電柱倒壊に着目した 無電柱化効果に関する研究

小西　崚太[1]・布施　純[2]・橋本　浩良[3]

[1]非会員　国土交通省　国土技術政策総合研究所（〒305-0804 茨城県つくば市旭 1 番地）
E-mail: konishi-r924a@mlit.go.jp (Corresponding Author)

[2]正会員　国土交通省　国土技術政策総合研究所（〒305-0804 茨城県つくば市旭 1 番地）
E-mail: fuse-j22aa@mlit.go.jp

[3]正会員　国土交通省　国土技術政策総合研究所（〒305-0804 茨城県つくば市旭 1 番地）
E-mail: hashimoto-h22ab@mlit.go.jp

本研究では，無電柱化整備による道路閉塞防止効果を確認するため，大規模震災発生時の電柱倒壊に着目し，電柱の倒壊リスクを考察するとともに電柱倒壊を要因とする道路閉塞の発生リスクを確認した．その結果，以下の成果を得た．1 つ目は，電柱は電柱と近い形状の道路附属物に比べて大規模震災発生時の傾斜割合が 1.6 倍程度大きく倒壊リスクが高いことや，電柱特有の倒壊リスクとして電柱間を連結している電線により隣接電柱の影響を受けるため電柱倒壊が発生すると連鎖的に被害が拡大する恐れがあること．2 つ目は，特定の区間を対象とした試算結果であるものの，第 1 次緊急輸送道路ネットワークにおいて大規模震災発生時の電柱倒壊による道路閉塞発生確率は 13.0%であり，電柱倒壊のみを要因とした道路閉塞の発生リスクがあること．

Key Words: *utility pole removal, disaster prevention, utility pole collapse, Road block, emergency transportation road*

1. はじめに

(1) 背景と目的

日本は地理的な要因から自然災害の影響を受けやすい．電柱が被災することで停電や道路閉塞が発生する可能性があり，無電柱化を実施することは防災の観点から重要である．近年の災害における電柱の倒壊状況は，阪神・淡路大震災(平成 7 年兵庫県南部地震)において，電力系が約 4,500 基，通信系が約 3,600 基．東日本大震災(平成 23 年東北地方太平洋沖地震)において，電力系が約 28,000 基，通信系が約 28,000 基である[1]．令和元年房総半島台風(台風 15 号)において，電力系が 1,996 基である[2]．近い将来発生が懸念される災害として，南海トラフ巨大地震や首都直下地震などの大規模震災がある．これまでの災害と同様に電柱の倒壊が懸念されることから，無電柱化の一層の推進が望まれている．

電柱が倒壊することによる道路閉塞が生じた場合，緊急車両の通行が妨げられることによる人名救助の遅れや，電柱被害状況の把握が遅延することによる停電の長期化などの二次被害の発生につながる恐れがある．実際に令和元年房総半島台風(台風 15 号)では，通行支障により初動期の被害状況の全容把握に時間を要したことが，停電復旧が長期化した一つの要因であるとされている[3]．

これらの災害を踏まえて，令和 3 年に策定された『無電柱化推進計画』[4]や令和 5 年に閣議決定された『国土強靱化基本計画』[5]では，緊急輸送道路の無電柱化を重点的に推進することが掲げられている．緊急輸送道路は救助活動や物資供給等の応急活動のために緊急車両の通行を確保すべき重要な路線と定められている．特に，災害直後は空港や港湾といった防災拠点と都市間を接続する第 1 次緊急輸送道路ネットワーク(以下「第 1 次緊急輸送道路」という．)において，電柱倒壊に起因する道路閉塞を防止することが重要である．

また，照明施設や標識など，電柱と近い形状の道路附属物(以下「その他柱状施設」という．)も電柱と同様に大規模震災発生時に倒壊する恐れがあるため，無電柱化整備後も道路閉塞が発生する確率は変わらないのではないかという考え方もある．

そこで本研究では，無電柱化整備による道路閉塞防止効果を確認するため，電柱倒壊に着目して，大規模震災

発生時の電柱とその他柱状施設の被害状況を比較することで電柱特有の倒壊リスクを考察するとともに，大規模震災発生時の第 1 次緊急輸送道路における電柱倒壊のみを要因とした道路閉塞の発生リスクを確認する．

(2) 既往研究と本研究の位置づけ

災害発生時の無電柱化整備と道路閉塞の関係についてはさまざまな既往研究がある．渡司ら [6]は，災害時の市町村間支援を想定し，役場間移動経路の移動距離と電柱本数の関係に着目して，緊急輸送道路の無電柱化効果について求めている．この研究の中で，役場移動経路ごとの移動距離と沿道電柱本数は明確なトレードオフ関係があると示すことで，緊急輸送道路の無電柱化効果を示している．しかし，移動距離と沿道電柱本数という 2 つの評価指標で無電柱化効果を示しており，電柱倒壊による道路閉塞の発生確率などは言及されていない．長谷川ら [7]は，電柱倒壊などを要因とした震災時の道路閉塞シミュレーションにより，避難所へのアクセス性評価とアクセス性を確保するための対策を検討している．道路閉塞シミュレーションを行う上で，電柱倒壊はその一要因のため，電柱倒壊のみを要因とした道路閉塞の発生確率は示されていない．

また，災害発生時における緊急輸送道路の道路閉塞についてもさまざまな既往研究がある．大佛・岸本 [8]は，特定緊急輸送道路の沿道建築物の耐震化とアクセシビリティの関係について分析している．大佛ら [9]は，緊急輸送道路の沿道建築物の耐震化が消防隊の到着時間短縮にどの程度貢献するかを定量的に評価している． WAHID UDDIN ら [10]は，河川氾濫による冠水や地震による建物倒壊に伴う道路閉塞から緊急輸送道路の被災可能性を分析するとともに，複数の県を対象に緊急輸送道路を利用した県庁から市町村役場までの到達可能性を分析している．これら研究の中では，沿道建築物の倒壊を要因とした道路閉塞に着目しており，電柱倒壊を要因とした道路閉塞は考慮されていない．

このように，電柱倒壊のみを要因とした道路閉塞の発生確率に関する研究や，電柱とその他柱状施設の倒壊リスクに関する研究は著者が知る限り実施されていない．そのため，本研究では，電柱とその他柱状施設の倒壊リスクを比較して電柱特有の倒壊リスクを考察するとともに，第 1 次緊急輸送道路における電柱倒壊のみを要因とした道路閉塞の発生リスクを定量的に確認する．

2. 電柱とその他柱状施設の倒壊リスク

(1) 検討方法

大規模震災発生時の電柱特有の倒壊リスクを考察するため，平成 28 年熊本地震発生により被害を受けた電柱とその他柱状施設について傾斜有無を確認し，傾斜割合を比較した．具体的な作業は google ストリートビュー画像による震災前の道路状況と平成 28 年熊本地震の際に震災直後の道路状況を撮影したビデオデータを比較し，電柱とその他柱状施設の傾斜を確認した．対象区間は，無電柱化未実施路線かつ推計震度が 6 強～7 エリアに含まれる，県道 28 号の桜木 1 丁目交差点から津森神宮へ向かう約 6.6km の区間とした(**図-1**)．調査対象とする電柱とその他柱状施設を**表-1** に示す．調査は，次の①～③の手順で行った．

①対象区間における電柱とその他柱状施設の抽出．
震災前の google ストリートビュー画像を踏まえて，電柱とその他柱状施設の位置図を作成．位置図から国道 28 号の接続道路および道路区域外に位置する電柱とその他柱状施設を除外．

②電柱とその他柱状施設の傾斜を確認．
震災前の google ストリートビュー画像と撮影したビデオデータを比較し，傾斜有無を確認．

③傾斜割合の算出．
電柱とその他柱状施設の傾斜有無を踏まえ，傾斜している本数の割合を算出．

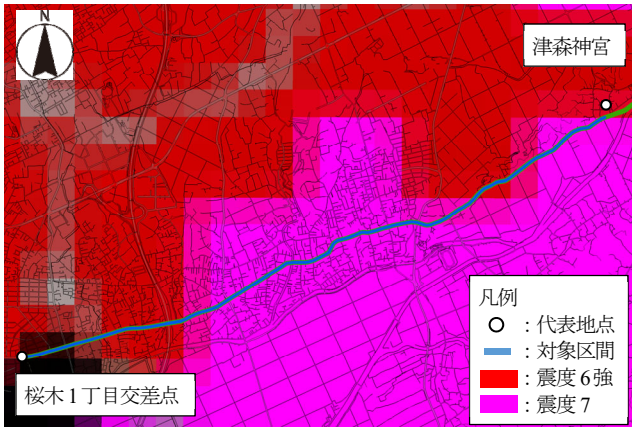


図-1 対象区間

出典：気象庁ホームページ
(https://www.data.jma.go.jp/svd/eew/data/suikei/kaisetsu.html)
「推定震度分布図」を加工して作成

表-1 調査対象の柱上施設

電柱	その他柱状施設			
	照明施設	標識	信号	その他
				

(2) 結果と考察

電柱とその他柱状施設の傾斜有無，傾斜割合を**表-2**に整理した．電柱の傾斜割合は 20.5%であり，その他柱状施設全体の傾斜割合は 10.1%であった．その他柱状施設の分類別の傾斜割合では，照明施設が 12.6%と最も高く，標識が 6.7%と最も低かった．電柱とその他柱状施設の中で最も傾斜割合が高い照明施設を比較すると，電柱の傾斜割合が 1.6 倍程度大きいことが確認できた．このことから，電柱はその他柱状施設と比べて大規模震災の影響を受けやすく，倒壊リスクが高いと考えられる．

電柱の傾斜傾向として，大きく傾斜している電柱があった場合にその電柱と電線で連結している電柱も傾斜しており，大きく傾斜している電柱から距離が離れるに従い傾斜が緩やかとなる傾向が見られた**(写真-1)**．このことから，電柱は電線により隣接電柱の影響を受け，隣接電柱に傾斜が発生すると連鎖して傾斜すると考えられる．

以上より，電柱はその他柱状施設と比べて大規模震災発生時の倒壊リスクが高く，電柱特有の倒壊リスクとして隣接電柱の影響を受けるため 1 本でも電柱倒壊が発生すると連鎖的に被害が拡大する恐れがあると考えられる．

表-2 電柱とその他柱状施設の傾斜有無，傾斜割合

分類		総数	確認不可能	確認可能			
				小計	傾斜している	傾斜していない	傾斜割合
電柱		348	26	322	66	256	20.5%
電柱以外	照明施設	192	9	183	23	160	12.6%
	標識	112	22	90	6	84	6.7%
	信号	35	6	29	2	27	6.9%
	その他	51	5	46	4	42	8.7%
	計	390	42	348	35	313	10.1%



写真-1 電柱の傾斜傾向

3. 電柱倒壊を要因とした道路閉塞の発生リスク

(1) 検討方法

大規模震災発生時の第 1 次緊急輸送道路における電柱倒壊のみを要因とした道路閉塞の発生リスクを定量的に確認するため，電柱倒壊により道路閉塞の発生が想定される第 1 次緊急輸送道路から特定の試算区間を設定し，電柱倒壊による道路閉塞発生確率を試算した．試算手順は次の①～③とした．

①1 本の電柱が道路側へ倒壊する確率の設定．

内閣府の公表資料を参考に 1 本の電柱が道路側へ倒壊する確率を設定した．内閣府の公表資料[11]では，震度 7 以上の揺れによる電柱折損率を阪神・淡路大震災(平成 7 年兵庫県南部地震)の被害実態から 0.8%としている**(表-3)**．電柱の倒壊方向は道路側と民地側で一様に 50%であると仮定し，本研究では 1 本の電柱が道路側へ倒壊する確率を 0.4%と設定した．

②試算区間の設定．

無電柱化未実施かつ 2 車線以下の第 1 次緊急輸送道路から，電柱倒壊による道路閉塞発生確率を試算する区間を設定した．大規模震災発生時は迅速な応急活動が重要であることから，防災拠点の近傍かつ，道路閉塞が発生した際に長距離の迂回が必要となる区間として，以下の条件に当てはまる 1km 区間を試算区間とした．

条件 a. 防災拠点から直線距離で 1km 以内．

条件 b. 電柱が 1km 以上連続．

条件 c. 第 1 次緊急輸送道路と接続する他の緊急輸送道路 2 路線の交差点に挟まれており，その 2 つの交差点間の距離が 2km 以上．

③電柱倒壊による道路閉塞発生確率の試算．

試算区間の電柱本数と 1 本の電柱が道路側へ倒壊する確率から，電柱倒壊による道路閉塞発生確率を試算した．試算区間は 2 車線以下であるため，電柱が 1 本でも道路側へ倒壊すると道路閉塞が発生する．試算区間にある電柱が 1 本も倒壊しない確率**(式-1)**を求め，この確率の余事象から対象区間の電柱が 1 本でも道路側へ倒壊する確率**(式-2)**，すなわち，電柱倒壊による道路閉塞発生確率を試算した．

表-3 揺れによる電柱折損率

震度階	電柱折損率
震度 7 以上	0.8%
震度 6 以上	0.056%
震度 5 以上	0.00005%

$$P(X=0) = ({}_zC_0) \cdot p^0 \cdot (1-p)^{(z-0)} \quad \text{(式-1)}$$

$$P(X \geqq 1) = 1 - P(X=0) \quad \text{(式-2)}$$

X：電柱が折れた本数を表す確率変数

Z：対象区間の電柱の総本数

p：電柱折損率(0.4%)

(2) 結果と考察

試算区間を設定した第 1 次緊急輸送道路および試算結果を**表-4** に整理した．試算区間 50 区間の中で電柱倒壊による道路閉塞発生確率が最も高いのは八尾空港(大阪府)近傍の国道 25 号で 23.2%(**表-4** 赤字)，最も低いのは福島空港(福島県)近傍の福島空港西線で 7.0%(**表-4** 青字)となった．すべての試算区間における道路閉塞発生確率の平均値は 13.0%となった．

試算結果から，災害発生後に応急活動を行う上で特に重要となる第 1 次緊急輸送道路において，電柱倒壊のみを要因とした道路閉塞の発生リスクがあることが確認された．緊急輸送道路の無電柱化を重点的に推進する上で，第 1 次緊急輸送道を優先的に整備することは防災の観点から有効であると考えられる．

さらに，福江空港へ接続する長崎県主要地方道の福江空港線(**表-4** No.44)のように，防災拠点が第 1 次緊急輸送道路の端部に位置しており，防災拠点へ接続する緊急輸送道路が 1 路線しかない場合がある(**図-2**)．こうした第 1 次緊急輸送道路は道路閉塞の影響が大きいため，無電柱化整備の重要性が特に高いと考えられる．

本研究では電柱折損率を踏まえて 1 本の電柱が道路側へ倒壊する確率を一様に 50%であると仮定しているため，電柱倒壊による道路閉塞発生確率は沿道の電柱本数と比例することに留意が必要である．

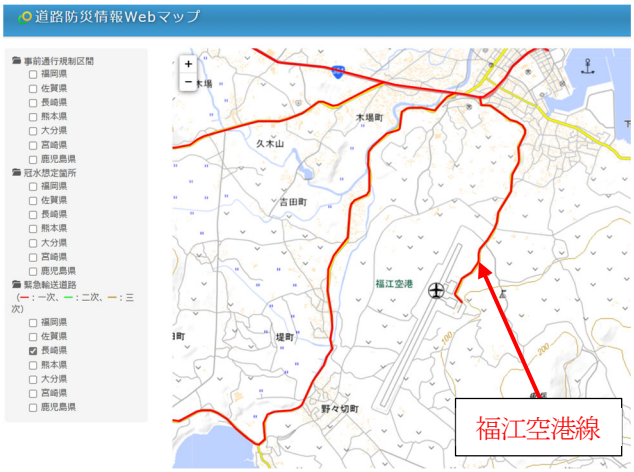


図-2 福江空港周辺の緊急輸送道路

出典：九州地方整備局ホームページ
(http://www.qsr.mlit.go.jp/n-michi/doro_bosaijoho_webmap/main/map.html)
「道路防災情報 Web マップ」を加工して作成

4. おわりに

本研究では，平成 28 年熊本地震のデータを基に電柱とその他柱状施設の倒壊リスクを比較して電柱特有の倒壊リスクを考察するとともに，電柱倒壊による道路閉塞発生確率を試算して第 1 次緊急輸送道路における電柱倒壊のみを要因とした道路閉塞の発生リスクを定量的に確認した．その結果，以下の成果を得ることができた．

○電柱とその他柱状施設の倒壊リスク

- 電柱はその他柱状施設と比べて傾斜割合が 1.6 倍程度高いことから，大規模震災の影響を受けやすく，倒壊リスクは高いこと．
- 電柱特有の倒壊リスクとして，電柱は電柱間を連結している電線により隣接電柱の影響を受けるため，

表-4 電柱倒壊による道路閉塞発生確率試算結果

No	都道府県	路線名	防災拠点	電柱本数 (本/km)	電柱倒壊により道路閉塞が発生する確率（式2）
1	北海道	国道278号	函館空港	53	19.1%
2	新潟県	国道350号	小木港	25	9.5%
3	北海道	国道238号	稚内空港	23	8.8%
4	北海道	国道238号	紋別空港	19	7.3%
5	長崎県	一般国道382号	対馬空港	33	12.4%
6	鹿児島県	野間十三番西之表	種子島空港	29	11.0%
7	香川県	国道193号	高松空港	33	12.4%
8	熊本県	国道266号	三角港	27	10.3%
9	北海道	奥尻島線	奥尻空港	39	14.5%
10	島根県	国道191号	石見空港	26	9.9%
11	沖縄県	国道390号	新石垣空港	31	11.7%
12	鹿児島県	竜郷奄美空港	奄美空港	26	9.9%
13	長崎県	上五島空港線	上五島空港	24	9.2%
14	北海道	国道240号	釧路空港	24	9.2%
15	宮崎県	一般国道220号	油津港	25	9.5%
16	岡山県	妹尾御津線	岡山空港	22	8.4%
17	奈良県	国道169号	奈良県庁	47	17.2%
18	大分県	一般国道213号	大分空港	25	9.5%
19	鹿児島県	国道504号	鹿児島空港	29	11.0%
20	島根県	斐川一畑大社線	出雲空港	29	11.0%
21	千葉県	一般国道296号	成田国際空港	23	8.8%
22	茨城県	小川鉾田線	百里飛行場	61	21.7%
23	島根県	隠岐空港線	隠岐空港	24	9.2%
24	佐賀県	佐賀川副線	佐賀空港	22	8.4%
25	大阪府	国道25号	八尾空港	66	23.2%
26	山梨県	国道411号	山梨県庁	65	22.9%
27	北海道	泉沢新千歳空港線	新千歳空港	22	8.4%
28	北海道	女満別空港線	女満別空港	42	15.5%
29	鳥取県	米子境港線	美保飛行場	55	19.8%
30	愛媛県	伊予松山港線	松山空港	48	17.5%
31	沖縄県	久米島空港真泊線	久米島空港	31	11.7%
32	熊本県	本渡苓北線	天草飛行場	39	14.5%
33	北海道	旭川空港線	旭川空港	26	9.9%
34	北海道	紋別丸瀬布線	紋別港	58	20.7%
35	北海道	新帯広空港線	帯広空港	21	8.1%
36	長崎県	一般国道499号	長崎県庁	38	14.1%
37	青森県	青森浪岡線	青森空港	19	7.3%
38	新潟県	国道350号	佐渡空港	48	17.5%
39	北海道	沓形仙法志鴛泊線	利尻空港	55	19.8%
40	福島県	福島空港西線	福島空港	18	7.0%
41	徳島県	国道28号	徳島飛行場	51	18.5%
42	静岡県	住吉金谷線	静岡空港	33	12.4%
43	長野県	松本空港線	松本空港	44	16.2%
44	長崎県	福江空港線	福江空港	25	9.5%
45	福井県	福井金津線	福井空港	50	18.2%
46	広島県	一般国道2号	尾道糸崎港	32	12.0%
47	大分県	一般国道388号	佐伯港	45	16.5%
48	和歌山県	県道南紀白浜空港線	南紀白浜空港	28	10.6%
49	岩手県	山の神西宮野目線	花巻空港	51	18.5%
50	長崎県	壱岐空港線	壱岐空港	49	17.8%
平均				36	13.0%

電柱倒壊が発生すると連鎖的に被害が拡大する恐れがあること.

○電柱倒壊を要因とした道路閉塞の発生リスク

・無電柱化未実施かつ 2 車線以下の第 1 次緊急輸送道路において，次の条件で設定した試算区間で大規模震災発生時の電柱倒壊による道路閉塞発生確率は 13.0%であること.

条件 a. 防災拠点から直線距離で 1km 以内.

条件 b. 電柱が 1km 以上連続.

条件 c. 第 1 次緊急輸送道路と接続する他の緊急輸送道路 2 路線の交差点に挟まれており，その 2 つの交差点間の距離が 2km 以上.

・災害発生後に応急活動を行う上で特に重要となる第 1 次緊急輸送道路においても，電柱倒壊のみを要因とした道路閉塞の発生リスクがあること.

・沿道の電柱本数が少なく，電柱倒壊による道路閉塞発生確率が低い場合においても，福江空港へ接続する長崎県主要地方道の福江空港線のように，道路閉塞による応急活動への影響が大きい路線があること.

近い将来発生が懸念される南海トラフ巨大地震や首都直下地震などの大規模震災において，電柱倒壊のみを要因とした道路閉塞が発生する可能性は十分に考えられる. 無電柱化整備による道路閉塞防止効果が期待されることから，さらなる無電柱化の整備が望まれる.

今後の課題として，以下の点がある.

・電柱とその他柱状施設の倒壊リスクについて，本研究では平成 28 年熊本地震の一部区間のデータを基にしているため，他の区間や震災においてもそれぞれの倒壊リスクを確認する必要がある.

・本研究は震度 7 以上の揺れによる電柱折損率を基に電柱倒壊による道路閉塞発生確率を試算しているものの，震度 6 以下の揺れによる電柱倒壊は考慮していない. 加えて，大規模震災発生時は沿道建築物や街路樹などの倒壊に起因する電柱倒壊の発生も考えられる. 今後それらを踏まえて電柱倒壊による道路閉塞発生確率を試算することが望ましい.

・本研究では大規模震災を対象としている. 令和元年房総半島台風(台風 15 号)の被害事例からわかるように台風や津波などでも電柱倒壊が発生する. そのため，他の災害(台風，津波等)における道路閉塞の発生リスクを確認することで，無電柱化整備による道路閉塞防止効果を確認することが望ましい.

参考文献

1) 国土交通省 HP, https://www.mlit.go.jp/road/road/traffic/chicyuka/chi_13_05.html.
2) 経済産業省産業保安グループ：令和元年台風 15 号における鉄塔及び電柱の損壊事故調査検討ワーキンググループ 中間整理，p.3，2019, https://www.meti.go.jp/shingikai/sankoshin/hoan_shohi/denryoku_anzen/tettou/index.html.
3) 東京電力ホールディングス株式会社，東京電力パワーグリット株式会社：第 7 回電力レジリエンス WG 資料　台風 15 号に伴う停電復旧対応の振り返り(中間整理)，別紙 1，p.7，2019, https://www.tepco.co.jp/press/release/2019/1519377_8709.html.
4) 国土交通省：無電柱化推進計画，p.2，2021, https://www.mlit.go.jp/road/road/traffic/chicyuka/chi_21.html.
5) 内閣官房：国土強靭化基本計画，p.55，2023, https://www.cas.go.jp/jp/seisaku/kokudo_kyoujinka/kihon.html.
6) 渡司悠人，長谷川大輔，鈴木　勉，大澤義明：電柱本数・移動距離のトレードオフと無電柱化の効果測定，GIS-理論と応用，28 巻 2 号，p.79-88，2020.
7) 長谷川　究，小早川　悟，後岡寿成：大規模地震時における道路閉塞要因を考慮した避難所への救援物資配送に関する研究，交通工学論文集，5 巻 4 号，p.A_64-72，2019.
8) 大佛俊泰，岸本まき：特定緊急輸送道路のアクセシビリティ評価と沿道建築物耐震化の効果，日本建築学会計画系論文集，84 巻 764 号，p.2175-2182，2019.
9) 大佛俊泰，廣川典昭，沖　拓弥：大地震時における消防隊の到着時間からみた道路閉塞情報収集の有効性，日本建築学会計画系論文集，80 巻 709 号，p.465-473，2015.
10) Ahmed WAHID UDDIN，大澤脩司，藤生　慎，髙山純一，中山昌一朗：緊急輸送道路の災害リスクを考慮した都道府県庁と市町村役場間の到達可能性に関する分析，土木学会論文集 A1(構造・地震工学)，72 巻 4 号，p.I_756-767，2016.
11) 中央防災会議：首都直下地震対策専門調査会(第 15 回)，事務局説明資料 3，p.18，2005, https://www.bousai.go.jp/kaigirep/chuobou/senmon/shutochokkajishinsenmon/15/index.html.

(Received ?)
(Accepted ?)

A STUDY ON UTILITY POLE REMOVAL EFFECT FOCUSING ON UTILITY POLE COLLAPSE

Ryota KONISHI, Jun FUSE and Hiroyoshi HASHIMOTO