

歴史的建造物の耐震改修を考慮した経済性能評価に基づく構造特性の最適化

はじめに

歴史的建造物は建設当時の技術・建築的知識・人々の生活等を後世に伝える資料として非常に価値あるものであるが、経年による劣化から構造的に安全と判断できないものが多く、維持管理・解体廃棄の選択を強いられている。そのような選択の場面において、非木造歴史的建造物の場合、歴史的価値を維持しながら合理的に建物の補修・補強を進める手法が確立されているとは言えない現状であり、経済的理由から解体となる場合も少なくない。

⇒ 建物保存のための処置を施した場合のライフサイクルコストを検討し、歴史的建造物の価値を考えた場合に損失とならない改修プランについての検討を行う。

ライフサイクル入力地震動

供用期間中に発生が予想される中小地震を含めた年最大地震動の組み合わせ

$$(1) P_i = 1 - \frac{(1-P_0)}{e^{i-1}}$$

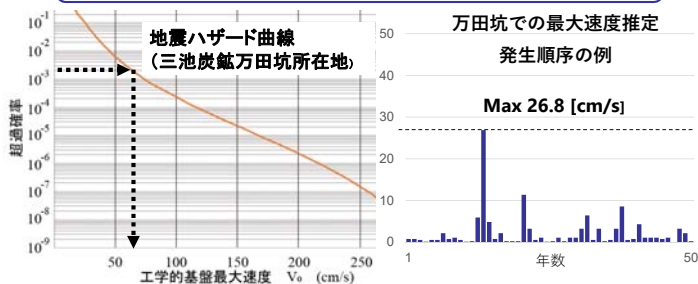
F_i : i番目のN年非超過確率

P_i : i番目のN年超過確率

$$(2) F_i = 1 + \frac{\ln(1-P_i)}{N}$$

N : 建物の供用期間

地震ハザード曲線から(1)、(2)式を用いて年最大速度の組合せを作成さらに地盤増幅率を乗じ、ランダムに発生する組み合わせを作成



対象構造物例と解析方法

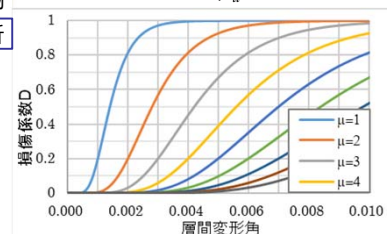


| 対象構造物 | 万田坑施設 | 事務棟 |
|---------|-----------------------|-----|
| 構造 | 混合構造 (煉瓦造+RC造) | |
| 建築面積 | 128.51㎡ | |
| 外壁 | 構造用煉瓦一枚半積 (柱型付) | |
| ベースシア係数 | $C_B = 0.38 \sim 0.4$ | |
| 一次固有周期 | $T = 0.15$ [s] | |
| 終局塑性率 | $\mu_u = 1 \sim 1.5$ | |

解析方法：線形時刻歴応答解析

建築構造物

- ・一質点モデルに縮約可能
- ・復元力特性：Bi-linear型
- ・履歴則：Bi-linear+slip型
- ・減衰定数：5%
(瞬間剛性比例型)



構造物の損傷は fragility 曲線 (上図) によって評価する

耐震改修案を考慮した解析パラメータの設定範囲

今回は歴史的建造物の保存を考慮したプラン4通りを検討し、耐震改修報告書等の文献より解析パラメータを以下のように設定した。

| | 固有周期 | ベースシア係数 | 終局塑性率 | 減衰 | 費用 (万円/坪) |
|------------------------|----------|------------------|-------|-----|-----------|
| 現状維持 (最低限の面外転倒防止措置) | 0.1~0.25 | 0.1~0.6 | 1~3 | 5% | 35 |
| ステンレスピン挿入等による壁体拘束補強 | 0.1~0.3 | 0.15~0.8 | 2~6 | 5% | 112 |
| 補強鉄骨・耐震プレート増設 | 1.5~0.4 | 0.3~1.2 | 6~9 | 5% | 160 |
| 免震レトロフィット | 3.0 | 免震層上部特性は 原状まま | | 20% | 350 |

耐震改修補助費用の設定

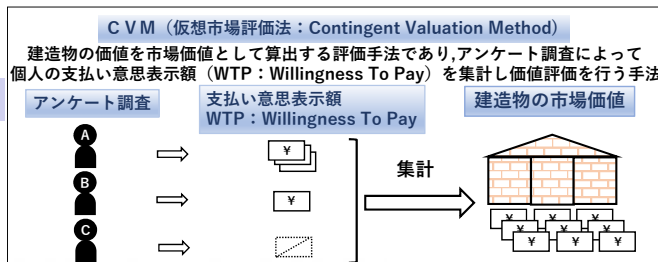
耐震改修補助費用として寄付金・公的機関からの助成金を考慮し右表のCase1~Case4について検討を行った

| | 寄付金モデル反映 | 助成金モデル反映 |
|-------|----------|----------|
| Case1 | 無し | 無し |
| Case2 | 有り | 無し |
| Case3 | 無し | 有り |
| Case4 | 有り | 有り |

助成金モデルは国土交通省の歴史的環境形成総合支援事業
寄付金モデルはCVM (仮想市場評価法) の文献に基づき設定した

解析結果 (都合上一部掲載)

地震動群 (50年間分) を用いて地震動解析を行い、損傷による修復費用と収益用建築物としての収益を積算した結果以下ようになる。経済性能指標値 I が1以上であれば、耐震改修の後に収益用建築物として活用した際に耐震改修費と地震損失費用の合計以上の利益を生む結果となり経済的に価値のある保存と認められることとなる。



経済性能指標値 I

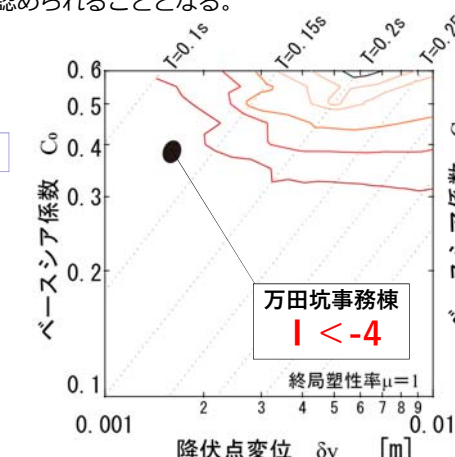
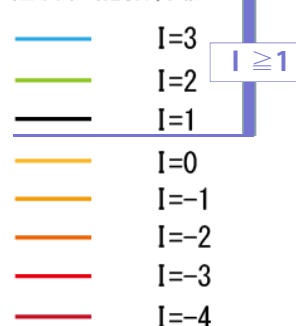


図-1 (最も低い値: Case1 耐震改修無し)

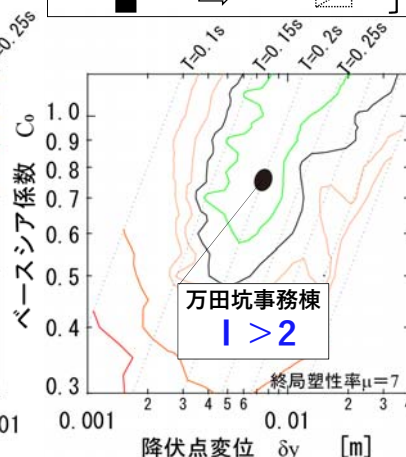


図-2 (最も高い値: Case4 補強鉄骨・耐震プレート増設)

経済性能指標値 I > 2
利益を生むため
初期投資をしてでも
残す価値があり