

鉄道橋取替え工事における 沓座モルタル施工の効率化

仙建工業株式会社

○ 小埜寺 竜也
池田 尚
大場 宏樹



Outline

- 01 取組みの背景**
- 02 取組み① <沓座モルタル養生時間の短縮>**
- 03 取組み② <沓座モルタル打設の施工性向上>**
- 04 成果とまとめ**

01

取組みの背景

取組みの背景

- 鉄道橋の取替え工事は、線閉・き電停止間合い内で施工する必要があるため、作業時間に厳しい制約がある。
- 間合いが不足する場合は拡大間合いを適用することもあるが、年末年始やGW等の大型連休中に施工時期が限定されることが多い。



列車の安全安定輸送を確保しつつ、工事従事者の負担を低減するために

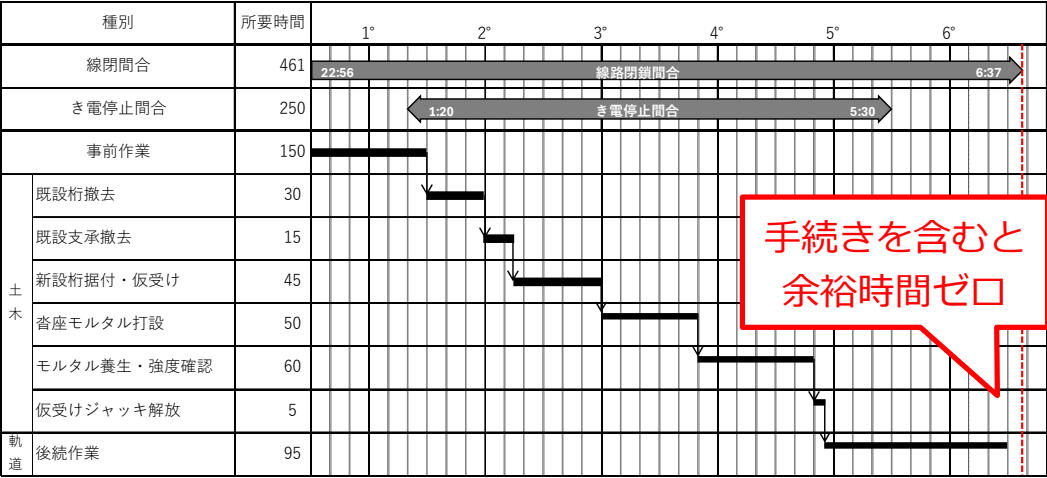
作業時間を短縮する取組みが必要

鉄道橋取替え工事の作業時間を短縮する上での制約

過去の実績から、特に沓座モルタルの養生時間と打設作業の所要時間が制約になっていることが分かった。

- 沓座モルタルが所定の強度を発現するまでは後続作業に着手できない
- 新設桁とのわずかな隙間からしか打設できないため、作業に想定以上の時間がかかる場合が多い

サイクルタイム



沓座モルタル打設状況



橋桁取替工事の作業時間を短縮するためには、
沓座モルタルの**養生時間短縮**と**施工性向上**が効果的

02

取組み① <沓座モルタル養生時間の短縮>

取組み①：課題の整理

これまで沓座モルタルの圧縮強度の基準値として **16N/mm²** を採用してきた。

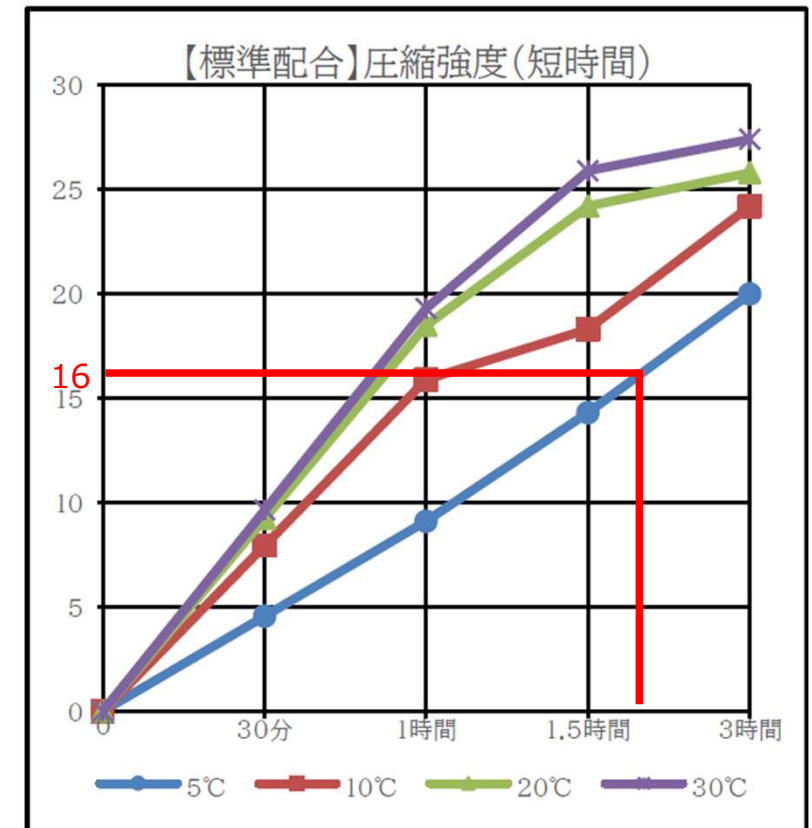
⇨ 支承部の支圧強度の特性値による
鉄道構造物等設計標準・同解説 「鋼・合成構造物」より

☹️ 気温が10℃を下回ると強度発現に1時間以上を要する

➡ 加温や保温養生などの対策により養生時間を短縮する工夫を重ねてきたが、品質低下のリスクを伴う



💡 **16N/mm²**という値が施工中に確認すべき所要強度として適切かどうか再検討した



取組み①：従来の基準値の根拠

16N/mm² = 支承部の設計に用いるコンクリートの支圧強度の特性値

■ 特性値の設定に考慮される要素

- 材料強度等の試験値やそのばらつき
- 局所的な荷重集中
- 長期的な劣化・影響
- 設計の標準化
- 安全率

■ f'_{ak} f'_{ck} 支圧強度と圧縮強度の関係式

$$f'_{ak} = \eta f'_{ck} \quad \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot \text{式 1}$$

ただし、 $\eta = \sqrt{A/A_a} \leq 2$

A ：コンクリート面の支圧分布面積

A_a ：支圧を受ける面積

列車通過に必要な圧縮強度は16N/mm²以下と判断できる

施工中に確認する**圧縮強度の基準値を再設定**することとした

取組み①：圧縮強度基準値の再検討

■ 沓座モルタルに発生する支圧応力度

$$\sigma_{bd} = \nu_a \cdot \left[\frac{R_v}{A} + \frac{R_h \cdot h}{Z_x} + \frac{R_h \cdot h}{Z_y} \right] \quad [\text{N/mm}^2] \quad \dots \dots \dots \text{式 2}$$

■ 設計作用の組み合わせ

$$1.0D + 1.1L + 1.1I + 1.1C + 1.0L_R + 1.0L_F + 1.0W \quad [kN] \quad \dots \dots \text{式 3}$$

D ：死荷重, L ：列車荷重, I ：衝撃荷重, C ：遠心荷重, L_R ：ロングレール縦荷重,
 L_F ：車両横荷重および車輪横圧荷重, W ：風荷重

取組み①：圧縮強度基準値の再検討

実際の工事への適用

・ 鉛直反力最大時 組み合わせ

		作用係数	鉛直反力 (kN)		橋軸方向水平力 (kN)		橋軸直角方向水平力 (kN)	
		γ_f	作用力 F	設計作用力	作用力 F	設計作用力	作用力 F	設計作用力
死荷重	D	1.0	7.50	7.50	—	—	—	—
列車荷重	L	1.1	158.07	173.88	—	—	—	—
衝撃荷重	I	1.1	84.92	93.41	—	—	—	—
遠心荷重	C	1.1	—	—	—	—	—	—
車輪横圧荷重	L_F	1.0	12.30	12.30	—	—	30.00	30.00
風荷重	W_2	1.0	4.70	4.70	—	—	6.74	6.74
ロングレール荷重	L_R	1.0	—	—	22.50	22.50	—	—
計 (設計応答値)			267.49	291.79	22.50	22.50	36.74	36.74

γ_f (作用係数) : 作用の算定方法の不確実性、作用の特性値からの望ましくない方向への変動等を考慮した係数

取組み①：圧縮強度基準値の再検討

実際の工事への適用

$$A = 300 \times 300 = 90,000 \text{ mm}^2$$

$$Z_x = \frac{b \cdot h^2}{6} = \frac{300 \times 300^2}{6} = 4.50 \times 10^6 \text{ mm}^3$$

$$Z_y = \frac{b^2 \cdot h}{6} = \frac{300^2 \times 300}{6} = 4.50 \times 10^6 \text{ mm}^3$$

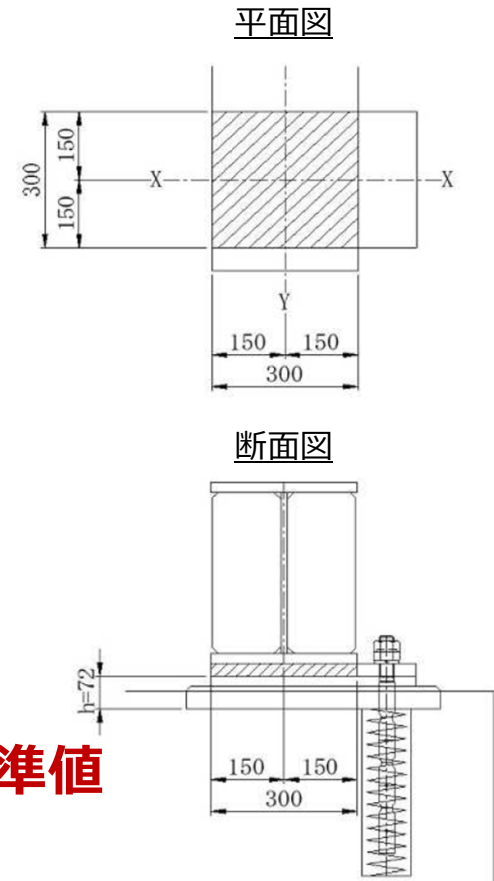
$$\begin{aligned} \sigma_{Bd} &= 1.0 \times \left[\frac{291.8 \times 10^3}{90,000} + \frac{22.50 \times 10^3 \times 72.0}{4.50 \times 10^6} + \frac{36.74 \times 10^3 \times 72.0}{4.50 \times 10^6} \right] \\ &= 1.0 \times (3.24 + 0.36 + 0.59) = 4.19 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

■ 設計支圧応力度

$$\sigma = \gamma_i \times \sigma_{Bd} = 1.2 \times 4.19 \div \boxed{5.0 \text{ N/mm}^2} \rightarrow \text{圧縮強度の基準値}$$

γ_i （構造物係数）：構造物の重要度、限界状態に達したときの社会的影響等を考慮するための安全係数

鉄道構造物等設計標準・同解説 「鋼・合成構造物」より



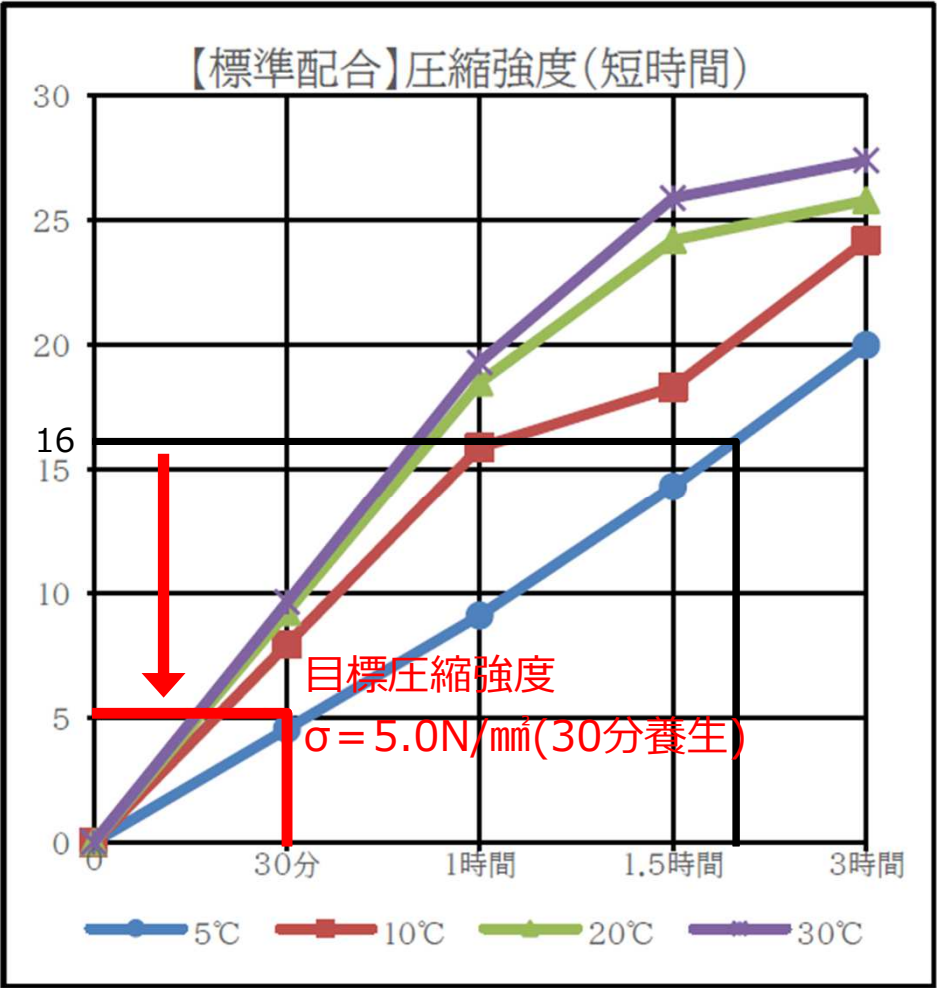
取組み①：結果

😊 圧縮強度基準値を16N/mm²から
5.0N/mm²に引き下げたことで、
1時間以上を要していた養生時間
を約**30分に短縮**できた

表-1 現場試験の実績値 (N/mm²)

材料	現場試験	気温(°C)	圧縮強度(材齢0.5h)			
			X1	X2	X3	平均
材料A	1回目	6.0	12.3	11.5	15.6	13.1
	2回目	7.0	12.9	11.8	13.1	12.6
	3回目	6.0	10.3	11.2	12	11.2
材料B	1回目	10.7	8.2	10.1	9.1	9.1
	2回目	12.9	10.9	11.5	10.5	11.0
	3回目	6.8	2.2	1.7	3.0	2.3

※ 基準値は沓座の形状寸法により変動する。
 ※ 今回設定した基準値は施工直後に確認する値であり、
 材齢28日での圧縮強度試験も実施する必要がある。
 ⇒仕様書に定められた設計基準強度以上の強度を確認している



03

取組み② <沓座モルタル打設の施工性向上>

取組み②：課題の整理

これまでは、新設桁とのわずかな隙間からモルタルを流し込み打設していた。

- 😞 漏斗やジョウロの口が詰まりやすく時間がかかる
- 😞 モルタルの充填不良により、ソールプレートとの密着不良が発生しやすい



ジョウロを用いた打設状況

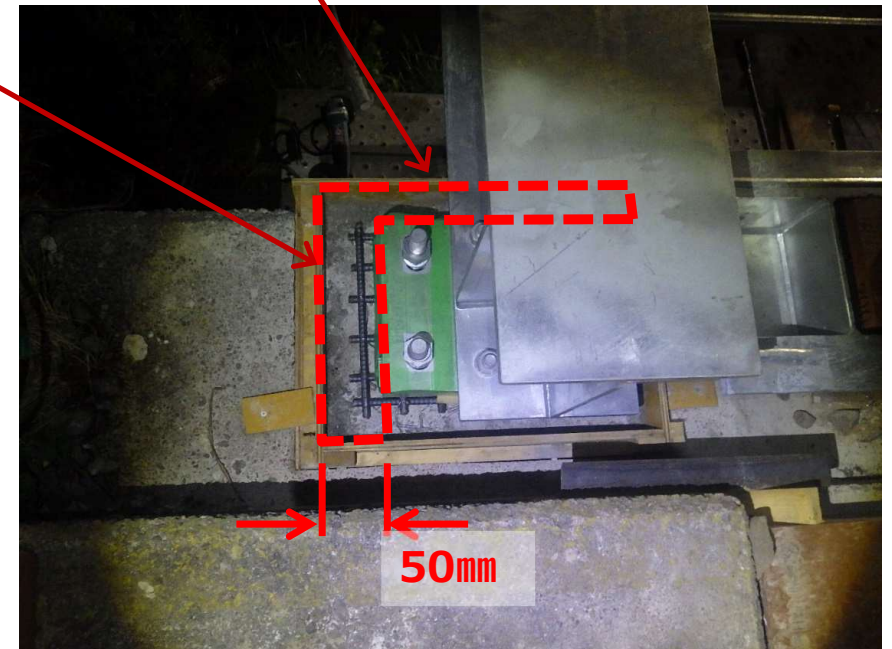
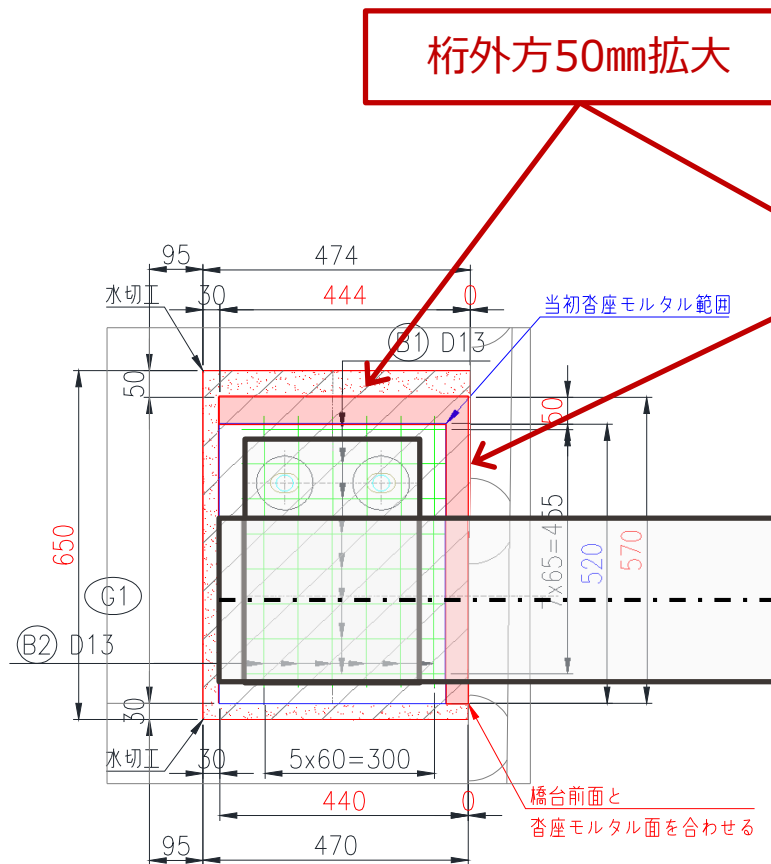


ソールプレートとの密着不良

取組み②：沓座の寸法変更



沓座の寸法を拡大してモルタル注入口を確保することを検討



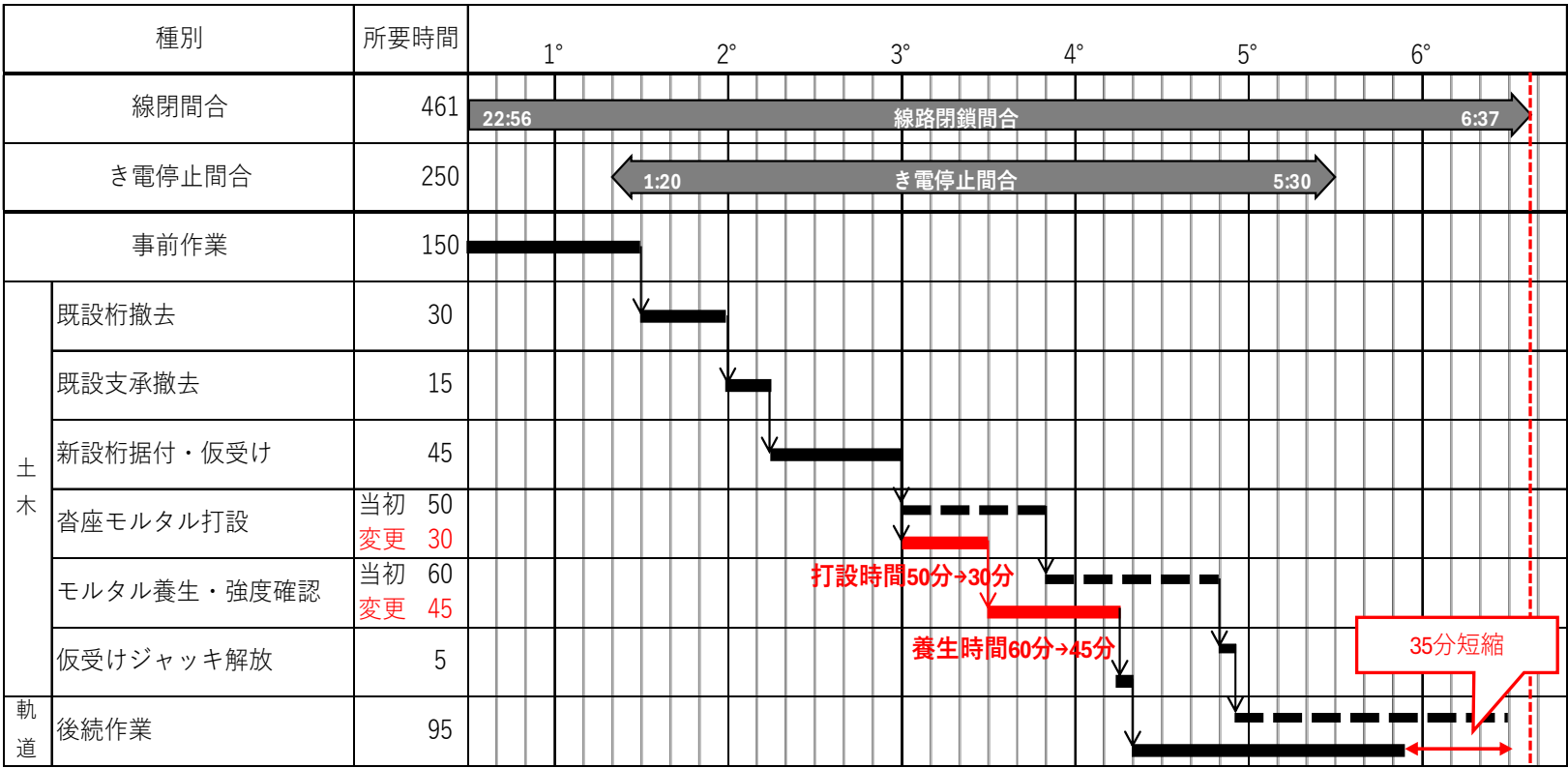
取組み②：結果

- 😊 シュートによる打設が可能になり施工性が向上したことで、打設作業時間を**20分短縮**できた
- 😊 充填状況が確認しやすくなり、**施工不良のリスクが低減**した



04

成果とまとめ



打設作業時間20分、養生時間15分、合計35分の短縮を達成

まとめ

課題

- **養生時間の長さ**：従来は1時間以上必要で、作業時間の制約が厳しかった。
- **打設作業の難しさ**：狭い隙間からのモルタル流し込みでは、充填不良や密着不良が発生しやすかった。

取組みの内容

- **圧縮強度基準の見直し**：実際の支圧応力度を算出し、養生時間を短縮可能な目標値を設定。
- **沓座形状の変更**：桁の外方に50mm拡大し注入口を確保し、シュートを用いた打設で施工性を向上。さらに橋台前面にも拡大し充填確認を容易化

成果

- **打設作業を20分、養生時間を15分短縮し、合計35分の作業時間を短縮。**
- **余裕時間を約30分確保し、後続の軌道作業へスムーズに引継ぎ可能に。**

ご清聴ありがとうございました