

セル式係船岸の地震時挙動に関する遠心力場模型振動実験

港湾空港技術研究所	正会員	○竹信	正寛
港湾空港技術研究所	正会員	菅野	高弘
国土交通省 関東地方整備局 横浜港湾空港技術調査事務所	正会員	諸星	一信
港湾空港技術研究所		鈴木	貴志

1. 目的

現在横浜港南本牧地区においては、高さ 32m、直径 24.5m の鋼板セルを有する、日本最大級の置きセル式係船岸(MC3 岸壁)の建設が予定されている。当該岸壁はセル構造自体の規模が大きいことから、L2 地震動等の偶発作用が岸壁に作用する際、セル外殻に変状が発生する可能性は否定できない。

そこで本検討においては、実応力が再現可能である 50G 場遠心模型振動実験を行い、当該岸壁に L2 地震動が作用した場合のセル外殻に生じる応力状態に着目し整理を行った。

2. 実験概要

図 1 に対象岸壁の標準断面図を、図 2 に標準実験断面図を使用した計測機器と共に示す。図 1 中の SCP 改良部・CDM 改良部には、相対密度を 80%とした相馬珪砂 6 号を用いることとし、CDM 改良部には対象土層の乾燥重量比 5%のジェットセメントを添加・攪拌したものを用いた。セルの中詰め材に関しては、現場における施工手順を考慮し、密度調整を行っていない。

実験は 50G 場の遠心力場で実施し、模型サイズは実断面の 1/100 模型とした。遠心実験の原理によると、本来ならば nG 場において $1/n$ モデルの模型を使用して実験を行う必要があるが、対象断面が大きいこと、ならびに用いる装置のスペックの都合上、上記模型スケールを採用することとした。そのため実験値を実スケール換算する際には、遠心力場における相似則を適用した後、井合らが示した 1G 場相似則¹⁾を用いる方法を採用した。例えば、応力については実験値の値を 2 倍($=100/50$)したものを実応力として次ページ以下の考察を行っている。

セル模型は厚さ 0.3mm のステンレス板を加工したものを用いることとし、平面図は図 3 に示す通りである。なお、アーク部とセル部はねじで接合することとした。入力地震動は現地設計で用いられている L2 シナリオ地震動の基盤波形を相似則に従って調節したものを用いた。入力波形は図 4 に示す通りである。(実スケール表示)

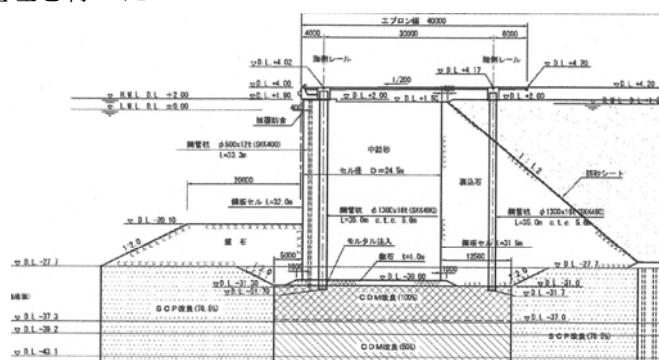


図 1 実断面における標準断面図

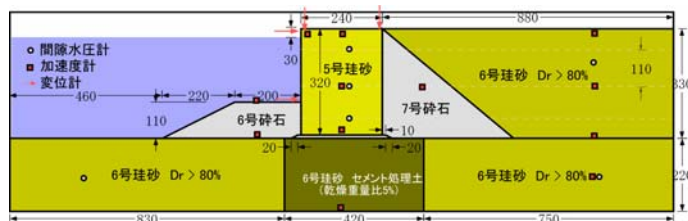


図 2 実験標準断面図

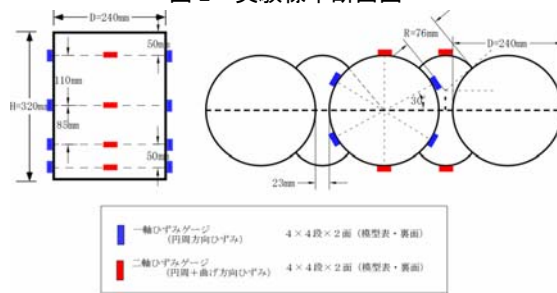


図 3 実験に用いたセル模型平面図

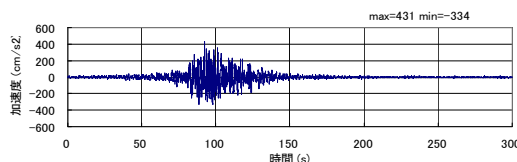


図 4 加振に用いた入力地震動波形（設計用波形）

キーワード セル式係船岸、遠心力模型実験、耐震設計、L2 地震動

連絡先 〒239-0826 横須賀市長瀬 3-1-1 港湾空港技術研究所 地盤・構造部 Tel 046-844-5058

3. 実験結果

図5はセル模型海側天端に設置した変位計の時刻歴波形を示したものである(模型スケール). 以下の検討においては, セル海側天端において, 変位時刻歴の(極大値-極小値)が最大となった時刻(図中矢印)におけるセル外殻の応力状態について考察することとする.

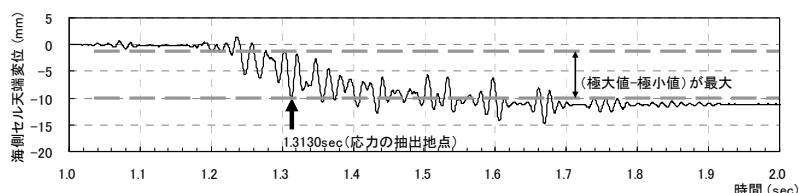


図5 下図6, 7に用いた応力分布描画の際の抽出時刻

1) 円周方向応力(フープテンション)に関する検討

図6は鋼板セルおよびアーク部に働く円周方向応力を, 実験で得られたひずみゲージの値を用いて整理し, 海側, 陸側のそれぞれで比較したものである. 符号は引張側が+, 圧縮側が-である.

図のように, 円周方向応力は海側セルの浅部では引張側, 深部では圧縮側に発生し, 陸側では全体的に圧縮側に生じる傾向にあることがわかる. 深度分布形状はS字型ないしは逆S字型であるが, これについては前面の盛石による土圧が大きく影響しているものと考えられる. また, セル部の応力は引張, 圧縮側いずれにおいてもアーク部の応力より大きく発生している.

なお, 実験結果によると最大圧縮応力は 100N/mm^2 , 引張応力は 60N/mm^2 程度であるが, 今回の実験で用いたステンレス 0.3mm は断面剛性 EA の相似則によると実際には鋼鉄約 28mm に相当し, 現地で用いられる板厚(16mm)と 1.8 倍程度の開きがある. 仮に円周方向発生応力が, 板厚に反比例するものとすれば, 実スケールでは 200N/mm^2 程度の応力が生じることとなり, 鋼材の許容応力度を超える可能性もあるが, 部材の破断等の応力レベルには達しない.

2) 鉛直方向応力に関する検討

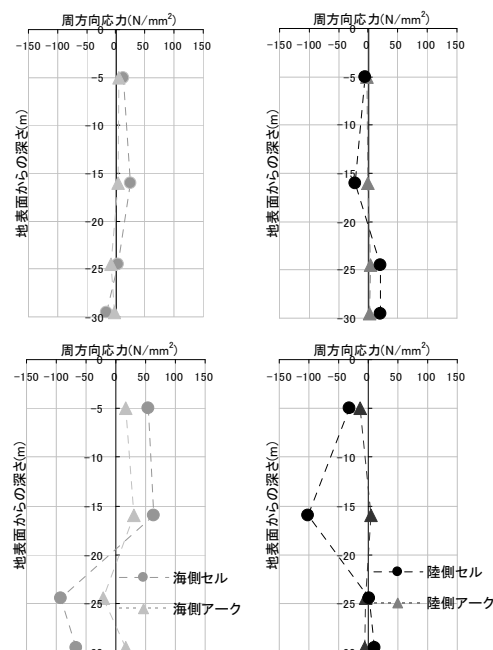
鋼板セルおよびアーク部に働く鉛直方向応力について, 上図と同様に整理したものを図7に示す. このように, 鉛直方向応力については海側で圧縮側, 陸側で引張側に生じ, 深度分布に対して凸型の形状をとる傾向にあり, 応力が引張側, 圧縮側ともに 100N/mm^2 以上発生している箇所も存在する.

港湾基準²⁾においては, 鋼板セルの板厚等の諸元決定に際し, セルの円周方向応力に着目した整理がなされているが, 本検討のようにセル岸壁自体が非常に大きな場合は鉛直方向応力に関しても実験ないし解析等でその発生傾向を把握しておく必要があると考えられる.

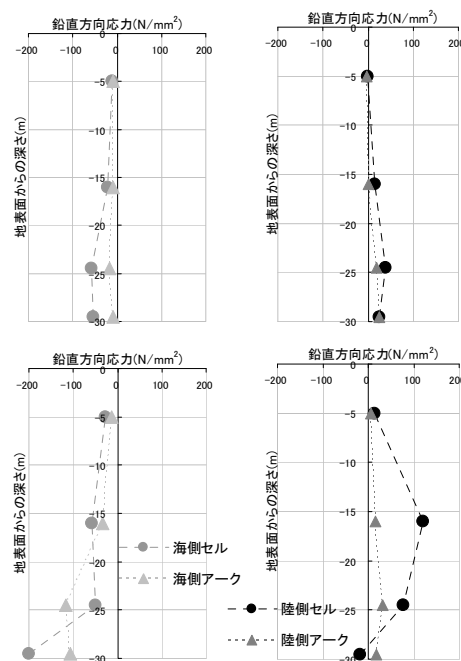
4. 結論

L2地震動の作用により, セル外殻における応力状態が港湾基準等に示されている鋼材の許容応力度よりも大きくなる可能性はあるが, セル外殻が破断する等の応力レベルには達しないと考えられる. また, 当該岸壁のようにセル構造のスケールが大きい場合, 円周方向応力のみならず, 鉛直方向応力についても検討しておく必要がある.

参考文献 1) Iai, S.: Similitude For Shaking Table Tests on Soil-Structure-Fluid Model in 1g Gravitational Field, Soils and Foundations Vol.29, No.1, pp105-118, Mar. 1989 2) 日本港湾協会: 港湾の施設の技術上の基準・同解説, 平成19年7月, pp1072-1073



(a) 海側セル・アーク (b) 陸側セル・アーク
図6 鋼板セル円周方向応力の深度分布
(上段: 初期値 下段: 図5の時刻における応力)



(a) 海側セル・アーク (b) 陸側セル・アーク
図7 鋼板セル鉛直方向応力の深度分布
(上段: 初期値 下段: 図5の時刻における応力)