震動実験結果の成果と今後の展望

電力中央研究所　地球工学研究所

主任研究員　酒井　理哉

CCSEワークショップ

2012年6月19日

電力中央研究所

© CRIEPI

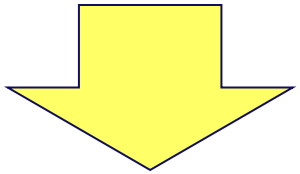
震動実験の背景・位置づけ

- マルチスケール構造モデリングの検証用データの取得
  - 物性の異なる部位（鋼と鉄筋コンクリート）の力学試験を行い、破損までの特徴的なデータを取得する。
  - 機器と建屋の接合部位における解析精度の適用性を評価する。
- 原子力プラントの耐震安全性を実証するためのデータとして活用する。

© CRIEPI

接合部位の耐震評価実験の目的

- 従来剛接合で評価されてきた異材接合部（コンクリート、鋼材）の力学特性、振動特性、減衰特性などを把握する。
- 建屋－機器のシミュレーションを行うAdv_solidの機能検証に資するデータを得る。



- 大型振動台実験では、モデル化が難しいため、ハイブリッド実験による評価が必要

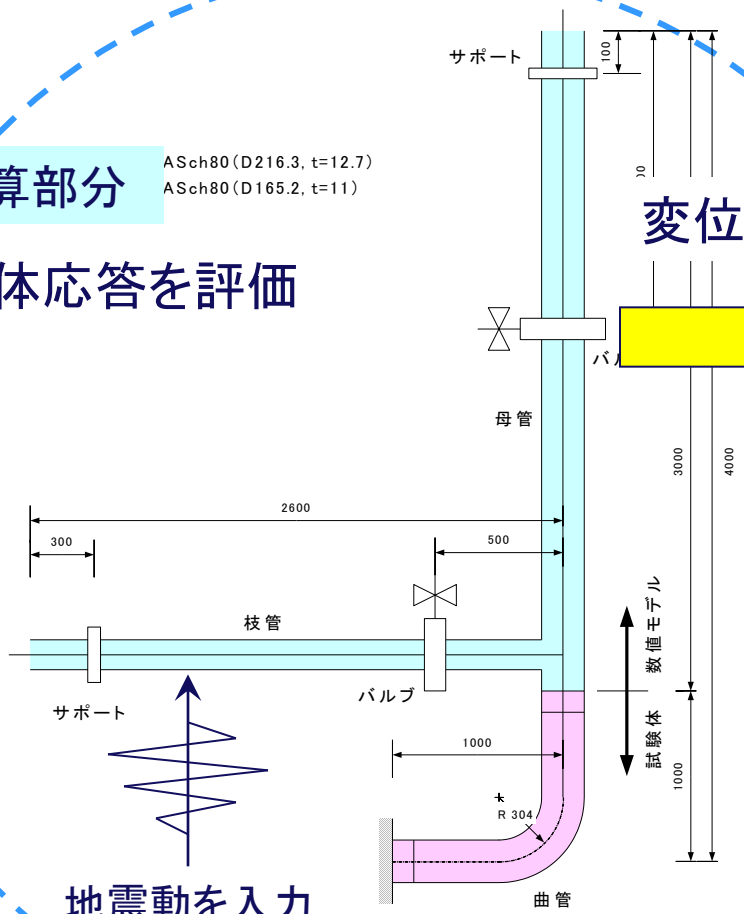
© CRIEPI

ハイブリッド実験手法の概念図

数値計算部分

全体応答を評価

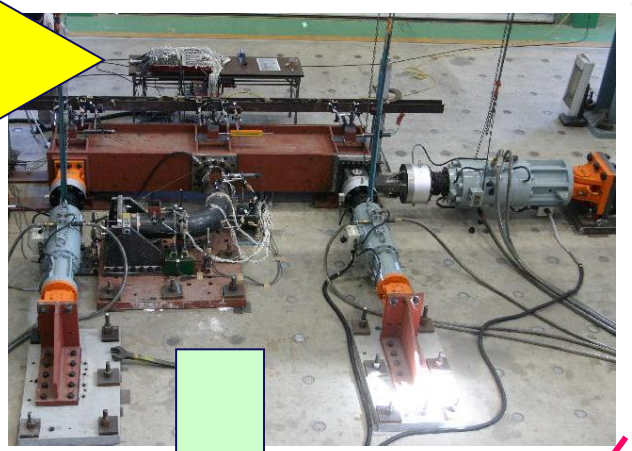
地震動を入力



変位指令値を入力

実験部分

局所損傷を評価



計測荷重をフィードバック

地震時の構造系全体の応答と局所損傷の状況を
精度良く評価することが可能

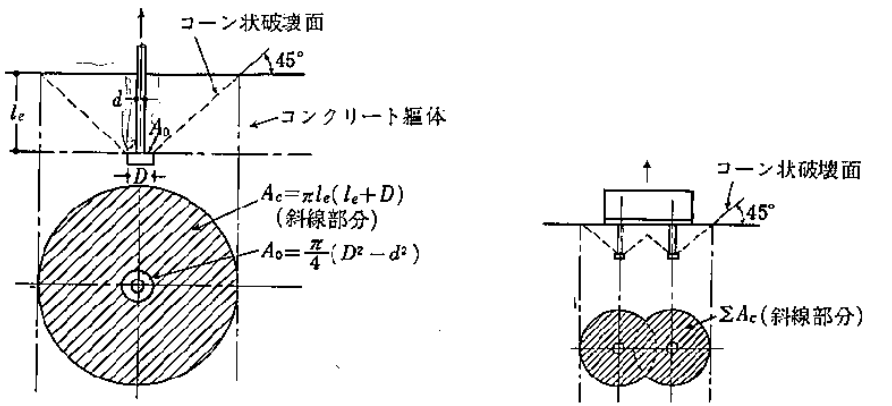
© CRIEPI

特許第3882014号：構造物の振動試験装置およびその振動試験方法

建屋・機器接合部に着目した耐荷力試験

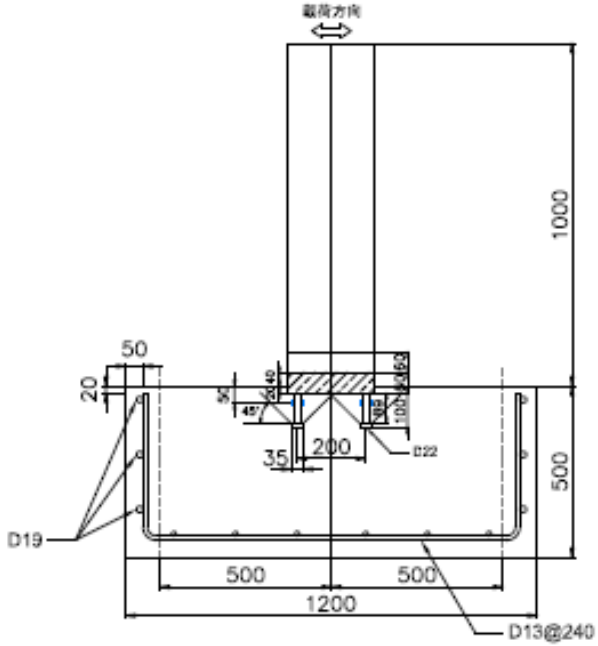
◆試験内容

- コーン状破壊先行型，アンカー降伏先行型の損傷モードに着目し，2種類の試験体（定着長100mm、210mm）を設計・製作した。
- 単調載荷，漸増繰り返し載荷，地震波載荷の3ケースの試験を実施した。



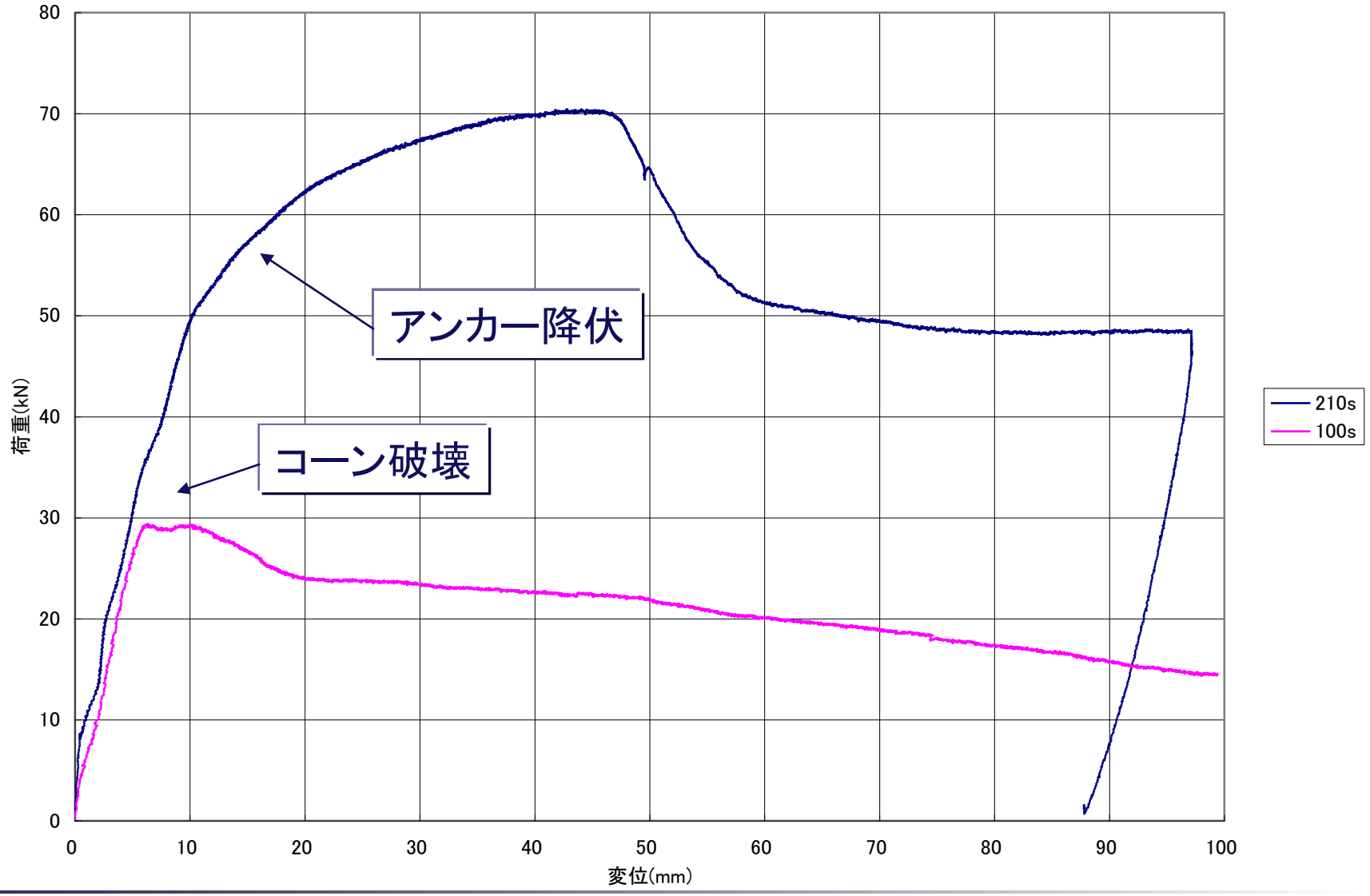
頭付きアンカーボルトの有効水平投影面積 Ac

アンカーボルトが複数の場合の有効水平投影面積 ΣAc



© CRIEPI

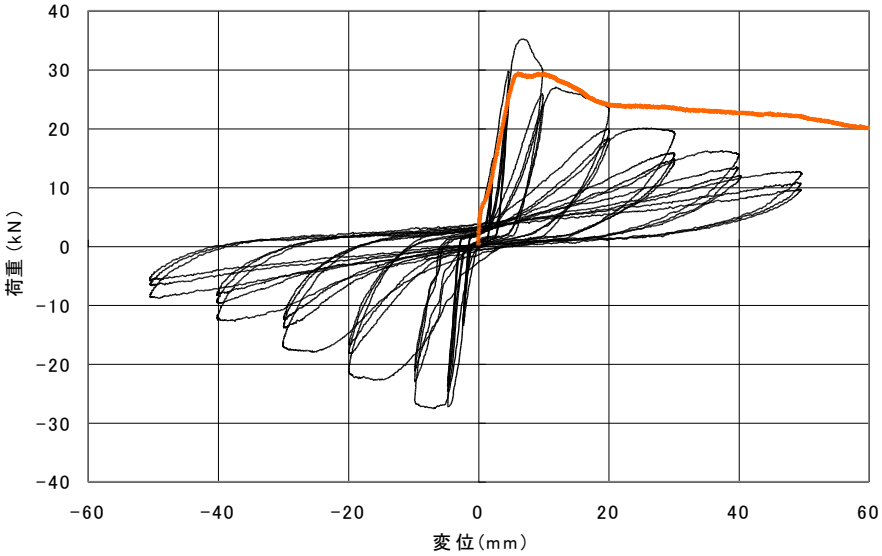
荷重変位関係（定着長の違い、単調載荷）



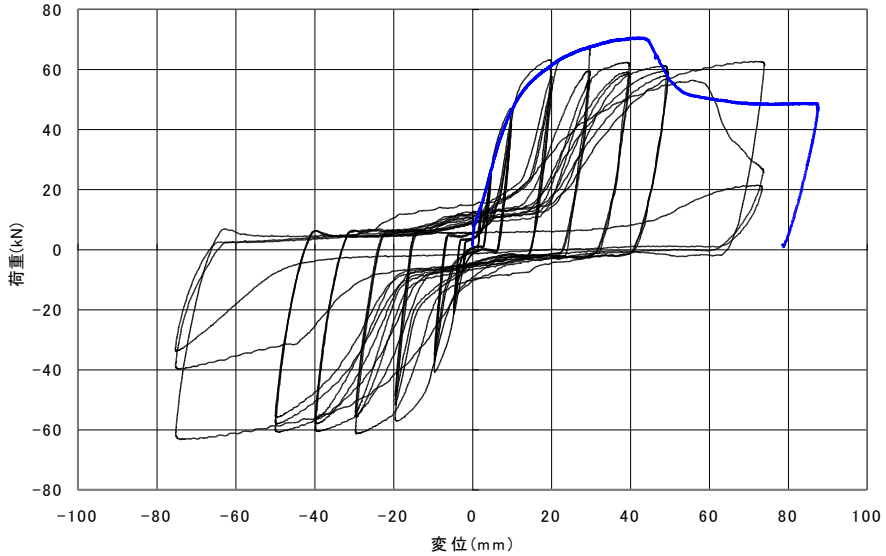
© CRIEPI

荷重変位関係（定着長の違い、繰り返し載荷）

◆定着長の違いによる特徴的な荷重変位関係が得られた。



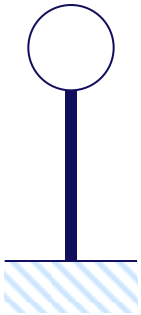
コーン破壊先行型



アンカー降伏型

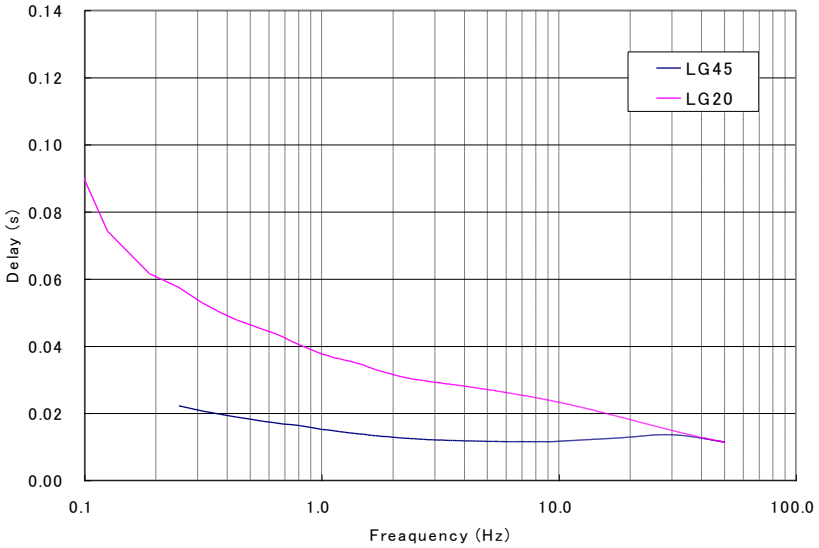
© CRIEPI

地震波加振の概要

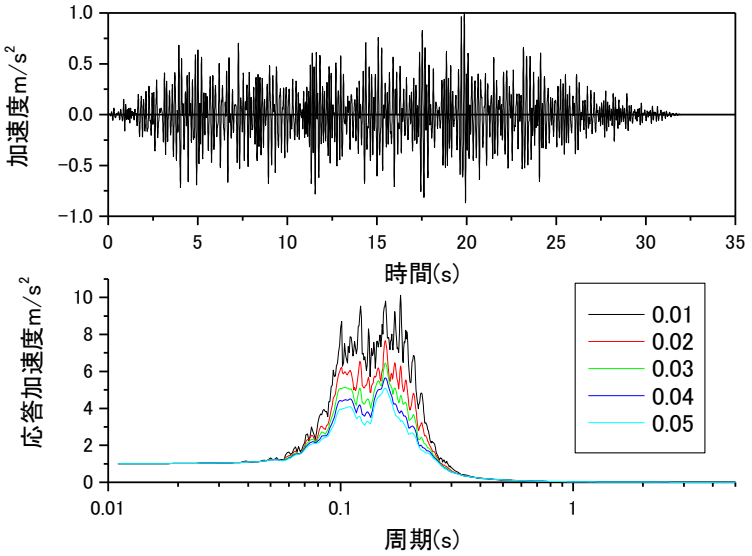


1DOFモデル
K=5.08N/m
M＝2000kg
h＝0.03
f＝8.02Hz

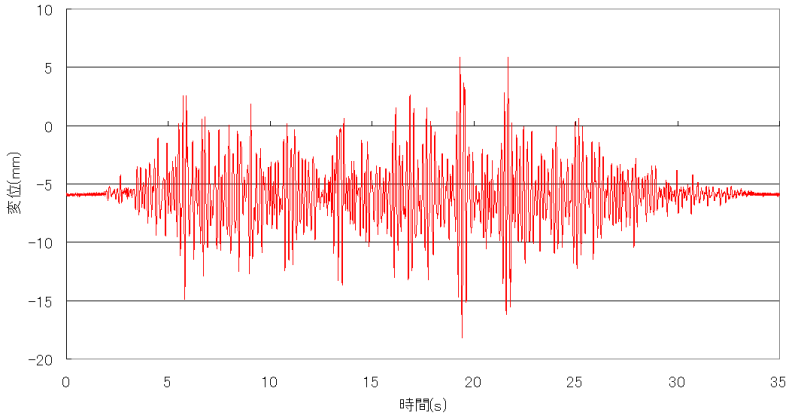
数値モデルの概要



加振機の応答遅れ（ゲイン調整）



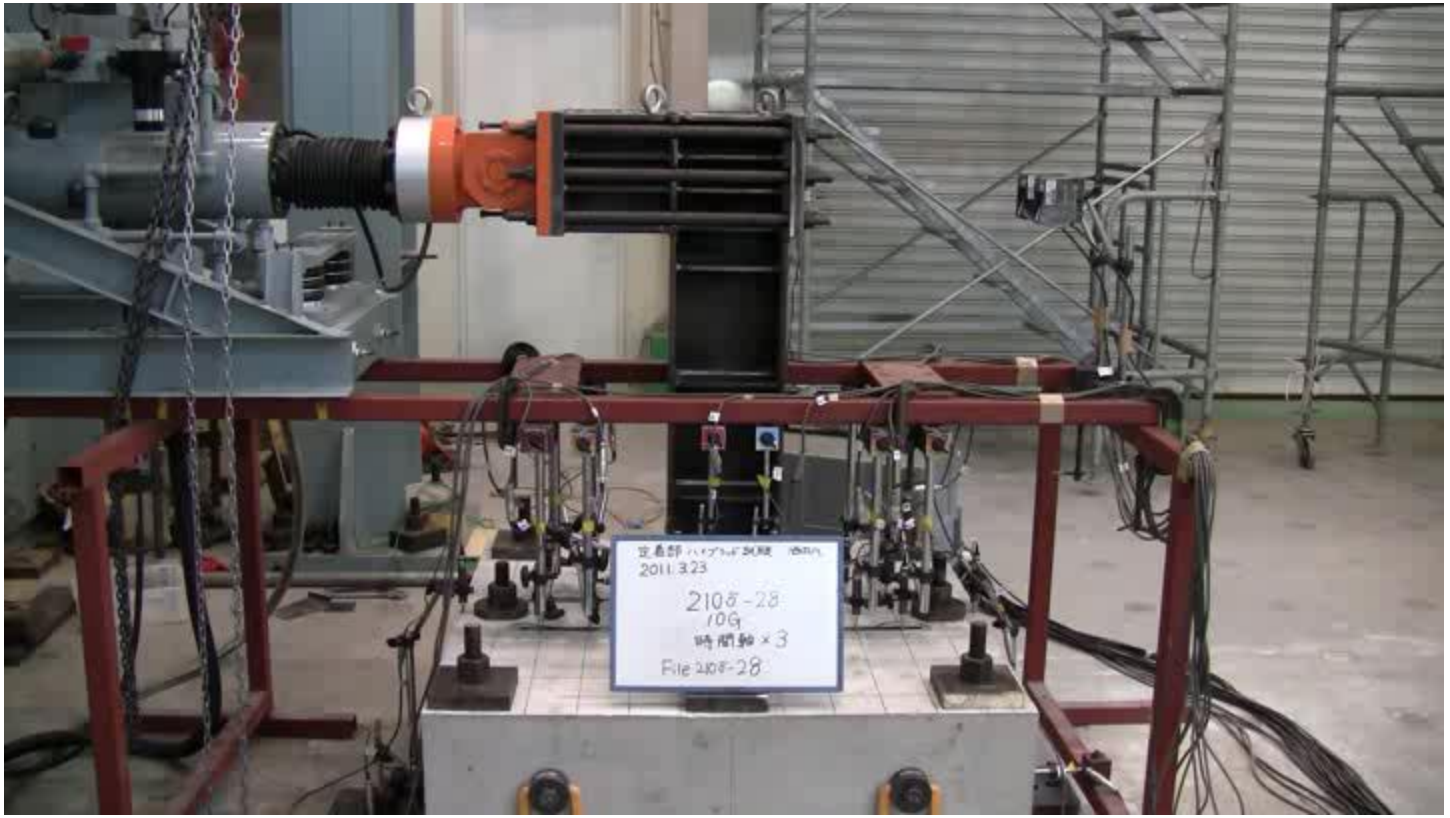
入力地震動（狭帯域ランダム波）



変位時刻歴応答（地震波加振；2G）

© CRIEPI

地震波加振試験の状況

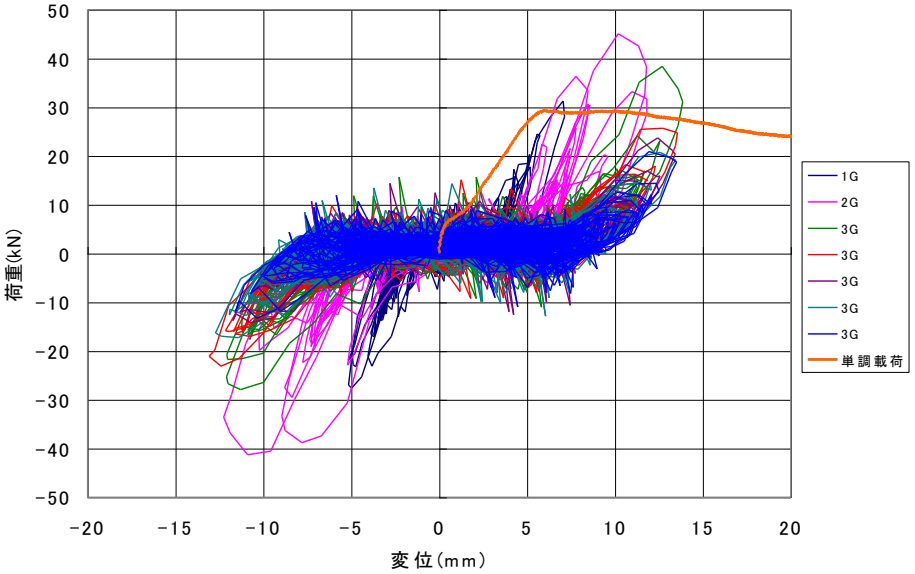


定着長210mm、地震波加振、最大入力加速度10G

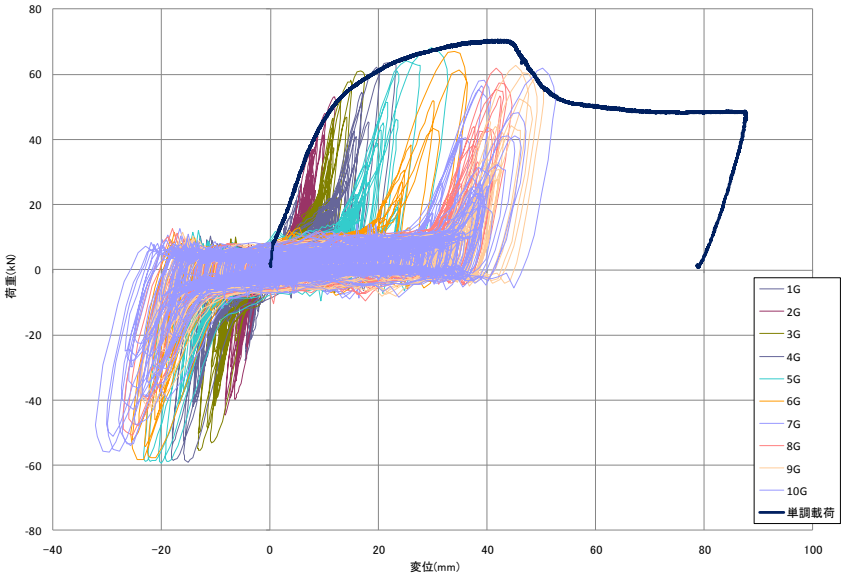
© CRIEPI

荷重変位関係（地震波加振）

◆コーン破壊先行型は、静的載荷とは応答挙動が異なる結果が得られた。



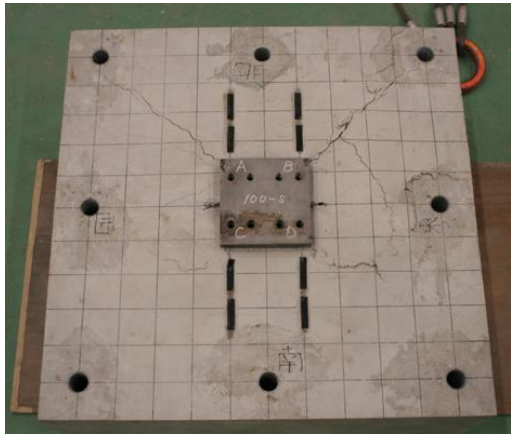
コーン破壊先行型



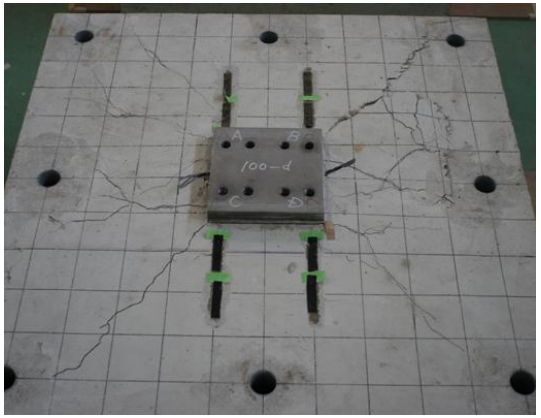
アンカー降伏型

© CRIEPI

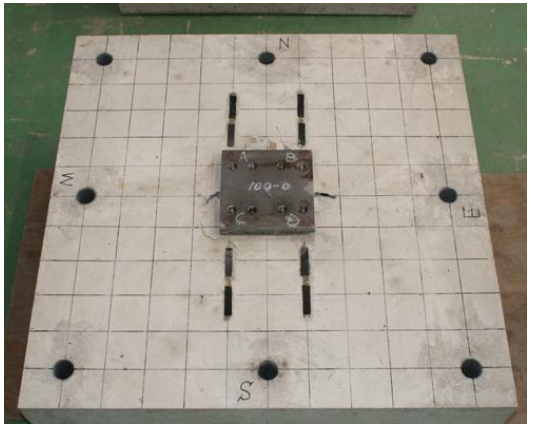
試験体の破壊状況



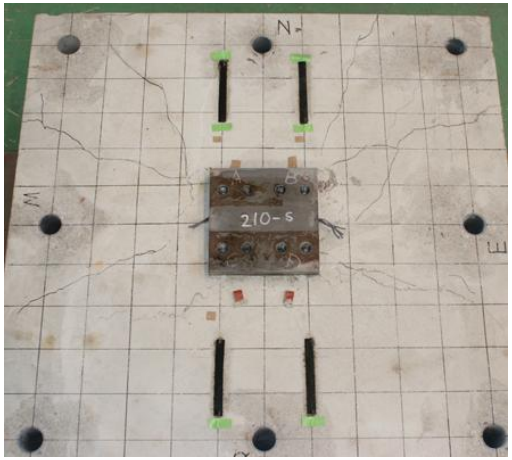
コーン破壊単調載荷



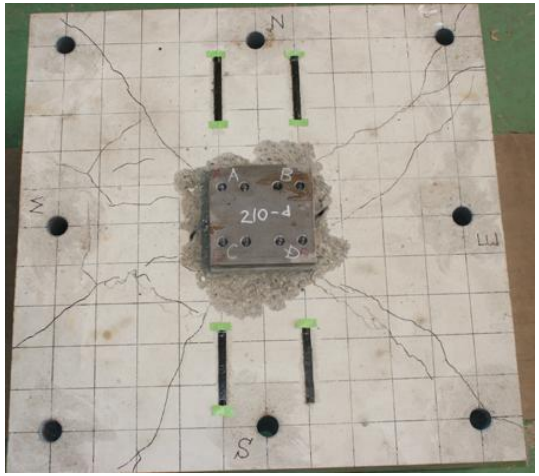
コーン破壊繰り返し載荷



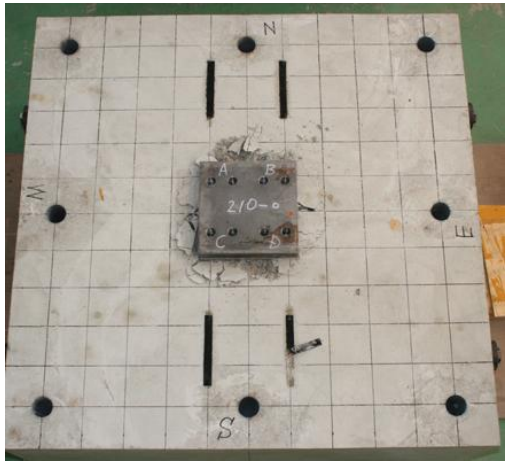
コーン破壊地震波載荷



アンカー降伏単調載荷



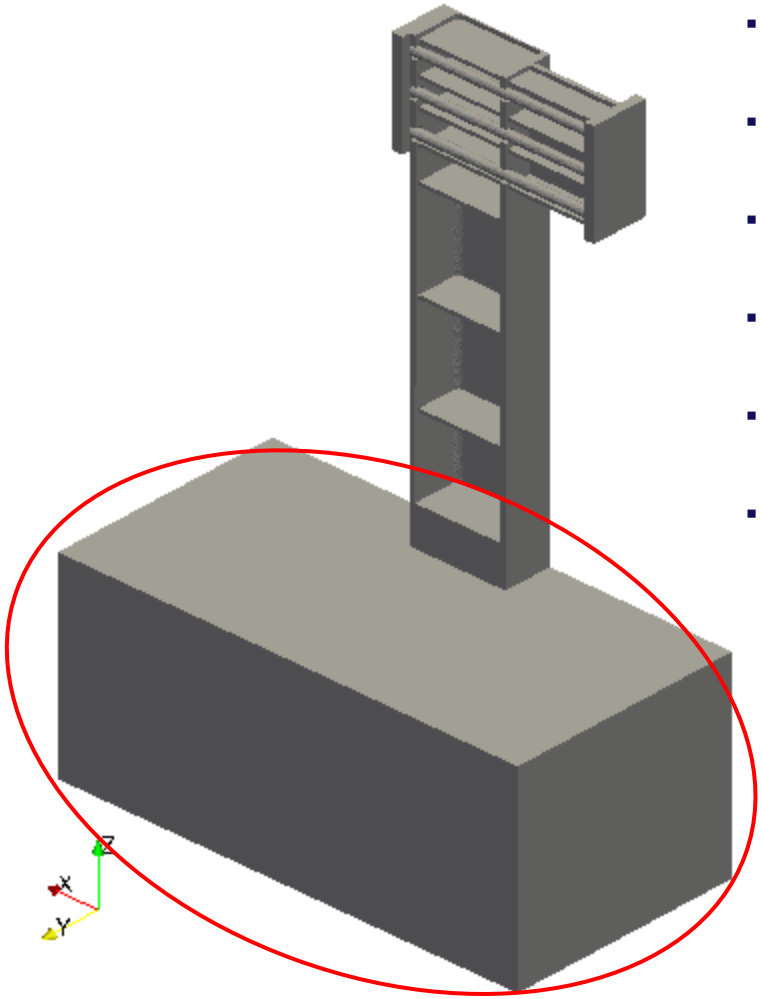
アンカー降伏繰り返し載荷



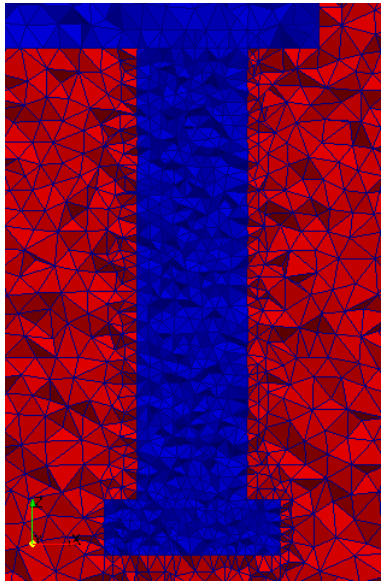
アンカー降伏地震波載荷

© CRIEPI

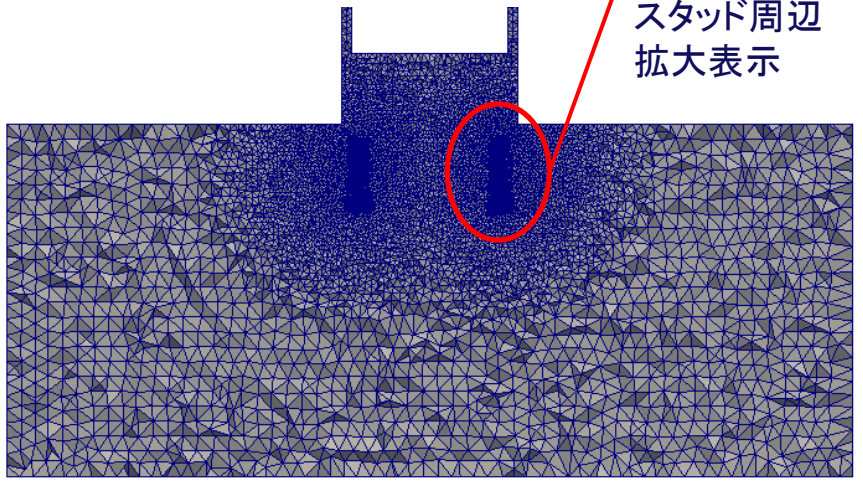
Adv_solidによる実験シミュレーション解析



- 解析コード: Adv_solid
- モデル化の範囲: 1/2対称モデル
- 要素の種類: 四面体1次要素
- 節点数: 240,719
- 要素数: 1,333,926
- 材料物性: 標準値



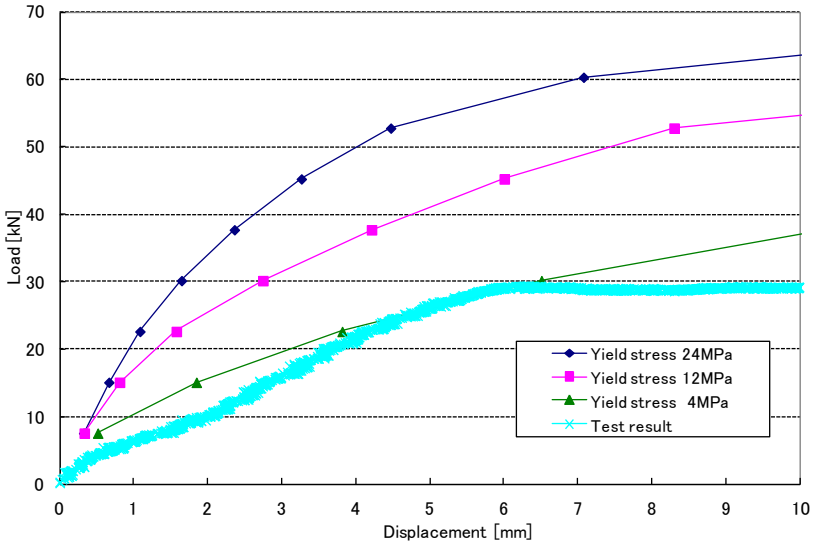
スタッド周辺
拡大表示



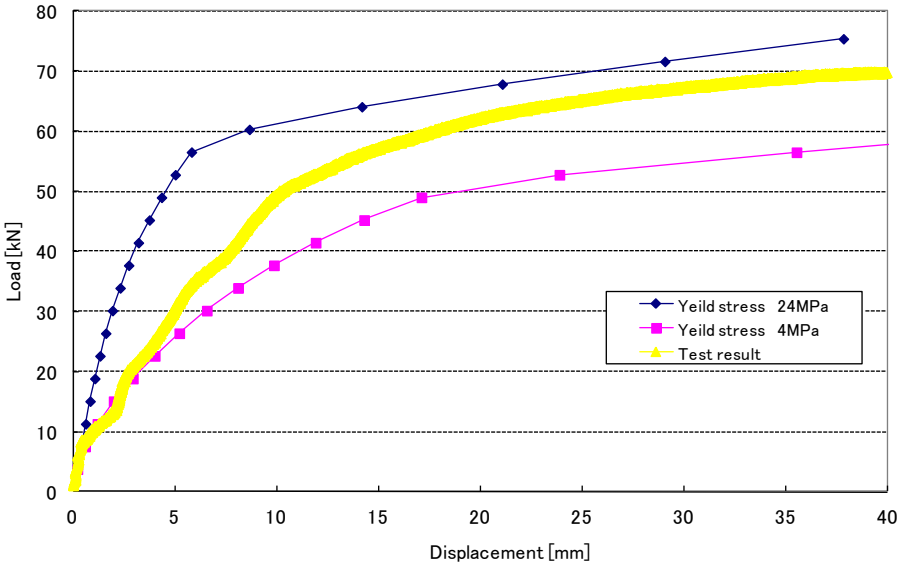
© CRIEPI

解析結果（荷重変位関係）

◆コンクリートの降伏応力をパラメータとした解析を行い、非線形条件下での解析精度を確認した。



コーン破壊先行型

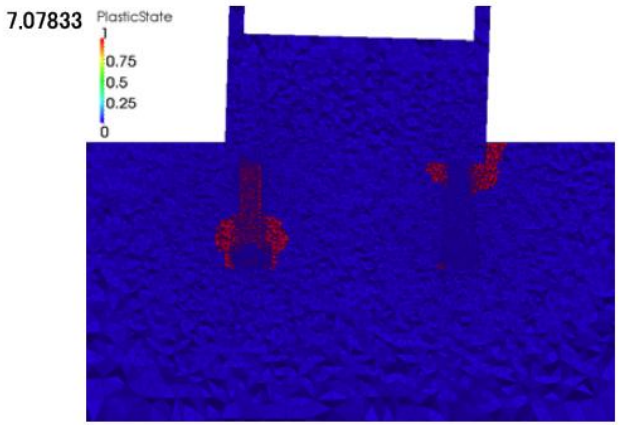


アンカー降伏型

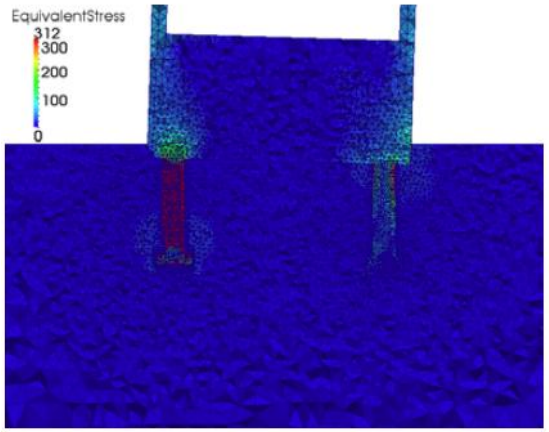
© CRIEPI

応力･ひずみコンターの比較

コーン破壊先行型

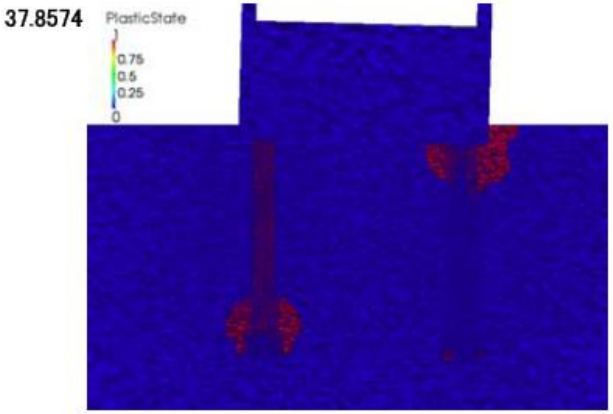


塑性ひずみ分布

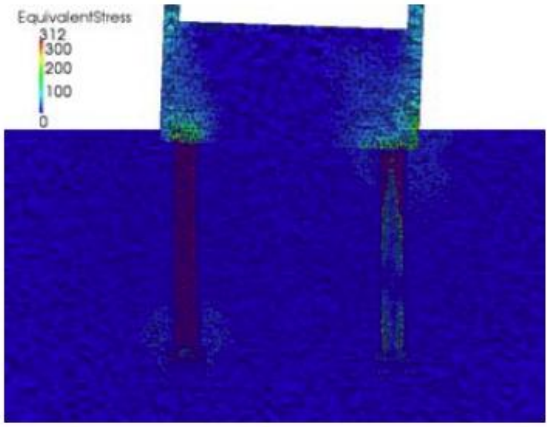


応力分布

アンカー降伏型



塑性ひずみ分布



応力分布

© CRIEPI

まとめと今後の展望

- 建屋機器接合部位の力学特性の把握
  - 定着部に着目した載荷実験を行い、破壊に至るまでの特徴的なデータを取得した。
- Adv_solidによる実験シミュレーション解析
  - 鋼・コンクリートの異材接合部位のモデル化を行い、非線形挙動のシミュレーション解析の精度を確認した。
- モデル化と解析精度の向上
  - 試験結果を適宜参照し、数値モデルの高精度化を図るとともに、地震荷重下での解析手法の適用性の把握が必要。

© CRIEPI