

断層変位に対する橋梁の耐震性に関する検討的研究

国土交通省土木研究所 正会員 近藤益央
 国土交通省土木研究所 正会員 運上茂樹

1. まえがき

平成11年9月に台湾中部で発生した集集地震では、橋梁架橋地点を断層が横断し甚大な被害が多数発生した。橋梁の設計では、一般に地震動による耐震設計を行っているものの、断層変位そのものが橋梁に与える影響は具体的に評価していないのが現状である。しかし、落橋防止構造の設置等の耐震対策が十分でなかったこともあるが、集集地震では桁が落下するなど橋梁としての機能を損失する被害であったことから、今後断層変位が想定される場合は、断層変位を考慮した設計も必要であると考えられる。そこで、5径間連続橋を対象として、断層変位の作用位置や作用方向の違いによる被害形態や損傷程度を評価することを目的として非線形静的解析を行った結果を報告する。

2. 解析モデルと解析手法

道路橋の耐震設計に関する資料¹⁾に示されている鉄筋コンクリート橋脚を有する橋長200m、幅員12mの5径間連続鋼Iげた橋(図-1)を対象モデルとして非線形静的解析を行った。本解析手法を用いて1999年台湾で発生した集集地震により被害を受けた鳥溪橋を対象とした解析²⁾を実施しており、解析結果と被害結果がほぼ一致したことから、破壊メカニズムの推定には本解析方法は妥当であると考えている。地表面に現れる断層変位を2mと仮定し、断層位置や断層の

進展方向を表-1に示した12ケースとした。さらに、落橋防止構造であるPCケーブルの耐力を増加させたケース、支承の水平方向剛性を軟らかくしたケース、せん断キーの遊間を変化させたケースもあわせて行った。なお、断層変位による影響が大きな地震であっても、地震動による影響は無視出来ないとは考えられるが、地震動と断層変位の位相差の関係、断層変位の変位増分特性等、不明な点が多く地震動と断層変位を重ね合わせた解析結果の妥当性が確認できないので変位のみを作用させることとし、今回の解析では地盤を

表-1 解析ケース

解析ケース	断層の作用位置と方向
ケース1	A1橋台を引っ張る方向へ移動
ケース2	A1橋台を押し方向へ移動
ケース3	A1橋台とP1橋脚を引っ張る方向へ移動
ケース4	A1橋台とP1橋脚を押し方向へ移動
ケース5	A1橋台とP1・P2橋脚を引っ張る方向へ移動
ケース6	A1橋台とP1・P2橋脚を押し方向へ移動
ケース7	A1橋台を橋軸直角方向へ移動
ケース8	A1橋台とP1橋脚を橋軸直角方向へ移動
ケース9	A1橋台とP1・P2橋脚を橋軸直角方向へ移動
ケース10	A1橋台を鉛直方向へ移動
ケース11	A1橋台とP1橋脚を鉛直方向へ移動
ケース12	A1橋台とP1・P2橋脚を鉛直方向へ移動

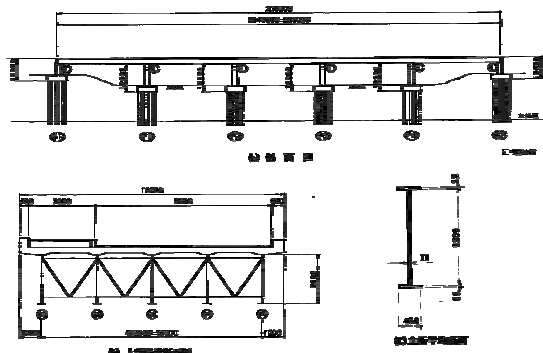


図-1 解析対象橋梁

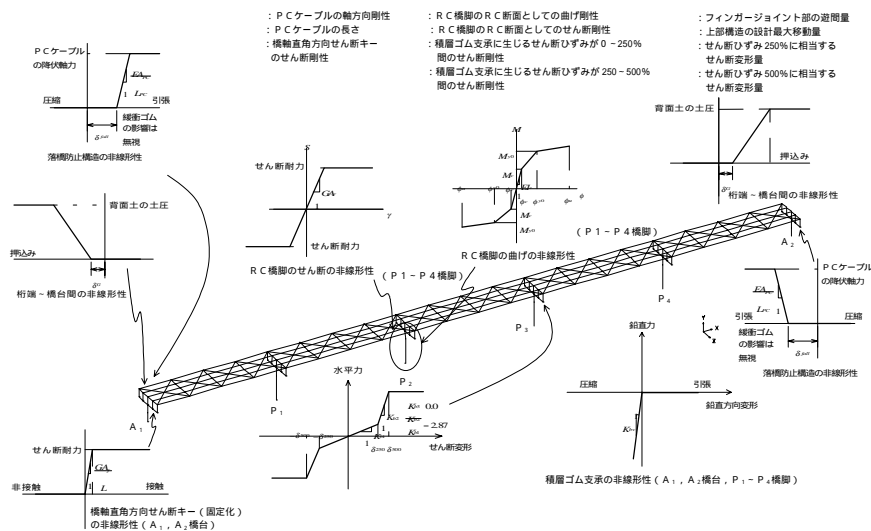


図-2 解析モデルの設定条件

キーワード： 橋梁、耐震性、断層変位、地震被害

連絡先： 〒305-0804 茨城県つくば市旭1番地 Tel 0298-64-2211 Fax 0298-64-2384

1mm ずつ増加させ、断層変位が 2,000mm に達した段階で解析を終了している。また、解析上落橋防止構造である PC ケーブルが破断し、桁端部の変位が桁かかり長を超えて時には、桁が落下したとして解析を継続し、断層変位が 2m に達する段階までとした。解析の全体モデルと各種設定条件を図 - 2 に示す。

3. 解析結果

解析結果の一例として、A 1 橋台と P 1 及び P 2 橋脚を橋軸直角方向へ移動させたケース 9 の被害進展を表 - 2 に示す。ケース 9 は P 2 橋脚と P 3 橋脚の間に断層変位が現れ、A 1 橋台、P 1 及び P 2 橋脚が P 3、P 4 橋脚及び A 2 橋台に対して橋軸直角方向に 2m ずれた場合を想定している。断層変位が 300mm に達した時点で P 2 橋脚に橋軸直角方向の曲げひび割れが発生し、380mm に達した時点で P 3 橋脚にも橋軸直角方向の曲げひび割れが発生した。その後、断層変位が増加するにつれて、支承で橋軸直角方向のせん断ひずみが 250% を超える、橋脚が橋軸直角方向で曲げ降伏を向かえる、支承のリフトアップが発生、橋脚が橋軸直角方向でせん断破壊に至ると被害が進展した。断層直近の P 2 及び P 3 橋脚がせん断破壊したことにより、断層変位が進展にともなう橋梁の変形はせん断破壊した橋脚に集中し、他の橋脚へは大きな力は作用していない。断層変位が 2m に達したときには、図 - 3 (d) に示したとおり、P 2、P 3 橋脚がせん断破壊しているものの、本橋脚で軸力のみ保持できると仮定すれば A 1 橋台側、A 2 橋台側ともに桁が橋台上にあり落橋には至っていない。

一方、橋軸方向に引っ張る方向に 2m の断層変位を作用させた場合には、断層変位の作用位置が中央径間であるケース 5 の場合には 2m の断層変位が生じても桁端部と橋台の相対変位が 0.99m と桁かかり長 1.25m を下回ったが、その他のケースでは 2m の断層変位が作用すると桁かかり長を超えて落橋に至っている。また、断層変位の作用方向を橋軸方向に 2m 押す方向にした場合には、桁が橋台を地盤側に押し込む方向に移動するため落橋には至らないが、断層変位の作用位置が中央径間であるケース 6 の場合には全ての橋脚が終局曲げに達している。

4. まとめ

今回の解析では断層変位を橋軸方向が橋軸直角方向のどちらか一方に 2m 作用させた。その結果、断層変位の作用位置や作用方向によっては、一部の部材に応力が集中する結果となった。しかしこのようなケースにおいても、PC ケーブルの耐力を増加させたり、桁かかり長を大きくすることにより落橋という致命的な被害に至る変位を大きく出来ることがわかった。また、断層変位の作用位置によっては、支承の水平剛性を軟らかくすることにより落橋に至る変位を大きく出来ることがわかった。

今回の解析では断層変位の作用方向が一方向なので、今後は二方向もしくは三方向同時に断層変位を作用させた場合の耐震性についても検討を行いたい。

参考文献

- 1) (社)日本道路協会：道路橋の耐震設計に関する資料、平成 9 年 3 月
- 2) 近藤益央、運上茂樹：地盤変位が卓越する地震動に対する道路橋の耐震性に関する研究、第 4 回地震時保有耐力法に基づく橋梁の耐震設計に関するシンポジウム講演論文集、pp.123-128、平成 12 年 12 月

表 - 2 断層変位の進展による被害の変位 (ケース 9)

断層変位量 (mm)	被害発生箇所	部材の損傷状況等
300	P2橋脚	橋軸直角方向に曲げひび割れ
380	P3橋脚	橋軸直角方向に曲げひび割れ
740	P2橋脚上のG1~G5支承 P3橋脚上のG1~G5支承	橋軸直角方向のせん断ひずみが250%
760	P1橋脚	橋軸直角方向に曲げひび割れ
860	P2橋脚	橋軸直角方向に曲げ降伏
900	P3橋脚	橋軸直角方向に曲げ降伏
1000	P4橋脚	橋軸直角方向に曲げひび割れ
1020	P3橋脚上のG5支承	アップリフト(引抜き力)が発生
1080	P2橋脚上のG1支承 P3橋脚上のG4支承	アップリフト(引抜き力)が発生
1500	P3橋脚	橋軸直角方向にせん断破壊
1520	P2橋脚	橋軸直角方向にせん断破壊
1540	A2橋台G1側せん断キ	せん断破壊
1560	A1橋台G5側せん断キ	せん断破壊

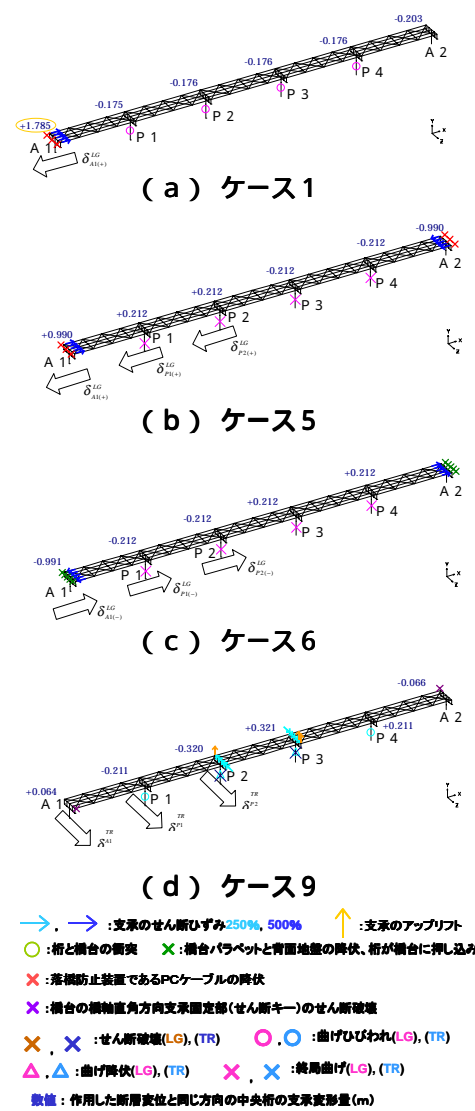


図 - 3 橋梁の被災状況