

老朽化した道路照明柱の補強工法について

上野 祐生¹・加納 寛²

¹大阪府 八尾土木事務所 維持保全課 (〒581-0005大阪府八尾市荘内町2-1-36)

²株式会社 アーバンパイオニア設計 設計部 (〒530-0053大阪府大阪市北区末広町3-3)

都市基盤施設に対して施設の長寿命化や更新時期の平準化等の要請がある中、老朽化した道路照明柱も同様の課題を有するとともに、場所によっては倒壊等による道路利用者への重大な被害に繋がる危険性の払拭等が喫緊の課題となっている。

大阪府八尾土木事務所では、管理する3000本近い道路照明柱の維持・更新に取り組むにあたり、損傷した柱の補強は長寿命化、更新時期の平準化にも繋がるとの観点から現場条件を考慮し、より実務的な補強方法として「内部充填工法」の実用化に努めており、「現場条件に合致した補強体構造の検討」「実証実験による有効性の確認」などの補強に係る取組み内容を報告する。

キーワード 維持管理、補修・補強、更新の平準化、実証実験、道路照明柱

1. 経緯

(1) 道路照明柱に係る障害の発生と対応

大阪府八尾土木事務所管内で発生した障害とその後の対応は以下の通りである。

- ◆2013年4月：一般国道170号の石切跨道橋及び志岐跨線橋の橋梁添架照明柱が倒壊。(写真-1、2)
- ◆2013年8月：道路照明柱の緊急点検を実施。
- ◆2013年～：腐食及び穴等が確認された道路照明柱を撤去、順次更新を実施。
- ◆2017年2月：他土木事務所管内で転倒事案発生。
- ◆2017年3月：一斉点検を実施。道路照明柱270本を更新予定。

(2) 道路照明柱の補強に係る取組みの概要

道路照明柱の補強については、2015年度～2017年度の3年間で「補強体構造の検討」「実証実験による有効性の確認」を行い、補強方法「内部充填工法」の実用化に向けて検討を行った。

- ◆2015年度：補強方法及び補強体構造について検討。
- ◆2016年度：2015年度検討の補強体について実証実験を実施し有効性を確認。
- ◆2017年度：施工が困難な事例にも対応する更に合理的な補強体構造を再検討し、実証実験で補強効果を確認。



写真-1 石切跨道橋

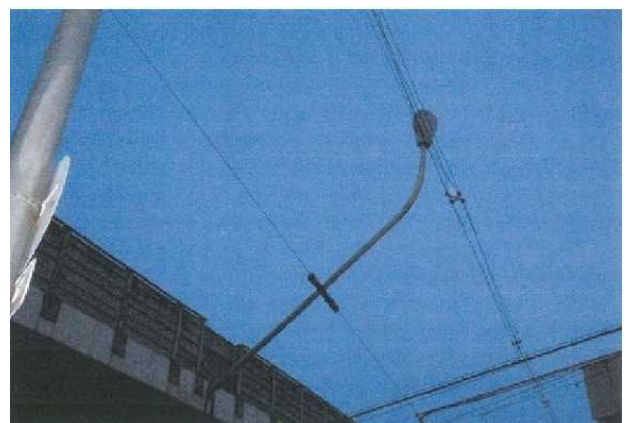


写真-2 志岐跨線橋

2. 補修・補強工法の検討

大阪府が管理する道路照明柱を対象に、外傷や風化、経年劣化等により発生したと見込まれる孔や錆によるポールの肉厚減少などが認められる柱の補強に関する最適な補修・補強工法について、以下の要領で検討を行っている。

- ◆既存の補修工法に加えて、NETIS に登録されている新工法や、国及び他の地方自治体、阪神高速やネクスコ等での補修工事例、工事会社及びメーカー等からのヒヤリング情報等の調査を通して、道路照明柱の破損状況と補修工事例に関する情報を収集する。
- ◆既存の補修工法から選定した4案に、独自案1案と建替え案を加えた計6案を比較検討することにより、独自案として提案した「内部充填工法（鉄筋+超高強度無収縮モルタル充填工法）」を最適な補修・補強工法として選定している。

表-1 補修・補強工法検討結果（まとめ）

工法名称	工法区分	総括	工事費+維持費
鉄筋+超高強度無収縮モルタル充填工法 (独自工法)	性能回復工法	・充填工法 ・補修工法としての実績は無いが、特殊な材料や工事機械を必要としない工法のため、緊急対応に優れている。	¥90千円 (0.23)
アラミド繊維ロッド補強工法		・充填工法 ・特殊な材料を使用するが、工事機械を必要としない工法である。	¥170千円 (0.43)
P I - A R工法			¥120千円 (0.30)
マスチックテープ工法	劣化抑制工法	・被覆工法 ・部材の補強効果は期待できないが、部材の外側に発生する錆の進行を止めることが可能であり、安価な工法である。	¥70千円 (0.18)
ウルトラパッチ工法			¥100千円 (0.25)
建替え	—	・工事を行う条件が整っている場合は、今後の維持管理費用を考慮すると有力な工法である。	¥400千円 (1.00)

ちなみに、最適案とした独自工法「内部充填工法（鉄筋+超高強度無収縮モルタル充填工法）」は損傷発生が多い「地際部」の補強に資するものであり、①一部事前に組み立てた鉄筋類を照明柱内部で挿入・組立て、②超高強度無収縮モルタルを注入・硬化で補強体が完成する。

また、この充填工法の特長は、「特殊な材料を使用しない」「特殊な工作機械を使用しない」「箇所当たり数量が極小のため現場での人力施工が可能である」といった点であり、建替え工事を行うための条件が整っていない場合の延命化補修・補強工法として位置づけている。

なお、補強鉄筋量に関しては、最大瞬間風速 60m/秒を受けた場合に地際部に発生する曲げモーメントに対して許容応力度法により D22-4 本を決定した。

3. 2016年実証実験

(1) 2016 年度実験概要

2016 年度に実施した実証実験は、2015 年度に検討した「内部充填工法」に関して大学包括連携協定に基づく技術相談を行う中で実証実験の必要性が提起され取組むこととなったものである。

ちなみに、実証実験の意図は①モデル等での取扱い（解析等）が困難な特異な状況（一部が破断した鞘管構造）に関するものであること、②補強効果の経年変化に関する実証データの必要性が提起されたことである。

また、これらの課題に対応するため、学識者と連携して実験方法の立案、供試体の監修、実証実験及び実験結果の評価に取り組んだ。

(2) 主な供試体材料

a) 照明用テーパーポール

①対象とするポール形式

- ・土中式
- ・ベースプレート式

②使用するポールの仕様

照明用テーパーポール（平蓋タイプ）
（鋼製：裸仕様）JIL1001 規格品（8-18）

③ポールの長さ

- ・土中式 L=2.85m
- ・ベースプレート式 L=2.55m
（ベースプレート厚含む）

④切欠（腐食疑似）全供試体共通

位置：地際-40mm の箇所
規模：円周の 1/2、幅 1.3mm 程度

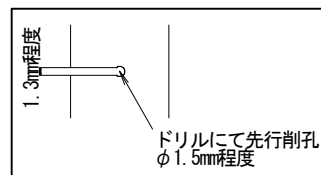


図-1 切断部概要図

b) 無収縮モルタル（超高強度型）

太平洋マテリアル プレユーロックス UHS
設計基準強度 100N/mm2

c) 鉄筋

D22-4 本 (SD345)

(3) 実験ケース

実験ケースは補強体の経年劣化による補強効果の変化を確認する観点からの供試体を含め、7 供試体を準備し、2016 年度の実験では表-2 の 5 ケースを実施している。

表-2 実験ケース～2016年度～

供試体区分	No.	初回実験 2016 年度	経年劣化実験 1 (5 年後)	経年劣化実験 2 (10 年後)
1) 土中式 (充填補強有)	I	○		
	II	○	→ (初回実験を流用)	○ (5 年後を流用)
	III		○	→ (5 年後を流用)
2) ベースプレート式 (充填補強有)	IV	○		
	V	○	→ (初回実験を流用)	○ (5 年後を流用)
	VI		○	→ (5 年後を流用)
3) ベースプレート式 (充填補強無)	VII	○		

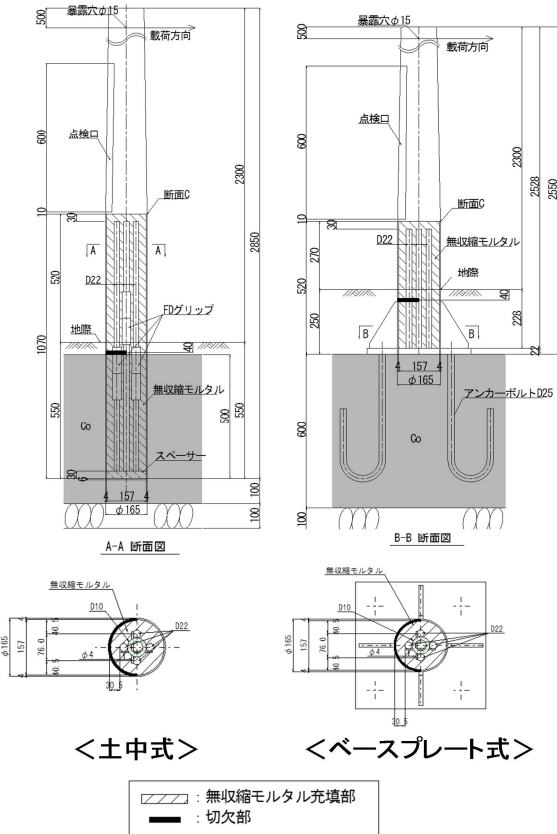


図-2 供試体補強部詳細図～2016年度～

(4) 実験方法

a) 載荷荷重

①設計荷重

照明柱側面部に風荷重 (最大瞬間風速 60m/秒) を受けた場合に地際部に発生する曲げモーメント 10.089kN と同等のモーメントを生起させる集中荷重 5.605kN を地際部から 1.8m の位置に載荷している。

②最大荷重

切欠部断面でも RC とポール (切欠) は抵抗し合っているが、RC とポールが一体化構造を持たない当該箇所のような場合の計算手法は確立されていない。そこで、補強部直上の無補強部が降伏に達する荷重 13.659kN を最大荷重とみなすこととした。

ちなみに、この荷重は切欠部の RC とポールそれぞれ個別に算出した降伏荷重及び終局荷重より大きな値である。また、本荷重を載荷した際、仮に切欠部が降伏しなければ無補強部が降伏することになる。

b) 実験設備

実験設備については、写真-3 のようにコンクリート基礎に反力を受ける支柱と供試体を固定し、載荷位置に載荷装置を取り付けている。



写真-3 実験風景～2016年度～

(5) 2016 年度実験結果

◆供試体別の変位及びひずみの様相は以下の通りである。

- ・ VII (BP-補強無-最大) の供試体は、載荷荷重が設計荷重 (風速 60m/s 相当) に達する前に鋼管のひずみが許容ひずみを超過し、その後降伏ひずみを超え変位も増大した。
- ・ 補強を実施した土中式の供試体 (I, II) は、設計荷重載荷過程にコンクリートの剥離によると思われる変位急増と剛性低下はみられたが、鋼管の降伏による変位の急増はなく大きな変形は発生していない。
- ・ ベースプレート式の供試体 (IV, V) の変位及びひずみは土中式に比べ増大している。これは土中式に比べ切欠部より上の補強長が短いことによる影響やベースプレートの変形により変位が増大したものと思われる。

◆安全性に関しては、補強を実施した供試体 (I, II, IV, V) においては GL+3.8m 位置 (建築限界) に換算した変位はベースプレート幅内に収まって

おり、照明柱が通行の障害になるような損傷は起きていない。

◆補強の耐久性に関しては、補強材料が鉄筋コンクリートであるため耐久性についての問題はないと思われるが、照明柱本体の劣化の進行により補強の耐久性能に影響が出ることも考えられるため、補強構造物の変状や柱の傾きの確認に加え、5年後、10年後の実験結果により耐久性の確認を行う必要がある。

表-3 実験結果一覧表～2016年度～

実験ケース	ケース1		ケース2		ケース3	
	土中式 D22・4本		B P式 D22・4本		B P式 補強無	
平面図						
設計荷重(kN)	5.6		5.6		4.07	
設計荷重時変位 (mm)	12.4	12.3	18.5	20.0	151.2	
許容応力 力減法	ocs≤50(N/mm ²)		24.4		-	
	判定		OK		-	
実験結果： 変形に対する 安全率	os≤270(N/mm ²)		256.9		-	
	判定		OK		-	
供試体番号	δ/δa≤1.0	3.5	3.6	2.4	2.2	0.3
	判定	OK	OK	OK	OK	NG
供試体番号	I	II	IV	V	VII	

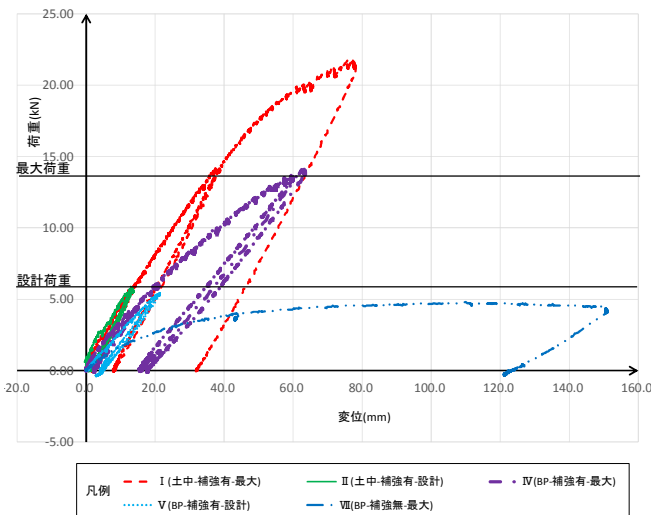


図-3 荷重変位図～2016年度～

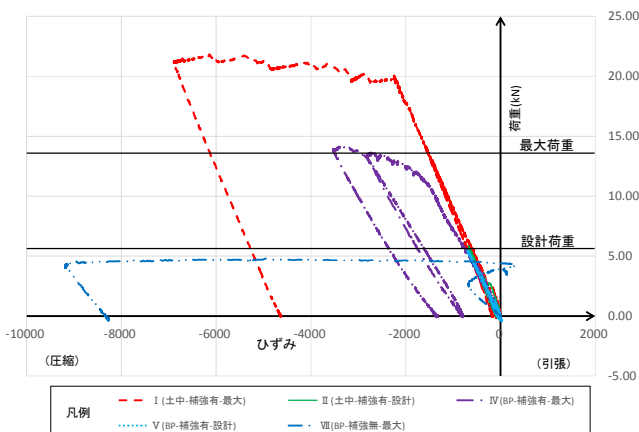


図-4 荷重ひずみ図～2016年度～

4. 2017年度実証実験

(1) 2017年度実験概要

2017年度の実証実験は、補修・補強対策に係る施工上の問題点及び想定する安全性能に対して大きな余裕を有していた2016年度の実験結果をふまえ、更なる現場条件に則した合理的な補強方法を検討するという課題への対応のもと、地下配線等の原因により補強鉄筋が挿入できないという所定の補強が困難な場合(写真-4)の施工を対象に、無収縮モルタル(超高強度型)を充填する補強工法に関してできるだけ有効な方法を見出すことを目的とした。

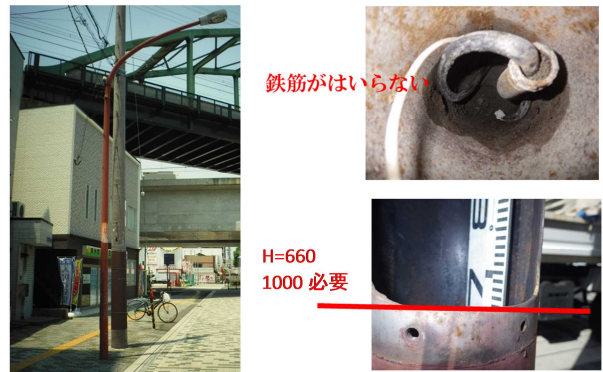


写真-4 施工困難事例

(2) 補強体構造設計の考え方と適用する安全係数

2016年度と2017年度では補強体の構造に関する設計方法の呼び方は異なっているが、考え方に変更はない。相違点は適用する安全係数の取扱いであり、対比したものが表-4である。

2017年度の設計方法とした「限界状態設計法」は「2017年(平成29年)道路橋示方書」においても取り入れられており、安全率を要因ごとに細分して設定することで状況に応じた運用が可能となる点に鑑みたものである。またこれは、例えば更新までの一時的な対策を実施する場合にも採用が可能と位置づけた。

また、安全係数は「コンクリート標準示方書2012年制定」(設計編・解説 表4.5.1、表4.5.2)を参考に表-5のように設定している。すなわち、この設定は断面破壊に対して安全係数が最も小さい場合となり、恒久的というより一時的という印象となる設定である。

表-4 補強体構造に関する設計及び照査方法の比較
～年度別～

年度	2016年度	2017年度
設計方法	許容応力度設計法	限界状態設計法
設計方法に関する根拠示方書	H24 道路橋示方書	「コンクリート標準示方書 2012 年制定」
荷重に対する安全性等の照査方法	(外力) (抵抗力) $F < R \times (1/\text{安全率})$	
	安全率 (≥1.0) を一括して設定 (一意的) = 状況に応じた適用は不可	安全率を要因 (材料、部材、作用、構造解析、構造物) ごとに細分して設定 = 状況に対応した適用が可能
想定する設計条件	供用期間中の安全性等を考慮した状態への対応が基本	材料強度及び作用の特性値に対して材料、部材、作用、構造解析、構造物に係る安全係数を設定

(3) 供試体材料及び実験方法

実験材料に関しては2016年度実験と同様の材料を使用している (挿入する鉄筋の径及び配置は変更)。また、補強方法及び実験方法についても2016年度を踏襲している。

(4) 実験ケース

実験ケースは表-6の通りであり、2本配置の供試体については切欠に対して鉄筋の配置方向を変えた2ケースを行っている。

表-5 補強体構造検討で使用する安全係数
～安全性 (断面破壊)～

安全係数	標準値	設定値	設定理由
材料係数・コンクリート	1.3	1.3	
材料係数・鋼材	1.0 または 1.05	1.0	使用鋼材が鉄筋の場合は1.0
部材係数	1.1~1.3	1.1	補強体が限界状態に達した場合においても、照明柱 (鋼管) の効果も期待できるため
構造解析係数	1.0	1.0	
作用係数	1.0~1.2	1.0	作用荷重は照明柱の設計における風荷重として基準により規定されているため
構造物係数	1.0~1.2	1.0	照明柱の重要度、限界に達した時の社会的影響は小さいと考えられるため
<参考>安全係数の総積	1.43~2.43	1.43	—

表-6 実験ケース～2017年度～

ケース	使用鉄筋	形式	鉄筋配筋
ケース1	D38・1本	土中式	中心配置
ケース2	D25・2本	土中式	引張方向に対して鉄筋を平行配置
ケース3			引張方向に対して鉄筋を直交配置
ケース4		ベースプレート式	引張方向に対して鉄筋を平行配置
ケース5			引張方向に対して鉄筋を直交配置

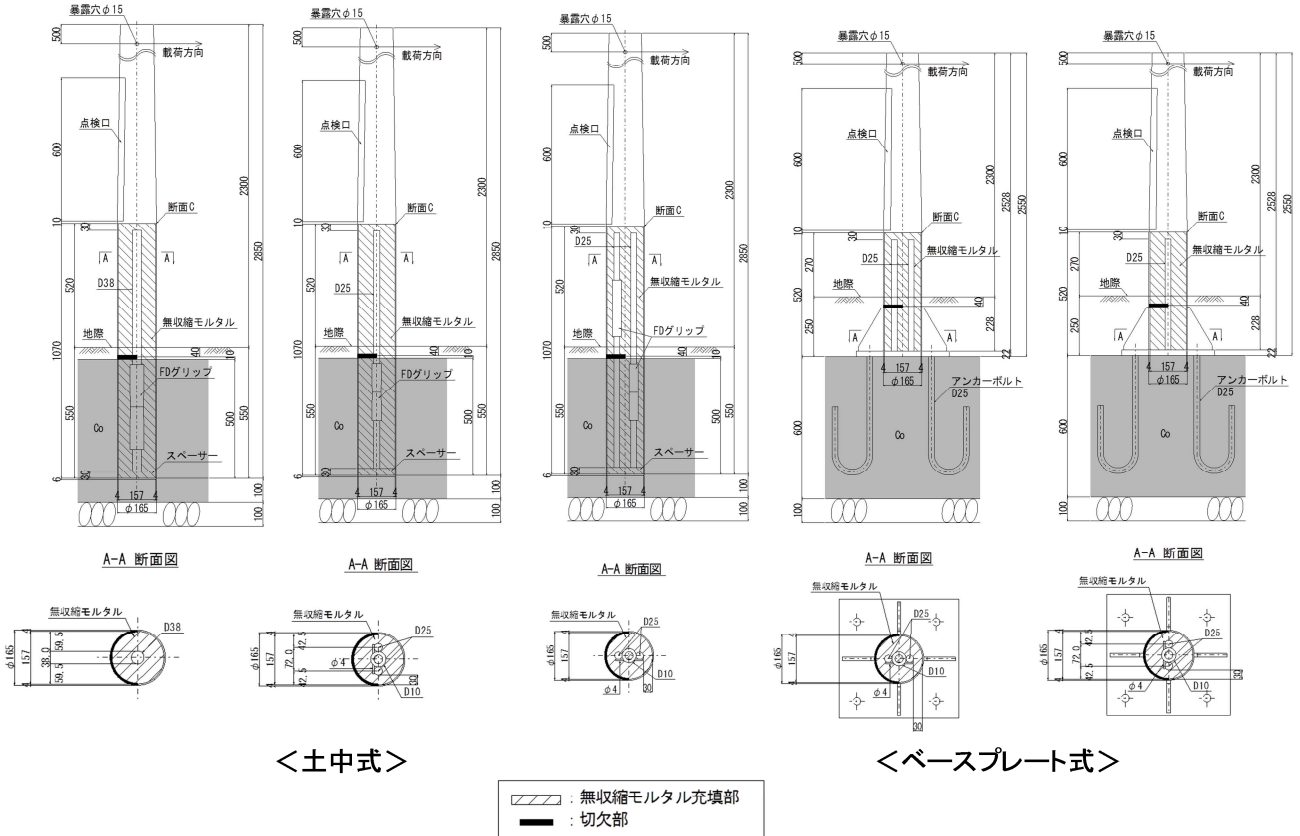


図-5 供試体補強部詳細図～2017年度～

(5) 2017 年度実験結果

a) 変形に対する安全性

本実験のすべての供試体において、設計荷重載荷時（風速 60m/s 相当）の GL+3.8m 位置（建築限界）に換算した変位はベースプレート幅内に収まる結果である。

b) 前年度実験結果との対比

2016 年度実験（D22-4 本の補強）と対比すると、今回実験における変位および鋼管のひずみ値は大きな値を示している。

c) 土中式とベースプレート式の比較

土中式とベースプレート式を比較すると、土中式の方が高い補強効果を示している。これはベースプレート式に比べ土中式の補強範囲が大きいためと考えられる。

d) まとめ

補強の効果は補強の範囲と補強体の耐力に左右されることが確認できる。

また安全性に関しては、限界状態設計法により設定した安全係数において設計した供試体においても建築限界である GL+3.8m 位置に換算した変位はベースプレート幅内に収まっており、補強した照明柱で通行の障害になるような損傷は起きないと考えられる。

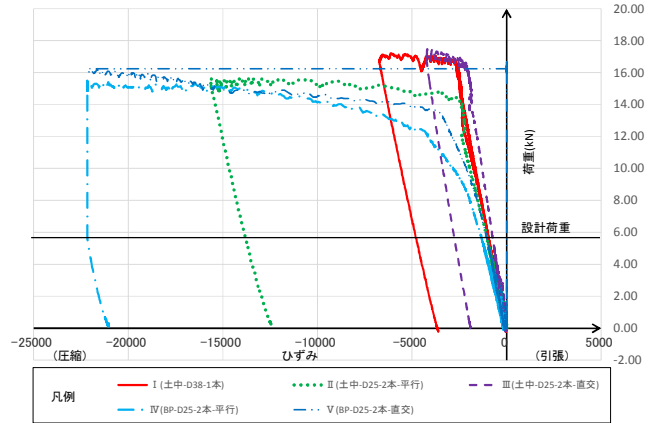


図-7 荷重ひずみ図～2017年度～

5. まとめ

実証実験を行った結果、設計荷重載荷時の変位はベースプレート幅内に収まっており、更新までの一時的な対策として有効であることが確認された。

内部充填工法を採用することにより、建物に近接している等、更新工事や従来の補強工法では施工困難な箇所についても、施設の長寿命化を図ることができ、府民の安全確保が期待できる。

また、更新と補強とを並行した事業計画を策定することが可能となり、予算の平準化を図ることができる。

なお、老朽化した道路照明柱の補修・補強工法として実用化に努めてきた「内部充填工法」の適用にあたっては、下記の点に留意が必要である。

- ・ 損傷程度の確認
- ・ 損傷部近傍（上下）の充填長の確保（特にベースプレート式）
- ・ 配筋位置等施工管理及びモルタル配合による品質管理
- ・ 補強した構造物の損傷部の変状や柱の傾きの定期的な確認（5年後、10年後）

今後、「内部充填工法」の有用性に鑑み、当該工法を用いた補修・補強の実施に向け、施工手順書を作成していく予定である。

表-7 実験結果一覧表～2017年度～

実験ケース	ケース1	ケース2	ケース3	ケース4	ケース5	
	土中式 D38・1本 中心配置	土中式 D25・2本 平行配置	土中式 D25・2本 直交配置	B.P式 D25・2本 平行配置	B.P式 D25・2本 直交配置	
平面図						
設計荷重 (kN)	5.6	5.6	5.6	5.6	5.6	
設計荷重時変位 (mm)	21.8	28.4	19.5	30.7	32.0	
限界状態設計法	$\gamma_{ISd}/R_d \leq 1.0$	0.972	0.994	0.700	0.994	0.700
	判定	OK	OK	OK	OK	OK
実験結果：変形に対する安全率	$\delta/\delta_a \leq 1.0$	2.2	1.7	2.5	1.6	1.5
	判定	OK	OK	OK	OK	OK

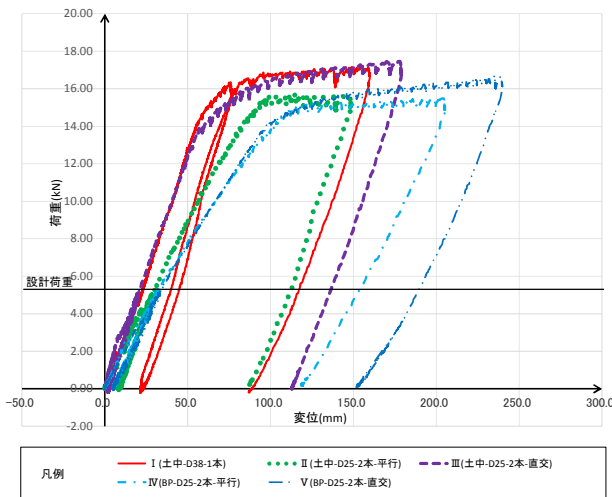


図-6 荷重変位図～2017年度～