

柏崎刈羽原子力発電所第7号機 工事計画審査資料	
資料番号	KK7補足-024-3 改13
提出年月日	2020年8月19日

下位クラス施設の波及的影響の検討について

2020年8月

東京電力ホールディングス株式会社

## 目 次

1. 概要	1
2. 波及的影響に関する評価方針	2
2.1 基本方針	2
2.2 下位クラス施設の抽出方法	4
2.3 影響評価方法	4
2.4 プラント運転状態による評価対象の考え方	4
3. 事象検討	6
3.1 別記 2 に記載された事項に基づく事象検討	6
3.2 地震被害事例に基づく事象の検討	7
3.2.1 被害事例とその要因の整理	7
3.2.2 追加考慮すべき事象の検討	7
3.3 津波，火災，溢水による影響評価	9
3.4 周辺斜面の崩壊による影響評価	9
4. 上位クラス施設の確認	10
5. 下位クラス施設の抽出及び影響評価方法	22
5.1 相対変位又は不等沈下による影響	22
5.2 接続部における相互影響	26
5.3 建屋内における損傷，転倒及び落下等による影響	34
5.4 建屋外における損傷，転倒及び落下等による影響	36
6. 下位クラス施設の検討結果	38
6.1 相対変位又は不等沈下による影響検討結果	38
6.1.1 抽出手順	38
6.1.2 下位クラス施設の抽出結果	38
6.1.3 影響評価結果	38
6.2 接続部における相互影響検討結果	49
6.2.1 抽出手順	49
6.2.2 接続部の抽出及び影響評価対象の選定結果	49
6.2.3 影響評価結果	49
6.3 建屋内における損傷，転倒及び落下等による影響検討結果	85
6.3.1 抽出手順	85
6.3.2 下位クラス施設の抽出結果	85
6.3.3 影響評価結果	85
6.4 建屋外における損傷，転倒及び落下等による影響検討結果	144
6.4.1 抽出手順	144
6.4.2 下位クラス施設の抽出結果	144
6.4.3 影響評価結果	144

## 添 付 資 料

- 添付資料 1-1 波及的影響評価に係る現地調査の実施要領
- 添付資料 1-2 波及的影響評価に係る現地調査記録
- 添付資料 2 海水ポンプ用天井クレーンの上位クラス施設への波及的影響評価について
- 添付資料 3-1 原子力発電所における地震被害事例の要因整理
- 添付資料 3-2 福島第二原子力発電所における地震被害事例の要因整理
- 添付資料 4 周辺斜面の崩落等による施設への影響について
- 添付資料 5 上位クラス施設に隣接する下位クラス施設の支持地盤について
- 添付資料 6 設置予定施設に対する波及的影響評価手法について
- 添付資料 7 5号機主排気筒の波及的影響について
- 添付資料 8 5号機タービン建屋の波及的影響について
- 添付資料 9 緊急時対策所に対する周辺建屋の波及的影響について
- 添付資料 10 下位クラス施設の損傷等による機械的荷重の影響について
- 添付資料 11 制御棒貯蔵ハンガ及びびチャンネル着脱機の波及的影響について
- 添付資料 12 6号機のSクラス施設等及び重要SA施設からの波及的影響について
  
- 参考資料 1-1 上位クラス電路に対する下位クラス施設からの波及的影響の検討について
- 参考資料 1-2 上位クラス計装配管に対する下位クラス施設からの波及的影響（損傷・転倒・落下）の検討について
- 参考資料 2 上位クラス施設と隔離されずに接続する下位クラスベント配管の閉塞影響について
- 参考資料 3 設置変更許可時からの相違点について
- 参考資料 4 波及的影響の設計対象とする下位クラス施設の抽出における先行BWRプラントとの差異について

今回提出範囲

添付資料 8 5号機タービン建屋の波及的影響について

## 目 次

1. 概要	1
2. 基本方針	2
2.1 位置	2
2.2 構造概要	3
2.3 評価方針	8
2.4 適用規格・基準等	10
3. 評価方法	11
3.1 評価方針及び評価対象部位	11
3.2 設計用模擬地震波	11
3.3 荷重及び荷重組合せ	19
3.4 許容限界	20
3.5 解析方法	21
3.5.1 地震応答解析モデル	21
3.5.2 解析方法	43
3.5.3 解析条件	43
3.5.4 材料物性の不確かさ	51
3.6 評価方法	52
3.6.1 構造物全体としての変形性能の評価方法	52
3.6.2 5号機原子炉建屋への相対変位による評価方法	52
4. 評価結果	53
4.1 構造物全体としての変形性能の評価結果	53
4.2 5号機原子炉建屋への相対変位による評価結果	54
4.2.1 最大相対変位による評価結果	54
4.2.2 時刻歴相対変位による評価結果	55
4.3 まとめ	55
別紙 1 地震応答解析における既工認と今回工認の解析モデル及び手法の比較	
別紙 2 地震応答解析における耐震壁及び鉄骨部のせん断スケルトン曲線の設定	
別紙 3 水平 2 方向地震力に対する上部鉄骨部層間変形角の検討	
別紙 4 応力解析による鉄骨フレームの検討	

今回提出範囲

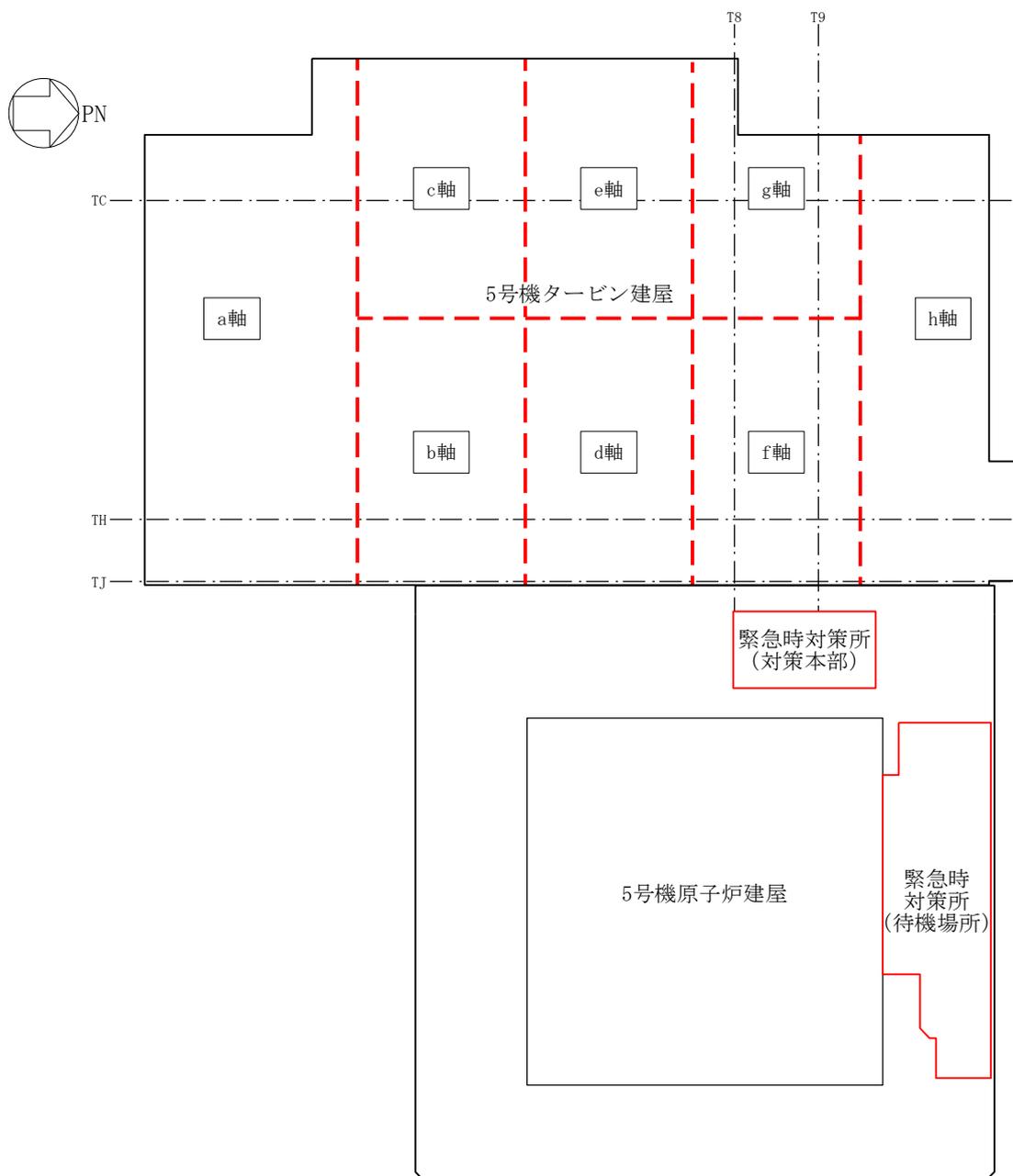
## 別紙 4 応力解析による鉄骨フレームの検討

### 1. 概要

5号機タービン建屋（以下「タービン建屋」という。）の波及的影響評価において、質点系モデルの地震応答解析結果である上部鉄骨部層間変形角が許容限界（1/30）を超えないことで、倒壊に至らないことを確認している。本資料では、応力解析による上部鉄骨部の健全性を確認することで、部材の損傷・落下に至らないことを確認する。

### 2. 評価対象部位

応力解析による上部鉄骨部の評価対象部位は、上位クラス施設である緊急時対策所（5号機原子炉建屋内緊急時対策所）（以下「5号機原子炉建屋」という。）に面しており、かつ地震応答解析結果（層間変形角）が最も大きい部位を選定する。建屋配置図を図2-1に、EW方向質点系モデルの地震応答解析結果（最大層間変形角）を表2-1に示す。図2-1及び表2-1より、応力解析による上部鉄骨部の評価対象部位は、EW方向質点系モデルのf軸及びg軸を構成するT8通り鉄骨フレーム及びT9通り鉄骨フレームとする。

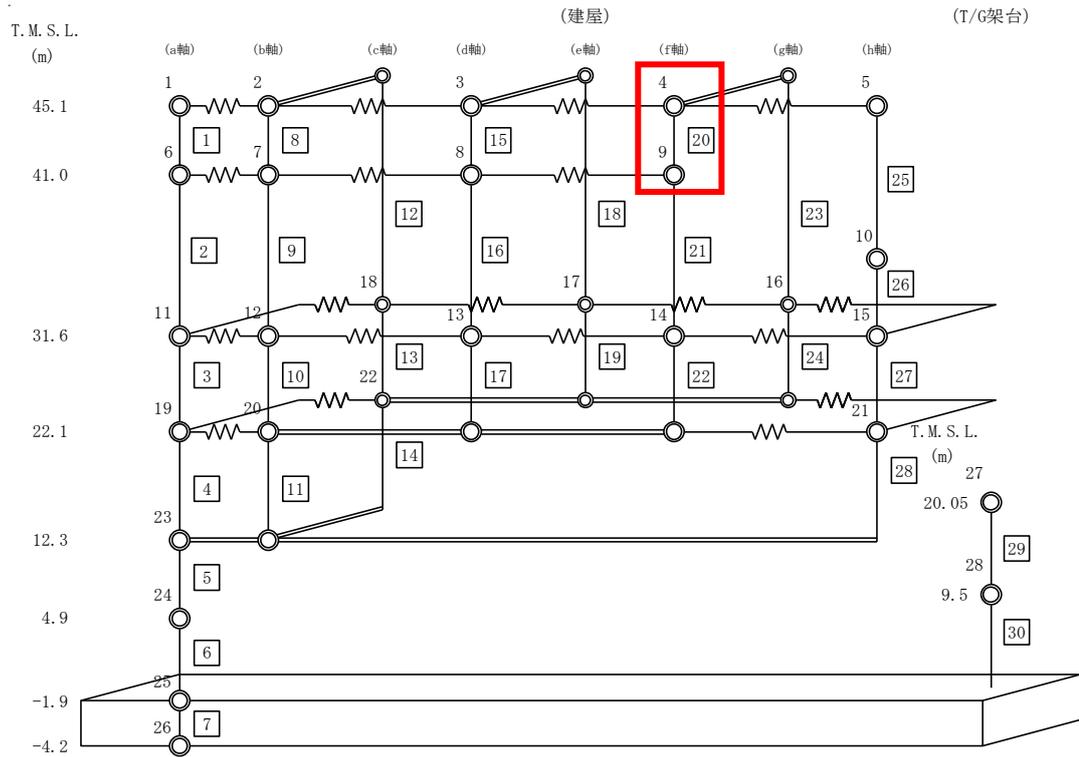


注：タービン建屋部分の赤破線は、EW 方向質点系モデルの軸範囲を示す。

図 2-1 建屋配置図

表 2-1 最大層間変形角 (EW 方向)

部材番号	最大層間変形角	基準地震動 $S_s$ (ケース)
20 (f 軸)	1/50	$S_{S-7}$ (ケース 4)



注：東京湾平均海面（以下、「T.M.S.L.」という。）

図 2-2 質点系モデル (EW 方向)

### 3. 評価方法

応力解析による上部鉄骨部の評価は、2次元フレームモデルを用いた弾塑性応力解析によるものとする。

許容限界を表3-1に示す。

表3-1 タービン建屋鉄骨フレームの波及的影響評価における許容限界

機能設計上の性能目標	地震力	部位	機能維持のための考え方	許容限界
5号機原子炉建屋に波及的影響を及ぼさない	基準地震動 $S_s$	鉄骨フレーム	波及的影響を及ぼさないための許容限界を超えないことを確認	崩壊機構が形成されないこと

#### 4. 解析モデル及び解析方法

##### 4.1 解析モデル

解析モデルは、T8 通り鉄骨フレーム及び T9 通り鉄骨フレームを柱、はり及びブレース部材全てをはり要素としてモデル化した 2 次元フレームモデルとし、RC 部との接合部である脚部 (T.M.S.L. 31.6m 及び 35.6m) を固定とする。解析モデルを図 4-1 に、解析モデルの物性値を表 4-1 に示す。

##### 4.2 解析方法

固定荷重、積載荷重及び積雪荷重は分布荷重として入力する。

地震荷重は、基準地震動  $S_s$  に対する EW 方向質点系モデルの地震応答解析結果 (材料物性の不確かさを含む) から設定した地震荷重とし、T8 通り鉄骨フレーム及び T9 通り鉄骨フレームの載荷面 (T.M.S.L. 45.1m 及び 41.0m) に 2 構面同時に集中荷重として入力する。設定した地震荷重を表 4-2 に示す。

解析ケースは、地震荷重の入力方向 (図 4-1 における X 方向の正負) を考慮したものとす。解析ケースを表 4-3 に示す。

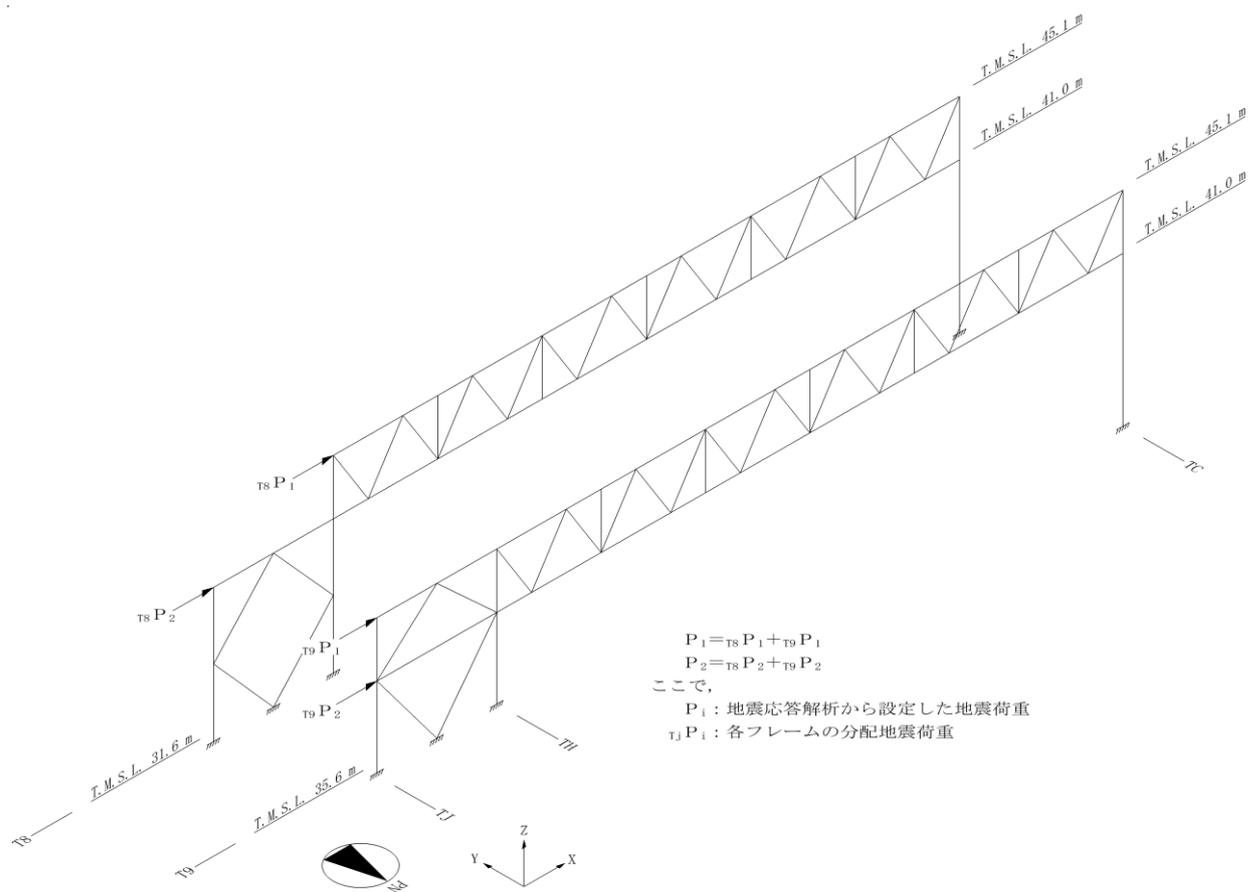


図 4-1 解析モデル

表 4-1 解析モデルの物性値

部位	使用材料	ヤング係数 E (N/mm <sup>2</sup> )	せん断弾性係数 G (N/mm <sup>2</sup> )
鉄骨フレーム	鉄骨 : SS41 (SS400相当)	$2.05 \times 10^5$	$0.79 \times 10^5$
	鉄骨 : SM41A (SM400A相当)	$2.05 \times 10^5$	$0.79 \times 10^5$
	鉄骨 : SM50A (SM490A相当)	$2.05 \times 10^5$	$0.79 \times 10^5$

表 4-2 地震荷重

T. M. S. L. (m)	地震荷重 ( $\times 10^3 \text{kN}$ )	基準地震動 $S_s$ (ケース)
45.1	32.0	Ss-1 (ケース 4)
41.0		Ss-7 (ケース 4)
31.6	17.8	Ss-7 (ケース 4)

表 4-3 解析ケース

ケース No.	入力荷重
1	$F_d + F_s + 1.0 F_k$
2	$F_d + F_s - 1.0 F_k$

[記号の説明]

$F_d$  : 固定荷重 + 積載荷重

$F_s$  : 積雪荷重

$F_k$  : 地震荷重

## 5. 評価結果

応力解析結果の塑性ヒンジ図を図 5-1～図 5-4 に示す。塑性ヒンジとは、部材が降伏し変形に対する抵抗が失われている部位を示す。荷重の増加に伴い、フレーム内に形成される塑性ヒンジも増加するが、フレーム全体として変形に対する抵抗が失われる数の塑性ヒンジが形成され、水平力に対して耐えられなくなった場合にフレームは崩壊することになる。

図 5-1～図 5-4 より、地震荷重に対して柱及び TH-TJ 通り間のブレースの一部において塑性ヒンジが形成されているが、全ての柱の柱頭及び柱脚に塑性ヒンジが形成されていないことから、T8 通り鉄骨フレーム及び T9 通り鉄骨フレームに崩壊機構が形成されていないことを確認した。なお、応力解析結果より算定した最大層間変形角は 1/91 である。

以上より、タービン建屋の上部鉄骨部において、崩壊機構が形成されないことを確認した。

- [凡例]
- 曲げ降伏
  - プレース降伏 (圧縮)
  - ▲ プレース降伏 (引張)

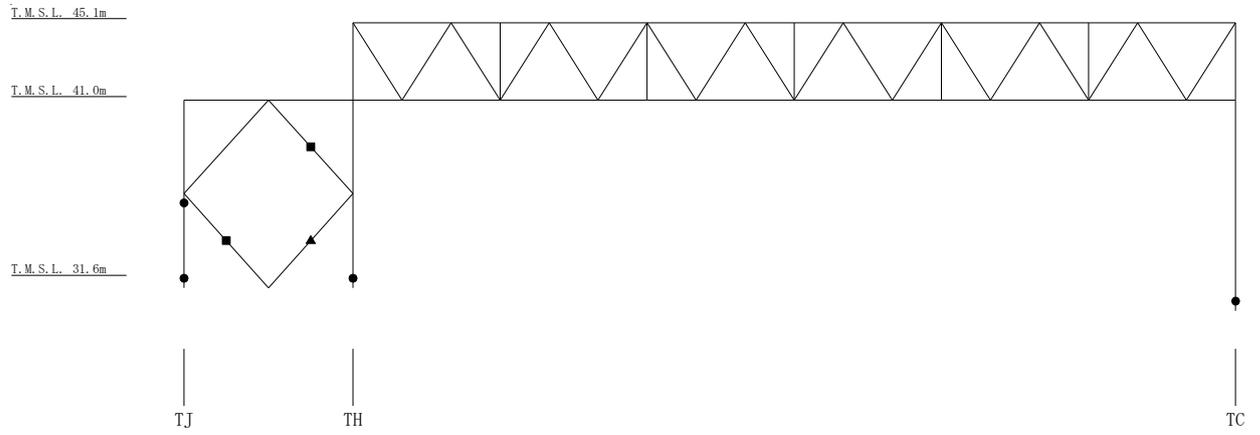


図 5-1 塑性ヒンジ図 (T8 通り, ケース 1)

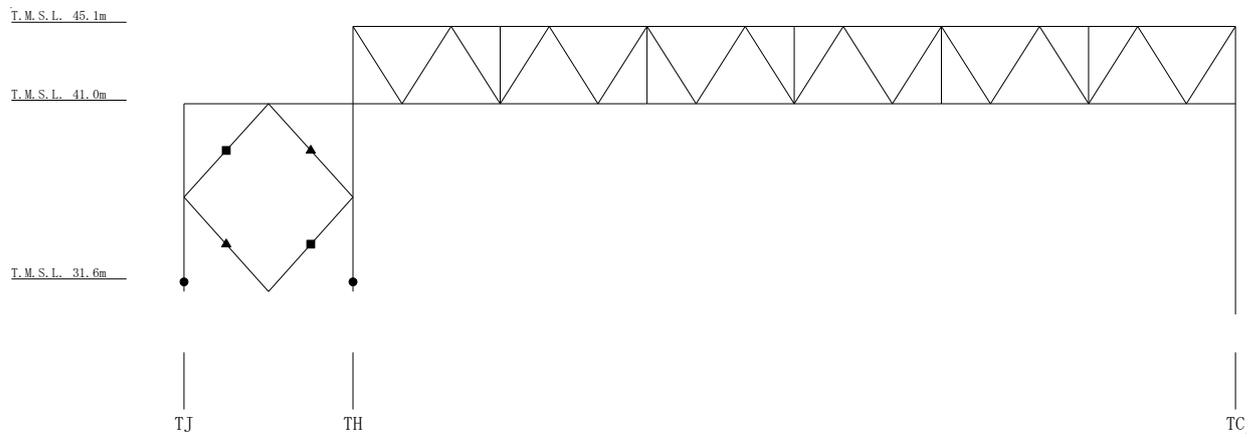


図 5-2 塑性ヒンジ図 (T8 通り, ケース 2)

- [凡例]
- 曲げ降伏
  - ブレース降伏 (圧縮)
  - ▲ ブレース降伏 (引張)

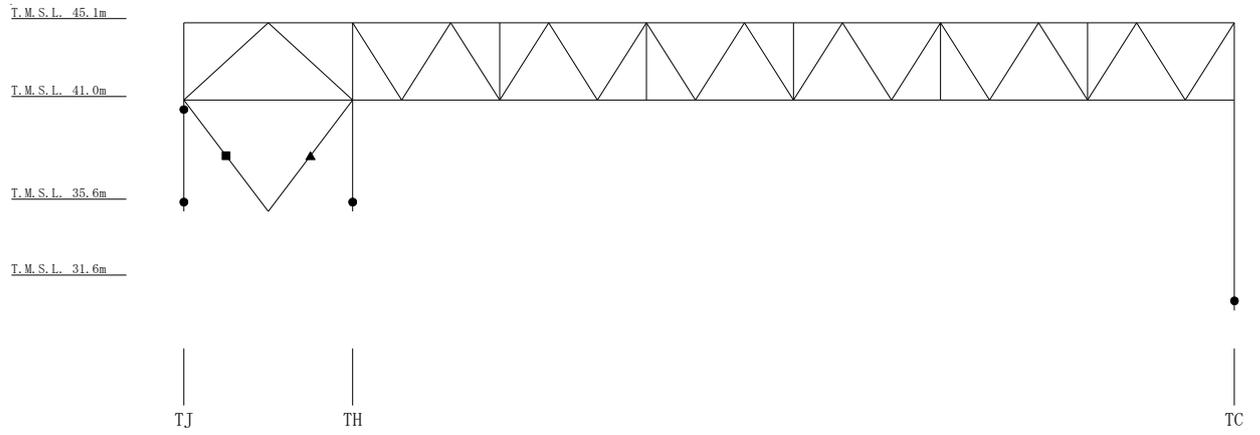


図 5-3 塑性ヒンジ図 (T9 通り, ケース 1)

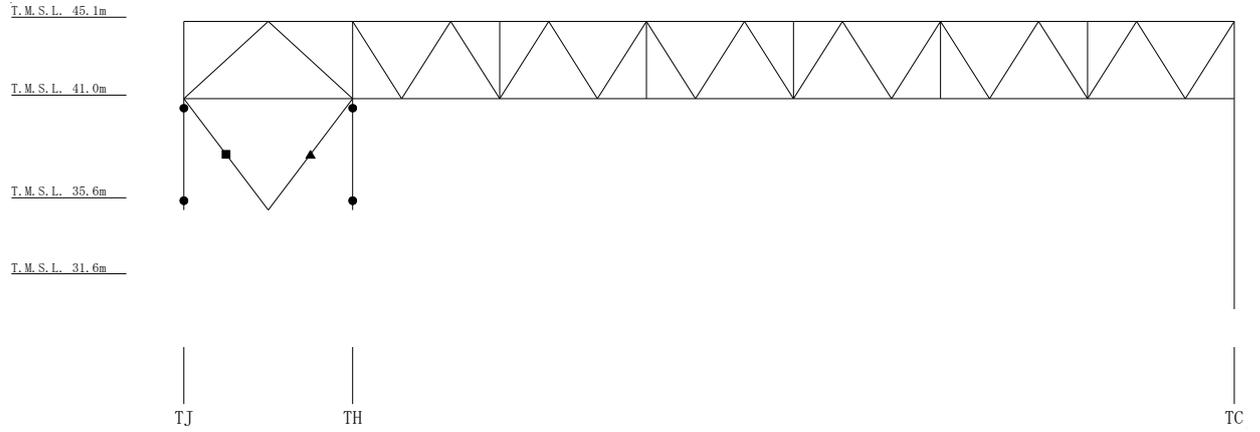


図 5-4 塑性ヒンジ図 (T9 通り, ケース 2)