



## 山陽新幹線投込式コンクリート柱の耐震補強の検討

### 1. 耐震補強計画について

山陽新幹線では過去に発生した大規模な地震災害を受けて、高架上に設置されたコンクリート柱等の耐震補強を実施しています。コンクリート柱は電車線設備を支持するための設備で高架上には約6,500本あり、そのうち、今後予想される大規模地震により強い揺れが発生するおそれのある区間には約2,500本設置されています。これらの柱について、2029年度の施工完了に向けて、2014年度より耐震補強工事を実施しています。

### 2. 耐震補強方法について

コンクリート柱は取付方法から座板式と投込式の2種類に分けられ、約2,500本のうち、座板式が約1,800本、投込式が約700本あります(図1)。座板式はコンクリート柱の底部に取り付けられた座板という鉄製のプレートを、アンカーボルトとナットで固定して柱を取り付けてあり、投込式は基礎の中にコンクリート柱の底部を埋めて取り付けています。座板式の場合、座板の耐用寿命での取替が必要になるため、鋼管柱への建替を実施しており、2018年度末時点で534本建替が完了しています。一方投込式の場合は、コンクリート柱の建替が不要であるため、建替以外の補強方法を検討しました。



図1: コンクリート柱種別

### 3. 投込式の耐震補強方法検討

#### (1) 検討にあたっての留意点

地震により倒壊しないように、補強後のコンクリート柱については、

$$\text{柱にかかる地震による力} < \text{柱の耐力}$$

となることが求められます。これを実現する方法としては、柱

にかかる地震による力を小さくすること、もしくは柱が地震による力に耐えるような強さを持つことが挙げられます。前者は柱の剛性を向上させ、固有周期<sup>\*1</sup>を変化させることで構造物との共振を避ける方法で、具体的には重量の軽い鋼管柱への建替を意味し、座板式の柱に適用しています。一方で、投込式の柱は建替が不要であるため、後者の補強による柱の剛性向上及び耐力向上を検討することになります。耐力を向上する際の留意点は、柱を単純に強くしすぎること、想定以上の大地震が発生した際に柱より先に電柱基礎や基礎を支えている高架構造物が壊れて、復旧時間が大幅に増えてしまうという点です。そのため補強後の柱耐力と各設備耐力の関係性は下記の通りになければならず、工法の検討には苦労しました。

$$\text{柱にかかる地震による力} < \text{補強後の柱耐力} < \text{基礎等の耐力}$$

\*1 固有周期: 物体が振動した時、揺れが1往復するのにかかる時間。

#### (2) 投込式の具体的な補強方法検討

補強方法の検討にあたっては上記の留意点や、1晩で施工ができること等を考慮し、関係箇所とも相談しながら検討を進めました。その結果、「鋼管とモルタル挿入による補強」方法を検討しました。この方法はコンクリート柱内部の空洞を利用し、柱内部に鋼管を挿入しモルタルで固める方法です。投込式の中で使用数量が多いφ400mm(内部空洞径260mm)、長さ11mのコンクリート柱に対して、耐震性能を満たす鋼管を検討した結果、鋼管の種別はSTK490※2-φ190.8mm、厚み8.2mm、長さ3mとなりました。検討した方法は図2の通りです。尚、モルタルが収縮すると、収縮によるひび割れ等により期待される性能を満たさない可能性があるため、モルタルは無収縮タイプを選定しました。

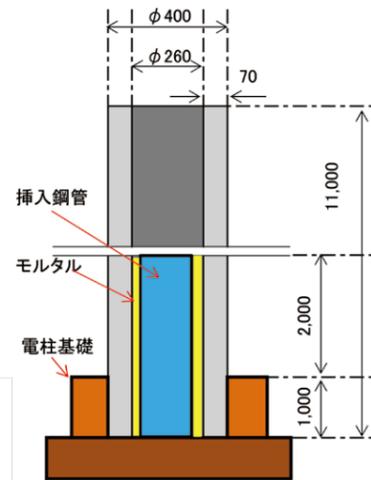


図2: 山陽新幹線適用方法

※2 STK: 一般構造用炭素鋼鋼管

#### (3) 検討した補強方法の耐震性能評価

検討した方法は机上計算によるものであり、実際に求められる耐震性能を発揮するか検証する必要がありました。そこで、コンクリート柱のメーカーに試験を委託し、2018年12月~2019年1月にかけて次のとおり試験を実施しました。

##### ①作業性試験

柱内部に鋼管が挿入できるか、モルタルが均等に充填されるか等を検証しました。モルタルは地表で練り上げた後モルタル用ポンプで柱上部まで圧送して充填しました。結果、問題なく鋼管を挿入でき、モルタルも柱内部で均等に充填されていました。



図3: 鋼管挿入作業



図4: モルタルポンプ



図5: モルタル充填作業



図6: 柱切断後

##### ②固有周期の測定

コンクリート柱をハンマーで叩く等して、固有周期を測定しました。結果、補強後の柱の固有周期は補強前と比べて短くなりました。

・補強前	0.476 秒
・補強後	0.402 秒

##### ③曲げ性能試験

コンクリート柱を固定して段階的に荷重をかけ、柱が壊れた時の力が地震により柱にかかる力より大きくなっているかを確認しました。結果、次の通り地震による力を上回っていました。

・柱にかかる地震による力	280.0 KN・m
・柱が壊れた時の力	413.7 KN・m
(電柱基礎の設計耐力)	440.4 KN・m

##### ④ひずみ測定

曲げ性能試験の際に、鋼管やコンクリート柱の素材の伸び率を確認しました。測定波形から内部の鋼管が耐力向上に大きく影響していることがわかりました。

以上の結果により、柱にかかる地震による力以上の耐力となっており、期待される補強効果を得られていることが検証できました。



図7: 曲げ性能試験

### 4. おわりに

今回検討した投込式の補強方法について、現在訓練架線での試験施工を計画しており、安全に施工できるように最終的な打合せを実施しています。試験施工終了後は2019年度に本線での施工を計画しており、現場区や請負会社と協力してリスクの洗い出し、実施に向けたリスク対策の検討を実施しています。今後も、引続き耐震補強工事の安全施工及びペースアップに努めてまいります。