

施工管理の目から見た PC 橋梁工事の今と昔

大日コンサルタント(株) 正会員 ○松島 秀夫

1. はじめに

昭和 59 年(1984 年)日本道路公団(現在の NEXCO)の施工管理員として札幌の道央自動車道北郷・白石高架橋の基礎工、下部工及び PC 桁橋梁工事を管理した。平成 26 年(2014 年)モンゴル国新ウランバートル国際空港建設事業の施工管理員として空港ビル前高架橋の下部工及び PC 桁製作工事を管理した。どちらも冬季は寒中コンクリートになる類似した気象条件の 30 年前と今の施工管理の目から見たコンクリート橋梁工事の比較を行った。結論として、安全性や急速化、省力化の施工技術の向上が著しいことがわかった。

2. PC 桁上部工

30 年前の PC 構造は 5 径間連続 2 主版桁 PC 橋スパン約 30m で、モンゴルの PC 構造は単純 I 桁(床板 4 径間連結構造)橋でスパン 16.95m だった。

30 年前も今も PC 鋼材は PC 鋼より線であった。30 年前の PC の定着工法は、担当工事区間ではフレシネー工法、VSL 工法、SEEE 工法が使用され、比較することができた。固定くさび方式の VSL 工法、ねじ方式の SEEE 工法と比較して、鋼材長さを調整しやすいくさび方式のフレシネー工法が施工性の点で優れていた。その後の国内業務では、フレシネー工法が一般的に使われるようになった。最近、海外では、経済性に優れる中国製のクサビ方式の OVM 工法が主流である。モンゴルの担当工事区間でも使われた。今も昔も PC の定着工法は、鋼材長さを調整しやすいくさび方式がよいようである。

PC 鋼材配置については、30 年前はシングルストランドであった。モンゴルでは 1 本のマルチストランドが使われていた。モンゴルでは 9 本の PC 鋼より線($\phi 12.7$)が使われていた。緊張管理方法は、今も昔も荷重計の示度と鋼材の伸びにより行うが、もしもモンゴルでシングルストランドの場合、9 回の緊張作業が必要であるが、1 本のマルチストランドでは 1 回の緊張作業ですみ、シングルストランドの場合、分散ケーブルのため、摩擦係数による管理方法(μ 管理法)となるが、一本ケーブルのため μ 管理法は不要で、急速な緊張管理が可能になった。

30 年前のコンクリートは早強コンクリート、コンクリート強度 35MP、スランプ 8cm $\pm$ 2.5cm で、当時は添加剤の使用は認められていなかった。コンクリートポンプ車のホースでコンクリートが詰まるため、スランプ 12cm が黙認された。モンゴルでは普通コンクリートで、コンクリート強度 40MP、スランプ 8cm $\pm$ 2.5cm であるが高性能 AE 減水剤の使用で打設時はスランプ 18cm $\pm$ 2.5cm で行った。この点と壁面バイブレーターの併用でジャンカ等の少ないコンクリート打設が可能になった。

30 年前の早強コンクリートの養生方法は湿潤養生であったので側型枠脱型まで 3 日間、緊張まで 1 週間必要であったが、モンゴルでは蒸気養生を使い早期コンクリート強度発現を図り、側型枠脱型期間 2 日間、緊張はコンクリート強度を確認し 5 日後とし、急速施工を可能にした。蒸気養生の温度管理は、コンクリート打設 3 時間後吸熱を開始し、6 時間後 65℃とし、8 時間後まで 65℃とし、その後吸熱を減らし、15 時間後終了するものであった。

寒中コンクリートに関しては、30 年前は上屋付移動型枠支保工とジェットヒーターの組み合わせで外気温 -15℃くらいの札幌の気象条件の冬季施工を可能にした。モンゴルでは、10 月以降の寒中コンクリートを打設しなかった。蒸気養生は日本のコンクリート製品工場では一般的であるが、現場施工での使用は品質の向上、施工の急速化を可能にし、126 本の PC 桁製作をモンゴルの寒中コンクリート期間となる 10 月までに完成させることができた。

30 年前のグラウト注入管理方法については、グラウトホース排気口から一様なグラウトが流出するとグラウ

トホースを止めていた。その後、世界中で内ケーブル方式のダクト内のグラウトの充填が不十分で PC 鋼材の腐食の発生を起し、その進行により PC 鋼材の破断を起すような事例が多発した。モンゴルでは、ノン・ブリージング型のグラウトを使用して、グラウトホース排気口から一様なグラウトが流出するとグラウトホースを止めた後、15 分くらい同じ圧力をかけて、始めは定着具からグラウトが漏れ出てくるが、グラウトが水に変わって漏れ出て来たら止めていた。グラウトがダクト内に十分に充填する施工方法を行った。PC 鋼材の防食安全性を高めることができた。

3. 橋梁下部工

橋梁下部工構造は、30 年前は 2 柱式及び逆 T 式張出し梁橋脚、モンゴルは逆 T 式張出し梁橋脚であった。橋脚柱鉄筋工について、30 年前は、鉄筋加工場で加工された鉄筋を現地で足場工を利用して組み立てていた。モンゴルでは、40 本の主筋 D35 にカプラー(L=72mm, D=54.5mm)と主筋端部の転造ネジ(Rolled Thread End)を使用した端部ねじ加工継手工法で、鉄筋加工場で加工・組立された鉄筋ブロックを現地でクレーンによるつり込みとカプラーによる結合を行い、鉄筋組立日数を短縮させていた。

型枠組立について、30 年前は、コンクリート用型枠(12mm 厚)、型枠用鋼管・単管、単管用クランプ、単管用フォームタイで固定する方法で約 0.5m² にか所は締付・解体をする必要があった。モンゴルでは、ドイツ製の PERI FORM という大型移動型枠(型枠 20mm 厚)が使用され、約 3m² にか所の締付・解体となり、省力化・急速施工が可能になった。足場工についても、30 年前は、各橋脚毎に組立・解体を行っていたが、モンゴルでは一度組み立てた足場工を解体せず、クレーンにより次の橋脚に転用する施工方法を行い省力化・急速施工を可能にした。

30 年前のコンクリートは普通ポルトランドコンクリート、コンクリート強度 24MP、スランプ 8cm±2.5cm で、当時は添加剤の使用は認められていなかった。モンゴルでは普通ポルトランドコンクリートで、コンクリート強度 28MP、スランプ 8cm±2.5cm であるが高性能 AE 減水剤の使用で打設時はスランプ 18cm±2.5cm で行った。

下部工の寒中コンクリートに関しては、30 年前は打設不可能だった。モンゴルでは、米国コンクリート学会基準 ACI 306.1 と 306R に従い、コンクリート温度が 10℃以下にならないように、表面保護や蒸気養生を行い、コンクリート表面の温度測定を 3 日間記録して、管理を行った。今では外気温とコンクリート表面及び内部温度測定・記録装置が簡単に手に入ることがわかった。寒中コンクリートの蒸気養生の温度管理は、コンクリート打設 2 時間後吸熱を開始し、6 時間後 65℃とし、10 時間後まで 65℃とし、その後吸熱を減らし、10℃以下にならないようにし、36 時間後終了するものであった。蒸気養生の給水タンクが凍結可能な外気温(真冬日)となる 11 月以降は工事休止とした。

新設下部工コンクリート工事において、湿度が低く、風が強く、コンクリート表面保護方法が悪いと乾燥収縮ひび割れが発生し、締固め不足だとハニカム(ジャンカ)が発生する。この補修方法について、30 年前はひび割れについてはエポキシ樹脂注入方法しかなくて必要最小限な箇所を実施し、ハニカムについてはモルタルによる補修を行った。モンゴルでは、欧米で 1995 年ごろ開発されたプレミックス型コンクリート補修材料のポリマーモルタルによるひび割れやハニカムの補修を行った。コンクリート補修の安全性が向上した。

4. 結論

30 年前の札幌自動車道の北郷高架橋の下部工及び PC 桁橋梁工事と今のモンゴル国空港ビル前高架橋の下部工及び PC 桁製作工事を比較した結果、国内工事と海外工事という差はあるが、鉄筋加工、型枠工、足場工、コンクリート材料、コンクリート混和剤、養生、寒中コンクリート対策、コンクリート補修工において、安全性や急速化、省力化の施工技術の観点から、発展向上が著しいことがわかった。今後は、通信情報技術の発展に伴う施工技術の向上が望まれる。