被害調査に基づく スコア式による診断	鈍い被災度診断結果
研究計画	構造実験（損傷の再現） →6月下旬～7月中旬予定	3D計測・モデル化、 （IoTモニタリング）	3Dモデルのベクトル解析、 他（可能性があれば）	
未来	震災建物、道路、地盤、ほか	機械による調査、少人数で確認 3Dモデル化 ＝ドローン、レーザースキャナー、 テレビ等報道、SNS、ほか	画像解析の可能性 （被災建築物の3Dモデル 再現による分析・診断）	素早い被災度診断結果

10

都市の高レジリエンスの実現に向けて　～ドローン・レーザーによるデータソートと画像解析による発見・データ化・診断～

復旧の迅速化・高度化？　→調査・診断・判定の方法の革命

	対象	データソース	診断	判定
現状	震災建物、道路、地盤	人海戦術による調査、 図面、耐震診断データ、	被害調査に基づく スコア式による診断	被災度診断結果
研究計画	構造実験（損傷の再現） →6月～7月実験予定	3D計測・モデル化、 （IoTモニタリング）	3Dモデルのベクトル解析、 他（可能性があれば）	
未来	震災建物、道路、地盤	3Dモデル ＝ドローン、レーザースキャナー、 テレビ等報道、SNS、ほか	画像解析の可能性	被災度診断結果



被災建物

構造実験@葛飾（損傷の再現）



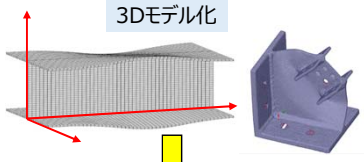
2018年6月下旬　ブレース実験
2018年7月下旬　骨組実験

試験体3D撮影



デジカメ、ドローン

3Dモデル化



点群データの解析、変形・損傷の特定



形の情報から診断

11

1．建築サイクルの整理と現状把握、→高レジリエンスのための工程の最適化

2．3Dデータの画像解析による損傷（変形、劣化）評価法

3．3Dデータに基づくデジタルファブリケーションによる復旧工法の開発

12

都市の高レジリエンスの実現に向けて　～3Dデータに基づく補修工事の最適化・デジタルファブリケーション～

建築の一生	建築		維持管理			被災度診断			復旧・復興				
	設計	建設	診断	管理	震災	調査	診断	判定	**設計**	**発注**	**工事**	**監理**	管理
工程	計画 意匠 設備 構造 ：	図面 資材 加工 運搬 ：	調査 判定 ：	修繕 補強 ：	発見 救助 支援 ：	応急 悉皆 ：	被災度 ：	再使用 建替え 取壊し ：	補修 耐震性 工法 計画 ：	資材 人材 車両 重機 ：	建設 廃棄 3R ：	工程 予算 ：	進捗 ：

時間



損傷した建築骨組の様子

復旧の迅速化・高度化？
→デジタルファブリケーション
による補修工法の革命

	対象	補修工法	補修工事
現状	震災建物、道路、地盤、ほか	復旧技術指針 （取替え、亀裂充填、ほか）	各種加工、工事 （溶接、打設、他）
研究計画	構造実験（次年度以降） 3Dモデル・3Dプリンタ	3Dモデルに基づき 3Dプリンタで部材成形	湿式工法（接着剤）ほか
未来	震災建物、道路、地盤、ほか	3Dモデル、3Dプリンタ	湿式工法（接着剤）ほか

13

都市の高レジリエンスの実現に向けて　～ドローン・レーザーによるデータソートと画像解析による発見・データ化・診断～

復旧の迅速化・高度化？　→調査・診断・判定の方法の革命

震災都市・建物の現状と課題





①専門家による危険を伴う作業

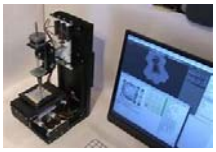


②インフラの寸断、困難な物資運搬



③人材・資材などの不足

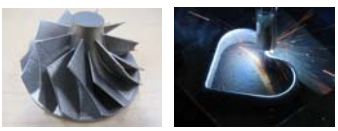
デジタルファブリケーションによるソリューション



①3Dプリンターで成形・加工



②現場近くの工場・家からお届け



③非専門家が参加

14

都市の高レジリエンスの実現に向けて　～3Dデータに基づく補修工事の最適化・デジタルファブリケーション～

復旧の迅速化・高度化？　→デジタルファブリケーションによる補修工法の革命

	対象	補修工法	補修工事
現状	震災建物、道路、地盤	復旧技術指針 （取替え、亀裂充填、ほか）	各種加工、工事 （溶接、打設、他）
研究計画	構造試験体（次年度以降） 3Dモデル・3Dプリンタ	3Dモデルに基づき 3Dプリンタで部材成形	湿式工法（接着剤）ほか
未来	震災建物、道路、地盤	3Dモデル、3Dプリンタ	湿式工法（接着剤）ほか

デジカメ・３Ｄスキャナー計測



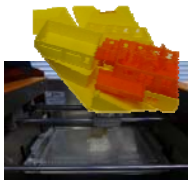
3Dモデル作成



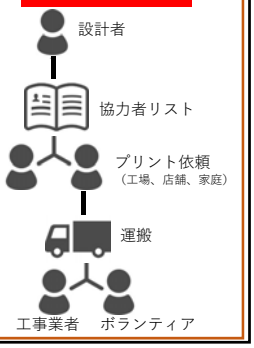
補修部材設計



３Ｄプリンタ NC加工



社会実装イメージ



都市の高レジリエンスの実現に向けて　～3Dデータに基づく補修工事の最適化・デジタルファブリケーション～

復旧の迅速化・高度化？　→デジタルファブリケーションによる補修工法の革命















16