

橋長の違いがGRS一体橋梁の地震時応答に与える影響の解析的検討

鉄道総合技術研究所

正会員○佐々木 徹也, 西岡 英俊, 轟 俊太郎

鉄道建設・運輸施設整備支援機構

正会員 玉井 真一, 山崎 貴之, 進藤 良則

1. はじめに

橋梁と補強盛土を一体化した GRS 一体橋梁における地震時の挙動は、橋長が短い場合は土構造的な挙動に近いが、橋長が長くなるにつれ橋梁的な挙動に近づき、部材や補強材の塑性化の進展によりラーメン高架橋のように動的増幅が顕著となる可能性がある(図-1)。これまで GRS 一体橋梁を長スパン化した場合の影響を考慮した解析的検討として、補強材ばね特性の低下が地震時応答に及ぼす影響についての検討¹⁾や、上床版の温度伸縮が地震時応答に及ぼす影響についての検討²⁾がなされている。本報では、橋長の違いが地震時応答に与える影響に着目し、解析的検討として時刻歴動的的非線形解析から得られた知見について報告する。



図-1 GRS 一体橋梁の地震時応答における区分

図-1 GRS 一体橋梁の地震時応答における区分¹⁾や、上床版の温度伸縮が地震時応答に及ぼす影響についての検討²⁾がなされている。本報では、橋長の違いが地震時応答に与える影響に着目し、解析的検討として時刻歴動的的非線形解析から得られた知見について報告する。

2. 解析条件

GRS一体橋梁を図-2に示す多質点の梁ばね系にモデル化して2次元時刻歴動的的非線形解析を実施した。橋長の違いに着目するため12m,40m,60mの3ケースのモデルを設定した。なお、60mのモデルは実在する橋梁を参考に2径間(30m+30m)とした。上床版については、橋長に応じてRC構造、PRC構造、SRC構造とし、それぞれ質量と剛性を考慮して線形部材とした(図-3)。側壁および中壁の各部材は、RC構造の非線形(M-φ)部材としてモデル化した。支持地盤および背面地盤は非線形性を考慮した地盤ばねとしてモデル化した。また、側壁背面ばねは、別途実施した実大模型試験³⁾より定めた温度伸縮による繰り返し変位の影響を考慮して引張側の設計値を低減した値(建設から数年以上経過した状態に相当)を用い、補強材ばねの履歴特性のモデルとしては、引張側を補強材破断強度が上限値のバイリニアースリップ型、圧縮側を上限値が十分に大きい線形弾性型のばねとしてモデル化した(図-4)。作用は地震動のほかに自重および列車荷重、温度変動等を想定したコンクリートの収縮150μを考慮した。入力地震動はL2地震動スペクトルII⁴⁾の基盤地震動とした。また、減衰定数は、表-1に示す各要素の減衰定数を設定した解析モデルに対して固有値解析を実施し、得られた全体系の振動モードの中で1次モードから5次モードまでを包括するよう安全側にレーリー減衰を設定した。なお、各モデルのGRS一体橋梁としての比較を行うため、別途ラーメン構造(背面盛土なし)の状態で解析を行い、降伏震度、等価固有周期が同程度となるようにモデルを設定している。

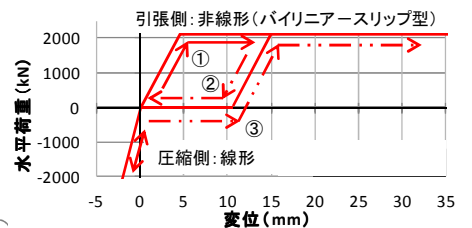


図-4 側壁背面ばねの履歴モデル

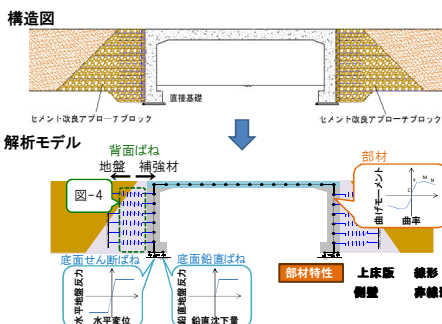


図-2 GRS 一体橋梁のモデル化

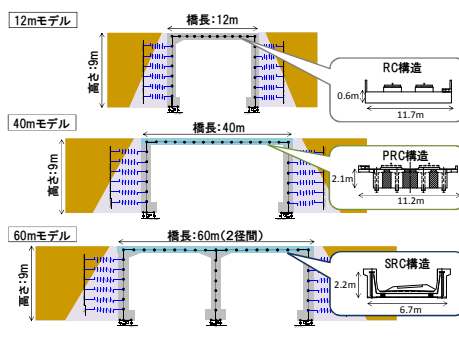


図-3 解析モデル (3 ケース)

表-1 各要素の減衰定数

構造要素	減衰定数 h
PRC,SRC部材	0.02
RC部材	0.03
底面地盤ばね	0.10
補強材ばね	0.10
剛部材	0.01

キーワード 長スパン化, GRS 一体橋梁, 橋長, 時刻歴動的的非線形解析, 地震時応答, 動的応答特性

連絡先 〒185-8540 東京都国分寺市光町2-8-38 (公財) 鉄道総合技術研究所 TEL 042-573-7261

3. 解析結果

3-1 動的解析結果

動的解析の結果として、12m,40m は側壁天端、60m は中壁天端における応答加速度－水平応答変位履歴を図-5 に示す。12m の短い橋梁では、全体的な応答は弾性的挙動で部材の降伏および補強材ばねの塑性化はなかったが、40m,60m と橋長が長くなるにつれ、部材の塑性化、補強材の塑性化の度合いが進展し、最大応答加速度としては入力加速度の4倍程度に増幅する結果となった。橋長が長くなるにつれ地震動による慣性力が大きくなり、部材の塑性化や補強材ばねの塑性化が進展していることに起因して動的応答が大きくなりつつ長周期化する傾向が確認できる。

3-2 地震時の動的応答特性の評価

図-6 に60m のGRS 一体橋梁の地震時応答について概説する。橋長が地震時の動的応答に与える影響は、慣性力が大きくなるとともに、上床版の乾燥収縮や温度伸縮による収縮量が大きくなることで、地震時に圧縮側の地盤抵抗が発揮されるまでに大きな変位振幅が必要になり、塑性化が進行することが挙げられる。地震動が作用する前(常時)においては、上床版の乾燥収縮により側壁上部は前面側へ変位し、それに伴い背面ばねは補強材の引張が作用している状態となっている。地震動が作用すると慣性力に合わせて繰り返し変位が生じることとなるが、変位が小さく両側とも初期の収縮により引張となっている範囲においては、補強材が抵抗しているが全体剛性は低く変位が進展する。変位が大きくなり壁体がアプローチブロックに当たると地盤の受働抵抗により全体剛性が上昇する。部材や補強材ばねの塑性化が進展して変位は大きくなるが、背面地盤の受働破壊には至らず、全体剛性の低下は見られない結果となった。よって、GRS 一体橋梁の動的応答は橋長が長くなるほど大きくなるが、部材の塑性化が進展しても押し込み側のセメント改良アプローチブロックの受働抵抗が発揮されていれば、明確な剛性低下は生じず弾性的挙動に近くなる。このことから、長スパンのGRS 一体橋梁はラーメン高架橋の様に部材の塑性化によるエネルギー吸収に期待せずともL2地震動における耐震性を確保することが可能と考えられる。

4. まとめ

橋長の違いが地震時応答に与える影響に着目し、時刻歴動的非線形解析より得られた知見についてまとめる。① 応答については、橋長が長くなるにつれて動的応答が大きくなりつつ長周期化する。② 押し込み側のセメント改良アプローチブロックの受働抵抗が発揮されていれば、部材が降伏していても明確な剛性低下は生じず、エネルギー吸収に期待せずともL2地震動の耐震性を確保することが可能と考えられる。

なお、今回考慮した減衰は安全側となるようレーリー減衰を小さめに設定しているが、今後は実挙動から減衰を適切に評価することで設計手法の合理化を図っていく予定である。

謝辞：GRS 一体橋梁の長スパン化にあたり、委員会の委員としてご意見を賜りました東京理科大学の龍岡教授、東京大学の前川教授、東京理科大学の木村教授に厚く御礼申し上げます。

参考文献 1) 加藤ら：長スパン化したGRS 一体橋梁の地震時作用に対する解析的検討，第68回土木学会年次学術講演会，I-085，2013. 2) 佐々木ら：長スパンGRS 一体橋梁の温度伸縮が地震時応答に与える影響の解析的検討，第69回土木学会年次学術講演会，I-402，2014. 3) 田村，加藤ら：GRS 一体橋梁の長スパン化を想定した補強盛土壁の正負交番荷荷試験，第48回地盤工学研究発表会，pp.1541-1544，2013. 4) 鉄道総合技術研究所編：鉄道構造物等設計標準・同解説 耐震設計，2012

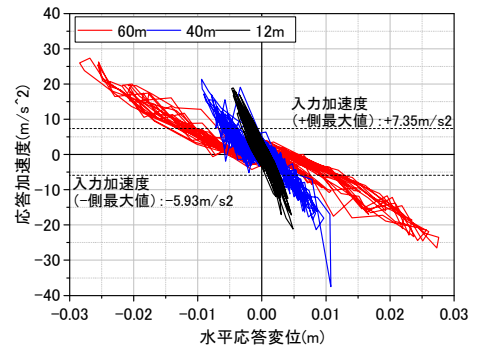


図-5 応答加速度－水平応答変位履歴

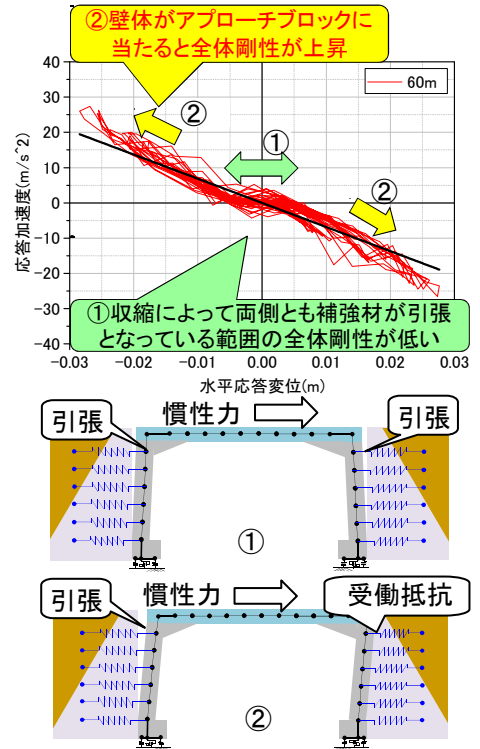


図-6 GRS 一体橋梁の地震時応答