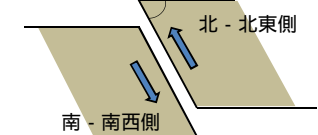




### 3. 断層の概要

本橋の交差条件としては、二級河川中津川および滝涌沢の2つの河川・沢があるが、中津川に沿う位置に「神縄・国府津 - 松田断層帯」に含まれる断層が確認されている。断層帯の諸元を表-2に示す。断層は北 - 北東側が隆起する逆断層型であり、当該地点では A1, P1 側が隆起する“断層ずれ”が生じることとなる。また、当初計画された中津川橋は、PC4径間連続ラーメン箱桁橋であり、橋脚位置は図-3に示す通りである。上り線のP2-P3間、下り線のP1-P2間で断層と交差することとなる。

表-2 断層の諸元

断層帯名	神縄・国府津 - 松田断層帯
断層の型	北 - 北東側が南 - 南西側に対して相対的に隆起する逆断層型 
平均活動間隔	約800年～1300年(約1000年間隔)
推定変位量	約3m程度
地震規模	マグニチュード7.5程度
発生確率	0.2%～16%(30年以内)

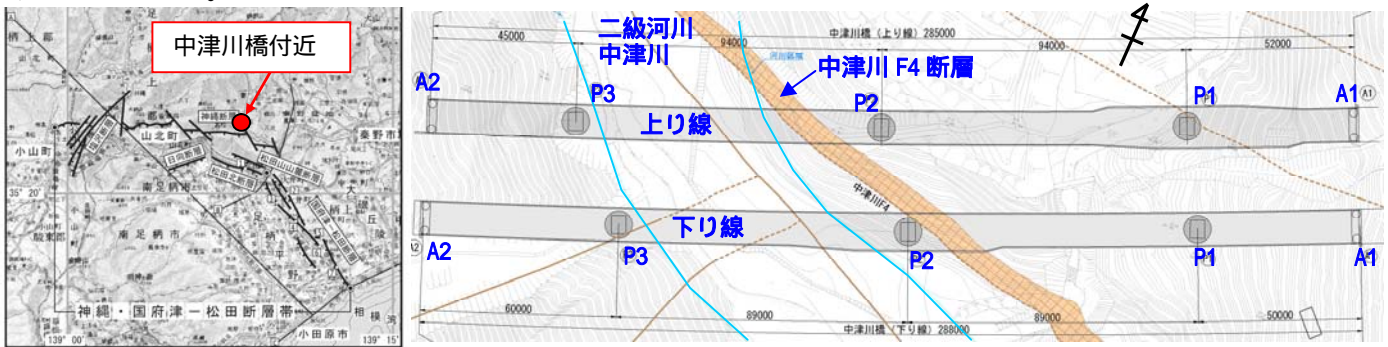


図-3 断層位置図<sup>1)</sup>と当初計画平面図  
 (「神縄・国府津 - 松田断層帯の長期評価の一部改訂について 地震調査研究推進本部」に一部加筆)

### 4. 橋梁計画

#### 4.1 検討方針

当該架橋地点に当初計画された4径間PCラーメン橋は、橋脚間で断層を跨ぐラーメン構造となるため、断層変位が生じた際に、橋脚間に生じる相対変位により大きな断面力が生じることとなる。一般的には、断層変位による影響を回避する方法として路線の変更があるが、高速道路の路線は既に決定しており断層を避けることは困難である。したがって、ここでは橋梁計画として、ラーメン橋での断層変位による影響を明らかにするとともに、断層変位による影響を低減することができる構造を提案し比較検討を行うこととした。

#### 4.2 ラーメン橋における断層変位の影響

##### (1) 検討ケース

本橋位置の断層条件を踏まえて、当初計画のPC4径間連続ラーメン箱桁橋に対して、文献<sup>2)</sup>を参考に、影響検討を実施した。

- ・解析モデルは、上部工、下部工ともに非線形梁要素でモデル化する。
- ・断層変位の影響は、前述の断層位置に推定断層があるものとして、橋脚間で断層ずれ量としての3.0mの強制変位を変位漸増により与えるものとする。
- ・検討ケースは、図-4に示すように、断層変位の方向として水平・鉛直の5ケースを考慮する。

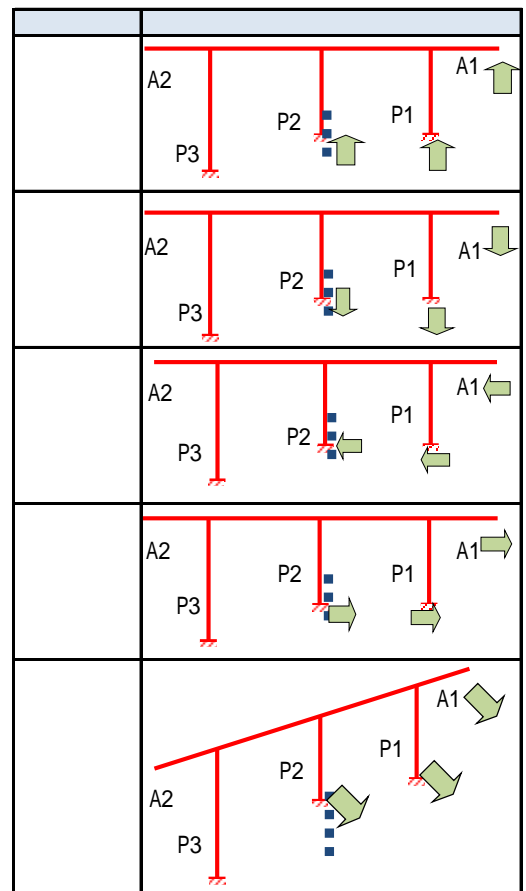


図-4 断層変位影響検討の検討ケース (4径間橋梁の場合)

(2) 検討結果

検討の結果、橋軸方向・直角方向ともに水平方向の強制変位に対して、橋脚の応答断面力が終局耐力を大きく超える結果となった(図-5)。また、上部工についても鉛直方向の強制変位に対して降伏を超過する結果となった(図-6)。このことから、断層を跨ぐラーメン式の橋梁では、断層変位が生じた際に、断層を跨ぐ橋脚間での相対変位により、橋脚あるいは上部工に大きな断面力が作用することで、構造が成立しないことが確認された。

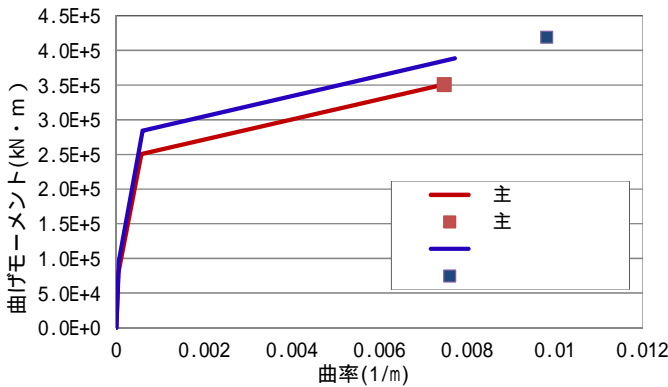


図-5 橋脚の応答値(ケース3)

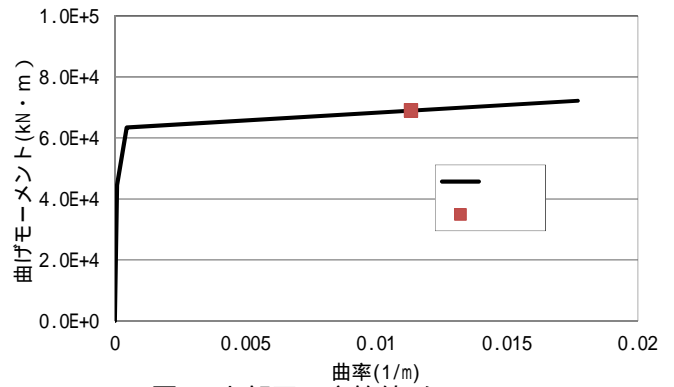
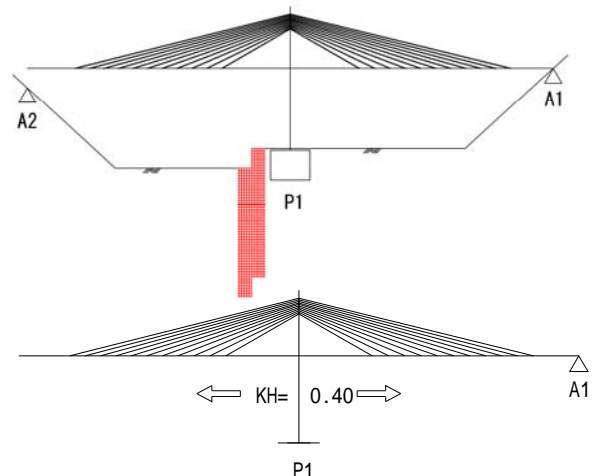


図-6 上部工の応答値(ケース1)

同様の検討は、3径間連続ラーメン箱桁橋を対象としても実施したが、傾向は同様であった。また、支承構造の場合には、応答値は緩和されるものの支承が損傷しなければ傾向は同様であった。このため、国内でも発生確率が高いとされる断層帯に位置する中津川橋の橋梁形式として、当初計画のPC4径間連続ラーメン箱桁橋の採用は困難であると判断した。そこで、断層変位に対してラーメン橋のように構造物に対する相対変位の影響が少ない2径間での橋梁形式を検討した。2径間を採用した場合、最大支間長は130m以上となるため、エクストラードズ橋を採用することとした。

4.3 エクストラードズ橋の採用

2径間エクストラードズ橋について、概略検討により構造の成立性を確認した。先に検討したラーメン橋のように、ラーメンを構成する橋脚が断層を跨ぐ構造ではないため、鉛直方向に断層ずれが生じた場合でも構造物に対して相対変位は生じない。しかし、断層ずれ量が大きいためA2橋台部の支承が破壊し、図-7に示す通り、Tラーメン橋のような挙動が想定される。このため、断層ずれにより支承が破壊に至り、レベル2相当の地震力を受けた場合を想定し、P1橋脚基部の応答値を確認した。その結果、基部の発生モーメントに対して、耐力を確保できる橋脚断面を設定することができるため、2径間のエクストラードズ橋が適用できると判断した。



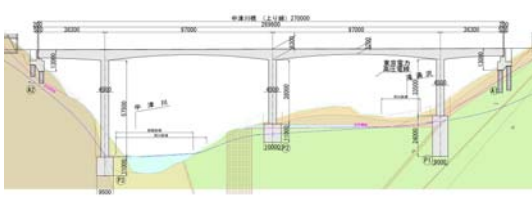
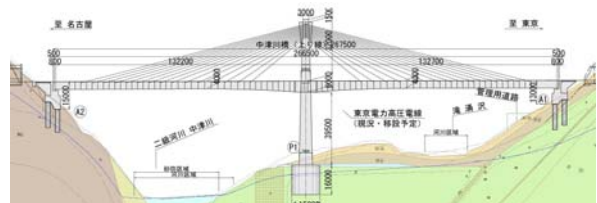
部位	発生モーメント M(kN·m)	終局モーメント Mu(kN·m)	判定
柱基部	2,424,870	2,599,239	OK

図-7 エクストラードズ橋の構造検討

ここまでの検討結果を踏まえ、トンネルに挟まれた谷地形の橋梁として一般的であるが断層変位に対する構造的に問題があるPCラーメン橋と、前述の2径間エクストラードズ橋による橋梁形式の比較を表-3に示す。当該橋梁の採用形式として、発生確率が高いとされる断層帯に含まれる断層の存在が確認されていることから構造的に優先させるべきと判断し、2径間エクストラードズ橋を採用案とした。なお、下り線については、橋梁区間の中央付近で断層と交差するため、主塔位置を起点側に配置し、P1橋脚とA2橋台間に支柱橋脚(P2橋脚)を配置した3径間とした。



表-3 橋梁形式比較表 (上り線)

形式案	第1案：4径間PCラーメン箱桁橋	第2案：2径間エクストラード橋
橋梁一般図		
構造性	架橋位置に一般的な構造形式	2径間とするため、主径間長が130mを越える最大クラスの規模
断層位置に対する対応	断層を避けた橋脚配置が可能	断層を避けた橋脚配置が可能
断層変位に対する構造性	断層を跨いだラーメン橋のため、断層変位により相対変位が生じ構造が成立しない	断層ずれにより端支点の支承破壊が想定されるが、Tラーメン橋のような挙動により構造を成立させることが可能
評価	×	

5. 設計概要

採用案としたエクストラード橋の上部工基本設計の概要として、斜材の選定およびレベル2地震動に対する設計結果を以下に示す。

5.1 斜材の選定

エクストラード橋斜材の応力限界値については、文献<sup>3)</sup>を参考に斜材ケーブルに生じる変動応力が  $L = 70\text{N/mm}^2$  となることを確認し、図-8 に示すとおり  $0.6f_{pu}$  とした。斜材ケーブルの規格は、生じる張力が限界値  $0.6f_{pu}$  以下 (表-4) となるように、また、過去の実績なども参考に、[27S15.2]を採用した。主塔側定着方式は、変動応力が  $50\text{N/mm}^2$  以下となることからフレット疲労に対しても問題なく、一般的には経済性に優位となることから、「サドル定着方式」を採用した。サドル定着の場合には、現場製作ケーブルよりも工場製作ケーブルの方が施工性、経済性でも優位であることから、工場製作 (セミプレファブケーブル) を採用した。

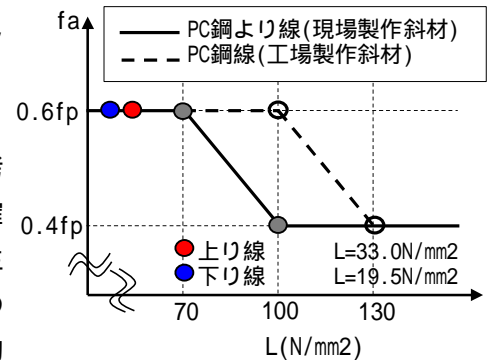


図-8 斜材変動応力と限界値の関係<sup>2)</sup>

5.2 レベル2地震時に対する設計結果

本橋のレベル2地震動に対する動的解析結果では、特に、端部に非常駐車帯が設置される上り線において、上部工断面の耐力を確保するために、床版軸方向鉄筋に最大径が D32 の SD490 を使用する計画とした。下り線においても、最大径が D25 の SD490 を使用している。

表-4 斜材最大張力と限界値 (上り線)

斜材位置	許容値 (kN) ( $0.6f_{pu}$ )	左側		右側	
		最大張力 (kN)	比率	最大張力 (kN)	比率
<b>主塔部</b>					
S1	4179.3	2513	0.601	2006	0.480
S2	4179.3	2075	0.496	1767	0.423
S3	4179.3	1937	0.463	1840	0.440
S4	4179.3	1811	0.433	1907	0.456
S5	4179.3	2317	0.554	2581	0.618
S6	4179.3	3161	0.756	3559	0.852
S7	4179.3	3154	0.755	3621	0.866
S8	4179.3	3249	0.777	3737	0.894
S9	4179.3	3338	0.799	3808	0.911
S10	4179.3	3543	0.848	3970	0.950
S11	4179.3	3666	0.877	4032	0.965
S12	4179.3	3739	0.895	4027	0.964
S13	4179.3	3802	0.910	3998	0.957
S14	4179.3	3776	0.904	3883	0.929
S15	4179.3	1551	0.371	1586	0.379
<b>端支点部 A1(A2)橋台</b>					

6. おわりに

本稿は、中津川橋について、一般的と考えられるラーメン箱桁橋の場合の断層変位に対する検討を行い、橋脚間の相対変位による問題点を確認するとともに、当該地点に適する橋梁形式として、エクストラード橋の計画についての報告を行ったもので、現在は上下部工一体の工事として、橋梁工事が発注されたところである。新東名高速道路では、都田川橋をはじめとして、多くのシンボリックな橋梁が採用されており、本橋も新東名高速道路のランドマーク的な橋梁となることを期待している。また、本報告が地震大国日本における断層変位を考慮した橋梁計画の一助となれば幸いです。最後に、本稿の作成にあたり、PC 橋の新技术・新工法に取り組んできた諸先輩方々に深く感謝の意を表します。

<参考文献>

- 1) 神縄・国府津・松田断層帯の長期評価の一部改訂について 平成 21 年 6 月 22 日 文部科学省 地震調査研究推進本部
- 2) 断層変位を受けるコンクリート系橋梁の耐震安全性に関する研究専門委員会報告書 H14.11(社)日本コンクリート工学会・九州支部
- 3) PC 斜張橋・エクストラード橋設計施工基準 (社)プレストレストコンクリート技術協会 平成 21 年 4 月