

VII 鉄道信号用コンクリート二次製品類の 耐用寿命

- ・コンクリートトラフ
- ・コンクリート組立基礎
- ・信号機柱（コンクリート柱）

2017年4月

株式会社 アゲオ
株式会社 テツコン
フジプレコン株式会社
日本コンクリート工業株式会社(非会員)

1. まえがき

鉄道信号用コンクリートトラフ、コンクリート組立基礎、信号機柱（コンクリート柱）（以下、鉄道信号用コンクリート製品という。）は、信号設備の一部として、幅広く利用されている。鉄道設備の安全性と信頼性を確保するために、鉄道信号用コンクリート製品を定期的に保守し、定期的に交換することが必要である。

鉄道信号用コンクリート製品の性能の劣化要因に対する耐久性を考慮し、耐用年数／劣化判定基準等を今回新規に設定することとした。

2. 耐用年数（耐久性）の定義

鉄道信号用コンクリート製品の耐用年数（耐久性）は、気象作用をはじめ、塩分、硫酸塩などの化学物質の侵食、その他使用上に生じる様々な作用に抵抗するコンクリート製品の性質で「品質の経時劣化が小さく、所要の使用期間中要求される水準を持続し得る度合い」と定義する。

一般的なコンクリートを用いた場合の鉄道信号用コンクリート製品の耐用年数は、通常環境条件に置かれる鉄筋コンクリート造と考えると45年前後であるというのが一般に論じられている。しかしこの鉄道信号用コンクリート製品では、鉄筋かぶりが5mmの規定（JIS A 5372 プレキャスト鉄筋コンクリート製品 附属書G 共同溝類 推奨仕様 G-1 ケーブルトラフ）が最小であるため、主に大気中で考えられる中性化に対して検討すると、最短で20年前後であるということもできる。しかしながらコンクリート全般における耐久性は、過去の事例や研究から様々な検討が進められており、日本国内における一般的な指標としてJASS5（鉄筋コンクリート工事標準仕様書）にも示されている。劣化時には所要の強度を有していることが重要であり、耐久性を確保するために必要な耐久設計基準強度が表1のように示されている。

表1 耐久設計基準強度

計画供用期間	短期	標準	長期	超長期
耐用年数	30年	65年	100年	200年
設計基準強度	18N/mm ²	24N/mm ²	30N/mm ²	36N/mm ²

コンクリート製品のJIS規格、例えばコンクリートトラフでは、圧縮強度は24N/mm²以上とされており、上記の表によると耐用年数は65年に相当する。

よって、鉄道信号用コンクリート製品の耐用年数は20～65年と想定することができる。

3. 劣化要因の分類

鉄道信号用コンクリート製品は、環境条件や使用条件によって劣化状況が異なるため前述のように、一概に耐用年数の設定が難しい。よって、以下に分類する劣化要因に対して、診断、点検を実施し、補修、交換を進めるべきである。

- (1) 中性化
- (2) 塩害
- (3) 凍害
- (4) 化学的侵食
- (5) その他（構造性能、疲労、摩耗など）

4. 劣化判定

鉄道信号用コンクリート製品の劣化判定を行うため劣化要因毎に劣化状態と対策の標準的な考え方を参考基準として明記する。

(1) 中性化による劣化判定

中性化とは、コンクリートに大気中の二酸化炭素が侵入することによってコンクリートのpHが低下する現象である。中性化が進行し、鋼材に達すると鋼材の防錆機能が低下し、鋼材へ水分と酸素が供給されると鋼材が腐食し始める。鋼材の腐食が進むと、腐食生成物の体積膨張がコンクリートにひび割れや剥離を引き起こしたり、鋼材の断面減少などを伴うことにより、製品（構造物）の性能が低下し製品（構造物）が所定の機能を果たせなくなる。

中性化はほとんどの既存製品（構造物）に生じているが、中性化が進行し、鋼材が腐食するに至るまでは中性化による劣化を目視で見出すことができない。そのため、外観上の変状を点検することも必要であるが、中性化の進行予測によって劣化予測することで耐用年数を把握する。

劣化の判定では、外観の変状が性能の評価のための有力な情報となる。点検上、外観のグレードを表2～4に示し、コンクリート標準示方書〔維持管理編〕土木学会の点検時におけるグレーティングを行うものとする。

表2 外観上の劣化グレードと劣化の状態（中性化）

グレード	劣化過程	劣化の状態
I	潜伏期	外観上の変状が見られない、中性化残りが発錆限界以上
II	進展期	外観上の変状が見られない、中性化残りが発錆限界未満、腐食が開始
III-1	加速期前期	腐食ひび割れが発生
III-2	加速期後期	腐食ひび割れの伸展とともに剥離・剥落が見られる、鋼材の断面欠損は生じていない
IV	劣化期	腐食ひび割れとともに剥離・剥落が見られる、鋼材の断面欠損が生じている

表3 外観上のグレードと標準的な性能低下（中性化）

グレード	劣化過程	安全性	第三者影響度	使用性	美観
I	潜伏期	—	—	—	—
II	進展期	—	—	—	—
III-1	加速期前期	—	剥離・剥落	—	・ひび割れ、 さび汁、鋼材 の露出
III-2	加速期後期	—		剛性低下（変形の増 大・振動の発生） ・鋼材断面積の減少 ・鋼材とコンクリー トの付着力の低下 ・浮き・剥離による コンクリート断面の 減少	
IV	劣化期	耐力・じん性の低下 ・鋼材断面積の減少 ・鋼材とコンクリー トの付着力低下 ・浮き・剥離による コンクリート断面の 減少			

表4 外観上のグレードと対策（中性化）

グレード	劣化過程	点検強化	補修	供用制限	解体・撤去
I	潜伏期	○**	○**		
II	進展期	○	○		
III-1	加速期前期	◎	◎		
III-2	加速期後期	◎	◎*	○	
IV	劣化期		◎	○	○

◎：標準的な対策（◎*：力学的性能の回復を含む）

○：場合によっては考えられる対策、○**：予防的に実施される対策

（2）塩害による劣化判定

塩害とは、コンクリート中の鋼材の腐食が塩化物イオンの存在により促進され、腐食生成物の体積膨張がコンクリートにひび割れや剥離を引き起こしたり、鋼材の断面減少などを伴うことにより、構造物の性能が低下し、所定の機能を果たすことができなくなる。塩害劣化を促進する塩化物イオンは、海水や凍結防止剤のように構造物の外部環境から供給される場合と、コンクリート製造時に材料から供給される場合とがある。中性化と同様に目視による劣化が見出しにくいいため、コンクリート中に塩化物イオンがある程度含まれていたり、鋼材が腐食していることが認められる場合に、劣化の評価、判定を行う。しかし、塩害に対する評価手法は確立されておらず、現実的には、製品の外観変状や塩化物イオン濃度からグレーティングを行い判定量的に評価する方法を用いることが望ましい。参考として点検上・外観上のグレードを表5、6に、外観上のグレードと対策を表7に示す。

表 5 外観上の劣化グレードと劣化の状態（塩害）

グレード	劣化過程	劣化の状態
I	潜伏期	外観上の変状が見られない、腐食発生限界塩化物イオン濃度以下
II	進展期	外観上の変状が見られない、腐食発生限界塩化物イオン濃度以上、腐食が開始
III-1	加速期前期	腐食ひび割れが発生、さび汁が見られる
III-2	加速期後期	腐食ひび割れの幅や長さが多数発生、腐食ひび割れの進展に伴うかぶりコンクリートの部分的な剥離・剥落が見られる、鋼材の著しい断面減少はみられない
IV	劣化期	腐食ひび割れの進展に伴う大規模な剥離・剥落が見られる、鋼材の著しい断面減少が見られる、変位・たわみが大きい

表 6 外観上のグレードと標準的な性能低下（塩害）

グレード	劣化過程	安全性	使用性（たわみ・振動等）	第三者影響度	美観
I	潜伏期	—	—	—	—
II	進展期	—	—	—	—
III-1	加速期前期	—	—	性能の低下 ・ひび割れ ・浮き、剥離	性能の低下 ・ひび割れ ・さび汁
III-2	加速期後期	—	剛性の低下	・剥落	・鋼材の露出
IV	劣化期	耐力やじん性の低下 ・鋼材とコンクリートの付着力低下 ・剥離等によるコンクリート断面の減少	・鋼材の断面減少 ・鋼材とコンクリートの付着力低下 ・剥離等によるコンクリート断面の減少	・PC 鋼材の突出（PC 構造の場合）	

表 7 外観上のグレードと対策（塩害）

グレード	劣化過程	点検強化	補修	供用制限	解体・撤去
I	潜伏期	○	○**		
II	進展期	○	○		
III-1	加速期前期	◎	◎		
III-2	加速期後期	◎	◎*	○	
IV	劣化期		○*	◎	◎

◎：標準的な対策（◎*：力学的性能の回復を含む）

○：場合によっては考えられる対策（○*力学的性能の回復を含む）、○**：予防的に実施される対策

(3) 凍害による劣化判定

コンクリートの凍害には様々な要因が影響し、内的要因（設計条件、施工条件等）と外的要因（環境条件、使用条件）に分けられる。凍害の場合、外的要因、すなわち対象とする構造物が凍害を受ける環境にあるかどうか、およびその程度の確認が必要となる。劣化の評価は、外的要因の評価、劣化状況の評価、原因の推定を行うことで、劣化進行の予測に繋げることができる。凍害では、わずかな材質の差や環境条件の相違が、凍害の発生や進行程度を大きく左右し、また、その劣化は、ある程度から急速に進行する。このため、コンクリートの凍害についてその進行の予測、構造物の余寿命の推定は、現在のところ極めて困難である。しかしながら、評価が可能な場合もある。一例として国土開発技術研究センターの凍害に対する判断基準を簡単に表 8～10 に示す。凍害による構造物の劣化の程度の判定は、劣化の概要および劣化している代表的な部分について、ひび割れ、スケーリング、浮き・剥離・剥落、強度、凍害部分の深さ及び鋼材の腐食などの調査結果を基に行う。局所的な劣化の程度、凍害部分の広がり、グレード分け、凍害を受けている部材・部位の落下の危険性のグレード分け、及び総合評価することで判定することができる。

表 8 外観上の劣化グレードと劣化の状態（凍害）

グレード	劣化過程	劣化の状態
I	潜伏期	凍結融解作用を受けるが、外観上の変状が認められない
II	進展期	スケーリング、微細ひび割れ、ポップアウトが発生
III	加速期	スケーリング、微細ひび割れ、ポップアウトが進展、骨材の露出や剥離の発生
IV	劣化期	かぶりコンクリートの剥落、鋼材の露出や腐食の発生

表 9 性能低下の定量評価のために考慮すべき事項（凍害）

性能	考慮すべき事項
安全性・使用性	部材の構造性能の低下 ・コンクリート断面の減少 ・コンクリートの力学特性の低下 ・腐食による鋼材の断面減少および付着力の低下
第三者影響度	コンクリートの剥離・剥落の発生
美観	スケーリング、微細ひび割れ、ポップアウトの発生および進展

表 10 外観上のグレードと対策（凍害）

外観上のグレード	点検強化	補修	供用制限	解体・撤去
I	○	○		
II	◎	◎	○	
III	○	◎	◎	
IV		○	◎	○

◎：標準的な対策、○：場合によっては考えられる対策

(4) 化学的侵食による劣化判定

化学的侵食は、劣化がコンクリート表面から生じる場合が多いこと、外部から作用している環境要因を的確に把握することで原因の解明が可能となることが多いことなどから、比較的容易に行えることが多い。劣化の現状を把握する方法としては、外観観察と詳細な調査に大別することができるが、化学的侵食の場合には表面からの劣化進行が一般的であるため、外観観察によって劣化過程を評価できる。劣化の予測、判定も構造物の外観上のグレードから判定できる。そこで、表 11、12 に、劣化グレードと劣化の状態、標準的な性能低下を示す。化学的侵食の場合には、その劣化要因によっては、周辺環境の改善により劣化を抑制あるいは停止させることができるが、対策としては一時的ではなく恒常的に行う必要がある。表 13 に外観上のグレードと対策(侵食)を示す。

表 11 外観上の劣化グレードと劣化の状態 (侵食)

グレード	劣化過程	保護層がない場合の劣化の状態	保護層がある場合の劣化の状態
I	潜伏期	コンクリート表面の変質が生じ始めるまでの期間であり、外観の変状は見られない	保護層へ劣化因子が侵入しているが、外観の変状は見られない
II	進展期	コンクリートの表面が荒れた状態もしくはひび割れが見られる	コンクリート保護層に変状が見られ、内部のコンクリートに変状が生じている
III	加速期	コンクリートのひび割れや断面欠損が著しく、骨材が露出あるいは、剥落している	
IV	劣化期	コンクリートの断面欠損やひび割れが鋼材位置まで進行し、鋼材の断面減少等により変位・たわみが大きい	

表 12 外観上のグレードと標準的な性能低下 (侵食)

グレード	劣化過程	安全性	第三者影響度	使用性	美観
I	潜伏期	—	—	—	—
II	進展期	—	第三者への影響 ・コンクリートの剥離・剥落	—	美観の低下 ・コンクリートの変質・ひび割れ・剥離・剥落
III	加速期	耐力の低下 ・コンクリート断面の減少		剛性の低下 (変形の増大・振動の発生) ・コンクリートの断面の減少 流量の減少 ・コンクリート断面平滑度の低下	美観の低下 ・コンクリートの変質・ひび割れ・剥離・剥落

IV	劣化期	耐力・じん 性の低下 ・コンクリ ート断面 の減少 ・鋼材断面 積の減少	剛性の低下（変形の増大・ 振動の発生） ・鋼材とコンクリートの付 着力の低下 ・コンクリート断面の減少 ・鋼材断面積の減少	美観の低下 ・コンクリート の変質・ひび 割れ・剥離・ 剥落 ・さび汁 ・鋼材の露出
----	-----	--	--	--

（表 12 の続き）

表 13 外観上のグレードと対策（侵食）

グレード	劣化過程	点検強化	補修	供用制限	解体・撤去
I	潜伏期	—	—	—	—
II	進展期	◎	◎	—	—
III	加速期	◎	◎	○	—
IV	劣化期	○	○	◎	◎

◎：標準的な対策、○：場合によっては考えられる対策

（5）その他（構造性能、疲労、摩耗など）の劣化判定

鉄道設備におけるコンクリート製品の構造性能、疲労、摩耗などの劣化に対しては、繰り返し荷重などの作用を受けるが、一般に設計時において十分な検討が行われており、安全性に影響を与えるような劣化や損傷が生じることはほとんどない。

これらの劣化に対する寿命が、一般のコンクリートの耐用年数に比較して長くなるのが通常であるため、コンクリート製品各々の製造仕様書等によって確認が取れていれば、原則として特別に評価することはないものとする。

5. 製品毎の点検方法と劣化判定からの評価

（1）コンクリートトラフ

トラフの劣化基準を示すものは特に定めがないが、使用性能上、表 14 に示す外観の劣化状態の発生があれば対処すべきである。

表 14 コンクリートトラフの劣化参考基準

外観の劣化状態	参考基準	対処
ひび割れ	ひび割れあり	取替
さび汁	さび汁が観られる	
欠け	鉄筋の露出	
摩耗、風化	粗骨材の露出 かぶりの確保不可	
剥離、剥落	鉄筋の露出 かぶりの確保不可	

ア. コンクリートトラフの劣化状況の写真1、2を例として示す。

写真1 コンクリートの剥離、鉄筋の露出（中性化又は塩害）



写真2 コンクリートの剥離、ポップアウト（凍害）



(2) コンクリート組立基礎

組立基礎の劣化基準を示すものは特に定めがないが、使用性能上、下記の表15に示す外観の劣化状態の発生があれば対処すべきである。

表15 コンクリート組立基礎の劣化参考基準

外観の劣化状態	参考基準	対処
ひび割れ	ひび割れあり	取替
さび汁	さび汁が観られる	
欠け	鉄筋の露出	
摩耗、風化	粗骨材の露出 かぶりの確保不可	
剥離、剥落	鉄筋の露出 かぶりの確保不可	

ア. コンクリート組立基礎の劣化状況の写真3、4を例として示す。

写真3 風化、かぶりの確保不可（中性化、塩害又は凍害）



写真4 剥離、剥落（中性化又は塩害）



(3) コンクリート柱の劣化基準の参考値を下記の表16に示す。

表16 コンクリート柱の劣化参考基準

劣化度	縦ひび割れ	横ひび割れ	斜めひび割れ	さび汁
Ⅰ：定期点検継続	縦ひび割れなし	横ひび割れなし	斜めひび割れなし	さび汁なし
Ⅱ：定期点検継続	縦ひび割れ幅 0.05mm 以下	横ひび割れ幅が 0.05mm 以下		
Ⅲ：点検強化	縦ひび割れ幅 0.2mm 以下			
Ⅳ：点検強化もしくは は補修検討	縦ひび割れ幅 0.6mm 以下			
Ⅴ：補修検討もしくは は立て替え検討	縦ひび割れ幅 0.6mm 以上	横ひび割れ幅が 0.05mm 以上	斜めひび割れあり	さび汁あり
Ⅵ：立て替え検討	縦ひび割れ幅 0.6mm 以上、縦ひび割れ多数			

ア. コンクリート柱の主な劣化要因、劣化状況例の写真 5, 6 を以下に示す。

写真5 環境、自然災害（塩害、落雷）



塩害



落雷

写真6 外的要因（不平衡荷重、足場ボルト引っ掛け、舗装の転圧等）



不平衡荷重



足場ボルト引っ掛け跡

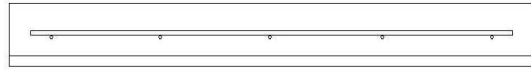
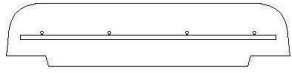


舗装の転圧

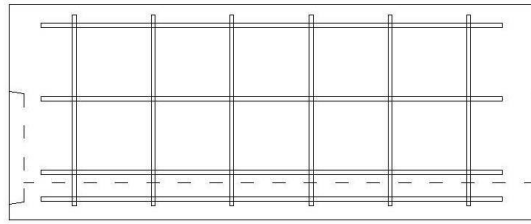
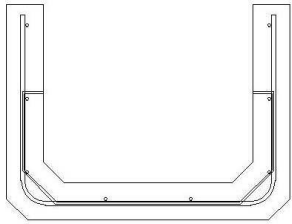
1. 各種コンクリート製品概略図

(1) 鉄筋コンクリートケーブルトラフ (JIS1種)

ふた

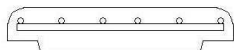


本体

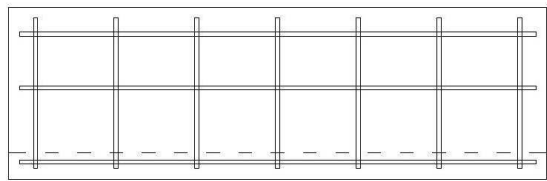
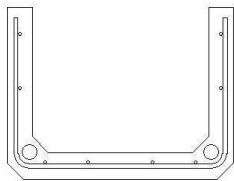


(2) 鉄筋コンクリートケーブルトラフ (JIS2種)

ふた



本体

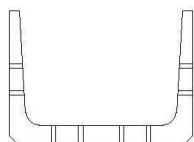


(3) JRC ケーブルトラフ

ふた

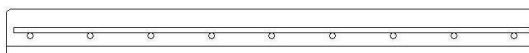
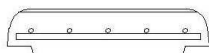


本体

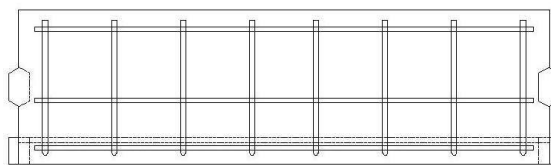
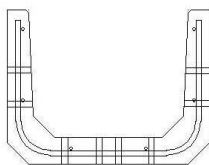


(4) ケーブルトラフ T型

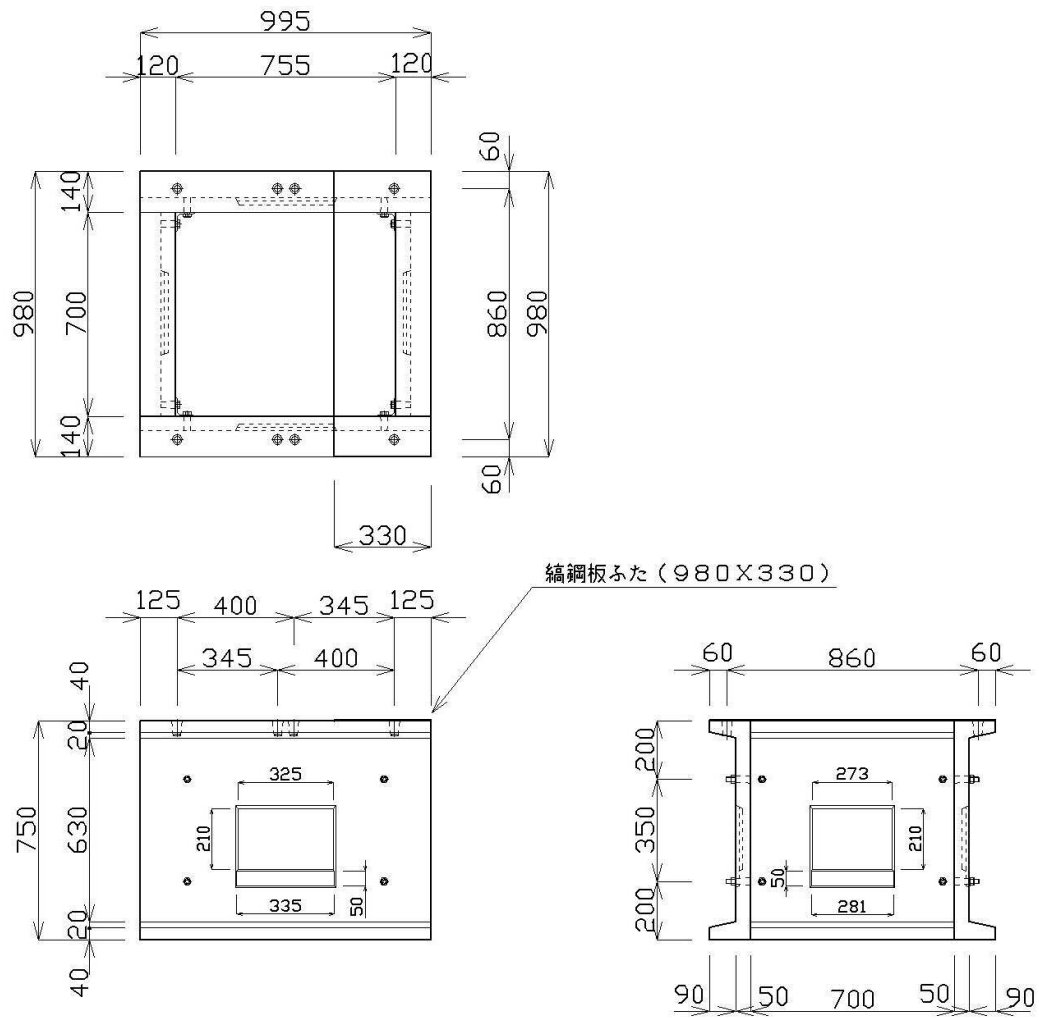
ふた



本体



(5) コンクリート組立基礎
「N-1形用」



(6) コンクリート柱

品種	寸法					ひび割れ 試験荷重 (kN)	支持点における ひび割れ試験 曲げモーメント (kN・m)	計算質量 (kg)
	長さ (m)	末口径 (cm)	元口径 (cm)	支持点の 高さ (m)	荷重点の 高さ (m)			
●鉄道信号機ポール								
S7-12-250 テーパ-1/100	7	12	19.0	1.4	5.35	2.5	13.38	260
S8-12-250 テーパ-1/100	8	12	20.0	1.6	6.15	2.5	15.38	310
S9-12-250 テーパ-1/100	9	12	21.0	1.8	6.95	2.5	17.38	360
S7-14-430 テーパ-1/75	7	14	23.3	1.4	5.35	4.3	23.01	320
S8-14-430 テーパ-1/75	8	14	24.7	1.6	6.15	4.3	26.45	380
S9-14-430 テーパ-1/75	9	14	26.0	1.8	6.95	4.3	29.89	450
●入換信号機ポール								
S1.6-11.4-170 ノーテーパ-	1.6	11.4	11.4	0.6	0.75	1.7	1.28	32
S2.5-11.4-108 ノーテーパ-	2.5	11.4	11.4	0.5	1.75	1.08	1.89	52
S3.3-11.4- 80 ノーテーパ-	3.3	11.4	11.4	0.7	2.35	0.8	1.88	69
●トークパックポール								
3.3-12-100 テーパ-1/75	3.3	12.0	16.4	1.3	1.75	1.0	1.75	90
●ジャックポール								
2.5-11.3-110 テーパ-1/75	2.5	11.3	14.6	0.8	1.45	1.1	1.60	61
3.0-11.3-110 テーパ-1/75	3.0	11.3	15.3	0.7	2.05	1.1	2.26	76
4.0-12.0-140 テーパ-1/75	4.0	12.0	17.3	1.5	2.25	1.4	3.15	116

参考文献

- ・ 日本工業規格 JIS A 5372 [プレキャスト鉄筋コンクリート製品]
- ・ コンクリート標準示方書 [維持管理編]
- ・ コンクリート診断技術

鉄道信号用コンクリート二次製品類の耐用寿命検討会委員

■初版作成時(2017年4月)委員

株式会社アゲオ

小池孝徳、伊藤嘉章

株式会社テツコン

宮島武男

フジプレコン株式会社

白井 淳、岸川宏幸

日本コンクリート工業株式会社 (非会員)

菊 広樹、高橋 巧

