

機関番号：12401
 研究種目：若手研究(B)
 研究期間：2009～2010
 課題番号：21760350
 研究課題名(和文)：
 地盤との時間依存性相互作用を考慮した地下構造物の合理的設計手法の開発
 研究課題名(英文)：
 Development of rational design method of underground structures
 considering time-dependent interaction with surrounding soil
 研究代表者： 牧 剛史(MAKI TAKESHI)
 埼玉大学・理工学研究科・准教授
 研究者番号：60292645

研究成果の概要(和文)：

地下RCボックスカルバートにおいて、クリープ変形に代表される時間依存性変形に伴う土圧変化のメカニズムを明らかにし、これを評価する手法を提案した。また、カルバート部材の断面寸法や配筋を変化させた試設計を行い、これに対して長期安定性解析を行って、常時の静的安定性が確保される断面諸元を示し、クリープ変形が進行した構造物の地震時安全性についても検証することで、常時の設計圧縮応力度を引き上げることによる設計合理化の可能性を示した。

研究成果の概要(英文)：

The mechanism of soil pressure variation due to time-dependent deformation of underground RC box culvert such as creep was clarified and its evaluation method was proposed. Furthermore, the several examples of box culvert having different sectional dimensions and reinforcement arrangement were designed and their stability and seismic safety were verified both by long-term stability analysis considering creep deformation and by seismic response analysis. Finally, the possibility of rational design of underground structures was indicated by raising allowable design compressive stress level.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2009年度	2,800,000	840,000	3,640,000
2010年度	700,000	210,000	910,000
総計	3,500,000	1,050,000	4,550,000

研究分野：工学

科研費の分科・細目：土木工学～構造工学・地震工学・維持管理工学

キーワード：地下構造物，時間依存性相互作用，合理的設計法，有限要素解析，クリープ，土圧，付着

1. 研究開始当初の背景

地震作用を受ける鉄筋コンクリート製地中構造物や基礎構造物、抗土圧構造物(以下、「地下RC構造物」と総称する)の損傷と、液状化など周辺地盤の変状とを精度よく予測する構造物-地盤連成有限要素解析(構造物と地盤を一体モデル化し、工学的基盤面に地震波を入力する地震応答解析のこと、以下「連成解析」と称する)に基づく耐震性能照

査手法の開発がこれまでに行われてきた。連成解析は、一般構造物の新設設計で用いられる事例は多くないが、新設特殊構造物あるいは既設構造物の耐震診断で適用されるケースが急速に増大しており、原子力発電施設の地中構造物においては、上記手法の適用によって耐震設計が大幅に合理化された。

しかし、構造物の供用期間を考えた場合、地中構造物・抗土圧構造物においては持続的

な土圧作用に伴う長期クリープ変形およびそれに伴う静的土圧の変化が生じる可能性がある。あるいは周辺地盤の経年圧密により、想定外の土圧が作用する可能性もある。すなわち、真に構造物の供用期間中の性能を保証するためには、上述の経時変化を考慮した照査が行われることが望ましい。また、現行設計ではコンクリートにクリープ変形が生じない応力レベルを前提としているが、例えば少々のクリープを許容することによって作用土圧が大きく低減され、設計が大幅に合理化される可能性もある。

2. 研究の目的

本研究は、(1)構造物—地盤間の静的相互作用(土圧)の経時変化を考慮した耐震性能照査手法の開発、(2)地下RC構造物の合理的な設計法(常時、地震時)の提案、を目的とする。なお、設計地震動の確率論的評価の試みも行われているが、本研究では従来通り、確定論的に設定することとし、(静的な)相互作用の経時変化は、耐震性能照査における初期条件として扱っている。

3. 研究の方法

研究代表者はこれまでに、鉄筋コンクリートおよび地盤の履歴依存型非線形材料構成則に立脚した3次元有限要素解析コードの開発およびRC構造物—地盤連成問題への適用を行ってきた。本研究では背景および上記コードの更なる高度化を念頭に、以下の研究を実施する。

(1) 持続荷重に伴うコンクリート部材のクリープ変形およびそれに伴う作用土圧の経時変化を定量的に評価する。さらに、これを構造物—地盤系の連成地震応答解析で考慮する手法を開発し、土圧の経時変化が地下RC構造物の耐震性能に及ぼす影響を明らかにする。

(2) (1)で開発した手法を用いて実構造物を対象としたケーススタディを行い、地下RC構造物の常時・地震時を含めた合理的な設計法の提案を行う。具体的には、土圧の経時変化を考慮することによる、部材断面や配筋量の低減を定量的に明らかにする。

(3) 地下構造物の設計のさらなる合理化を念頭に置き、鉄筋付着制御工法の適用性について、付着を制御した構造部材の力学特性評価を通じて明らかにする。

4. 研究成果

(1) 現行基準で設計された地中RCボックスカルバートを対象とし、構造性能照査手法として2次元有限要素解析を用いて、構造体変形に伴う土圧変化を考慮することによる安全余裕度の向上程度について検討した。解析対象とした基本モデルの形状寸法を図-1に

示す。考慮する荷重は、自重、土圧、水圧、舗装荷重、活荷重とし、終局限界状態(断面耐力)および使用限界状態(ひび割れ幅)について照査を行った。その結果、構造—地盤の相互作用を忠実に考慮することで作用土圧が低減され、作用断面力が低下することによって安全余裕度が高まり、設計合理化の可能性があると示された。

上記の基本モデルに対し、主鉄筋量およびコンクリート部材厚を減らして設計の合理化を図った合理化モデルC~Fを設定して照査を行った。各モデル諸元を表-1に、ひび割れ幅に対する使用限界状態の照査結果を図-2にそれぞれ示す。この結果から、使用限界状態についてはどの合理化モデルも安全側であることがわかる。また、終局限界状態についても同様、曲げモーメント、せん断力ともにいずれのモデルも安全側であり、静的設計の合理化が可能であることが示された。

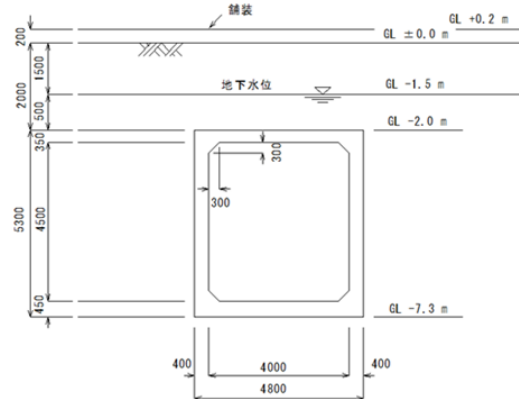


図-1 基本モデルの形状寸法

表-1 合理化モデルの諸元概要

モデル C	基本モデルに対し、主鉄筋量-10%			
モデル D	基本モデルに対し、主鉄筋量-25%			
	モデル F		モデル G	
	部材厚(m) 断面積(m ²)	基本モデルに 対する変化率	部材厚(m) 断面積(m ²)	基本モデルに 対する変化率
頂版	0.280	-20%	0.315	-10%
側壁	0.280	-30%	0.360	-10%
底板	0.340	-25%	0.405	-10%
内空断面積	19.843	+10%	18.686	+4%

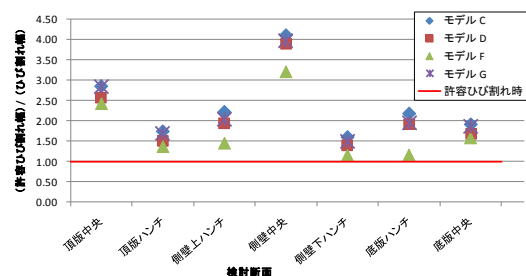


図-2 使用限界状態の照査結果(静的解析)

(2) (1)で合理化されたモデルのうち、合理化の割合が高いモデルD、Fについて、供用期間中その構造体性能を保持し得るか確認

すべく、長期安定性解析を行った。構造物供用期間は 50 年、構造体のクリープモデルとして線形クリープモデルを用い、クリープ収束を供用開始から 30 年後とした。

長期時間依存解析の結果から、構造体変形により部材中央付近での作用土圧が低下し、時間経過とともに次第に収束する傾向が見られた。それによって、作用断面力および構造体の変位も収束することが確認された。土圧低下に伴い、供用開始初期に比べ断面力が低下したため、終局および使用限界状態の照査は全て安全側と判定された（図-3：モデル F）。以上より、供用期間中に新規構造物の近接施工や地震に伴う液状化等の大幅な地盤変化がない限り、合理化モデルは長期的に十分な性能を満足していると言える。

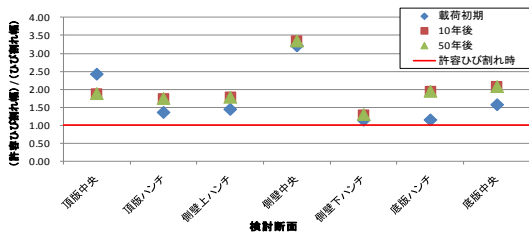


図-3 使用限界状態の照査結果（時間依存性解析）

(3) 以上の合理化モデルを対象として、構造物の供用開始直後と、クリープが収束する 30 年後にそれぞれ地震応答解析を行った。入力地震波は、土木学会コンクリート標準示方書の照査用地震動(レベル 2 内陸型②)を用いた。耐震性能の照査項目は、地震動の影響を最も受ける側壁の曲げモーメントおよびせん断力とした。

照査の結果として、モデル C, G ではすべて安全側であったが、モデル D, F では、初期、30 年後ともに下側ハンチ付近において瞬時的 (0.02~0.06 秒間) に曲げモーメントが危険側となった。実現象として、局所的にかぶりが剥落するなどの可能性もあるが、非常に瞬時的な事象であり、全体性能に大きな影響はないものと考えられ、少なくとも鉄筋量減モデルとして CD 間および断面減モデルとして FG 間のそれぞれのレベルでの合理化は可能であると言える。

(4) 以上(1)~(3)より、構造-地盤の時間依存性相互作用を考慮することで、設計時の許容圧縮応力レベルを圧縮強度の 50~60%程度まで引き上げた場合でも、地中 RC 構造物の設計合理化の可能性が示された。

(5) 部材の軸方向鉄筋に丸鋼を適用した RC 部材の曲げ・せん断特性について、梁および柱試験体を用いた実験を行った。その結果、通常の異形鉄筋を使用する場合に比べて、付着が弱い丸鋼を用いることで、部材としての

せん断耐力が向上することが明らかとなった。ただし、完全に付着を排除したケースに比べて、部分的な付着(固着)がひび割れ発生および耐力に影響を与えることから、丸鋼とコンクリートとの付着性状をより精緻に明らかにした上で、構造部材へ適用するのが望ましいと考えられる。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計 0 件)

〔学会発表〕(計 2 件)

① 駒場駿介, 牧 剛史, 金原智康: 丸鋼を軸方向鉄筋に用いた鉄筋コンクリート部材のせん断性状に関する研究, 土木学会第 65 回年次学術講演会, 札幌(北海道), 2010.9.3

② 浅本晋吾, 加藤恭介, 今野友香里, 牧 剛史: 若材齢のクリープ促進がコンクリートの材料特性および PC 梁の曲げ性状に与える影響に関する研究, 土木学会第 65 回年次学術講演会, 札幌(北海道), 2010.9.3

〔図書〕(計 0 件)

〔産業財産権〕

○出願状況 (計 0 件)

名称:
発明者:
権利者:
種類:
番号:
出願年月日:
国内外の別:

○取得状況 (計 0 件)

名称:
発明者:
権利者:
種類:
番号:
取得年月日:
国内外の別:

〔その他〕

ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究代表者

牧 剛史 (MAKI TAKESHI)

埼玉大学・理工学研究科・准教授

研究者番号: 60292645

(2) 研究分担者 ()

研究者番号：

(3) 連携研究者 ()

研究者番号：