

東日本大震災復旧工事における工事例から 迅速な復旧工事を行うための考察

大場 宏樹

正会員 仙建工業株式会社（〒980-0811 仙台市青葉区一番町二丁目2-13）

1. はじめに

平成23年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震、平成23年4月7日に発生した東北地方太平洋沖地震の余震により、宮城県北部の土木構造物は大きな被害を受けた。

現在は応急・復旧工事と共に、再生に向けた宅地造成工事や三陸自動車道等交通網の整備が最盛期にさしかかっている状況である。

私達土木構造物に携わる者は、応急・復旧工事に携わる中で、社会的要求に応えることに対しその使命感を深く認識させられた。そして、これまで私達が行なってきた内容を検証する機会に恵まれたと思っている。

災害発生時の構造物の損傷は、実に多くの反省を私達に与えてくれた。

ここに、それらの事象の一部をご紹介します、今後の検討材料の一つとして参考になれば幸い考える。

2. 回転が生じた桁の復旧での失敗事例

(1) 橋梁概要と主桁移動量

取り上げる橋梁概要は、橋長45.160m、2径間（第1桁長19.990m、第2桁長25.090m）のPC橋（4主桁）であり、斜角63°56'47"でJR線を跨ぐ県道である。道路平面線形はR=200mである。昭和42年に建設され、45年経過していた。図-1にその全体側面図を示す。

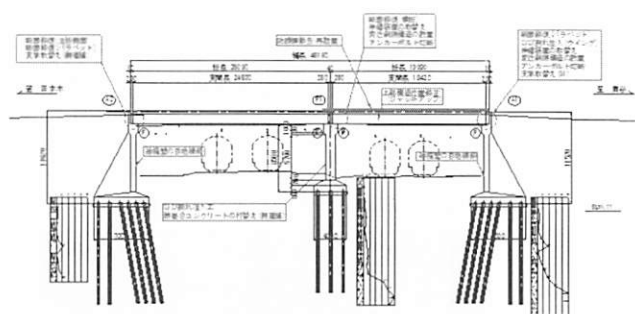


図-1 全体側面図

地震に影響による主桁移動量としては、地覆でA1において42mm、A2において0mmであった。また、中間部のP1において移動量は82mmの主桁移動が確認された。写真-1にP1における相対移動量を示す。

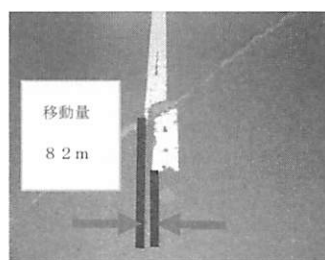
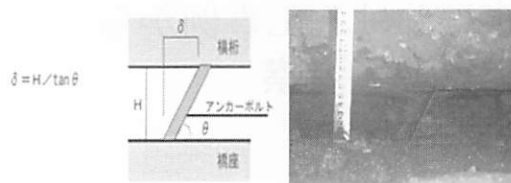


写真-1 P1桁移動量 82mm

また、A1沓座、P1沓座における移動量測定結果は、図-2に示すような測定の実施により、A1沓座で第1径間桁が南側へ約40.4mmの変位が確認され、P1沓座で第2径間桁が北側へ約44mmの変位が確認された。このことから、第1径間側の桁、第2径間側桁がそれぞれ時計回りに回転し、相対的に40mm+44mm=

84mmのずれを生じたと考えられる。この値は、地覆で確認された桁の相対ずれ量とほぼ整合一致する。図-2に沓座における変位の略図を示す。



$$\text{AncBLT } H=70 \text{ mm } \theta=70^\circ$$

$$\delta = 40.4 \text{ mm}$$

図-2 第1径間側 桁移動量40mm

さらに、P1における第1径間側の桁と第2径間側の桁の遊間の状況を写真2に示す。この状況から、A2側のゴム沓の変位方向から判断すると第2径間側の桁が第1径間側に移動したと判断される。



写真-2 P1上での遊間状況

以上のことから、本橋梁の変状メカニズムは、地震動によりA1、A2の両側から径間（内側）側向きの力が加わり、桁どうしがせり合い時計回りの回転が生じたと考えられる。

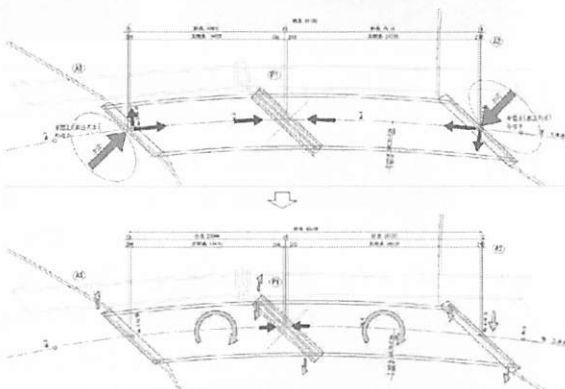


図-3 桁回転発生メカニズム

(2)補修方針

補修方針は、主桁を元の位置に復元し、変形した沓を交換することであった。先に記述した調査結果により、主桁の復元には、A2側のパラペットを撤去し、第2径間側の桁をA2側へ引き戻し、その後、反時計回りに回転させ元の位置に復元させる手順が最良と考えられた。その考えを発注側に提案したが、本橋梁を「通行止め」にすることは地域交通確保のため不可能との理由から断念せざるを得ず、当初復旧施工方針通り、パラペットを撤去せずジャッキアップ⇒回転修正の手順で実行することとなった。ただし、第1径間桁、第2径間桁の遊間が狭く、桁を回転させると相互干渉し回転に支障すると考えられたため、上記手順に第2径間桁引き戻し作業を加えることとした。

写真-3に第1径間桁の引き戻し作業状況、写真-4に桁ジャッキアップ状況、写真-5に桁回転ジャッキ設置状況を示す。



写真-3 第1径間桁引き戻し作業



写真-4 主桁ジャッキアップ状況



写真-5 主桁回転設置ジャッキ状況

(3) 施工結果

上記施工の結果、ジャッキによる桁上昇は実施することができたが、桁引き戻し作業になると桁が移動が生じなかった。桁引き戻しジャッキの台数増設（当初 4 台から 6 台に増設）ジャッキ設置位置の変更等を実施したが、結局桁引き戻しが不可能であった。そのため、A 1 橋台部背面および P 1 における第 1 径間桁と第 2 径間桁間の再調査を実施したところ、パラペットと桁の間、桁と桁の間（遊間部）にコンクリートが存置されているのが確認された。これは建設当時の中埋めコンクリート打設作業において型枠からコンクリートが漏れ出し、そのまま放置されたものと考えられる。A 1 側は固定端であり桁移動がないと判断されるため、3 mm の遊間、P 1 は移動端であるため、橋梁の機能上 10 mm の遊間が必要である。そのため、この型枠から漏れ出したコンクリート撤去が追加された。しかし、全て撤去することは、パラペットを一時撤去しないと不可能であることから元の位置への移動作業は困難と判断され、桁位置はそのままとし破損したゴム沓の交換、平面線形 R = 200 m の道路幅員 6 m + 拡幅を確保できるよう地覆断面修復切り替えること、および RC 造の変位制限を主桁間に設置することに工種変更となった。写真-6 に遊間に漏れ出したコンクリートの写真、図-4 にコンクリート分布略図、図-5 に撤去方法略図を示す。



写真-6 漏れ出したコンクリート

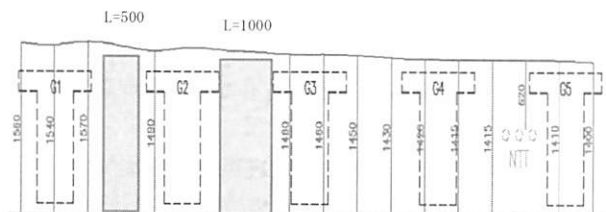


図-4 漏れ出したコンクリート分布

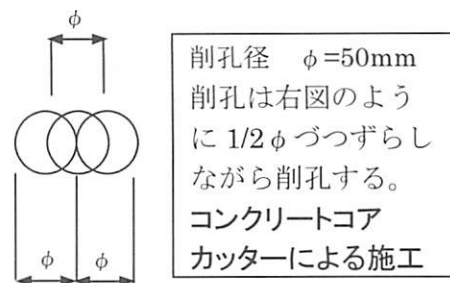


写真-6 漏れ出したコンクリート

3. 迅速施工を妨げた要因

迅速な施工を実施するという意味の 1 つは、性能 1 の範囲内に構造物の状態や周辺環境を整備しておくことが一つの考えであると言える。今回取り上げた補修工事の事象においては、遊間の状態確認がポイントであったと言える。

以下に現時点での課題、問題点、解決策について検証する。

課題 1

適切な変状劣化調査を実施できる状態を確保することが必要がある。

問題点 1

斜橋におけるパラペットと桁の状況把握が不備であった。

原因

1. この部位が見えにくい点にある。
2. 足場がないことなどを挙げることができる。

解決案

1. 今後新設される橋梁において、地形的な状況によりやむを得ず斜橋とする場合であっても、設計段階から特に、左右端桁座部に最低人間 1 人が安全に立てるスペース（900 mm × 900 mm 程度ぐらい）を確保することが必要と考える。
2. 現在ストックされ維持管理されている斜橋において、遊間調査を重要項目として再徹底する必要がある。そのため、調査に必要な昇降設備等を整備する。

課題 2

PC 桁端部横桁の位置の検討が必要

問題点 2

パラペットと桁の状況を把握できない。

原因

調査に必要なスペースが確保されていない。

解決案

1. 上述した内容と同様であるが、設計段階から、維持管理（補修工事实施も含めて）に必要なスペースを確保することを前提に端部横桁の位置、寸法を決定することが必要と考える。
2. 現在ストックされ維持管理されている橋梁では、端部横桁の位置の変更は困難な場合が多いと考えられるため、調査においてスコープ等を用いての調査方法の検討が必要と考える。
3. 遊間が確保されていない場合、なんらかの遊間確保の措置を採る。

課題 3

補修工事を含めた応急・復旧工事においては、建設当時の情報がすべて把握されていないことを前提に工事計画を立案実施する。

問題点 3

あつてはならないことであるが、施工上の不備、設計上の不備等の情報は伝わりにくく、情報共有されない。そのため根本原因に対する解決がなされない。

解決案 3

- ① 不備事象の情報を共有できるシステムの構築が必要。特に施工側から設計側に情報が伝わること。
- ② 不備事象を検討する体制を整備することが必要。単純な施工ミスと思われる事象であってもその単純ミスを誘発させる原因を取り除く対策立案まで必要。
- ③ 補修工事の教育内容の更なる見直しと実施

若年者に対する学校教育はなされて来ていると感ずるが、若年者は知識はあるが経験が乏しいと思わざるを得ない。しかし、これまでの内容を見直しつつ継続教育する必要がある。

経験者に対する教育については、各社、各機関により教育内容等が異なる他、現在各個人自覚により理解度が異なると考えざるを得ない。理解度により、設計内容、施工内容に差が生じていると感ずる。どこかの時点で全体のレベルを向上させることが必要と考える。

課題 4

優先順位を決定する難しさ

問題点 4

橋梁は地域交通等の要であるため地震等が発生した場合、点検が実施され安全性が確認された後、早急に共用再開させることは言うまでもなく必要なことである。今回の補修工事においては、どうしても片側通行が必要であることから、根本的な補修が実施されいという選択がなされた。

解決案 4

このような事象から、供用開始に当たっての判断を明確にしておくことが必要である。

- ① 落橋だけは防止する対策は実施し、監視と徐行で供用開始等の理論化、制度化
- ② 例えば要求性能の〇〇パーセントに達した時点で、監視と徐行開始等の理論化、制度化
- ③ 仮設部材から本設部材への変換等
被災当初は部材が手に入らないため手持ち部材で応急工事を実施し、落橋だけは防止する。そして、監視を実施しながら徐行で供用開始。その後仮設部材に他の材料を付加することで本設構造とし、本格供用させる。などが迅速性を向上させる考えの一つである。しかし、設計的裏付けが必要となるため、設計の手法等を確立しておくことが必要である。

4. おわりに

迅速な復旧工事を実施するためには、これから新設される構造物に対しては、設計時点から点検の容易性、復旧工事の容易性を構造体に備えておくことが必要である。これに対し、現在共用中の構造部については、その老朽程度と重要度を考慮し復旧方針をある程度決定しておくことが必要と考える。これらを実施するにあたり、各発注機関（維持管理機関）が個々に実施していたのでは、その進捗や整備内容に差が生じ、結局連続性に問題が生ずることが懸念される。したがって、民間技術者も含め、議論できる機会を持つことも重要と考える。

参考文献

- 1) 日本道路協会：道路橋示方書・同解説（V 耐震設計編），平成24年3月
- 2) 大場 宏樹：東日本大震災復旧工事等における迅速な復旧工事を行うための施工側からの考察，第15回性能に基づく橋梁等の耐震設計に関するシンポジウム講演論文集（2012年7月）